



NATUR BIOINGENIARITZA

AZPIEGITURA LINEALETAN

ESKULIBURU TEKNIKOA

NATUR BIOINGENIARITZA

AZPIEGITURA LINEALETAN

ESKULIBURU TEKNIKOA

© **BIZKAIKO FORU ALDUNDIA – DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA (2025)**

ARGITALETXEA:

BIZKAIKO FORU ALDUNDIA

AZPIEGITURETARAKO ETA LURRALDE GARAPENERAKO SAILA

c/ Ibáñez de Bilbao; 48009-Bilbao; 94 4067070; ingurugiro_azpiegiturak@bizkaia.eus

LEGE-GORDAILUA: LG BI 1214-2025

Eskubide guztiak erreserbatuta. Liburu hau ezin da erreproduzitu ez transmititu, ez osorik ez zati batean, inolako prozedura elektroniko edo mekaniko bidez (fotokopia, grabazio magnetikoa eta informazioa biltzeko eta berreskuratze zernahi sistema barne), Copyright-aren titular den editoreak horretarako baimena idatziz eman ez badu.

ARGITARATZAILEA:

BIZKAIKO FORU ALDUNDIA – DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. AZPIEGITURETARAKO ETA LURRALDE GARAPENERAKO SAILA

IZENBURUA:

NATUR BIOINGENIARITZA AZPIEGITURA LINEALETAN. ESKULIBURU TEKNIKO

EGILE NAGUSIAK:

PAOLA SANGALLI (*Biologian lizentziaduna eta Paisajismoan masterduna. SCIA SL*)

GUILLERMO TARDÍO (*Mendi-ingeniartzan doktorea. SCIA SL-ren kolaboratzailea*)

EGILEKIDEAK:

RAFAEL ETXEBARRIA GÓMEZ (*Geologia Zientzietan lizentziaduna. IDOM-en kolaboratzailea*)

DANIEL RUIZ LARSSON (*Mendi-ingeniaria eta nekazaritza-ingeniari teknikoa. Bizkaiko Foru Aldundiko Azpiegituretarako eta Lurralde Garapenerako Saila*)

IÑIGO URRUTIKOETXEA ÁLVAREZ (*Ingurumen-ingeniaria. IDOM*)

ORRAZTAILEAK:

BIZKAIKO FORU ALDUNDIKO AZPIEGITURETARAKO ETA LURRALDE GARAPENERAKO SAILA

NURIA ARNEDO ÁLVAREZ (*Ingurumen Zientzietan lizentziaduna eta nekazaritza-ingeniari teknikoa*)

SAIOA ELORDUI-ZAPATARIETXE DEL ÁGUILA (*Ingurumen Zientzietan lizentziaduna eta doktorea*)

IDOM:

ITXASO FERNÁNDEZ GARCÍA (*Biologian lizentziaduna*)

MARIO LIENDO (*Industria-ingeniaria*)

VICENTE LLAGUNDO (*Kimika-ingeniaria*)

ITXASO MORA GARCÍA (*Biologian lizentziaduna*)

SCIA SL

NEKANE GARCÍA ESPADAS (*Informazio Zientzietan lizentziaduna. SCIA SL*)

ITZULPENA:

BAKUN SL - BASOINSA SL

MAKETAZIOA:

NEKANE GARCÍA ESPADAS (*Informazio Zientzietan lizentziaduna. SCIA SL*)

MARRAZKI TEKNIKOAK:

SERGIO SANGALLI (SCIA SL)

INFOGRAFÍAS:

RAFAEL ETXEBARRIA GÓMEZ (*Licenciado en Ciencias Geológicas- Colaborador IDOM*)

ESKERRAK:



ALPIVERT, EKOLUR S.L.L., IKERLUR S.L., Paolo Cornellini, Florin Florineth, Amaia Lizarralde, Gino Menegazzi, Fabio Palmeri, Albert Sorolla

LEGE GORDAILUA: LG BI 1214-2025

EGILEEI BURUZ

Paola Sangalli

Biologian lizentziaduna da Bartzelonako Unibertsitate Zentralean, eta Paisajismoan masterduna, Valentziako Unibertsitate Politeknikoan.

EFIB Europako Bioingeniaritza Federazioko presidentea da 2016tik. AEIP (Asociación Española de Ingeniería del Paisaje) elkarteko presidentea 1995etik 2016ra. AEP (Asociación Española de Paisajistas) elkarteko presidenteordea 2009tik 2012ra. Bioingeniaritzako irakasle aritu da zenbait masterretan, estatu-koak nahiz nazioartekoak. Proiektugilea da. Bioingeniaritzari eta leheneratzeari buruzko zenbait ikastaro eta konferentzian antolatzaile eta hizlari aritu da. Mintegi-lanetan, paisajismoan, bioingeniaritzan eta leheneratze ekologikoan jardun du lanean.

Europako zenbait proiektutan parte hartu du, eta, gainera, bioingeniaritzarekin, paisaiarekin eta leheneratze ekologikoarekin lotutako zenbait argitalpenen egile da.

Egoitza Donostian duen Sangalli Coronel y Asociados SL bioingeniaritza-eta paisaia-estudioaren bazkide sortzaile eta zuzendaria da.

Guillermo Tardío

Mendi-ingeniari eta doktorea da, Madrilgo Unibertsitate Politeknikoan. Hidraulikako irakasle Madrilgo Mendi Eskolan.

Hamabost urte baino gehiagoko esperientzia du zenbait administrazio eta enpresatarako ingeniari-aholkulari eta proiektugile gisa. Ibai-ingeniartzan, ingeniartza geoteknikoan, natur bioingeniaritzan, naturan oinarritutako konponbideetan (NOK) eta ingurune naturala leheneratzen jardun du lanean. Sangalli Coronel y Asociados SL-ren kolaboratzailea da.

AEIPeko presidentea da. Zenbait liburu idatzi ditu, liburutako kapituluak, eta zientzia-artikuluak nazioarteko oihartzuna duten aldizkari editorialetan. Aritu-taldeko kide da Europako zenbait proiektutan. Lehen saria eman zioten CIOP International Innovation & Research Awards-en, eta Zerosion sariduna izan zen 2017ko otsailean.

ÍNDICE

1. HITZAURREA 13

2. XEDEA. SARRERA ETA AURREKARIAK 17

3. BIZKAIA. KOKATZEKO: INGURUNE FISIKO ETA AZPIEGITURA LINEALAK 21

 3.1 Bizkaiko lurralde historikoko ingurumen fisikoaren ezaugarriak, gaingiroki 22

 3.1.1 Klima 22

 3.1.2 Geologia 23

 3.1.3 Hidrografia 24

 3.1.4 Biodibertsitatea 25

 3.1.5 Naturagune babestuak 27

 3.1.6 Ingurune antropikoa 29

 3.2 Bizkaiko lurralde historikoko bide-sarearen ezaugarriak eta harekin lotutako arazoak 30

 3.2.1 Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sarearen egitura 31

 3.2.2 Ingurumen-helburuak errepideen plangintzan 32

 3.2.3 Errepideekin lotutako arazoak 33

4. NATUR BIOINGENIARITZA AZPIEGITURA LINEALETAN 39

 4.1 Bioingeniaritzaren definizioa, helburuak aplikazio-eremuak eta historia 40

 4.1.1 Helburuak eta funtzioak 41

 4.1.2 Jarduketa-eremuak 44

 4.1.3 Teknika horien historia, labur-labur 45

 4.2 Ikuspegia eta estrategia bioingeniaritzako obretan.
 Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzako faseak 46

 4.2.1 Zuraren degradazio-prozesuak 47

 4.2.2 Tardío & Mickovski metodologiaren faseak eta denbora-mugarriak 50

 4.3 MATERIALAK ETA EZAUGARRIAK 54

 4.3.1 Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak 54

 4.3.2 Landare-material hilak 60

 4.3.3 Material natural inerteak 62

 4.3.4 Material artifizial manufakturuak 63

5. NATUR BIOINGENIARITZAKO TEKNIKEK IZAN DITZAKETEN APLIKAZIOAK AZPIEGITURA LINEALETAN 65

 5.1 Bioingeniaritza erabiliz egindako jarduketan adibideak 76

 5.1.1.1 AZTERTUTAKO 1. KASUA: Luizia egonkortzea N-1eko
 411-300 KPan (Gipuzkoa), P.2.4 egituran 76

 5.1.2 AZTERTUTAKO 2. KASUA: Ezpondak egonkortzea eta landaretzea GI-3920
 errepideko 1.650 KP parean (AP1eko Basagoiti zubibidea, Aretxabaleta, Gipuzkoa) 82

 5.1.3 AZTERTUTAKO 3. KASUA: Baso-pista batean luizi bat egonkortzea 88

 5.1.4 AZTERTUTAKO 4. KASUA: Luiziak egonkortzea Arrigorriagako bidegorri batean,
 Agirre eta Martiartu industrialdeen artean (Bizkaia) 93

 5.2 Ingeniaritza zibil klasikoaren eta natur bioingeniaritzaren arteko konparazioa 97

6. NATUR BIOINGENIARITZAKO PROIEKTUAK 99

 6.1 Bioingeniaritza proiektatzeko aurretiko analisia 100

 6.1.1 Informazio klimatikoa 100

 6.1.2 Informazio geologikoa 101

 6.1.3 Informazio edafikoa 101

 6.1.4 Mendi-mazelaren hidrologia 102

 6.1.5 Informazio topografikoa 102

 6.1.6 Ekosistemari buruzko informazioa eta analisi botanikoa 102

 6.1.7 Bestelako informazioa 103

 6.2 Bioingeniaritzari aplikatutako geoteknia 103

 6.2.1 Sarrera 103

 6.2.2 Lurren bultzada 104

 6.2.3 Ezponden egonkortasunaren analisia. Egonkortasun globalaren egiaztapenak 107

 6.3 Mazela landaretuen egonkortasuna: landarediak egonkortasunean duen garrantzia 113

 6.3.1 Sarrera 113

 6.3.2 Landarediaren garapenaren efektuak egonkortasun-egiaztapenetan 113

 6.4 Konponbideak kalkulatzeko eta justifikatzeko metodologia 117

 6.4.1 Sarrera 117

 6.4.2 Indartze-mekanismoak 117

 6.4.3 Egonkortasun-egiaztapenak bioingeniaritzako obretan 118

 6.5 Teknikak hautatzeko irizpideak 119

7. TEKNIKA NAGUSIAK 123

 7.1 ESTALTZE-TEKNIKAK: PROIEKZIO HIDRIKO BIDEZKO EREINTZAK 124

 7.1.1 Definizioa eta irismena 124

 7.1.2 Materialak 125

 7.1.3 Obrak gauzatzea 130

 7.1.4 Kalitate-kontrola 131

7.1.5 Neurketak eta ordainketak 131

7.1.7 Prezio deskonposatuaren proposamena: hidroereintza,
hidroereintza aberastua eta hidromanta 132

7.1.6 Gomendioak 132

7.2 EGONKORTZE-TEKNIKAK 134

7.2.1 Aldaxka landatzea 134

7.2.2 Adar-sortak 139

7.2.3 Adar-mailak 146

7.2.4 Zuresiak 154

7.3 TEKNIKA MISTOAK 160

7.3.1 Egur-horma bizi bakuna 160

7.3.2 Egur-horma bikoitza edo Krainer 165

7.3.3 Latina egur-horma bizia 170

7.3.4 Aquila egur-horma 175

7.3.5 Egur-hormen kalkuluak eta egonkortasun-egiaztapenak 180

7.3.6 Loricata egur-horma 196

7.3.7 Egur-hesi bizia 205

7.3.8 Zorroten mailakatuak 218

7.3.9 Arekak 230

7.3.10 Harri-lubeta landatua 244

8. KALITATE-KONTROLA, MANTENTZE-LANAK, JARRAIPENA ETA EBALUAZIOA 257

8.1 Kalitate-kontrola 258

8.1.1 Landare-materiala 258

8.1.2 Harrizko lauzak, blokeak 258

8.1.3 Zura 258

8.1.4 Saiakuntzak 259

8.2 Mantentze-lanak 259

8.3 Bioingeniaritzako obren jarraipena eta ebaluazioa 260

8.3.1 Eraikuntza-materialaren egoera 261

8.3.2 Funtzioak betetzea: teknikoak, ekologikoak, paisaiakoak eta sozioekonomikoak 261

8.3.3 Ebaluazio orokorra 262

8.4 Aplikazio-mugak 266

9. ARAUDI OROKORRA 269

9.1 UNE 270

9.2 NTJ Arau teknologikoak 271

9.3 Bestelakoak 271

10. BIBLIOGRAFIA 273

10.1 Erreferentzia orokorrak 274

10.2 Erreferentzia espezifikoak 275

10.2.1 Atala: 4.3.1 Material biziak eta propietate bioteknikoak 275

10.2.2 Atala: 6.4 Konponbideak kalkulatzeko eta justifikatzeko metodologia 276

10.2.3 Atala: 7.1 Estaltze-teknikak 277

10.2.4 Atala: 7.2 Egonkortze-teknikak. 7.2.2 Adar-sortak 277

10.2.5 Atala: 7.3 Teknika mistoak. 7.3.9 Harri-lubeta landatua 277

10.2.6 Atala: 7.4 Egur-hormen kalkuluak 277



1. HITZAURREA

Natur Bioingeniaritza eraikuntza-diziplina bat da. Lurraren higadura- eta egonkortasun-arazoak konpontzeko erabiltzen da, batez ere, eta landare-material bizia zein hila erabiltzen du, harri, altzairu eta beste material batzuekin konbinatuta

2022ko martxoan Bioingeniaritzako Tekniken Eskuliburua (BTE) argitaratu zen, helburu bat lortzeko asmoz: nagusiki ezpondak egonkortzera bideratzen diren eraikuntza-teknika horien diseinua, kalkulua eta eraikuntza ezagutaraztea eta erraztea. 2024ko eskuliburu berri honen bidez, beste teknika batzuk gehitu nahi dira, eta lehen bertsioan mahaigaineratzen ziren zenbait zalantza argitu.

Natur Bioingeniaritza eraikuntza-diziplina bat da. Lurraren higadura- eta egonkortasun-arazoak konpontzeko erabiltzen da, batez ere, eta landare-material bizia zein hila erabiltzen du, harri, altzairu eta beste material batzuekin konbinatuta.

Landare-material hilak hasierako egonkortasun bat ematen dio osotasunari eraikuntza amaitu bezain laster, eta, denboraren joanean deskonposatu egiten denez, ordeztua gertatzen da, baita indartua ere, han jarritako landareak hazi eta sustrai-sistema garatzeaz batera. Esku hartutako eremuan gerora izango den berezko bilakaerak baldintza nahikoak sortzen ditu landaredi autoktonoak lekua kolonizatu, finkatu eta zabaltzeko. Horrela, teknika horren bidez lortu nahi dena da lurzorua egonkortu, landarez leheneratu eta ekosistemak berroneratzea eta, ahal dela, ingurunearekin erabat fusionatzera iristea.

Komeni da gogoan izatea ezpondak teknika horiek bakarrik erabiliz egonkortzea praktikan ez dela beti egingarria eta hori lekuan lekuko ezegonkortasun-arazoaren arabera izango dela, bioteknik ez baitituzte kasu guztietan indartze mekanikoko ezinbesteko baldintzak betetzen.

Bioingeniaritzan dauden eraikuntza-elementuei “bioteknia” ere esaten zaie, eta argitaratuta dagoen bibliografia askotarikoan haietaz aritzean “naturan oinarritutako konponbideak” edo “NOK” terminoak aipatzen dira (edo ingelesezko NbS), baita “naturan oinarritutako soluzio” edo “irtenbideak” ere.

Teknika horien abantaila nagusiak hauek dira::

- Konektagarritasun ekologikoko egituren funtzionaltasuna hobetzen da, eta, beraz, ibilgailuek abereak-eta harrapatuta istripuak izateko arriskua murrizten da.
- Denboraren joanean, lurzorua egonkortasuna handitu eta indartzen da, erabiltzen diren sistema naturalek ekosistema naturalak sortzea baitakarte.
- Lurrean infiltrazioa eta perkolazioa gertatzea errazten da, baita uraren interzeptazioa eta lurrunketa/ebapotranspirazioa gertatzea ere, eta, beraz, uraren ziklo naturala sustatzeaz gain, higadura-prozesuak geldiarazten dira.
- Obren ingurumen- eta paisaia-integrazioa hobetzen da, eta ekosistemak leheneratzen dira.
- Ingeniaritza tradizionalako teknika baliokideek baino karbono-aztarna txikiagoa dute; izan ere, kasu askotan, tokiko material naturalak erabiltzen dira, eta horrek asko murrizten du bai garraioa eta bai prozesamendua. Gainera, erabilitako landareak CO₂-hustuleku gertatzen dira, eta, beraz, klima-aldaketa arintzen laguntzen dute, lurzorua egonkortzeaz eta higadura kontrolatzeaz bat.

Teknika horiek sendo ezarrita daude Europako beste herrialde batzuetan joan den mendeko 60ko hamarkadatik, eta jakin badakigu erromatarrek jada erabili zituztela egonkortze-teknika horiek.

Hasiera batean, ibaien eremura eta hidrologia nahiz basoak leheneratzeko obretara zuzenduta zeuden, baina pixkanaka beste aplikazio-esparru batzuetara zabaldu ziren, hala nola azpiegitura linealetara.

Europako Batzordeak azpiegitura berdeen erabilera sustatzeko estrategia bat onartu zuen 2014an, aitortu baitzuen tresna nagusietako bat dela biodibertsitatearen mehatxuei aurre egiteko, bai eta biodibertsitatea beste ekintza batzuetan txertatzeko ere.

Ikuspegi horren ildotik, Espainiako Estatuan, Azpiegitura Berdearen eta Konektagarritasun eta Leheneratze Ekologikoen Estrategia Nazionala taxutu eta onartu zen, uztailaren 9ko PCM/735/2021 Aginduaren¹¹ bidez, eta, han xedatuta dagoenez, autonomia-erkidego bakoitzari dagokio bere estrategiak lantzea.

Azpiegiturak proiektatzeko eta gauzatzeko gure eremuari aplikatuta, bi hauek nabarmendu nahi ditugu:

- 1. XEDEA. Lurzorua erabileretan izandako aldaketek edo azpiegituren presentziak eragindako zatiketaren eta konektagarritasun ekologikoaren galeraren ondorioak murriztea.
- 2. XEDEA. Funtsezko eremuetako habitata eta ekosistemak leheneratzea, ekosistemen biodibertsitatea, konektagarritasuna edo zerbitzu-hornidura bultzatzeko, naturan oinarritutako konponbideak lehenetsita.

Horrenbestez, estatuko estrategia –eta Europakoa– eremu gertuago batera hurbildu da, eta horrek dakar gure inguru hurbileko ingurumen- organoek (Eusko Jaurlaritza, Bizkaiko Foru Aldundia eta Uraren Euskal Agentzia) azpiegitura-proiektu eta -obretan horrelako jarduketak sar daitezela eskatzea.

Amaitzeko, eskuliburu hau idazten eta berrikusten parte hartu duen talde osoari egindako lana eta dedikazioa eskertu nahi diogu. Badakigu diziplina anitzeko talde zabal bat aritu dela, eta horrek ezponden egonkortasun-arazoei konponbidea bilatzeko ikuspegi holistikoa izaten laguntzen du, zalantzarik gabe.

Bioingeniaritzan dauden eraikuntza-elementuei “bioteknia” ere esaten zaie, eta argitaratuta dagoen bibliografia askotarikoan haietaz aritzean “naturan oinarritutako konponbideak” edo “NOK” terminoak aipatzen dira

1 33/2015 Legea, irailaren 21ekoa, Natura Ondarearen eta Biodibertsitatearen abenduaren 13ko 42/2007 Legea aldatzen duena.



2. XEDEA. SARRERA ETA AURREKARIAK



Bizkaiko Foru Aldundiak egindako obra linealak naturalizatzen lagunduko duten teknika berrien ezagutza areagotu nahiak bultzatuta sortu da bioingeniaritzako tekniken gida hau.

Dagoeneko errealitate dira teknika horiek gure lurraldean, batez ere ibai-inguruneetako jarduketetan eta berriki obra zibilean, egonkortze-arazoak konpontzeko, besteak beste. Helburu nagusia da Bizkaiko Lurralde Historikoan egiten diren obra zibiletan erabiltzen has daitezen erraztea.

Ez dugu ahaztu behar lotura estua dagoela jasangarritasunaren eta karbono-aztarna murriztearen artean, eta horrekin bat datorren edozein jarduketa aztertu eta balioetsi egin behar dela. Bioingeniaritzak hurbileko material biziak erabiltzea lehenesten du; beraz, garraio-beharrak nabarmen murrizten dira eta, gainera, sartutako landare-espezieek CO₂-a finkatzea ekarriko dute. Lurzoruari eusteko, drainatze-, iragazte- eta arazte-funtzioak betetzeko, habitata leheneratzeko eta paisaia-integrazioa lortzeko dauka oinarritzat bioingeniaritzak material bizien erabilera aplikatzea.

Garapen eta aurrerapen zientifikoari esker, kuantifikatu ahal izan da material biziek ezartzean egiten dituzten ekarpenak, bai berek bakarrik, bai beste elementu batzuekin batera. Azken hamarkadetan egindako obretatik ateratako gero eta datu gehiago eta gero eta ezagutza enpiriko handiagoa dauden heinean, zalantzak eta beldurrak gainditzen ari dira. Hain dira ugariak aplikazio-kasu arrakastatsuak, mundu jasangarriago eta naturalago bat lortzeko helburuarekin bat datozen alternatiba baliozkotu gisa kokatzen baitira askotan bioingeniaritzako teknikak.

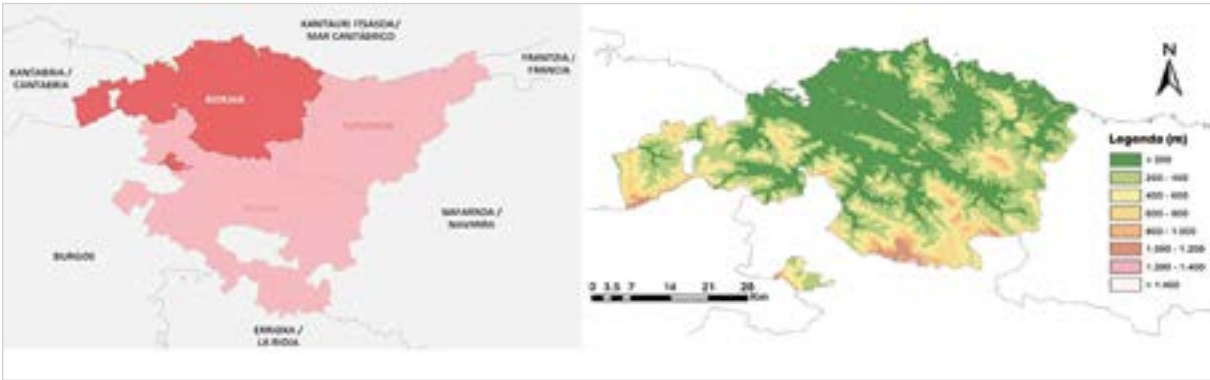
Bioingeniaritzaren jatorria antzina-antzinako garaietatik datorren arren (gizakiak orduan ez zuen hormigoirik, baina bazituen zura, harriak eta landareak), 1960tik aurrera gertatu zen Erdialdeko Europan ingeniari zibilak bere egitea eta garrantzi propioa hartuz joatea. Alde horretatik, bioingeniaritzako jarduketak 2030 Agendako GJHeKin lotuta egongo lirateke; zehazki, 15. helburuarekin: basoak modu jasangarrian kudeatzea, basamortutzearen aurka borrokatzea, lurren degradazioa gelditzea eta leheneratzea, eta biodibertsitatearen galera gelditzea.



Natur
Bioingeniaritza
dagoeneko
errealitate da gure
lurraldean, batez ere
ibai-inguruneetako
jarduketetan eta
berriki obra zibilean

A photograph of a steep, grassy hillside covered in dense green vegetation. A rustic wooden fence line runs diagonally across the upper portion of the slope. In the foreground, there are thick bushes and shrubs. At the bottom right, a paved road is partially visible. The sky is blue with some light clouds.

3. BIZKAIA. KOKATZEKO: INGURUNE FISIKOA ETA AZPIEGITURA LINEALAK



1. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoaren kokapena eta mapa hipsometrikoa. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritz

3.1 BIZKAIKO LURRALDE HISTORIKOKO INGURUMEN FISIKOAREN EZAUGARRIAK, GAINGIROKI

Natur Bioingeniaritza lurraldetik eta lurralderako proiektatzen den diziplina bat da. Horregatik, hurrengo lerrootan, Bizkaiko Lurralde Historikoko ingurune fisikoaren ezaugarriak azalduko ditugu, labur-labur. Aplikazio zehatz bakoitzean, analisia proiektu-eskalara jaitsi behar da, aurretiko kontsiderazio hauek guztiak kontuan hartuta.

Azpiegitura linealei aplikatutako Natur Bioingeniaritzako Eskuliburu honen azterketa-eremua Bizkaiko Lurralde Historikoa da. Iberiar penintsulako iparraldean kokatua, Kantauri itsasoak mugatzen du iparraldetik, Gipuzkoako Lurralde Historikoak ekialdetik, Arabako Lurralde Historikoak eta Burgosko probintziak (Gaztela eta Leongo erkidegoa) hegoaldetik, eta Kantabriako erkidegoak mendebaldetik. Bestalde, Bizkaia guztira 2.217,2 km²-ko azalera du, 9 eremu funtzionaletan banatuta, eta 1.142.000 biztanle inguru dira lurraldeko 113 udalerrietan.

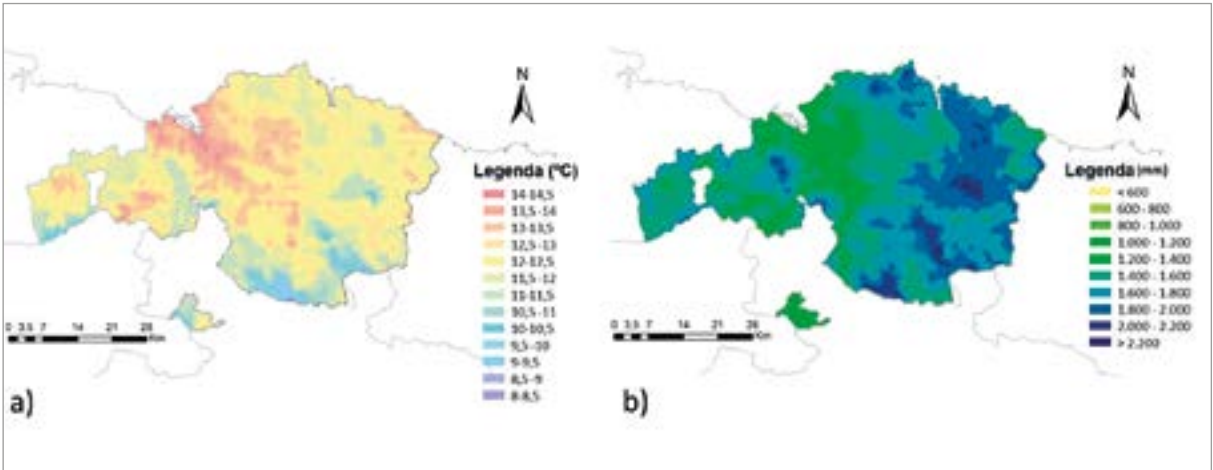
Orografiari dagokionez, Bizkaiko erliebean mendiak ertainak dira. Gailur garaienak (Gorbeia, 1.482 m; Zalama, 1.343 m; Anbotu, 1.331 m; Udalatx, 1.120 m, eta Oiz, 1.026 m) lurraldeko hegoaldean daude, eta erliebe malkartsueneko paisaiak, berriz, Enkarterrin.

Bizkaiko bide-sarearen berezko ezaugarriak eta harekin lotutako arazoak aztertzen hasi aurretik, sarrera gisa, ikus ditzagun labur-labur Bizkaiko Lurralde Historikoko ingurunearen ezaugarriak, jakin dezagun bide-azpiegiturekin lotutako jarduketak planifikatu eta egin behar direnean zer ingurumen-alderdi diren kontuan izan beharrekoetan garrantzitsuenak

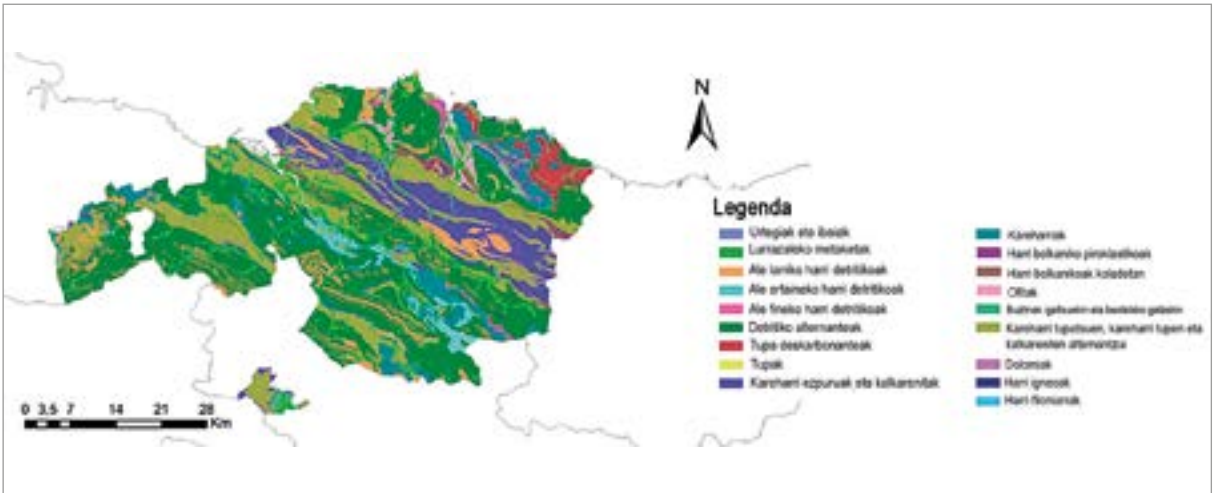
3.1.1 Klima

Bizkaiko Lurralde Historikoan bi zona klimatiko daude: klima atlantiko edo heze epela da nagusi isurialde atlantikoan (Bizkaiko gehiena), eta klima subatlantikoa dute hegoaldeko zati txiki batean (EAEko erdialdeko zonakoa). Bi kasuetan, Ozeano Atlantikoaren eragin handia dela-eta, tenperatura leunak izaten dira urte osoan zehar: urteko batez besteko tenperatura 14 °C inguru izaten da kostaldetik gertu, eta 11-12 °C inguru barnealdean. Gainera, klima subatlantikoko lekuetan prezipitazio arinagoak erregistratu ohi badira ere, oro har handiak izaten dira Lurralde Historiko osoan, eta urte osoan zehar banatuak;

Bizkaiko Lurralde Historikoan bi zona klimatiko daude: klima atlantiko edo heze epela da nagusi isurialde atlantikoan (Bizkaiko gehiena), eta klima subatlantikoa dute hegoaldeko zati txiki batean (EAEko erdialdeko zonakoa)



2. irudia. a) Urteko batez besteko tenperatura, eta b) urteko prezipitazio metatua. Iturria: Nekazaritzako Datuen Informazio Geografikoko Sistema (SIGA), Trantsizio Ekologikorako Ministerioa



3. irudia. Euskal Autonomia Erkidegoko mapa litologikoa. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritz

maximoak udazkenean eta neguan izaten dira. Bizkaiko urteko batez besteko prezipitazio metatua 1.200 mm da, eta batezbesteko horren bi muturrak dituzte, batetik, 1.000 mm Urduñan eta Bilboko portuaren inguruetan, eta, bestetik, 2.200 mm baino gehiago Gorbeia mendigunean, Urkiolan eta Oizen.

3.1.2 Geologia

Geologikoki, Bizkaiko Lurralde Historikoa Eusko-Kantauriar Arroko ipar-mendebaldean dago. Arro hori Pirinioetako hesiaren mendebaldean dago, Jurasikoaren amaieran indibidualizatu, Kretazeoan eta Paleogenoan sedimentu-ekarpenak jasotzeko leku izan zena. Ondoren, alpetar orogenian, material pilo hori tolestu egin zen, eta zenbait egitura eratu ziren hala, gaur arte iraun dutenak eta denak ere norabide uniforme samarrekoak: ipar-mendebaldetik hego-ekialdera. Eusko-Kantauriar Arroa osatzen duten hiru guneetatik, Euskal

Mendebaldean Asturiasko Herziniar Mendigunea eta ekialdean Pirinioetako mendikatea dituela, Eusko-Kantauriar Arroa arro sedimentario bat da, Jurasikoaren amaieran indibidualizatu, Kretazeoan eta Paleogenoan sedimentu-ekarpenak jasotzeko leku izan zena. Ondoren, alpetar orogenian, material pilo hori tolestu egin zen, eta zenbait egitura eratu ziren hala, gaur arte iraun dutenak eta denak ere norabide uniforme samarrekoak: ipar-mendebaldetik hego-ekialdera. Eusko-Kantauriar Arroa osatzen duten hiru guneetatik, Euskal

Geologikoki, Bizkaiko Lurralde Historikoa Eusko-Kantauriar Arroko ipar-mendebaldean dago

Herriko arkuaren eremuan kokatzen da Bizkaia, eta Euskal Herriko mendigune paleozoikoetako materialak eta material mesozoiko eta tertziarioak biltzen ditu.

Inguru horretan dagoen litologiari dagokionez, Bizkaiko lurralde gehiena kareharrien, hareharridun tupen eta dolomien nahiz bestelako material sedimentariobatzuengaineandago. Material horien ezaugarriak direla-eta, zenbait egoeratan arazoak sortu daitezke azpiegitura linealak eraikitzeko proiektuetan. Aipatzekoak dira, besteak beste, kareharri karstifikatuko lurzoruetan ezpondek duten ezegonkortasuna eta tupen hedakortasun, kolapsagarritasun, haustura etenkor eta horren ondoriozko ezegonkortasuna.



4. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoko unitate hidrologikoak. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritza

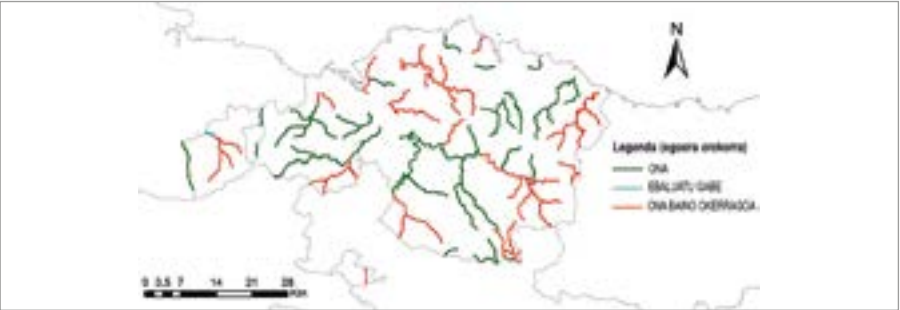
3.1.3 Hidrografia

Bizkaiko Lurralde Historikoan dauden ibaiak hiru mugape edo demarkazio hidrografikokoak dira. Gehienak Kantauri Ekialdeko Demarkazioan daude, mendebaldeko muturrean daudenak Kantauri Mendebaldeko Demarkazioari dagozkio, eta gutxi batzuk, Bizkaiko hegoaldetik igarotzen direnak, Ebroren Arroko Demarkazio Hidrografikokoak dira.

Bestalde, ibai horietako gehienak 8 unitate hidrologikotan kokatuta daude, eta Kantauriko arrora isurtzen dituzte urak. Hona hemen 8 unitateak: Karrantza, Agüera, Barbadun, Ibaizabal, Butroe, Oka, Lea eta Artibaia. Unitate horietako ibai nagusiak hegoaldetik iparralderanzko norabidean igarotzen dira, Ibaizabal izan ezik, ibai horrek nagusiki ekialdetik mendebalderanzko bidea egiten baitu, eta guzti-guztiak ibai laburrak dira, ibilbide lañoak, bidean erliebe menditsurik gabeak. Horietaz gain, badira Baia, Zadorra eta Deba ibaien unitate hidrologikoetakoak diren beste hiru eremu txiki, eta, beraz, guztira 11 unitate hidrologiko daude Bizkaian. Baiak eta Zadorrak Mediterraneoko arrora isurtzen dituzte urak, eta Deba ibaiak, berriz, Kantauriko arrora.

Bizkaiko lur gaineko uren egoera orokorra aztertuta (ur horien egoera kimikoaren eta ekologikoaren arteko konbinazioaren emaitza), 2022an 'Ona baino okerragoa' balioa eman zuten Karrantza, Herrerias, Nerbioi I, Butroe, Asua A, Gobelas A, Artigas A, Artibaia A, Ibaizabal I, Ibaizabal II, Elorrio II, Elorrio I, Zadorra eta Altube II-ko ur-masek. Balio horiek kontuan hartu beharrekoak dira, errepideek (eta, pentsatzekoa denez, errepideekin lotutako isurketa-uren kutsadura-maila altuek) okerragotu egin baitezakete jarduketetan tartean dauden ur-masen egoera. Kalte horrek, uren egoera kimikoa hondatzeaz gain, egoera ekologikoari

Bizkaiko Lurralde Historikoan dauden ibaiak hiru mugape edo demarkazio hidrografikokoak dira. Gehienak Kantauri Ekialdeko Demarkazioan daude, mendebaldeko muturrean daudenak Kantauri Mendebaldeko Demarkazioari dagozkio, eta gutxi batzuk, Bizkaiko hegoaldetik igarotzen direnak, Ebroko Arroko Demarkazio Hidrografikokoak dira



5. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoko ibaietako uren egoera orokorra. 2018.

Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritza

ere eragingo lioke, jarduketek ibilguen aldaketa hidromorfologikoa badakarte, besteak beste.

Azkenik, balio hidrologikoak eta uholde-arriskuari dagozkionak ere garrantzitsuak dira, batez ere bide-sarea haran-hondoetatik igarotzen den tarteetan, eta azpiegitura linealean egin beharreko jarduketek drainatze-sistema naturaletan aldaketak eragin ditzaketenean, uholde-arriskua handituta.

3.1.4 Biodibertsitatea

Lehorreko Espezieen Espainiako Inbentarioaren arabera, Bizkaia, Euskal Autonomia Erkidegoko zati gisa, espezieetan aberastasun handienekoak diren erkidegoetako batean dago, Errioxarekin eta Nafarroarekin batera. Inbentario horrek Espainiako lehorreko faunaren eta floraren banaketa, ugaritasuna eta kontserbazio-egoera jasotzen ditu, eta, espezie-aberastasunaren bidez, estatuko geografiako toki bakoitzean dauden espezieen kopurua agertzen du (hegaztiena, ugaztunena, anfibioena, narrastiena, arrain kontinentalena, ornogabeena eta flora baskular eta ez-baskularrena).

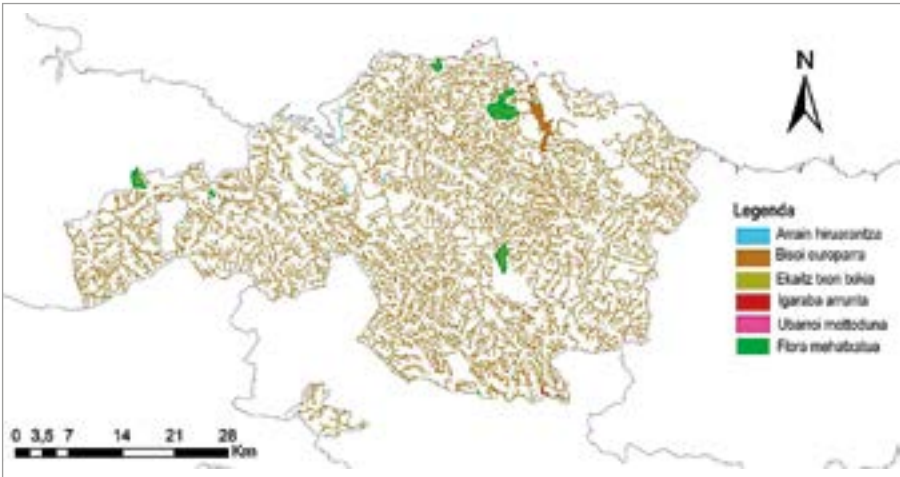
Eskualde eurosiberiarraren eta mediterraneoaren artean egonik, eta migrazio-bideetan ondo kokatuta dagoenez, Bizkaia, eta batik bat lurraldeko hegoaldea, faunarentzat nahiz florarentzat estatuko leku onenetakoa da. Ikusi besterik ez dago, alde horretatik, Bizkaia zatitzen duen sareta: lauki gehienetan espezieen kopurua 140tik gorakoa da, eta hori baino espezie-aberastasun txikiagoko laukiak AP-68 nahiz N-634aren ingurukoak eta lurraldeko ekialdekoak dira. Beheko mapa honetan ikus dezakegu Bizkaiko Lurralde Historikoko aniztasun biologiko aberatsaren egoera.

6. irudia. 10 x 10 km-ko lauki bakoitzeko espezie-aberastasuna Bizkaiko Lurralde Historikoan.

Iturria: MITECO



Lehorreko Espezieen Espainiako Inbentarioaren arabera, Bizkaia, Euskal Autonomia Erkidegoko zati gisa, espezieetan aberastasun handienekoak diren erkidegoetako batean dago, Errioxarekin eta Nafarroarekin batera



7. irudia. Basa eta Itsas Fauna eta Florako Espezie Mehatxatuen EAEko Katalogoan jasota dauden flora- eta fauna-espezieak Bizkaiko Lurralde Historikoan. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritza

3.1.4.1. Landaredia

Bizkaiko Lurralde Historikoan, Pinus radiata espeziearen baso-plantazioak dira nagusi; lurraldearen % 23,20 hartzen du zuhaitz horrek. Bigarren dira belardi eta soro atlantikoak (Bizkaiko azaleraren % 17,98) eta beste baso-plantazio batzuk (lurraldearen % 14,81). Bizkaiko hamar landare-mota nagusien artean (guztira azaleraren % 83,73 hartzen dute), % 7,11 baso autoktono helduak dira.

Azpiegitura linealek eragin zuzena dute landaredian, eta errepideen ondoko lehen metroetatik bertatik ikus daitezke horien ondorioak. Ereku horietan landaredi erruderal-nitrofiloa egon ohi da, eremu gizatiartuenak hartu ohi ditu-eta, eta horixe da Bizkaiko laugarren landare-mota ugariena (lurraldearen % 7,84 hartzen du). Gainera, maiz ikusi da jarduketak egiten diren lekuak (autobideak, errepideak, lehendik dauden tarteen konponketak edo zabaltzeak, ezpondak, lubetak, etab.), normalean landaretze egokirik gabeak, landare exotiko inbaditzaileen sarleku edo kokaleku izan ohi direla, eta horiek sakabanatzen azpiegiturek ere laguntzen dute, eta hori da, hain zuzen, munduan biodibertsitate-galera eragiten ari diren kausetan bigarrena.

3.1.4.2 Flora eta fauna mehatxatua

Euskal Autonomia Erkidegoan, ekainaren 30eko 16/1994 Legeak, Euskadiko natura babestekoak, Basa eta Itsas Fauna eta Landaredian Arriskuan dauden Espezieen EAEko Zerrenda egitea ekarri zuen, espezieen babesa sustatzeko helburuz, batetik, eta erkidego mailan flora- eta fauna-espezie mehatxatuei buruzko ezagutza eguneratua biltzeko, bestetik. Zerrenda edo katalogo horretatik ondorioztatzen denez, landare-espezie mehatxatuak nagusiki eremu menditsu, itsaslabar, padura eta kostaldeko gainerako sistemetan banatuta daude, eta arriskuan dauden fauna-espezie gehienek, berriz, hezeguneak, ibaiak, hostozabalen basoak, haitzuloak eta harkaitzak dituzte aterpe.

Arriskuan dauden fauna- eta flora-espezieen azterketa Bizkaiko Lurralde Historikora mugatzen badugu, 25 dira flora-espezie mehatxatuak, eta guztira 2.455 hektareako azalera hartzen dute Zornotzako eta Bakioko udalerrietan, Urdaibaiko inguruneetan eta Armañongo Parke Naturalean.

Fauna-espezieei dagokienez, berriz, arrain hiruarantza, bisoi europarra, ekaitz-txori txikia, igaraba arrunta eta ubarroi mottoduna daude Bizkaiko espezie mehatxatuen zerrendan.

3.1.4.3 Igarobide ekologikoak

Gaur egun, EAEn bada igarobide ekologikoen sare bat, premia larri bati erantzuteko sortua: basa-espezieak dauden naturaguneen arteko lotura funtzionala kontserbatzea eta leheneratzea, naturagune horietako populazio urrituak bakartuta gelditzen ari zirelako.

Lurralde Antolamenduaren Gidalerroak (LAG) eguneratu zirenean sartua eta behin betiko 2019an onartua, sarearen helburua da Natura 2000 sarearen lotura eta koherentzia ekologikoa sustatzea, habitat naturalen eta basa-fauna eta -floraren kontserbazioari buruzko Kontseiluaren 92/43/EEE Zuzentarauaren 10. artikulua ezartzen duen bezala. Zehazki, eskualde mailan zatiketa jasaten ari direla detektatutako habitatak eta espezieak dauden Natura 2000 guneen lotura sustatzea da helburua. Igarobideen sarea zedarritzeak ondorioak izan beharko litzuke lurzorua erabileren erregulazioan, eta leheneratze ekologikorako nahiz inpaktuen prebentziorako neurriak ezartzea ekarri beharko luke.

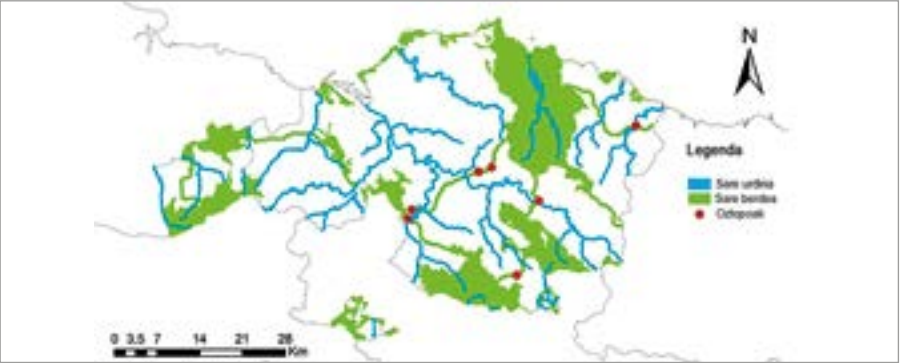
Bizkaian, igarobide ekologikoen sarea zazpi errepidek ebakitzen dute, eta, beraz, puntu kritiko horiek gaingitu egin beharko dira, azpiegitura berdeko figura horiek betetzea espero den funtsezko zeregina oztopatu nahi ez bada. Hauek dira aipatutako errepideak: AP-8, N-240, N-634, BI-633, BI-625, E-05/E70/E-80/AP-8 eta N-622.

3.1.5 Naturagune babestuak

Balio natural nabarmeneko eremuak direla-eta berariaz naturaren kontserbaziorako erabilera eman zaien eta, beraz, lege-babes berezia duten eremuak dira naturagune babestuak.

EAEn eta, beraz, Bizkaiko Lurralde Historikoan, Euskadiko natura-ondarea kontserbatzeari buruzko azaroaren 25eko 9/2021 Legeak hiru kategoriatan sailkatzen ditu natura-ondareko gune babestuak: naturagune babestuak, Natura 2000 sareko naturagune babestuak eta nazioarteko tresnak aplikatzearen ondoriozko gune babestuak. Zehazki, naturagune babestuak dira parke naturalak, natura-erreserbak, natura-monumentuak eta paisaia natural babestuak;

8. irudia. EAEko igarobide ekologikoen sarea Bizkaiko Lurralde Historikoan: sare urdina, sare berdea eta sareko oztopoak. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritza



Balio natural nabarmeneko eremuak direla-eta berariaz naturaren kontserbaziorako erabilera eman zaien eta, beraz, lege-babes berezia duten eremuak dira naturagune babestuak

Azpiegitura linealek eragin zuzena dute landaredian, eta errepideen ondoko lehen metroetatik bertatik ikus daitezke horien ondorioak

Urdaibai Biosfera Erreserbaren izendapena mugarri izan zen EAEko naturaren kontserbazioan, 1989an

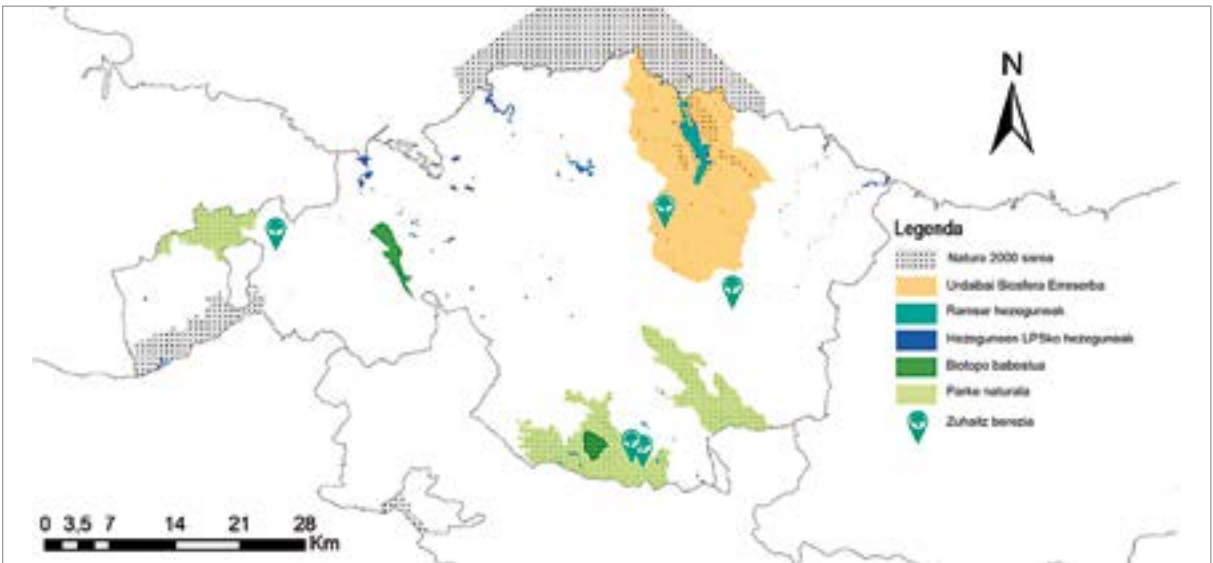
Natura 2000 sareko naturagune babestuak dira Batasunaren garrantzizko lekuak (BGL), kontserbazio bereziko eremuak (KBE) eta hegaztientzako babes bereziko eremuak (HBBE), eta nazioarteko tresnak aplikatuz babestutako guneak dira biosfera-erreserbak, Nazioarteko Garrantziko Hezeguneei (bereziki Uretako Hegaztien Habitat gisa) buruzko Ramsarko Hitzarmenaren nazioarteko garrantziko hezeguneak, Unescok izendatutako geoparkeak, Oskar hitzarmenak babestutako eremuak, Munduko Ondarearen Zerrendako naturaguneak eta Europako Kontseiluaren erreserba biogenetikoak.

Lege horretan jasotako kontserbazio-figurez gain, Bizkaian badira garrantzi handiko beste eremu batzuk ere: alde batetik, zenbait hezegune, zeinen garrantzia aitortua baitago Euskal Autonomia Erkidegoko Hezeguneeen Lurralde Plan Sektorialean (LPS), edota nazioarteko tresnetan, hala nola Ramsar hitzarmenean, eta, beste aldetik, Urdaibai Biosfera Erreserba, zeinaren izendapena mugarri izan baitzen EAEko naturaren kontserbazioan, 1989an. Horiek guztiek gaur egun 46.514 hektarea hartzen dituzte (Bizkaiko azalera osoaren % 21), eta funtzio erabakigarria betetzen dute ekosistemen kontserbaziorako, espezieen biziraupenerako eta prozesu ekologikoak eta ondasun eta zerbitzu ekosistemikoak mantentzeko.

Bizkaiko Lurralde Historikoan Natura 2000 sareko 17 eremu daude: 3 HBBE (hegaztientzako babes bereziko eremuak) eta 13 KBE (kontserbazio bereziko eremuak), guztien artean 26.665 hektareako azalarekin (Bizkaiko azalera osoaren % 12). Eta, horietaz gain, 3 parke natural (Urkiola, Gorbeia eta Armañon), 15.707 hektareako azalarekin (lurraldearen % 7,1); 2 natura-monumentu (Itzina eta Gaztelugatxe) eta paisaia natural babestu bat (Meatzaldea), 1.555 hektareako azalarekin (Bizkaiko % 0,7); EAEko Hezeguneeen Lurralde Plan Sektorialak (LPS) araututako hezeguneak eta Ramsar hezeguneak, guztira 1.624 eta 723 hektareako azalarekin, hurrenez hurren; Urdaibai Biosfera Erreserba, eta 5 zuhaitz berezi.

Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sarea naturagune horietako askorekin gurutzatzen da. Horrek habitatak bereiztea dakar, eta animalia-

9. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoko naturagune babestuak. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritza

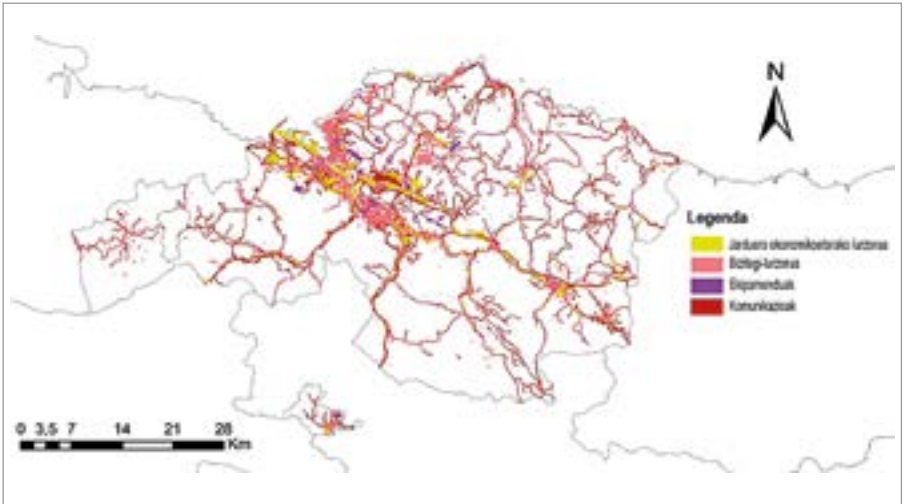


espezieei habitat batzuetatik besteetara mugitzeko premia oztopatzea, baina gune horiek dinamizatzeko ere balio du aldi berean, bertako irisgarritasuna hobetzen duelako eta horrelako guneak zein hauskorrak diren herritarrek kontzientziatzen laguntzen duelako.

3.1.6 Ingurune antropikoa

Bizkaiko Lurralde Historikoak 113 udalerri ditu, eta guztira 1.149.044 biztanle (2020ko urtarrilaren 1ean); 1976ko datuekin alderatuta, hazkunde-tasa negatiboa du. Emakumeak biztanle guztien ia % 52 dira. Dagoen biztanleriaren eta lurraldearen hedadura mugatuaren ondorioz, Bizkaia estatuko biztanleria-dentsitate handieneko bosgarren probintzia da.

Kontzentrazio horren ondorioz, Bizkaia azpiegitura eta zerbitzu asko behar ditu. Hain zuzen, 22.011 hektarea (Bizkaiko Lurralde Historikoaren % 9,9)

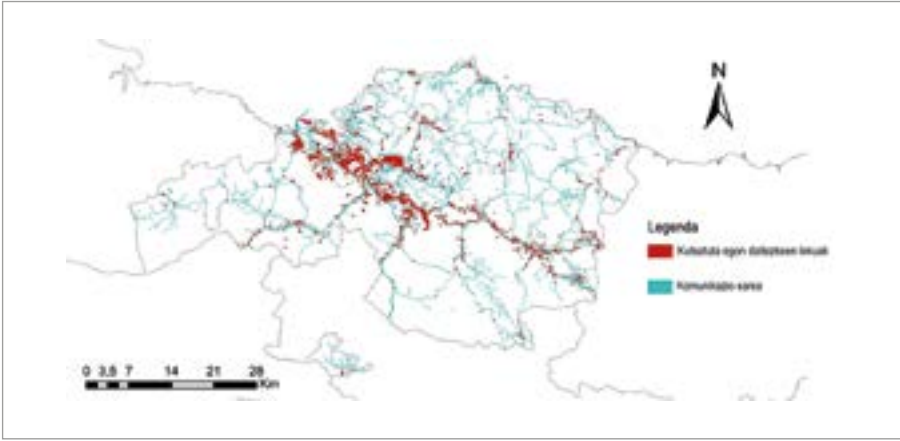


10. irudia. Jarduera antropikoetarako azpiegiturak eta zerbitzuak: bizitegi-lurzorua, jarduera antropikoetarako lurzorua, ekipamenduak eta komunikazioak (bide-azpiegiturak eta -garraioak, portu-azpiegiturak eta -garraioak, aireportu-azpiegiturak eta -garraioak, trenbide-azpiegiturak eta -garraioak, eta AHTren azpiegiturak eta garraioak). Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritza

giza jarduerarekin lotutako erabileraren batera bideratuta dago. Horien artean, bi datu nabarmentzen dira: bizitegi-lurzoruek 10.594 hektarea hartzen dituzte (% 4,8), eta jarduera ekonomikoetarako gordetakoak 5.226 hektarea dira (% 2,4). Eta nabarmentzekoa da garraio-azpiegiturretara bideratutako azalera ere (bide, portu, aireportu, trenbide eta AHTa), guztira 4.282,7 hektarea baitira (lurraldearen % 1,9). Azken horien artean, aipatzekoa da 3.533 hektarea bide-azpiegitura eta -garraioetarako direla.

Jarduera antropikoarekin lotutako lurzoruaren kutsadurari dagokionez, Euskal Autonomia Erkidegoak ekainaren 25eko 4/2015 Legea du, Lurzorua kutsatzea saihestu eta kutsatutakoa garbitzekoa, eremu horren lege-garapenerako. Lege horrek honela definitzen du lurzoru kutsatua: “gizakiaren ekintzen eraginez ezaugarri kimikoetan eraldaketaren bat duen lurzoru oro da, baldin eta aldaketa hori, ingurumenerako edo pertsonen osasunerako ezin onartuzko arriskua duelako, bere funtzioekin bateraezina bada bai egungo erabilerarako bai erabilera aldatuz gero hurrengo baterako”.

Legeak dioenez, lurzoru kutsatua “gizakiaren ekintzen eraginez ezaugarri kimikoetan eraldaketaren bat duen lurzoru oro da, baldin eta aldaketa hori, ingurumenerako edo pertsonen osasunerako ezin onartuzko arriskua duelako, bere funtzioekin bateraezina bada bai egungo erabilerarako bai erabilera aldatuz gero hurrengo baterako”



11. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoan kutsatuta egon daitezkeen lurzoruen EAEko inbentarioa. Iturria: GeoEuskadi. Eusko Jaurlaritz

Legeak berak, Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Etxebizitzako sailburuaren 2017ko abenduaren 21eko AGINDUAren bidez, lurzoru kutsa dezaketen jarduerak edo instalazioak dituzten edo izan dituzten lurzoruen inbentarioa eguneratu eta eman zuen. Inbentario hori aldian-aldian eguneratzen da, eta 2015eko bertsioa da eguneratuena. Bizkaiko Lurralde Historikoan kutsatuta egon daitezkeen lurzoruen analistik ondorioztatzen denez, inbentarioan guztira 5.420 lursail daude, denen artean 4.674,11 hektarea dira, eta gehienak bi eremutan daude: Bilbo Handiaren inguruan (bide-azpiegituren dentsitate handia du) eta AP-8ak markatutako ardatzean.

Kutsadura hori arrisku larria izan daiteke bai pertsonen osasunerako eta bai ekosistementzat. Beraz, bideak eraikitze, handitzeko edo konpontzeko jarduketak planifikatzean, lurzoruaren kalitatea ikertu beharko da, ikusteko zenbateko aukera dagoen lurzoru induskatzean eta mobilizatzean kontuan hartzeko moduko kutsadura eragiteko.

3.2 BIZKAIKO LURRALDE HISTORIKOKO BIDE-SAREAREN EZAUGARRIAK ETA HAREKIN LOTUTAKO ARAZOAK

Gure errepideen etorkizunak klima-aldaketaren erronkari aurre egin behar dio. Horrek berebiziko garrantzia du, eta karbono-neutraltasunaren helburua lortzeko beharrezkoak diren neurri guztiak hartzea behartzen gaitu. Alde horretatik, garraioaren eta errepideen inguruko eszenatokiak ezinbesteko bihurtzen du ekintza bateratuak egitea, nahitaez zeharkakoak, lagunduko digutenak etorkizun jasangarriago bat ikusten, klima-aldaketara egokituagoa eta erresilienteagoa den gizarte batekin. Garraio-bide berriak eraikitzean, lehentasunen artean egon behar du lurraldean dauden ingurumen- eta paisaia-balioak babestea, etorkizuneko belaunaldientzat, biodibertsitatearen kontserbazioa eta espezie mehatxatuen bideragarritasuna berma dadin.

Gainera, egoera sozioekonomiko aldakorretara egokitu behar dugu, ahaztu gabe egoerarik sinesgaitzenek ere gure plangintzak aldatzea daukatela.

Bai Bizkaiko Foru Aldundiak berak eta bai Eusko Jaurlaritzak, Espainiako Gobernuak eta Europar Batasunak legegintza- eta araugintza-ekimen ugari eman dituzte erronka hori lortzearen aldeko aldeketa sustatzeko; mugikortasun jasan-

garriaren aldeko neurriak, garraibideen intermodalitatea bultzatzekoak, teknologien koexistentzia eta ezarpena sustatzekoak, guztiak ere mugikortasun motor-dunaren hazkunde nulua lortzeko sortuak.

Iritsiak garen oraingo garai honetan daukagun bide-ondarea ahalik ondoena erabili behar da, eskariari erantzuteko hobetuz, ohiko eraikuntza-lan berrien kaltetan.

3.2.1 Bizkaiko Lurralde Historikoko errepide-sarearen egitura

Bizkaiko Foru Aldundiak bi sare nagusi ditu. Alde batetik, sare funtzionala dago, guztira 650 km ingurukoa, hiru sare-motatan banatua: lehentasunezko intereseko sare, oinarritzko sare eta sare osagarria edo eskualdekoa. Eta, bestetik, sare lokala edo kapilarra, 500 km baino gehiagokoa. Lehentasunezko intereseko sarearen barruan daude lurraldea zeharkatzen duten bi komunikazio-ardatz nagusiak: Ekialde-Mendebalde korridorea, Kantabriarekin eta Gipuzkoarekin lotzeko, eta Ipar-Hego korridorea, Ebroko haranarekin eta goi-ordokiarekin lotzeko.



12. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoko bide-sareen banaketa. Iturria: Errepideen Plan Zuzentzailea. BFA

Errepide-sare funtzionalaren eginkizuna da Bizkaia lurraldez gaindiko beste komunikazio-sare batzuekin eta garraio-terminalekin (portua eta aireportua) lotuko dela bermatzea. Bestalde, Bizkaiko eskualdeen eskualde-egituraketa ere bermatzen du sare funtzionalak, lurraldeko garraio-sare nagusiarekin lotura bermatuz. Sare lokalak, aldiz, eginkizun kapilarragoa du; hau da, Bizkaiko leku guztietara iristeko aukera emateaz arduratzen da.

13. irudia. Bizkaiko Lurralde Historikoko bide-sareen banaketa. Iturria: Errepideen Plan Zuzentzailea. BFA

Bizkaiko errepideen banaketa		Km
Sare funtzionala	Lehentasunezko intereseko sare	242
	Oinarritzko sare	209
	Sare osagarria	23
	Sare korbertzionala	209
Sare lokala	Sare lokala	596
		1.279 Km

Daukagun bide-ondarea ahalik ondoena erabili behar da, eskariari erantzuteko hobetuz, ohiko eraikuntza-lan berrien kaltetan

Egoera sozioekonomiko aldakorretara egokitu behar dugu, ahaztu gabe egoerarik sinesgaitzenek ere gure plangintzak aldatzea daukatela

Bizkaiko errepide-sarearen dentsitatea handia da, eta horrek apustu ekonomiko handia dakar, bai egitura berrietan inbertitzeari dagokionez, bai haiek behar bezala mantendu eta kontserbatzeari dagokionez.

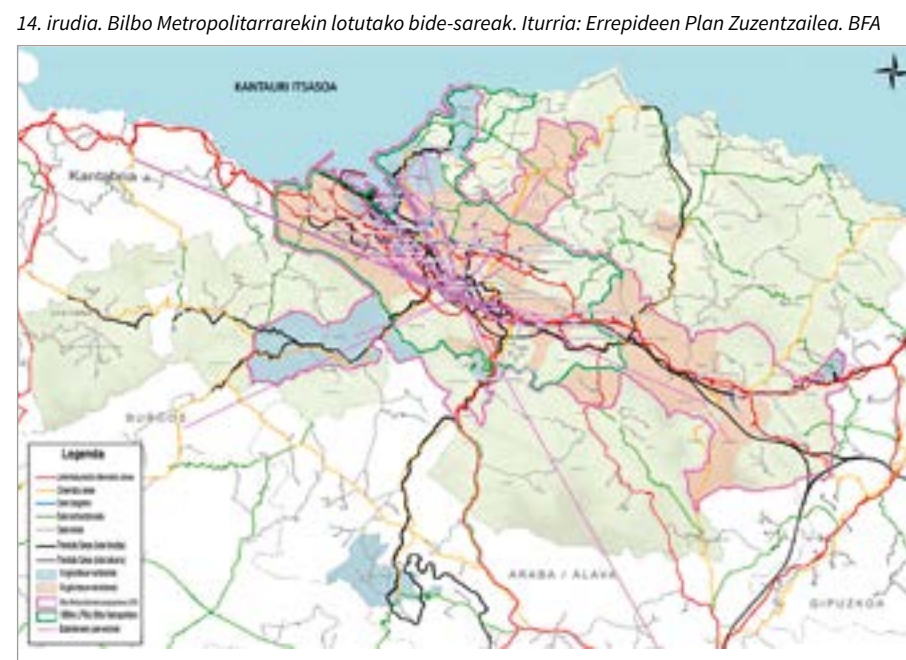
3.2.2 Ingurumen-helburuak errepideen plangintzan

Komunikazio-sare horiek etengabe aztertu eta hobetu behar dira, behar bezala erabili ahal izan eta ibil daitezzen, ahaztu gabe ingurumenaren aldetik lehentasunezkoak diren zenbait helburu bete behar dituztela, Euskal Autonomia Erkidegoko Errepideen Hirugarren Plan Orokorrean eta BFaren Errepideen Plan Zuzendarian ezarritakoaren arabera:

- Egungo eta etorkizuneko errepide-sarearen eta ibaien eta bestelako ur-masen arteko bizikidetza hobetzea, uraldi-erregimenaren eta uren kalitatearen eta errepideen presentziaren arteko erlazioa nabarmenduta.
- Egungo eta etorkizuneko errepide-sareari atxiki dakiokkeen habitaten zatiketa murriztea, batik bat garrantzi handieneko konektagarritasuneko enklabe ekologikoetan.
- Egungo eta etorkizuneko errepide-sarea paisaian integratzea.
- Egungo eta etorkizuneko errepide-sarearen soinu-profilak hobetzea zarata-sentikortasun handieneko eremuetan.
- Egungo eta etorkizuneko errepide-sarean intermodalitatea sustatzea, garraio-sistemaren jasangarritasun handiagoa lortzeko.
- Egungo eta etorkizuneko errepide-sarearen eta haren ertzen bizigarritasuna hobetzea, trafikoaren tratamendu egokia erraztuz.

Azpiegitura berrietan kontuan hartu behar da lurraldean faunari joan-etorrietarako traba izango zaion oztoporik ez dela sortu behar, habitaten zatiketa ez areagotzeko eta igarobide ekologiko seguruak bultzatzeko.

Azpiegitura berrietan
 kontuan hartu behar
 da lurraldean faunari
 joan-etorrietarako
 traba izango
 zaion oztoporik ez
 dela sortu behar,
 habitaten zatiketa
 ez areagotzeko
 eta igarobide
 ekologiko seguruak
 bultzatzeko



Berezikiarduratzekogaiada, oso ondorio kaltegarriak dituelako, azpiegitura berriek lurzorua okupatzea. Horrek behartu egin beharko gintuzke, besteak beste kontuan izanda Euskadiko Lurzorua Babesteko 2030erako Estrategia berriak epe luzerako (2050) ezartzen dituen helburuetako bat lurzoruaren zero okupazio garbia dela, dagoeneko badauden azpiegituren aprobeitxamendua lehenestera, bide-eskaintza handitzearen edo lurzoru-okupazio berrien kaltetan.

Bero-uharte efektua azpiegiturek ere areagotzen dute, eta tokian-tokian tenperatura 2 eta 4 gradu artean igotzea eragiten dute. Ez da erraza inpaktu hori zuzentzea, trazadura askotan ezinezkoa baita landareen bidez itzala sortzea. Hala ere, inpaktu hori minimizatzeko proposamen berriak egin behar dira, berotze globalaren parte ere badelako eta giza espeziearen nahiz faunaren bizi-kalitateari eragiten diolako. Beharrezkoa dirudi, halaber, ingurumen-sentikortasun txikiagoko garaietan sortutako inpaktu nabarmenenei heldu eta egoerak leheneratzea, lurralde guztiz antropizatu honetan geratu diren ingurumen-orbain sakonak berroneratuz.

Hobekuntza horiek guztiak proiektuetan sartu egingo direla bermatzeko, indarrean dagoen legediak garraio-azpiegituren ingurumen-inpaktua ebaluatzeko prozedura arautu eta garantista bat du ezarria. Prozedura horren bidez, gizarte-eragileek prozesuko zenbait fasetan parte hartzea sustatzen da, jarduketa bururatzeko hasierako faseetatik (aurretiazko kontsultak) jarduketa zehazteko azken faseraino (jendaurreko informazioa). Izapide horien amaieran, ingurumen-organoak ingurumen-inpaktuaren adierazpena eman behar du, eta loteslea eta nahitaez bete beharrekoa da agiri hori.

Testuinguru horretan, bioingeniaritzak, naturan oinarritutako diziplina den aldetik, nabarmenki lagundu dezake ibaiak leheneratzen errekekin eta ibaiekin interferentziak gertatzen diren obra guztietan, baita bideen ondoko eremuetan ere, habitatak zatitzen direnez, egindako esku-hartzeak egonkortu, leheneratu eta naturalizatu beharra baitago.

3.2.3 Errepideekin lotutako arazoak

Bizkaiko Lurralde Historikoak bide-azpiegiturak garatzeko zenbait ezaugarri baldintzatzaile ditu:

- Geomorfologiari dagokionez, haranez osatuta dago, malda ertain-handiko orografia du, eta litologiak geoteknikoki ez dira lagungarriak edo mugak dituzte.
- Hidrografia oso garatuta dago, eta, batzuetan, oso ahokatuta, uholde-eremuekin.
- Lurzoruen-okupaziorako eremuak urriak dira, eta obren behar funtzionalen arabera desjabetzeek markatuta daude.
- Kutsatuta egon daitezkeen lurzoru gisa inbentariatutako lurzoru asko daude.
- Zenbait eremu arkitektura-ondareko edo bestelako elementu babestukoak dira, edo natura-intereseko eremuak, edo jabari publiko hidraulikoko eremu babestuak.
- Zenbait eremu biztanle-dentsitate handikoak dira, eta jabetzakoak diren lurzoruen okupazioa oso zatikatuta dago.

Natur
bioingeniaritzak
nabarmenki
lagundu dezake
ibaiak leheneratzen
errekekin
eta ibaiekin
interferentziak
gertatzen diren obra
guztietan, baita
bideen ondoko
eremuetan ere,
habitatakatzatitzen
direnez, egindako
esku-hartzeak
egonkortu,
leheneratu eta
naturalizatu
beharra baitago

Ondorio garrantzitsuenetako bat habitaten zatiketa da, eta, horrekin estuki lotuta, faunari sortzen zaion hesi-efektua

Bereziki garrantzitsua da, bai **berroneratze estrukturalerako Egoera Agendan (egoerarena)** eta bai **berroneratze funtzionalerako Egoera Agendan (zerbitzuarena)**, naturanoinarritutakokonponbideak aplikatzea (bioingeniaritzako teknikak, adibidez), gure azpiegituren karbono-aztarna murrizten laguntzeko. Etorkizunean, eraikuntzaren arloan, gauzak nola egin bezain garrantzitsua izan behar du eraikitze moduak, prozesuan parte diren guztiak arduratu behar dira ingurumen-helburuak lortzeaz, eta gu bide horretan goaz.



15. irudia. Ingurumen-inpaktuen handitzea, bide-motaren arabera. Ikus daitekeenez, zenbat eta garrantzi handiagoak izan errepideak, orduan eta ingurumen-inpaktu handiagoa dute

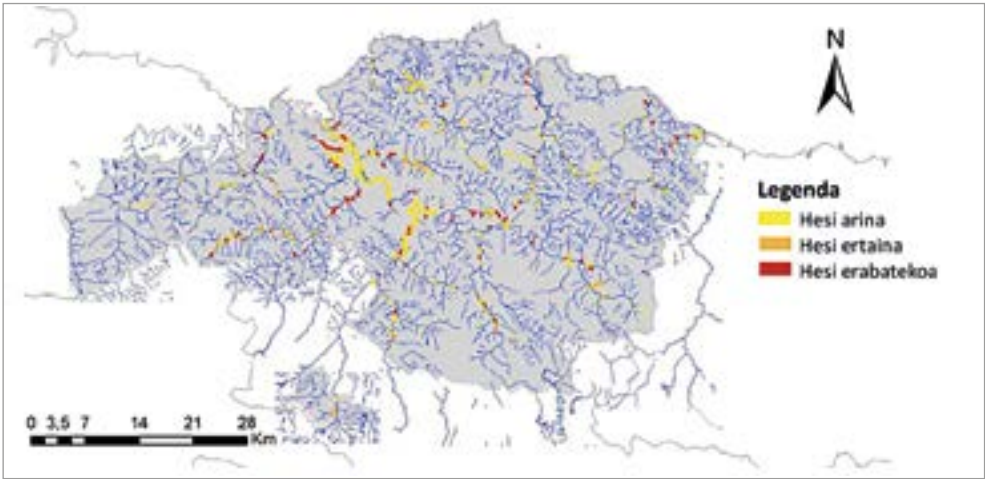
3.2.3.1 Habitaten zatiketa eta faunarentzako hesi-efektua

Lehenago ere esan dugun bezala, errepideek-eta eragindako ondorio garrantzitsuenetako bat habitaten zatiketa da, eta, horrekin estuki lotuta, faunari sortzen zaion hesi-efektua.

Bizkaian 230 animalia-espezie inguru daude, eta lurraldeko garraio-bideen sare zabal eta trinkoak, pertsonen eta salgaien garraio gero eta eraginkorragoak dakarren onuraz haratago, hainbat animalia-espezieren emigrazioa eta heriotza ere eragin du. Hain zuzen, bideek zeharkatutako eremuetan bizi diren populazioetan hesi-efektua sortzen dutelako azpiegitura horiek, bai lehorreko eta bai ibaietako habitatetan.



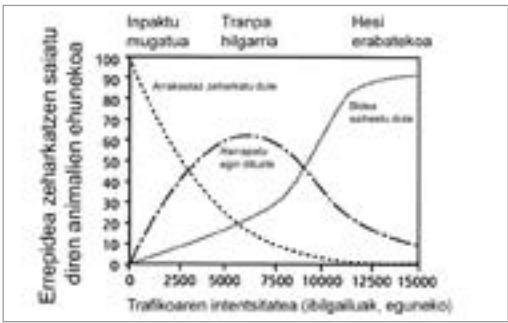
16. irudia. Bide-azpiegituren hesi-efektua eta ikusizko inpaktua



17. irudia. Bizkaiko ibaietako hesiak (Icarus Estudios Medioambientales. Identificación de los puntos de fragmentación de ríos por infraestructuras. 2014. Bizkaiko Foru Aldundia)

Ibai-inguruneei dagokienez, “Identificación de los puntos de fragmentación de ríos por infraestructuras” lanean (Icarus Estudios Medioambientales – Bizkaiko Foru Aldundia, 2014) Bizkaiko ibaiak zatitzen dituzten hesiak ageri dira, sailkatuta; ikerlana egiteko, bisoi europarra eta igaraba arrunta aztertu ziren, besteak beste, espezie horien ezaugarri baita joan-etorrietarako bide gisa ibaiak erabiltzea. Bizkaiko Lurralde Historiko osoan 468 ibai-hesi identifikatu dira, eta, ikerlaneko sailkapenaren arabera, hesi horien % 67 “arinak” dira, % 12 “ertainak” eta gainerako % 21ak “erabatekoak”.

Egia da ikerlanean aztertutako hesi guztiak ez dagozkiela errepideei eta horietako batzuk uretako azpiegiturak direla; baina, edonola ere, errepideak oztopo handiak dira animaliak ibaietan zehar joan-etorrian aske ibil daitezen, eta zehazki BI-2701, BI-636, BI-2235 eta N-634 errepideek eragiten dute arazo gehien, “erabatekoak” diren 5 hesi edo gehiago baitituzte horiek guztiek.



18. irudia. Trafikoaren intentsitatearen eta errepidearen hesi-efektuaren arteko erlazioa (Luell et al. COST 341. Fragmentación del hábitat causada por las infraestructuras de transporte)

Lehorrean, bestalde, fauna harrapatzea da garraio-azpiegituren inpaktu nagusietako bat, eta errepideek sortzen duten hesi-efektuak eragiten du, besteak beste. Lotura estua dago trafikoaren intentsitatearen eta errepidea zeharkatzen saiatzen diren animalien ehunekoen artean; hala, intentsitatea ertaina denean eta errepidea zeharkatzen saiatzen diren animalien ehunkoa ertaina denean, orduan gertatzen da harrapatze gehien. Aldiz, trafiko-bolumena handia denean, egoerak uxatutako animalien kopuruak gora egiten du, eta harrapatutakoenak, berriz, behera.

Fauna harrapatzea da garraio-azpiegituren inpaktu nagusietako bat, eta errepideek sortzen duten hesi-efektuak eragiten du, besteak beste

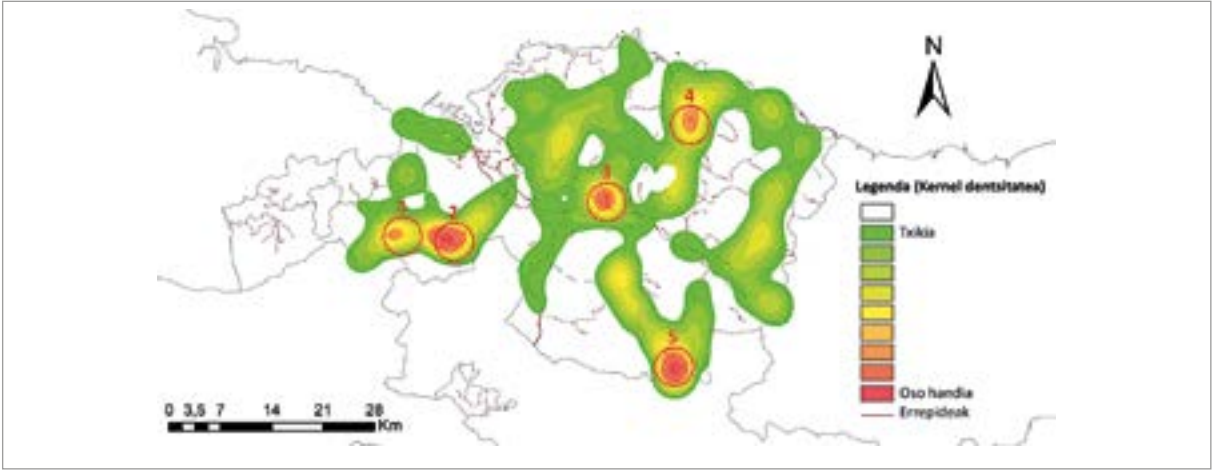
Bizkaiko Foru Aldundia, hesi-efektuak dakarren arazoaz jabetuta, fauna-pasaguneak instalatzea bultzatzen ari da, inpaktu hori minimizatzeko

Bizkaiko errepide-sarearen faunarekiko iragazkortasuna hobetzeko eta igarobide ekologikoak diseinatzeko azterlan baten harira (2019an argitaratua eta IDOMek eta Bizkaiko Foru Aldundiak egin), 2008tik 2017ra bitartean ibilgailuek-eta harrapatutako fauna aztertu eta kasu guztiak digitalizatu ziren. Guztira 3.821 harrapatze-kasu aztertu zituzten (1.991 basa-animalia, 1.637 etxeko animalia eta 192 ezezagun), eta prozesu hartatik ondorioztatzen denez, erregistratutako istripuen kopuruak gora egin du: 2008an 160 izan ziren, eta 2017an 600 baino gehiago.

Abisuak Kernel metodoaren bidez modelizatu ziren, eta, mapan ikusten denez, harrapatze-dentsitate handiko bost eremu kritiko hauek daude Bizkaiko Lurralde Historikoan: Zalla-Balmaseda (1), Gueñes (2), Gumuzio-Larrabetzu (3), Urdaibai (4) eta Ubide (5).

Bizkaiko Foru Aldundia, hesi-efektuak dakarren arazoaz jabetuta, fauna-pasaguneak instalatzea bultzatzen ari da, inpaktu guztiz kaltegarri hori minimizatzeko (20. irudia). Alde batetik, dagoeneko eginda dauden

19. irudia. Kernel dentsitate-mapa, Bizkaian erregistratutako hegaztiez bestelako basa-faunaren harrapatze-datueta oinarrituta. Koloreek harrapatze-dentsitatea adierazten dute, modu ez parametrikokoan (berdea, harrapatze-dentsitate txikia; gorria, dentsitate oso handia). IDOM. Bizkaiko errepide-sarearen faunarekiko iragazkortasuna hobetzea eta igarobide ekologikoak diseinatzeko. 2019. Iturria: Bizkaiko Foru Aldundia



20. irudia. Espezie zinegetikoentzako itxitura motak



azpiegituretan, fauna harrapatzeko puntu beltzak badituzte, fauna-pasaguneak prestatzeko lanak egiten ari dira (22. irudia), eta, bestetik, proiektu berrien diseinu guztietan, animalien migrazioa errazteko beharrezkoak diren neurriak hartzen dira, prestatutako fauna-pasaguneetara animaliak gidatzeko berariazko hesiak jarritz (21. irudia).

Gero eta sail gehiagok erabiltzen dituzte natur bioingeniaritzako teknikak beren esku-hartzeetan inpaktu globala murriztu eta ingurunearekin integrazio optimoa lortzeko. Paradigma-aldaketa sustatu beharra daukagu, orain zehazten dugun eredua erabakigarria izango baita 2050eko garraiorako.

3.2.3.2 Obra linealen interferentziak ibai-ingurunearekin

Bioingeniaritzako teknikak ekarpen handia egin dezakete obra linealek ibilgarekin interferitzen dutenean leku horiek leheneratzeko. Hain zuzen, eremu horixe da, ziur asko, gehien landu dena, eta horiek aplikatzea ezinbestekoa da ibaiak behar bezala berroneratzea lortu nahi bada.

Ibai-inguruneak leheneratzeko jarduketetan teknika horiek hain erabiliak izatearen arrazoia da berroneratze naturala sustatzen dutela, material biziak baliatzen direlako eta elementu guztiek zeinek bere erregulazio-dinamika dutelako, oreka dinamiko bat lortu arte (P. Sangalli, Ibai-bioingeniaritza, 2019).

Garrantzitsua da ibai-ibilguak eta ibaiertzak naturalizatzea, ezegonkortasun geoteknikoak egonkortzeaz eta babes hidrikorako elementuak sortzeaz gainera, premiazkoa baita eremu horiek garrantzizko igarobide ekologiko gisa kontserbatzea, basa-faunarentzako habitatak sortuta. Horregatik, bai ibilguan eta bai ibaiertzeko ezpondan egindako jarduketa orok naturagune hori leheneratu behar du. Elkarren ondoko obra lineal eta natura-inguruneen arteko trantsizio horiek aukera bikaina dira oso eraldatuak eta antropizatuak dauden eremuak leheneratzeko.

21. irudia. Fauna gidatzeko itxituren adibideak. Kadaguako igarobidea, Zalla. Iturria: BFA



22. irudia. Faunarentzako zenbait pasagune-motaren adibideak. Artzentalesko errepidea, Malabrigoko tartea. Iturria: BFA



Garrantzitsua da ibai-ibilguak eta ibaiertzak naturalizatzea, premiazkoa baita eremu horiek garrantzizko igarobide ekologiko gisa kontserbatzea, basa-faunarentzako habitatak sortuta



4. NATUR BIOINGENIARITZA AZPIEGITURA LINEALETAN



23. irudia. Errepideko zenbait ezponda egur-hormekin eta hesi biziak (Biella, Italia). Iturria: Alpivert

4.1 BIOINGENIARITZAREN DEFINIZIOA, HELBURUAK APLIKAZIO-EREMUAK ETA HISTORIA

Europako Bioingeniaritza Federazioaren (EFIB) arabera, Natur Bioingeniaritza biologiak orientatutako ingeniartza-diziplina espezifiko bat da, zeinak landare autoktonoak eta landare-zatiak erabiltzen baitituen, eraikuntza-material bizi gisa, lurzorua higadura- eta kontserbazio-arazoak konpontzeko, eta, hala, kausa natural edo antropikoen ondorioz degradatutako ekosistemak leheneratzen laguntzen duen, bai eta prozesu ekologiko eta geomorfologikoen dinamikak sustatzen eta biodibertsitatea berreskuratzen ere.

Natur Bioingeniaritzako teknikak landare-material bizia nahiz eraikuntza-elementuak erabiltzen dituzte, horiek bakarrik edo material inerteekin konbinatuta, ingurumena leheneratzeko esparruan. Natur Bioingeniaritza edo bioingeniaritza obra zibileko eremu guztietan erabiltzen da; batez ere, ezpondak sendotzeko lanetan (23. irudia), ibaiertzetan eta higadura kontrolatzearen eremuan.

Izena alemanezko “ingenieurbiologie” terminotik dator, eta euskaraz Natur Bioingeniaritza gisa itzultzen da.

Diziplina honek hainbat motatako helburuak ditu xede: helburu teknikoak (higadura kontrolatzea eta lurzorua egonkortzea, esaterako), ekologikoak (ekosistemak leheneratzea), paisaiarekin lotutakoak (obrak paisaian integratzea eta arintzea) eta helburu sozioekonomikoak (tokiko materialak erabiltzea eta lana tokikoa eta berdea izatea).

Hasierako fasean, askotan beste material batzuekin konbinatzera jo behar izaten da, egonkortasuna hasiera batean material horiek eman dezaten, landare-osagaiak hazteko funtzioa erabat garatu ahal izan arte (24. irudia).

Natur Bioingeniaritzaren aplikazio-eremuek hainbat arlo hartzen dituzte, hala nola esku-hartze geoteknikoak eta lurzoruen mekanika ezpondetan eta mendi-mazeletan, ibai-ibilguetan, hezeguneetan, kostaldeetan, baso-eremuetan eta eraikuntzako esku-hartze, erauzketa-jarduera, zabortege, azpiegitura lineal, urbanizazio eta abar dituzten eremuetan. Esku-hartze horietan, giza beharren eta sistema naturalak babesteko premiaren arteko oreka lortzen saiatzea izaten da helburua.

Natur Bioingeniaritza baso-teknikak eta ingeniartza tradizionalako teknikak uztartzetik sortu zen, eta Europa erdialdean garatu da nagusiki: Austria,

Suitza, Alemania eta, neurri txikiagoan, Italia eta Frantzia. Herrialde horiek, Alpeetako arkuaren parte izanik, natura-ingurunea zaintzearen aldeko sentikortasuna izan dute tradizionalki, eta, obra handiak egiten dituztenean, eragindako inpaktuak arintzen eta leheneratzen ahalegintzen dira, berroneratze naturala aktibatzen edo indartzen duten tekniken bidez. Diziplina honek ez du ingeniartza klasikoa ordeztu, baina, hala ere, ingeniartza konbentzionaleko obretan beharrezkoa eta osagarria den elementu gisa ulertu behar da.

Nahikoa dokumentatuta dago landare-geruza batek lurzorua higaduratik babesten duela eta landaririk ez egoteak, aldiz, higadura-prozesuak bizkortzen dituela (Schiechtln, 1993). Lurzorua egonkortzeko material gisa landareak erabiltzea material inerteak erabiltzearekin lotzen da maiz, bigarren mailako materialak erabiltzearekin, alegia; horrelakoen helburua izaten da kondizio fisiko jakin batzuk ezartzen laguntzea lehen faseetan, landare-materiala oraindik eraginkortasun optimora iritsi ez denean (Lovejoy, 1993).

Natur Bioingeniaritza osatzen duten tekniketako asko ezagunak dira penintsulan (adibidez, ereintza hidraulikoa edo hidroereintza, manta organikoen erabilera eta horma berdeak), baina aplikazio-aukera handiak dituzten teknika ugari ez dira hain ezagunak (esaterako, adar-mailak, egur-hormak, egurrezko eta harrizko mailak, lurra drainatzeko adar-sortak, eta adar-hesia). Ehun eta berrogeita hamar teknika baino gehiago ditu diziplina honek.

4.1.1 Helburuak eta funtzioak

H.M. Schiechtln-en esanetan, bioingeniaritzak hainbat funtzio betetzen ditu: teknikoak, ekologikoak, paisaiarekin lotutakoak eta ekonomikoak. Hona hemen bioingeniaritzaren funtzio nagusiak:

1. FUNTZIO TEKNIKOAK

Funtzio teknikoak diogunean, sustrai-sistemaren bidez lurzorua babesteaz eta egonkortzeaz ari gara:

- Lurzorua azala haizeak, prezipitazioek eta izotzak eragindako higaduratik babestea.

24. irudia. Landaredia garatu arte zura erabiltzeko tekniken bi adibide



Natur Bioingeniaritzako teknikak landare-material bizia nahiz eraikuntza-elementuak erabiltzen dituzte, horiek bakarrik edo material inerteekin konbinatuta, ingurumena leheneratzeko esparruan

Diziplina honek ez du ingeniartza klasikoa ordeztu, baina ingeniartza konbentzionaleko obretan beharrezkoa eta osagarria den elementu gisa ulertu behar da



25. irudia. Tunel baten paisaia-integrazioa bioingeniaritzako tekniken bidez. Iturria: P. Cornolini

- Haririk ez erortzeko eta elur-jausirik ez gertatzeko babestea.
- Lurzorua sakonean egonkortzea.
- Indar mekanikoak ezabatzea eta xurgatzea.
- Ibilguetan korrontearen abiadura moteltzea.
- Lurzorua agregazioa eta azalean eta/edo sakonean egonkortzea.
- Drainatzeak.
- Haizetik babestea.
- Elurra eta hareak metatu daitezen laguntzea, materialen herrestatzea murrizteko.
- Lurraren zimurtasuna handitzea.

2. FUNTZIO EKOLOGIKOAK

Funtzio ekologikoak nekez sar daitezke ingeniari klasiko jarduketan. Horregatik, bioingeniaritzako esku-hartzeak gero eta garrantzi handiago hartzen ari dira; izan ere, landaredia sartzen laguntzen dute eta lekuko ezaugarri ekologikoak aldatzen dituzte. Batzuk aipatzearren:

- Balantze hidrikoa hobetzea; interzeptazioa handitzen da, lurzorua ura atxikitzeko duen ahalmena hobetzen da eta landareen ur-kontsumoa hobetzen da.
- Landare-asoziazio egonkorragoak garatzea, inguruko landare-multzoetakoak; bereziki, espezie autoktonoak erabiltzea, jatorrizko ekosistemaren berreskuratzea bizkortzen laguntzeko.
- Lurzorua drainatzea.
- Haizetik babestea.
- Immisioetatik babestea.
- Lurzorua desagregazio mekanikoa, landareen sustraien bidez.
- Temperatura-baldintzak konpentsatzea azpierzun eta lurzoruan.
- Itzala.
- Lurzoruko mantenugai-kantitatea hobetzea eta, horren ondorioz, lurzoru elkorak emankorago bihurtzea.

Funtzio ekologikoak Natur Bioingeniaritzaren funtsezko funtzioak dira, eta konponbide teknikoaren maila berean daude

- Zaratatik babestea.
- Hurbileko nekazaritza-eremuetan produktibitatea handitzea.

3. PAISAIA-FUNTZIOAK

Paisaia hobetzera bideratuta daude, eta hauek dira helburuak, besteak beste:

- Hondamendiek edo giza jarduerak (meatzaritza, obra publikoa, hondakin inerteen hondakindegia, meategiko hondakindegia, industria- eta hiri-hondakinen zaborteak) paisaia eragindako orbanak leheneratzea.
- Obrak eta eraikuntzak paisaia integratzea (25. irudia).
- Ikusizko inpaktu handiko azpiegiturak ezkutatzeko pantailak jartzea.
- Paisaiak aberastea, landaredia egitura, forma eta kolore berriak eta ikusizko fokak sortuz.

4. FUNTZIO SOZIOEKONOMIKOAK

Bioingeniaritzako obrak ez dira beti ingeniari klasiko obrak baino merkeagoak. Baina azken horien iraunkortasuna kontuan hartuta, mantentze-lanak barne, normalean bioingeniaritzako obrak merkeago ateratzen dira. Hauek dira abantaila garrantzitsuenak:

- Kostuak aurrezte, eraikuntza-teknika tradizionalekin alderatuta, nahiz eta puntu hau ez den beti betetzen.
- Mantentze- eta saneamendu-kostuak aurrezte.
- Obratik gertu dauden tokiko materialak erabiltzea. 0 km.

Tokiko enplegurako iturri.

Bioingeniaritzako obren emaitza sistema biziak dira, segida naturalean oinarrituak; hau da, autorregulazio dinamikoaren bidez orekan mantentzen dira, energia artifizialik eman beharrik gabe.

Teknikak eta material bizi nahiz inerteak ondo aukeratuta, oso-oso luzaroan irautea lortzen da, mantentze-gastu handirik gabe.

26. irudia. Prestakuntza-ikastaroak. Iturria: D. Arizpe – J. Bosch (AEIP)



Bioingeniaritzako teknikak obratik gertu dauden tokiko materialak erabiltzen dituzte. 0 km-ko teknikak dira, eta tokiko enplegurako iturri

Landarediak garatzea daukan leku orotan aplika daitezke bioingeniaritzako teknikak. Ia mundu osoan, basamortuetan eta poloetan izan ezik

Leheneratze-lanetan landare-estaldura arrakastaz jartzea hainbat faktoreren baitan dago, zenbait motatakoak:

- **Ingurumen-faktoreak** (klimatikoak, edafikoak eta biotikoak). Garrantzitsua da horiek ondo ezagutzea, jakitea nola, noiz eta non sartu behar diren, landareak jartzean arrakasta izango badugu. Neurri handi batean, faktore horien araberakoak izango dira erabili beharreko espezieen ezaugarriak.

- **Eraikuntza-faktoreak.** Azpiegiturak eraikitzearen ondoriozko lanek eragin nabarmena dute bai natura-ingurunean eta bai landaredia ezartzeko egin beharreko jardueretan. Beraz, behar-beharrezkoa da geldialdia egin, non jardun behar dugun ondo behatu, eta egoera berria deskribatzea. Egoera berri horren barruan sartzen dira lur-mugimenduen ondorioz lurzoruan gertatu diren aldaketak, edota landaketak egin beharreko garaia agian obrak egiteko unearekin bat ez etortzea.

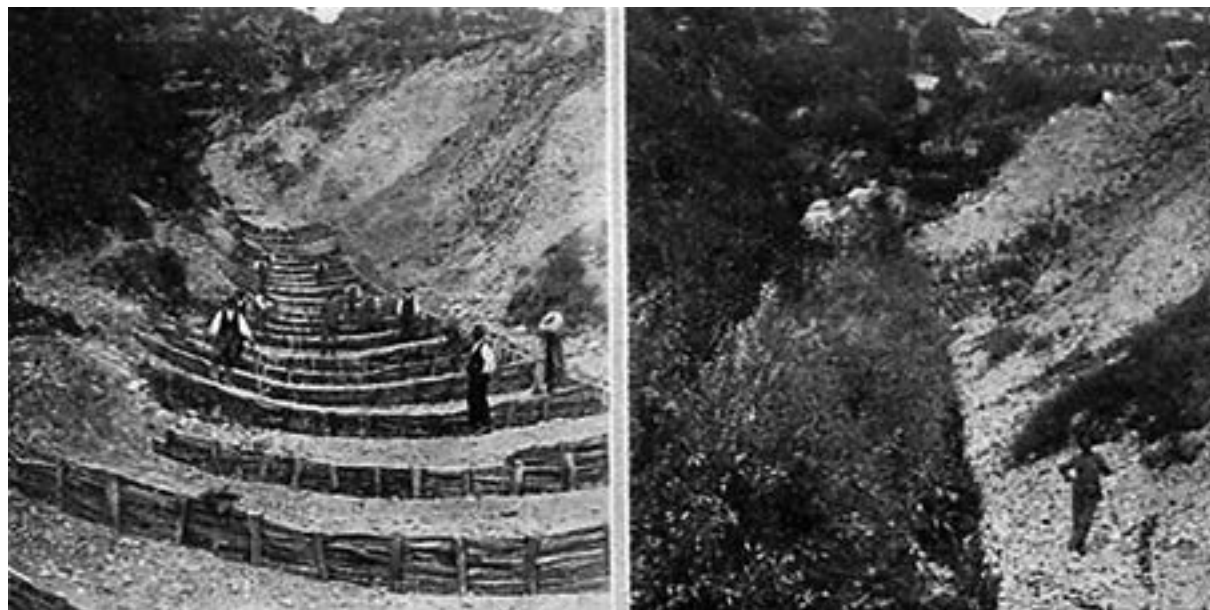
- **Produktzio-, merkataritza- eta kalitate-faktoreak.** Leheneratze-lanerako aukeratutako espezieek merkatuan egon behar dute, behar diren tamainakoak, behar adina eta behar diren kalitatekoak.

Leheneratze-lanean erabili beharreko espezieak hein handi batean faktore horien araberakoak izango dira, baita lanak egingo diren ingurune-motaren araberakoak ere. Natura-inguruneetan, espezie autoktonoak erabiltzea komeni da, paisaiarekin bat datozelako eta hobeto egokitzen direlako; aldiz, jarduketa hiri-inguruneetan egin behar denean, baliteke komenigarriagoa izatea ingurunearen ezaugarrietara ondoen egokitzen diren barietate apaingarrietara jotzea.

4.1.2 Jarduketa-eremuak

Eraikuntzako material bizi gisa erabilitako landareek ondo haztea daukaten leku orotan aplika daitezke bioingeniaritzako teknikak: zona epeletan, subtropikaletan eta tropikaletan. Muga argiak hauek dira: zona klimatiko hotzak, aridoak eta erdiaridoak.

27. irudia. Mendietako leheneratze hidrologikoen jarduketak, XIX. mendearen amaiera



Europar, aridotasun-atalaseak eskualde mediterraneoko ekialdean ager daitezke batzuetan, baita Alpeetako barnealdeko eta Ekialdeko Europako elur-eremuetan ere. Askoz ere ohikoagoak dira hotz-atalase alpetar eta artikoak, zuhaitz-landarediaren muga-eremuan eta larre trinkoen latitude-mugetan erraz bereiz daitezkeenak. Eskualde bat zenbat eta espezie urrikoagoa izan, orduan eta aukera gutxiago dago leku horietan bioingeniaritzako teknikak aplikatzeko.

Teknika horiek gaur egun iraganean baino erabilgarriagoak dira, garai batean mendialdean baizik ez baitziren erabiltzen. Gaur egun, ekonomia-ereduetan izandako aldaketengatik, batetik, eta ingurumen-gaiekiko nahiz oro har bizi-kalitatearekiko sentsibiltate handiagoa dugulako, bestetik, bioingeniaritzak esku-hartzeko esparru zabal-zabala du paisaian eta ingurumenaren defentsan.

Hona hemen aplikazio-eremu horiek:

- Ingurune heze, kostalde, ibaiertz eta urtegien leheneratzeak.
- Mendialdeetako esku hartzeak, batez ere eski-pistetan eta luizien osteko leheneratzeetan, mendi-mazelen egonkortasunean.
- Herri-lan, autobide, gasbide eta trenbideetako leheneratzeak.
- Meategi, harrobi, hondakindegia eta zabortegeien birnaturalizatzea.
- Suteen osteko tratamenduak.

4.1.3 Teknika horien historia, labur-labur

Natur Bioingeniaritzako tekniken jatorria Erdi Aroan dago. Garai hartan, eraikuntza-teknikak enpirikoak ziren, esperientzian eta emaitzen behaketan oinarrituak, eta eraikuntza-elementu bakarrak harriak eta zura ziren. Errekek, elur-jausiek eta karkabek higatutako lurretan, bideetan eta lur-irristatzeetan eustelanak egiteko, material horiek erabiltzen zituzten, landare biziekin konbinatuta.

Natur Bioingeniaritza diziplina gisa aipatzen duten lehen lanak XVIII. mendearen amaieran argitaratu ziren. Horri esker esan dezakegu teknika horiek Alpeetako Europa dutela sorburu; batik bat, Austria eta Suitza. 1886an “Luiziak eta gure ibaien ertzak egonkortzea” (Robert Lauterburg) izeneko bilduma-lana argitaratu zen. XIX. mendean eta XX.aren hasieran, teknika horiek batez ere basoko hidrologia leheneratzeko lanetan aplikatu ziren (27. irudia), baina teknika eta material berriak agertu zirenez, batez ere hormigoia, Natur Bioingeniaritzako teknikak Europa erdialdeko landa-eremura eta baso-eremura mugatuta geratu, eta garrantzia galdu zuten, agertu berrien mesedetan.

XX. mendeko 30eko hamarkadan, Mendebaldeko Europako krisi ekonomiko larrienetako bat izan zen, eta, haren ondorioz, bioingeniaritzako teknika asko berreskuratu egin ziren, kostu txikikoak zirela eta.

Bigarren Mundu Gerraren aurreko Alemanian, ibai eta autobideen ingeniarietan txertatu ziren, eta 1936an Natur Bioingeniaritzaren ikerketarako zentro ofizial bat sortu zen. Atzeraldi handiko garai betean, lur-irristatzeei, errekaen higadurari eta elur-jausiei aurre egiteko artisau-teknika merkeak behar zituzten: tokian bertan, berehala eta ahalik eta kostu txikienarekin lortu zitezkeen materialak erabiltzea. Administrazio Publikoko baso-operadoreak hasi ziren horretan esperimendatzen eta material bizia (landareak) eta/edo naturala (zura, harriak) erabiltzean oinarritutako zenbait esku-hartze mota eta irizpide balioesten, kodetzen eta finkatzen.

Natur Bioingeniaritzako tekniken jatorria Erdi Aroan dago. Garai hartan, eraikuntza-teknikak enpirikoak ziren, esperientzian eta emaitzen behaketan oinarrituak

Azken berrogeita hamar urteetako ikerketa zientifikoek, material industrial berriak erabiltzen hasteak eta irizpide eta gaitasun teknikoen bilakaerak Natur Bioingeniaritza zientifikoki sendotzea ekarri dute. Aurrerapen horiei esker, eta eskaera sozial eta kulturalak aldatu egin direlako eta orain balio-eskala bestelakoa delako (ingurumen-kontzientzia gero eta handiagoaren ondorioz, batez ere), bai eta klima-larrialdia arintzeko helburuan esku hartzeko aukerak ematen dituelako ere, Natur Bioingeniaritza tresna eraginkor bat da gaur egun. Higadura kontrolatzeko ez ezik, natura-ingurunea babesteko eta berroneratze ekologikorako ere erabiltzen da. Garai bateko mendialdeko nekazaritzaren jardun enpiriko izatetik (lurzoruaren defentsan soilik ardaztua) naturan oinarritutako konponbide eraginkor gisa teknika horiek paisaiaren eta ingurumenaren babeserako esparru orokorrean duten potentzialtasunera igaro gara.

4.2 IKUSPEGIA ETA ESTRATEGIA BIOINGENIARITZAKO OBRETAN.
BIOINGENIARITZAKO OBREN ZERBITZU-BIZITZAKO FASEAK

Bioingeniaritzako teknikak eraikuntza-material gisa landare-material bizia erabiltzen dute, hori bakarrik edo material inerteekin konbinatuta, ingurumena leheneratzeko esparruan (Schiechtel, 1980). Ibai- eta lurzoru-bioingeniaritza tresna jasagarriak dira lurzoruaren degradazioaren eta galeraren aurka erresilientzia hobetzeko (Schiechtel & Stern, 1996).

Bioingeniaritzako obretan ardatz diren estrategiaren eta filosofiaren arabera, hasieran mendi-mazelari zurruntasuna eta egonkortasuna emateko erabili diren materialek arian-arian egonkortze-funtzio hori galdu eta landarediak hartuko du, garatu ahala. Lortu nahi den azken helburua da landaredia izatea esku hartutako eremua egonkortzeaz eta indartzeaz arduratzen den eragile nagusia eta/edo bakarra. Obraren zerbitzu-bizitzaren azken fase horretan, material biodegradagarriak dagoeneko degradatuak egongo dira eta funtzio bakarra beteko dute: mantentzeak ematea (adibidez, zur deskonposatua, manta organiko degradatua, etab.).

Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzan, aldaketa nagusiak bi arrazoiengatik gertatzen dira. Alde batetik, erabiltzen diren landare-material inerteak biodegradagarriak izaten dira (zura, enborrak, manta organikoak, sare organikoak, zuntz-bilkariak, etab.) eta, beraz, propietateak pixkanaka aldatuz joaten zaizkie denboraren poderioz (material horien erresistentzia mekanikoa txikitu egiten da). Bestalde, landarediari aireko nahiz lurpeko atalak garatuz joaten zaizkio, eta, denborak aurrera egin ahala, lurzoruaren egonkortzeko eta indartzeko gero eta ahalmen handiagoa du (Tardío et al., 2018).

Beraz, bioingeniaritzako obra ororen analisian eta diseinuan denboraren osagaia txertatzeak eta islatzeak aukera ematen du kalkulu-metodologia errealistagoak eta esku-hartze mota horietara egokituagoak sortzeko.

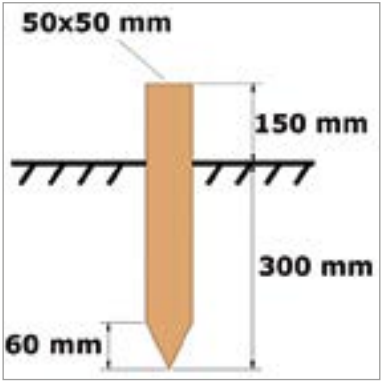
Hurrengo epigrafeetan, Tardío & Mickovski metodologia azalduko dugu (Tardío & Mickovski, 2023). Nazioarteko mundu akademikoan nahiz mundu profesionalean onartuta dago, eta bioingeniaritzako obren diseinuan nahiz kalkuluan kontuan hartu beharreko berezitasunak txertatzen ditu.

Metodologia horrek aukera ematen du bioingeniaritzako obrak diseinatzeko prozesuan honako puntu eta prozesu hauek sartzeko:

- Epe labur eta luzeko analisirako, egiaztapen-mugarritz osatutako denbora-egitura bat zehaztea.
- Egonkortasun-egiaztapenetan zuraren degradazio-prozesuek zer-nolako bilakaera eta efektuak izan dituzten aztertzea.
- Garatzen ari diren landareen sustrai-sistemek egonkortze- eta indartze-efektuei dagokienez zer-nolako bilakaera duten aztertzea. Bioingeniaritzako obren epe luzeko egonkortasun-egiaztapenetan indartze hori txertatzea.
- Bioingeniaritzako obren epe labur eta luzeko diseinuan eta kalkuluatan aurreko prozesu horiek modu integratu eta artikulatuan txertatzea.

4.2.1 Zuraren degradazio-prozesuak

Esku hartu behar den eremu jakin batean zuraren degradazio-prozesuak nolakoak izango diren jakiteko eta zehaztapen optimoa lortzeko, gure egoerara estrapolatu ahalko ditugun datu esperimentalak erabiltzen dira. Ikerketa-erakunde batzuek badituzte hainbat zur-motaren iraunkortasun naturalari buruzko datuak (adibidez, AITIM Zuraren Industrien Ikerketa Teknikoko Elkarteak), eta zenbait zerbitzu-motatarako. Horretaz gain, badira esperimenduak (28. irudia) eta informazioa ere, egurats gorrian dauden zurezko egitura batzuen zerbitzu-bizitzari buruzkoak (esate baterako, pergolak, telefono-zutoinak, itxiturak, etab.). Bestalde, bioingeniaritzako obren jarraipen-lanek ere zuraren degradazio-prozesuei buruzko oso informazio baliotsua ematen dute.



28. irudia. Lurzoruaren zuzenean ukitzen ari denean zuraren degradazio- eta usteltze-prozesuak nolakoak diren aztertzeko zenbait esperimendutan erabiltako hesolen neurriak (hemendik moldatua: Leicester et al., 2003)

Bioingeniaritzako obren kasuan, zura lurzoruaren zuzenean ukitzen egon ohi da eta, oro har, ez da haren iraunkortasuna luzatzeko ezein konposatu kimikorekin tratatzen. Erakunde edo organismo publiko edo pribatuaren informaziorik eta datu esperimentalik ez badago, zuraren degradazio-prozesuen bilakaera karakterizatzeko metodo bat lan honetakoa da: Leicester et al. (2003) (28. irudia).

Metatutako esperientziagatik, metodo horrek emaitza kontserbadoreak ematen ditu, eta horrek segurtasunaren aldeko diseinuak ahalbidetzen ditu (Tardío & Mickovski, 2016; Bischetti et al., 2021). Eredu horretan, ekuazio honek adierazten du zuraren degradazio-prozesuen aurrerapen-tasa:

$$r = k_{ZURA} \cdot k_{KLIMA}$$

Esku hartu behar den eremu jakin batean zuraren degradazio-prozesuak nolakoak izango diren jakiteko eta zehaztapen optimoa lortzeko, gure egoerara estrapolatu ahalko ditugun datu esperimentalak erabiltzen dira

Bioingeniaritzako obra ororen analisian eta diseinuan denboraren osagaia txertatzeak eta islatzeak aukera ematen du kalkulu-metodologia errealistagoak eta esku-hartze mota horietara egokituagoak sortzeko

Bioingeniaritzako obretan erabiltzen diren zur-materialen diametroa kontuan hartuta (10-30 cm bitartean), zur gazte asko egongo da, eta horrek esan nahi du zurgizena ere ugari izango dela, nahitaez

Non:

r = zuraren degradazio-prozesuen aurrerapen-tasa (mm/urte).

K_{ZURA} = cbi aldagai hauen arabera koefizientea: zur-mota (zurgizena edo zurgiharra) eta zura lortu izan den zuhaitz-espeziearen iraunkortasuna.

K_{KLIMA} = zura erabiliko den lekuko urteko batez besteko prezipitazioaren, urteko batez besteko tenperaturaren eta hilabete lehorren kopuruaren arabera koefizientea.

Aurreko koefiziente horietarako, Leicesterren lanean (Leicester et al., 2003) datuak daude, taulatan emanda, eta horiek zehazteko eta kalkulatzeko xehetasun handiagoak.

Esan behar da zurgizena zurgiharra baino azkarrago degradatzen dela, hezetasun handiagoa daukalako. Bioingeniaritzako obretan erabiltzen diren zur-materialen diametroa kontuan hartuta (10-30 cm bitartean), zur gazte asko egongo da, eta horrek esan nahi du zurgizena ere ugari izango dela, nahitaez. Hori dela-eta, erabili beharreko r (mm/urte) balioak zur gaztean oinarritua izan behar du (horrela, gainera, emaitzak segurtasunaren aldekoak izango dira).

Orain, ikus ditzagun Bizkaiko probintzian K_{KLIMA} kalkulatzeko adierazpenak:

$$K_{KLIMA} = f(P_{BB})^{0.3} \cdot g(T_{BB})^{0.2}$$

Non:

$$f(P_{BB}) = 10 \cdot [1 - e^{-0.001(P_{BB} - 250)}]$$

$$g(T_{BB}) = -1 + 0.2 \cdot T_{BB}$$

P_{BB} = esku hartuko den lekuko urteko batez besteko prezipitazioa.

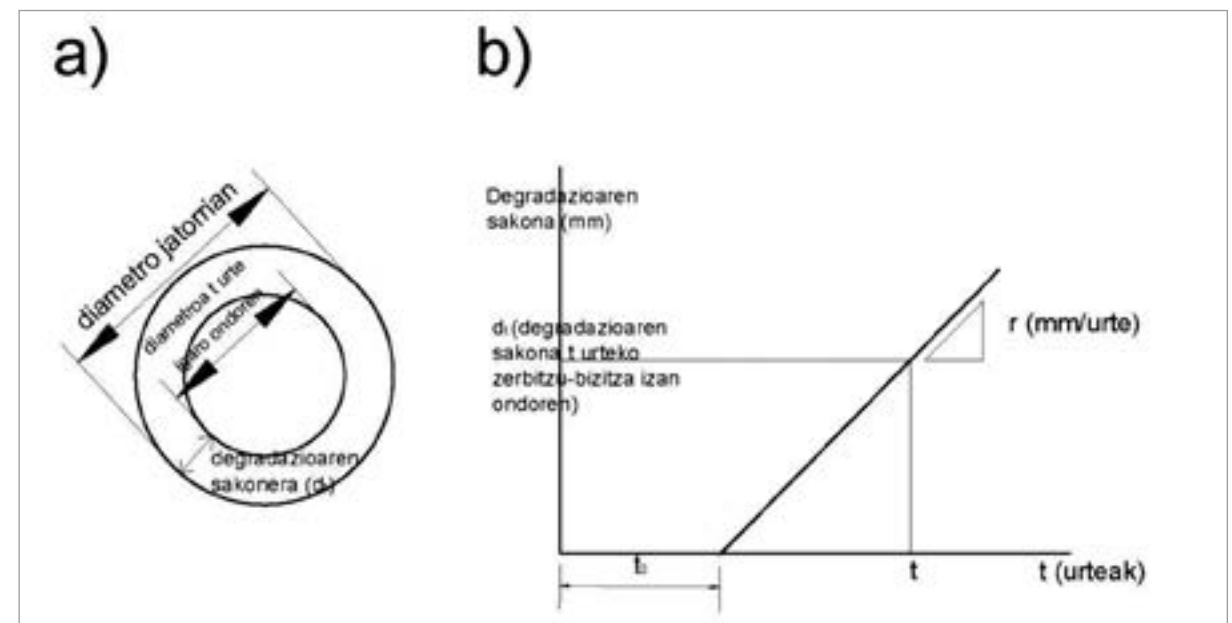
T_{BB} = esku hartuko den lekuko urteko batez besteko tenperatura.

Bestalde, ez da ahaztu behar degradazio-prozesuak ez direla hasten zura obran jartzen den unean bertan. Degradazio-prozesuak aktibatu arte igarotzen den denborari atzerapen-denbora esaten zaio (t_0). Leicesterren aipatu laneko ereduan, atzerapen-denbora (t_0) formula honetan oinarrituta kalkulatzen da (Wang et al., 2007):

$$t_0 = 5.5 \cdot r^{-0.95}$$

Metodo honetan suposatzen da degradazio-prozesuek kaltetu gabeko sekzioak bere propietate mekanikoen jatorrizko balioa mantentzen duela. Sekzio-galera, ikuspegi mekanikotik, degradazio-prozesuek piezaren erradioaren zer zati kaltetu duten zenbatetsita kalkula daiteke.

$$d_t = r \cdot (t - t_0)$$



29. irudia. a) Diametroan izandako aldaketak eta degradazio-sakonera; b) degradazio-prozesuetan izandako aurrerapena eta eredu koefizientearen esanahia (hemendik moldatua: Tardío & Mickovski, 2016)

d_t = degradazio-prozesuek kaltetutako sakonera (erradioaren zatia, mm),

t urteren ondoren (obrak amaitu ondoren).

Kaltetutako diametro-zatia $2d_t$ izango da.

d_t baliotik abiatuta, hondarreko erresistentzia-modulua (W_R) lortu daiteke:

$$W_R = \frac{\pi}{32} (D - 2d_t)^3$$

Hor, W_R zurezko enborraren sekzio zirkularraren hondarreko erresistentzia-modulua da, eta D , zurezko elementuaren hasierako diametroa. Tardío & Mickovski metodologian, barne-egonkortasunaren egiaztapenak (flexioarekiko eta ebaketarekiko) kontuan hartzen dituzte piezen diametro-galerak, bai eskarien kalkuluan eta bai sekzio efikazen kalkuluan.

Aurreko eredu hori egokitu eta konplexutasun-maila altuagoetara iristea ere badago. Adibidez, badago aukera zur-mota bakoitzaren (zurgizena eta zurgiharra) degradazio-tasaren aldakuntzaren grafikoa lortu eta ikusteko ea t urteko zerbitzu-bizitzaren ondoren kaltetutako sakonera zurgizenaren eremuan bertan gelditzen den edo, aitzitik, zurgiharraren eremura sartzen den.

Esan dugun bezala, aurreko eredu horrek balio kontserbadoreak ematen ditu bioingeniaritzako obren diseinuari dagokionez. Tardío & Mickovski metodologiak aukera ematen du zuraren degradazio-prozesuak txertatzeko, bai eta erabilitako material biziaren indartze-efektua txertatzeko ere.

Gida honetako beste kapitulu batzuetan ikusiko dugun bezala, indartze hori zenbatesteko zenbait metodo daude (adibidez, Wu et al., 1979; Gray & Leiser, 1983; Schwarz et al., 2010; Tardío & Mickovski, 2015). Mota horretako ereduen azalpen bat nahi izanez gero, hona jo daiteke: Norris et al. (2008).

Tardío & Mickovski metodologiak aukera ematen du zuraren degradazio-prozesuak txertatzeko, bai eta erabilitako material biziaren indartze-efektua txertatzeko ere



30. irudia. Egur-horma bateko enborrak oso deskonposizio-fase aurreratuan (Artia ubidea, Irun). Lehen enborrek zuten lekua orain landareen sustraiek hartzen dute eta haien mantenugaiak xurgatzen dituzte. Iturria: G. Tardío

4.2.2 Tardío & Mickovski metodologiaren faseak eta denbora-mugarriak

Bioingeniaritzako obrak diseinatzeko eta kalkulatzeko zernahi metodologia errealista izango bada, aukera eman behar du erabilitako material bizi nahiz inerteek beren zerbitzu-bizitzan izandako aldaketa-prozesuak barne hartzeko. Hiru aldi guztiz bereizi daude Natur Bioingeniaritzako obra ororen funtzionamenduan (Tardío & Mickovski, 2023; Bischetti et al., 2021):

- **1. FASEA:** egonkortze- eta indartze-lanak obran erabilitako material inerteek (naturalak eta/edo manufakturatua) egiten dituzte nagusiki.
- **2. FASEA:** landarediak garapen- eta estaltze-maila ona lortu du dagoeneko, eta material inerteak oraindik ere gai dira sistemaren kanpo-nahiz barne-egonkortasuna ziurtatzeko. Beraz, egonkortze-lanetan nolabait lankidetzan ari dira material inerteak eta landaredia (oraindik garatzen).
- **3. FASEA:** jada landaredia da esku hartutako eremuko egonkortze-eragile nagusia. Baliteke material inerteek oraindik indartze-funtzioarekin lotutako hondar-egitekoren bat betetzea, baina fase honetan jada ez da beharrezkoa. Zurezko elementuak orain eragin moteleko ongarri dira eta garatzen ari den landaredia elikatzen dute (30. irudia).

Aurreko fase-egitura horri denbora-marko zehaztu bat gehitu behar zaio, zurezko elementuen sekzio-galerak, propietate mekanikoen galerak eta landarediaren indartze-efektuak kalkulatu ahal izateko. Gainera, obraren diseinuaren eta kalkuluaren ikuspegitik aurreko faseetan kontuan hartu beharreko elementu nagusiak ere zehaztu dira berriro.

Denbora-mugarrien eskema hau proposatzen dugu (hemendik moldatua: Tardío & Mickovski, 2023):

1. FASEA: 0 unea. Obrak amaitu orduko hasten da. Oraindik landarediaren efekturik sartu gabe, bioingeniaritzako obraren egiturak egiaztatu behar dira.

2. FASEA: aurreko fasean egiaztatutako egituretatik abiatuta sistemaren egonkortasuna gutxieneko zer denbora-markotan ziurtatu behar den zehaztu behar da hemen. Fase honetako egiaztapenek landarediaren garapena egokia dela ziurtatzeko balio dute, eta, beraz, egonkortze-funtzioak pixkanaka egiturak betetzetik landarediak betetzera igarotzea bideragarria dela ziurtatzeko.

Zurezko elementuen sekzioen aldakuntza kalkulatzeko, metodo hauek erabiliko dira: Leicester et al. (2003) eta Tardío & Mickovski (2016 eta 2023). Fase honetan egiaztatu beharreko denbora-mugarria obrak amaitu eta hurrengo 15-25 urteen barruan egongo da. Kontuan izanda Bizkaian zer landare-mota erabili ohi diren, zer material bizi erabili ohi diren (aldaxkak, adar biziak, eta zuhaitz- eta zuhaixka-landaketak) eta landare-espezieen hazkunde-tasa zein den, kalkulurako denbora-mugarria gutxienez 15 urte izatea proposatzen dugu. Denbora-mugarri hori bioingeniaritzako obretan eta lanetan metatutako esperientzian oinarritzen da (Zaimes et al., 2019; Bischetti et al., 2021).

3. FASEA: esku hartutako lekuan egonkortze- eta indartze-elementu nagusia landaredia deneko uneari dagokio. Fase honetan, multzo osoaren egonkortasun orokorra egiaztatu behar da, 2. FASEAren denbora-mugarri berean (gutxienez, obraren zerbitzu-bizitza 15 urtera iritsitakoan).

Kontuan izanda Bizkaian zer landare-mota erabili ohi diren, zer material bizi erabili ohi diren eta landare-espezieen hazkunde-tasa zein den, kalkulurako denbora-mugarria gutxienez 15 urte izatea proposatzen dugu

31. irudia. Tardío & Mickovski metodologia. Bioingeniaritzako obrak diseinatzeko metodologia horretan materialen degradazio-prozesuak eta landarediaren indartze-efektuak ere kontuan hartzen dira. Irudiko adibidean, denbora-mugarria $t = 15$ urte izatea erabaki da (gutxieneko balio gisa). Hala, 2. eta 3. FASEETAN, sistemaren egonkortasuna gutxienez 15 urtean ziurtatu behar da



Landaredia hazi eta garatu bitarteko behar adina denboran sistemako elementuen artean lankidetza eta egonkortasuna izango direla bermatzen da

Aurreko orrialdeko irudian Tardío & Mickovski metodologiaren arabera denbora-egitura eta fase bakoitzean egin beharreko egiaztapenak ageri dira (31. irudia).

Egiaztapen horiekin eta gutxieneko denbora-mugarriekin honako hauek ziurtatzen dira:

- 2. FASEAN, gutxienez lehenengo 15 urteetan portaera mekanikoa egokia dela ziurtatzen da, eta, beraz, bioingeniaritzako egituren azken erresistentzia mekanikoa obraren zerbitzu-bizitza 15 urtetik 50 urtera bitartekoa denean lortuko da beti (erabilitako zur-espeziearen eta esku hartzeko lekuaren ezaugarrien arabera). Egituraren azken erresistentzia lortzen deneko denbora-mugarri hori Leicesterren aipatu laneko (2003) eredutik abiatuta kalkula daiteke.
- 3. FASEAN, egonkortasun globala egiaztatzen da, 2. FASEko denbora-mugarri berean. Horrela, denbora-gainjartze bat ziurtatzen da, lankidetzan aritu daitezen zurezko egitura (oraindik egonkorra da 2. FASEAN) eta landarediaren indartze-efektua (nahiz eta efektuen gainjartze hori ez den kontuan hartzen, diseinuak segurtasunaren alderantz jo dezan).

Beraz, ikuspegi horren bidez, landaredia hazi eta garatu bitarteko behar adina denboran sistemako elementuen artean lankidetza eta egonkortasuna izango direla bermatzen da. Hau da, FASE, denbora-mugarri eta segurtasun-egiaztapenez osatutako aurreko eskema horrekin, bioingeniaritzako obra ororen helburu nagusia betetzen dela bermatzen da: epe luzean, egonkortze- eta indartze-elementu nagusia landaredi jada finkatua izatea.

Jakina, helburu erabat mekaniko horri aldi berean lortzen diren onura ekologiko eta ekosistemiko guztiak gehitu behar zaizkio. Izan ere, naturan oinarritutako konponbideen (NOK) eta bioingeniaritzako tekniken balorazio global

1. taula. Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzako faseak eta horietako bakoitzean kontuan hartu beharreko parametroak egonkortasun-egiaztapenak egiteko, Tardío & Mickovski metodologiaren arabera

Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzako faseak	Sistemaren egonkortasuna ebaluatzeko behar den informazioa
1. FASEA	- Material inerteen (naturalak eta manufakturatua) jatorrizko propietate mekanikoak).
2. FASEA	- Erabilitako material inerteek erresistentzia mekanikoan izandako galeren zenbatespena. - Bioingeniaritzako egituretako zurezko elementuek sekzio mekanikoan izandako galeren zenbatespena. - Zurezko elementuek gutxienez 15 urteko egitura-egonkortasuna bermatu behar dute landaredia garatzeko.
3. FASEA	- Landarediaren sustraiek izandako hazkundearen zenbatespena. - Lurraren propietate erresistente berrien zenbatespena (landarediak eragindako kohesio gehigarriaren zenbatespena). Sistemaren egonkortasun globalaren egiaztapena, sustraien indartze-efektua sartu.



32. irudia. Egur-horma batean erabilitako enborren degradazio-egoera aztertzen, erresistografo bidez, Artia ubidean (Irun, Gipuzkoa). Iturria: G. Tardío

eta bidezkoa egingo bada, esku-hartzearen zerbitzu-bizitzan zehar lortutako onura eta efektu guzti-guztiak, tipologia guztietakoak, hartu behar dira kontuan.

Fase horietako bakoitzean sistemaren egonkortasuna ebaluatzeko zer informazio behar den 1. taulan ageri da:

Material inerteek (naturalak eta manufakturatua) 3. FASERA arte sistema egonkor mantentzea lortu behar da. Sustrai-aparatuaren sakontasuna zenbatesteko (landarediak eragindako indartze-efektua kalkulatzeko beharrezkoa da datu hori), hainbat modu daude, hala nola landa-lanak (Böhm, 1979), sustraien banaketari buruzko eredu teorikoak (Laio et al., 2006; Preti et al., 2010; Tardío et al., 2019; Preti et al., 2022) eta espezie bakoitzaren parametro sintetikoak eta alo-metria (Cornellini et al., 2008). Landarediaren indartze-balioak nola lortu, berriz, gida honetako beste kapitulu batzuetan azaltzen da.

Barne-egonkortasunaren egiaztapenak egiteko, Menegazzi & Palmeri (2013) hartu daiteke oinarri. Kanpo-egonkortasunaren eta egonkortasun globalaren egiaztapenak egiteko, Gray & Sotir-ek (1996) edo Tardío & Mickovski (2016) emandako jarraibideak ditugu, besteak beste. Indarren maiorazio-koefizientea eta propietate erresistenteen minorazio-koefizientea, berriz, indarrean dauden arauen arabera kalkulatu behar dira (esate baterako, 5 Eurokodea).

Diseinu-eskema horri mantentze- eta jarraipen-lan batzuk gehitu behar zaizkio, obraren zerbitzu-bizitzan zehar informazioa bilduz joateko (Tardío et al., 2019). Jasotako informazioa (32. irudia) baliagarria izango da, ez soilik obra jakin bakoitzean detektatutako alderdiak aztertzeko edo zuzentzeko, baita etorkizuneko obretan diseinu hobeak egin ahal izateko ere (hobekuntza-prozesu iraunkorretarako bidea eta informazioaren kudeaketa egokiturako aukera emango ditu). Obren jarraipenerako protokoloak ikusi eta deskargatzeko, hemen adibide batzuk: <http://ecomedb.io/protocols> (Zaimes et al., 2019).

Diseinu-eskema horri mantentze- eta jarraipen-lan batzuk gehitu behar zaizkio, obraren zerbitzu-bizitzan zehar informazioa bilduz joateko

Bioingeniaritzako obren esparruan erabili beharreko landare-material bizia behar bezala aukeratzea esku-hartzeek arrakasta izateko funtsezko premisa da

4.3 MATERIALAK ETA EZAUGARRIAK

Lehen ikusi dugun bezala, Natur Bioingeniaritzaren ezaugarri bereizgarriak landareak edo landare-zatiak eraikuntza-material bizi gisa erabiltzea da.

Hasierako fasean sarritan beste material batzuekin konbinatu behar izaten da, euste- edo egonkortze-funtzioa material horiek bete dezaten hasieran, landaredia garatu arte. Sortzen diren sistemek eta horien osagaiek hainbat abantaila dituzte, baita mugak ere, eta gogoan hartu behar dira erabiltzeko hautatu aurretik.

NTJ 12-5 arauaren arabera (Lorezaintzako eta Paisajismoko Arau Teknologikoak dira NTJ horiek, gaztelaniazko Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo hitzen sigla), bioingeniaritzako materialak lau multzotan sailkatzen dira:

- Landare-material biziak.
- Landare-material hilak.
- Material natural inerteak.
- Material artifizial manufakturuak.

Bioingeniaritzako obren emaitza sistema biziak dira, segida naturalean oinarrituak, hau da, autorregulazio dinamikoaren bidez orekan mantentzen dira, energia artifizialik eman beharrik gabe. Teknikak eta material biziak eta inerteak ondo aukeratuta, aparteko iraunkortasuna lortzen da, eta mantentze-lan gutxi behar dute.

4.3.1 Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak

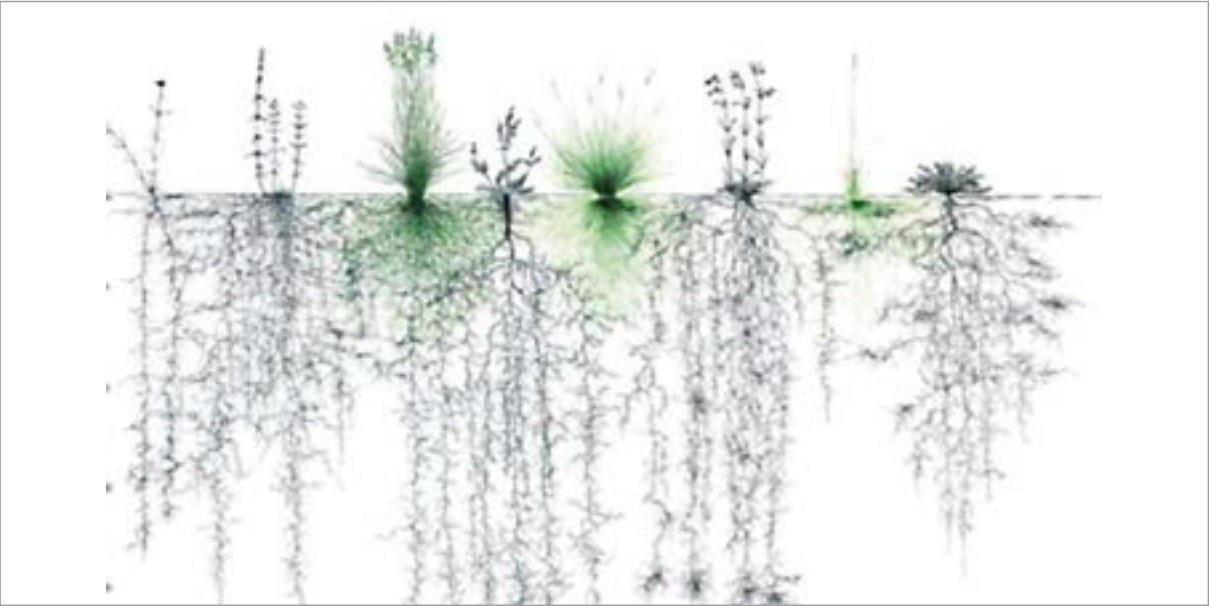
Bioingeniaritzako tekniken osagai bereizgarriak dira. Material-multzo horretakoak dira belarkarak, landare zurkarak eta ezaugarri biotekniko onak dituzten horien zatiak.

Bioingeniaritzako obren esparruan erabili beharreko landare-material bizia behar bezala aukeratzea esku-hartzeek arrakasta izateko funtsezko premisa da.

Testuinguru horretan, hona hemen oinarritzko irizpide batzuk:

- Landare-materiala aukeratu aurretik, lehenbizi esku hartuko den inguru-nearen ebaluazio espezifiko egin behar da, eta, ahal baldin bada, ingurune horretarako interesgarriak izan daitezkeen segida ekologikoen landare-ezaugarriak identifikatu eta aurreikusi.
- Hautaketak, gainera, espezierik egokienak babestera bideratuta egon behar du, ez soilik ekologiaren ikuspegitik, baita ikuspegi funtzionaletik ere; batez ere, berrantolaketa eta berronka hidrogeologikorako esku-hartzeak badira.
- Azpimarratzekoa da, bestalde, aintzat hartutako espezieen artean aukeraketa egitean tokian-tokian autoktonoak diren espezieak lehenetsi behar direla; hau da, inguruko ezaugarri edafiko eta klimatikoetara ondoen egokitzen direnei eman behar zaie lehentasuna.

Landarediak, ahal den neurrian, aski dibertsifikatua izan behar du, espezie eta tamaina desberdineko zenbait zuhaitz- eta zuhaixka-espeziez osatua, egitura-ren nahiz askotarikotasunaren aldetik behar besteko populazioak sortu ditzaten.



33. irudia. Zenbait gramineoren eta leguminosoren antolaketa, lurzorua kontsolidatzeko efektua bete dezaten. Iturria: Bautipenbuch EFIB

Ezaugarri morfologiko eta dimentsionalak kontuan hartuta, multzo hauetan sailkatzen dira:

- Ugalketa begetatiborako ahalmena duten landareen zati sustraitu gabeak.
- Landare gazte eta aldaxka sustraituak.
- Haziak.
- Zotalak eta belartzak.
- Errizomak.

Multzo horien barruan, bioingeniaritzan bereizi beharrekoak dira espezie zurkarak (zuhaixka- eta zuhaitz-espezieak) eta belarkarak.

Espezie belarkarak

Belarkarek babes iraunkorra ematen dute azaleko higaduraren aurka (euria eta haizea), eta egonkortze-teknikekin nahiz bioingeniaritzako beste estaltze-teknika batzuekin batera erabiltzen dira ia beti. Horiek higadura saihesten laguntzen dute, zeren:

- Lurzoruko partikulak atxikitzen dituzte.
- Sedimentuen desplazamendua murrizten dute.
- Euri-tantak intertzepstatzen dituzte.
- Uraren barreiatze-abiadura moteltzen dute.
- Infiltrazio-ahalmena handitzen eta mantentzen dute.

Belarkaren barruan, espezie gramineoak eta espezie leguminosoak nahasita erabiltzen dira (33. irudia). Gramineo edo lastodunek euste-funtzioa betetzen dute, eta leguminoso edo lekadunek, berriz, nitrogenoa finkatzeko ahalmena dutenez, lurzorua aberasten dute).

Espezie zurkarak

Landare zurkarek, belarkaren aldean, sustraiak normalean sakonago botatzen dituzte eta 2 m-tik 2,5 m-ra bitarte sakon egonkortu dezakete.

Belarkarek babes iraunkorra ematen dute azaleko higaduraren aurka (euria eta haizea), eta egonkortze-teknikekin nahiz bioingeniaritzako beste estaltze-teknika batzuekin batera erabiltzen dira ia beti



34. irudia. Aldaxkak, hagak eta adarrak. Iturria: P. Sangalli. Ibai bioingeniaritza – Kantauri eremurako eskuliburu teknikoa

Beraz, lur-irristatzeak ez gertatzeko babes handiagoa ematen dute, zeren:

- Lurzoruari indar mekanikoa ematen diote, lurpeko adarren eta are sakonagoko sustrai-sistemaren bidez.
- Lur gaineko urak drainatzen dituzte transpirazioaren eta interzeptazioaren bidez.

Espezie zurkaren barruan, hauek bereizten dira: espezie zurkaren zati sustraitu gabeak eta landare sustraitu osoak.

A- Espezie zurkaren zati sustraitu gabeak

Ugalketa begetatiborako ahalmena duten eta ezaugarri biotekniko jakin batzuk dituzten espezie zurkaren zatiak dira egonkortze-tekniketarako eraikuntza-material bizien artetik parte garrantzitsuenak.

Oro har, materiala prestatzeko garairik egokiena geldialdi begetatiboko sasoia da, azarotik otsailera, eta inguruan dagoen landareditik biltzen da.

Morfologia eta tamaina kontuan hartuta, hauek bereizten ditugu:

- Aldaxkak: adarkatu gabeko kimu zurkarak dira, 2 cm-tik 7 cm-ra bitarteko diametrokoak eta luzeran 50 cm-tik 150 cm-ra bitartekoak. Landarearen zer ataletatik datozen kontuan hartuta, hauek bereizten dira: aldaxka apikalak, aldaxka erradikularrak (edo sustrai-aldaxkak), errizoma-aldaxkak, kanabera-zatiko aldaxkak eta begi-aldaxkak.

- Adarrak: kimu adarkatu eta malguak dira, gutxienez 60 cm-ko luzerakoak eta lodiera desberdinekoak.

- Hagak: kimu zuzenak dira, adar gutxikoak, luzeran 150 cm-tik 300 cm-ra bitartekoak eta 3 cm-tik 10 cm-ra bitarteko diametrokoak.

Landare zurkarek, belarkaren ondoan, sustraiak sakonago botatzen dituzte eta lur-irristatzeak ez gertatzeko babes handiagoa ematen dute, zeren:

- Lurzoruari indar mekanikoa ematen diote, sustrai-sistemaren bidez.
- Lur gaineko urak drainatzen dituzte, transpirazioaren eta interzeptazioaren bidez.
- Lurzoruari indar mekanikoa ematen diote, lurpeko adarren bidez.

Bioingeniaritzako obretan, sahasaren familiako espezieak eta milazkaren familiakoak hautatu eta ebaluatu dira, besteak beste.

B- Landare sustraitu osoak

Bioingeniaritzako obra geldialdi begetatibotik kanpoko sasoiaren eta landaretzen zailak diren lurretan egin behar denean erabili behar dira, edota osagarri gisa, landare-aniztasuna eta -segida errazteko. Landare-materiala mintegi espezializatuetatik lortzen da, eta ezinbestekoa da hazkuntza-aldi egoki bat behar duela kontuan hartzea, landare egokiez hornitzeko.

Hornitze horretan, bi aukera izango ditugu: sustrai hutseko landare gaztea (1-2 izerdi), edo ontziko landarea (3 izerdi edo gehiago). Edonola ere, baso-landare autoktonoak erabiltzea lehenetsi behar da, sustraitzearen aldetik emaitza onak dituztelako eta, beraz, hutsegite-indize txikiagoak.

Ontzian dauden espezie zurkarei dagokienez, garrantzitsua da ontzian hazten behar beste denbora eman izana, sustrai berriak landaketarako komeni den bezala garatu daitezen: ontzitik ateratakoan, sustrai-lurrak formari eutsi behar dio, aski kohesionatua egon behar du, eta trinko iraun behar du. Erabiltzen diren ontziak, berriz, hiru motatakoak izaten dira: landare-ontzia, albeolo-erretilua eta baso-albeoloa.

4.3.1.1 Material bizien propietate bioteknikoak

Natur Bioingeniaritzak landare-materialen ezaugarri jakin batzuk baliatzen ditu, propietate bioteknikoak, bi kategoriatan bana daitezkeenak: biologikoak eta teknikoak (Cornelini et al., 2005, 2008, 2015).

Propietate biologikoak

- Adar-aldaxken edo hosto-aldaxken bidez, modu begetatiboan ugaltzeko ahalmena.
- Zurtoinean sustrai adbentizioak sortzeko gaitasuna.
- Sustraiak zenbait egunean urperatuta edukitzea jasateko gaitasuna.
- Harea-lurretan irauteko gaitasuna.
- Haizeteak jasateko gaitasuna.

Tokian bertan propietate biologiko horietako nahikoa espezie edukitzea oso baliagarria izan daiteke eraikuntza-kostuak optimizatzeko eta, batez ere, lekura ziurrenik jada egokituta dauden landareak erabiltzeko (2. taula).

2. taula. Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen propietate biologikoak

Espezia	Tipologia	Ugalketa begetatiboa	Sustrai adbentizioak sortzea	Azken garapena egituran (altuera m-tan)
<i>Salix atrocinerea</i>	Zuhaixka	Bai – Erraza	Erraza	5 m - 6 m
<i>Salix caprea</i>	Zuhaixka	Bai-Erraza	Ertaina	5 m - 6 m
<i>Salix eleagnos</i>	Zuhaixka	Bai – Erraza	Erraza	5 m - 6 m
<i>Tamarix sp.</i>	Zuhaixka	Bai – Erraza	Erraza	5 m - 6 m
<i>Corylus avellana</i>	Zuhaixka	Bai – Ertaina	Ertaina	4 m
<i>Euonymus europaeus</i>	Zuhaixka	Bai – Ertaina	Ertaina	2 m
<i>Sambucus nigra</i>	Zuhaixka	Bai – Erraza	Erraza	4 m
<i>Betula pendula</i>	Zuhaitza	Bai – Ertaina	Ertaina	15 m
<i>Fraxinus excelsior</i>	Zuhaitza	Bai – Ertaina	Ertaina	12 m

Tokian bertan propietate biologiko horietako nahikoa espezie edukitzea oso baliagarria izan daiteke eraikuntza-kostuak optimizatzeko eta, batez ere, lan egingo den lekura ziurrenik jada egokituta dauden landareak erabiltzeko

Ugalketa begetatiborako ahalmena duten eta ezaugarri biotekniko jakin batzuk dituzten espezie zurkaren zatiak dira egonkortze-tekniketarako eraikuntza-material bizien artetik parte garrantzitsuenak

Propietate teknikoak

- Lurzoruaren ezaugarri geoteknikoak hobetzea (barne-marruskaduraren angelua, kohesioa).
- Lurzoruko ur-kantitatea murriztea, landareen ebapotranspirazio-prozesuei esker.
- Lurzoruaren azala euriak eragindako higaduratik babestea, landareen lur gaineko atalei esker.
- Trakzioaren aurkako eta atereak izatearen aurkako erresistentzia.
- Uretan, lurlean eta airean dauden kutsatzaileak jasatea eta xurgatzea: kutsatzaileak jasateko eta xurgatzeko gaitasuna duten landareak.
- Indusketan zaratatik eta haizetik babestea.

Landare-estaldurak funtsezko zeregina betetzen du lurzoruaren babesean, higaduraren aurkako efektuak (mekanikoak) eta ura erregulatzeko efektuak (hidrologikoak) baititu, eta horiek ibaian behera solidoak garraiatzea eta higadura gertatzea murrizten dute.

Propietate bioteknikoak ebaluatzeko adierazleak

Landare-espezieen propietate bioteknikoak ebaluatzeko, zenbait adierazle erabil daitezke (Cornelini et al., 2015).

A- Sustraiaren bolumenaren eta zurtoinaren bolumenaren arteko erlazioa (alometria)

Zenbat eta handiagoa den erlazioa, orduan eta egokiagoak dira a priori egituretarako (3. taula).

3. taula. Sustraiaren bolumenaren eta zurtoin/enborraren bolumenaren arteko erlazioa. Iturria: Schiechtl

Zuhaitzak eta zuhaixkak	
Salix glabra	2,4
Viburnum Lantana	2,3
Erica carnea	2,0
Salix eleagnos	1,8
Salix nigricans	1,8
Alnus viridis	1,6
Salix purpurea	1,5
Fraxinus excelsior	1,5
Ligustrum vulgare	1,2
Acer pseudoplatanus	1,1
Hippophae rhamnoides	1,0
Berberis vulgaris	0,6
Salix alba	0,5
Populus nigra	0,4
Salix triandra	0,4
Espezie belarkarak	
Stipa species	5-15
Equisteum arvense	5,5
Rumes scutatus	5,5
Deschampista caespitosa	1,6
Festuca ovina	1,1
Anthyllis vulneraria	0,8
Achillea millefolium	0,7

Landare-estaldurak funtsezko zeregina betetzen du lurzoruaren babesean, higaduraren aurkako efektuak (mekanikoak) eta ura erregulatzeko efektuak (hidrologikoak) baititu, eta horiek ibaian behera solidoak garraiatzea eta higadura gertatzea murrizten dute

B- Landare osoa: aterea edo erauzia izatearen aurkako erresistentzia (4. taula)

Trakzio-indarra landareari osorik erauzteko N-etan egin behar zaion indarra da.

Trakzio-tentsioa landarea osorik erauzteko indarrari aurka egiten dion indarra da.

Trakzio-indarra landareari osorik erauzteko N-etan egin behar zaion indarra da

C- Sustraiak: trakzioaren aurkako erresistentzia (5. taula)

Materialen erresistentziari buruzko ohiko saiakuntzen bidez ebaluatzen da alderdi hori.

Trakzioaren aurka sustraiek duten erresistentzia landare batensustraiak erauzia izatearen aurka batez beste egiten duen erresistentzia da.

4. taula. Erauziak izatearen aurka landare osoek duten erresistentzia. Iturria: F. Florineth (1993)

Espeziea	Trakzio-indarra	Sustraiaren diametroa	Trakzio-tentsioa
Poa annua	1,04		
Agrostis stolonifera	1,24		
Festuca duriuscula	2,04		
Deschampsia caespitosa	2,90		
Lolium perenne	5,00		
Nardus striata	7,60		
Bromus inernis	9,09		
Trifolium repens	3,50	0,90	547
Anthyllis vulneraria	86,00	3,50	901
Trifolium hybridum	125,00	3,10	1658
Lotus corniculatus	142,00	3,60	1404
Trifolium pratense	154,00	3,70	1438
Onobrychis sativa	350,00	10,00	443
Medicago sativa	3250,00	30,00	460
Salix caprea	5500,00	85,00	97
Betula pendula	3000,00	53,00	136
Carpinus betulus	4000,00	78,00	83

5. taula. Trakzioaren aurka sustraiek duten erresistentziaren balioak. Iturria: Sauli et al. (2003b) eta Greenway D.R. (1987)

Espeziea	Trakzioaren aurka sustraiek duten erresistentzia (Mpa, batez besteko balioak)
Spartium junceum	1,04
Salix purpurea	1,24
Euonymus europaeus	2,04
Rhamnus alaternus	2,90
Quercus robur	5,00
Cytisus scoparius	7,60
Acer campestre	9,09
Viburnum tinus	3,50
Phillyrea latifolia	86,00
Coronilla emerus	125,00
Pistacia terebinthus	142,00
Salix elaeagnos	154,00
Populus nigra	350,00

6. taula. Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen propietate bioteknikoak

Espeziea	Trakzioarekiko batez besteko erresistentzia (MPa)	Aterea izatearen aurkako erresistentzia (Pull out strength) (kN)	Sustrai-sistema mota	Alometria (sustrai-aparatuaren bol. / aireko zatiaren bol.)
<i>Salix atrocinerea</i>	25	14	Barreiatua. Sakontasun ertaina	1,7
<i>Salix caprea</i>	48	5,5	Barreiatua. Sakontasun ertaina	1,9
<i>Salix eleagnos</i>	15	18	Barreiatua. Sakontasun ertaina	1,8
<i>Tamarix sp.</i>	50	12	Sakona	1,5
<i>Coryllus avellana</i>	70		Barreiatua	0,7
<i>Euonymus europaeus</i>	35		Barreiatua	0,7
<i>Sambucus nigra</i>	34,6		Nahiko azalekoa	0,7
<i>Betula pendula</i>	37	3	Nahiko azalekoa	0,5
<i>Fraxinus excelsior</i>	40	38	Barreiatua eta sakona	1,5

Balio horiek, oro har, laborategiko saiakuntzen bidez lortzen dira. Hona hemen horietako batzuk:

Landare-materialaren saiakuntzak: sustrai-sistema karakterizatzeko saiakuntzak egitea gomendatzen da, bai eta landarearen aireko biomasa neurtzea ere. Sustraidun eta sustrairik gabeko lurzoru-laginetan ebaketarekiko saiakuntzak egitea gomendatzen da (in situ eta/edo laborategian). Sustrai-sistema aztertzeko lagin-zulo edo lubaki bat eginez gero, sustraian laginak hartu behar dira, horiekin trakzio-saiakuntzak egiteko (De Baets et al., 2008). Sustrai-sistemaren sakontasunaren arabera banaketa karakterizatzeko, Böhm-en (1979) gomendioei jarraitu behar zaie.

4.3.2 Landare-material hilak

Bioingeniaritzako tekniketan erabiltzen diren landare-material hilak jatorri organikokoak dira, hala nola zurak, zuntz naturalezko geoproduktu organikoak (lurzoruaren elementu egituratzaile gisa jarduten dute) eta geoproduktu landatuko egiturak. Produktu guztiak, beraz, jatorri organikokoak direnez, denboraren joanean deskonposatu egiten dira, eta obran sortutako hondakinak berriro han sartu behar dira, lurzoruaren aberastasuna hobetzeko duten gaitasuna aprobetxatzeko.

Zurak

Zura teknika mistoetan erabiltzen den osagaietako bat eta, batzuetan, harriekin eta agregakinekin konbinatuta erabiltzen da. Egiturak sendotzeko prozesuan aldi baterako funtzioa betetzen du, egitura-funtzioa landare bizien gain geratu arte, hain zuzen.

Diametro askotako zurezko enborrak erabiltzen dira, eta adarrak, baita zuhaitz osoak eta motzondoak ere, pinu, alertze eta beste espezie batzuenak. Luzaroago iran dezaten, enborrei azala kentzea komeni da (batez ere, azkar hazten diren espezieetakoei), gertatu ez dadin zura usteltzea egitura-funtzioa betetzeko zereginean hura landareak ordeztu baino lehen. Tamaina, luzera eta diametroa aplikatutako teknikaren arabera izaten dira, obran eskura dagoen materialaren arabera ez ezik.

Zura teknika mistoetan erabiltzen den osagaietako bat eta, batzuetan, harriekin eta agregakinekin konbinatuta erabiltzen da



35. irudia. Azala kendutako zurezko enbor batzuk, egur-hormak, zuresiak eta bestelako egituretarako

Zuntz naturalezko geoproduktuak

Zuntz naturalezko material organikoek lurzorua azaleko higaduratik aldi baterako babesten dute eta landaredia finka dadin laguntzen dute. Lurzorua estaltzeko teknika mistoetan gehien erabiltzen diren materialak landare-jatorrikoak dira: kokoa, espartzua, jutea, lastoa, zelulosa, baso-hondakinak, etab. Batzuek osagai bat baino gehiago dute: kokoa eta lastoa, adibidez.

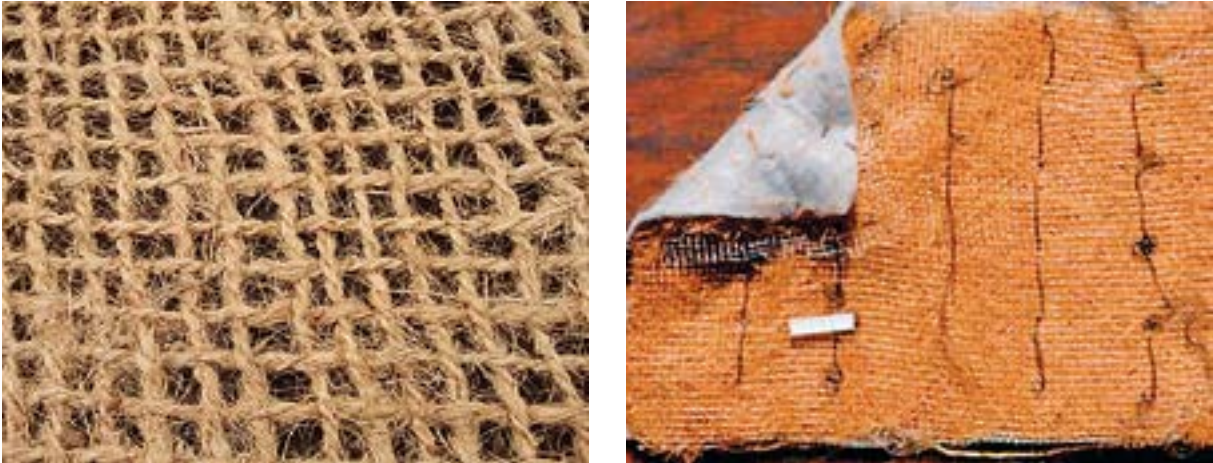
Materialak mihiztatzeko moduaren arabera, hauek ditugu:

- **Manta organikoak:** zuntzak ehunduta daude.
- **Sare organikoak:** zuntzak, ehunduta egoteaz gain, elkarrekin korapilatuta daude, sare bat eratzen.

Zuntz naturalezko sareak eta manta organikoak produktu degradagarriak dira, eta landarediak sustraiak bota eta lurzorua egonkortzen duen arte higadura aldi baterako kontrolatzeko erabiltzen dira. Ibai-eremuko egituretan, gainera, material xeheei eusteko eta uraldietan lurra soiltzea ekiditeko funtzioa ere bete dezakete.

Las fibras de esparto o coco tienen una mayor longevidad y resistencia a la traEspartzu- eta koko-zuntzek, besteak beste, luzaroago irauten dute eta

36. irudia. Sare eta manta organikoak. Iturria: P. Sangalli



Zuntz naturalezko material organikoek lurzorua azaleko higaduratik aldi baterako babesten dute eta landaredia finka dadin laguntzen dute

Material naturalak tokian bertan ere lortu daitezke obrak dirauen bitartean, eta horrek jarduketan kostua murrizten du

trakzioaren aurkako erresistentzia handiagoa dute. Egin beharreko jarduketa-motaren arabera (hidroereintzen eta/edo landaketen bidezko babes-estaldurak edo euskarriak) eta luraren granulometriaren, maldaren eta abarren arabera erabaki behar da zer zuntz-mota komeni den, zer gramaje-mota (gr/m2) eta zer material-mota (manta edo sare).

Geoproduktu landatuen egiturak

Zenbait produktu manufakturatuk landare-zuntzekin batera haziak edo landare-lurra dauzkate, eta produktu xurgatzaileak, baita aurrez hazitako landareak ere. Horrelakoen adibide dira, esate baterako, belartza egituratuak eta manta landatuak (37. irudia).

4.3.3 Material natural inerteak

Era horretako material naturalak dira, esaterako, landare-lurra, harriak, haitzak, indusketa-materiala... Lurrezko eta harrizko materialak dira, hainbat tamainatakoak, eta betelanetarako, drainatze-material gisa eta egituretan oinarria sendotzeko eta babesteko erabiltzen dira.

Material natural horiek (38. irudia) manufakturuak baino merkeagoak izaten dira normalean, ekologikoki bateragarriagoak dira, eta landaretze-lanetarako egokiagoak. Material naturalak tokian bertan ere lortu daitezke obrak dirauen bitartean, eta horrek jarduketan kostua murrizten du.

37. irudia. Zuntz-bilkariak eta manta organikoa ezponda batean eta zuntz-bilkariak karkabetan. Iturria: P. Sangalli. – SCIA SL



38. irudia. Harri-lubeta eta landare-lurra



39. irudia. Zenbait finkagailu: grapak, altzairu korrugatuzko iltzeak eta torlojuak



40. irudia. Errefortzurako elementuak: bihurdura hirukoitzeko sareak eta gabioi zilindriko malguak

Harrizko materialak: harri-lubeta txikiak egiteko, gabioiak betetzeko eta egiturak zimendatzeko erabiltzen dira.

Lurrezko materialak: landare-lurra nahiz indusketan lortutako lurra erabiltzen dira.

4.3.4 Material artifizial manufakturuak

Multzo horren barruan era askotako material sintetiko edo metalezko ugari sartzen da, eta, oro har, bestelako elementuak finkatzeko material gisa (grapak, iltzeak) eta material indargarri edo sostengurako material gisa (sare sintetikoak...) erabiltzen dira. Beti ezin den arren, ahal dela hobeto da elementu biodegradagarriak eta naturalak erabiltzea, material artifizial eta manufakturatuen ordez.

Finkatzeko elementuak: malguak izan daitezke (adibidez, alanbrea), edo zurrinak (esaterako, altzairu korrugatuzko barrak, grapak, iltzeak, eta torlojuak eta buloiak). Zurezko egiturak finkatzeko, 10-12 mm bitarteko diametroko altzairu korrugatuzko barra puntadunak erabil daitezke, edota zurerako metalezko torlojuak (39. irudia).

Elementu indargarriak: sare sintetikoak, geogelaxkak, bihurdura bikoitz edo hirukoitzeko alanbre-sareak, eta gabioiak nahiz bestelako zenbait egitura dira (40. irudia).

Material artifizial manufakturatuen multzoan era askotako material sintetiko edo metalezko ugari sartzen da, eta, oro har, bestelako elementuak finkatzeko material gisa (grapak, iltzeak) eta material indargarri edo sostengurako material gisa (sare sintetikoak...) erabiltzen dira



5. NATUR BIOINGENIARITZAKO TEKNIKEK IZAN DITZAKETEN APLIKAZIOAK AZPIEGITURA LINEALETAN



Natur Bioingeniaritzako teknikek aplikazio ugari dituzte azpiegitura linealen eraikuntza- eta mantentze-lanetan

Natur Bioingeniaritzako teknikek aplikazio ugari dituzte azpiegitura linealen eraikuntza- eta mantentze-lanetan. Hona hemen jarduketa nagusiak:

- Azaleko higadura kontrolatzea eta lubetak egonkortzea, hauen bidez: ereintza, ereintza hidrikoak, manta organikoak, aldaxka landatzea, zuhaixkak eta zuhaitzak landatzea, etab.
- Ezpondak egonkortzea.
- Lur-irristatzeak egonkortzea.
- Obrak paisaian integratzea.
- Obrak drainatzea: arekak eta zorrotenak.
- Arazketa-putzuak.
- Tunelen ahokadurak sendotzea eta egonkortzea.
- Zarataren aurkako hesi berdeak, itsutze-efektuaren aurkakoak, etab.
- Zubibideen azpiko ezpondak landatzea.
- Faunaren iraupenerako neurriak (gaineko eta lurpeko pasabideak, fauna txikia bideratzeko sareak eta hesiak, etab).
- Ubideekiko interferentzietan ur-ibilguak leheneratzea.
- Betegarriei eusteko lanak.

Lerro hauen azpiko infografian bioingeniaritza azpiegitura linealetan aplikatzeko zenbait adibide ageri dira.

Kapitulu honetan, bioingeniaritzako teknikek azpiegitura linealetako proiektuetan izan ditzaketen aplikazioak aztertuko ditugu. Gainera, obrak egiteko bi esku-hartze eredu konparatuko ditugu: batetik, eraikuntza konbentzionala legoke, eta, bestetik, bioingeniaritzako teknikak, zeinek naturaren ekarpena lehenesten duten egonkortze-funtzioak, arazketakoak eta integrazioak egiteko, ingurumen-baldintzak hobetzeko eta habitat naturalizatuen aitzindari gisa. Hala, bi tekniken arteko konparazio bat egingo dugu, eta, jarduketa horiek adibide bidez erakusteko, Euskal Autonomia Erkidegoan gauzatu diren zenbait kasu ikusiko ditugu, Bizkaiko Lurralde Historikoaren ezaugarri oso antzekoak dituztelakoan.

41. irudia. Bioingeniaritzako jarduketa potentzialak azpiegitura linealetan. Iturria: REG



Analisian sistema bakoitzaren abantailak eta eragozpenak jasoko dira, ingurunean nola esku hartu behar dugun hausnartzeko bide eman nahian. Kontuan izatekoa da bioingeniaritza ezin dela kasu guztietan modu generikoan aplikatu eta azterketa zehatzagoak behar direla.

Mantentzearen eta efizientziaren arteko oreka horretan, gure obren naturalizazioa ere sartu behar dugu gure lurraldean karbono-aztarna murrizten lagunduko digun elementu gisa.

Bioingeniaritza ezin da kasu guztietan modu generikoan aplikatu

AZALEKO HIGADURA KONTROLATZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA

ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN

DESKRIBAPENA

Ezponda hidroereileta

Maldak higaduraren aurkako manta biodegradagarriekin estaltzea, hazien ermetzea sustatzen dutenak. Teknika hauek birmoldaketarekin, bermekin eta zutoinekin osatzen dira.

Azkar aplikatzen da.

Teknika honetan esperientzia asko eta prozedurak oso hedatuta daude.

Higaduraren kontrola.

Paisaian integrazio ona. Hazien ermetzerako ur biltegi gehigarria.

Eguraldi txarrarekin erreka-erretak sortu daitezke, higatzaileak.

Landare-estalkiak oso desberdin garatzen dira.

Kostu handiagoa.

Erreka-erretak higatzaileak leheneratzea oso lan garestia da. Berriztatze beharra dakarte, eta drainatzeko adar-sortak jarri eta substratuak emateko hidroereintzak egin beharra.

Malden higadura saihesteko laguntzeaz gain, manta biodegradagarriek hazien ezaupena sustatzen dute.

MENDI-MAZELETAKO LUIZIAK ETA LUR-IRRISTATZEA EGONKORTZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



DESKRIBAPENA

Harri-lubeta konbentzionalen moduko euste-horma, hormigoizko zimendurekin.

ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



Krainer egur-horma horma bakunean eta enbor-zuresiak harri bidezko drainatze-sistemearekin.

ABANTAILAK

Mantentze-lan bikia behar du.
Erresistentzia eta iragazgaitasun handiak ditu.
Teknika honetan esperientzia asko eta prozedurak oso hedatuta daude.

Paisaia-integrazio ona du.
Habitata sortzen laguntzen du.
Presio hidrikoa murrizten du, landatutako adar-aldaxken sustrai-sistemak lehortzen laguntzen baitu.
Karbono-aztarna neutroa du.
Azkar eraikitzen da.
Denboraren poderioz erresistentzia handitzen da.

ERAGOZPENAK

Paisaia-integrazio kaskarra du.
Karbono-aztarna handia du.

Mantentze-lan pixka bat behar du (inausketa eta ikuskapenak).

OHARRAK

Hormigoizko egiturek eta harri-lubeta konbentzionalak ez dute eboluzionatzen, denboraren joanean hondatu egiten dira.

Denboraren joanean egonkortasuna handitu egiten da, landaredia sustraitzen doan heinean.



PAISAIA INTEGRATZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



DESKRIBAPENA

Ezponda hormigoia proiektatuz gunitatzea eta buloitzea.

ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



Zurezko egituren bidez, zuresi bizien bidez euskarriak egitea.
Egitura guztietan adar-aldaxkak eta/edo landareak landatzen dira.
Egituren bidez ikusizko inpaktua minimizatzea lortu nahi da, irla berdeak sortuz.

ABANTAILAK

Ez du mantentze-lanik behar

Paisaia-integrazio ona du.
Landarediak faunarentzako babesa eta aterpea sortzen ditu.
Landatutako zuhaixkek hautsa xurgatu eta islatutako infragorriak murrizten dituzte.

ERAGOZPENAK

Paisaia-integrazio oso kaskarra du

Ez du lorezaintzako mantentze-lanik behar.
Jartzeko lekua behar du.

OHARRAK

Ezponda gunitatutak normalean landare igokarien bidez integratzen dira, edota oxidoen tonu okreak indartzen dituzten zahartze-iturako pinturak erabiliz.

Egiturek eboluzionatu egiten dute, landaredia hazi egiten da eta landareak berritzen joaten dira.

HEGALAK ETA ZORROTENAK ERAIKITZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



DESKRIBAPENA

Hormigoizko horma kolratuak, armadura metalikokoak. Zorua hormigoi armatuzko lauzaz egina.

Krainer egur-horma horma bakunean, zorroten mailakatukoa, eta enbor-zuresiak harritzko enkatxoekin.

ABANTAILAK

Mantentze-lan txikia behar du. Erresistentzia eta iragazgaiztasun handiak ditu. Teknika honetan esperientzia asko eta prozedurak oso hedatuta daude.

Paisaia-integrazio ona du. Habitata sortzen laguntzen du. Ur-fluxuak laminatzen eta solidoak iragazten ditu. Karbono-aztarna neutroa du. Azkar eraikitzen da. Denboraren poderioz erresistentzia handitzen da.

ERAGOZPENAK

Paisaia-integrazio txarra du. Uraren laminazioa kaskarra da. Karbono-aztarna handia du.

Mantentze-lan pixka bat behar du (inausketa eta ikuskapenak)

OHARRAK



Hormigoizko egiturek ez dute eboluzionatzen, denboraren joanean hondatu egiten dira.

Egiturak eboluzionatu egiten dute, landaredia hazi egiten da eta landareak berritzen joaten dira. Denboraren joanean egonkortasuna handitu egiten da.



ZORROTEN MAILAKATUAK ERAIKITZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



DESKRIBAPENA

Hormigoizko zorroten mailakatu prefabrikatuak, B-2 motakoak.

Euskarriak egurrezko egiturekin eta palisada bizidunekin ematen dira. Egitura guztiak zutoinekin eta/edo landaketekin finkatuta daude.

ABANTAILAK

Mantentze-lan txikia behar du. Egitura iragazgaitzak dira.

Paisaiarekin integrazio ona. Beheko hodi hauek ura murrizteko efektua dute. Landatutako zuhaitzek hautsa xurgatzen eta murrizten dute, eta lurzoruko mikroorganismoak handituz ura arazten laguntzen dute.

ERAGOZPENAK

Paisaia-integrazio oso kaskarra du. Denborak aurrera egin ahala, blokeak mugitu egiten dira, zorroten-mailen asentu diferentzialen ondorioz.

Lorategiko mantentze-lanak behar ditu. Instalaziorako lekua behar du. Bere iragazgaiztasuna konplexua da.

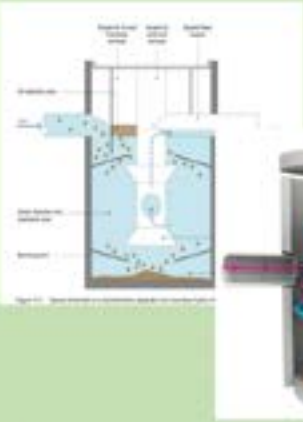
OHARRAK

Ezponda gunitatuak normalean landare igokarien bidez integratzen dira, edota oxidoen tonu okreak indartzen dituzten zahartze-itxurako pinturak erabiliz.

Egiturak eboluzionatzen dira, landaredia hazten da eta landareak berritzen dira.

ARAZKETA-PUTZUA ERAIKITZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



DESKRIBAPENA

Solidoak eta hidrokarburoak atxikitzeko kutxetak jartzea. Kutxatila zentrifugo edo hidrozikloiak, hormigoi berezi eta erretxinez eginak.

Urmaelaren geometria anitzeko urmaela, landaretzaz berriz hornitua ohe iragazgaitzekin eta harritz estalita. Sarrera hodi mailakatu baten bidez egina enborrez egindako palisadak harrian sartutako harriekin.

ABANTAILAK

Oso leku gutxi hartzen du.
Erresistentzia eta iragazgaitasun handiak ditu

Paisaiaren integrazio ona.
Anfibioen habitatak sortzen laguntzen du.
Ur-fluxuaren erregulazioa eta solidoen iragazketa.
Hidrokarburoen biodegradazioa.

ERAGOZPENAK

Aldian behin metatutako hondakinak xurgatu behar dira.
Animalia txikiak tranpak dira.

Mantentze-lan batzuk behar ditu.
Instalaziorako lekua behar du.

OHARRAK

Hormigoizko egiturek ez dute eboluzionatzen, denboraren joanean hondatu egiten dira

Egiturak eboluzionatzen dira, landaredia hazten da eta landareak berritzen dira.

Urmael hauek ura erregulatu eta arazten dute, anfibioen moduko espezie mehatxatuentzako habitatak sortuz eta lehorte garaian ur erreserbak eskainiz.

ZARATAREN AURKAKO PANTAILAK ERAIKITZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



DESKRIBAPENA

Zenbait materialekin egindako pantailak: zura, polikarbonatoak eta altzairuzko habeak zimendu-lauzen edo -zapaten gainean.

Krainer motako egurrezko egitura bikoitzekin edo palisada biziekin egonkortutako lurrezko gailurak. Egitura osoa hesolarekin edo landaketekin lotuta dago.

ABANTAILAK

Oso leku gutxi hartzen du.

Paisaiarekiko integrazio ona.
Tenperatura erregulatzen du itzalaren eta giro-hezetasunaren bidez.
Landarediak aireko hautsa xurgatzen du eta zarata-kutsadura murrizten laguntzen du.
Gehiegizko indusketa-lurzorua erabiltzen da, hondakinak botatzeko beharra murriztuz.

ERAGOZPENAK

Hormigoizko zimenduak behar dira.
Zur tratatuak 10 eta 15 urte bitarteko bizitza erabilgarria du eta, ondoren, ordeztu egin behar da.
Karbono-aztarna handia du.

Mantentze-lan batzuk behar ditu.
Instalaziorako lekua behar du.

OHARRAK

Hormigoizko egiturek ez dute eboluzionatzen, denboraren joanean hondatu egiten dira.

Egiturak eboluzionatzen dute, landaredia hazten da eta landareak berritzen dira.
Pantaila mota hauek benetako landare-hesiak osatzen dituzte.
Lurzorua oso erabilia den materiala da soinu-isolamendu elementu gisa, soinua xurgatzen baitu eta ez baitu islatzen.

FAUNARENTZAKO PASAGUNEAK ERAIKITZEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



DESKRIBAPENA

Harri-lubetazko eta hormigoizko banku lehorrak egitea.

Euskarriak Krainer motako egurrezko egitura sinpleak edo palisada biziak erabiliz ematen dira. Egitura guztiak zutoinekin eta/edo landaketekin finkatuta daude.

ABANTAILAK

Ez du mantentze-lanik behar.

Paisaiarekin integrazio ona. Landarediak babesa eta aterpea eskaintzen die faunari. Ibai-hondoan egindako esku-hartzea ingurune naturalean integratzen da.

ERAGOZPENAK

Paisaia-integrazio oso kaskarra du. Faunarentzako pasagunearen ingurua ez da erakargarria edo mesedegarria fauna bideratzeko eta animaliak errepideetan harrapatzea ekiditeko.

Mantentze-lan batzuk behar ditu. Instalaziorako lekua behar du.

OHARRAK





Egiturak eboluzionatzen dira, landaredia hazten da eta landareak berritzen dira.

BETELANEI EUSTEA

ERAIKUNTZA KONBENTZIONALA



ERAIKUNTZA BIOINGENIARITZAN



DESKRIBAPENA

Harri-lubeta bidez egindako euste-horma. Hondakindegia eta betelaneetan lurrei eustea.

Krainer horma iragazkor bikoitza. Babes-arekaren hustubidea. Landare-lurra. Egituran adar-aldaxkak.

ABANTAILAK

Mantentze-lan txikia behar du. Erresistentzia eta iragazgaitasun handiak ditu. Teknika honetan esperientzia asko eta prozedurak oso hedatuta daude.

Paisaia-integrazio ona du. Habitata sortzen laguntzen du. Presio hidrikoa murrizten du, landatutako adar-aldaxken sustrai-sistemak lehortzen laguntzen baitu. Karbono-aztarna neutroa du. Azkar eraikitzen da. Denboraren poderioz erresistentzia handitzen da.

ERAGOZPENAK

Paisaia-integrazio txarra du. Karbono-aztarna handia du.

Mantentze-lan pixka bat behar du (inausketa eta ikuskapenak).

OHARRAK



Harri-lubetek ez dute eboluzionatzen, denboraren joanean hondatu egiten dira. Blokeak hormigoiz finkatzen badira, integrazioa zaila gertatzen da.

Denboraren joanean egonkortasuna handitu egiten da, landaredia sustraitzen doan heinean.



5.1 BIOINGENIARITZA ERABILIZ EGINDAKO JARDUKETEN ADIBIDEAK

5.1.1 AZTERTUTAKO 1. KASUA: Luizia egonkortzea N-1eko
411-300 KPan (Gipuzkoa), P.2.4 egituran

DATU NAGUSIAK

Errepidea: N-1
Kokapena: Idiazabal
UTM koordenatuak: X 562332,616; Y 4759606,854
Erabilitako teknikak:
Loricata egur-horma
Egur-hesi bizia
Adar-sortak
Areka mailakatua
Ereintzak eta landaketak
Gauzatze-data: 2011ko abendua. 3 aste
Lanak ukitutako azalera: 620 m²
Ukitutako lurren jabetza:
Gipuzkoako Foru Aldundia
Proiektua: SCIA SL eta Ikerlur SL
Sustatzailea: : Gipuzkoako Foru Aldundiko
Errepideetako Departamentua



42. irudia. Luiziaren kokapena

ESKU HARTZEKO EREMUAREN EZAUGARRIAK

Jarduketa N-1 errepidean luizi bat egonkortzean zetzan. Bertan, 2000. urtean eraikitako hormigoi armatuzko horma ainguratu bat zegoen, 75 metroko luzerakoa eta sei metroraingo altuerakoa, bi altueratan eratua.

Horma instrumentalizatuta zegoen, eta horrek gaitzaren jarraipena egiteko aukera ematen zuen eta diametro handiko aurretiazko lur-irristatze errotazional bat orekatzen zuen: goiko kota +385 metro da, eta oina egungo N-1 errepidearen kotan dago, Gasteizko noranzkoan (+342 metro).

43. irudia. Lur-irristatzearen egoera eta areka hautsita. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL - IKERLUR SL



KARAKTERIZAZIOA

Esku-hartzearen azalera: 620 m².
Itsas mailarekiko altitudea: +342 m - +385 m.
Bide-maila: estatuko errepide orokorra.
Datu klimatikoak
Klima-mota: epela-atlantikoa
/ mediterranea tartekoa.
Urteko prezipitazio maximoa: 101 mm azaroan.
Precipitación mínima anual: 34 mm agosto.
Urteko batez besteko prezipitazioa: 1.070 mm.
Batez besteko temperatura min.: 4 °C, urtarrilean.
Batez besteko temperatura max: 26 °C mes abuztuan.
Urteko batez besteko temperatura: 14,5 °C.
Ebapotranspirazio potentziala: 600 mm - 700 mm.

Geologia

Litologia nagusia: arroka detritikoak, alternantzia pi-kor ertaineko lohi-harri eta buztin-harri gutxi-asko karretsuak, eta kuartzo-hareharriak, matrizean hareharri mikadunekoak, pixka bat buztintsuak.

Edafologia

Lurzoru-mota: lurzoru kolubial, harritzar eta harkosko buztintsuak harea pixka batekin, trinkotasun ertain eta handikoak.

Geotecnia

Lurzoruaren barne-marruskaduraren angelua (°): 30°.

Mendi-mazelaren karakterizazioa

Malda: 45° - 35°.

Orientazioa: Mendebaldea.

Mazelaren karakterizazio hidrologiko laburra

Metodo arrazionalaren bidez kalkulatua.

Errepikatze-denbora	Emaria
t = 2,33 urte	0,27 l/s
t = 10 urte	9,30 l/s
t = 100 urte	32,75 l/s
t = 500 urte	57,83 l/s

Esku hartzeko eremuaren karakterizazio botaniko laburra

Landaredi potentziala:

Harizti/Baso misto atlantikoa.

Inguruko egungo landaredia:

- - **Zuhaitz-geruza:** *Pinus radiata*ren baso-plantazioak eta espezie hauen ale bakanak: *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Pinus radiata*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Quercus rubra*, *Robinia pseudoacacia*.

- - **Zuhaixka-geruza:** *Ulex europaeus*, *Cytisus scoparius*, *Ulex europaeus* eta *Rubus ulmifolius*.

Oharrak

Bioingeniaritzako proposamenaren aurretik bazen ingeniartza tradizionala beste bat, mikropiloteen bidez egitekoa. Atzera bota zen, errepidea hilabetez ixtea zekarrelako. Hormaren drainatzeak konponbidea behar zuen, lur-irristatzeak ekarritako material xeheek kolapsatuta baitzegoen.

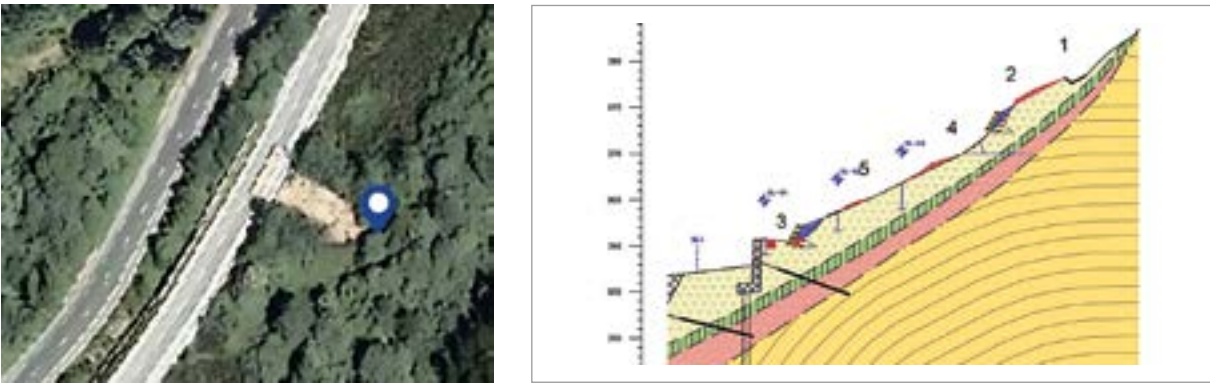
PROBLEMATIKAREN DESKRIBAPENA

Haustura euri-jasa baten ondoren gertatu zen, eta azalera ez-homogeneo bati eragiten zion: 13-20 metroko zabalera eta 40 metroko luzera zituen eremuak. Lur-irristatzearen oinaren eta buruaren arteko kota-aldea 18 metro inguru zen. Mendi-hegalaren batez besteko malda 35°-koa zen, eta luizia gertatu aurretik erabat landaretuta zegoen. Egindako landa-azterketak erakutsi zuenez, irristatzea gailurreko arekaren funtzionamendu okerrak eragin zuen. Areak hori desplazatuta, pitzatuta eta hondoratuta zegoen, baso-pista baten drainatze txarrak eragindako aurreko lur-irristatze baten ondorioz (43. irudia). Euria egin zuen egun batean inguru horretara egindako bisitetako batean egiaztatu ahal izan zenez, arekako zorrotzetik ez zen ia urik jaisten.

Euriteen ostean mendi-mazela naturala osatzen duten materialak asetzeak masa potentzialki ezegonkorren pisua handitzea zekarren, eta ebaketarekiko erresistentzia txikiagoa.

Landa-azterketa osatzeko, informazio gehigarria bildu zen; besteak beste, xehetasun-topografia bat egin zen (44. eta 45. irudiak), in situ zundaketak egin ziren, mendi-mazelaren azterketa hidrologikoa egin zen, eta zegoen eta egon zitekeen landarediaren azterketa egin zen.

PROPOSATUTAKO ESKU-HARTZEA



44. irudia. Luiziaren kokapena (2011). Esku-hartzearen profila. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL - IKERLUR SL



45. irudia. Luiziaren kokapena (2011). Esku-hartzearen profila, eta goitiko bista proposatutako konponbideekin. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL - IKERLUR SL

Hona hemen egindako jarduketan zerrenda, 45. irudian adieraziak (luiziaren kokapena (2011), esku-hartzearen profila, eta goitiko bista proposatutako konponbideekin):

1. Hormigoizko arekaren funtzionaltasun hidraulikoa berreskuratzea.
2. Ezpoda berriz profilatzea. Konpentsazioa, indusketa eta betelana.
3. Drain horma drainatzea, legarraren eta geozuntzez estalitako hodi porotsu baten bidez.
4. Ezpoda egonkortzea, oinean eta ezpondak egonkortasun-malda gainditzen duen lekuan, Loricata egur-horma landaretu bidez.
5. Egur-hesi bizia eraikitzea malda handieneko puntuan.
6. Lur gaineko drainatzeak, mazelan zeharka eta 30°-ko inklinazioarekin adar-sortak jarritz, lur-irratitzearen kanpoalderantz zuzenduak, non ura zur landaretuko kanaleta baten bidez bilduko zen.
7. Lur gaina estaltzea, hidroereintzaren eta zuhaitz eta zuhaixka autoktonoen landaketen bidez, biodibertsitatea handitzeko eta landarediaren egitura hobetzeko.

GAUZATUTAKO BIOINGENIARITZAKO TEKNIKAK

Egonkortze-teknika mistoak:

Loricata egur-horma, ezpondaren oinean eta mendi-mazelaren erdian (46. irudia).

Loricata egur-horma egitura misto bat da: altzairuzko egitura bat du, zimendu-plaka batean ainguratua, zurezko enborren euskarri. Horrela, bistako aurpegi bat sortzen da, eta, han, ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie autoktonoen aldaxkak txertatzen dira.

N-1 errepideko esku-hartzearen beheko aldeari dagokionez, ezpondaren oinean Loricata egur-hormak egitea planteatu zen. Luzerari dagokionez, hiru metroko bi Loricata eraiki ziren erdialdean, eta lau metroko bi alboetan (47. irudia).



46. irudia. Loricata egitura, goiko Loricatak eraikitze-prozesuan eta goiko Loricatak amaituta. 45. irudiko 4 zenbakikoa da. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL



47. irudia. Goiko Loricatak amaitu berritan eta goiko Loricatak amaituta. 45. irudiko 4 zenbakikoa da. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL

Egur-hesi bizia, makinak goiko aldean irekitako pistaren arazoa konpondu ahal izateko; 50° inguruko maldak utzi zituen (48. irudia).



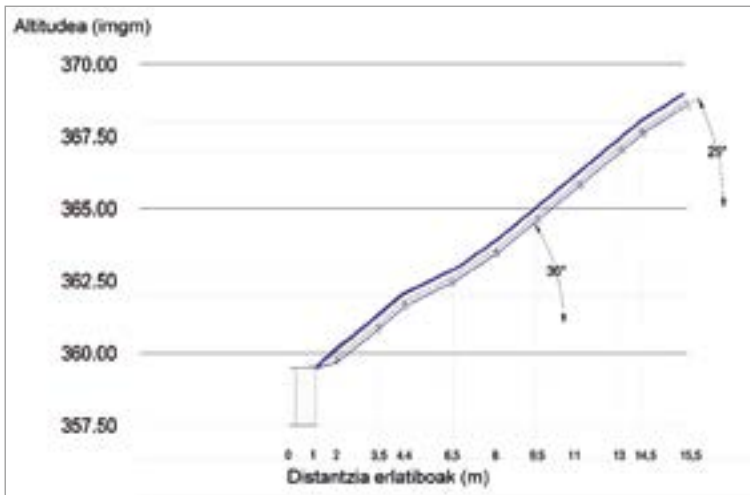
48. irudia. Egur-hesia eta adar-sortak. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL. 45. irudiko 5 zenbakikoa da

Drainatze-teknikak:

Harrizko eta zurezko kanaleta bizia, lehendik zegoen drainatzearekin lotuta (49. eta 50. irudiak).



49. irudia. Harrizko eta zurezko kanaleta, eta lehendik zegoen hustubidearekin lotzea. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



50. irudia. Kanaleta (harria eta zura) eta lehendik zegoen hustubidearekin lotzea erakusten dituen profila

Drainatzeko adar-sortak Loricataren bi ilaren artean geratzen zen lekuaren gainean eraiki ziren eta harrizko eta zurezko kanaletetan sartu ziren (51. irudia). Bestalde, goiko Loricaten trasdosean adar-sorta bat planteatu zen.



51. irudia. Adar-sortak estali aurretik eta adar-sortak muskilduta. 45. irudiko 6 zenbakikoa da. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

Estaltze-teknikak:

Belarkara gramineoak eta leguminosoak erein eta zuhaixkak landatu ziren.

- **Landatutako zuhaixka-espezieak:** *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea*, *Euonymus europaeus*.
- **Egituretan erabilitako espezieak:** *Salix atrocinerea*, *Cornus sanguinea*, *Euonymus europaeus*.

LANAK GAUZATZEARI BURUZKO IRUZKINAK

Babes-areka konpondu ahal izateko, ezpondaren erdian pista bat ireki zen, eta, horren ondorioz, inklinazioa handitu egin zen. Horregatik, hasieran proiektatutako konponbideak birplanteatu egin behar izan ziren. Hasierako proposamenean egur-hesirik ez zegoen aurreikusita, eta bi Loricatak ez ziren hasieran planteatuta bezala jarri.

Obrara iritsi ziren enborrak handiak ziren; hobe da diametro txikiagokoak izatea, obran errazago maneiatzeko. Egituretan erabilitako aldaxka guztiak obraren inguruetakoak ziren. Obra abenduan egin zen arren, udazken leuna izan zela-eta, sahatsak oraindik ere hostoak zituztela iritsi ziren, baina geldialdi begetatibo betean, eta, beraz, primeran muskildu ziren jada lehen bi hilabeteetan.

Lanak hiru astetan egin ziren. Zenbait orduz errei bat moztu behar izan zen, materialak eta Loricata deskargatzeko. Gainerako lanetarako ez zen erreia itxita mantendu behar izan (52. irudia).

52. irudia. Egoera lanak egin bitartean eta egoera 2021ean. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



5.1 BIOINGENIARITZA ERABILIZ EGINDAKO JARDUKETEN ADIBIDEAK

5.1.2 AZTERTUTAKO 2. KASUA: Ezpondak egonkortzea eta landaretzea GI-3920 errepideko 1.650 KP parean (AP1eko Basagoiti zubibidea, Aretxabaleta, Gipuzkoa)

DATU NAGUSIAK

Errepidea: GI-3920
Kokapena: Aretxabaleta
UTM koordenatuak: X 539875,684; Y 4765143,052
Erabilitako teknikak:
Hidromanta
Hidroereintza aberastua
Drainatzeko adar-sortak
Aldaxka landatzea
Aldaxka landatzea harri-lubetan
Adar-mailak
Harri-lubeta landatua
Zuhaitz eta zuhaixken landaketa
Gauzatze-data: 2013ko urtarrila-otsaila. 3 aste
Lanak ukitutako azalera: 2.000 m²
Ukitutako lurren jabetza:
Gipuzkoako Foru Aldundia
Proiektua: SCIA SL
Sustatzailea: : Gipuzkoako Foru Aldundiko Errepideetako Departamentua



53. irudia. Luiziaren kokapena

ESKU HARTZEKO EREMUAREN EZAUGARRIAK

Basagoiti zubibidea AP-1ean dago, Gipuzkoako Aretxabaleta udalerriaren parean. Zubibideak 440 m baino gehiagoko luzera du, eta 2009an amaitu zen. Egiturak bi taula ditu. Jarduketa zubibidearen azpian dago, eta 12.000 m²-ko azalera ukitzen du.

54. irudia. Hegoalde eta iparralde, Basagoitiko tunelaren azpian. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



KARAKTERIZAZIOA

Esku-hartzearen azalera: 12.000 m².
Itsas mailarekiko altitua: +280 m - +253.
Bide-maila: probintziako errepidea eta AP-1 autobidea.

Datu klimatikoak

Klima-mota: epela-atlantikoa / mediterranea tartekoa.
Urteko prezipitazio maximoa: 121 mm azaroan.
Urteko prezipitazio minimoa: 58 mm uztailan.
Urteko batez besteko prezipitazioa: 1.066 mm.
Batez besteko tenperatura min.: 4,9 °C urtarrilean.
Batez besteko tenperatura max.: 18,4 °C abuztuan.
Urteko batez besteko tenperatura: 11,5 °C.
Ebapotranspirazio potentziala: 500 mm - 600 mm.

Geologia

Litologia nagusia: esku hartzeko eremua Basagoitiko zubibidearen itzalgunea zen. Eremu horretan, ia material guztiak betelaneak dira; zehazki, AP-1eko bertako tunelak egitean indusketatik lortutako lohi-harriak.

Edafologia

Lurzoru-mota: lurzoru gutxi. Beheko aldeetan, landare-lur buztintsuaren hondarrak.

Geotecnia

Lurzoruaren barne-marruskaduraren angelua (°): 38°.

Mazelaren karakterizazioa

Malda: 45° - 35°.
Orientazioa: iparralde eta hegoalde.

Mazelaren karakterizazio hidrologiko laburra

Esku hartzeko eremuan zenbait arazo zeuden, denak ere azaleko isurketaekin lotuta (azpiegitura egoteak eraginak):
1. Taulen azpian: estribuetatik behera zetozen azaleko isurketa-urek erraz-erraz karkabak eta ildoak irekitzen zituzten landaririk gabeko lurrian.
2. Taularako luzetarako drainatze-sistemako hustubideek (bi galtzadetan daude, 15 metrotik behera, gutxi gorabehera) ur-zurrusta bat sortzen zuten, puntu horietan kontzentratuak, eta higadura-eremuak eragiten zituzten.

Esku hartzeko eremuaren karakterizazio botaniko laburra

Landaredi potentziala: Harizti/Baso misto atlantikoa.

Inguruko egungo landaredia:

Zubibidearen azpian ia ez zegoen landaredirik, belarkara-orban irregular batzuk izan ezik. Mendebaldeko ertzean baso autoktonoa zegoen, eta iparraldean koniferoen baso-plantazioa.

Oharrak

Lur gaineko landaredia leheneratu egin behar zen, higadura hidrikoa saihesteko.

PROBLEMATIKAREN DESKRIBAPENA

Zubibide azpiko mazelan, zubibideko estribuetan eta taulen itzalguneetan bazegoen zer hobetu, landaretzeak ez baitzuen nahi bezalako arrakasta izan. Zenbait puntutan lur biluzia zegoen, eta lurzoria galdu izanaren sintomak, azaleko higadura eta azpiegituraren ikusizko integrazio eskasa, batez ere azpitik igarotzen den GI-3920 errepidetik.

Eremu horretan (AP-1eko bertako tunelaren indusketa-lanetatik ateratako lohi-harriak erabili ziren betelanean), oso landare gutxi zegoen zenbait lekutan. Horren arrazoiak bat baino gehiago dira: hein batean, hidroereintzak garai desegokian egin izana, lurraz substratu gutxi izatea, eta, batez ere, zubibidearen beraren itzalpean egoteak dakarren zailtasun gehigarria. Gainera, beste arazo batzuk ere ikusi ziren: lurzorian azaleko higadura isurketa-urek eragina, baso-pista bat ireki izana eta malda handiko eremu ezegonkor batzuk.

Egoera horren aurrean, jarduketaren helburu nagusiak hauek izan ziren:

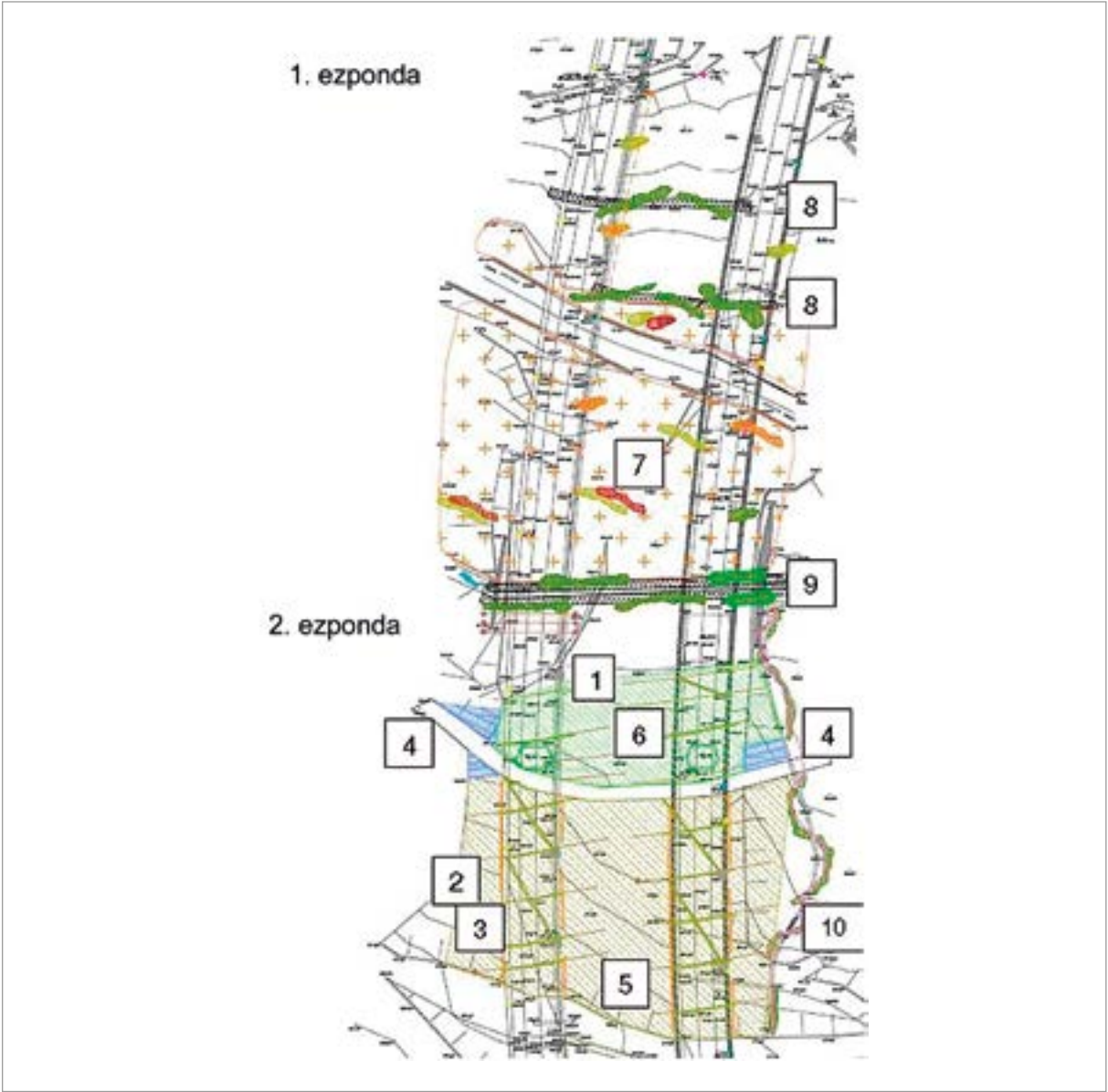
- Lurzoria higatzearen eta galtzearen arazoak etetea.
- Zubibidearen itzalgune bideen egonkortasuna hobetzea.
- Egituraren azpitik igarotzen den ur-ibilguaren funtzionaltasuna eta egonkortasuna hobetzea.
- Basagoiti zubibidearen azpiko eremuaren paisaia-integrazioa eta ikusizkoa hobetzea.

PROPOSATUTAKO ESKU-HARTZEA

Hona hemen egindako jarduketan zerrenda, 55. irudian adieraziak:

- 1. Drainatze-sistemen azpian higadura kontrolatzea eta uri-urak aprobetxatzea, atxikitze-putzuen bidez.
- 2. Zubibidearen azpian higadura kontrolatzea eta hezetasuna hobetzea, drainatzeko adar-sorten bidez.
- 3. Taulen azpian itzalguneak landaretzea, adar-sortaz baliatuz zangan espezie igokariak landatuz.
- 4. Bidearen ezponda egonkortzea, aldaxken mailen bidez.
- 5. Malda handiko lurzoruak egonkortzea, hidromanta jarritz.
- 6. Malda ertaineko lurzoruak egonkortzea, substratuz aberastutako hidroereintzaren bidez.
- 7. Paisaia-tratamendua, basoa landatuz: lehendik zeuden zuhaitzetako batzuk birlandatzea eta zuhaixka batzuk landatzea.
- 8. Iparraldeko estribuko harri-lubetak integratzea, aldaxkak landatuta.
- 9. Ubidea hobetzea eta egonkortzea: harri-lubetan aldaxka landatzea.
- 10. Hegoaldeko estribuko hormigoizko zorrotena integratzea.

55. irudia. Goitiko bista proposatutako konponbideekin. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



GAUZATUTAKO BIOINGENIARITZAKO TEKNIKAK

Egonkortze-teknika mistoak:

Harri-lubeta landaretzea (8) y (9). Egindako lana ez zen harri-lubeta landatu bat, baizik eta harri-lubeta bat a posteriori landaretzea. Egin ahal izan zen harri-lubeta ez delako oso lodia; metroa baino estuagoa da, eta egituraren trasdosera iristeko modua ematen zuen horrek (56. irudia).



56. irudia. Harri-lubetan aldaxkak landatzeko lanaren eskema. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

Drainatze-teknikak:

Drainatzeko adar-sortak jartzea (2) taulen azpian, eta, azpi horiek landaretzeko, **landare igokariak eta herrestariak landatzea (3).**

Adar-sortak taularen kanpoaldetik abiatzen dira eta atxikipen-putzuetako ura ere biltzen dute. Horri esker, adar-sorten ondoan landatutako igokariak, taulen azpialdeak estaltzen dituztenak, mantendu daitezke.

57. irudia. Adar-sortak jartzeko lanaren eskema, eta adarrentzako/adar-sortentzako zeharkako mailak egiten. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



Adar-mailak (4). Baso-pista egonkortzeko egin ziren, *Salix atrocinerearen* aldaxkak landatuz.

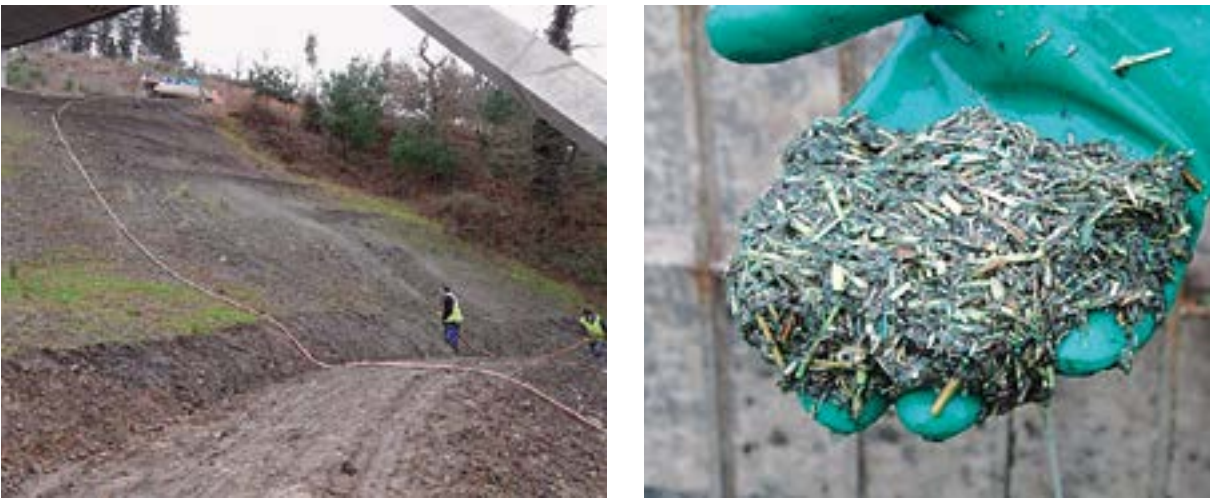


58. irudia. Adar-mailak jartzeko lanaren eskema. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

Estaltze-teknikak:

Hidromanta (5). Hidromanta bat egin zen lohi-harrizko eremuaren gainean, malda handieneko lekuetan (40°). Landare-lurrik ez zegoelako erabili zen.

Hidroereintza aberastu (6). Substratuz —kasu honetan, zohikatzez— aberastutako hidroereintza egin zen, lurzoru organikoagoa lortzeko. Malda txikieneko lekuetan erabili zen.



59. irudia. Hidromanta. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

Landaketak:

- Zuhaitz-espezieak: *Quercus robur*, *Acer campestre*, *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*.
- Zuhaixka-espezieak: *Crataegus monogina*, *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea*, *Euonymus europaeus*.
- Egituretan erabilitako espezieak: *Harri-lubetan*, *Salix atrocinerea*, *Cornus sanguinea* eta *Euonymus europaeus*; eta ubideko harri-lubetan, *Salix atrocinerea*.
- Adar-sortetan landatutako espezie igokariak: *Hedera helix*.

LANAK GAUZATZEARI BURUZKO IRUZKINAK

Lanak hiru astean egin ziren, 2013ko urtariletik otsailera bitartean.

Lanak egin bitartean eguraldi hotz eta euritsua izan zen, eta, beraz, hidromanta proiektatzeko, euria atertu arte itxaron behar izan zen, proiektatutako materiala urak eraman ez zezan. Beste hiru egunez ere lanak geldiarazi behar izan ziren, elurra egin zuela eta.

Esku-hartzearen emaitza gisa, ikusi da hidromantari esker landare-estaldura nabarmen hobetu dela; Gipuzkoan lehenbiziko aldiz erabili zen teknika hori. Bestalde, adar-sorten bidez, landatutako espezie igokarietara ura eramatea lortu zen, eta taulen azpian landaretze ona lortu da. Gainera, tauletako luzetarako drainatze-sistemen eraginez taulen azpian gertatutako higadura geldiarazten lagundu dute. Adar-mailek bide ondoko higadura eta luizi puntualak egonkortu dituzte.

60. irudia. Estaltze-tekniken emaitza, lanak gauzatu eta lau urtera. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL.



61. irudia. Ura biltzeko putzuen funtzionamendua eta adar-mailen muskiltze-egoera, lanak gauzatu eta urtebetera. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



5.1 BIOINGENIARITZA ERABILIZ EGINDAKO JARDUKETEN ADIBIDEAK

5.1.3 AZTERTUTAKO 3. KASUA: Baso-pista batean luizi bat egonkortzea

DATU NAGUSIAK

Errepidea: baso-pista
Kokapena: Berastegi, Leitzarango
biotopo babestuaren barruan
UTM koordenatuak: X 562332,616; Y 4759606,854
Erabilitako teknikak:
Krainer erako egur-horma bizi
bikoitza Egur-hesi bizia
Aldaxka landatzea
Krainer erako egur-horma bizi bikoitz eraldatua
Ereintzak eta landaketak
Gauzatze-data: 2008ko otsaila. 4 aste
Lanak ukitutako azalera: 100 m²
Ukitutako lurren jabetza:
Gipuzkoako Foru Aldundia
Proiektua: SCIA SL eta Ekolur SLL
Sustatzailea: Gipuzkoako Foru Aldundiko
Mendietako Departamentua



62. irudia. Luiziaren kokapena

ESKU HARTZEKO EREMUAREN EZAUGARRIAK

Egonkortu beharreko lur-irristatzeak baso-pista bati eragiten zion, eta bidea zura ateratzeko erabilgaitz utzia zuen. Irriatzea gertatzearen arrazoia, ziur asko, mazelaren malda handiegia izan zen, eta, horrekin batera, izandako euri-jasak eta lekuko lur-mota, kohesio txikikoa. Enborrak zeramatzan kamioi bat igaro ondoren gertatu zen irristatzea, eta pistaren goialdeari nahiz behealdeari eragin zien.

Guztira, irristatzearen azalera 100 m² ingurukoa zen. Ezpondak 13 m-ko luzera du, eta 7 m-ko batez besteko desnibela. Mendi-mazelak, berriz, 45° eta 55° arteko batez besteko malda du, eta, luizia gertatu aurretik, *Larix decidua*, *Salix atrocinerea* eta lizarrez estalita zegoen partzialki; alertze horiek, hain zuzen, lanak egiteko erabili ziren.

63. irudia. Irriatzearen egoera ezpondaren behealdetik eta goialdetik. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL – EKOLUR SL



KARAKTERIZAZIOA

Esku-hartzearen azalera: 100 m².

Itsas mailarekiko altitueda:

Bide-maila: baso-pista.

Datu klimatikoak

Klima-mota: epel atlantikoa.

Urteko prezipitazio maximoa: 309,7 mm azaroan.

Urteko prezipitazio minimoa: 84,7 mm abuztuan.

Urteko batez besteko prezipitazioa: 2.232 mm.

Batez besteko tenperatura min.: 2,3 °C otsailean.

Batez besteko tenperatura max.: 23,2 °C abuztuan.

Urteko batez besteko tenperatura: 11,5 °C.

Ebapotranspirazio potentziala: 670 mm.

Geologia

Litologia nagusia: arbel eta hareharri tolestuak.

Edafologia

Lurzoru-mota: lurzoru kolubial buztintsuak, oso lo-diak, harritzarrak eta harkoskoak harea pixka batekin, trinkotasun ertain eta handikoak.

Geotecnia

Lurzoruaren barne-marruskaduraren angelua (°): 29°.

Mendi-mazelaren karakterizazioa

Malda: 45° - 55°.

Orientazioa: hegoaldea.

Esku hartzeko eremuaren karakterizazio botaniko laburra

Landaredi potentziala:

Harizti / Baso misto atlantikoa.

Inguruko egungo landaredia:

- *Zuhaitz-geruza*: *Larix decidua*ren baso-plantazioak
- *Zuhaixka-geruza*: *Ulex europaeus*, *Salix atrocinerea*, eta *Rubus ulmifolius*.

Oharrak

Esku-hartzea urgentziatz egin zen, eguraldi txarragatik eta lur-irristatzearen kokapenagatik, biotopo babes-tuaren erdi-erdian eta iristeko oso leku zailan baitze-goen; sei kilometrora baino gehiagora zegoen hormi-goitutako lehen pista.

Erabilitako material guztia obraren inguruetatik lortu zen.

Lanak egiten aritu ziren langileek lehendik ez zuten eskarmenturik Natur Bioingeniaritzako tekniketan, eta obra bera egin bitartean trebatu ziren.

Gipuzkoako Foru Aldundiarentzat baso-ustiapena egi-ten zuen ekipo bera zen.

PROBLEMATIKAREN DESKRIBAPENA

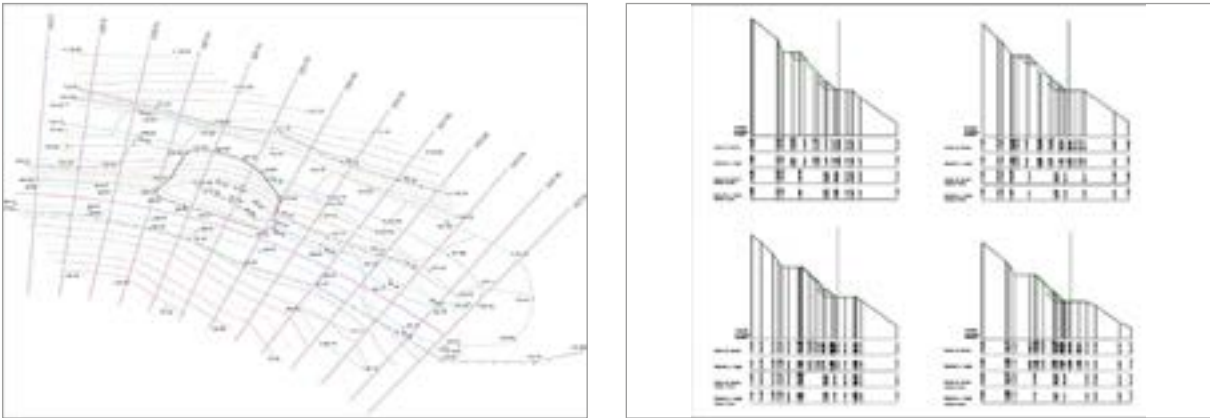
Bioingeniaritzako tekniken bidezko konponbide bat proposatu zen, eremua Leitzarango biotopo babestuaren barruan zegoelako, lursail publikoak zirelako eta pistak erabilgaitz zeudelako, horrek beste teknika batzuen bidez konpontzea zailtzen baitzuen. Obra guztia inguruan bertan zegoen materialarekin egin zen, ez zen kanpoko ezer ekarri behar izan, eta hori, gure ustez, interesgarria da, Bizkaian hain maiz gertatzen den zerbaiti irtenbidea emateko: baso-pisten eta azpiegituren arteko interferentziak.

Euriteen ostean mendi-mazela naturala osatzen duten materialak asetzeak masa potentzialki ezegonkorren pisua handitzea dakar, eta ebaketarekiko erresistentzia txikiagoa.

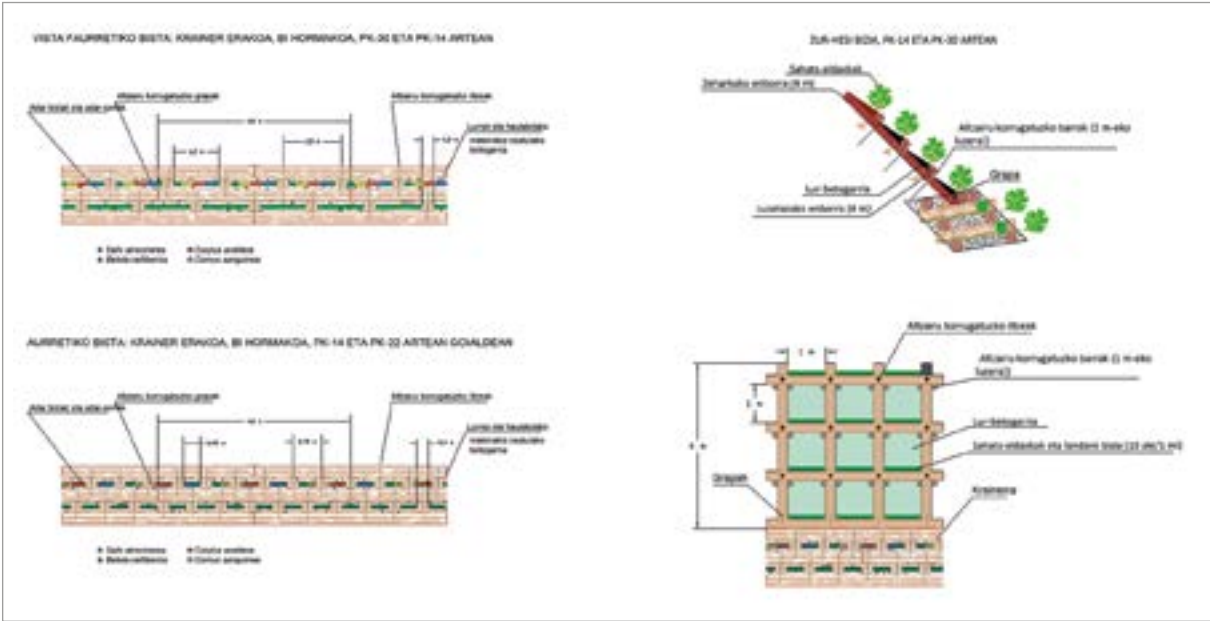
Obra urgentziatz egin zela-eta, ez zen xehetasun-azterketarik egin, eta abiapuntua bestelakoa izan zen: informazio topografikoa, material geologikoa in situ analizatzea, aurreikusitako jarduketak dimentsionatzea eta materialak obraren inguruetan bilatzea, bertara iristeko zailtasunak zirela-eta.

PROPOSATUTAKO ESKU-HARTZEA

Irristatzearen ezaugarriak kontuan izanda, ezponda oinean egonkortzeko, Krainer erako egur-horma bizi bikoitza erabiltzea erabaki zen; egitura horretan bermatzen dira egur-hesi biziak, mendi-mazela berreskuratzeko funtzioa dutenak. Goiko aldean, pista egonkortzeko, zurezko bigarren egur-horma bat egin nahi zen, goialdea eraldatuta, kamioien joan-etorriak jasan ahal izan zitzaizkien.



64. irudia. Luiziaren topografia eta esku-hartzeen profilak. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL – EKOLUR SLL



65. irudia. Proposatutako teknikak. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL – EKOLUR SLL

Hona hemen egindako jarduketan zerrenda:

1. Ezponda berriz profilatzea.
2. Zimendurako indusketa egitea.
3. Ezponda oinean eta ezpondak egonkortasun-malda gaitzen duen lekuan egonkortzea, Krainer erako horma bikoitzeko egur-horma biziaren bidez, 16 metroko luzerakoa eta metro eta erdiko altuerakoa. Zuzenean lurrean zimendatu zen.
4. Egur-hesi bizi bat eraikitzea, lau moduluko, bakoitza 5 x 4 metrokoa.
5. Goialdean egur-horma bat eraikitzea, metro-erditik metrora bitarteko luzerakoa; goiko maila indartu zitzaion, ibilgailuen joan-etorriaren pisua xurgatzeko.
6. 6.Ereintza eta landaketak.

GAUZATUTAKO BIOINGENIARITZAKO TEKNIKA

Egonkortze-teknika mistoak:

Krainer erako horma bikoitzeko egur-horma bizia, ezpondaren oinean eta goialdean (pista berreskuratzeko).

Egur-hesi bizia, ezpondaren 50°-ko malda berreskuratzeko (66. irudia).

Estaltze-teknikak:

Belarkara gramineoak eta leguminosoak erein eta zuhaixkak landatu ziren.

- **Landatutako zuhaixka-espezieak:** *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea* eta *Euonymus europaeus*.
- **Egiturretan erabilitako espezieak:** *Salix atrocinerea*, obraren inguruetakoa.
- **Egiturretan erabilitako zura:** *Larix decidua*, obraren inguruetakoa.



66. irudia. Egur-hormak eta egur-hesiak egiten, 2008ko otsailean. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



67. irudia. Ezpondaren irudia muskildu ondoren

LANAK GAUZATZEARI BURUZKO IRUZKINAK

Obran erabilitako materialak inguruetan zeuden, bai zura (*Larix deciduaren* enborkiak), bai espezieak (ezpondan dagoen *Salix atrocinerea*).

Egiturretan erabilitako aldaxkak ere inguruetaoak dira.

Alde distalak, diametro txikiagokoak, egur-hesi bizietan erabili ziren, eta diametro handiagokoak, berriz, oinarrizko egur-hormarako.

Baso-ustiapenaz arduratzen ari zen ekipoak egin zituen obrako lanak, eta lehendik ez zeukaten bioingeniaritzan eskarmenturik.

Obra lau astean egin zen. Tarteetan, astebete geldirik egon zen, elurtea izan zela-eta obrara iritsi ezin zelako.

68. irudia. Egoera 2009ko udaberrian. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



5.1 BIOINGENIARITZA ERABILIZ EGINDAKO JARDUKETEN ADIBIDEAK

5.1.4 AZTERTUTAKO 4. KASUA: Luiziak egonkortzea Arrigorriagako bidegorri batean, Agirre eta Martiartu industrialdeen artean (Bizkaia)

DATU NAGUSIAK

Errepidea: bidegorria

Kokapena: Arrigorriaga

UTM koordinatuak: X 562332,616; Y 4759606,854

Erabilitako teknikak:

Loricata egur-horma

Egur-horma bakuna

Lasto mulching-a eta kokozko manta biodegradagarria

Ereintzak eta aldaxka-landatzeak

Gauzatze-data: 2022ko azaroa. 5 egun

Lanak ukitutako azalera: 205 m²

Ukitutako lurren jabetza:

Bizkaiko Foru Aldundia

Proiektua: Rafael Etxebarria

Sustatzailea: Bizkaiko Foru Aldundiko

Errepideetako Departamentua



69. irudia. Luizien kokapena

ESKU HARTZEKO EREMUAREN EZAUGARRIAK

Arrigorriagako (Bizkaia) bidegorri bati eragiten zioten hiru luizi egonkortzean zetzan jarduketa. Haustura landare-estaldura eskaseko ezponda batzuetan gertatu zen, 2021eko azaroan izandako euri-jasen ondoren, eta 3-7 metro zabal eta 24 metro luze zen eremu ez homogeneo bati eragiten zion. Lur-irristatzearen oinaren eta buruaren arteko kota-aldea 7 metro inguru zen. Mendi-mazelaren batez besteko malda 35°-tik 45°-ra bitartekoa zen.



70. irudia. Irristatzeen egoera eta lurzorua sakonean ainguratzeko landare-elementurik eza. Iturria: R. Etxebarria, Arrigorriagako bidegorria. BFA

KARAKTERIZAZIOA

Esku-hartzearen azalera: 205 m².

Itsas mailarekiko altitueda: +62 m.

Bide-maila: bidegorria.

Datu klimatikoak

Klima-mota: epel atlantikoa.

Urteko prezipitazio maximoa: 153 mm azaroan.

Urteko prezipitazio minimoa: 53 mm abuztuan.

Urteko batez besteko prezipitazioa: 1.060 mm.

Batez besteko tenperatura minimoa: 5 °C urtarrian.

Batez besteko tenperatura maximoa: 26 °C abuztuan.

Urteko batez besteko tenperatura: 16,5 °C.

Ebapotranspirazio potentziala: de 600 a 700 mm.

Geologia

Litologia nagusia: hareharrien eta tupen alternantziak, betegarri biribilguneak eta bide-gurutzagunee-tako adarrak egiteko.

Edafologia

Lurzoru-mota: betegarri buztintsuak eta lurzoru kolubial, harritzar eta harkosko buztintsuak harea pixka batekin.

Geotecnia

Lurzoruaaren barne-marruskaduraren angelua (°): 35°.

Mendi-mazelaren karakterizazioa

Malda: 45° - 3 5°.

Orientazioa: iparraldea.

Esku hartzeko eremuaren karakterizazio botaniko laburra

Landaredi potentziala:
Harizti/Baso misto atlantikoa.

Inguruko egungo landaredia:
- **Zuhaitz-geruza:** *Pinus radiata*ren baso-plantazioak eta espezie hauen ale bakanak: *Fraxinus excelsior*, *Salix atrocinerea*, *Pinus radiata*, *Populus tremula*, *Quercus rubra* eta *Robinia pseudoacacia*.

Oharrak

Betelanaren oinean ur-etorria zegoela ikusi zen, behar-bada AP-68 autobidera sartzeko bide-plataforma gaizki drainatuta egotearen ondorio.

Trafiko astunaren joan-etorriak eragindako bibrazioek eragina dute inguruan.

PROBLEMATIKAREN DESKRIBAPENA

Egindako landa-azterlanak erakutsi zuenez, irristatzea gailurreko arekaren funtzionamendu okerrak eragin zuen, prezipitazio handietan ura behar bezala biltzen ez zuelako, eta/edo betelaneko transmisibitate-eremuetan iturburu hipodermikoak egoteak.

Azpimarratu behar da, halaber, litekeena dela ibilgailu astunen joan-etorriak eragindako bibrazioek ere zerikusia izatea haien eraginpeko betelan-eremuan. Betegarri horiek oso heterogeneoak dira, eta gerta liteke ur-etorriko lekuak edo portaera geomekaniko desberdinak sorraraztea.

Irristatzea gertatutako hiru lekuetan ez zegoen zuhaixkarik edo zuhaitz gazterik; hau da, ez zegoen ainguratze pasiboko funtzioa beteko zuen elementurik, ezponda osatzen duten lurzoruen ebaketarekiko erresistentzia handituko zuenik. Aipatzekoa da harri-lubetak dituzten hiru leku daudela alboko eremuetan.

PROPOSATUTAKO ESKU-HARTZEA

Irristatzeak egonkortzeko, egonkortze-teknika mistoak erabili ziren; batez ere, egur-hormak eta egur-hesiak. Bidegorriko irristatzeak zuzentzeko hautatutako teknikak, berriz, hurrengo orrialdeko grafikoan ageri dira.

Hona hemen egindako jarduketan zerrenda:

1. Ezponda berriz profilatzea. Konpentsazioa, indusketa eta betelana.

2. Ezponda egonkortzea, oinean eta ezpondak egonkortasun-malda gainditzen duen lekuan, Loricata egur-horma landatu bidez..

Figure 71 consists of two parts. The top part is an aerial photograph of a road and a slope. A red circle highlights a specific area on the slope. To the right of the photograph is a text box containing technical data: EPSG:25830 UTM 30N ETRS89, X: 508585.436, Y: 4783346.799, EPSG:4258: Datum (ETRS89) - EPSG:4326: WGS84, Lat: 43.20285031, Lon: -2.89433971, Lurralde-mugak: Herria: Mariatu / Barreiatua, Udalerria: Arrigorriaga, Eustat Udalerriaren identifikatzailea: 48011, Lurralde historikoa: BIZKAIA, Nona - Azari hurbilena, Orografia, and SIGMAC. The bottom part is a cross-section profile of the slope, showing the slope's geometry and the location of the slope reinforcement structure. The profile is labeled 'Higaduraren aurkako manta', 'Adar-aldaxkak landatzea', and 'Loricata b.'.

71. irudia. Luiziaren egora 2022an eta esku-hartzearen profila

3. Trantsizio-elementuak eraikitzea, Egur-horma bakuna lehendik zegoen harri-lubetarekiko elkargunean.

4. Lur gaina estaltzea, kokozko manta biodegradagarria eta lastozko lur-estalkia erabiliz, ereintzak eta sahats-aldaxkak landatzea, ebaketarekiko erresistentzia eta ur hipodermikoen ponpaketa areagotzeko.

GAUZATUTAKO BIOINGENIARITZAKO TEKNIKAK

Egonkortze-teknika mistoak:

Loricata egur-horma ezpondaren oinean.

72. irudia. Loricata egitura muntatzen. Iturria: R. Etxebarria, Arrigorriagako bidegorria. BFA

Figure 72 consists of three photographs showing the construction of the Loricata slope reinforcement structure. The first photo shows the structure being built on a slope. The second photo shows the structure being built on a slope. The third photo shows the structure being built on a slope.

94

95

Loricata egur-horma horma ainguratu bat da: altzairuzko egitura bat du, zimendu-plaka bati lotua, zurezko enborren euskarri. Horrela, bistako aurpegi bat sortzen da, eta, han, ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie autoktonoen aldaxkak txertatzen dira.



73. irudia. Loricatak, jarri eta sei hilabetera. Iturria: R. Etxebarria. Arrigorriagako bidegorria. BFA

Egur-horma bakuna, lotura egin eta ezpondari jarraipena emateko. Elementu horrek lehendik zegoen harri-lubetaren eta Loricata egituraren arteko eremua indartzen du.



74. irudia. Lehendik zegoen harri-lubeta, trantsizioko egur-horma bakuna eta Loricata egur-horma. Iturria: R. Etxebarria. Arrigorriagako bidegorria. BFA

75. irudia. Obran erabilitako materialak eta makineria. Iturria: REG

LANAK GAUZATZEARI BURUZKO IRUZKINAK

Teknika aukeratzean, erabakigarria izan zen bidegorriaren zoruan kalterik eragitea ekidin beharra, slurry irristagaitza baitu, asfalto-geruza konbentzionalek baino erresistentzia txikiagokoa. Hautatutako teknikak modua eman behar zuen lurren bultzada jasan ahal izateko eta, horretaz gain, egituren garraioak arina izan behar zuen, eta erabili beharreko indusketa-makineriak ere bai. Gainera, kontuan hartu zen jasangarritasun-irizpidea, gauzatzen ari zen atazatik kanpo soberakinik ez ateratzea, eta horrek esan nahi zuen induskatu beharreko bolumenen kubikazioak bat etorri behar zuela egur-hormarako beharko zen betegarriekin, egituraren posizionamenduaren arabera.

Egiturretan erabilitako aldaxka guztiak obraren inguruetan lortu ziren; geldialdi begetatiboan zeuden, lanak azaroan egin baitziren.

Obra bost egunean egin zen, eta bidegorriko errei bat moztu behar izan zen, segurtasunagatik. Bidegorrian kalterik ez eragitearren estali egin behar izan zen, egiturak eta enborrak eskuz eraman ziren, eta lanak motelago gauzatzea eragin zuen horrek.

5.2 INGENIARITZA ZIBIL KLASIKOAREN ETA NATUR BIOINGENIARITZAREN ARTEKO KONPARAZIOA

Hona hemen Natur Bioingeniaritzako jarduketa posibleen eta Ingeniaritza Zibileko tekniken arteko konparazioa.

7. taula. Ingeniaritza zibila eta bioingeniaritza konparatzeko taula. Iturria: P. Cornolini (P.Sangallik eta G. Tardiok aldatua)

Haustura-mekanismoa edo akzio ezegonkortzailea	Ingeniaritza zibileko teknika tradizionalen bidezko jarduketak	Natur Bioingeniaritzako tekniken bidezko jarduketak	Beste jarduketa batzuk
Mendigunearen kolapsoa	Ainguratzeak, tirantez finkatzea, pantaila dinamikoak, luizi-galeriak	Alanbre-sarea geozuntzarekin eta landaretuta, lur armatuzko horma landatuak	Mazela erregularizatzea (harritzar ezegonkorrak kentzea), ezpondak berriz profilatzea
Harritzarrak erortzea iraulketaz (toppling)	Ainguratzeak, tirantez finkatzea, euste-hormak	Irristatutako materialak eta lurzoruak tratatzea eta landaretzea	Haitz-mendigunea berriz profilatzea (aldatzea)
Irristatze traslazonala		Drainatze-sistema bat, naturan oinarritutako konponbideen (NOK) erakoa	Drainatzeko lubaki edo areka sakonak monitorizazio-sistemadunak (inklinometroa eta piezometroa)
Irristatze errotazionala	Euste-hormak, tirantez finkatzea (nailing), mikropiloteak	Egur-horma bizia, harri-lubeta landatua, higaduraren kontrola, mazela lur armatuarekin berreskuratzea, tratatutako mazela landaretzea	Mazelaren malda aldatzea
Koladak	Euste-hormak	Egur-horma bakuna, mazelan konpartimentuak sortzea luzetarako eta zeharkako zuresiekin, landaretzea, belarkaraz edo lur-estalkiz lurrazala babestea	
Irristatze lokalak	Harri-lubetak	Higaduraren aurkako efektua duten zuntz naturaleko materialak eta geosintetikoak, egur-horma bakunak, egur-hesi bizia, mazelan konpartimentuak sortzea aldaxkak edo kordoia jarriz, landaretzea eta belarkaraz edo lur-estalkiz lurrazala	
Masa-mugimenduak errekaetoetan	Hormigoizko zeharkako dikeak	Zurezko eta harrizko dikeak	Laminaziorako konpartimentuak eta uholde-eremuak birnaturalizatzea, sedimentuak geldiarazteko kable-hesiak
Higadura mendi-mazeletan	Egonkortze-hormak	Egur-hesi bizia, egur-horma bizia (horma bakunekoa edo bikoitzekoa, Latina, Aquila edo Loricata)	Lur armatua metalezko panelekin, manta organiko edo geosintetikoarekin eta landaretua
Higadura ibaiertzetan	Horma zutik, hormigoizko defentsak, gabioiak	Babes landaretuak, harri-lubeta, estaltze-teknikak, landaretzeak, egur-horma biziak	Ibilguaren hidromorfologiarekin, ibaiertzen babesarekin, ibilgua birnaturalizatzearekin eta paisaia-integrazioarekin lotutako jarduketak



6. NATUR BIOINGENIARITZAKO PROIEKTUAK

Proiektu batek Natur Bioingeniaritzako teknikak badarabiltza, diziplina anitzekoa izango da, horixe du ezaugarri. Zenbait espezialistak esku hartu beharko dute, eta eremuaren analisia egin beharko da

6.1 BIOINGENIARITZA PROIEKTATZEKO AURRETIKO ANALISIA

Proiektu batek Natur Bioingeniaritzako teknikak badarabiltza, diziplina anitzekoa izango da, horixe du ezaugarri. Zenbait espezialistak esku hartu beharko dute, eta eremuaren analisia egin beharko da.

Aurretiko analisia egiteko, atal honetan deskribatutako eremu bakoitzeko informazioa eduki behar da: klimatikoa, ekosistemari buruzkoa, edafikoa, legediari buruzkoa, morfologikoa, topografikoa eta lurzorua erabilerei eta jarduera ekonomikoei buruzkoa. Natur Bioingeniaritzako obrak behar bezala egiteko kontsultatu behar diren alderdien zerrenda nahiko zehatza da hori. Proiektuaren ardura duen teknikariak kasu zehatz bakoitzerako zerrenda hori zehaztu beharko du eta jarduketa-eremuan egindako azterlan eta aurrekari guztien berri jakin beharko du.

Jarraian, bioingeniaritzako proiektuak garatzeko kontuan hartu beharreko elementu nagusiak zerrendatuko ditugu.

8. taula. Ingeniaritza klasikoan analizatzen diren arloak eta bioingeniaritzako arlo espezifikoak

INGENIARITZA ZIBIL “KLASIKOA”: ANALIZATZEKO EREMUAK	NATUR BIOINGENIARITZA: ANALIZATZEKO EREMU “ESPEZIFIKOAK”
- LITOLOGIA - GEOMORFOLOGIA - GEOMEKANIKA - EGONKORTASUNAREN ANALISIA - TOPOGRAFIA - HIDRAULIKOA (bide nabigagarriak) - HIDROLOGIA - MATERIALEN TEKNOLOGIA	- EDAFOLOGIA - MIKROKLIMA - BOTANIKA, LANDARE-EKOLOGIA - LANDARE-ESPEZIEEN PROPIETATE BIOTEKNIKOAK - TOKIKO BASA-FAUNAREKIN INTERFERENTZIA (obrak kalte egin diezaiekeen zer animalia, abere edo basa-fauna dauden) - INTERFERENTZIA GIZA JARDUERA ETA EGITUREKIN (landareei eragin diezaieketenak) - KUTSATZAILEEN PRESENTZIA (lurzoruan, uretan eta airean, landarediari eragin diezaieketenak)

Informazio horretatik asko ingeniaritza zibileko proiektuen analisiari dagokio, eta horri Natur Bioingeniaritzako beste analisi espezifiko batzuk gehitzen zaizkio.

6.1.1 Informazio klimatikoa

Ezaugarri makroklimatikoak eta mikroklimatikoak hartu behar dira kontuan, mikroklima baloratzeko hainbat parametro gogoan izanda. Mikroklima baloratzeko, parametro hauek izan daitezke kontuan hartzekoak:

- Batez besteko plubiometria, urte barruko eta urte arteko banaketa eta aldakortasuna, euriaren intentsitate maximoa orduko. Lehorraldien eta prezipitazio handiko aldien iraupena, muturreko fenomeno klimatikoen arriskua.
- Airearen hezetasun erlatiboa eta lainoa gertatzeko probabilitatea.
- Tenperaturak: batezbestekoak, maximoak eta minimoak. Izotzaldien iraupena urtean zehar.
- Haizea: norabidea, indarra eta iraunkortasuna.
- Eguzki-erradiazioa.

- Kokapena eta zona klimatikoa: kontinentaltasuna, itsasorainoko distantzia, altitua, esposizioa.

6.1.2 Informazio geologikoa

Egonkortasunaren analisia egin behar da, geometriari, lurzoruko parametro erresistenteei eta uraren presentziari eta presioari buruz. Eta, gainera, prozesu aktibo naturalak baloratu behar dira, hala nola higadura, luiziak, irristatzeak eta solifluxioa.

Higadura-arriskua baloratzeko, parametro hauek izan daitezke kontuan hartzekoak:

- Ezpondaren edo mazelaren altuera, azalera eta orientazioa.
- Ezpondaren inklinazioa.
- Lurzoruko partikulen neurria.
- Lurzoruaren marruskadura-angelua eta lurzorua eta ekarritako materialen artekoa.
- Lurzoruaren kohesioa, lurzorua zati bat irristatzeko arriskua.
- Uraren presentziaren adierazleak, maila freatikoa posizioa.
- Elementu kaltegarrien edo erasokorren presentzia.
- Erresistentziarekin eta konprimagarritasunarekin lotutako propietate geomekanikoak.

Lurzoruetako ezponden egonkortasuna aztertze, parametro eta ezaugarri geotekniko hauek izan daitezke kontuan hartzekoak:

- Kalkulatzeko metodoak: arrunta (Fellenius), Bishop, Janbu, muga-orekaren metodo orokorra, etab.
- Geometria eta estratigrafia: lurzoru-mota askotarikoak, partzialki urperatuak, lodiera aldakorrek, geruza etenak, geruza zeharkaezinak, trakzio-arrakala lehorrak eta aseak.
- Irristatze-azalera: zirkularra, konposatua, haustura osoa, blokeka.
- Presio hidrostatikoa.
- Lurzoruen propietateak: tentsio osoak eta efektiboak, ebaketarekiko erresistentzia, material zeharkaezinak (ohe harritsuak), haustura-irizpide bilinealak, sakonerarekiko kohesioaren gehikuntzak, ebaketa anisotropoarekiko erresistentzia, haustura-irizpide espezifikoak.
- Kargak: betegarriak, buloiak, ainguratze-elementuak, ezpondaren oineko karga-bermak, karga sismikoak.

6.1.3 Informazio edafikoa

Lurzoruaren ezaugarriei dagokienez, iragazkortasuna eta lurzorua nahiz erliebearen eraldaketa-maila baloratu behar dira. Lurzorua baloratzeko, parametro hauek izan daitezke kontuan hartzekoak:

- Lurzoru-geruzaren lodiera.
- Testura eta egitura.
- Lurzoruaren erreakzioak (pH-aren balioa).
- Lurzoruaren hezetasun-maila.
- Mantenugai-, karbonato- eta materia organikoaren edukia.
- Metal astunen eta substantzia toxikoen edukia.

Aurretiko analisia egiteko, atal honetan deskribatutako eremu bakoitzeko informazioa eduki behar da: klimatikoa, ekosistemari buruzkoa, edafikoa, legediari buruzkoa, morfologikoa, topografikoa eta lurzorua erabilerei eta jarduera ekonomikoei buruzkoa

Ekosistemen egituraren eta funtzionamenduaren analisi xehea egin behar da, funtsezko parametroak kontuan hartuta, hala nola aztergai den eremuan dauden landaredia eta fauna

- Lurzoruaren iragazkortasuna eta ura atxikitze ahalmena.
- Mikrofauna eta mikroflora.
- Lurzoruaren antolaketa eta konposizio estratigrafikoa.
- Gatz-edo kare-zarakarren presentzia, harri-proportzioa eta higagarritasuna.

6.1.4 Mendi-mazelaren hidrologia

Azterketa hidrologikoa egin behar da, trazatua ukitzen duen arroko zenbait errepikatze-denboratako uraldi-emariak zehazteko. Kalkulu hori egiteko, metodo arrazionala erabiltzen da, zeinak ezartzen baitu zenbat isurketa-ur sortzen den arro jakin batean, denboran prezipitazio-intentsitate uniforme izanda, azalera osoan.

Metodologia honako hau da:

- Esku hartu behar den mazeleko arro drainatzailea zedarritu.
- Arro drainatzailearen morfologia deskribatu, eta haren azalera, luzera maximoa eta malda zehaztu.
- Isurketa-uren koefizienteak zehaztu, airetiko argazkien bidez identifikatutako lurzorua erabileretan oinarrituta.
- Errepikatze-denbora bakoitzeko emari maximoak kalkulatu, Temezen kontzentrazio-denbora erabiliz.
- Euriari buruzko datuak errepideei buruzko Espainiako Instrukzioko 5.1 arauko koefizienteetatik eta metodologiatik hartu behar dira.

Aplikatu beharreko ekuazioa hau da:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Non:

Q: emari maximoa [m³/s]

C: isurketa-uren koefizientea; landa- eta hiri-arroetarako balio batzuk aurkituko dituzu

I: diseinuko euriaren intentsitatea; iraupena arroko kontzentrazio-denbora da, eta maiztasuna, berriz, diseinurako aukeratutako errepikatze-denbora [mm/h]

A: arroaren azalera [Ha]

6.1.5 Informazio topografikoa

Analisi topografikoan lurzorua malda eta garapena aztertu behar dira, eta azalera erreala zehaztu.

6.1.6 Ekosistemari buruzko informazioa eta analisi botanikoa

Ekosistemen egituraren eta funtzionamenduaren analisi xehea egin behar da, funtsezko parametroak kontuan hartuta, hala nola aztergai den eremuan dauden landaredia eta fauna.

Analisi botanikoa ere egin behar da. Analisi botanikoaren helburua da zehaztea abiapuntuko zer egoeratan dagoen esku hartu beharreko lekua, zein den landaredi potentziala, eta flora-inbentarioan egokienak diren espezie autoktonoak indibidualizatzea, zuhaitz-, zuhaixka- eta belar-geruzetan zer taxon dauden zehaztuta.

Landaredia baloratzeko, parametro botaniko hauek izan daitezke kontuan hartzekoak:

- Esku hartu beharreko eremuaren analisi fitosoziologikoa (Braun-Blanquet metodoaren bidez karakterizatzen da jardungo den lekuko egungo landaredia eta egon daitekeena).
- Espezie autoktonorik egokien zehaztapena, kondizio edafoklimatikoaren eta inguruetan duten presentziaren edo eskuragarritasunaren arabera.
- Espeziearen ezaugarri bioteknikoak: garapen begetatiborako gaitasuna, lurra kontsolidatzeko gaitasuna (sustrai-mota: ardatz-formakoa edo faszikulatua), malgutasuna, trakzioaren aurkako erresistentzia, ugalketa begetatiboaren arrakasta, etab.

Aldagai hauek ere kontuan hartu behar dira:

- Espezieen ezaugarri eko-fisiologikoa: tolerantzia lehortearekiko, istiltzearekiko, gazitasun-baldintza edafikoekiko, karearen presentziarekiko eta azidotasunarekiko, hazkunde-abiadura, etab.
- Ugaltzeko, birlandatzeko eta kolonizatzearen erraztasuna.
- Erregaitasuna eta sukoitasuna.
- Estrategia ekologikoa: espezie arteko lehia kokatze- eta kolonizazio-aldian, birkolonizazio-estrategia mota.

6.1.7 Bestelako informazioa

Bada garrantzi handiko bestelako informazioa ere, kontuan hartu beharrekoa:

- **Legeak.** Estatuko Administrazio Orokorrenak, autonomia-erkidegoenak eta toki-erakundeak (eragina dutenak).
- **Paisaia.** Inguruko paisaiaren analisia.
- **Lurzoruaren erabilerak eta jarduera ekonomikoak.** Nekazaritza-, abeltzaintza- eta basogintza-erabilerak, jolas- eta aisialdi-erabilerak, ibaiertzeko mozketak, legar-hobiak, azpiegiturak, obra hidraulikoak.
- **Biztanle-dentsitatea eta bilakaera** azken hamarkadetan.
- **Hiri-antolamenduko planak** (aztergai den tarteari eragiten diotenak).
- **Beste alderdi batzuk**, baloratu beharrekoak (historikoak, kulturalak, ekologikoak, etab).

6.2 BIOINGENIARITZARI APLIKATUTAKO GEOTEKNIA

6.2.1 Sarrera

Bioingeniaritzako obrek mazelei eusteko eta egonkortzeko funtzioak bete ditzakete. Gainera, garrantzitsua da nabarmentzea landareen sustrai-sistemek horretan garrantzi erabakigarria dutela, lurzoru indartzen dutelako, eta haren ebaketarekiko erresistentzia handitzen. Horregatik, beharrezkoa da horrelako esku-hartzeetan aplikatzekoak diren lurzorua mekanikaren funtsezko alderdiak ondo ezagutzea. Zehazki, lurren bultzadaren kontzeptua, ezponden egonkortasunaren analisiarena eta lurzorua ebaketarekiko erresistentziarena.

Beharrezkoa da horrelako esku-hartzeetan aplikatzekoak diren lurzorua mekanikaren funtsezko alderdiak ondo ezagutzea. Zehazki, lurren bultzadaren kontzeptua, ezponden egonkortasunaren analisiarena eta lurzorua ebaketarekiko erresistentzia

Kasu gehienetan, lurren bultzada da mendi-mazelak ezegonkortzea eragiten duen indar nagusia. Beraz, indar eta presio horiexek dira euste-egituren kalkulurako zehaztu beharreko lehenak

Datozen atalotan oinarritzko zenbait kontzeptu ez ditugu sartu; esate baterako, lurzorua asetun-maila, pisu espezifiko naturala, pisu espezifiko lehorra, asetun-egoerako pisu espezifikoa, tentsio osoa eta tentsio efektiboa. Irakurleari gomendatzen diogu, kontzeptu horiekin lotutako edozein zantza argitu nahiko balu, lurzorua mekanikari buruzko oinarritzko edozein eskuliburu irakur dezala. Beste zenbait kontzeptu ere ez ditugu sartu kapitulu honetan, hala nola kondizio drainatuetako analisia, kondizio ez-drainatuetakoa, eta ebaketarekiko erresistentzia neurtzeko test-motak.

6.2.2 Lurren bultzada

Kasu gehienetan, lurren bultzada da mendi-mazelak ezegonkortzea eragiten duen indar nagusia. Beraz, indar eta presio horiexek dira euste-egituren kalkulurako zehaztu beharreko lehenak.

Lurren bultzada kalkulatzeko, Coulomben teoria edo Rankineren teoria erabil daitezke. Oro har, egur-hormen eta kaiola-hormen kasuan, Coulomben teoria erabiltzen da gehien. Izan ere, Rankineren teoriak ez du kontuan hartzen hormaren eta egituraren arteko marruskadura, eta, beraz, egur-hormen kasuan, metodo hori ez da hain errealista, batetik, eta egiazkoak baino bultzada-balio handiagoak ematen ditu, bestetik.

Euste-egitura orok indar puntualen kargak, gainkarga banatuak (uniformeki edo ez) eta trasdoseko lurzorua nahiz uraren presioa jasaten ditu. Aldagai horiek 76. irudian ageri dira.

Lurren presio horizontala formula honen bidez kalkulatzen da:

$$s_H(z) = K_a \cdot s_V(z) = K_a \cdot z \cdot g$$

Eq.1

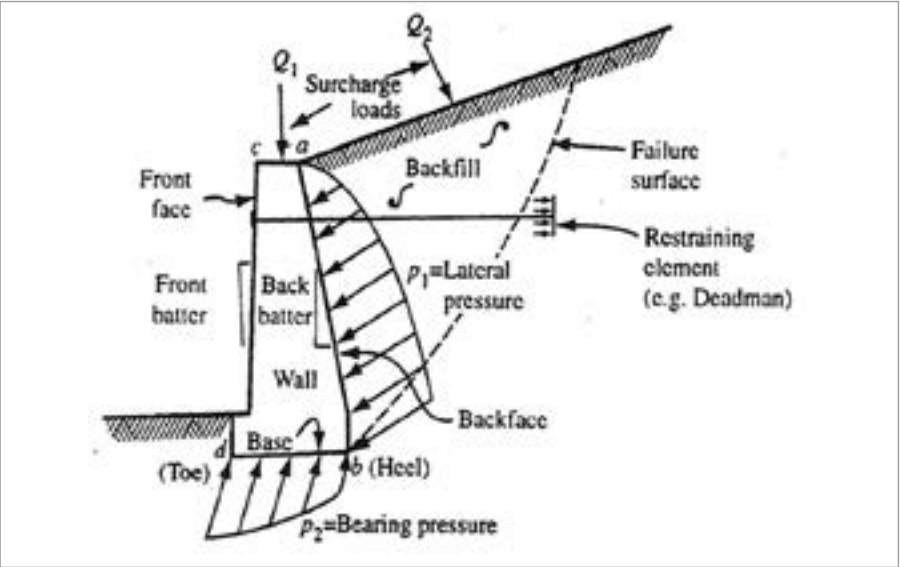
Non:

- $\sigma_H(z)$ = lurraren presio horizontala z sakoneran (kN/m²)
- K_a = bultzada-koefizientea (aktiboa, geldiuonekoa edo pasiboa) (adimentsionala)
- $\sigma_V(z)$ = lurraren presio bertikala z sakoneran (kN/m²)
- z = sakonera (m)
- γ = lurraren pisu espezifikoa (kN/m³)

Lurzoruen mekanikaren teoriaren arabera, lurren hiru presio-mota defini daitezke:

1. **Geldiuneko presioa:** euste-egituraren alboko deformaziorik ez dagoeneko alboko presioa. Hori gertatzen da txarrantxatzeko edo ainguratzeko elementuak daudela eta euste-egitura mugitu ezinik dagoenean (adibidez, sotoko hormetan, pantaila eskoratuetan, trasdosean ainguratze-elementuak dituzten hormetan, etab.). Geldiuneko bultzada-koefizientetik abiatuta kalkulatzen da.

2. **Presio aktiboa:** horma deformatzean lurretatik aldentzen denean —eta, beraz, lurrak deskonprimatutakoan— sortzen den alboko bultzada. Geldiuneko balioa baino txikiagoa izaten da. Bultzada aktiboaren koefizientetik abiatuta kalkulatzen da.



76. irudia. Euste-egitura baten indarren eskema. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

3. **Presio pasiboa:** horma betelanerantz mugitzen denean sortzen den alboko presioa. Geldiuneko baino bultzada handiagoak sorrazten dira (horma egoera aktiboarekiko alderantzizko noranzkoan mugitzen da). Bultzada pasiboaren koefizientetik abiatuta kalkulatzen da.

Hormaren trasdoseko bultzada kalkulatzeko, normalean bultzada aktiboaren koefizientea erabiltzen da. Hormaren intradoseko bultzadetarako, bultzada pasiboaren koefizientea erabiliko da.

Bultzatze-koefizienteen balioa zenbait faktoreren arabera izango da: lurzorua ebaketarekiko erresistentzia (barne-marruskaduraren angeluaren eta kohesioaren funtzioa), betelanaren geometria, hormaren trasdosaren geometria, eta trasdosaren eta betelaneko materialaren (edo lurzorua) arteko marruskadura. Bultzada aktiboaren egoera gertatzeko behar den desplazamendua nahiko txikia da, eta bultzada pasiboa gertatzeko behar den desplazamendua, berriz, bultzada aktiboari dagokiona baino hamarren bat aldiz handiagoa.

Lehen hurbilketa baterako, Rankineren teoria erabil daiteke. Haren arabera, betelana horizontala denean, bultzada aktiboaren eta pasiboaren koefizienteak adierazpen hauen arabera dira, lurzoru pikortsuetarako (hareatsuak) eta kohesiboetarako:

Lurzorua	Bultzada aktiboaren eta pasiboaren koefizienteen formulak
Lurzorua pikortsua	$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2})$ Eq. 2 $K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$ Eq. 3
Lurzorua kohesiboa	$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) - \frac{2c}{\sigma_v} \cdot \tan(45 - \frac{\phi}{2})$ Eq. 4 $K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) - \frac{2c}{\sigma_v} \cdot \tan(45 + \frac{\phi}{2})$ Eq. 5

- Non:
- ϕ = betelanaren edo lurzorua barne-marruskaduraren angelua (°)
 - c = lurzorua kohesioa (kN/m²)
 - σ_v = lurraren presio bertikala z sakoneran (kN/m²)

Hormaren trasdoseko bultzada kalkulatzeko, normalean bultzada aktiboaren koefizientea erabiltzen da. Hormaren intradoseko bultzadetarako, bultzada pasiboaren koefizientea erabiliko da

Egur-hormen kasuan, trasdosen inklinazioa mugatua dago, gehiegizko inklinazioak asko mugatuko bailuke egur-hormaren ahalmena lurren bultzadak bere oinarria transmititzeko

Aurreko taulan, kohesioak eragindako bultzada-murrizketaren efektua kentzailean adierazita dago.

Horren arabera, z sakonerako presio aktiboa honek adierazten du:

$$p_a(z) = K_a \cdot \gamma \cdot z \quad \text{Eq. 6}$$
$$p_a(z) = K_a \cdot \gamma \cdot z - 2c \cdot \sqrt{K_a} \quad \text{Eq. 7}$$

Coulomben teoriaren arabera, bultzada aktiboaren koefizientea adierazpen honen arabera kalkulatzen da, kasu orokorrerako (ezpondak inklinazioa du, hormaren trasdosak inklinazioa du, eta trasdosaren eta betelanaren artean marruskadura dago):

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\sin(\phi - \beta) \cdot \sin(\phi + \delta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)} \right)^{0.5} \right]^2} \quad \text{Eq. 8}$$

Non:

δ = lurzorua eta hormaren arteko marruskadura-angelua; lurzorua barne-marruskaduraren angeluaren ia berdina da ($\delta=0,8$ o $0,9$ *barne-marruskaduraren angelua).

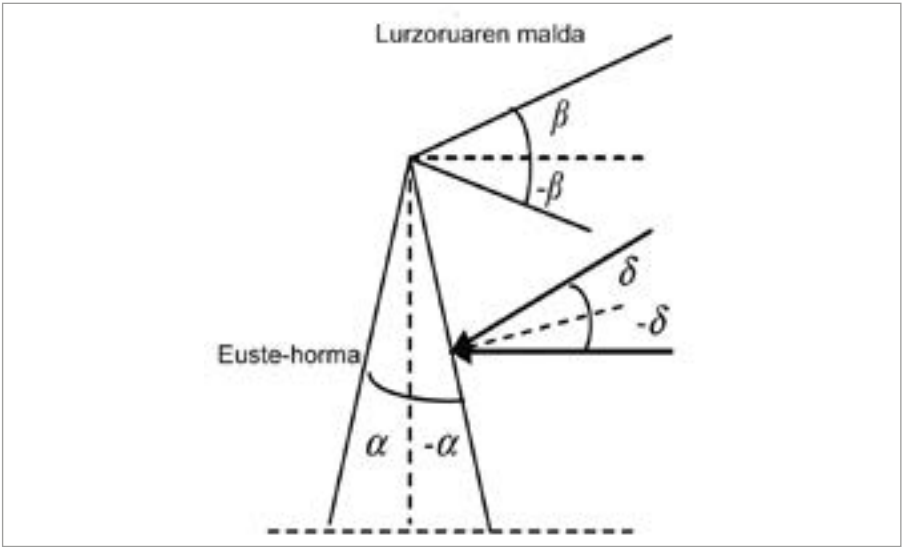
ϕ = lurzorua barne-marruskaduraren angelua

α = hormaren trasdosaren inklinazioa

β = trasdosaren ezpondaren inklinazioa

Angeluak eta horien ikurrak irudi honetan ikus daitezke:

77. irudia. Bultzada aktiboaren koefizientearen formularen erabiltzen diren ikurrak (hemendik moldatua: Acharya, 2018)



Egur-hormen kasuan, trasdosen inklinazioa mugatua dago, gehiegizko inklinazioak asko mugatuko bailuke egur-hormaren ahalmena lurren bultzadak bere oinarria transmititzeko. Bestalde, gutxieneko inklinazio bat beharrezkoa da, obran erabilitako material bizia landatu eta garatu ahal izan dadin. Hori guztia dela-eta, egur-hormaren inklinazioa (aurreko irudiko α angelua) 10° - 35° bitartekoa izaten da (1H:5V-tik 1H:1,5V-ra).

Hori kontuan izanda, bultzada aktiboa (P_a) adierazpen honetatik abiatuta kalkula daiteke:

$$P_a = K_a \cdot \gamma \cdot \left(\frac{q \cdot H}{\gamma} + \frac{H^2}{2} \right) \quad \text{Eq. 9}$$

Non: K_a bultzada aktiboaren koefizientea den, H hormaren altuera, eta q gainkargen balioa. Formula horretan, gainkarga uniformeki banatu baten presentzia gehitu da, fikziozko altuera gisa, honela kalkulatua $z' = q/\gamma$.

Lurzorua presioak eta bultzadak kalkulatzean, kasu bakoitzaren kasuistika guztia sartu behar da; hau da, sartu beharrezkoak gerta daitezke uraren bultzada hidrostatikoa, eremuaren eragin sismikoa, urpeko mazelen kasuan asetasun-egoerako pisu espezifikoa erabilera, etab. Ondoriozko lurren bultzadaren aplikazio-puntua ere kasuistika horiek kontuan hartuta zehaztu behar da.

Maila freatikoa baldin badago, maila horretatik gorako eremuetan pisu espezifikoa naturala erabili behar da. Maila freatikotik behera, aldiz, asetasun-egoerako pisu espezifikoa erabiliko da. Eremu horretan bertan, bultzada osoa kalkulatzeke, uraren bultzada hidrostatikoa gehitu behar da. Hots, maila freatikotik behera (edo lurzoru erabat ase baldin bada), honako adierazpen hau erabiliko da:

$$E_s = \frac{1}{2} \cdot (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot H^2 \cdot K_a + \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \quad \text{Eq. 10}$$

Non H maila freatikotik beherako altuera den (edo hormaren altuera osoa, lurzoru erabat ase bada). Hau da, partikula solidoen presioak nahiz uraren presioa hartu behar dira kontuan.

6.2.3 Ezponden egonkortasunaren analisia. Egonkortasun globalaren egiaztapenak

Lurzorua jasaten dituen tentsioei aurre egiteko gaitasun mekaniko nahikorik ez dutelako erortzen dira ezpondak.

Beraz, era horretako analisia egiteko, informazio hau behar da:

- Ezpondan eragiten duten kargak. Oro har, ezegonkortasuna eragiten duen indar nagusia ezpondaren beraren pisua da.
- Karga horiek ezpondaren barne-tentsio bihurtzeko metodoak.

Maila freatikoa baldin badago, maila horretatik gorako eremuetan pisu espezifikoa naturala erabili behar da. Maila freatikotik behera, aldiz, asetasun-egoerako pisu espezifikoa erabiliko da

Ezpondan eragiten ari diren kargak barne-tentsio bihurtzeko, geotekniaren eremuan garatzen diren portaera-ereduak erabiltzen dira. Ingeniaritza geologikoan gehien erabiltzen den ereduetako bat Mohr-Coulomben portaera-legea da

- Ezpondaren erantzuna barne-tentsio horiekiko.
- Lurzoruaren erresistentzia-parametroak (mendi-mazelan dauden lurzoruen erresistentzia mekanikoa).

Ezpondan eragiten ari diren kargak barne-tentsio bihurtzeko, geotekniaren eremuan garatzen diren portaera-ereduak erabiltzen dira. Ingeniaritza geologikoan gehien erabiltzen den ereduetako bat Mohr-Coulomben portaera-legea da, eta honela adierazten da:

$$\tau = c + \sigma \cdot \operatorname{tg}(\phi) \quad \text{Eq. 11}$$

Non:

τ = tentsio tangenziala (ebakitzaila) (kN/m²)

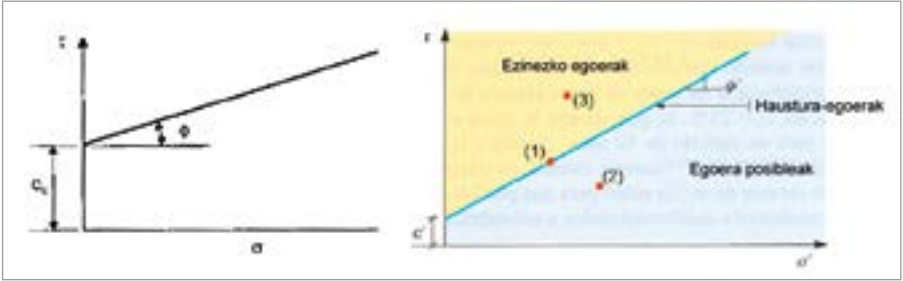
c = lurzoruaren kohesioa (sustrairik gabe) (kN/m²)

σ = presio bertikala (kN/m²)

ϕ = lurzoruaren barne-marruskaduraren angelua (°)

Formula horretan, kohesioa eta barne-marruskaduraren angelua lurzoruaren erresistentzia-parametroak dira. Hau da, aldagai horiek lurzoruaren erresistentzia mekanikoa adierazten dute. τ eta σ , berriz, barne-tentsioak dira.

Aurreko ekuazioaren irudikapen grafikoa eginda (abzisa-ardatzean tentsio normalak adierazita, eta ordenatu-ardatzean tentsio tangenzialak), zuzen hau lortzen da:



78. irudia. Ezkerreko irudian, Mohr-Coulomben portaera-legea dago irudikatuta. Eskuineko irudian, tentsio-egoera posibleak eta ezpondan haustura edo hutsegitea ekarriko luketenak ageri dira

Erresistentzia-zuzenetik gora dagoen barne-tentsioko egoera oro ezinezkotzat jotzen da; hau da, ezpondaren hutsegitea edo kolapsoa ekarriko luketen egoera ezegonkorak dira.

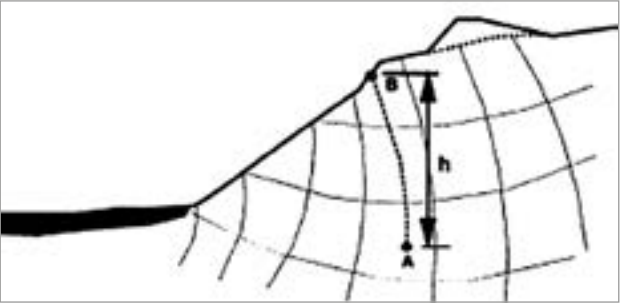
Ezponden erresistentzian eragin handia duen parametro bat zirrikituetoako presioa da (lurzoruko poroen barruan dagoen uraren presioa). Uraren presioa Mohr-Coulomben legean txertatuta, Terzaghiaren ekuazio ezaguna daukagu. Hona hemen ekuazio horren adierazpena:

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \operatorname{tg}(\phi) \quad \text{Eq. 12}$$

Non:

u = zirrikituetoako presioa (kN/m²)

Ikus daitekeen bezala, zirrikituetoako presioak lurzoruaren erresistentzia nabarmen murrizten du. Horregatik da oso garrantzitsua mazelen eta ezponden diseinuan eta egonkortze-lanetan drainatze-sistema onak jartzea. Kasurik errazenetan, zirrikituetoako presioa presio estatikoa bezala kalkula daiteke, uraren pisu espezifikotik eta aztergai den punturainoko sakoneratik abiatuta. Horretarako, oso baliagarria da ezpondaren barruko uraren fluxu-sarea marraztea (sarearen korrante-lerroak eta lerro ekipotentzialak jarrita).



79. irudia. Puntu bateko zirrikituetoako presioa kalkulatzeko erabili beharreko sakonera. Adibidean, A puntukoa

Zirrikituetoako presioaren balioa honela kalkulatzen da:

$$P_{\text{ZIRRIKITUAK}} = h \cdot \gamma_w \quad \text{Eq. 13}$$

Non:

h = aztertutako punturainoko sakonera, fluxu-saretik lortua

γ_w = uraren pisu espezifikoa (kN/m³)

Fluxu-sarea lortzerik ez badago, zuzenean maila freatikoarekiko lortutako sakonera erabil daiteke, baina kasu horretan benetan dagokion baino zirrikituetoako presioaren balio handiagoa erabiltzen ariko gara.

Egonkortasun globalaren egiaztapena lurzorua-horma osotasunaren egonkortasuna aztertzean datza. Horretarako, muga-orekaren metodoak erabili ohi dira, zeinetan lurzorua ezegonkortzen duten indarrak eta lurzoruaren ebaketarako erresistentzia konparatzen diren, irristatze-gainazal bakoitzerako. Egiaztapen hori kanpo-egonkortasunaren egiaztapenak egin ostean egiten da, eta, beraz, egur-horma iraulketari eta irristatze-ari dagokienez egonkorra dela jotzen da. Metodo horiek dira praktikan erabilienak, erraz aplikatzekoak direlako eta, hamarkada luzez ereduak konparatzen eta aztertzen jardun ondoren, lortzen den egonkortasun-koefizientearen balioak benetako balioaren edo balio zehatzaren hurbilketa onak ematen dituelako.

Muga-orekaren metodoak dio lurzoruaren haustura lerro baten bidez gertatzen dela; haustura-gainazala irudikatzen duen lerroaren bidez, hain

Egonkortasun globalaren egiaztapena lurzorua-horma osotasunaren egonkortasuna aztertzean datza. Horretarako, muga-orekaren metodoak erabili ohi dira, zeinetan lurzorua ezegonkortzen duten indarrak eta lurzoruaren ebaketarako erresistentzia konparatzen diren, irristatze-gainazal bakoitzerako

Ezpondaren edo mazelaren egonkortasuna segurtasun- edo egonkortasun-faktoretik abiatuta adierazten da. Faktore horrek ezpondaren erresistentzia maximoa eta ezpondak jasaten dituen indarrak konparatzen ditu. Balioa bat baino handiagoa bada, mazelaren kondizioak egonkorak direla esan nahi du. Aldiz, egonkortasun-koefizientearen balioa bat baino txikiagoa bada, ezpondaren egoera ezegonkorra da

zuzen. Horrela, interpretatzen da lerro horretatik gorako lurzoru-masa beheko masarekiko desplazatu egiten dela eta, horrela, lurzorua hautsi egiten dela. Haustura gertatzen den unean bertan, irristatze-gainazalean zehar ebaketarekiko erresistentzia mobilizatuta dago, eta lurzorua, bere osotasunean, oreka estatikoan dago.

Ezpondaren edo mazelaren egonkortasuna segurtasun- edo egonkortasun-faktoretik abiatuta adierazten da. Faktore horrek ezpondaren erresistentzia maximoa eta ezpondak jasaten dituen indarrak konparatzen ditu. Balioa bat baino handiagoa bada, mazelaren kondizioak egonkorak direla esan nahi du. Aldiz, egonkortasun-koefizientearen balioa bat baino txikiagoa bada, magalaren egoera ezegonkorra da.

$$SF = \frac{\text{Erresistentzia_maximoa}}{\text{Erresistentzia_mobilizatuta}}$$

Eq. 14

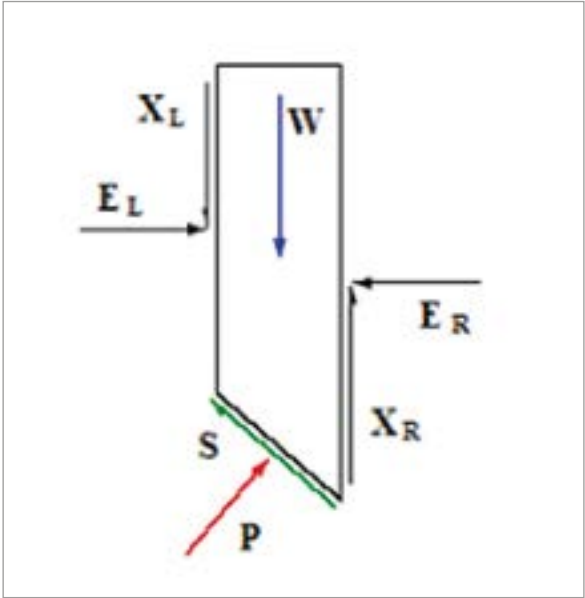
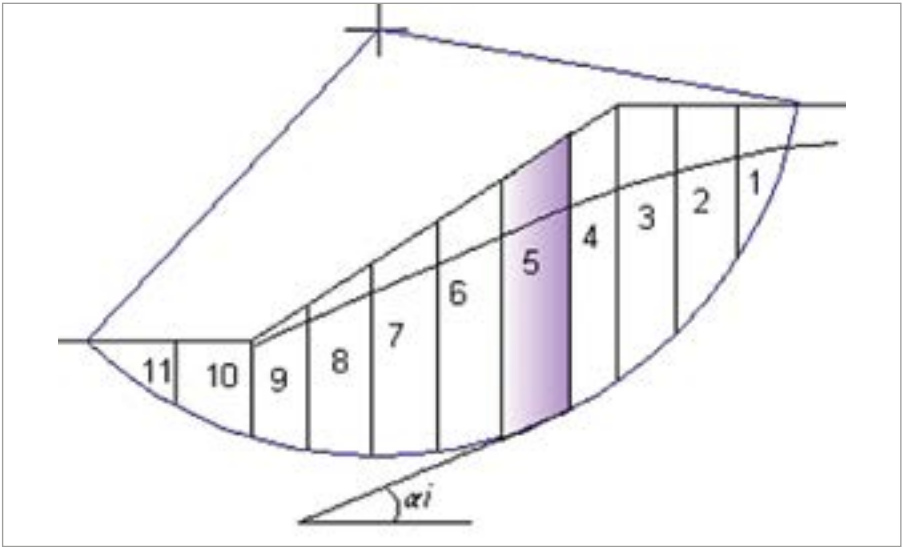
Formula horretan, aztergai den irristatze-gainazalean zehar mobilizatutako erresistentzia ezpondak jasaten dituen eskarien (kanpoko indarren) balioaren berdina da.

Segurtasun-faktorearen balio onargarritzat hartzen da 1,3 aldi baterako egoeretan, eta 1,5 egoera iraunkorretan. Dena den, gerta daiteke egonkortasun-faktorearen balioa minimotzat onartutakoa hori baino handiagoa izatea, ezpona hausteak galera material larriak edo giza osasunerako arriskuak eragin baditzake.

Muga-orekaren metodo berrienetan lurzorua zerrenda edo dobelatan diskretizatzen da eta horietako bakoitzeko indarren eta/edo momentuen oreka aztertzen da. Aurreko kalkulu hori lurzoruaren bolumen osora orokortuta, ezpondaren edo mazelaren egonkortasun-koefizientearen balioa lortu dezakegu.

Dobela edo zerrenda bidezko analisi-metodoak erabiliz, irristatze-gainazalean zeharreko tentsio normalen banaketarekiko hurbilketa hobea lortzen da. Horretaz gain, dobelak erabiltzeak ezpona ez-homogeneoen analisisa errazten du.

80. irudia. Aztergai den lurzoru ezegonkoraren diskretizazioa dobelatan edo zerrendatan



81. irudia. Metodo zehatzetan dobelak bidezko analisisaren sartzen diren indarrak. W kanpoko karga bertikalak dira; EL eta ER dobelen arteko ezkerreko eta eskuineko indar normalak dira; XL eta XR dobelen arteko ezkerreko eta eskuineko indar bertikalak dira; eta S eta P dobelaren oinarriarekiko indar tangentziala eta indar normala dira

Metodo horietan, dobelak bakoitzean indarren eta/edo momentuen oreka aztertzen da. Metodo zehatzetan bi orekak aztertzen dira.

Dobela mailako indarren eta momentuen analisisan indargarrien efektuak ere sartu behar dira (adibidez, ainguratzeko elementuak, buloiak, geosintetikoak, etab.), bai eta sustraiei indartze-efektua ere.

Metodo zehatzetan, bi adierazpen planteatzen dira dobelak bakoitzean egonkortasuna egiaztatzeko. Batak indarren oreka erakusten du, eta besteak, momentuen oreka. Hurrengo formula hauek muga-orekaren metodo orokorreko (MOMO) adierazpenak dira (Fredlund, 1970).

$$SF_{\text{INDARRAK}} = \frac{\sum (c' \cdot \beta \cdot \cos \alpha + (N - u \cdot \beta) \tan \phi \cdot \cos \alpha)}{\sum N \cdot \sin \alpha - \sum D \cdot \cos \theta}$$

Eq. 15

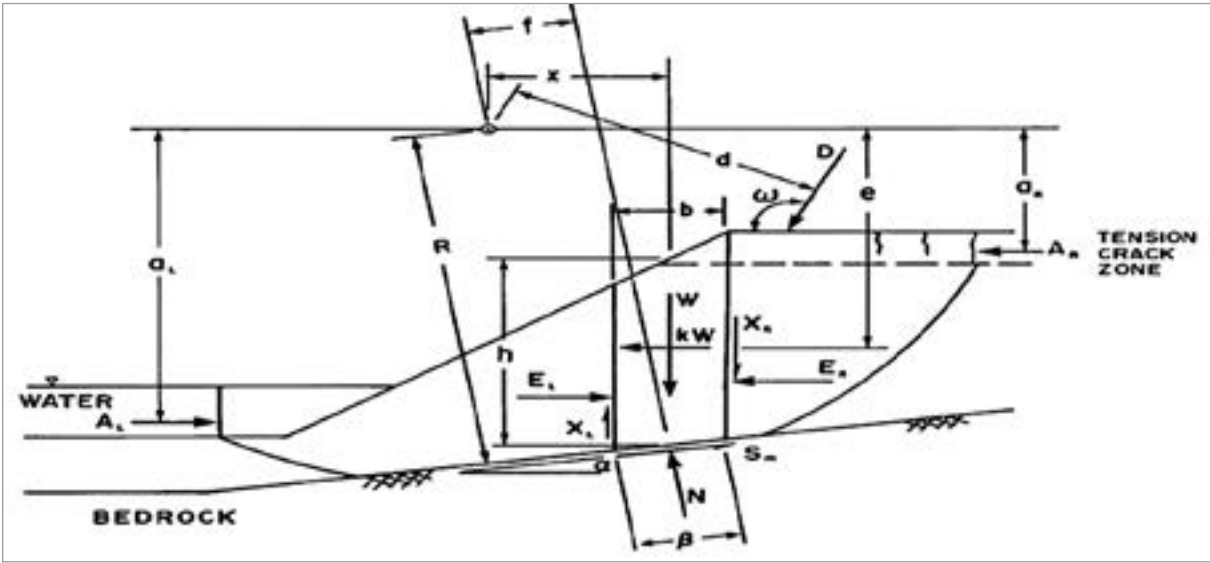
$$SF_{\text{MOMENTUAK}} = \frac{\sum (c' \cdot \beta \cdot R + (N - u \cdot \beta) R \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot x - \sum N \cdot f \pm \sum D \cdot d}$$

Eq. 16

Aldagai bakoitzaren esanahi geometrikoa 82. irudian ikus daiteke (hurrengo orrialdean).

Mendi-mazelaren egonkortasunak ziurtatuta egon behar du bioingeniaritzako obraren zerbitzu-bizitza osoan zehar (ikus FASEEN eskema, 4.2.2 epigrafean). Obraren lehen fasean (1. FASEA), egonkortasuna obran erabilitako elementu inerteen bidez lortuko da (naturalak edo manufakturatutako). Azken fasean (3. FASEA), esku hartutako eremuan garatutako landare-komunitateen indartze hidromekanikoaren efektuak ziurtatuko du egonkortasuna.

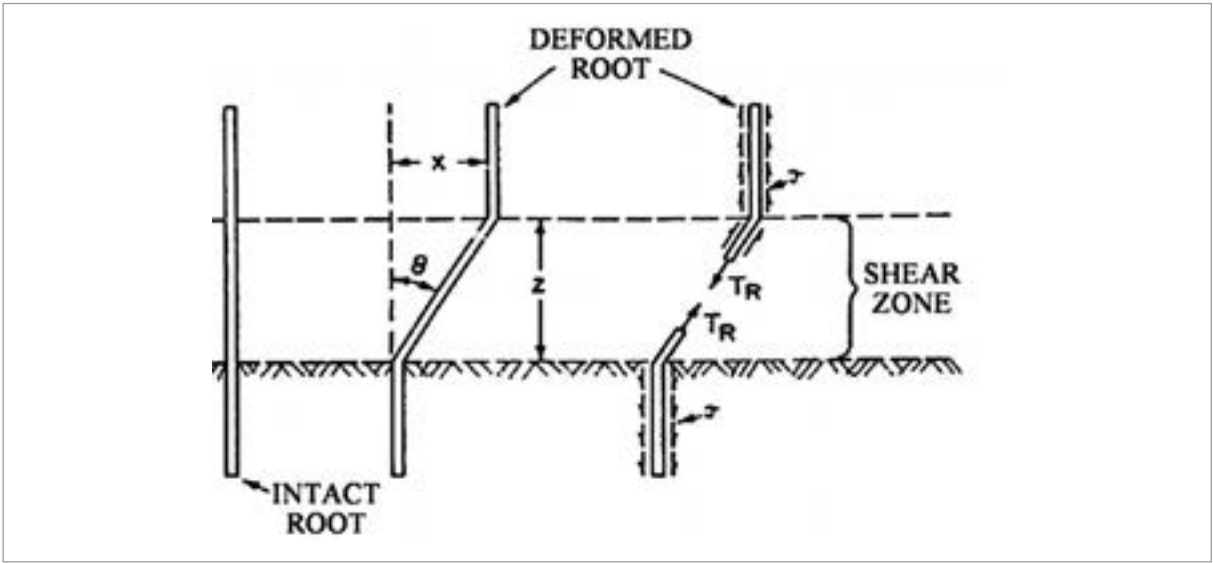
Metodo horietan, dobelak bakoitzean indarren eta/edo momentuen oreka aztertzen da. Metodo zehatzetan bi orekak aztertzen dira. Dobela mailako indarren eta momentuen analisisan indargarrien efektuak ere sartu behar dira (ainguratzeko elementuak, buloiak, geosintetikoak, etab.), bai eta sustraiei indartze-efektua ere



82. irudia. MOMOn erabilitako aldagaien esanahi geometrikoa (hemendik moldatua: Khran, 2004)

Praktikan, egonkortasun-analisia egiteko, berariaz horretarako diseinatutako programak erabiltzen dira. Hainbat programa daude, bai komertzialak (horiek erabiltzeko lizentzia erosi behar da), bai erabilera librekoak, oso konpletoak, ezponden ia mota guztietako egonkortasun-arazoak aztertzeko aukera ematen dutenak. Erabilera libreko programa horietako bat da, adibidez, ssap (slope stability analysis program), Mexikoko San Luis Potosíko Unibertsitate Autonomoko Lorenzo Borselli irakaslea buru duen pertsona-talde batek garatua (<https://www.lorenzo-borselli.eu>). Programa hori teknikari-taldeak etengabe eguneratzen du, eta libre deskargatu daiteke (<https://www.ssap.eu/>).

Praktikan, egonkortasun-analisia egiteko, berariaz horretarako diseinatutako programak erabiltzen dira. Hainbat programa daude, bai komertzialak (horiek erabiltzeko lizentzia erosi behar da), bai erabilera librekoak, oso konpletoak, ezponden ia mota guztietako egonkortasun-arazoak aztertzeko aukera ematen dutenak. Erabilera libreko programa horietako bat da, adibidez, ssap (slope stability analysis program), Mexikoko San Luis Potosíko Unibertsitate Autonomoko Lorenzo Borselli irakaslea buru duen pertsona-talde batek garatua (<https://www.lorenzo-borselli.eu>). Programa hori teknikari-taldeak etengabe eguneratzen du, eta libre deskargatu daiteke (<https://www.ssap.eu/>).



84. irudia. Egile hauen ereduaren xehetasuna: Wu et al. (1979) eta Waldron (1979). Iturria: Norris et al. (2008)

6.3 MAZELA LANDARETUEN EGONKORTASUNA: LANDAREDIAK EGONKORTASUNEAN DUEN GARRANTZIA

6.3.1 Sarrera

Landarediak mazelen egonkortasunean dituen ondorio onuragarriak mazela higadura-prozesuetatik babestea da, batetik, eta landaredia garatu den lurzorua egonkortasuna bera hobetzea, bestetik.

Egia da batzuetan landarediak ondorio kaltegarriak ere badituela —hala nola lurzorua egonkortasunerako kalterako den eremuetan gainkargak sortzea, adaburu eta enborren bidez haizearen efektuak transmititzea, eta lurzorua lehentasunezko fluxu-eremuak agertzea—, baina hala ere, oro har, landarediaren ondorio garbia oso-oso positiboa da.

Kapitulu honetan, landareen indartze hidromekanikoaren efektuak aztertuko ditugu, mazela landaretuen egonkortasunaren analisiarekin lotuta.

6.3.2 Landarediaren garapenaren efektuak egonkortasun-egiaztapenetan

a) Kohesio gehigarria, landareen sustraien ondorioz

Landareen sustraiak eragindako indartze hidromekanikoaren efektua kalkulatzeko zenbait metodo daude. Zer informazio dugun, metodo konplexuagoak ere erabil daitezke (Schwarz et al., 2010), baita lurzorua deformazio-mailaren eta sustraiak garatutako indartze horren arteko bateragarritasuna kontuan hartu ere (Tardío & Mickovski, 2015).

Dokumentu honetan erabiliko dugun metodoa oso hedatuta dago, konplexutasun handirik gabea eta erraz aplikatzekoa delako. Orain azalduko dugun metodo horrek zera egiten du: sustraien indartze-efektua kohesio-balio gehigarri bihurtu, eta gero landararik gabeko lurzorua berezko kohesioari batu. Metodoa “sustrai perpendikularren eta inklinatuen bidez indartzeko eredu” deritzona da, hauek garatua: Wu et al. (1979) eta Waldron (1977).

Landarediak mazelen egonkortasunean dituen ondorio onuragarriak mazela higadura-prozesuetatik babestea da, batetik, eta landaredia garatu den lurzorua egonkortasuna bera hobetzea, bestetik

0,5 konstantea zuzenketa-faktore bat da, eta ziurgabetasun bati erantzuten dio: ez jakitea sustrai-sistema benetan nola banatuko den eta suposatzea sustrai guztiek aldi berean lortuko dutela trakzioarekiko erresistentzia maximoa. Balio hori sektoreko ikertzaile gehienek ematen dute ontzat

Metodo horri jarraituz, kohesio gehigarria (Δc) kalkulatzeko adierazpena honako hau da (Bischetti et al., 2005):

$$\Delta c = 0.5 \cdot 1.1 \cdot t_R$$

Hor:

0,5 konstantea zuzenketa-faktore bat da, eta ziurgabetasun bati erantzuten dio: ez jakitea sustrai-sistema benetan nola banatuko den eta suposatzea sustrai guztiek aldi berean lortuko dutela trakzioarekiko erresistentzia maximoa. Balio hori sektoreko ikertzaile gehienek ematen dute ontzat.

1,1 konstanteak zenbait ezaugarri eta balioren batezbestekoa adierazten du: ebaketa-bandaren zabalerarena, sustraien eta ebaketa-bandaren intersekzioaren angeluarena, eta barne-marruskaduraren angeluarena.

t_R : sustraiek trakzioarekiko duten batez besteko erresistentzia, lurzorua azalera-unitateko (kPa).

$$t_R = \sum_{i=1}^{i=n} T_{Ri} RAR_i(z) = T_R \cdot RAR(z)$$

Non:

n : sustraien diametro-klaseen kopurua.

T_{Ri} : i diametro-klaseko sustraien trakzioarekiko erresistentzia (kPa).

T_R : trakzioarekiko batez besteko erresistentzia z sakoneran (kPa).

$RAR(z)$: Root Area Ratio indizea. Bi hauen arteko erlazioa adierazten du: sustraien zeharkako sekzioen batura (m^2) eta sustraiek esploratutako lurzorua azalera (m^2) z sakoneran (m).

$$RAR(z) = \frac{Ar(z)}{Ars(z)}$$

Non:

$Ar(z)$ = sustraien zeharkako sekzioen batura (m^2) z sakoneran (m).

$Ars(z)$ = sustraiek esploratutako lurzorua azalera (m^2) z sakoneran (m).

Aurreko parametro horiek guztiak lortzeko, sustrai-sistema karakterizatu behar da, eta landa-lanen bidez eta laborategian lortu daiteke hori (Böhm, 1979).

Daturik ez badugu, gutxi gorabeherako kalkulua egin daiteke, sustraien trakzioarekiko batez besteko erresistentziatik abiatuta (bibliografiatik lortua).

Sustraien zeharkako sekzioen baturak sakoneraren arabera duen aldakuntza kalkulatzeko, eredu teorikoetara jo daiteke; esate baterako, eredu honetara (Laio et al., 2006; Preti et al., 2010; Tron et al., 2014):

$$Ar(z) = Ar_0 e^{\frac{-z}{b_m}}$$

Non:

$Ar(z)$: zeharkako sekzioa (m^2) sustraiaren lepoaren parean ($z = 0$ denean).

b_m : sustraien batez besteko sakonera (m). Baliotzat sustraien sakonera maximoaren % 25 hartu daiteke. Hori, bestalde, landan lortu daiteke, edo gomendatutako bibliografian (Coder, 2014; Bischetti et al., 2005). Kalkulurako % 25a proposatzen da, kono alderantzikatu erako sustraien banaketa baten masa-zentroaren ordenatua hori delako.

Lortu beharreko azken datua (landan edo mintegietan) sustraiek lur gainetik gertu esploratutako lurzorua azalera da. Datu horretatik abiatuta, eta sustrai-sistemaren sakonera maximoa erabiliz, modu linealean esploratutako lurzorua aldakuntza interpola daiteke. Azken datu horrekin edozein sakoneratako RAR balioa jakin dezakegu, eta sustrai bidez indartzearen metodoan aplikatu. Erabilitako landarediaren bilakaerari buruzko daturik ez badugu, 0,5 m-ko sakonerarako egin daiteke kalkulu hori (egoera kritikoa).

Beste aukera bat da, erabat teorikoa, sustraiek lur gainetik gertu esploratutako azalera iritzira kalkulatzea, hauetatik abiatuta: sustraien bolumena (aireko biomasaren bolumenetik eta espeziearen erlazio alometrikoetatik inferi daiteke hori) eta sustrai-sistemaren sakonera maximoa (bibliografiatik lortua), sustraien banaketa konikoa izango dela pentsatuta (Tardío et al., 2016). Kasu horretan, R izanik sustraiek lur gainetik gertu esploratutako lurzoru-gainazal zirkularraren erradioa, beste aldagaiak honako adierazpen honen bidez erlazionatuta leudeke:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{\pi \cdot h}} \quad (\text{Tardío et al., 2016})$$

Non:

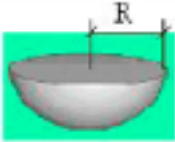
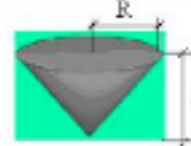
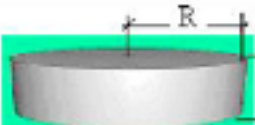
V : sustrai-sistemaren bolumena (m^3).

h : sustrai-sistemaren sakonera maximoa (m).

Ikus daitekeen bezala, aldagai ezagunetatik abiatuta aldagai ezezagunaren balioa inferi daiteke problema horietan guztietan.

R -tik abiatuta, sustraiek lur gainetik gertu esploratutako gainazal-zirkuluaren balioa lortuko litzateke. Horrek modua emango luke $z=0$ metrora RAR-a zenbat den kalkulatzeko, eta, balio horretatik abiatuta, edozein sakoneratako RARaren balioa jakingo genuke (betiere sustrai-sistemaren banaketa konikoa dela jota edo sustrai-sistemaren tipologiatik abiatuta; ikus taula hurrengo orrialdean).

Lortu beharreko azken datua (landan edo mintegietan) sustraiek lur gainetik gertu esploratutako lurzorua azalera da. Datu horretatik abiatuta, eta sustrai-sistemaren sakonera maximoa erabiliz, modu linealean esploratutako lurzorua aldakuntza interpola daiteke

Sustrai-sistema mota	Morfologia	Geometria sinplifikatua	Ars(z)
Esferikoa			$4 \cdot (R^2 - z^2)$
Ardatz-formakoa (konikoa)			$4 \cdot (R - z)^2$
Zilindrikoa			$4 \cdot R^2$

Sustraiak esploratutako lurzoru-azaleraren sakonerarekiko aldakuntza (Ars(z)) zenbatesteko modu bat aztertzen ari garen landare-espeziearen sustrai-sistema motan oinarritzea da.

Lortuko den balioa, kohesio gehigarriarena, egonkortasuna egiaztatzeko faktoreetan erabiliko da. Lurzoruaren bultzada aktiboen magnitudea murrizteko ere erabili ahal izango da.

b) Lurzoruaren bultzaden gainerako efektuak

Lurzoruaren bultzaden balioan sustraien indartzeak duen efektu nagusia sustraiak sortzen duten kohesio gehigarriaren ondorio da. Kohesio horrek lurren bultzada aktiboen balio garbia murriztu dezake, adierazpen honen arabera:

$$Pa = Ka \cdot \sigma_v - 2 \cdot c \cdot \sqrt{Ka}$$

Non:

Pa: presio aktiboa (kPa).

σ_v : tentsio normala (kPa).

Ka: bultzada aktiboaren koefizientea.

c: sustraiak eragindako kohesio gehigarria (kPa).

Bultzada aktiboen murrizketa horrek sustraiak esploratutako lur-bolumenari bakarrik eragingo dio. Kohesio horren beraren efektuak bultzada pasiboetan sartu nahi izanez gero, honako adierazpen hau erabiliko da:

$$Pp = Kp \cdot \sigma_v + 2 \cdot c \cdot \sqrt{Kp}$$

Lurzoruaren bultzaden balioan sustraien indartzeak duen efektu nagusia sustraiak sortzen duten kohesio gehigarriaren ondorio da

Non:

Kp: bultzada pasiboaren koefizientea.

Pp: presio pasiboa (kPa).

Lurzoruak epe luzerako analisirako nolabaiteko kohesio-balioa balu (kondizio drainatuak), balio hori sustraiak emandakoari gehituko litzaioke.

6.4 KONPONBIDEAK KALKULATZEKO ETA JUSTIFIKATZEKO METODOLOGIA

6.4.1 Sarrera

Bioingeniaritzako obra ororen kalkuluan eta egiaztapenean kontuan hartu behar dira bai horrelako esku-hartzeen berezitasunak eta bai horrelako egitura bizien portaera mekanikoaren bilakaera.

Egoera hori horrelako esku-hartzeen zerbitzu-bizitzako faseen bidez artikulatu eta antola daiteke, 4.2.2 epigrafean azaldutako FASEEN eskemari jarraituz. Lehen fasean (1. FASEA), material inerteek (naturalak edo manufakturatutako) esku hartu den eremua egonkortzeko behar den hasierako zurruntasuna ematen dute, eta landarediak ez du indartze hidromekanikoko inolako (edo ia inolako) zereginik betetzen.

Bigarren etapa batean (2. FASEA), landaredia halako garapen-maila batera iritsi da dagoeneko, baina oraindik ez da gai esku hartu den eremua bere kabuz egonkortzeko, material inerteen laguntzarik gabe. Material inerteak, berri, degradazio-prozesuen eragina pairatzen hasiak dira, eta horrek eragina du haien errendimendu mekanikoan.

Azkenik, hirugarren etapa batean (3. FASEA), landarediak berak esku hartu den eremua egonkortzeko eta indartzeko funtzio guztiak (edo ia guztiak) betetzeko gaitasuna du. Material inerteek ia ez dute egonkortze-funtziorik betetzen (edo, edonola ere, jada ez dira beharrezkoak). Material horiek, orain, landare-komunitatearentzako eragin moteleko ongarri gisa balio dute.

Ikus daitekeen bezala, bioingeniaritzako obraren ikuspegian ekonomia zirkularraren kontzeptua eta birgaitze ekologikoarena estuki lotuta daude.

Beraz, bioingeniaritzako obra orotako lehen fasean (1. FASEA), helburu nagusia da behar besteko zurruntasuna ziurtatzea, gero posible izan dadin egonkortze-funtzioak apurka-apurka material inerteek betetzetik material biziak betetzera igarotzeko prozesua gertatzea. Horrela, obraren zerbitzu-bizitzaren bigarren eta hirugarren etapak bideragarri izateko modua jartzen da. 1. FASEAN, obra kalkulatu eta justifikatu behar da, ingeniariaritzaren tradizionaleko obretan bezala. Epe ertain eta luzeko egonkortasun-egiaztapenetan material biodegradagarrien degradazio-prozesuen ondorioak ere sartu behar dira.

Berezitasun horiek kontuan hartu behar dira proposatutako bioingeniaritzako tekniken egiaztapenetan.

6.4.2 Indartze-mekanismoak

Oro har, mendi-mazelak indartzeko bi mekanismo-mota daude:

1. Kanpoko elementu indargarriak. Multzo horretako elementuen adibide euste-elementuak dira, hala nola hormak, egur-hormak, harri-lubetak, gabioiak,

Ikus daitekeen bezala, Natur Bioingeniaritzako obraren ikuspegian ekonomia zirkularraren kontzeptua eta birgaitze ekologikoarena estuki lotuta daude

etab. Kasu honetan, egonkortze-indarrak kanpoko egitura batean mobilizatzen dira. Obraren egonkortasuna egiaztatzeko teoria eta metodologiak ohikoak dira, euste-horma, kaiola-horma eta zurezko egituretarako erabili ohi direnak, hain zuzen (Gray & Sotir, 1996). Obraren zerbitzu-bizitzaren 1. FASEAN, indartze-ahalmena erabilitako materialen propietateen eta konfigurazioaren ondoriozkoa da.

2. *Barneko elementu indargarriak*: Moltzo horretako elementuen adibide dira lur indartuetan ageri direnak, hala nola geozuntzak, sare organikoak, alanbre-sareak, etab. Horrelakoen bereizgarri da elementu indargarriak lursailaren beraren barruan jartzen direla eta lurzoruaeren eremu ezegonkorretik harago hedatzen direla (irristatze-gainazal kritikoa zeharkatzen dute). Kasu honetan erabiltzen diren egiaztapen-metodologia mekanikoki egonkortutako lurren diseinuaren eta kalkuluaeren teoria da. Obraren zerbitzu-bizitzaren 1. FASEAN, indartze-ahalmena erabilitako materialen propietateen eta konfigurazioaren ondoriozkoa da.

Bioingeniaritzako obra ororen dimentsionamenduan eta egiaztapenean indartze-mekanismoak txertatzeari buruzko azalpenak 4.2 epigrafean daude (“Ikuspegia eta estrategia bioingeniaritzako obretan. Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzako faseak”). Atal horretan, indartze-mota nahiz zerbitzu-bizitzako fasea ageri dira.

Aurreko prozesu horietaz gain, bioingeniaritzako obretan beste indartze-mekanismo bat ere izan dezakegu, erabilitako material biziarekin lotua: lurzoruan sustraiak egotearen ondoriozko indartze hidromekanikoa. Efektu hori epe luzean kalkulatzeko eta egonkortasun-egiaztapenetan txertatzeko modua 6.3 epigrafean dago azalduta (“Mazela landaretuen egonkortasuna: landarediak egonkortasunean duen garrantzia”).

6.4.3 Egonkortasun-egiaztapenak bioingeniaritzako obretan

Oro har, mendi-mazelei eusteko eta/edo egonkortzeko egituren egiaztapenak honako alderdi hauek biltzen ditu:

- *Kanpo-egonkortasunaren egiaztapena*: horren barruan sartzen dira, normalean, irristatzearekiko duen egonkortasuna, iraultetarekiko duena eta lurzoruaeren sostengu-ahalmena egiaztatzea. Hau da, kanpoko hutsegiteak gertatzeko aukerak aztertzen dira. Erabili beharreko formulazioa eta ikuspegia teknika bakoitzaren kalkuluaeren epigrafean daude azalduta.

- *Egonkortasun globalaren egiaztapena*: aurreko moltzoan sartu ohi da egiaztapen hori, eta teknika-mazela osotasunaren egonkortasuna aztertzean datza. Egonkortasun-analisi horretan, erabilitako teknikaren indartze-efektuak ere sartu behar dira. Egin beharreko egiaztapenak teknika bakoitzaren kalkuluar dagokion epigrafean daude zehaztuta.

- *Barne-egonkortasunaren egiaztapena*: erabilitako materialen erresistentzia eta sekzioak egiaztatzean datza. Hau da, egiturak barne-hutsegiteak izateko kasu posibleak aztertzen dira.

Egiaztapen horretan, zurezko elementuen gutxieneko diametroak lortzen ditugu, elementuen arteko loturek izan beharreko erresistentzia, harri-lubeta bateko harrien gutxieneko pisua, geozuntz edo sare organiko baten ainguratze-luzera, egur-hormetan kaiolen ebaketarekiko egiaztapena egiten dugu, etab.

Egiaztapen horietan, erabilitako materialen degradazio-prozesuak kontuan izan behar dira. Egin beharreko egiaztapenak teknika bakoitzaren kalkuluar dagokion epigrafean daude zehaztuta.

Aipatu berri ditugun egiaztapen horiek guztiak denbora-marko egoki batekin konbinatu behar dira, obrako indartze-mekanismoen garapen osoa barne hartu ahal izateko. Hala, epe laburra eta luzea obraren zerbitzu-bizitzako faseekin konbinatzen dituzten egiaztapenak izango ditugu.

Bestalde, epe laburrean, lurzoruaeren egonkortasun-analisiarekin eta erresistentzia-parametroen erabilerarekin lotutako egiaztapenak kondizio drainatuetan nahiz ez-drainatuetan egin behar dira.

Nolanahi ere, proposatutako teknika-motara egokituak izan behar dute egiaztapenak. Adibidez, harri-lubeta landatu bat, gabioi landatu bat, egur-horma bat (bakuna edo bikoitza), edota zuresi edo egur-hesi bizi bat erabiltzea proposatzen badugu, obra eta erabilitako elementuak zehaztean eta dimentsionatzean ezin ahaztuko dugu egonkortasun-egiaztapenak landaredia garatu bitarteko behar adina denboran uneoro bete behar direla.

Hau da, 1. FASEKO egiaztapenak bermatu behar dute landaredia 2. eta 3. FASEEK iraun bitartean behar bezala eta modu eraginkorrean garatuko dela. Behin helburu hori lortuta, materialek pixkanaka degradatzen eta desagertzen jarraitu dezakete, une horretatik aurrera landaredia baita lurzoruaeren iturri indargarri nagusia.

6.5 TEKNIKAK HAUTATZEKO IRIZPIDEAK

Teknikak aukeratu behar direnean, eta 5.1 atalean deskribatutako eta egindako analisisan oinarrituta, gure mendi-mazelan egoera zein den zehazteko eta teknikak hautatzeko moduan egongo gara, betiere printzipio honi jarraituz: behar den guztia baina ahal den gutxien egitea.

Izan ere, proiektua egiteko fasean, bioingeniaritzan, esku-hartzeen gaineko printzipioa da emaitza berberak izanda konplexutasun txikieneko teknologia hautatzea beti, esku ez hartzeko hipotesia ere beti gogoan izanda. Konplexutasun txikieneko konponbidetzat zera ulertzen da: energia-maila txikiena behar duena. Beraz, zenbat eta konplexutasun txikiagoa, orduan eta jasangarriagoa.

Gainera, zero aukera edo esku ez hartzeko aukera ere aintzat hartu behar da beti, eta gogoan izan behar da zenbait mugatatik aurrera ingeniaritza tradizionalako teknikak erabili beharra dagoela. Konpondu beharreko arazoarekiko konplexuegia edo neurritz kanpoko edo gehiegizkoa den obrarik ez da onartu behar.

Hala, gure obraren kondizio zehatzei buruzko galderak egin behar dizkiogu geure buruari, eta, ezpondari dagokionez, alderdi hauei buruzkoak izan behar dute:

- Ezpondan urik badagoen edo ez. Ura baldin badago, zer sakoneratan dagoen, konpontzeko nahikoa gerta liteke material tradizionalak drainatze bioteknikoekin konbinatuta lur gaineko drainatze-sistema bat eraikitzea edo beharbada drainatze tekniko sakonagoak behar izango dira.
- Higadura-arriskua. Azalekoa bada, konpontzeko, ereintza edo bestelako estaltze-teknikak erabili ahalko dira, eta materia organikoaren ekarpena behar badute, hidromanta edo hidroereintza aberastuak.

Teknikak aukeratu behar direnean, eta 5.1 atalean deskribatutako eta egindako analisisan oinarrituta, gure mendi-mazelan egoera zein den zehazteko eta teknikak hautatzeko moduan egongo gara, betiere printzipio honi jarraituz: behar den guztia baina ahal den gutxien egitea

Barneko elementu indargarrien adibide dira lur indartuetan ageri direnak, hala nola geozuntzak, sare organikoak, alanbre-sareak, etab. Horrelakoen bereizgarri da lursailaren beraren barruan jartzen direla eta lurzoruaeren eremu ezegonkorretik harago hedatzen direla (irristatze-gainazal kritikoa zeharkatzen dute)

Proiektua egiteko fasean, bioingeniaritzan, esku-hartzeen gaineko printzipioa da emaitza berberak izanda konplexutasun txikieneko teknologia hautatzea beti, esku ez hartzeko hipotesia ere beti gogoan izanda

- Higadura sakonagoa bada, geure buruari galdetu behar diogu ea higadura hori landareak sustraituta dauden eremuaren barruan dagoen beti edo, aitzitik, hortik kanpo dagoen eta, beraz, Natur Bioingeniaritza erabiltzeko muga gainditzen duen.

Higadurak landareen sustraitze-eremuari bakarrik eragiten badio, bi egoera gerta daitezke:

a) Maldaren arabera lurzorua kudeatzeko nahikoa eta egoki izatea landareak soilik erabiliz egiten diren esku-hartzeak, hala nola aldaxkak, adar-sortak eta adar-mailak jartzea.

b) Bioingeniaritzako teknika mistoak behar izatea. Egoera hori bada, garrantzitsua da honako galdera hauek planteatzea:

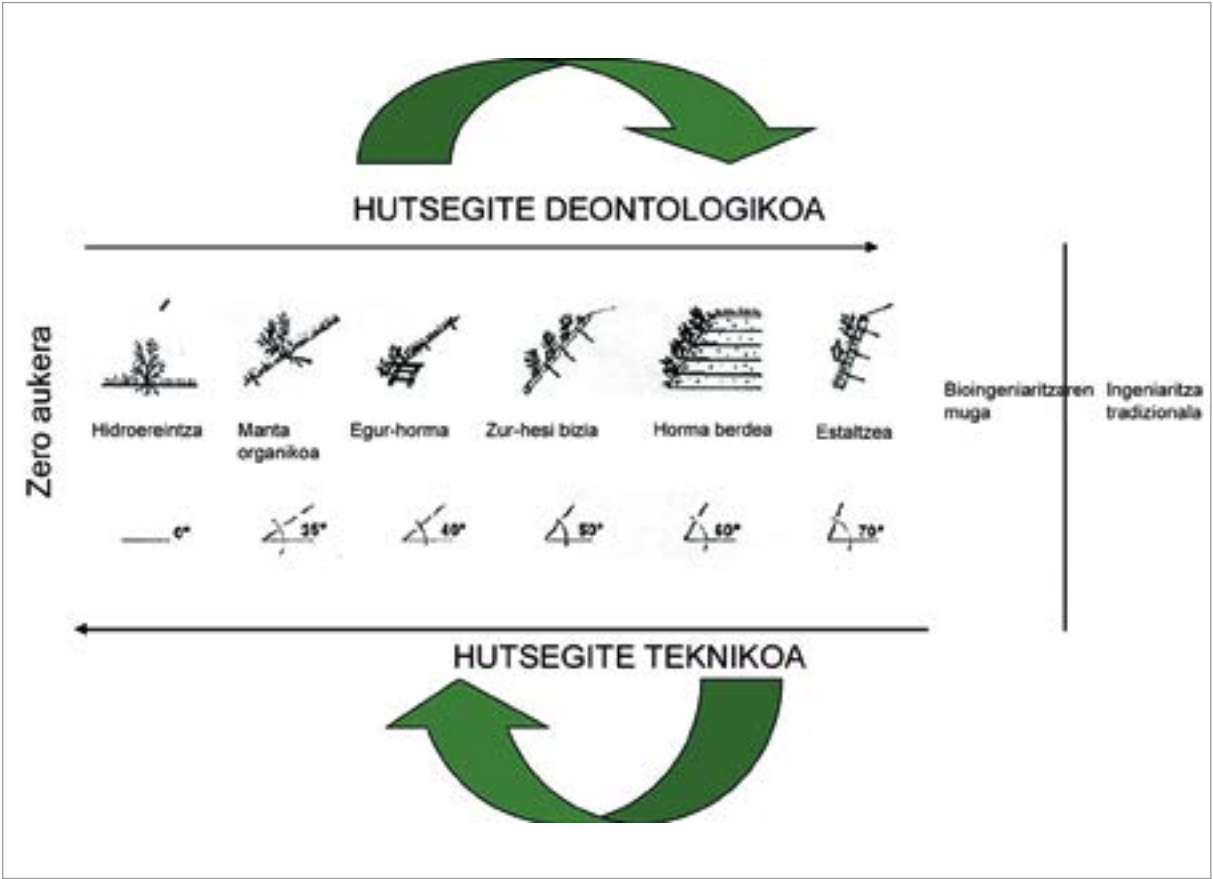
• Nahikoa da oinean sendotzea eta nahikoa da aldi baterako egitura bat? Hala bada, gomendioa egur-hormak erabiltzea da.

• Nahikoa da oinean sendotzea, baina egitura iraunkor bat behar da? Hala bada, gomendioa harri-lubeta landatu bat eraikitzea da.

• Mendi-mazela guztiz leheneratu behar bada, gomendioa egur-hesiak erabiltzea da.

Hurrengo orrialdean, adierazitakoan oinarrituta zer teknika erabili hautatzeko matrize bat ageri da.

85. irudia. Natur Bioingeniaritzaren kode deontologikoa. Iturria: G. Sauli



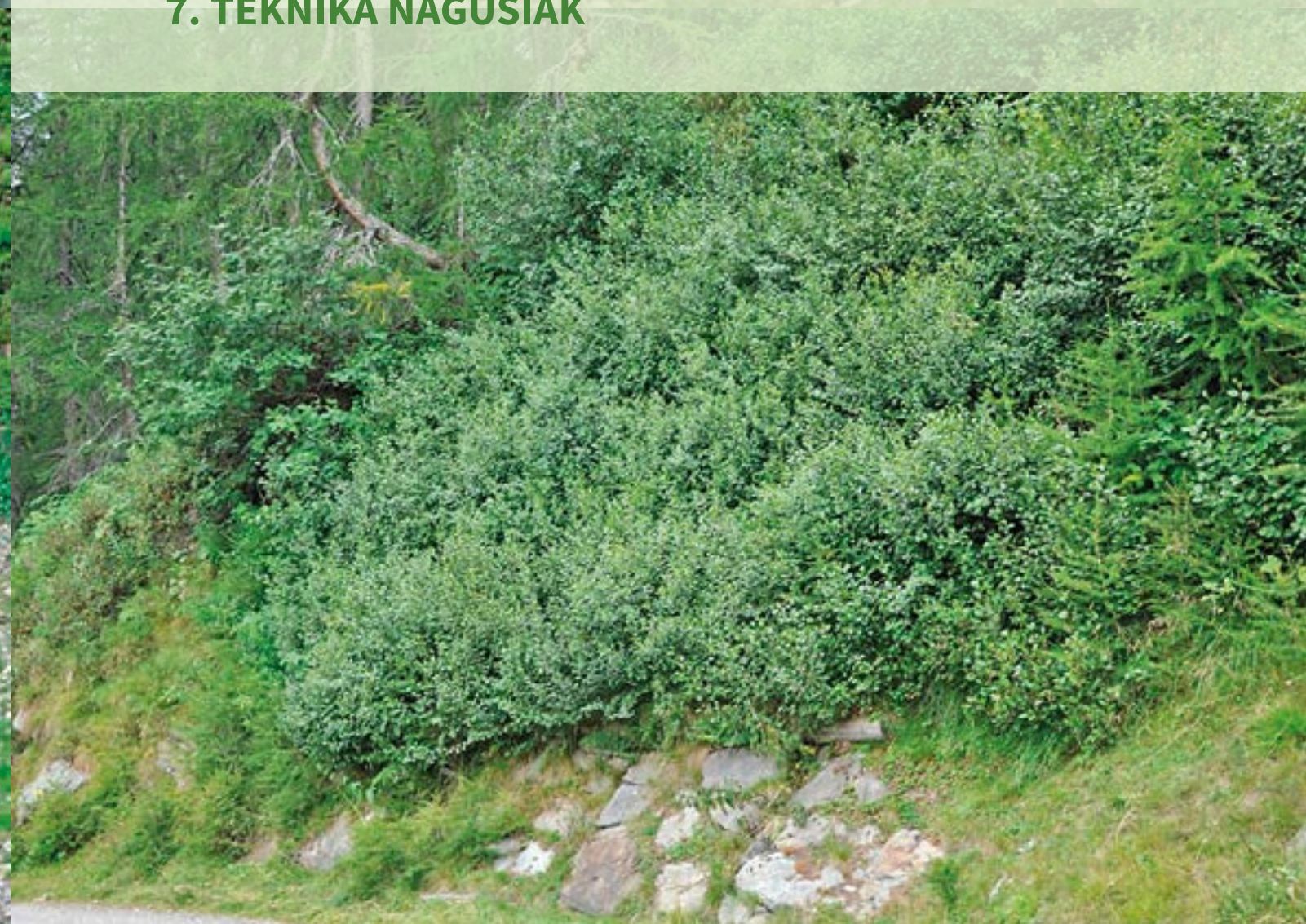
Erabilera	Eraikuntza-tipologiak	Eraginkortasun mailak									
		Azaleko higadurarik babestea	Egonkortzea, sakonera < 1 m	Egonkortzea, sakonera > 1 m	Hobekuntza ekologikorako funtzioa	Hobekuntza teknikorako funtzioa	Eraginkortasunaren hasiera	Eraginkortasunaren iraupena	Eraginkortasun espaziala	Kostu ekonomikoa	Malda maximoa
Lur gaina babestea	Purakako ereintza	3	1		1	2	2	2	3	1	30%
	Hidroereintza	3	1		1	2	1	2	3	1	35%
	Hidroereintza aberastua	3	1		1	2	1	2	3	2	35%
	Hidromanta	3	1		2	2	1	2	3	2	38%
Mazetak drainatzea	Drainatzeko adar-sortak	1	2		3	2	2	3	2	1	40%
	Zoroten mailakatuak	1	2		1	3	1	3	2	2	45%
	Arekak	1	2			3	1	3	2	1	45%
Ezpanda egonkortzea / Sakonera	< 100 cm	Adar-aldaxkak landatzea	2	3	2	3	2	2	3	1	38%
		Mazelako adar-sorta	2	3		3	2	2	3	2	40%
		Adar-mailak, landare-mailak eta malla mistoak		3	2	2	2	2	3	2	40%
		Zuresiak		3	2	2	2	1	3	2	45%
		Egur-horma bakuna		3	3	2	2	1	3	2	45%
		Egur-horma bikotiz edo Krainer	3		3	2	3	1	3	2	55%
	100 - 250cm	Loricata egur-horma	3		3	2	3	2	3	2	60%
		Latina egur-horma	3		3	2	3	1	3	2	55%
		Aquila egur-horma	3		3	2	3	1	3	2	55%
		Egur-horma bizia	3	3		2	2	2	3	3	65%
		Harri-lubeta landareztatua	3		3	1	2	1	3	2	65%

86. irudia. EFIBen Natur Bioingeniaritzako gidalerroak (Hacker et al. 2015), hautetik eraldatua: P. Sangalli eta G. Tardío

LEGENDA			
Eraginkortasun teknikoaren maila	1 = txikia	2 = ertaina	3 = handia
Eraginkortasunaren hasiera	1 = berehala	2 = zenbait asteren ondoren	3 = zenbait hilabeteren ondoren
Eraginkortasunaren iraupena	1 = epe laburrekoa (1-5 urte)	2 = epe ertainekoa (5-10 urte)	3 = epe luzekoa (10 urte baino gehiago)
Eraginkortasun espaziala	1 = puntuala	2 = lineala	3 = eremua
Kostua	1 = txikia	2 = ertaina	3 = handia



7. TEKNIKA NAGUSIAK



7.1 ESTALTZE-TEKNIKAK

PROIEKZIO HIDRIKO BIDEZKO EREINTZAK



87. irudia. Ereiteko makina hidraulikoa, hidromanta proiektatzen. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

7.1.1 Definizioa eta irismena

Proiektzio hidriko bidezko ereintzak lurzorua estaltzeko zenbait teknika dira, lurzorua landaretzea eta ezpondetan edo mazelatan azaleko higadura kontrolatzea izaten dute helburu, eta haziz, urez eta beste elementu batzuez osatutako nahaste bat proiektatzean dautza.

Hiru hidroereintza-mota bereizten dira, nahastearen dentsitatearen eta osagaien ezaugarrien arabera:

- **Hidroereintza tradizionala:** haziak estalki babesgarriekin, aglutinatzaileekin, ongarriekin eta gehigarriekin uretan nahasita proiektatuz ereitean datza. Nahaste horrek haziak lurzoruari atxikitzen eta ernetzen laguntzen du, eta higatzeko arriskua duten azaletan landare-estalkia eratu dadin lortzen.
- **Hidroereintza aberastua:** dentsitate handiko hidroereintza bat da. Hidroereintza tradizionalaren aldaera bat da, ohiko nahasteari substratu birrindu oso fin bat gehitzen diona zenbait pasalditan.
- **Hidromanta:** estalki babesgarri espezifiko bat duen hidroereintza-mota bat da. Estalki hori aglutinatzailearen osagarri gisa jartzen da, eta lurzoruan estaldura jarraitu bat eratzen du. Teknika iragazkorra da, eta hidroereintza tradizionalak baino luzaroago irauten du. Haziak ernetzen laguntzen du, eta higatzeko arriskua duten lurzoruetan azala babesten.

Hidromantekere dentsitate handiagoa dute, estalki babesgarri espezifikoaren proportzio handiagoa, eta manta organikoen teknikaren bidezko estaldura jarraituaren oso antzekoa lortzen dute, hazien bideragarritasunari kalterik egin gabe. Dena den, bideragarritasun hori ziurtatzeko, saiatu behar da ez erabiltzen lurzoruan zarakarrak sortzea eragin dezakeen estalki babesgarriarako produkturik, ez landareak ernetzea eta garatzea zaildu dezakeenik.

Hona hemen proiektzio hidriko bidez ereitearen abantaila nagusiak:

Teknika egokia da lana azkar eta modu eraginkorrean egiteko, batez ere ohiko baliabideekin erein ezin diren lurzoru elkor edo betelaneen eremu zabal eta iristeko zailak tratatu behar direnean. Bestalde, ezpondaren azala ia berehala babestua gera dadin lortzen laguntzen du, eta, hala, karkabarik eta higadura-ildorik ez agertzea eta, beraz, lurzorua ez galtzea.

7.1.1.1 Aplikazioak

Proiektzio hidriko bidezko ereintzak lurzorua estaltzeko edo azaleko higadura kontrolatzeko erabiltzen diren Paisaiaren Bioingeniaritzako zenbait teknika dira, eta lurzoruaren azala azkar babesteko modua ematen dute. Teknika-multzo hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Azaleko higadura kontrolatzeko.
- Landare-lur gutxiko edo iristeko zailak diren eremuak landaretzeko.
- Ezpondak landaretzeko, baldin eta lurzoruen ezpondak izanik 40º-rainoko malda badute edota gutxi garatutako lurzorua edo zertxobait meteorizatutako erregolitoak izanik 50º-ainokoa badute.
- Bioingeniaritzako beste teknika batzuen bidez egonkortutako eremuetan landaretzea osatzeko.
- Ezponda baten egonkortasuna sakonera txikian hobetu beharra dagoen eremuetarako.

Bereziki:

- Hidroereintza aberastuak landare-lur gutxiko eremuetan erabiltzen dira batik bat.
- Hidromantak gerora babestu beharra daukaten ezpondetan erabiltzen dira.

7.1.2 Materialak

Hurrengo atal hauetan, proiektzio hidriko bidezko ereintza-mota guztietarako behar diren material komunak deskribatuko ditugu.

7.1.2.1 Ura

Dosia 2-5 litro/m² bitartekoa izaten da, maldaren eta orientazioaren arabera: zenbat eta malda handiagoa, orduan eta dosi handiagoa; eta hegoaldeko orientazioak dosi handiagoa behar du iparraldekoak baino.

Nekazaritzarako egokiak diren ur guztiek eta edateko ontzat hartutako urek balio dute.

Hona hemen ezaugarriak:

- pHa: 6-8 bitartekoa.
- Oxigeno disolbatua: 3 mg/l baino gehiago.
- Gatz disolbagarrien edukia: 2 g/l baino gutxiago.
- Sulfatoak (SO₄) 0,9 g/l baino gutxiago; kloruroa (Cl) 0,29 g/l baino gutxiago, eta boroa 2 mg/l baino gutxiago.
- Ez du eduki behar burdin karbonatorik, ez azido sulfhidrikorik, ez berunik, ez seleniorik, ez artsenikorik, ez kromatorik eta ez zianurorik.

7.1.2.2 Haziak

Hazien nahasketa kasu bakoitzerako diseinatu behar da, inguruko landaredi autoktonoaren eta tokikoaren analisiaren arabera.

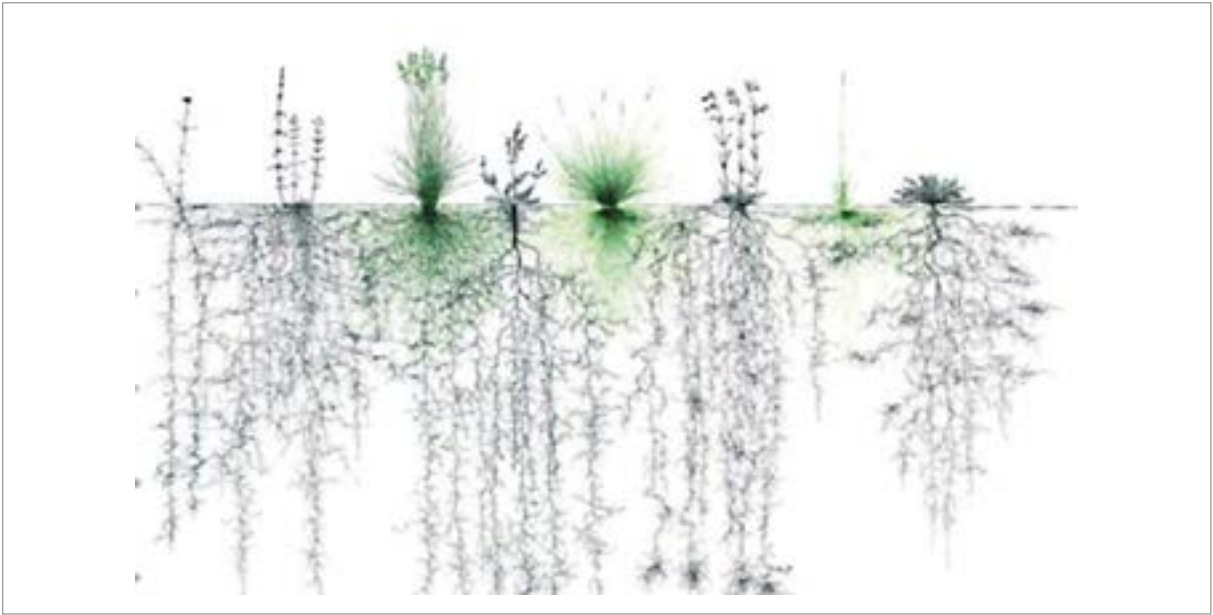
Espezie belarkarak

Kasu batzuetan zuhaitz- eta zuhaixka-espezie jakin batzuk ere sartzen diren arren, nahasketako hazi gehien-gehienak belarkarak izaten dira. Normalean, zenbait gramineo eta leguminosoren haziak izaten dira.

Belardi naturaletan espezie nagusiak gramineoak dira, asko estaltzen dutelako eta era askotako kondizio edafoklimatikotara egokitzen direlako. Gainera, lurzorua kohesionatzeko ahalmen handia dute gramineoek.

Errizomen edo estoloien bidez alboetarantz asko sakabanatzen diren espezieak sartzea gomendatzen da.

Leguminosoek sustrai-sistema sakona izaten dute eta, nitrogenoa finkatzen duten bakterioekin sinbiosian bizi direnez, lurzorua aberasteko modua ematen dute. Leguminosoek gramineoek baino gaitasun begetatibo handiagoa dutenez, leguminosoen hazien ehunekoak ez luke hazi guztien pisuaren % 30 gainditu behar.



88. irudia. Sustrai-aparatu desberdineko espezieak belardi batean integratuta: berdez gramineoak eta beltzez leguminosoak. Iturria: Bautipenbuch EFIB

Kontuan izan behar dira hazien tipologia, latentzia-aldiak eta ernamuindu aurreko tratamenduak. Latentziarik gabeko espezieak erabiltzea gomendatzen da (edo, bestela, latentzia arinekoak). Haziak ezin dira ernamuinduta egon.

Bizkaiko Foru Aldundiko Azpiegituratarako eta Lurralde Garapenerako Sailaren P.T.P.A.-n (Herrilan) hidroereintzei buruzko artikuluan jasotzen den bezala, Bizkaian teknika horretarako erabiltzen den hazi-nahasketa orotan pisu guztiaren % 85 oinarrizko espeziak izan behar dira, eta gainerako % 15a jarduketa egiten den urte-sasoiko arazo zehatzen arabera izango da. Bestalde, espezie bakoitza gehienez ere azken nahasketaren zer pisu-ehuneko izan daitekeen mugatzen da. Espezie bakoitzerako ezarritako maximo horiek ezin dira gainditu, eta, horrela, bermatzen da biodibertsitate handiagoa izatea, hiruzpalau espeziatarak bakarrik ez mugatzea.

9. taula. Hidroereintzan erabiltzen diren belarkaren gehieneko pisu-ehunekoa. Iturria: Herrilan (eraldatua)

Espeziea	Mota	Gehieneko pisu-ehunekoa
	Gramineoa	25
<i>Festuca arundinacea</i>	Gramineoa	15
<i>Festuca rubra</i>	Gramineoa	15
<i>Poa pratensis</i>	Gramineoa	10
<i>Dactylis glomerata</i>	Gramineoa	5
<i>Trifolium pratense</i>	Leguminosoa	15
<i>Trifolium repens</i>	Leguminosoa	5
<i>Lotus corniculatus</i>	Leguminosoa	5
<i>Vicia sativa</i>	Leguminosoa	5

Belarkarak bakarrik erabiltzen dituzten hidroereintzak Herrilanen H1 motakoak dira.

Espezie zurkarak (zuhaitzak eta zuhaixkak)

Espezie zurkaren hazien tamaina dela-eta, normalean, tamaina txikiko haziak bakarrik gehitu ahal izango zaizkio nahasketari. Zuhaixka-landareen eta zuhaitz-landareen haziek autoktonoak izan behar dute, eta landatuko diren eremuaren antzeko jatorri ekologikokoak.

Nahasketaren konposizioari dagokionez, honako litologia hauek bereizten dira:

- Haitz ez oso degradagarrietako lur-erazketak: Bizkaiko Lurralde Historikoan, kareharriak, kareharri tupatsuak, kareharri-tupak, dolomiak, hareharriak eta kolada bolkaniko masiboak daude horrelako litologien artean.
- Haitz degradagarrietako lur-erazketak: Bizkaiko Lurralde Historikoan, tupak, lutitak, lutita karetsuak, flysch erako alternantziak, zementu gutxiko hareharriak, ofitak eta harri piroklastikoak daude horrelako litologien artean. Eremu tektonizatuak ere hor sartzen dira, litologia edozein dela ere.
- Haitz oso degradagarrietako lur-erazketak edo lubetak: multzo horretan sartzen dira zementu gutxiko lutitak, hareak, Keuperreko buztinak eta igeltsuak, zementu gutxiko harri detritikoak, etab. Litologia edozein dela ere, eremu oso tektonizatuak ere hor sartzen dira.

Beheko taula honetan ikus daiteke Bizkaiko Lurralde Historikoan proiektzio hidriko bidezko ereintzetan zer espezie zurkara sartu daitezkeen eta zer pisu-ehunekotan, jarduketa egin nahi den lekuko litologia-motaren arabera.

10. taula. Proiektzio hidriko bidezko ereintzetan sartu beharreko espezie zurkaren pisu- eta konposizio-ehunekoa, litologia-motaren arabera. Iturria: Herrilan (eraldatua)

Espezie	Desmonte poco degradable	Desmonte Degradable	Terraplén/ Desmonte muy degradable
	0,4 g/m²	0,4g/m²	1,0 g/m²
<i>Brachypodium pinnatum</i>	40 %	20 %	2 %
<i>Erica Vagans</i>	10 %	5 %	0,2 %
<i>Genista hispanica</i>	47 %	25 %	2 %
<i>Sedum album</i>	3 %	1 %	0,1 %
<i>Rosa sempervirens</i>	-	10 %	4 %
<i>Rhanmus alaternus</i>	-	5 %	1,5 %
<i>Ulex europeus</i>	-	6 %	2 %
<i>Calluna vulgaris</i>	-	1 %	1 %
<i>Erica cinerea</i>	-	0,5 %	0,1 %
<i>Salix atrocinerea</i>	-	0,5 %	0,1 %
<i>Citissus scoparisu</i>	-	6 %	1 %
<i>Arbutus unedo</i>	-	15 %	5 %
<i>Rubus ulmifolius</i>	-	5 %	1 %
<i>Crataegus monogyna</i>	-		20 %
<i>Cornus sanguinea</i>	-		15 %
<i>Prunus spinosa</i>	-	-	45 %

Zuhaixka- eta zuhaitz-landareen haziak modu naturalean sartzeko aukera gutxi dagoen eremuetan, aintzat hartzekoa da, betiere eremu bakoitzeko aukeren arabera, hidroereindako eremuaren barruan lurrez inguratuta zuhaixka- eta zuhaitz-espezie autoktonoak zuzenean ereiteko edo landatzeko teknika.

Belarkarekin batera zurkarak ere sartzen dituzten hidroereintzak H2 motakoak. Proportzioari dagokionez, pisuaren % 95 belarkarak izan behar dira, eta % 5, landare zurkarak.

Hazien-nahasketaren gutxi gorabeherako ereite-dosia 30 g/m² eta 50 g/m² bitartekoa da, eta aplikatu beharreko kopuru gomendatua, berriz, 2-5 hazi/cm². Nahasketan erabili beharreko hazien kopurua eta tipologia hainbat alderdirekin lotuta dago: lurzoru-mota eta lurzoruaren prestaketa, altitudea, esposizioa, lurzoruaren malda, urte-sasoia eta proiektzio hidriko bidez ereiteko hautatutako metodoa.

Biotopo bakoitzean, hidroereindako espezieen bilakaerak belardi naturala sortzera jotzen du denborak aurrera egin ahala, inguruko basa-landareen haziak iristen direlako. Estalki babesgarria aproposa da mikroklima egoki bat sortzeko, landaredia garatu dadin mesedegarria eta lurzoruaren azala higaduratik eta kanpoko agenteetatik (euriteak, txingorra, haizea) babestuko duena. Gainera, ura metatuko du, eta poliki-poliki askatu. Inoiz ez du eduki behar landareen ernamuintzeari eta ondorengo garapenari erasan diezaiekeen elementu toxiko edo lixibiagarriak.

7.1.2.3 Estalki babesgarriak edo mulch-ak

Estalki babesgarriak, izenak adierazten duen bezala, lurzoru babesteko balio duten elementuak dira. Oro har, jatorri organikokoak dira, eta, deskonposatzean, mantenugaiak ematen dizkiote lurrari. Gainera, material horiek ur-xurgapena handitzea eragin ohi dute (lurrunketaz ur gutxiago galtzea eragiten dutelako), lurzoruaren tenperaturak uniforme irauten du haiei esker, eta euri-tantak lurrean eragindako higadura txikiagoa izatea laguntzen dute.

NTJ08H arauak dioenez, tipologia honetako estalki babesgarriak hauek erabil daitezke proiektzio hidriko bidezko ereintzetan:

- **Nekazaritza-jardueretatik datozenak:** belar ondu xehatua, zereal-lastoa, zur-zuntzak, soja birrindua, arroz- edo gari-azalak, eta azukre-kanaberaren azpiproduktuak.
- **Baso-jardueretatik datozenak:** zelulosa, zuhaitz-azalak, pinu-azikulak, zohikatza, inausketa-hondakin birrinduak, papera, zur-zerrautsak eta artilea.

Hidromanta

Hidromantei dagokienez, elementuetako bat estalki babesgarria izatea dute bereizgarri. Hidromantetan, estalki babesgarriek aglomeratzaile gisa polimero polisakarido bat dute, gurutzean lotzen diren kate luzeko molekulen polimeroetatik eratorria. Lotura horri esker, polimeroa erraz nahasten eta isurketan da bustita dagoenean, baina lehortutakoan, aldiz, gogor eta disolbaezin mantentzen da, eta lurzoruaren gainazala euritik eta higaduratik babesten du.

Hidromanta zur-zuntzez egiten da, hondar-zuntzak izanik ere kalitate handikoak, termomekanikoki finduta. Prozesu horren bidez material garbi eta oso haritsua sortzen da, eta kalitate handi-handiko matrize korapilatu bat lortzen da. Irabiatze mekaniko bidez nahasten da ereiteko makina hidraulikoaren tanga. Produktua azkar eta erraz nahasten da, eta ezpondaren morfologiara egokitzeko gaitasun handia ematen dio horrek; inklinazio handiko eta iristeko zailak diren ezpondak ere babesten ditu. 24 orduko epean matrize iraunkor bat eratzen du, kolore naturalekoa eta urarekiko erresistentea.

Topografiaren eta aplikazio-teknikaren arabera, lehortutakoan 3 mm eta 6 mm arteko lodiera izaten du. Matrize hori estu-estu lotzen zaio lurzoruari, haren gorabeheretara egokitzen da, eta lurzoru guztiz babestuta geratzea bermatzen du. Ereintza berri bat babesteko jar daiteke, baita izozte-puntutik gertuko tenperaturetan aplikatu denean ere.



89. irudia. Hidromanta aplikatzen eta aplikatu ondoren. Iturria: A. Sorolla

Hidroereintza tradizionalaren aldean, hidromantaren bidez azaleko isurketa txikiagoa lortzen da (% 65 gutxiago ere bai), ernamuintze-tasa altuagoa eta hazi-galera txikiagoa. Gainera, ezpondan 12-18 hilabete irauten du, eta, beraz, ernamuintze-kondizio optimoak izan arte ezponda babestuta egotea ahalbidetzen du.

7.1.2.4 Aglutinatzaileak edo agente finkatzaileak

Finkatzaileak jatorri organikoko produktuak dira, eta, hidroereintzan aplikatuta, lur gainean geruzatxo homogeen, elastiko eta iragazkor bat sortzeko balio dute. Hainbat osagai dituzte konposatuok: polibutadienoak, alginatoak, zelulosaren deribatuak, almidoiaren deribatuak, binil azetatoak, oinarri akrilikoko polimero sintetikoak eta polibinil propionatoak, besteak beste.

Oraingo Herrilaren hidroereintzak erabilitako agente finkatzailearen arabera sailkatuta daude. Horrela, hauek bereizten dira:

- Polibutadienoak dituzten hidroereintzak.
- Curasol erakoak dituzten hidroereintzak.

Finkatzaileek baldintza hauek bete behar dituzte:

- Merkatuan finkatzaile ugari dagoenez, horiek aplikatzerakoan kontuan izan behar dira elementu-mota bakoitzerako kantitate eta modalitate espezifikoak.
- Lur gainean higadurari aurre egiteko moduko geruza bat eratu behar dute; ahal dela, higadurak erasatea daukanaren antzeko lodierakoa.
- Biodegradagarriak, ez-toxikoak, erregaitzak eta izotzarekiko erresistenteak izan behar dute.
- Beren eragina indartu dezaketen beste produktu batzuekin bateragarriak izan behar dute, eta horiekiko mesedegarriak.
- Aireak zirkula dezan utzi behar dute, eta lurraren hezetasuna mantendu, lurzoruaren egitura hobetu dadin.
- Ez dituzte lurzoruaren prozesu biologikoak aldarazi behar.

7.1.2.5 Ongarriak

Proiektzio bidezko ereintza-mota guztietan ongarriak erabili beharra dago, jatorri organikokoak edo jatorri minerekoak. Eduki berrmatukoak izan behar dute, nitrogenoaren deskonposizio motel eta pixkanakakoak (eragin kontrolatuko ongarriak), eta azido humikoekin konbinatu ahal dira.

7.1.2.6 Gehigarriak (normalean aukerakoak)

- Laguntzaile biologikoak: hidroerein beharreko eremuek lurzoruaren beheko horizonteak agerian dituztenean, flora eta fauna mikrobiano autoktonoa indartzeko, laguntzaile biologikoak erabil daitezke. Ohikoenetako bi dira Rhizobiumen inokuluak, leguminosoentzat, eta ernamuintzea aktibatzen duten produktu hormonalak.

- Material natural inerteak (lurrak edo substratuak): hidroereintza aberastuak daraman gehigarria da. Natur Bioingeniaritzako obretan proiektzio hidriko bidezko ereintzetan erabil daitezkeen material natural inerteak lur lohitsu eta buztintsuak dira, eta hidroereintzarekin batera proiektatzen dira. Kasu batzuetan substratuak ere proiektatzen dira; zohikatza, adibidez.

- Beste gehigarri batzuk: hidroereingo den nahastean beste material gehigarri batzuk ere sartzea badago. Hona hemen horietako batzuk:

- Koloratzaileak
- Superxurgatzaileak
- Prebentzioko fungizidak
- Alga zianofizeoak
- Mikrofauna edo hegazti-fauna uxatzekoak
- Gelak

7.1.2.7 Makineria

Proiektzio hidriko bidezko ereintzarako, ereiteko makina hidraulikoa erabiltzen da. Atal hauek ditur:

- Tanga: 1.000 litro eta 10.000 litro bitarteko edukiera izaten du, eta, kasu berezietan, 17.000 litrorainokoa.
- Motorra.
- Presio-ponpa (pistoia erakoa, torloju amaigabekoa edo zentrifugatzailea), 35.000 l/h baino gehiagokoa eta 5-10 atmosferakoa.
- Komando-dorrea: bypassa izaten du tangaren barruan edo kanpoan.
- Irteera-kanoia: mahuka malgu bat konektatzeko aukera izaten du, eta haren irismena erregulatu ahal izateko pitak izaten ditu proiektzio-sistemak.

Ereiteko makina hidrauliko batzuk (ez guztiak) ibilgailu baten gainean eraman behar dira (kamioia, trena, itsasontzia, etab.), edo atoi baten gainean herrestan, proiektzio hidrikoa egiteko.

7.1.3 Obrak gauzatzea

Hidroereintzak eta hidromantak sasoi begetatiboan egin behar dira. Bizkaiko Lurralde Historikoan, uda amaieratik udazkenara edo negu amaieratik udaberrira bitartean da sasoi hori.

Kasu gehienetan, hidroereintzak fase batean egiten dira, eta nahastea proiektzio bakar batean jaurtitzen da. Batzuetan, konposizio desberdineko bi fasetan egin daitezke:

- 1. fasea, ereitekoa: ura, hazi-nahasketa, estalki babesgarria, ongarria eta gehigarriak.
- 2. fasea, estaltzekoa: ura, estalki babesgarria eta aglutinatzailea.

Hidromantak eta hidroereintza aberastuak bi fasetan egiten dira, bietan konposizio berarekin: ura, hazi-nahasketa, estalki babesgarri berezia, ongarria eta gehigarriak. Banatzeko, bi pasaldi egiten dira, gurutzatuak. Haziak ahalik eta uniformearen geratzeko moduan banatu behar dira. Lan hori egin bitartean, hazi-nahasketa homogeneoa dela egiaztatzen joan behar da.

Hazia lurzoruaren azaleko geruza zuzenean ukituz jarri behar da, eta, ahal bada, behar bezala ernamuinduko dela bermatuko duen sakoneran sartu behar da, hazi bakoitzaren tamaina kontuan hartuta.

Gauzatze-prozesuak urrats hauek ditu, kronologikoki:

1. Ereiteko makina hidraulikoaren tanga urez bete, irabiagailuaren palak erdiraino estali arte.
2. Estalki babesgarriaren materiala gehitu, irabiagailuaren palak mugitzen ari direla; ur-azalean pikorrik ez sortzea begiratu behar da.

3. Gero, ur gehiago bota, tangaren edukiera osoaren 3/4 bete arte, irabiagailuaren palak mugimenduan mantenduz.

4. Haziak eta ongarriak gehitu (eta, nahi bada, gehigarriak).

5. Hidroereintza hasi baino lehen, hamar minutuan nahastea irabiatu, ongarriak disolbatzen laguntzeko eta hazien ernetzeko ahalmena suspertzeko.

6. Tanga urez bete, azken 10 cm-etaraino.

7. Lurzoruak egonkortzeko produktua gehitu. Ereiten hasi aurretik, osagai guztien nahaste homogeneoa lortu behar da.

8. Irabiagailuen mugimendua azkartu, nahastearen homogeneizazio-maila hobea lortzeko, ereiten hasi baino minutu bat edo bi lehenago.

9. Erein, makina hidraulikoaren kanoiaren bidez, dela zuzenean, dela hari konektatutako mahuka baten edo batzuen laguntzarekin. Kanoiaren ahotik (edo mahukaren ahotik) tratatu nahi den gainazalera bitarteko distantziak ponparen kanporatze-potentziaren araberkoa izan behar du, 20-70 metro artekoa.

7.1.4 Kalitate-kontrola

Makina, ekipo, tresna eta material guztien egokitasuna egiaztatu behar da.

- Egiaztatu egin behar da unean uneko beharrekin bat datozela ereiteko makina hidraulikoaren ezaugarriak (presio-ponparen emaria, presioa tangaren edukiera), pitenak eta makineria osagarriarenak.

- Materialak egiaztatzeari dakionez:

- Erabiliko den hazi-nahasketa: zakuetan inprimatuta datozen ziurtapen-etiketak eta konposizio-etiketak (nahasketako espezieak, barietateak, ehunekoak) eskatu egin behar dira, eta erabili ahala berreskuratu egingo ditugu.

- Erabilitako materialen neurriak eta ezaugarriak (estalki babesgarriak, finkatzaileak, ongarri organikoak, lur-medeagarriak, laguntzaile biologikoak eta gehigarriak): zakuetan inprimatuta datozen ohar nagusiak (mantenugai-edukia, horien forma, etab.) jaso egin behar dira materialok erabili ondoren. Kontratistak, obra-zuzendaritzaren aurrean, material horien ontziak ireki behar ditu, eta obra-zuzendariari material bakoitzaren 100 g eman behar dizkio, de visu onar ditzan.

- Egiaztatu egin behar da tratatutako azalera eta m²-ko material-kantitateak: hidroereintza-lanari dagokionez, obra-zuzendaritzak egiaztatu egin behar du erabilitako material-kantitateak bat datozela Baldintza Partikularren Agirian m² bakoitzerako adierazitakoekin, eta ereiteko makina hidraulikoaren karga batekin ereindako metro karratuen kopurua egokia dela hidroereintzako materialak m² bakoitzeko behar bezala dosifikatuak izan daitezen.

Hidroereintza egin eta gehienez bi hilabeteko epean tratatutako eremuan haziak ernamuindu ez badira, obra-zuzendariak erabaki behar du hidroereintza-lana errepikatu dadin eskatzea edo ez. Errepikatze hori, egiten bada, kontratistak ordaindu behar du.

7.1.5 Neurketak eta ordainketak

Neurketetarako, obran benetan gauzatutako metro karratuak (m²) hartu behar dira kontuan, betiere ezpondaren gainean neurtuak.

Ordaindu beharrekoa neurketen emaitzei prezio unitarioak aplikatuta kalkulatu behar da, aurretik zehaztutako unitateetan eta 1. Prezio Taulan jasotako prezio unitarioetan oinarrituta.

7.1.6 Gomendioak

• Nahastea prestatzeko erabili beharreko osagaien proportzioa aldatu egiten da kasu jakin bakoitzean, mendi-mazeletako kondizio litologikoen eta klimatikoen arabera. Ingurune fisikoaren azterketa egin behar da, zer material-nahaste erabili eta zer lodiera lortu baloratu ahal izateko.

• Haziak ez jalkitzeko, nahastea behar bezala mantentzen dela ziurtatzea komeni da.

• Nahasteetan, ahal dela ez da erabili behar azkar ernetzen diren eta berehalako eragina duten belarkara aitzindari gehiegi, nahasteko beste espezieekin lehiatu eta haiek haztea eragotzi baitezakete.

• Teknika hauek baliabide mekanikoekin irits daitekeen eremu handietan erabiltzekoak dira; zehazki, ereiteko makina hidraulikoekin iristeko moduko lekuak izan behar dute. Ez dira egokiak eremu txikietarako.

• Ereiteko makina hidraulikoaren ahalmenak landaretu beharreko eremuaren, azaleraren eta erein beharreko lekura iristeko moduaren araberakoa izan behar du.

• Ereiteko sasoia zorrotz errespetatu behar da.

• Komeni da hazien ernamuintze-ahal osoa zaintzea eta biltegitratuta luzaroan egondakoak baztertzea.

• Hidroereintza edo hidromanta aukeratzea tokian tokiko substratu litologikoak eta unean une dagoen aurrekontuak baldintzatuko dute batez ere. Lurzoru biluzietan edo oso harritsuetan, hobe da hidromanta erabiltzea.

Ezpondaren gaineko proiektziorako gomendio espezifikoak:

• Nahastea jaurtitzean, komeni da zurrustak zuzenean ez jotzea erein beharreko gainazala, proiektatu bitartean ezpondan material xeheen mugimendurik gerta ez dadin. Zirkuluak eginez edo sigi-saga proiektatu behar da, jaurtitako nahastea ezpondan behera ez erortzeko. Proiektzioa ezpondaren behealdetik hasi eta gailurrera iritsi arte pixkanaka igoz egin behar da.

• Baldintza klimatologikoak aldekoak ez direla-eta obrak egitea eta emaitza onak lortzea zaila denean, lanak eten egin behar dira, eta ez zaie berriro ekingo harik eta baldintzak berriro ere aldekoak izan arte edo obra-zuzendaritzak onartutako neurri eta prozedura alternatiboak edo zuzentzaileak hartu arte.

• Lanak lubetetan egin behar badira eta oinarrira iritsi ezin bada, mahukak jarri behar dira, beste operadore batek zurrusta behetik zuzendu ahal izan dezan.

7.1.7 Prezio deskonposatuaren proposamena: hidroereintza, hidroereintza aberastua eta hidromanta

Jarraian, proiektzio hidriko bidezko ereintza-mota bakoitzaren prezioak ikusiko ditugu, m²-ko.

Prezio horiek 500 m²-tik 2.000 m²-ra bitarteko eremuetarako ezarritakoak dira. Bestelako kasuetarako, kalkulu hau egin ohi da: 500 m²-tik beherako eremuetarako, prezio unitarioak % 25 igotzen dira, eta 2.000 m²-tik gorako eremuetarako, prezio unitarioak % 20 jaisten dira.

m ² Hidroereintza belarkarak eta zurkarak					
Belarkara sortzea hidroereintza bidez bi pasailutan, klima osoaniko subhezeko eremuetan, belar-espezieen eta zuzunkoen nahaste bat erabiliz, 35 g/m ² -ko proportzioan edozen motatako lurzoru eta maldetan, 500-2.000 m ² -ko azalerakoak, kanpo gainean jantako ereiteko makina hidrauliko, ongaitze, emate eta estaltze bidez, adieraztako materialak eta proportzioak erabiliz. Neuma: gauzafutako azalera.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Eraztekoak	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1	Materialak				
	m ³	Ura	0,002	1,54 €	0,00 €
	Kg	Ongaitze (NPK 15-15-15) i Ongaitze organikoa	0,005	0,74 €	0,03 €
	Kg	Multch zeluskoak	0,1	2,05 €	0,21 €
	Kg	Egokortzaile organikoa	0,02	4,23 €	0,08 €
	L	Acido humikoak	0,005	2,10 €	0,01 €
	Kg	Hidroereintzako hazak, belarkarak	0,003	5,22 €	0,17 €
	Kg	Hidroereintzako hazak, zurkarak	0,002	63,31 €	0,13 €
		Subtotala, materialak:			0,62 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Ereiteko makina hidrauliko, 6.000 l, kanpo gainean	0,010	55,00 €	0,55 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			0,55 €
3	Eskulana				
	h	Luzatzen-burua	0,001	24,89 €	0,02 €
	h	1. malako ofizial lortzaria	0,005	22,07 €	0,11 €
	h	Luzatzezako paila erorta	0,012	18,00 €	0,22 €
		Subtotala, eskulana:			0,35 €
4	Zuzeneko kostu osagarriak				
	%	Zuzeneko kostu osagarria	0,02	0,90 €	0,02 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (hain 10 urteetan)				Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):	1,54 €

90. irudia. Hidroereintzaren prezio deskonposatua

m ² Hidroereintza aberastua					
Belarkara sortzea hidroereintza aberastu bidez bi pasailutan, klima osoaniko subhezeko eremuetan, belar-espezieen eta zuzunkoen nahaste bat erabiliz, 35 g/m ² -ko proportzioan edozen motatako lurzoru eta maldetan, 500-2.000 m ² -ko azalerakoak, kanpo gainean jantako ereiteko makina hidrauliko, ongaitze, emate eta estaltze bidez, adieraztako materialak eta proportzioak erabiliz. Neuma: gauzafutako azalera.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Eraztekoak	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1	Materialak				
	m ³	Ura	0,002	1,54 €	0,00 €
	Kg	Ongaitze (NPK 15-15-15)	0,005	0,74 €	0,03 €
	Kg	Multch zeluskoak	0,1	2,05 €	0,21 €
	Kg	Egokortzaile organikoa	0,02	4,23 €	0,08 €
	L	Acido humikoak	0,005	2,10 €	0,01 €
	Kg	Hidroereintzako hazak, belarkarak	0,003	5,22 €	0,17 €
	Kg	Hidroereintzako hazak, zurkarak	0,002	63,31 €	0,13 €
	m ³	Landare-lur bahotua	0,02	25,00 €	0,50 €
		Subtotala, materialak:			1,13 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Landare-lur bahotua	0,010	55,00 €	0,55 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			0,55 €
3	Eskulana				
	h	Luzatzen-burua	0,001	24,89 €	0,02 €
	h	1. malako ofizial lortzaria	0,005	22,07 €	0,11 €
	h	Luzatzezako paila erorta	0,012	18,00 €	0,22 €
		Subtotala, eskulana:			0,35 €
4	Zuzeneko kostu osagarriak				
	%	Zuzeneko kostu osagarria	0,02	0,90 €	0,02 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (hain 10 urteetan)				Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):	2,05 €

91. irudia. Hidroereintza aberastuaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria, Eusko Jaurlaritza, 2021

m ² Hidromanta					
Belarkara sortzea hidromanta bidez bi pasailutan, klima osoaniko subhezeko eremuetan, belar-espezieen eta zuzunkoen nahaste bat erabiliz, 35 g/m ² -ko proportzioan edozen motatako lurzoru eta maldetan, 500-2.000 m ² -ko azalerakoak, kanpo gainean jantako ereiteko makina hidrauliko, ongaitze, emate eta estaltze bidez, adieraztako materialak eta proportzioak erabiliz. Neuma: gauzafutako azalera.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Eraztekoak	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1	Materialak				
	m ³	Ura	0,002	1,54 €	0,00 €
	Kg	Ongaitze (NPK 15-15-15)	0,005	0,74 €	0,03 €
	Kg	Hidromantako esteko espezifikoak	0,1	5,00 €	0,50 €
	Kg	Egokortzaile organikoa	0,02	4,23 €	0,08 €
	L	Acido humikoak	0,005	2,10 €	0,01 €
	Kg	Hidroereintzako hazak, belarkarak	0,003	5,22 €	0,17 €
	Kg	Hidroereintzako hazak, zurkarak	0,002	63,31 €	0,13 €
	m ³	Landare-lur bahotua	0,01	20,00 €	0,20 €
		Subtotala, materialak:			1,12 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Hidroerentzadora 6.000 l solino kanpo	0,010	55,00 €	0,55 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			0,55 €
3	Eskulana				
	h	Luzatzen-burua	0,001	24,89 €	0,02 €
	h	1. malako ofizial lortzaria	0,005	22,07 €	0,11 €
	h	Luzatzezako paila erorta	0,012	18,00 €	0,22 €
		Subtotala, eskulana:			0,35 €
4	Zuzeneko kostu osagarriak				
	%	Zuzeneko kostu osagarria	0,02	0,90 €	0,02 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (hain 10 urteetan)				Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):	2,04 €

92. irudia. Hidromantaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria, Eusko Jaurlaritza, 2021

7.2 EGONKORTZE-TEKNIKAK

7.2.1 Aldaxka landatzea



93. irudia. Jarritako aldaxka baten xehetasuna. Iturria: Florineth eta P. Sangalli – SCIA SL

7.2.1.1 Definizioa eta irismena

Kapitulu honetan Natur Bioingeniaritzako oinarritzko tekniketako bat jorratuko dugu: aldaxka landatzea. Egonkortze-teknika bat da, eta honetan datza: ugalketa begetatiborako ahalmena eta sustrai adbentizioak sortzeko gaitasuna dituzten espezie autoktonoen aldaxkak landatzea (autoktonoenak izateak garatu beharko diren lekuko kondizioetara egokitzeko gaitasuna bermatzen du), lurzoruan perpendikularki sartuta, muskiltzen eta garatzen joan ahala landarearen sustrai-aparatuak lurzorua egonkortu eta higaduratik babestu dezan. Aldaxka, bestalde, adarrak gabeko zati bat izaten da, 3 cm-tik 10 cm-ra bitarteko diametrokoa eta 50-150 cm-ko luzerakoa.

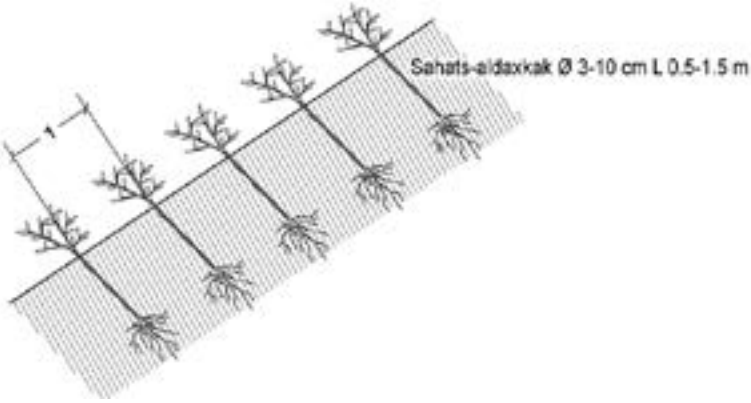
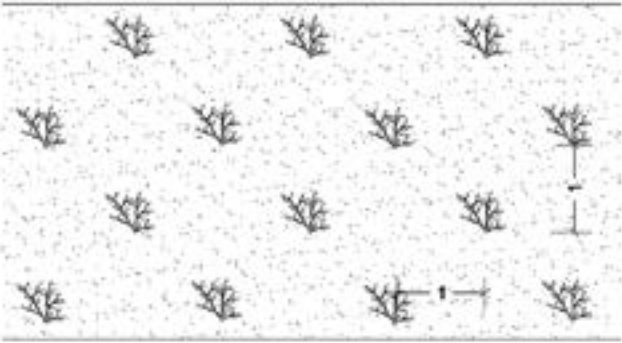
Aldaxkak lurzoruan hiruzuloka jartzen direnean bere horretan egonkortze-teknika bat dira, baina bioingeniaritzako beste teknika batzuen osagarri ere erabiltzen, hala nola egur-hormetan, egur-hesi bizietan, gabioietan, harri-lubeta landatuetan eta horma berdeetan.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira: gainazal sortu berriak egonkortzeko teknika merke eta gauzatzeko erraza da, eta, bere efektua, hasiera batean lokala baino ez dena, gainazalean hedatu egiten da landarea garatutakoan (6 hilabetetik 1-2 urtera, erabilitako espezieen arabera). Nolanahi ere, sustrai-sistemek lurzorua ebaketarekiko erresistentzia handitzen dute 0,5 m-rainoko sakoneran, zer espezie erabili diren.

7.2.1.2 Aplikazioa

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Ibaiertzetako eta lakuetako malda mugatuko ezpondetan (35º-raino), landaretzeko elementu gisa.
- Ibai-eremuetan, landare malguen lehen lerroa berregiteko erabiltzen da (salikazeoak edo antzekoak.
- Azaleko higaduraren kontrolean, estaltze-materialei eusteko erabiltzen da: manta edo sare organiko edo sintetikoak, adibidez.
- Beste egonkortze-teknika batzuen artean erabilia, tarteko eremuak egonkortzeko balio du.
- Sarritan istilduta dauden sakonuneetan, horiek konpontzeko balio du.
- Harri-lubetetako, hormetako eta gabioietako zirrikitu eta arrakaletan, taketa bizi gisa erabiltzen dira, geosintetikoak, manta organikoak, adar-sortak, adar-hesiak eta abar jartzeko.



94. irudia. Aldaxka-landatzea: eraikuntza-eskema. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

7.2.1.3 Materialak

Aldaxka-landatzeak egiteko materialak espezie zurkara autoktono aitzindariak izan behar ditu jatorri —eremu horretako bertako landare-multzo potentzialekoak, alegia—, eta ezaugarri bioteknikoak izan behar ditu, hau da, Natur Bioingeniaritzako egituretan erabiltzeko egoki bihurtzen duten ezaugarri biologiko eta teknikoak.

Landaredia geldialdi begetatibo hedatuko sasoian erabili behar da: urriaren amaieratik apirilaren hasierara. Hiruzuloka landatu behar da, eta dentsitate egokia 2-5 landare/m² da, kondizioen eta erabilitako espezieen arabera: zenbat eta amaierako tamaina handiagoa, orduan eta dentsitate txikiagoa. Garrantzitsua da ziurtatzea aldaxkak badituela gutxienez bi begi lurperatutako zatian eta bat airekoan, berriro muskildu dadin.

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 4.3.1 epigrafean (“Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak”).

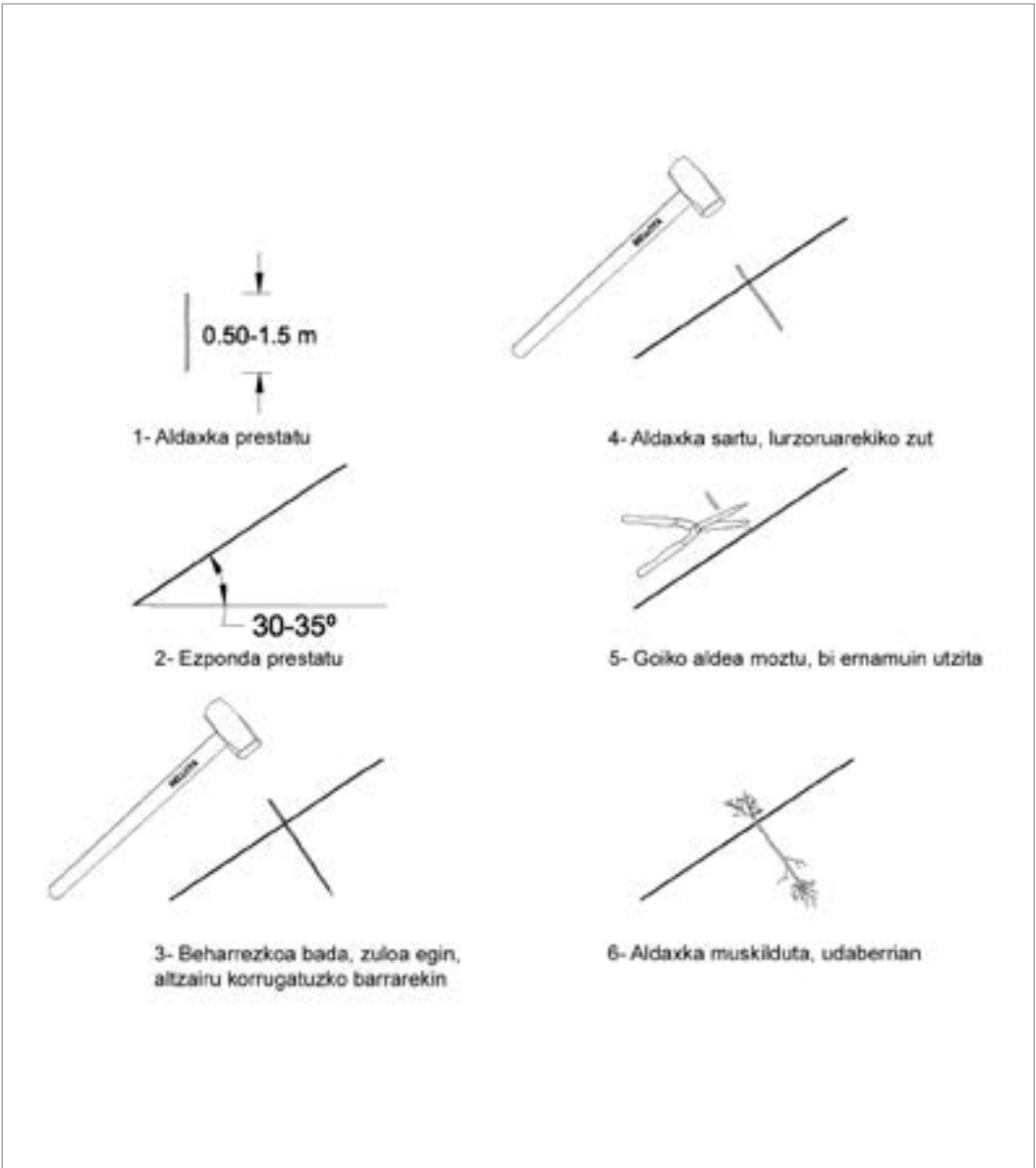
7.2.1.4 Obrak gauzatzea

Aldaxkak, ahal dela, landatuko diren egunean bertan prestatu behar dira, urrats hauei jarraituz:

1. Aldaxka bi muturrak ondo bereizteko moduan prestatu: oinaldea lantzerka moztuta, eta mutur distala, zuzen.
2. Beharrezkoa bada, lur gaina sasiz garbitu eta soildu. Obra berrian, lurzoruari ezponda eman, gehienez ere 35º-ko malda izateko moduan.

- 3. Aldaxkak landatzeko, aurrez zuloa egin, altzairu korrugatuzko barra bat erabiliz, eta zurezko mazo baten laguntzaz aldaxkak sartu. Aldaxkak lurzoruarekiko zut sartu behar dira. Begiek gorantz begira egon behar dute, eta lantzerka moztutako aldea sartu behar da zuloan.
- 4. Lurzoruan aldaxkaren 3/4 sartu, kontuan izanda zuloan estu-estu geratu behar duela eta sartzeari halako erresistentzia bat egin behar diola. Aldaxkak horma-egituretan edo harri-lubetetan jartzen direnean, zuloak bete egin behar dira, material inertez edo egiturazko lurzoruz (ikus “Harri-lubeta landatua” kapitulua).
- 5. Gero, aldaxkak zeharka moztu, kanpoan gutxienez begi bat edo bi utzita.
- 6. Landaketa-dentsitatea ezpondaren maldaren eta egonkortze-premiaren arabera izango da. Bizkaiko lurzoruen kondizioetarako, 2-5 adaxka/m² izan ohi da neurria. Normalean ezpondaren behealdeko 2/3etan jartzen dira.
- 7. Beharrezkoa izanez gero, adaxkak landatu ondoren ureztatu, laguntzeko.

95. irudia. Aldaxka-landatzearen eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.2.1.5 Kalitate-kontrola

Landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea. Obra-zuzendariak edozein unetan eskatu dezake 8.1 epigrafean (“Kalitate-kontrola”) adierazitako edozein saiakuntza egiteko.

7.2.1.6 Neurketak eta ordainketak

Aldaxka-landatzea benetan jarritako ale bakoitzeko neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

7.2.1.7 Gomendioak

- Teknika horretan nahitaezkoa da lur-mugimendu txikiak egitea (funtsean, ezponda berriro profilatzea). Teknikaren erantzuna higaduraren aurrean ez da berehalakoa, eta, beraz, beharrezkoa izaten da aldaxkak landatu ondoren lur gainak ereitea edo, bestela, geozuntz biodegradagarria erabiltzea (adibidez, sare organikoa).
- Aldaxkek luzera egokia izan behar dute: ezpondaren maldaren arabera, batetik, eta aldaxkak sartuko diren egituren tamainaren arabera, bestetik. Bai gabioietan, bai harri-lubeta landatuetan, aldaxkek trasdosera iritsi behar dute, lur naturala ukitzen daudela bermatu behar da eta. Arazo nagusietako bat da adaxkak normalean motzegiak izaten direla edo orri geozuntz bat ere jartzen dela (behar bezala sustraitzea eragozten du horrek).
- Landaredia azkar garatzen da, baina 1-2 urte behar dira landarediaren indartze-efektuak erabatekoak izatera iristeko.
- Landare-material ugari behar da.

7.2.1.8 Prezio deskonposatuaren proposamena: aldaxka landatzea

Bi prezio daude ezarrita: landatutako aldaxka-aleko prezioa eta aldaxka-landatze bidez egonkortutako m²-ko prezioa.

Aldaxka-landatzea					
Aldaxka-landatzearen eraikuntza-prozesuko faseak					
Aldaxka-landatzearen eraikuntza-prozesuko faseak					
Aldaxka-landatzearen eraikuntza-prozesuko faseak					
Kodea	Unitatea	Deskribuzioa	Enkargimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzua
1	alea	Aldaxka-landatzea	1,00	0,80 €	0,80 €
Subtotala, materialak:					0,80 €
2	s	Ekipos eta makineria	0,002	35	0,07 €
	s	Kantoiak 10 m3 bakoitzeko integratutako kargatzaile 16 t	0,003	3,5	0,01 €
Subtotala, ekipos eta makineria:					0,08 €
3	s	Eskulana	0,01	24,89 €	0,12 €
	s	Obra zibiko berraketa	0,03	22,07 €	0,66 €
	s	Enkargimendua proiektuaren	0,05	18,00 €	0,90 €
Subtotala, eskulana:					1,68 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	5,77 €	0,04 €
Zuzeneko kostu osagarria					0,04 €
Guztira (1+2+3+4)					2,59 €

96. irudia. Aldaxka-landatzearen prezio deskonposatua aldaxkako. Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria, Eusko Jaurlaritza, 2021

m2 Adar-aldaxkak landatzea					
m2 adar-aldaxka prestatzea, hornitzea eta jartzea, ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie zurkarenak, obratik gertuko lekuetan biduak (10 km-ko erradioan) bi urteko aleetatik, gubuzenez 50 cm-ko luzerakoak eta 2-5 cm-ko diametrokoak, lurzoruan sartuta harenko zut, 35 gradu baino gutxiagoko ezpondetan. Dentsitatea: 3 aldaxka/m2 hiru zuloa.					
Kodea	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitutakoa
1	alea	Materialak			
		Aldaxka prestatzea	3,00	0,80 €	2,40 €
Subtotala, materialak:				2,40 €	
2	h	Ekipoa eta makineria			
		Kamioia 10 m3 trakzio integratua k/garabia 16t	0,006	35	0,21 €
	h	Motozema	0,010	3,5	0,04 €
Subtotala, ekipoa eta makineria:					0,21 €
3	h	Eskulana			
		Obrak zibileko burua	0,01	24,89 €	0,25 €
		Obrak zibileko erakuntzako 1. ofiziala	0,10	22,07 €	2,21 €
		Erakuntzako peoi amanta	0,20	18,00 €	3,60 €
Subtotala, eskulana:					6,06 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
		Zuzeneko kostu osagarriak		6,27 €	0,09 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,67 € (hori 10 urtean)			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4): 8,67 €		

97. irudia. Aldaxka-landatzearen prezio deskonposatua m²-ko.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria, Eusko Jaurlaritza, 2021

7.2.1.9 Kalkulua

Atal honetan, lurzorua-sustraiak indartze-ereduen bidez edo landa-saiakuntzen bidez (Böhm, 1979) eta/edo gaiari buruzko bibliografiatik abiatuta lortutako parametroak ageri dira.

Hona hemen diseinuaren eta proiektuaren faseetan erabiltzen diren parametroak:

Sustraien trakzioarekiko erresistentzia: parametro hau karakterizatzeko, landa-lanak eta laginen trakzioarekiko erresistentzia-saiakuntzak egin daitezke. Hori ezinezkoa denean, horri buruzko bibliografian argitaratuta dagoen sustraien trakzioarekiko batez besteko erresistentziaren balioak erabil daitezke.

Sustrai-sistemaren aterea izatearen aurkako erresistentzia (pull out strength): parametro hori aurrekoarekin lotuta dago. Balio horiek zehazteko, landa-lanak egin daitezke, Norrisi (2005) jarraituz. Hori ezinezkoa denean, gaiari buruzko bibliografian argitaratuta dauden balioak erabil daitezke.

Obran erabilitako espezieak aterea izatearen aurka duen erresistentziari buruzko informaziorik aurkitu ezin bada, gutxi gorabehera kalkulatu ahal izango da, sustraiaren trakzioarekiko erresistentziaren balioari 0,65 faktorea (Norris, 2005) edo 0,6 (Greenwood, 2006) aplikatuz.

Oro har, bi parametro horiek karakterizatzeko, landa-lanak egitea da onena. Horri esker, izan ere, esku hartuko den eremura egokitutako datuak (edo antzekoak) izango ditugu, eta, horretaz gain, datu-base propioa sortzen joango gara, obrak behar bezala dimentsionatzeko oso beharrezkoa.

7.2.1.10 Landarediaren garapenaren efektuak egonkortasun-egiaztapenetan

Bai “landareen sustraiak eragindako kohesio gehigarria”, eta bai “lurzuaren bultzaden gaineke efektuak” luze eta zabal azalduta daude 6.3.2 epigrafean “Landarediaren garapenaren efektuak egonkortasun-egiaztapenetan”).

7.2 EGONKORTZE-TEKNIKAK

7.2.2 Adar-sortak



98. irudia. Adar-sortaren xehetasuna. Iturria: F. Florineth eta P. Sangalli – SCIA SL

7.2.2.1 Definizioa eta irismena

Adar-sorta biziena ertzak egonkortzeko teknika bat da, eta, izenak adierazten duen bezala, adarrez sorta zilindriko bat egitean datza. Adarrek ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie zurkara autoktonoenak izan behar dute, eta sortak 20-40 cm bitarteko diametroa izan ohi du. Gainera, adarrek malguak, luzeak eta zuzenak izan behar dute, eta geldialdi begetatiboan egon behar dute. Hazkuntza-begi aktiboak izan behar dituzte, eta 150-200 cm bitarteko luzera eta 1-4 cm bitarteko diametroa. Adar-sortaren zabalera 30-50 cm bitartekoa izan ohi da, erabileraren arabera. Sortako adarrak, elkartuta, metroan behin lotzen dira.

Adar-sortak egiteko materialak espezie zurkara autoktono aitzindariak izan behar ditu jatorri —eremu horretako bertako landare-multzo potentzialekoak, alegia—, eta ezaugarri bioteknikoak izan behar ditu, hau da, Natur Bioingeniaritzako egituretan erabiltzeko egoki bihurtzen duten ezaugarri biologiko eta teknikoak. Bizkaiko Lurralde Historikoan, zehazki, batez ere *Salix atrocinerea*, *Salix purpurea* eta *Tamarix gallica* erabiltzen dira.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

Egonkortzeko adar-sortak:

- Teknikaren erantzuna higaduraren aurrean berehalakoa da, gauzatzen den une beretik, baita muskildu aurretik ere.
- Landaredia azkar garatzen da, eta 1-2 urtean landarediaren indartze-efektuak erabatekoak dira.
- Erraz gauzatzen da, azkar, eta kostuak txikiak dira (ez da lur-mugimendu handirik behar; funtsean, mendi-mazela profilatzea baino ez).

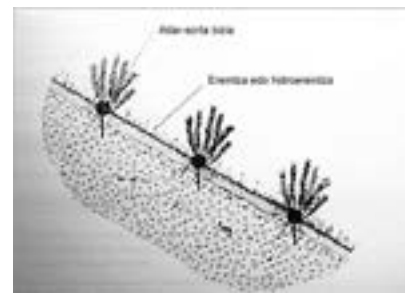
Drainatzeko adar-sortak:

- Drainatze-efektua adar-sortaren egiturekin nahiz landaredia garatutakoan haren funtzionamenduari lotzen da.
- Sistema azkarra da, eta gauzatzeko erraza.
- Drainatze-efektua ebapotranspirazioaren ondorioz sortzen da.

7.2.2.2 Aplikazioak

Zenbait helburutarako erabil daiteke:

- Ertzaren edo ezpondaren oina egonkortzeko teknika gisa – Egonkortzeko adar-sorta.
- Mazela drainatzeko teknika gisa – Drainatzeko adar-sorta.
- Zurezko egiturak betetzeko elementu gisa, normalean ibaietakoak, hala nola egur-hormak, zuresiak eta adar-estaldurak.



99. irudia. Ezponda egonkortzeko adar-sorta.
Iturria: Manuale Ingegneria Naturalistica - AIPIN

Adar-sorta, egonkortze-teknika gisa

Adar-sorten funtzio nagusia egonkortzea izan behar bada (99. irudia, aurreko orrialdea), zangetan jarri behar dira, sestra-kurbari jarraituz. Adar-sorta horiek lurzorura hesolaz edo taketaz lotzen dira, eta lurrez estaltzen dira.

Adar-sorta, drainatze-teknika gisa

Adar-sorten funtzioa drainatzea izan behar bada (100. irudia), malda hezeetan angelu bat eratuz jartzen dira, drainatzea errazteko eta azaleko higadura murrizteko. Normalean arrain-hezur forman jartzen dira.

Adar-sorta bizen teknika beste egonkortze-teknika batzuekin konbinatu daiteke, hala nola adar-hesi bizenekin edo aldaxka-landatzeekin.

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

Egonkortzea:

- Ezponda egonkortzeko, higadura kontrolatzeko hesiak sortuz.
- Ibaiertzen oinak egonkortzeko, indar ertaineko eta emari ertaineko ibaietan.
- Azaleko irristatzeetatik babesteko.
- Malda efektiboa murrizteko, adar-sortek hura tarte laburretan zatituta.

Drainatzea:

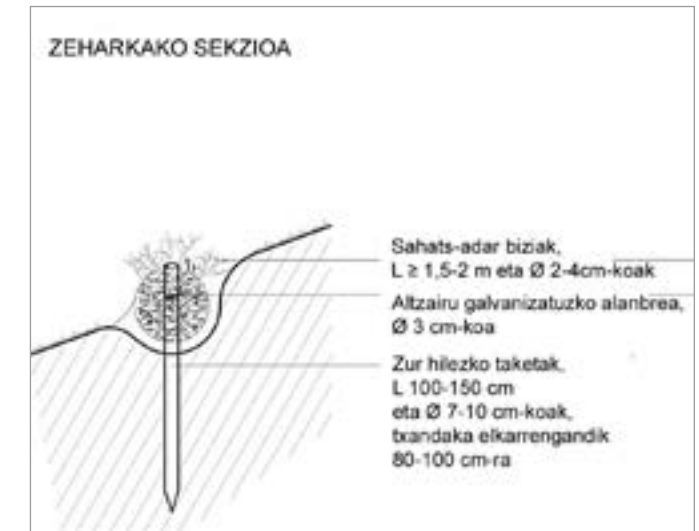
- Isuri-urak kontrolatzeko, adar-sorta biziak azalpeko drain gisa erabiliz.
- Pitzadurak karkaba handi bihurtzeko eragozteko.
- Karkaba txikiak konpontzeko (gehienez 1 m-eko sakonerakoak eta 2 m-ko zabalerakoak).
- Drainatze-kanal naturalak indartzeko, arekak husteko lekuetan eta hustubideetan.

Egiturak betetzea (ibaietako zuresiak eta egur-hormak, adibidez):

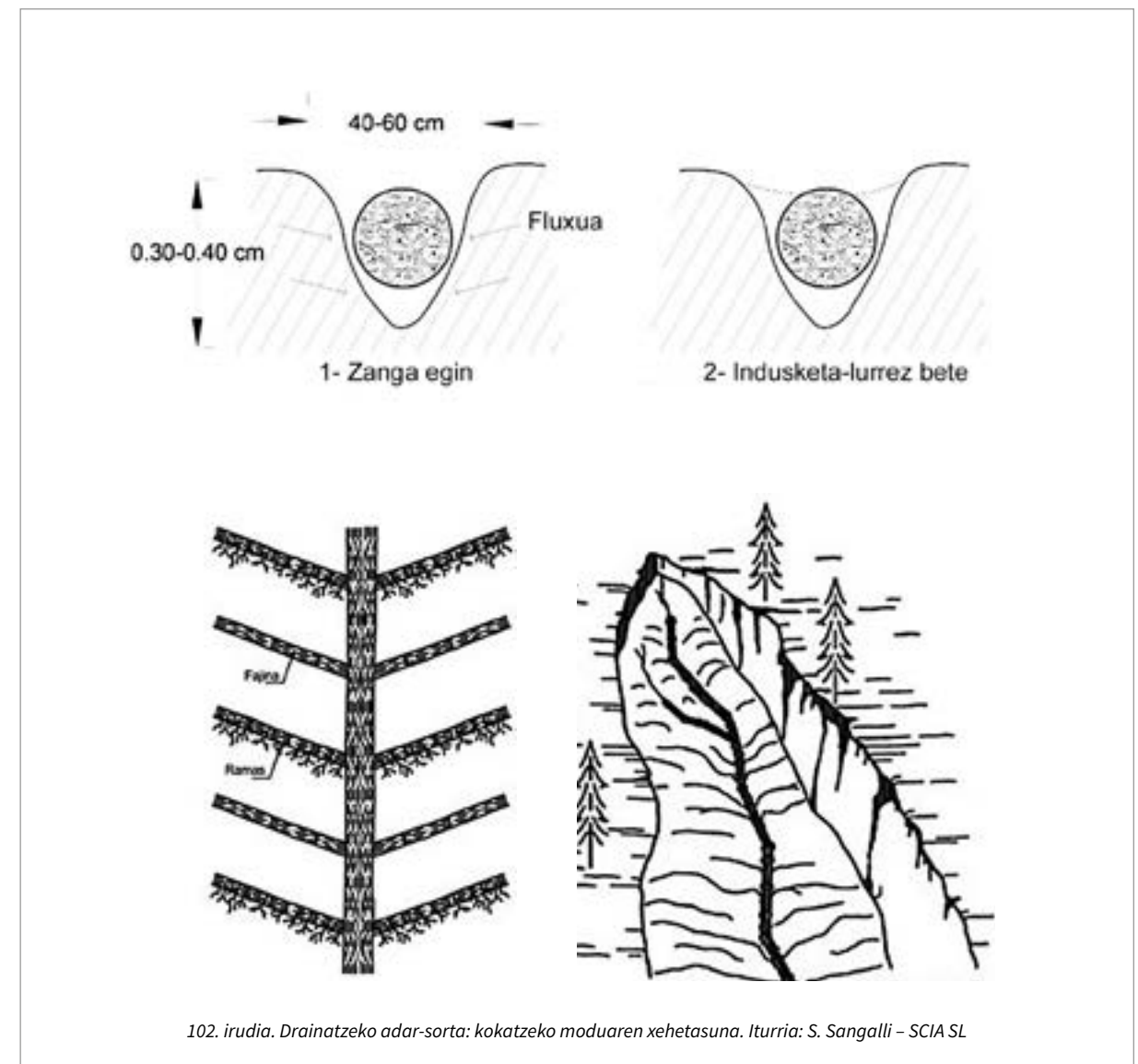
Egituren garbiketa ez gertatzeko erabiltzen dira.



100. irudia. Adar-sorta: eraikuntza-xehetasuna.
Iturria: Manuale Ingegneria Naturalistica - AIPIN



101. irudia. Adar-sorta: eraikitze xehetasuna.
Iturria: S. Sangalli - SCIA SL



102. irudia. Drainatzeko adar-sorta: kokatzeko moduaren xehetasuna. Iturria: S. Sangalli - SCIA SL

7.2.2.3 Materialak

Hurrengo ataletan, adar-sortak egiteko erabili beharreko materialak deskribatuko ditugu.

- Zur hil edo lehorrezko taketak, 100 cm-ko edo gehiagoko luzerakoak eta 7-10 cm bitarteko diametrokoak. Lurzoru harritsuetan, altxairu korrugatuzko barrak ere erabil daitezke, 12 mm-ko diametrokoak.
- Alambre suberatua edo galvanizatua, 2-3 mm bitarteko diametrokoa, soka edo zuntz naturalak.

7.2.2.4 Obrak gauzatzea

Adar-sortak egiteko, 4 cm-rainoko diametroa duen material malgua erabili behar da, gutxi gorabeherako kalkulu honi jarraituz: 10 m lineal adar-sorta, 1 m³ adar. Adar-sortek, normalean, 30-50 cm-ko diametroa izaten dute.

Landaredia geldialdi begetatibo hedatuko sasoian erabili behar da: urriaren amaieratik apirilaren hasierara.

Adar-sorta biziak lurzoruan jarri aurre-aurretik prestatu behar dira, urrats hauek jarraituz:

1. Sorta egiteko, adarrak bata bestearekin ondo elkartu, oinarritik, kontuan izanda sortak 30-40 cm-ko diametroa eta 3-5 m-ko luzera izan behar duela. Alanbrez edo sokaz lotu 50 cm-tik behin, tenkatuta, adarrak ondo lotuta gera daitezten. Adarren punta guztiek beti alde berera begira egon behar dute, drainatzeko edo ibaiertzak egonkortzeko erabiltzekoak badira, batez ere.
2. Zangak egin, 30-50 cm bitarteko zabalerakoak. Adar-sortak zer funtzio bete behar duen, zanga era batera edo bestera egin behar da:

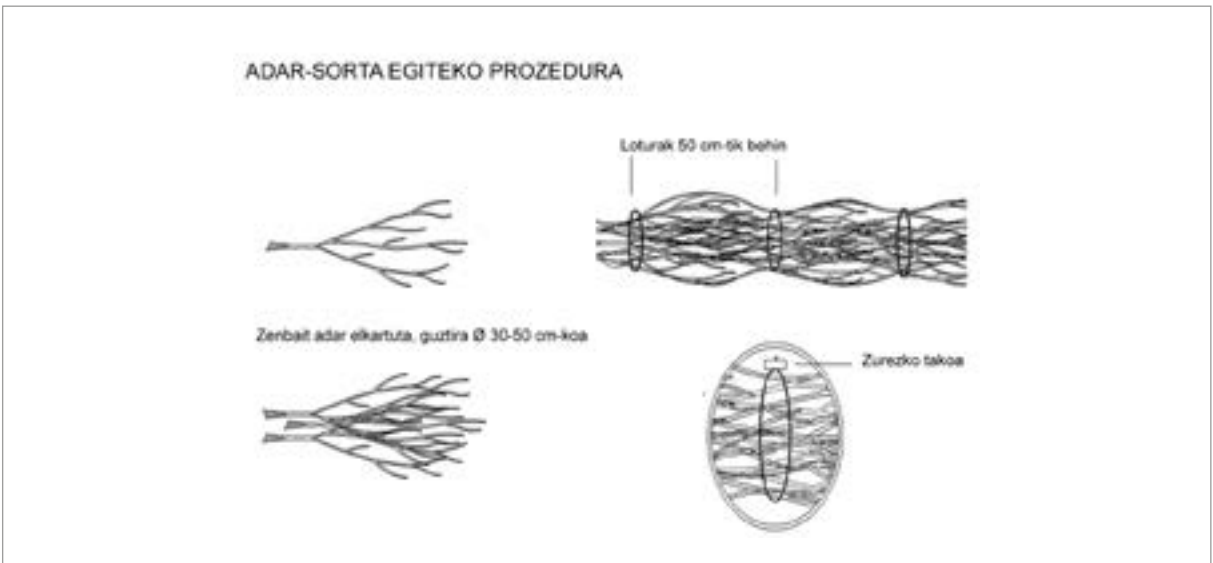
Egonkortzeko adar-sorta:

- Ezpondetan, zanga sestra-kurbari jarraituz egiten da.
- Ibai-inguruneetan, zanga uren erdiko mailan egiten da. Adar-sortaren orientazioari dagokionez, adarren puntak uraren joanari begira jarri behar dira beti, arazorik sortu ez dadin.

Drainatzeko adar-sorta:

- Lanak behetik gora egin behar dira.
 - Zangak arrain-hezur forman egin behar dira: zanga nagusi bat, eta harekin konektatuta besoak (bigarren mailako zangak), 20-45° bitarteko albo-angeludunak.
3. Zangaren barruan alde zuzenetik egindako adar-sorta bizia jarri, erabat lurperatuta eta luraren arrasean geratzeko moduan. Adar-sortaren oinarrian tamaina desberdineko harriak jar daitezke, babes-elementu gisa.
 4. Adar-sorta lurzoruan finkatu, zurezko taketen edo altzairu korrugatuzko barren bidez sorta zeharkatuz. Taketek elkarrengandik 0,8-1 m-eko tartera jarri ohi dira, txandaka orientazioa aldatuta, egitura elastikoagoa izan dadin. Taketek 100-150 cm-ko luzera eta 7-10 cm-ko diametroa izan behar dute.

103. irudia. Adar-sorta: eraikuntza-eskema. Iturria: NTJ



104. irudia. Adar-sorten bidezko drainatze-sistema, Bergarako GI-627 saihesbidean. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL eta A. Bea

5. Zangak egitean ateratako lurra adar-sorten alboetan zehar jarri behar da, ondo trinkotuta, aire-hutsunerik gera ez dadin.
6. Adar-sortak drainatzeko direnean, erdiko drainak zenbait adar-sortarekin bete daitezke, zangaren luzeraren arabera.

7.2.2.5 Kalitate-kontrola

Landare-material biziaren kasuan, zehazki adarrek, obratik gertuko lekuak izan behar dituzte jatorri, ahal dela Bizkaikoak, eta obraren inguruko landareetatik lortu behar dira.

Oro har, adar-sortak muskiltzeko espezie horiek berak naturan behar duten baino denbora gehixeago behar izaten dute (2-3 aste). Muskiltze-mailak uniformea izan behar du adar-sortaren luze osoan.

Komenigarri da “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean landare-materialari dagokionez adierazitako saiakuntzak egitea.

7.2.2.6 Neurketak eta ordainketak

Adar-sorten lana benetan jarritako metro linealeko neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

7.2.2.7 Gomendioak

- Adar-sortak lana beheko aldetik egiten hasi eta goialderantz jarri behar dira.
 - Erabat horizontal jartzea ezpona lehorretarako da egokia batez ere, ura geldiarazteko funtzioa bete baitezakete horrela. Aldiz, sorta-ilarak pixka bat inklinatuta jartzeak ura isurketara laguntzen du.
 - Garrantzitsua da adar-sortak zuzenean lurzorua ukitzen egotea.
 - Geldialdi begetatiboan egin behar dira.
- Egonkortzeko adar-sortak
- Sustrai-sistemek lurzoruaren ebaketarekiko erresistentzia handitzen dute 0,5 m-rainoko sakoneran, zer espezie erabili diren.
 - Egonkortze-efektua mugatua da, eta, beraz, teknika hori azaleko irristatze- edo egonkortze-kasuetan bakarrik erabiltzea proposatzen da.
- Drainatzeko adar-sortak
- Mendi-mazelan zehar biderik laburrenean jartzen dira, uraren bideari jarraituz.
 - Malda handieneko puntuetan, komenigarria izan daiteke adar-sortak hagaz edo hesolaz armatzea, sendoagoak izan daitezten.
 - Ura lur gainekoa denean bakarrik dira eraginkorrak adar-sortak; beraz, ez dute balio lurzorua sakonean drainatzek.



Irudiak 105. Drainatzeko adar-sortak, babesteko mantarekin. 106. irudia. Drainatzeko adar-sorta baten xehetasuna eta geroko itxura, lanak gauzatu eta 6 hilabetera. Iturria: F. Florineth

7.2.2.8 Prezio deskonposatuaren proposamena: adar-sorta bizia

107. irudia. Drainatzeko adar-sorta maldan jartzearen prezio deskonposatua. Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria, Eusko Jaurlaritza, 2021

m Drainatzeko adar-sorta maldan					
Metro lineal adar-sorta prestatzea, hornitzea eta jartzea, ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie zurkarenak, obratik gertuko lekuetan bilduak (25 km-ko erradioan) bi urteko aleetatik, gutxienez 30 cm-ko diametrokoak, lurzoruan sartuta harekiko zut, zurezko taketen bidez. Barnean daude indusketa-lana eta ondorengo betelana indusketa-lurrekin.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zenbatekoa
1		Materiak			
	m3	Adar-sortarako landare-materiala	0,10	80,00 €	8,00 €
	alea	Zurezko taketa	1,00	10,00 €	10,00 €
	Kg	Alantise	0,50	4,00 €	2,00 €
		Subtotala, materialak:			20,00 €
2		Ekipoa eta makineria			
	h	Kamioia 10 m3 trakzio integrala kugarabia 15 t	0,020	35,00 €	0,70 €
	h	Motozerra	0,050	3,50 €	0,18 €
	h	Atzerako hondoamaina beldar-katiduna 150 kW	0,080	50,14 €	4,01 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			4,89 €
3		Eskulana			
	h	Obra zibileko burua	0,01	24,89 €	0,12 €
	h	Obra zibileko eraikuntzako l. ofiziala	0,60	22,07 €	13,24 €
	h	Eraikuntzako peoi arrunta	0,60	18,00 €	10,80 €
		Subtotala, eskulana:			24,17 €
4		Zuzeneko kostu osagarriak			
	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	29,05 €	0,58 €
Hamar urteko mantentze-kostu: 15,87 € (lehen 10 urteetan).			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):		39,63 €

7.2.2.9 Kalkulua

Gaur egun ez dago egonkortzeko adar-sortak erabiltzeak dakarren egonkortasun-bermeari buruzko daturik. Modu enpirikoan, lekuan lekuko maldaren arabera zer distantziatar jarri behar diren zehaztu da.

11. taulan ageri dira distantziak, bai higadura kontrolatzeko adar-sortetarako, bai drainatzekoetarako.

12. taulan, berriz, ibaiertzeko adar-sorten erresistentzia-parametroak ageri dira, adibide gisa, azpiegitura ubideren batek ebakitzen duela-eta jarduketaren bat egin beharko balitz ere.

Malda nH:mH	Adar-sorten zangen arteko distantzia (metroak)	
	Sestra-kurban	Drainatzeko maldarekin
1:1 - 1,5:1	1,0 - 1,2	0,6 - 1,0
1,5:1 - 2:1	1,2 - 1,5	1,0 - 1,5
2:1 - 2,5:1	1,5 - 1,8	1,0 - 1,5
2,5:1 - 3:1	1,8 - 2,4	1,2 - 1,5
3:1 - 3,5:1	2,4 - 2,7	1,5 - 2,0
3,5:1 - 4:1	2,7 - 3,0	1,8 - 2,4

Erresistentzia-atalaseari dagokionez, bereizi egin behar da erabilitako material bizia garatu aurreko egoera eta garatu ondorengoa.

Sare organiko bat jartzea lagungarria da herrestatzearen aurkako erresistentzia-balioak hasiera-hasieratik handiagoak izan daitezen. Kasu honetan, muga-balioak 2,5 m/s eta 250 N/m² dira.

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 4.3.1 epigrafean (“Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak”).

Fasea	Tentsio tangential onargarria (N/m²)	Abiadura onargarria (m/s)
Material bizia garatu aurretik	100	1,0
Material bizia garatu ondoren	250	3,0

7.2 2 EGONKORTZE-TEKNIKAK

7.2.3 Adar-mailak



108. irudia. Adar-mailaz egindako lubeta. Iturria: Ugo Schiechtl. Brennero autobidea. Austria

7.2.3.1 Definizioa eta irismena

Azaleko lur-irristatzeetan eta ezpondak eta ertzak egonkortzeko da egokia egonkortze-teknika hori. Prozedura da sustrai adbentizioak sortzeko gaitasuna duten aldaxka eta/edo landare autoktono sustraituen ilara horizontalak edo azpihorizontalak eratzea. Indusketa inklinatu baten barruan jartzen dira horiek, gutxi gorabehera 5-10°-ko angeluarekin. Normalean, 40° baino gutxiagoko malda duten errepide eta trenbideetako ezpondetan edo azaleko irristatzeak dituzten mazeletan aplikatzen da. Landare-materialak lurzorua sendotzen eta drainatzen du eta, ilara horizontaletan edo pixka bat inklinatutan jarrita (elkarrengandik pare bat metroko tartea utzita), lur gainaren higadurari aurrea hartzea lortzen du, ur-kantitatea murrizten laguntzen du eta, hala, isurketa-fluxua kontrolatzeko modua ematen du. Lur gaineko ura geldiarazten duenez, ilaratan jartzeak oso modu eraginkorrean egiten die aurre azaleko higadurari eta lur-mugimendu txikiei, urak substratuaren azaleko geruzak mugiarazteko adina indar hartzea eragozten duelako eta, aldi berean, lurzorua ur gehiago atxikitzea eta isurketa kontrolatua izatea laguntzen duelako.

Landare-material bizia erabiltzeak berekin dakar behin material bizi hori sustraitu eta garatu ondoren lurzorua ondo sendotuta eta ondo drainatuta egongo dela ziur, berme osoz, landare-espeziearen sustrai-sistemari eta hostoen transpirazioari esker, sustraien bidez lurzortik ura atera eta kontsumitzen baitute.

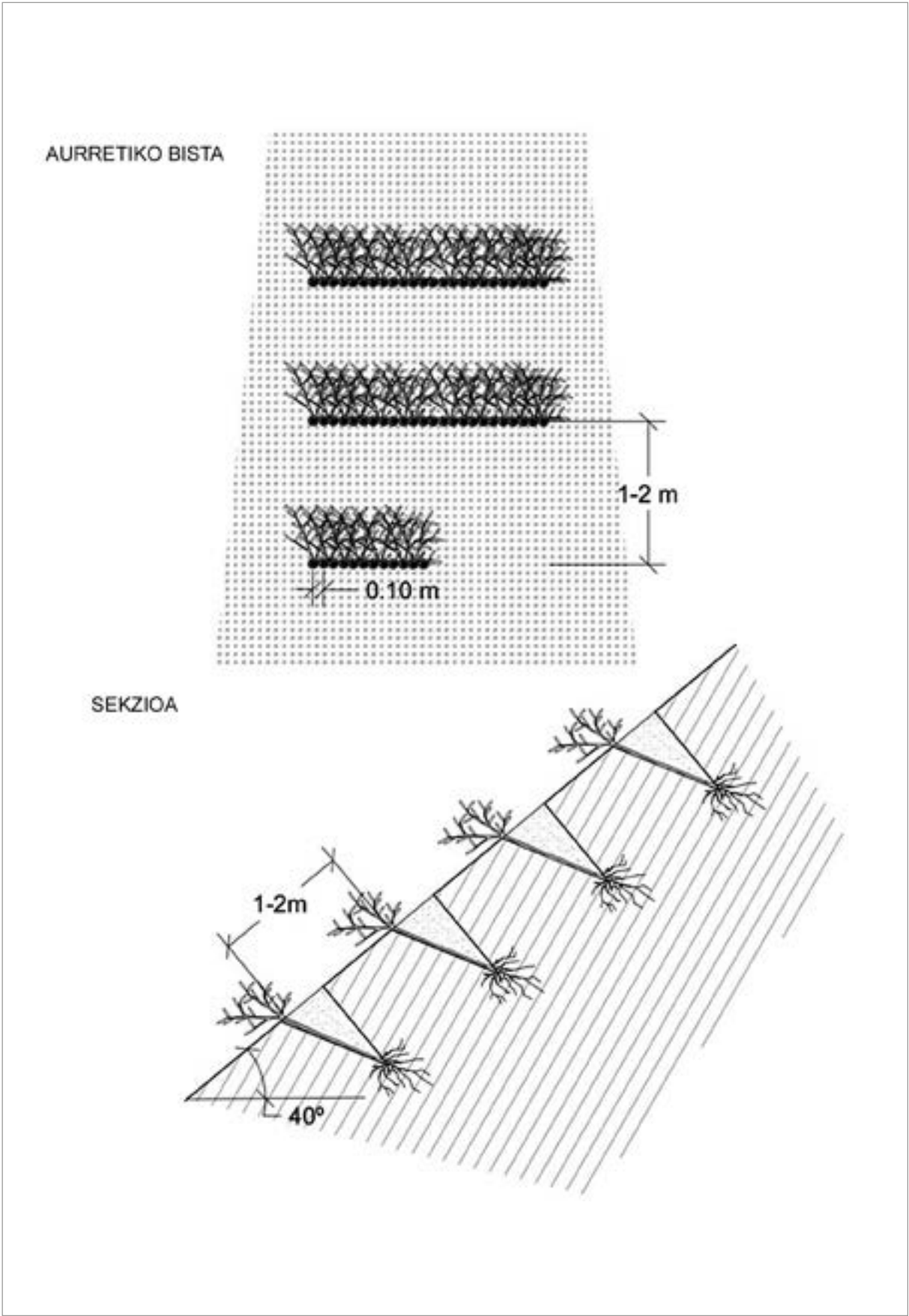
Erabilitako materialaren arabera, hiru adar-maila mota bereizten dira:

- **Aldaxken mailak:** sakonean efektu handia dute.
- **Landare sustraituen mailak:** aurreko maila-motak baino sendotze-maila apalagoa eragiten du, baina jarri eta berehala da eraginkorra.
- **Aldaxken eta landareen maila mistoak:** beste bi maila-motak baino garestixeagoak dira, baina abantaila bat dute: espezie aitzindariz (sahatsak) nahiz behin betikoz (haltzak) osatutako landare-asoziazio egonkorra lortzen dute berehala.

Materialaren antolamenduaren arabera, maldarekiko perpendikularra edo diagonalean gurutzatua izan daiteke.

Teknika hori ere manta organiko bat erabiliz hobetu daiteke (mantak lurzoruari indar mekaniko gehigarria ematen dio), inspirazio gisa lur indartuen eraikuntza-sistemari jarraituz.

109. irudia. Adar-mailen teknikaren profila eta aurretiko bista. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.2.3.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- 40º-rainoko malda duten ezpondetan.
- Azaleko lur-irristatzeetan.
- Errepide eta trenbideetan lubetak eraikitzeko.
- Ibai-eremuan, 40º-rainoko maldak dituzten ibai- eta laku-ertzak egonkortzeko.
- Beste egonkortze-teknika eta teknika misto batzuen artean, horien arteko trantsizio-eremuak egonkortzeko balio du.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

- Erraz eta azkar gauzatzen da: landaredia azkar garatzen da (1-2 urtean landarediaren indartze-efektuak erabatekoak dira).
- Sendotze sakona: sustraitze sakonari esker, eta horrek drainatze-efektua ere baduenez, lurzorua higidura nahiz desplazamendua saihesten dira.
- Lur gaineko isurketa-uren abiadura moteltzen du, eta horrek lurzorua mugimendua murrizten du.
- Prezipitazioetan lurzorua infiltrazio efektiboa handiagoa izatea eragiten du.
- Elurra geldiarazten du, baita eror daitezkeen harri txikiak ere.
- Ezponda azkar landaretzea: zuhaitz sustraituak landatzeak, batez ere landare sustraituen mailetan, landaredi-egitura egonkorrago bat eratze prozesua bizkortzen du.
- Landare-biltegi bat sortzen da; hala, gerora material bizia erabiliz egin beharreko esku-hartzeetan, naturatik atera ahalko da.
- Eskuz nahiz baliabide mekanikoen bidez egin daiteke.
- Drainatze tradizionalarekin erraz konbina daiteke, eta drainatze-sistema gisa jokatzen du berez.

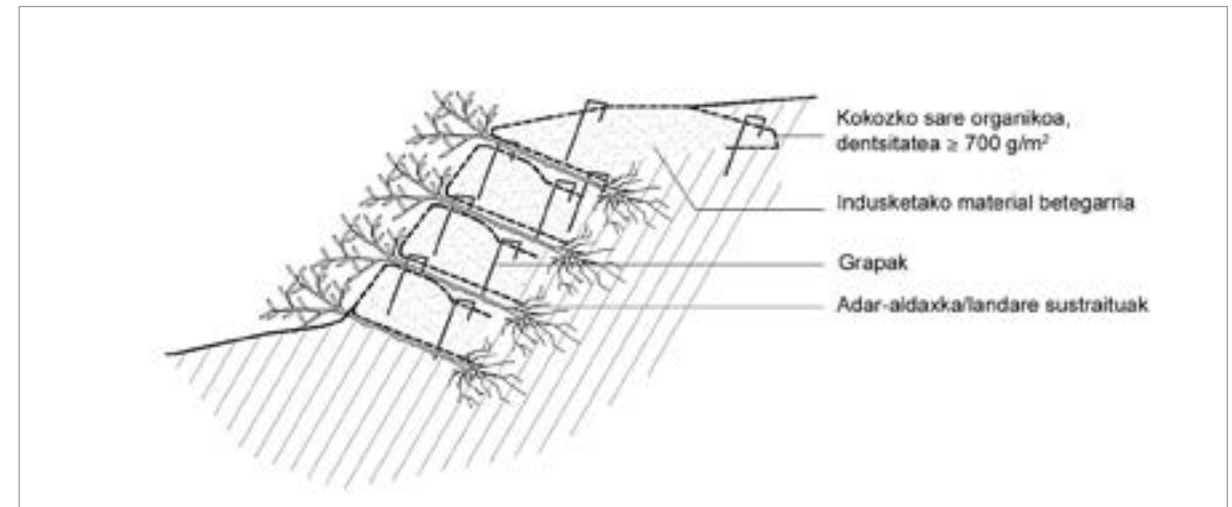
Eragozpen hauek aipagarriak dira:

- Material bizi ugari behar da.
- Aldaxkaz eta landarez osatutako maila mistoen kasuan, zuhaitz guztiak abiadura berean hazten ez direnez, gerta daiteke landare sustraituetatik garatutako landareak aldaxketatik garatutakoak baino gehiago haztea. Horregatik, garrantzitsua da proportzioa begiratzea eta landare baino aldaxka gehiago jartzea (2:1, adibidez).
- Ezin da erabili haitz-azaleratzeak dituzten maldetan edo sakonera txikiko lurzorua dituztenetan.
- Irristatze-planoa bi metrotik gorakoa bada, baliteke sustrai-sistema atzema ez izatea.
- Esku-hartzea geometrikoa da, eta esku-hartzea egin eta gero halakoa izaten jarraitzen du, baita urteetara ere.
- Landare-material asko behar dela-eta, teknika hori oso garestia gerta daiteke, inguruan materialik ez badago.

7.2.3.3 Materialak

Adar-mailak egiteko materialak espezie zurkara autoktono aitzindariak izan behar ditu jatorri —eremu horretako bertako landare-multzo potentzialekoak, alegia—, eta ezaugarri bioteknikoak izan behar ditu, hau da, Natur Bioingeniaritzako egituretan erabiltzeko egoki bihurtzen duten ezaugarri biologiko eta teknikoak.

Landaredia geldialdi begetatibo hedatuko sasoian erabili behar da: urriaren amaieratik apirilaren hasierara. Dentsitate egokia 5-10 landare/m² da, kondizioen eta erabilitako espezieen arabera: zenbat eta amaierako tamaina handiagoa, orduan eta dentsitate txikiagoa.



110. irudia. Adar-mailak manta organikoz armatuta. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 3.3.1 epigrafean (“Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak”).

Adar-maila motaren arabera, material hauek erabil daitezke:

- **Aldaxken mailak:** ugalketa begetatiborako ahalmena eta sustrai adbentizioak sortzeko gaitasuna duten espezie autoktonoen aldaxkak, 100 cm-tik gorako luzerakoak (indusketaren sakonera baino 10-20 cm gehiago) eta, ahal dela, gutxienez 3-7 cm-ko diametrokoak. Ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira, orrazi-forman jarrita. Garrantzitsua da ziurtatzea aldaxkak badituela gutxienez bi begi lurperatutako zatian eta bat airekoan, berriro muskildu dadin.
- **Landare sustraituen mailak:** espezie hostozabal autoktonoen zuhaitzen landare sustraituak, baso-landare-ontzian edo sustrai hutsekoak; artzaintzarekiko erresistenteak diren espezieetakoak eta 1/1 bi izerdikoak izan behar dute, eta 100 cm-ko altuera (indusketaren sakonera baino 10-20 cm gehiago) eta 1-3 cm-ko diametroa izan behar dituzte. Ilara bakoitzean **gutxienez metroko 10 ale** erabiltzen dira.
- **Aldaxken eta landareen maila mistoak:** aldaxkak eta landareak nahasian. Aldaxkek plantulek baino bi aldiz gehiago izan behar dute, eta ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira.

Manta organikoz armatutako adar-mailetan, gainera, hauek ere behar dira:

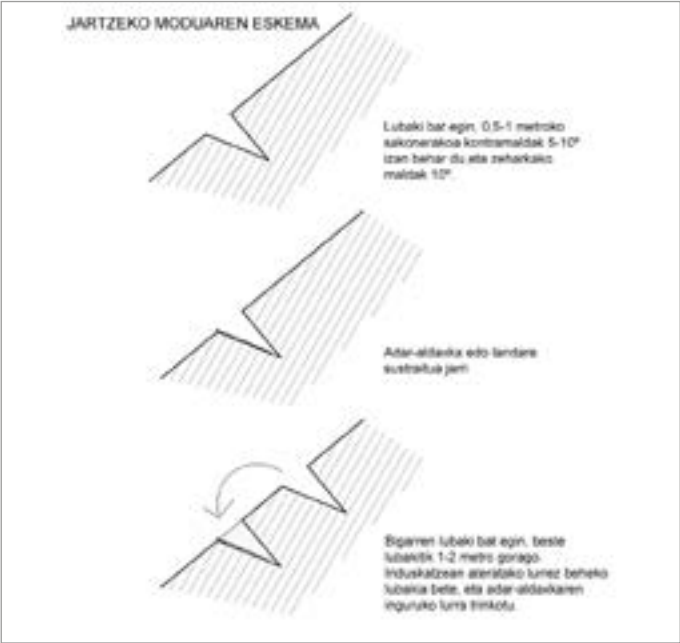
- Kokozko manta organikoak; dentsitatea ≥ 400 g/m² izatea komeni da.
- Altzairu korrugatuzko grapak, 6-8 mm-ko lodiera eta 60 cm-ko luzerakoak (aldean neurriak, 10 cm, 10 cm eta 40 cm izanda).

7.2.3.4 Obrak gauzatzea

Aldaxkak prestatzeko, “7.2.1 Aldaxka landatzea” atalean jasotakoak hartu behar dira kontuan.

Lanak gauzatzeko, nagusiki hiru urrats egin behar dira:

1. Lehen fase batean, lurzorua prestatzeko aurretiazko lanak egin behar dira: beharrezkoa bada, lur gaina sasiz garbitu eta/edo soildu; landaredia moztu; aldaketa morfologikoak egin; mazelak irristatuta badaude, eremu ezegonkorak garbitu eta berriz ezponda eman, eta abar.
2. Gero, jarduketa egingo den lekua prestatu behar da: plano horizontal bat induskatu, gutxienez 10º-ko kontramaldarekin (Stangl, 2006), 70-100 cm-ko sakonerarekin. Lana eskuz egin behar bada, urratsak beti behetik gorantz egin behar dira. Makinak erabili behar badira, berriz, behetik edo goitik



111. irudia. Jartzeko moduaren eskema. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

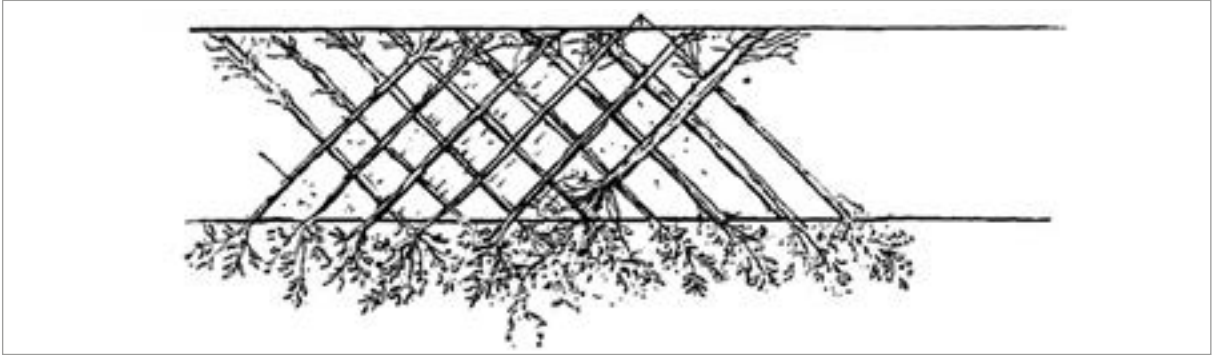
has daiteke, irisgarritasun-baldintzen arabera. Dena den, hobe da goitik hastea, egindako urratsetan aldaxkak jartzen ari diren langileak segurtasun handiagoz jardutea bermatzeko; izan ere, makina beti egongo da langileak baino maila bat beheiago. Arau hori, jakina, beste faktore batzuen mende ere egongo da: maldaren arriskugarritasuna, eremuaren irisgarritasuna eta kasuan kasu aldeztu aurretik baloratu beharreko beste alderdi batzuk.

3. Ondoren, landare-materiala jarri behar da (aldaxkak, landareak edo bien konbinazio bat), trasdosa eta zangaren gainazala ukitzen geratzeko moduan. Horrela, egituratik gutxi gorabehera 15-20 cm aterata geratuko dira (7-8 begi).

Landare-elementuen antolamendu espazialari dagokionez, bi aukera daude:

- Elementuak paraleloan edo “orrazi”-forman antolatzea. Zuhaitz-landare sustraituak erabiltzen direnean, edo zuhaitz-landareak eta aldaxkak batera erabilitakoan, edo aldaxken kasuan erabiltzen da modu hori. Materiala indusketaren noranzkoarekiko zut jartzen da.
- Landare-elementu indibidualak gurutzatuta antolatzea. Aldaxkak soilik baliatzen direnean bakarrik erabiltzen da. Aipatzekoa da landare-materialaren antolamendurik eraginkorrena antolamendu gurutzatua dela, Stanglek 2006an egindako ikerketen arabera.

112. irudia. Adar-maila baten antolamendu gurutzatua



7.2.3.5 Kalitate-kontrola

Adar-mailen kasuan, gainerako tekniketan bezala, landare-material biziak (zehazki, aldaxkak edo adarrak) obratik gertuko lekuetakoa izan behar du. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarriztat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea.

Landaketa-dentsitatea dela-eta, normalean aldaxketatik edo landare sustraituetatik datoz landareak, urte batzuen buruan hazten doazen heinean kopurua murriztuz joaten da, lehiaren ondorioz. Adibidez, sahats heldu batek betetzen duen funtzioa mailetan hasieran jarritako metro bakoitzeko hamar aldaxkek betetzen dutenaren parekoa da.

Komenigarria da “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean landare-materialari dagokionez adierazitako saiakuntzak egitea.

7.2.3.6 Neurketak eta ordainketak

Adar-mailen lana benetan jarritako metro linealeko neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

7.2.3.7 Gomendioak

- Lanak geldialdi begetatiboan egitea komeni da, baso-edukiontziko zuhaitzak edo zuhaixkak erabili behar direnean izan ezik; azken kasu horretan, neguan ez ezik, udaberrian eta udazkenean ere egin daitezke.
- Material bizia biltzeko plangintza egokia egin behar da.
- Eskulan espezializatua behar da.
- Gutxienez 2 urtean mantentze-lanak egitea komeni da. Denbora-tarte horretan, sustraitu ez den material bizia ordeztu egin behar da, eta, lau urteren buruan, entresaka edo inausketa egin, beharrezkoa bada.

7.2.3.8 Prezio deskonposatuaren proposamena

Hiru prezio daude ezarrita, erabilitako adar-maila motaren arabera.

m Adar-aldaxken mailak					
Metro lineal adar-maila egitea, ugalketa begetatiborako ahalmena duten adar-aldaxkak erabiliz, obratik gertuko lekuetan bideak (10 km-ko erradioan) bi urteko aletatik. Barnean daude 0,50-1 m arteko sakonerako zanga baf egitea 10 graduko kontramaldarekin, adar-aldaxkak jartzea orrazi-forman edo gurutzatuta, eta indusketa-luzer betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzua
1	alea	Materialak			
		Adar-aldaxka 3-7 cm-ko diametroa eta 50-100 cm-ko luzera	10,00	0,80 €	8,00 €
		Subtotala, materialak			8,00 €
2	h	Ekipos eta makineria			
	h	Kamioia 10 m3 irakipio integratua k/gerabiz 15t	0,810	50,00 €	6,50 €
	h	Mutocena	0,100	3,5	0,35 €
		Aztereko hondaemakina beldar-kateduta 180 kW	0,200	50,14 €	10,03 €
		Subtotala, ekipos eta makineria			16,88 €
3	h	Eskulana			
	h	Ora zibeko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Ora zibeko erakuntzako 1. ofiziala	0,10	22,07 €	2,21 €
	h	Erakuntzako peoi amantia	0,25	18,00 €	4,50 €
		Subtotala, eskulana			7,95 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	18,83 €	0,38 €
Hamar urteko mantentze-kostuak: 18,87 € (lehen 10 urteetan)			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):		27,21 €

113. irudia. Aldaxka-mailen prezio deskonposatua, m linealeko (2022. urtea

m Landare-mailak					
Metro lineal adar-maila egilea, ugaketa begetalborako ahalmena duten zuhaitz autofktonoen bi izerdiko landare sustratuak erabiltz. Barnean daude 0,50-1 m arteko sakonerako zanga bat egilea 10 graduako kontramaldarekin, landareak jartzea orrazi-forman, eta indusketa-lurrez betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribiozera	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbituko
1		Materialak			
	ala	Landare sustrai hutsekoa bi izerdikoa	10,00	1,00 €	10,00 €
		Subtotala, materialak:			10,00 €
2		Ekipoa eta makineria			
	h	Kamiola 10 m3 inakzio integrala k/garabia 16l	0,010	50	0,50 €
	h	Molozerra	0,100	3,5	0,35 €
	h	Atzerako hondamakina beltza-kateduna 180 kW	0,250	50,14 €	12,54 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			13,39 €
3		Eskulana			
	h	Obr zibileko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Obr zibileko erakuntzako 1. ofiziala	0,10	22,07 €	2,21 €
	h	Erakuntzako peoi amuna	0,25	18,00 €	4,50 €
		Subtotala, eskulana:			7,95 €
4		Zuzeneko kostu osagarriak			
	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	21,34 €	0,43 €
Hersu urteko mantentze-kostua: 15,87 € lehen 10 urteetan			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):		
			31,78 €		

114. irudia. Landare sustraituen mailen prezio deskonposatua, m linealeko (2021. urtea)

m Adar-mila mistoak					
Metro lineal adar-mila egitea, hauek erabiliz: zuhaitz autoktonoen landare sustraiuak, bi izardikoak, eta ugalketa begetatiborako gailasuna duten espezieen adar-aldaxkak, 1,2 proportzioan. Barnean daude 0,50-1 m arteko sakoneraiko zanga bit egitea 10 graduko kontramaldarekin, adar-aldaxkak jartzera orrazi-forman, eta indusketa-lurraz betetzea.					
Kodua	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerdatokia
1		Materiak			
		Adar-artekoa prestakina	6,00	0,80 €	4,80 €
		Landeria sustatze hulekoa bi izardikoa	4,00	1,00 €	4,00 €
		Subtotala, materialak:			8,80 €
2		Ekipoa eta materiala			
	m	Karrua 10 m3 irakzio integratu kigrala 18	0,006	30	0,21 €
	m	Motorsua	0,010	3,5	0,34 €
	m	Adar-eko hordamalko bektar-kutaketa 180 kW	0,290	50,14 €	12,54 €
		Subtotala, ekipoa eta materiala:			12,78 €
3		Ekutaketa			
	m	Otra zibiletako turrak	0,00	24,80 €	1,24 €
	m	Otra zibiletako erakurkizako 1. ofiziala	0,10	22,07 €	2,21 €
	m	Erakurkizako pila arrunta	0,25	18,00 €	4,50 €
		Subtotala, ekutaketa:			7,95 €
4		Zuzeneko kostu osagarriak			
	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,00	20,50 €	0,59 €
Hamar artetik materialen kostua: 10,07 € orain 10 artetik			Zuzeneko kostuak: (1+2+3+4)		20,12 €

115. irudia. Adar-maila mistoen prezio deskonposatua, m linealeko (2022. urtea)

7.2.3.9 Adar-mailen kalkulua

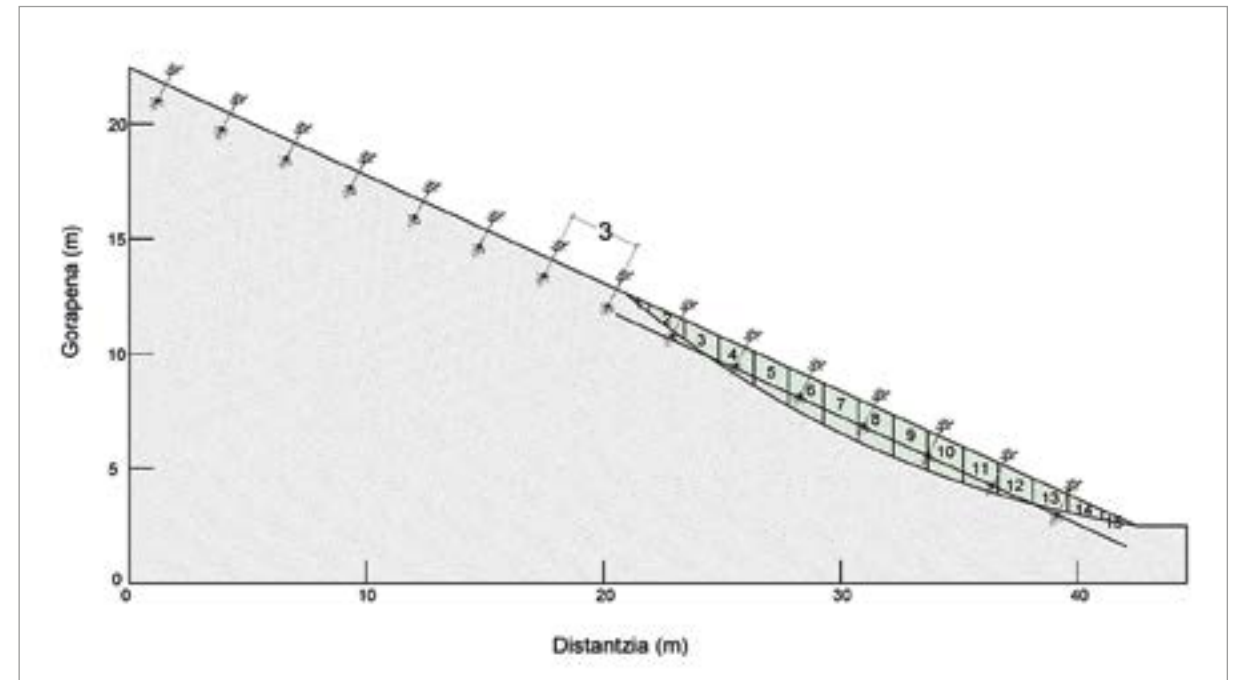
Landare-materiala sustraituta eta finkatuta dagoenean, jarduketa egin den mazelaren egonkortasunaren analisian adar-mailen efektuak sartzeko moduan egongo gara. Beraz, epe luzerako egonkortasun-egiaztapen bat da.

Landare-diaren indartze-efektuak kohesio-balio gehigarri bat bihurtuko dira, sustraien indartze-ereduetan oinarrituta lortuak (ikus 6.3.2 epigrafea).

Landarediaren indartze-efektua egon daitekeela uste den sakonera guztia lurzoru gisa irudikatu behar da, kohesio-balio hau duena: lurzoruaren kohesioa (landaredirik gabe) gehi sustraien ondoriozko kohesio gehigarria.

Sustraiekin lurzoruaren sakonera minimoa 0,5-1,0 m bitarteko balio bat dela jo daiteke.

Komeni da ezponden egonkortasuna analizatzeko programak erabiltzea, segurtasun-faktorearen balioak sustraiekin eta sustrairik gabe lortzeko. Horrela, adar-mailen teknikaren ondorioz lortutako hobekuntzak baloratu daitezke.



116. irudia. Irristatze-gainazal bat, eta sustrai-sistemen indartze-efektuaren eraginpeko eremua.

Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

Adibide bidez ikusteko egonkortasun-analisan nola sartzen diren landarediaren efektuak adar-mailen kasuan edo aldaxkak erabiltzen direnean, hona hemen sustraiak dituen lurzoru baten egonkortasun-faktorearen formula, ezponda infinituaren metodoaren kasurako:

$$SF = \frac{c + ca}{(\gamma \cdot z \cdot \cos \beta + Wv) \div \sin \beta} + \frac{(\gamma \cdot z \cdot \cos \beta + Wv) \cdot \tan \phi}{(\gamma \cdot z \cdot \cos \beta + Wv) \cdot \tan \beta}$$

Non:

c = lurzoruaren kohesioa landarerik gabe (kPa)

ca = landare diak eragindako kohesio gehigarria (kPa)

W_v = landarediaren pisuaren ondoriozko gainkarg (kPa)

z = haustura-gainazalaren sakonera (m)

 $\gamma =$ luraren pisu espezifikoa (kN/m^3)

β = mazelaren inklinazioa

ϕ = lurzoruaren marruskadura-angelua

Kohesio gehigarriaren kalkulurako, horri buruz eskuliburu honetan jasotako kapitulura eta epigrafeetan emandako datuetara jo dezake irakurleak. Indartze-eredu horiek aplikatzeari dagokionez, landa-lanaren bidez lortutako informazio zehatz faltan, hona hemen zenbait gomendio:

b = sustrai-sistemaren batez besteko sakonera (m). Sustrai-sistemaren sakonera maximoaren herena dela eman daiteke. Sakonera maximoa, berriz, erabilitako landare-espeziearen erlazio alometrikoetatik abiatuta zenbatets daiteke. Sustraiek hartzen duten lurzoru-azaleraren sakonerarekiko aldakuntza lortzeko modu bat eskuliburu honetan 6.3.2 epigrafean azaldutako banaketa-eredu esponentzialetik abiatzea da.

7.2 EGONKORTZE-TEKNIKAK

7.2.4 Zuresiak



117. irudia. Zuresi biziak mendi-mazelan, egin berritan eta lau urteren ondoren. Venosta harana, Italia. Iturria: F. Florineth

7.2.4.1 Definizioa eta irismena

Zuresi bizia ezpondak eta mazelak egonkortzeko teknika misto bat da. Zurezko euste-egitura bat da, ezpondaren malda handieneko lerroarekiko zeharka jarria. Elkarren gainean jarritako bi enbor-ilaraz edo gehiagoz osatuta daude (zurezko taketaz edo altzairu korrugatuzko barraz finkatzen dira enborrak elkarren artean), eta aukera ematen dute ugalketa begetatiborako ahalmena duten aldaxkak edo zuhaixkak sustraitu daitezen; nahi bada, landare sustraituak ere bai.

Zuresi bizen teknikak nolabaiteko berehalako egonkortze bat ahalbidetzen du; hasieran, finkatze-sistema oso sakon sartzen delako, eta, gero, jarritako landareen sustraien garapenari esker.

Zuresi biziak bi taldetan bana daitezke, tamainaren arabera:

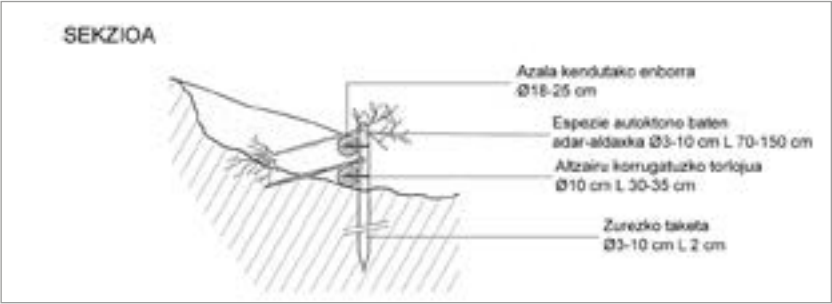
- **Zuresi bizi altuak**, metro batetik gorakoak direnak.
- **Zuresi bizi baxuak**, metro batetik beherakoak direnak.

Zuresi bizi altuek, lurzoruari eusteaz gain, ezpondaren edo mendi-mazelaren gain-gaineko aldeari egonkortasuna emateko funtzioa betetzen dute, jarritako landarediaren sustrai-sistemak egiten duen lanari esker. Zuresia ezpondan moduan jarraituan ipin daiteke, lerro horizontalak eratzen dituztela, elkarrengandik 2-4 m bitarteko tartea utzita eta sestra-kurbei jarraituz, edo, bestela, modu mailakatuan, barreiatuta edo ausaz.

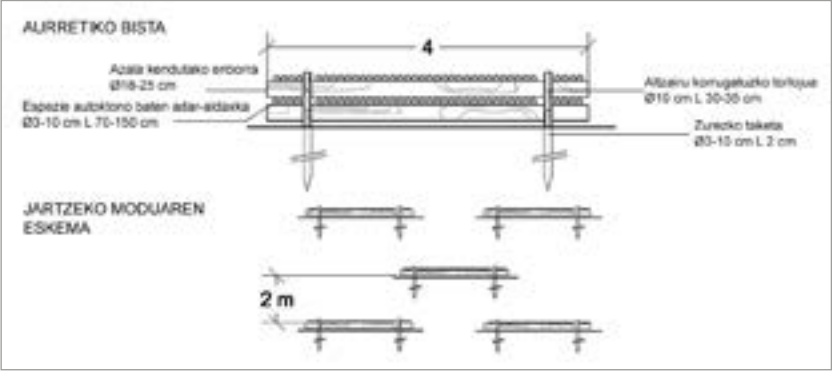
Txandakatuta eta mailakatuta edo ausaz jartzeko modu hori uraren isurketa-abiadura mugatzeko erabiltzen da, eta lerro-higadurako fenomenoak gertatzea eta higadura-ildoak sortzea eragozten du.

Zuresien luzerak ezin du edozein izan: ur gora eta ur beheara dauden zuresiekin teilakatuta egon behar dute beti, lehentasunezko fluxu-biderik ez sortzeko.

Zuresi bizi baxuak, zuresi altuen aldean, malda txikiagoko ezpondetan erabiltzen dira, eta tamaina txikiagoko partikulak dituzten lurzoruetan. Elkarrengandik 3-4 m-ko tartea utzita jartzen dira, sestra-kurbei jarraituz, modu jarraituan edo pixka bat inklinatuta, edo, bestela, modu mailakatuan, barreiatuta edo ausaz.



118. irudia. Zuresiaren sekzioa. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



119. irudia. Ur-isurketaa kontrolatzeko zuresi batzuen aurretiko bista eta antolamendua. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

7.2.4.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Ezpondak edo mazelak egonkortzeko.
- Indusketetan ezpondak egonkortzeko.
- Karkabak eta higadura-ildoak sendotzeko.
- Material soltez osatutako ezponden gainazala egonkortzeko.
- Suteek jotako ezpondetan edo mazeletan higadura kontrolatzeko.
- Ildo sakon eta malkartsuak kontrolatzeko, partikula finak (lohia, buztina, harea) dituzten lurzoru leunetan.
- Lurra jarri den eremuetan ezponda-profil berriei barne-egonkortasuna emateko.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

- Berehalako sendotze-efektua.
- Egitura-elastikotasuna.
- Habitat naturala birsortzeko aukera.
- Paisaia- eta ingurumen-integrazio ona.

Eragozpen hauek aipagarriak dira:

- Zuresiek altuera-muga bat dute, eta ez da gomendatzen 1,5 metro baino gehiagoko altuera izatea.
- Eskulan asko behar da, eta instalazioa konplexua da.
- Denboraren poderioz zura usteldu egiten da; beraz, lurzoruan ondo-ondo sartu behar izateaz gain, beharrezkoa da egituraren txertatutako aldaxkak bizirik egotea eta sakon-sakon sustraitzera iristea, ezpondari eusteko eta sendotzeko funtzioa betetzera irits daitezen zura horretarako gai ez denean.

7.2.4.3 Materialak

Material hauek behar dira zuresi bat egiteko:

- Azala kendutako enborrak, 18-30 cm-ko diametrokoak eta 2-4 m-ko luzerakoak.
- Altzairu galvanizatuzko iltzeak, 10 mm-ko diametrokoak eta erabiliko diren enborren diametroa baino bi aldiz handiagoak luzeran. / Zurerako torlojuak, 10 mm-ko diametrokoak.
- Zurezko ziriak, enborren artean txertatzeko.
- Altzairu galvanizatuzko edo korrugatuzko taketak, 12-14 mm bitarteko diametrokoak eta 1,50-2,50 m bitarteko luzerakoak; egiturako lehen enbor-ilararen aurrean jartzen dira, aurrerantz irristatuko balitz ere, hari eusteko.
- Aldaxkak, 3-7 cm-ko diametrokoak eta 50-100 cm-ko luzerakoak (indusketaren sakonera baino 10-20 cm gehiago). Ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira.
- Landare sustraituaren edo mistoaren aldaera erabili nahi denean, baso-albeoloan sustraitutako landarea.
- Egitura betetzeko agregakinak eta obrako lurrak.

7.2.4.4 Obrak gauzatzea

1. Ezponda birmoldatu. Ezponda edo mazela birmoldatu behar da, lehenbizi makineria mekanikoz eta gero, osatzeko, leku jakin batzuk eskuz. Ezpondaren azalean dauden profil ganbilak kendu egin behar dira, gero lanetan eragozpen ez izateko.
2. Zurezko taketak sartu. Bertikalki sartu behar dira, eskuz edo pilotaje- edo zulaketa-ekipoak erabiliz, gehienez 1 m-eko distantziara eta lur barruan gutxienez 0,70 m-ko sakoneran sartuta, lur gainetik gutxienez 0,50 m aterata geratzeko moduan (egonkortasun geoteknikorako kalkuluaren arabera).
3. Enbor-ilara jarri. Lur gainean horizontalean jarri behar dira, taketen atzealdean. Elkarrengandik banantzeko, tartean zurezko ziriak edo harriak jar daitezke, 7-10 cm ingurukoak. Ilara bakoitzean elkarren ondoan dauden enborrak bata bestearekin eta zurezko taketetara lotu behar dira, altzairu galvanizatuzko alanbrez.
4. Agregakinez eta obrako landare-lurrez bete, eta landare-material bizia jarri. Behin egitura eginda dagoenean, lurrez bete behar da. Amaieran, adar biziak, aldaxkak eta/edo landare sustraituak jartzen dira (gutxienez 50 cm-ko sakoneran), lurra ondo trinkotzen da aire-hutsunerik ez geratzeko, eta, azkenik, erein egiten da. Betetzeko erabilitako lurrak nahikoa hezetasun izan behar du, eta, hala ez bada, hezetu egin behar da, sartutako material bizia ondo garatu ahal izango dela eta ez dela lehortuko ziurtatzeko.
5. Sobera dagoen guztia kendu edo ezkutatu. Sobera dauden altzairuzko kableak, lurzoruan sartutako metalezko barrak edo egurrezko enborrak kendu edo ezkutatu egin behar dira, zuresi biziaren aurrealdearen atzeko aldean.

7.2.4.5 Kalitate-kontrola

Beste teknika batzuetan bezala, landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea.

Obra-zuzendariak edozein unetan eskatu dezake 8.1 epigrafean (“Kalitate-kontrola”) adierazitako landare-materialaren nahiz zuraren saiakuntzak egiteko.

7.2.4.6 Neurketak eta ordainketak

Zuresien lana egindako m2 egitura kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

7.2.4.7 Gomendioak

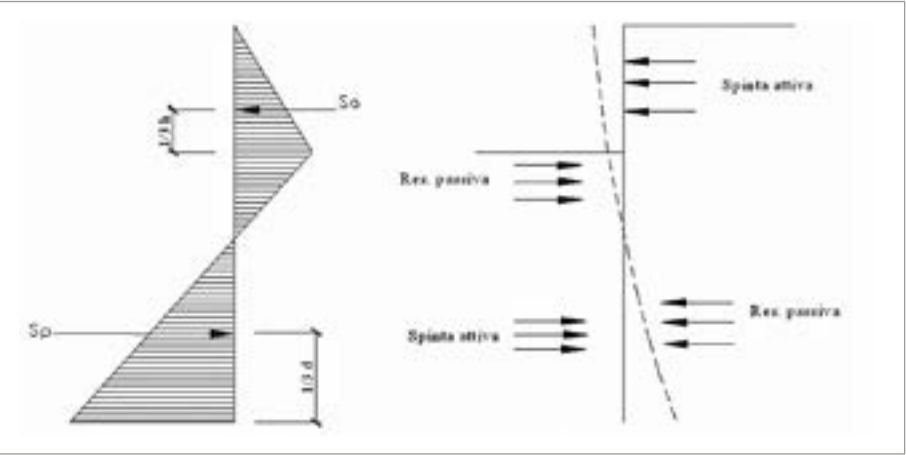
- Lanak geldialdi begetatiboan egitea komeni da, landare-ontziko zuhaitzak edo zuhaixkak erabili behar direnean izan ezik; azken kasu horretan, neguan ez ezik, udaberrian eta udazkenean ere egin daitezke.
- Material bizia biltzeko plangintza egokia egin behar da.
- Eskulan espezializatua behar da.
- Gutxienez 2 urtean mantentze-lanak egitea komeni da. Denbora-tarte horretan, sustraitu ez den material bizia ordeztu egin behar da. Beharrezkoa bada, lau urteren buruan entresaka edo inausketa egin behar da.
- Aldaxkek edo landare sustraituak egitura trasdoseraino zeharkatzeko bezain luzeak izan behar dute, sustraitu ahal izan daitezen. Aurreko aldeak kanpoan aterata pare bat begi izateko moduan geratu behar du.
- Egiturak 60º-tik beherako inklinazioa izan behar du horizontalarekiko, landareak hazi ahal izan daitezen.
- Egitura osatzen duten enborrak txandakatuta jarri behar dira, ez bata bestearen gainean, egiturak berak elastikotasun eta erresistentzia handiagoa izan ditzan.
- Egituraren atzeko aldean ez da geozuntzik erabili behar, landareak sustraitzea eragozten baitu; behar izanez gero, bereizte-gainazalik sortzen ez duen beste sare-mota bat erabili behar da.

7.2.4.8 Prezio deskonposatuaren proposamena

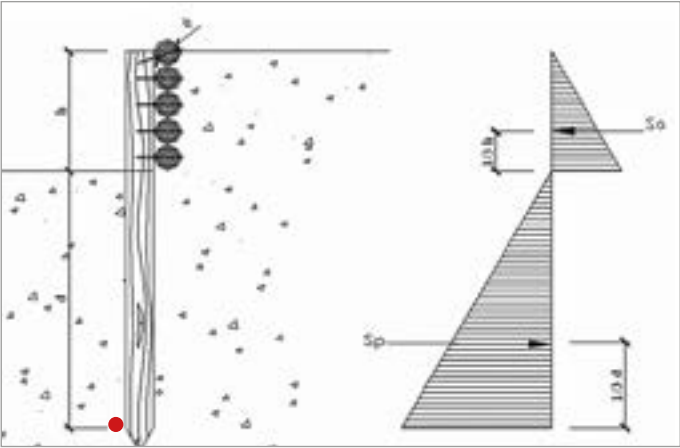
m² zuresi biziren prezio deskonposatua.

m² Zuresi bizi					
m2 zuresi bizi egitea, konifero-enborez (Ø 20-25 cm). Egituraren aurrealdeko enborrak eta luzotarakoak elkarren artean finkatzea zurerako altzairu galvanizatuzko torlojuz (gutxienez 300 mm-koak), oinarrian altzairu korrugatuzko barrak finkatzea, egituraren txertatzea ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaixka-espezia autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan enbor-malla bakoitzean eta/edo landare sustraitua, eta geruza bakoitzean indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, enborez hornitzea eta obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago berreraikidoki bi urteetako mantentze-lana.					
Kodexa	Unitatea	Deskribuzioa	Kantitatea	Prezio unitarioa	Zerbitzua
1	ala	Torloju autokhermatizazio zimendatutara 5. 300 mm zuresko	4.000	1,00 €	4.00 €
	m²	Azala kendutako konifero-enbora	0.200	42,00 €	8.40 €
	Kg	Altzairu korrugatuzko barrak Ø4000 muga elastikoa > = 400 mm2	1.000	1,40 €	1.40 €
	ul	Adar-aldaxka 3-7 cm-ko diametroa eta 50-100 cm-ko luzera	40.000	0,80 €	32.00 €
	m²	Obrako material-lurrekin betetara egin eta zabalitzea	0.500	1,50 €	0.75 €
Subtotala, materialak:					46,55 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Kamioa 10 m3 traxero inguruko kargatza 16t	0.200	50,00 €	10.00 €
	h	Aztereko hornusarria beltza-kargatza 180 kW	0.200	50,14 €	10.03 €
	h	Dumper 1,5 t hidrolikoa	0.200	26,90 €	5.38 €
	h	Ekipo elektrogenoa 20-30 kVA	0.300	9,39 €	2.82 €
	h	Motorea	0.100	3,50 €	0.35 €
3	h	Zurezko makina	0.200	4,00 €	0.80 €
	Subtotala, ekipoa eta makineria				
	29,38 €				
	Eskulana				
	h	Obrako zuresiaren	0.10	24,89 €	2.49 €
	h	Obrako zuresiaren erakuntzako 1. ofiziala	0.40	22,07 €	8.83 €
4	h	Erakuntzako 2. ofiziala	0.80	18,00 €	14.40 €
	Subtotala, eskulana:				
	25,72 €				
Zuresien kostu onargarriak			0.02	55,09 €	1.10 €
Zuresien kostu onargarriak			Zuresien kostu onargarriak		
Haber urteko mantentze-kostua: 10,87 € behin 10 urteetan			Zuresien kostu onargarriak 11+2+3+4=		
			102,74 €		

120. irudia. Zuresia jartzearen prezio deskonposatua m²-ko (2022)



121. irudia. Zurezko zuresi batean dauden presioen eskema



122. irudia. Bultzada aktiboaren eta pasiboaren eskema sinplifikatua. Zuresiaren altueraren (h) eta sartzeko sakoneraren (d) notazioa. Momentuak puntu gorriarekiko kalkulatu daude

7.2.4.9 Zurezko zuresi biziaren kalkulua

Justifikatu beharreko parametroak honako hauek dira:

- Taketen sartzeko sakonera.
- Makila bertikalen ardatz arteko distantzia.
- Enbor bertikalen diametroa.
- Makila horizontalen diametroa.

Egitura lurzoruak egiten duen bultzada aktiboaren (Sa) eraginpean dago. Bultzada horrek errotazio-efektua eta konpresio-indarrak (Sp) sortzen ditu trasdoseko lurzoruan. Beraz, errotazio-zentro bat sortzen da, bultzada aktiboak eta bultzada pasiboak nagusi diren eremuak bereizten dituen.

Zurezko zuresiak kalkulatu eta dimentsionatzeko, Menegazzi & Palmerik (2013) sortutako Excel orriak erabiltzea gomendatzen da. Doan deskarga daitezke, hemen: <https://www.aipin.it/publicazioni/>. Deskargatu beharreko Excela “palizzata”-ri dagokiona da (zuresi, italieraz).

Jarraian, kalkulurako metodologia sinplifikatu bat ikusiko dugu, lurzoruaren bultzada aktiboek eta pasiboek sortutako momentuen orekan oinarritua. Enbor bertikalen sartzeko sakoneraren balioa iteratzean datza metodoa.

Momentuak zuresiaren sartzeko sakonera maximoko puntuarekiko kalkulatu dira (aurreko irudian puntu gorri batez adierazita daude).

Momentuen kalkulurako, bultzada aktiboaren besoa $d+h/3$ da.

Bultzada pasiboaren besoa $d/3$ da.

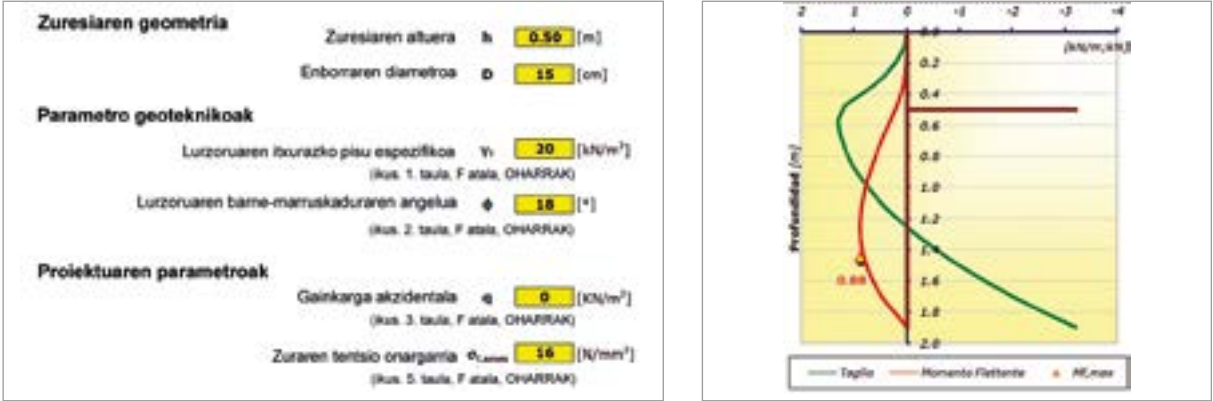
$$M_a = S_a \cdot (d+h/3)$$

$$M_p = S_p \cdot d/3$$

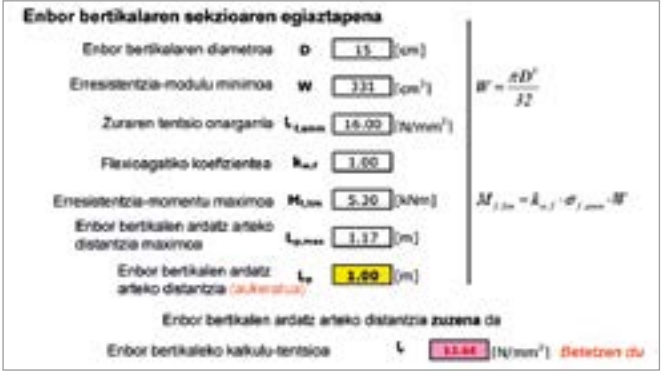
Segurtasun-faktorea M_p/M_a da. 1,5eko segurtasun-faktorea emanda, erlazio hori betetzen duen sartzeko sakoneraren balioa kalkulatu da.

Jarraian, aplikazio horren datu-sarrera eta -irteeren adibide baten irudiak ageri dira.

Enbor horizontalen gutxienezko diametroa kalkulatzeko, egur-hormetarako emandako metodologiari jarraitu behar zaio (7.3.5 epigrafea, “Egur-hormen kalkulak eta egonkortasun-egiaztapenak”).



123. irudia. Ezkerrean, datu-sarrera. Eskuinean, emaitzen irteera (Momentuen, ebakitzailen eta momentu maximoaren balioaren diagrama)



124. irudia. Aplikazioaren datu-irteera (enbor bertikalen ardatz arteko distantzia)



125. irudia. Aplikazioaren emaitzen laburpena (behar den sartzeko sakoneraren kalkulua barne)

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.1 Egur-horma bizi bakuna



126. irudia. Egur-horma bakuna

7.3.1.1 Definizioa eta irismena

Egonkortze-teknika bat da, ilara bakar batean luzetara jarritako zenbait enborrez eta zeharka jarritako beste batzuez osatua. Egiturako zeharkako enbor horiek ainguratze-funtzioa betetzen dute, eta maldarekiko zut jartzen eta sartzen dira ezponda hondoan. Egitura guztia lurrez eta adar-sorta eta aldaxkaz betetzen da, etorkizunean landarearen garapenak enbor-egitura ordeztu dezan. Esku-hartzearen helburu nagusiak lurzoruari eustea eta hura babestea direnean eta indusketarako leku gutxi dagoenean erabiltzen da teknika hori.

Lurzoru-motaren arabera, egur-hormari harrizko zimendua jartzen zaio edo ez. Beraz, bi horma-mota bereizten ditugu:

- Horma bakuneko egur-horma.
- Horma bakuneko egur-horma harrizko zimenduduna.

7.3.1.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Errepide eta trenbideetan, 50°-rainoko malda duten ezponda eraiki berrietan.
- Irristatzeen oinarria egonkortzeko, betiere hiru metroraingo sakonerakoak.
- Lubeta sendotu eta landaredunen eraikuntzan.
- Ibai-eremuan, ibai- eta laku-ertzak egonkortzeko.

Egur-horma biziak euste-egitura konbentzionalekin batera ere erabil daitezke, harri-lubeten edo hormen gainean.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

- Berehalako sendotze-efektua.
- Egitura-elastikotasuna.
- Habitat naturala birsortzeko aukera.
- Paisaia- eta ingurumen-integrazio ona.

Hurrengoan jarraitzen du >>>

Aurreko orrialdetik dator >>>

Eragozpen hauek aipagarriak dira:

- Egur-horma bizi bakunek altuera-muga bat dute, eta ez da gomendatzen 2,5-3 metro baino gehiagoko altuera izatea.
- Eskulan asko erabiltzen da, eta instalazioa konplexua da, nahiz eta egur-horma bikoitzak baino material gutxiago erabiltzen duen.
- Denboraren poderioz zura usteldu egiten da; beraz, lurzoruan ondo-ondo sartu behar izateaz gain, beharrezkoa da egitura txertatutako aldaxkak bizirik egotea eta sakon-sakon sustraitzera iristea, ezpondari eusteko eta sendotzeko funtzioa betetzera irits daitezen zura horretarako gai ez denean.

7.3.1.3 Materialak

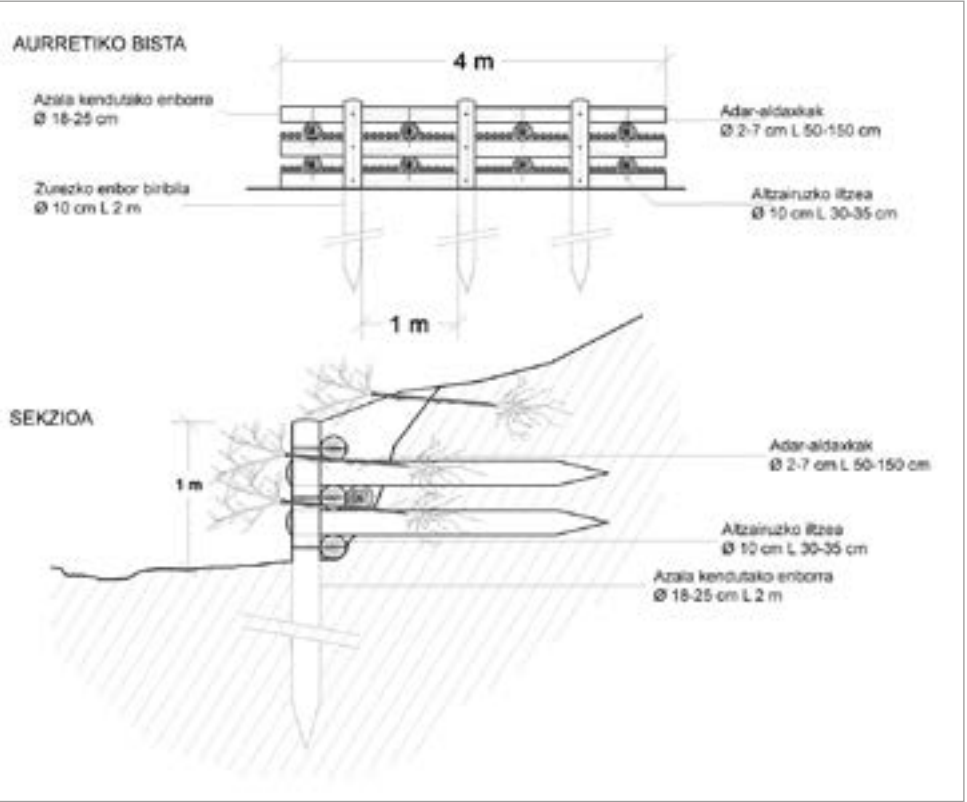
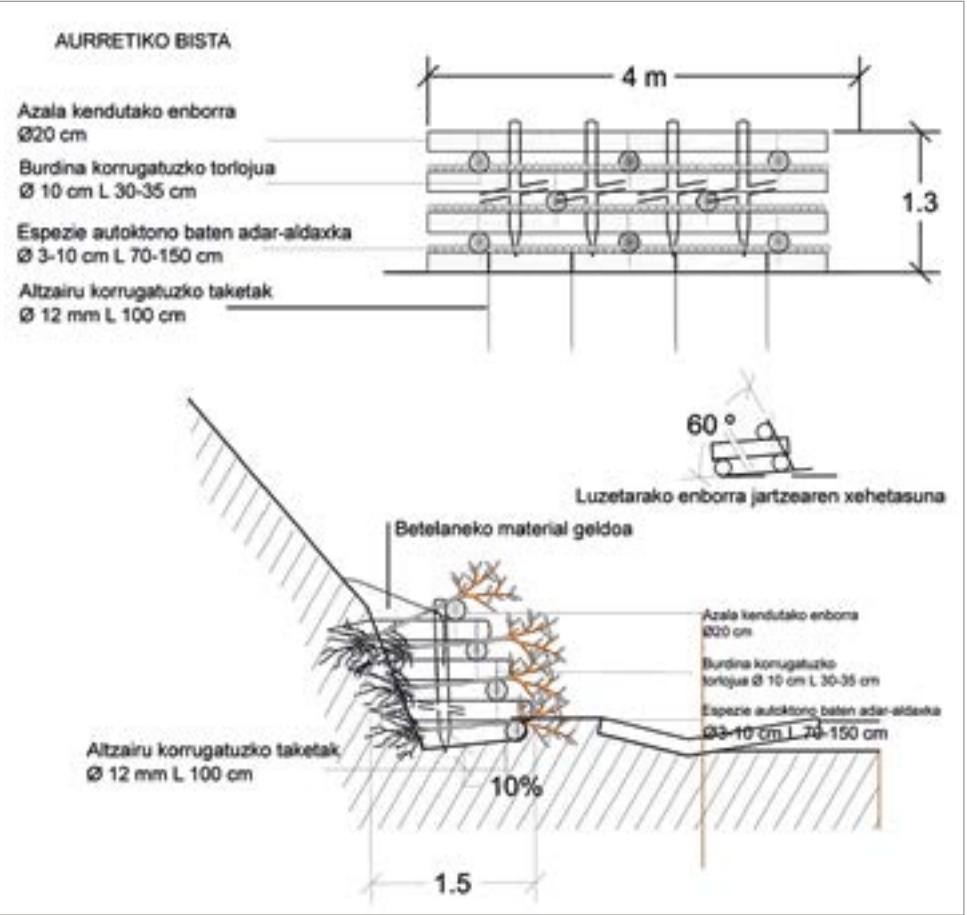
Hona hemen egur-horma bizi bikoitzetarako behar diren materialak.

- Azala kendutako enborrak, 18-25 cm-ko diametrokoak eta 2-4 m-ko luzerakoak.
- Altzairu galvanizatuzko iltzeak edo zurezko torlojuak, 10 mm-ko diametrokoak eta erabiliko diren enborren diametroa baino bi aldiz handiagoak luzeran.
- Altzairu galvanizatuzko edo korrugatuzko taketak, 12-14 mm bitarteko diametrokoak eta 1,50-2,50 m bitarteko luzerakoak; egiturako lehen enbor-ilararen aurrean jartzen dira, aurrerantz iristatuko balitz ere, hari eusteko.
- Aldaxkak, 3-7 cm-ko diametrokoak eta 50-100 cm-ko luzerakoak (indusketaren sakonera baino 10-20 cm gehiago). Ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira. Beharrezkoa denean (adibidez, garai begetatiboan), baso-albeoloan sustraitutako landarea.
- Agregakinak eta obrako lurrak.
- Beharrezkoa bada, zimenduak jartzeko harri-blokeak.

7.3.1.4 Obrak gauzatzea

1. **Ezponda birmoldatu.** Teknika ezartzen hasi aurretik, ezponda edo mazela garbitu eta birmoldatu behar da, lehenbizi makineria mekanikoz eta gero, osatzeko, leku jakin batzuk eskuz.
2. **Zimendatzeko lekua induskatu.** Ezpondaren oinarrian terraza bat induskatu behar da, lurzoru-mailaren kota baino beheago eta aurreikusitako enborren diametroa besteko altuerakoa, % 10eko kontramaldan. Indusketaren zabalerak enbor horizontala jartzeko adinakoa izan behar du.
3. **Lehen enbor-maila jarri.** Enbor horizontalen lehen maila jarri behar da, ilara bakarrean. Enbor horizontalak matxinbratuz eta altzairu korrugatuzko iltzez mihizatzen dira.
4. Enbor horizontalen gainean **zeharkako enborrak** jarri, lurzoruaren trasdosarera ainguratuta. Enborretik enborrerako ardatz arteko distantzia gehienez 2 m-koa izateko moduan jarri behar dira; lehengo mailetan, hobe da tartea txikiagoa izatea. Enbor horiek horizontalekin lotu behar dira, 10-12 mm-ko lodiera eta 35 cm-ko luzera duten altzairu korrugatuzko barrak erabiliz.
5. **Enbor horizontalen** beste ilara bat iltzatu.
6. **Egitura indusketa-lurrez bete**, eta, normalean, aldaxkak edo landare-ontziko landarea edo sustrai hutsekoa jarri. Lurra ondo trinkotu behar da, hutsunerik ez geratzeko.
7. **4., 5. eta 6. urratsetako lanak errepikatu**, euste-egiturarentzat proiektatutako altuera lortu arte.
8. **Burualdeko profilak birmoldatu eta finkatu.** Ingeniaritzako geoproduktuak erabiltzea (kokozko mantak, jutezkoak...) baliagarria izan daiteke egituraren ertzak eta alboko erremateak babestek.

127. irudia. Egur-horma bakuna eta egur-horma bakuna aurrealdeko makilarekin. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



9. Plubiometria altuko eta bultzada handiko eremuetan, garrantzitsua da **drinatze-materiala** jartzea trasdosean, egur-hormaren barruko alde behekoenean.

7.3.1.5 Kalitate-kontrola

Landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea.

Obra-zuzendariak edozein unetan eskatu dezake 8.1 epigrafean (“Kalitate-kontrola”) adierazitako landare-materialaren nahiz zuraren saiakuntzak egiteko; batik bat, erabili behar den zuraren diametroei eta jatorriari dagokienez.

7.3.1.6 Neurketak eta ordainketak

Egur-horma bizi bakuna egindako m2 egitura kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

7.3.1.7 Gomendioak

- Lanak geldialdi begetatiboan egitea komeni da, baso-edukiontziko zuhaitzak edo zuhaixkak erabili behar direnean izan ezik; azken kasu horretan, neguan ez ezik, udaberrian eta udazkenean ere egin daitezke.
- Material bizia biltzeko plangintza egokia egin behar da.
- Eskulan espezializatua behar da.
- Gutxienez 2 urtean mantentze-lanak egitea komeni da. Denbora-tarte horretan, sustraitu ez den material bizia ordeztu egin behar da. Beharrezkoa bada, lau urteren buruan entresaka edo inausketa egin behar da.
- Aldaxkek edo landare sustraituak egitura trasdoseraino zeharkatzeko bezain luzeak izan behar dute, sustraitu ahal izan daitezen. Aurreko aldeak kanpoan aterata pare bat begi izateko moduan geratu behar du.
- Egiturak 60°-tik beherako inklinazioa izan behar du horizontalarekiko, landareak hazi ahal izan daitezen.
- Zeharkako enborrak txandakatuta jarri behar dira, ez bata bestearen gainean, egiturak berak elastikotasun eta erresistentzia handiagoa izan ditzan.
- Egituraren atzeko aldean ez da geozuntzik erabili behar, landareak sustraitzea eragozten baitu; behar izanez gero, bereizte-gainazalik sortzen ez duten beste sare-mota batzuk erabili behar dira.

7.3.1.8 Prezio deskonposatuaren proposamena: egur-horma bizi bakuna

Egur-horma bakunentzako bi prezio daude ezarrita, zimendu-motaren arabera (ikus irudiak hurrengo orrialdean):

- Horma bakuneko egur-horma.
- Horma bakuneko egur-horma harrizko zimenduduna.

7.3.1.9 Egur-horma bizi bakunaren kalkulua

Egur-horma bizi bakunaren kalkulua aurrerago garatuko da, 7.3.5 epigrafean (“Egur-hormen kalkuluak eta egonkortasun-egiaztapenak”).

m ³ Horma bakuneko egur-horma					
m2 egur-horma bizi egilea, zurekoa eta horma bakunekoa, konifero-enborrez (D 20-25 cm). Egiturako luzetarako eta zeharkako enborrak elkarren artean finkatzea zureako altzairu galvanizatuzko torlojuz (gutxienez 300 mm-koak), oinarrian altzairu korugatzuko barraz inguratzea, egiturari bertatzea ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaitza-espezie autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan geruza bakoitzean eta/edo landare sustraiak, eta geruza bakoitza indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, enborrez hornitzea eta obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura erakitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago bermealdiko bi urteetako mantentze-lana.					
Kodex	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prestio unitarioa	Zerbitakoa
1	Materialak				
	ala	Torloju autohartatzale zimendaduna L 300 mm zureko	4.000	1,00 €	4,00 €
	m ³	Azala kendutako konifero-enbora	0,300	42,00 €	12,60 €
	Kg	Altzairu korugatzuko barrak B4005 muga elastikoa x = 400 N/m2	2,900	1,40 €	2,80 €
	ud	Adar-aldaxka 3-7 cm-ko diametroa eta 50-100 cm-ko luzera	40,000	0,80 €	32,00 €
	m ³	Obrako material-lurrekin betetara egin eta zabetzea	0,600	1,50 €	0,90 €
Subtotala, materialak:					52,30 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Kamioia 10 m3 inakzio integrala k/garabia 16t	0,200	50,00 €	10,00 €
	h	Azzenako hondaemakina beltza-kateduna 180 kW	0,200	50,14 €	10,03 €
	h	Dumper 1,5 t hidrolikoa	0,30	26,90 €	8,07 €
	h	Ekipo elektrogenoa 20-30 kVA	0,30	9,39 €	2,82 €
	h	Motozerra	0,100	3,50 €	0,35 €
	h	Zutatzeko makina	0,300	4,00 €	1,20 €
Subtotala, ekipoa eta makineria					32,47 €
3	Eskulana				
	h	Obr zibileko burua	0,20	24,89 €	4,98 €
	h	Obr zibileko enakuntzako 1. ofiziala	0,50	22,07 €	11,04 €
	h	Enakuntzako peoi amuna	1,00	18,00 €	18,00 €
Subtotala, eskulana:					34,01 €
4	Zureneko kostu osagarriak				
	%	Zureneko kostu osagarriak	0,02	95,49 €	1,91 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € behin 10 urteetan			Zureneko kostuak (1+2+3+4)		126,11 €

128. irudia. Horma bakuneko egur-horma

m ³ Horma bakuneko egur-horma, harrizko zimenduduna					
m2 egur-horma bizi egilea, zurekoa eta horma bakunekoa, konifero-enborrez (D 20-25 cm). Egiturako luzetarako eta zeharkako enborrak elkarren artean finkatzea zureako altzairu galvanizatuzko torlojuz (gutxienez 300 mm-koak), oinarrian altzairu korugatzuko barraz inguratzea, harrizko zimendua egilea, egiturari bertatzea ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaitza-espezie autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan geruza bakoitzean eta/edo landare sustraiak, eta geruza bakoitza indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, enborrez hornitzea eta obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura erakitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago bermealdiko bi urteetako mantentze-lana.					
Kodex	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prestio unitarioa	Zerbitakoa
1	Materialak				
	ala	Torloju autohartatzale zimendaduna L 300 mm zureko	4.000	1,00 €	4,00 €
	m ³	Azala kendutako konifero-enbora	0,300	95,00 €	28,50 €
	Kg	Altzairu korugatzuko barrak B4005 muga elastikoa x = 400 N/m2	2,000	0,80 €	1,60 €
	ud	Adar-aldaxka 3-7 cm-ko diametroa eta 50-100 cm-ko luzera	20,000	0,80 €	16,00 €
	m ³	Obrako material-lur hautatzarekin betetara egin eta zimendatzeko harrak	0,600	1,50 €	0,90 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Kamioia 10 m3 inakzio integrala k/garabia 16t	0,300	50,00 €	15,00 €
	h	Azzenako hondaemakina beltza-kateduna 180 kW	0,300	50,14 €	15,04 €
	h	Dumper 1,5 t hidrolikoa	0,300	26,90 €	8,07 €
	h	Ekipo elektrogenoa 20-30 kVA	0,300	9,39 €	2,82 €
	h	Motozerra	0,100	3,50 €	0,35 €
3	Eskulana				
	h	Obr zibileko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Obr zibileko enakuntzako 1. ofiziala	0,30	22,07 €	6,62 €
	h	Enakuntzako peoi amuna	0,40	18,00 €	7,20 €
	Subtotala, ekipoa eta makineria				42,48 €
4	Zureneko kostu osagarriak				
	%	Zureneko kostu osagarriak	0,02	57,54 €	1,15 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 38 € behin 10 urteetan, 3,8 €/m3 urteko			Zureneko kostuak (1+2+3+4)		133,79 €

129. irudia. Horma bakuneko egur-horma, harrizko zimenduduna

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.2 Egur-horma bikoitza edo Krainer



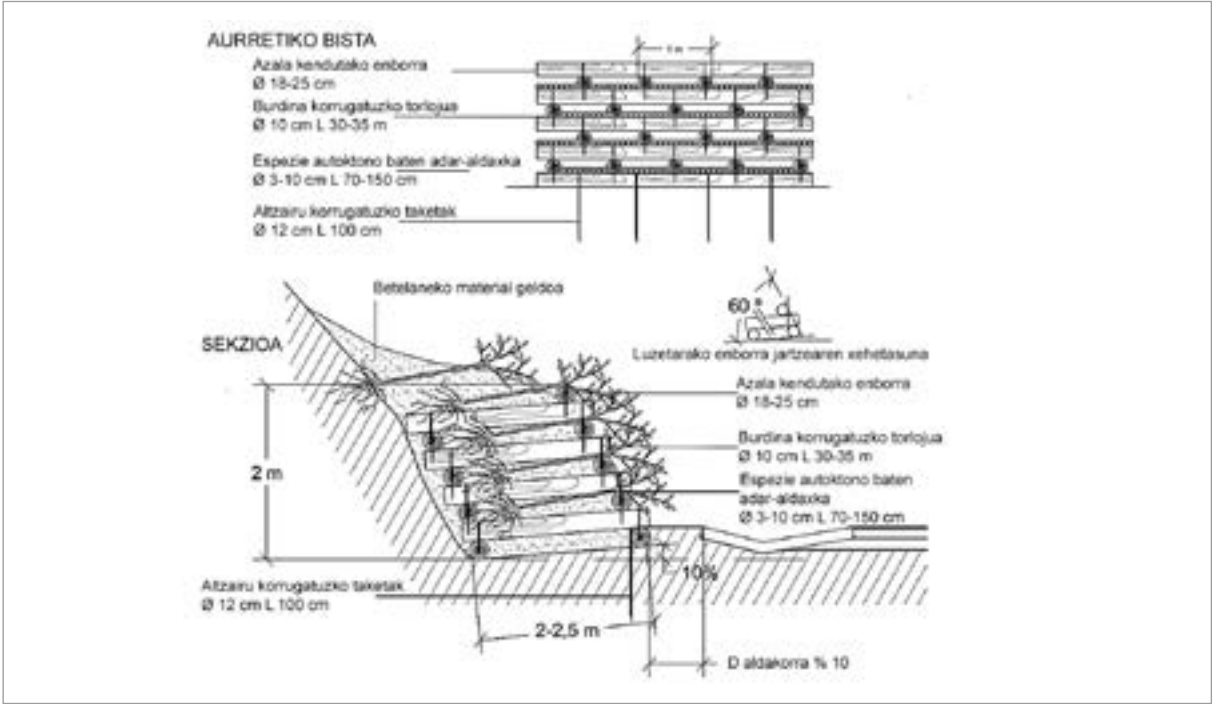
130. irudia. Egur-horma bizi bikoitza, eraiki eta urtebetera. Iturria: P. Cornolini

7.3.2.1 Definizioa eta irismena

Egonkortze-teknika misto bat da, azalik gabeko enborrez lurzoruari eusteko prisma bat egitean datzana, horizontalean bi enbor-ilara paralelo eta gainean zeharkako enborrak jarrita. Egituran ezaugarri bioteknikoak dituzten espezieak sartzen dira (aldaxken ilarak edo landare sustraituak), gerora landarearen garapenak enbor-egitura ordeztu eta ezponda egonkortu dezan.

Grabitate-horma gisa jarduten du, hau da, egituraren masak mugimendu ezegonkortzaileak indargabetzen ditu, eta horrek drainatzea errazten du. Teknika egokia da 50 gradurainoko maldak dituzten ezpondak egonkortzeko; indartze-efektua 2-3 metroko sakoneran lortzen du. Non jartzekoa den eta zenbat karga jasan behar duen kontuan hartuta, baliteke harrizko zimendu gehigarri bat behar izatea.

131. irudia. Krainer erako egur-horma bizi bikoitzaren aurretiko bista eta profila. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.3.2.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Errepide eta trenbideetan, 50°-rainoko malda duten ezponda eraiki berrietan.
- Irristatzeen oinarria egonkortzeko, betiere hiru metroraingo sakonerakoak.
- Lubeta sendotu eta landaredunen eraikuntzan.
- Ibai-eremuan, ibai- eta laku-ertzak egonkortzeko.

Egur-horma biziak euste-egitura konbentzionalekin batera ere erabil daitezke, harri-lubeten edo hormen gainean.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

- Berehalako sendotze-efektua.
- Egitura-elastikotasuna.
- Habitat naturala birsortzeko aukera.
- Paisaia- eta ingurumen-integrazio ona.

Eragozpen hauek aipagarriak dira:

- Egur-horma bizi bikoitzek altuera-muga bat dute, eta ez da gomendatzen 2,5-3 metro baino gehiagoko altuera izatea.
- Eskulan asko behar da, eta instalazioa konplexua da.
- Denboraren poderioz zura usteldu egiten da; beraz, lurzorian ondo-ondo sartu behar izateaz gain, beharrezkoa da egituraren txertatutako aldaxkak bizirik egotea eta sakon-sakon sustraitzera iristea, ezpondari eusteko eta sendotzeko funtzioa betetzera irits daitezen zura horretarako gai ez denean.

7.3.2.3 Materialak

Hona hemen Krainer erako egur-horma bizi bikoitzetarako behar diren materialak:

- Azala kendutako enborrak, 18-30 cm-ko diametrokoak eta 2-4 m-ko luzerakoak.
- Altzairu galvanizatuzko iltzeak edo burdina korrugatuzko torlojuak, 10 mm-ko diametrokoak eta erabiliko diren enborren diametroa baino bi aldiz handiagoak luzeran.
- Altzairu galvanizatuzko edo korrugatuzko taketak, 12-14 mm bitarteko diametrokoak eta 1,50-2,50 m bitarteko luzerakoak; egiturako lehen lerroaren aurrean jartzen dira, aurrerantz irristatuko balitz ere, hari eusteko.
- Aldaxkak, 3-7 cm-ko diametrokoak eta 50-100 cm-ko luzerakoak (indusketaren sakonera baino 10-20 cm gehiago). Ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira.
- Beharrezkoa denean (adibidez, garai begetatiboan), baso-albeoloan sustraitutako landarea.
- Agregakinak eta obrako lurrak.
- Beharrezkoa bada, zimenduak jartzeko harrizko blokeak.

7.3.2.4 Obrak gauzatzea

1. **Ezponda birmoldatu.** Egonkortze-teknika mistoa ezartzen hasi aurretik, ezponda edo mazela garbitu eta birmoldatu behar da, lehenbizi makineria mekanikoz eta gero, osatzeko, leku jakin batzuk eskuz. Informazio gehiago nahi izanez gero, kontsultatu NTJ 12S (2. zatia, 6.3 atala, “Lurzoruaren prestaketa”).

2. **Zimendatzeko lekua induskatu.** Ezpondaren oinarrian terraza bat induskatu behar da, lurzoru-mailaren kota baino beherago eta aurreikusitako enborren diametroa besteko altuerakoa, % 10eko kontramaldan. Indusketaren zabalera egiturarena da.
3. **Lehen enbor-maila jarri.** Enbor horizontalen lehen maila jarri behar da, bi enbor-ilara paralelo eginez, bata bestetik gehienez bi metrora. Enbor horizontalak matxinbratuz eta altzairu korrugatuzko iltzez mihizatzen dira.
4. **Zeharkako lehen enbor-segida jarri.** Enbor horizontalen gainean jarri behar dira, enborretik enborrerako ardatz arteko distantzia gehienez 2 m-koa izateko moduan; lehengo mailetan, hobe da tartea txikiagoa izatea. Enbor horiek horizontalekin lotu behar dira, 10-12 mm-ko lodiera eta 35 cm-ko luzera duten altzairu korrugatuzko barrak erabiliz.
5. **Enbor horizontalen** beste ilara bat iltzatu, kontuan hartuz beheko enbor-mailatik gorantz dagoen irudizko lerro bertikalaren atzean geratu behar duela.



6. **Egitura indusketa-lurrez bet.** Adar-sortak ere jartzen dira normalean. Beste aldaera bat kokozko manta organiko bat jartzea da, lurra soildu ez dadin, eta, ondoren, obrako indusketa-lurrez eta aldaxkez betetzea. Lurra ondo trinkotu behar da, hutsunerik ez gertatzeko.
7. **4., 5. eta 6. urratsetako lanak errepikatu,** euste-egiturarentzat proiektatutako altuera lortu arte.
8. **Burualdeko profilak birmoldatu eta finkatu.** Ingeniaritzako geoproduktuak erabiltzea (kokozko mantak, jutezkoak...) baliagarria izan daiteke ur gora egituraren ertzak eta alboetako erremateak babesteko, higadurari eta ura sartzeari dagokienez gune horiek baitira ahulenak. Harri-bloke handiagoak ere erabiltzen dira, egituren hasieran energia disipatzeko, deflektore gisa.

Plubiometria altuko eta bultzada handiko eremuetan, garrantzitsua da **drainatze-materiala** jartzea trasdosean, egur-hormaren barruko alde behekoenean.

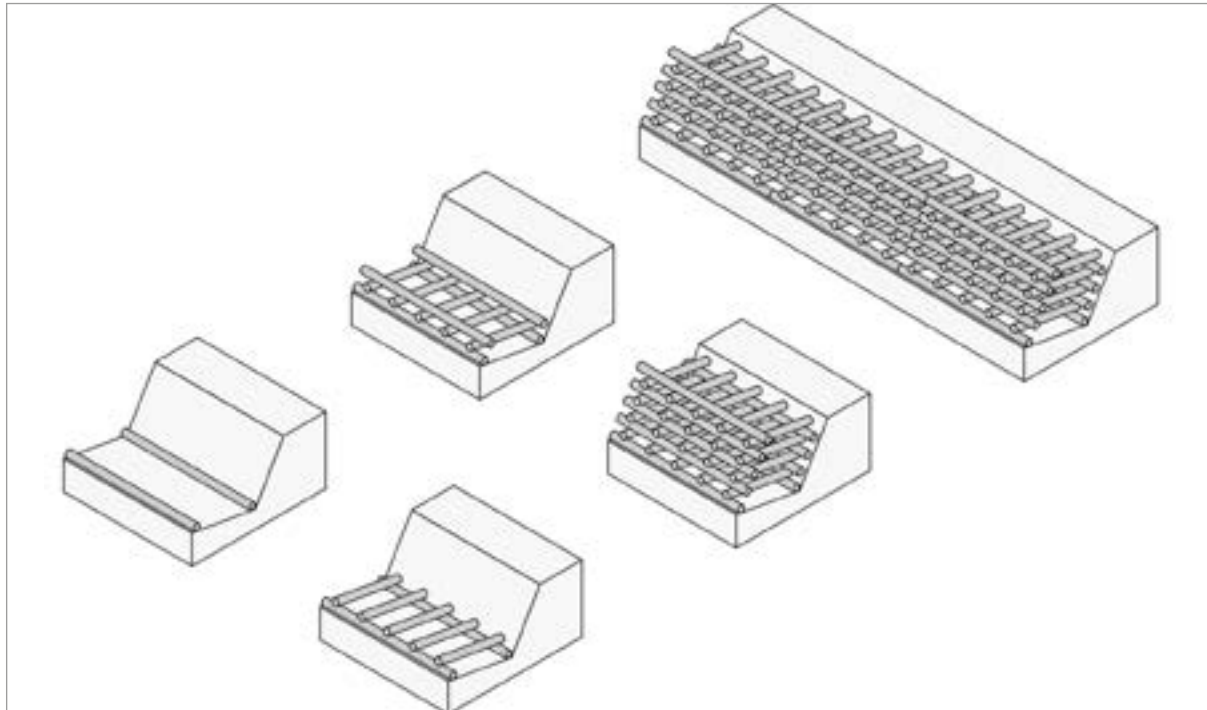
7.3.2.5 Kalitate-kontrola

Landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea.

Komenigarria da landare-materialarekin eta zurarekin lotutako saiakuntzak egitea; “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean adierazitakoak, adibidez.

7.3.2.6 Neurketak eta ordainketak

Egur-horma egindako m3 egitura kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.



132. *irudia. Egur-horma bikoitz baten egitura gauzatzeko faseak. Maila bakoitza egitean aldatzeko jarri eta egitura lurrez betetzen da.*
Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

7.3.2.7 Gomendioak

- Lanak geldialdi begetatiboan egitea komeni da, baso-edukiontziko zuhaitzak edo zuhaixkak erabili behar direnean izan ezik; azken kasu horretan, neguan ez ezik, udaberrian eta udazkenean ere egin daitezke.
- Material bizia biltzeko plangintza egokia egin behar da.
- Eskulan espezializatua behar da.
- Gutxienez 2 urtean mantentze-lanak egitea komeni da. Denbora-tarte horretan, sustraitu ez den material bizia ordeztu egin behar da. Beharrezkoa bada, lau urteren buruan entresaka edo inausketa egin behar da.
- Aldaxkek edo landare sustraituak egitura trasdoseraino zeharkatzeko bezain luzeak izan behar dute, sustraitu ahal izan daitezen. Aurreko aldeak kanpoan aterata pare bat begi bakarrik izateko moduan geratu behar du.
- Egiturak 60º-tik beherako inklinazioa izan behar du horizontalarekiko, landareak hazi ahal izan daitezen.
- Zeharkako enborrak txandakatuta jarri behar dira, ez bata bestearen gainean, egiturak berak elastikotasun eta erresistentzia handiagoa izan ditzan.
- Egituraren atzeko aldean ez da geozuntzik erabili behar, landareak sustraitzea eragozten baitu; behar izanez gero, bereizte-gainazalik sortzen ez duten beste sare-mota batzuk erabili behar dira.

7.3.2.8 Prezio deskonposatuaren proposamena: Krainer erako egur-horma bikoitza

Krainer erako egur-horma bikoitzentzako bi prezio daude ezarrita, zimendu-motaren arab:

- Krainer erako egur-horma bizi bikoitza.
- Krainer erako egur-horma bizi bikoitza, harrizko zimenduduna.

7.3.2.9 Krainer erako egur-horma bizi bikoitzaren kalkulua

Egur-horma bizi bikoitzaren kalkulua aurrerago garatuko da, 7.3.5 epigrafean (“Egur-hormen kalkuluak eta egonkortasun-egiaztapenak”).

m ² Kraker arbores egur-forma bita teknika					
m3 de realización de un entramado vivo de madera doble, estructura compuesta por troncos longitudinales y transversales de madera de conifera (D 20-25cm), fijados entre sí con tornillos de acero galvanizado, anclada en la base con barras de acero corrugado, cimentación en piedra. Inserción de estacas de especies arbustivas autóctonas con capacidad de reproducción vegetativa garantada en cada estrato y/o de planta arbolada, refieno a corte entristo con barras de la excavación comprendiendo la excavación para la cimentación, colocación de piedra en la base, el suministro y transporte de la piedra, de los troncos a pie de obra, el corte de los troncos, la construcción de la estructura, la preparación y conservación en obra del material vegetal y el refieno de la estructura. Incluido el mantenimiento durante los diez años de existencia de la estructura.					
Medida	Unidades	Descripción	Elementos	Precio unitario	Subtotal
1		Materiales			
	asea	Tornijo autohormigado con rosca de 1.300 mm	8.000	1.30 €	8.000 €
	kg	Acero laminado 100mmx5mm	9.000	41,00 €	371,00 €
	m ²	Alfiler corrugado tipo 34005 huge electric n v 400 mm	2.000	1,40 €	2.800 €
	ml	Adh-epoxica 5-7 jaco de diametro de 50-100 cm de tubo	40.000	8,80 €	352,00 €
	m ³	Obra material de mastracacion de betono ego sea colado	0.800	1.30 €	1.040 €
		Subtotal, materiales			85,84 €
2		Equipos de maquinaria			
	h	Barreda 12 m3 trabajo integrado 10000 h	0.300	50,00 €	15,00 €
	h	Alcorno 100mmx5mm 10000 h	0.300	50,14 €	15,04 €
	h	Dumper 1,5 t 10000 h	0.300	26,90 €	8,07 €
	h	Grupa 10000 h	0.300	6,20 €	1,86 €
	h	Maquina 10000 h	0.300	3,80 €	1,14 €
	h	Subtotal maquina	0.300	4,30 €	1,30 €
		Subtotal, equipos de maquinaria			41,81 €
3		Estudios			
	h	Obra 10000 h	0.30	34,99 €	1,05 €
	h	Obra 10000 h 1.0000 h	0.30	22,27 €	1,14 €
	h	Estudio 10000 h	2.000	16,00 €	32,00 €
		Subtotal, estudios			34,19 €
4		Zaragoza 10000 h			
	h	Zaragoza 10000 h	0.30	30,22 €	1,81 €
Valor arbores 10000 h					164,80 €

133. irudia. Krainer erako egur-horma bikoitza

m ² Krainer erako egur-horma bizi ikultze, harridua zimentatutara					
m3 egur-horma bizi egilea, zuretsua eta horma bikoitzakoa, konifero-enboretz (D 20-25 cm). Egitureko kuztarrak nahiz zeharkako enboretz elkarren artean altzairu galvanizatuakzko tortxuz finkatzea, onarman altzairu konuegutako barruz sinpatutzea, harridua zimentatze egilea, elgituren barizetza ugalketa begelatorbako ahalmena duten zuretsuak-espeziki auketzonean adar-aldakak elkarren ondoan gurutza bakoitzaren elisido landare sustratzea, eta gurutza bakoitza indusketaz lurret betetzea. Barmen daude zimentatzeko indusketak-lana, onarman horma jarzea, harriz eta enboretz horietara eta obrara garmatzea, enboretz moztez, egitura erakitziaz, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barmen dago bermealdiko bi urteetako mantentze-lana.					
Koda	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezioa unitarioa	Zerbitzua
1	m ²	Materiaiak			
m ³	ala	Tortxuak: ahar-hormetarako zimentatutako L 300 mm zuretsua	0,300	1,20 €	0,360
m ³	ala	Ahar-hormetako harridua-enboretz	0,300	43,80 €	13,140
kg	kg	Altzairu konuegutako horma (4005 muga-egitura + n = 400 funtzio)	0,000	1,40 €	0,000
m ²	ad	Ahar-ataletak 5 m-ko dimentsioa eta 30-100 cm-ko harridua	40,000	0,80 €	32,000
m ³		Landare-materiala eta indusketazko lurretara egur-aldakak	0,000	1,50 €	0,000
m ³		Zimentatzeko horma	0,300	43,80 €	13,140
Sutintza, materialak					36,540
2		Elgituren eta materialen			
h	h	Harridua 10 m-ko bakoitz elisido eta inguruko 10	0,300	30,80 €	9,240
h	h	Ahar-aldakak: indusketazko lurretara zuretsua 100 m ²	0,300	36,54 €	10,962
h	h	Dugayr 15 m-ko altzairu	0,300	30,80 €	9,240
h	h	Elgite elisidutako 30-30 m ²	0,300	3,90 €	1,170
h	h	Elisidutako	0,300	3,90 €	1,170
h	h	Zuretsuak materiala	0,300	4,20 €	1,260
Sutintza, elgituren eta materialen					43,812
3		Elgituren			
h	h	Ora zuretsuak/landak	0,30	14,80 €	4,440
h	h	Ora zuretsuak/landak 1. elisido	0,30	13,07 €	3,921
h	h	Elisidutako puzi-eraketa	0,30	18,00 €	5,400
Sutintza, elgituren					13,761
4		Zuretsuak lurretara inguruko			
h	h	Zuretsuak lurretara inguruko	0,30	67,33 €	20,199
Sutintza, zuretsuak					20,199
Guztira: urteko mantentze-lanak, 10 h urteko 10 urteko, 10 h urteko 10 urteko			Zuretsuak lurretara 10 h urteko 10 urteko		107,501

134. irudia. Krainer erako egur-horma bikoitza, harrizko zimenduduna

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.3 Latina egur-horma bizia



135. irudia. Latina egur-horma biziaren adibidea: egitura egiten, eta egin eta hilabete batzuetara. Iturria: P. Cornolini

7.3.3.1 Definizioa eta irismena

Egonkortze-teknika misto bat da, zurez eta lurrez egina, enborrez eratutako armazoi triangeluar batez osatua. Armazoi horrek lur-ziriaren aurrealdeari eusten dio, eta ganbarak eratzen ditu. Ganbera horietan sahats-aldaxka eta/edo zuhaixka autoktono sustraituak txertatzen dira. Lorzorua-zura-landarea obra mistoak grabitate-obra gisa funtzionatzen du.

7.3.3.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Errepide eta trenbideetan, 50°-rainoko malda duten ezponda eraiki berrietan.
- Irristatzeen oinarria egonkortzeko, betiere hiru metroraingo sakonerakoak.
- Lubeta sendotu eta landaredunen eraikuntzan.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

- Berehalako sendotze-efektua.
- Egur-horma bizi bikoitzaren aldean, materialak (zura eta iltzeak) eta eraikitze denbora aurrezten ditu.
- Habitat naturala birsortzeko aukera.
- Paisaia- eta ingurumen-integrazio ona.

Eragozpen hauek aipagarriak dira:

- Altuera mugatua. Bere eraikuntza-modu berezia dela-eta, egur-horma latinoak 1,8-2,2 m bitarteko altueretarako du eraikuntza-maila optimoa.
- Eskulan asko behar da, eta instalazioa konplexua da.
- Denboraren poderioz zura usteldu egiten da; beraz, lurzoruan ondo-ondo sartu behar izateaz gain, beharrezkoa da egitura txertatutako aldaxkak bizirik egotea eta sakon-sakon sustraitzera iristea, ezpondari eusteko eta sendotzeko funtzioa betetzera irits daitezen zura horretarako gai ez denean.

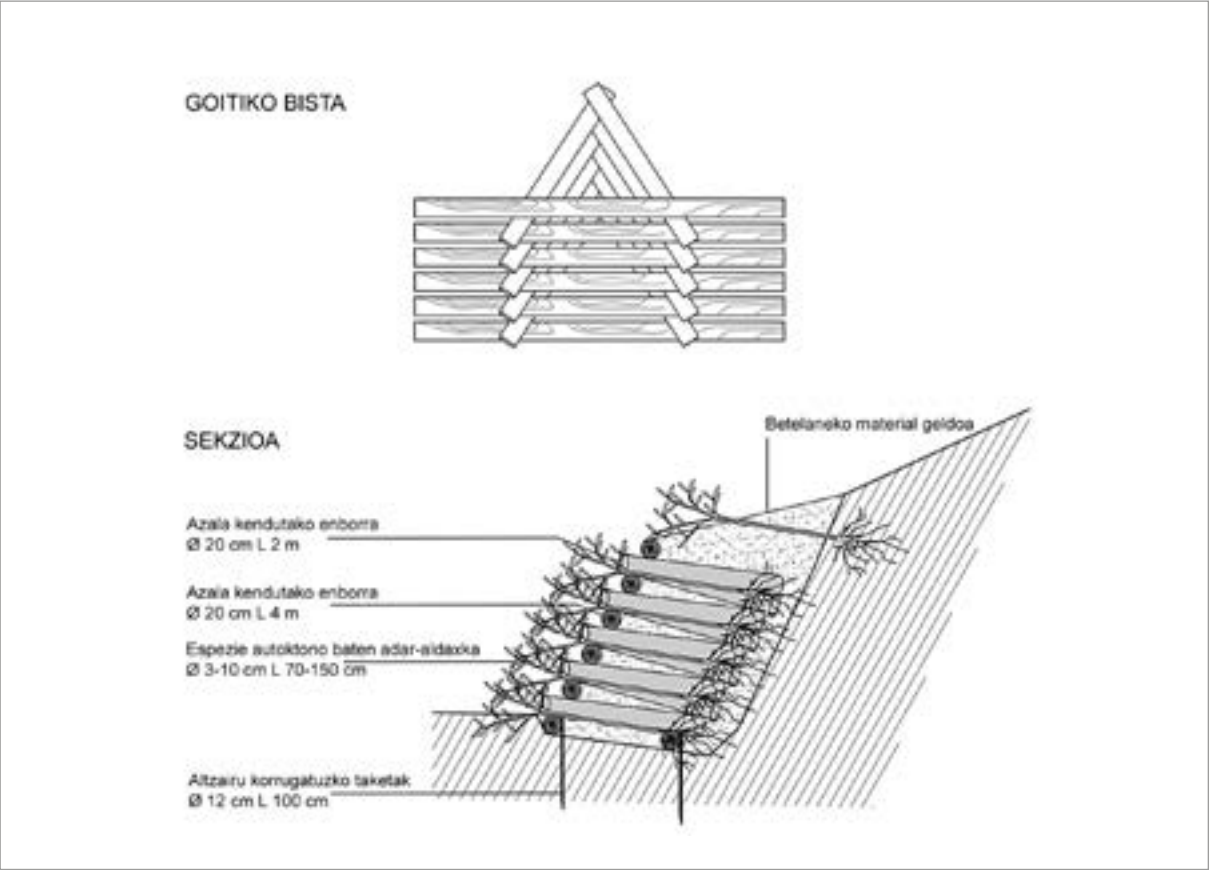
7.3.3.3 Materialak

- Azala kendutako enborrak, 18-22 cm-ko diametrokoak eta 2-4 m-ko luzerakoak.
- Altzairu galvanizatuzko torlojuak, 10-12 mm-ko diametrokoak eta erabiliko diren enborren diametroa baino bi aldiz handiagoak luzeran, edo neurri bereko altzairu korrugatuzko iltzeak.
- Aldaxkak, 3-7 cm-ko diametrokoak eta 50-150 cm-ko luzerakoak. eta ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira.
- Zuhaixka autoktono sustraidunak, ahal dela sustrai adbentizioak zurtoinetik botatzeko gaitasuna dutenak.
- Indusketa-lurra.

7.3.3.4 Obrak gauzatzea

1. **Zimendatzeko lekua induskatu.** Egonkortasun handiagoa izateko, egur-horma 10° inguruko kontramaldarekin lurperatu behar da, eta aurrealdeak 60°-ko inklinazioa izan behar du. Horrela, landareak hobeto haztea bermatzen da.
2. **Paraleloan bi enbor-ilara jarri.** Enborrek 4 m luze eta 18-22 cm-ko diametrokoak izan behar dute, eta luzetara jarri behar dira, elkarrengandik zimendatze-distantzia kalkulatu tartea utzita.
3. **Zeharkako lehen enbor-segida jarri.** Luzera egituraren altueraren arabera izango da (2-2,5 m). Enbor horizontalen gainean eta haietara iltzatuta jarri behar dira, zurezko kaxoi horizontal bat eratzen dutela, eta elkarren artean nahiz atzealdeko enbor horizontal bakarrari lotu behar dira. Elkarrengandik 2 m-ra jarri behar dira, triangelu isoszele bat eratzen dutela; azpialdea egituraren atzeko habeari lotu behar zaio.

136. irudia. Latina egur-horma biziaren profila. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



- 4. *Hurrengo enbor horizontala jarri*, eta zeharkako bi enborretara iltzatu.
- 5. *Zeharkako bigarren enbor-segida jarri*. Enbor horizontalen lehen mailaren gainean jarri behar dira, atzealdetik elkarren artean eta aurreko mailara iltzatuta.
- 6. *4. eta 5. urratsetako lanak errepikatu*, kalkulaturako altuera lortu arte.
- 7. *Indusketa-lurrez eta landare-lurrez bete*. Betetzeko erabilitako lurra ondo trinkotu behar da, eta maila horizontalen arteko hutsuneetan ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie autoktonoen aldaxkak jartzen dira. Adarrak eta landareak ezin dira aurrealdetik 10 cm baino gehiago atera, eta aldaxkek lurzoru naturaleraino iritsi behar dute.

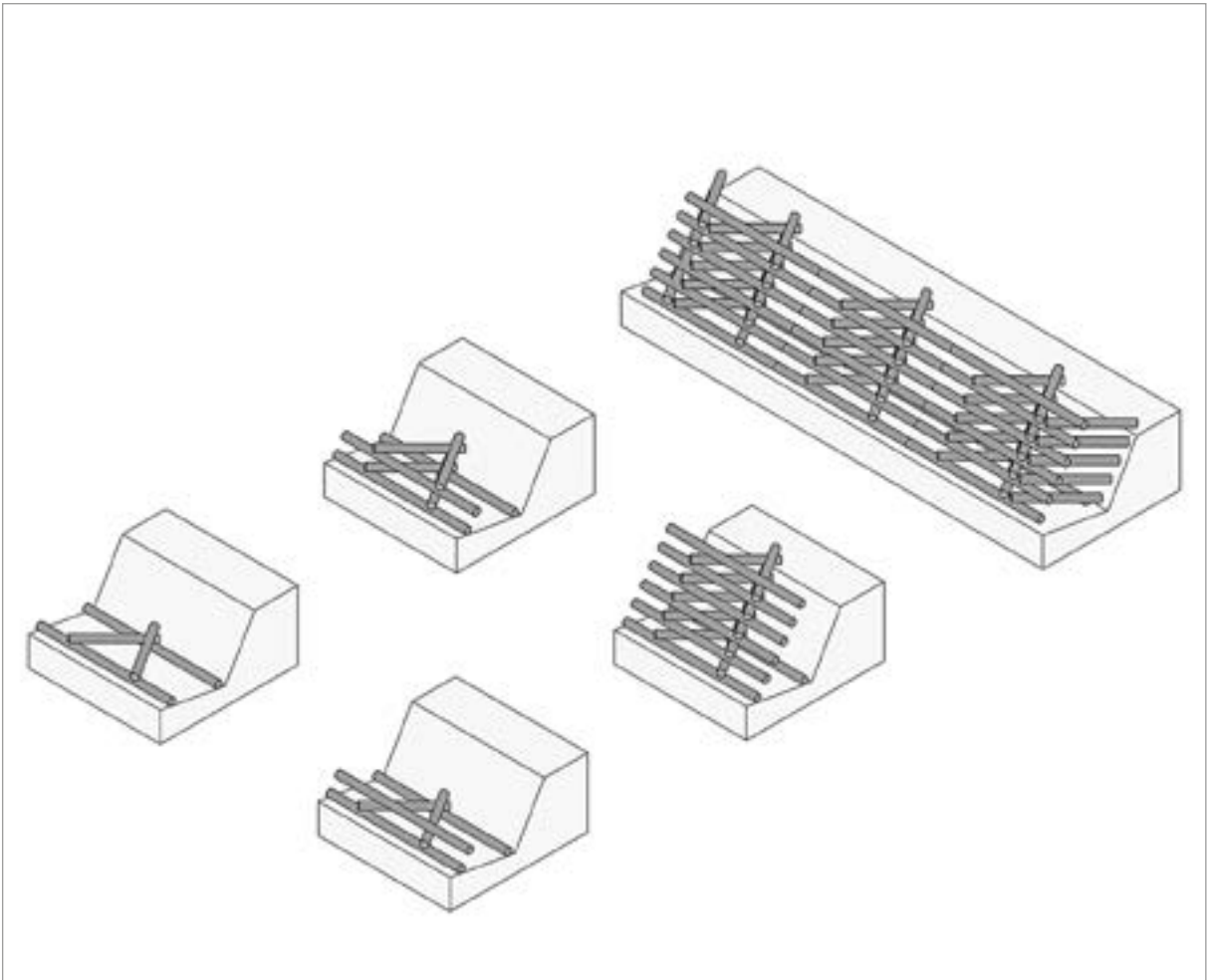
7.3.3.5 Kalitate-kontrola

Landare-material bizia, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea. Komenigarria da “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean landare-materialari eta zurari dagokienez adierazitako saiakuntzak egitea.

7.3.3.6 Neurketak eta ordainketak

Egur-horma egindako m3 egitura kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

137. irudia. Latina egur-horma eraikitzeko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.3.3.7 Gomendioak

- Lanak geldialdi begetatiboan egitea komeni da. Baso-edukiontziko zuhaitzak edo zuhaixkak erabili behar direnean, neguan ez ezik udaberrian eta udazkenean ere egin daitezkeo.
- Material bizia biltzeko plangintza egokia egin behar da.
- Eskulan espezializatua behar da.
- Gutxienez 2 urtean mantentze-lanak egitea komeni da. Denbora-tarte horretan, sustraitu ez den material bizia ordeztu egin behar da. Beharrezkoa bada, lau urteren buruan entresaka edo inausketa egin behar da.
- Aldaxkek, edo landare sustraituak, egitura trasdoserraino zeharkatzeko bezain luzeak izan behar dute, sustraitu ahal izan daitezen. Aurreko aldeak kanpoan aterata pare bat begi bakarrik izateko moduan geratu behar du.
- Egiturak 60º-tik beherako inklinazioa izan behar du horizontalarekiko, landareak hazi ahal izan daitezen.
- Zeharkako enborrak bertikal berean jarri behar dira.
- Egituraren atzeko aldean ez da geozuntzik erabili behar, landareak sustraitzea eragozten baitu; behar izanez gero, bereizte-gainazalik sortzen ez duten beste sare-mota batzuk erabili behar dira.

7.3.3.8 Prezio deskonposatuaren proposamena: Latina egur-horma bizia

Hona hemen Latina egur-horma biziaren prezio deskonposatua, harrizko zimenduduna edo zimendu gabea.

m ³ Latina egur-horma					
m3 egur-horma bizi egilea, zurezkoa eta latina erakoa, konifero-enborrez (D 20-25 cm). Egituraren armazoi triangeluarra eratzen duten luzetarako eta zeharkako enborrak elkarren artean altzairu galvanizatuzko torlojuz finkatzea, oinarrian altzairu konigatzuzko barraz inguratzea, egitura berritatzeko ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaixka-espezie autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan geruza bakoitzean eta/edo landare sustraitua, eta geruza bakoitzean indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, enborrez hornitzea eta obrara girtatzea, enborrak mozteak, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago bermealdiko bi urteetako mantentze-lana.					
Kodex	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzioak
1	Materialak				
	ala	Torloju autoherkusatzeko zimendaduna 1.300 mm zuzerako	6.000	1,00 €	6.000 €
	m ³	Azala laminatua konifero-enborra	0,300	42,00 €	12.600 €
	Kg	Altzairu konigatzuzko barrak 56000 mugaketalesa n = 400 Nm/m ²	2.000	1,40 €	2.800 €
	ad	Adar-aldaxka 3-7 cm ko diametroa eta 10-100 cm ko luzera	40.000	0,80 €	32.000 €
	m ³	Obrako materiala lur lekuaren gainean berritzea egin eta jartzea	0,800	1,50 €	0,80 €
Subtotala, materialak					36,38 €
2	Ekipoa eta materiala				
	h	Kamioa 10 m3 iraketa integratu kugatuta 98	0,300	50,00 €	15,00 €
	h	Ateraketa konbentzionaleko belter-akabadura 180 litro	0,300	50,14 €	15,04 €
	h	Cuprer 1,5 m ³ belter-akabura	0,300	26,90 €	8,07 €
	h	Ekipo elektrikoak 30-30 kVA	0,300	5,30 €	2,62 €
	h	Makineria	0,300	3,90 €	0,78 €
h	Zukotako makina	0,300	4,00 €	1,20 €	
Subtotala, ekipoa eta materiala					42,83 €
3	Ekiputzea				
	h	Obraren ekiputzearen bostak	0,20	24,90 €	4,98 €
	h	Obraren ekiputzearen arakotza 1. aldiria	0,50	22,07 €	11,04 €
	h	Ekiputzeak pego arakotza	1,00	18,00 €	18,00 €
Subtotala, ekiputzea					34,01 €
4	Zuzeneko laneko ingurterik				
	%	Zuzeneko laneko ingurterik	0,22	70,94 €	1,54 €
Hortaz, unitateko mantentze-lanak: 38,48 euro 10 urteetarako 3,85 € m3 unitateko			Zuzeneko lanetarako (1+2+3+4):		132,66 €

138. irudia. Latina egur-horma

m³ Latina egur-horma, harritzko zimenduduna					
m3 egur-horma bizi egitea, zurezkoa eta latina eraikoa, konifero-enborrez (D 20-25 cm). Egituraren armazoi trianguluarra eratzen duten luzetarako eta zeharkako enborrak elkarren artean altzainu galvanizatuzko toriojuz finkatzea, oinarrian altzainu korrugatuzko barraz singuratzea, harritzko zimendua egitea, egiturari txertatzea ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaika-espezie autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan geruza bakoitzean eta/edo landare sustraitua, eta goruza bakoitze indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, oinarrian harria jartzea, harritz eta enborrez hornitzea eta obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago bermealdiko bi urteetako mantentze-lana.					
Kodex	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zimendaketa
1	Materialak				
	alea	Torioju autoktonotzatze zimendaduna L 300 mm zurezkoa	6,000	1,00 €	6,00 €
	m³	Acila kendutako konifero-enbora	0,300	42,00 €	12,60 €
	Kg	Altzainu korrugatuzko barrak Ø4000-muga elastikoa x = 400 N/m²	2,000	1,40 €	2,80 €
	ud	Adar-aldaxka 3-7 cm-ko diametroa eta 50-100 cm-ko luzera	40,000	0,80 €	32,00 €
	m³	Obrako material-lur hautatuarekin belkara egin eta zatitzea	0,600	1,50 €	0,90 €
	m³	Zimendatzeko harria	0,000	40,00 €	0,00 €
		Subtotala, materialak:			76,30 €
2	Ekipoa eta materiala				
	h	Kamioa 10 m3 itxura integratua kigaraia 10t	0,300	50,00 €	15,00 €
	h	Alberako fondeatutako belkara 4000x1000 100 kW	0,300	50,14 €	15,04 €
	h	Dumper 1,5 t itxura integratua	0,300	26,90 €	8,07 €
	h	Ekipo elektrikoak 20-30 kW	0,300	9,38 €	2,82 €
	h	Motoberra	0,200	3,50 €	0,70 €
	h	Zimendatzeko makina	0,300	4,00 €	1,20 €
		Subtotala, ekipoa eta materiala:			42,83 €
3	Ekutaria				
	h	Obrako zirkulazioa	0,200	24,80 €	4,96 €
	h	Obrako zirkulazioa 1. orratza	0,500	22,07 €	11,04 €
	h	Erakuntzako proiektuak	1,000	16,00 €	16,00 €
		Subtotala, ekutaria:			32,00 €
4	Zimendatzeko kostu osagarria				
	%	Zimendatzeko kostu osagarria	0,02	76,30 €	1,53 €
Guztira, urteko mantentze-kostua: 20 € (betan 10 urteetan: 2,0 €) m3 urteko			Zimendatzeko kostua (1+2+3+4)		136,63 €

139. irudia. Latina egur-horma, harritzko zimenduduna

7.3.3.9 Latina egur-horma biziaren kalkulua

Latina egur-horma biziaren kalkulua aurrerago garatuko da, 7.3.5 epigrafean (“Egur-hormen kalkuluak eta egonkortasun-egiaztapenak”).

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.4 Aquila egur-horma



140. irudia. Aquila egur-horma eraikitzen. Iturria: P. Cornolini

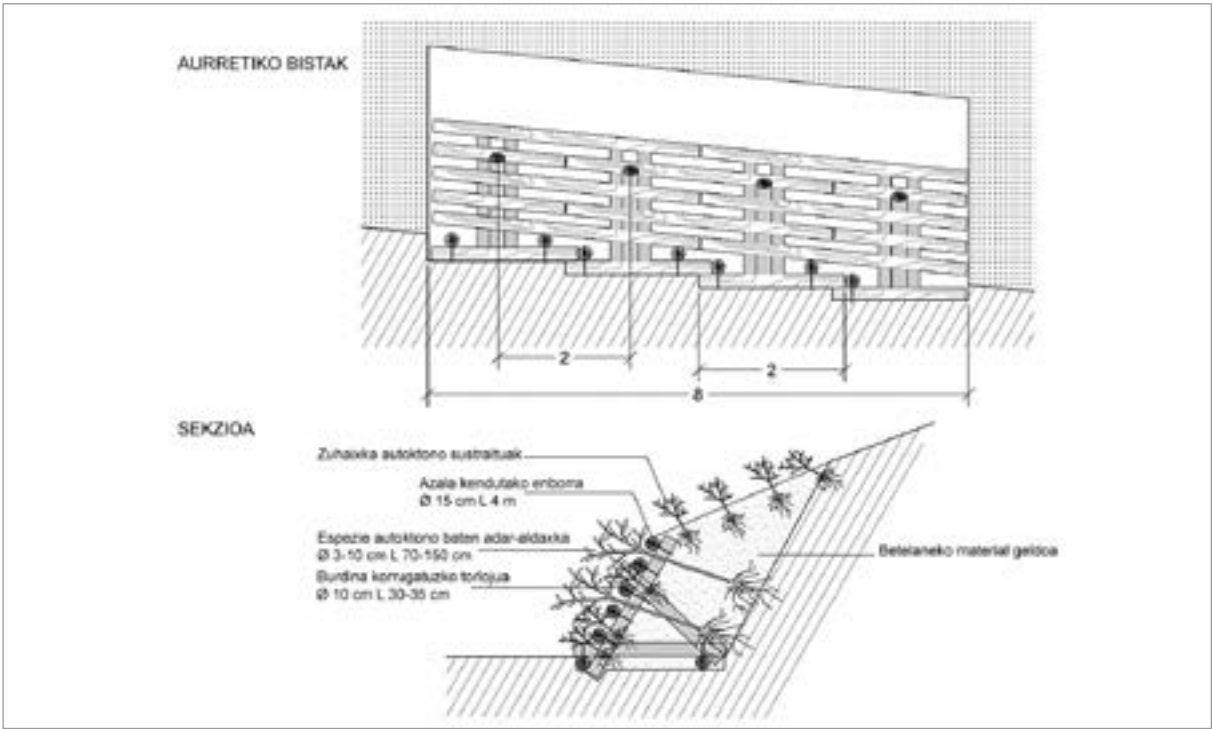
7.3.4.1 Definizioa eta irismena

Maldan dauden errepideetan erabiltzen da horma-mota hori.

Teknika egokia da maldan dauden errepideetako ezpondak egonkortzeko. Zurezko eta lurrezko egitura bat da, zenbait moduluz osatua. Modulu bakoitzak 60°-ko angelua duten bi enbor bertikal ditu, eta tirante bat, zimendu-lana egiten duten luzetarako enborrei lotuta (aurrealdean daude horiek). Zimendurako luzetarako enborrak lurperatu egin behar dira, enborren diametroa besteko zuloa eginda, pixka bat kontramaldan.

Egur-horma moduluka eraiki behar da, 4 m-ko enbor horizontalekin, 2 m-ko altueraraino. Zimendua, 2 m luze, mailakatuta eraikitzen da, aldiro 20 cm gainjarrita.

141. irudia. Aquila egur-hormaren aurretiko bista eta profila. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.3.4.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da maldan dauden errepideetako ezponda ezegonkorren oinarria egonkortzeko.

Beste egur-horma batzuek bezala, teknika horrek abantaila nagusi hauek ditu:

- Berehalako sendotze-efektua.
- Habitat naturala birsortzeko aukera.
- Paisaia- eta ingurumen-integrazio ona.

Eragozpen hauek aipagarriak dira:

- Altuera-muga: 1,8-2,2 m.
- Eskulan asko behar da, eta instalazioa konplexua da.
- Denboraren poderioz zura usteldu egiten da; beraz, lurzoruan ondo-ondo sartu behar izateaz gain, beharrezkoa da egituraren txertatutako aldaxkak bizirik egotea eta sakon-sakon sustraitzera iristea, ezpondari eusteko eta sendotzeko funtzioa betetzera irits daitezen zura horretarako gai ez denean.

7.3.4.3 Materialak

- Azala kendutako enborrak, 18-22 cm-ko diametrokoak eta 2-4 m-ko luzerakoak.
- Altzairu galvanizatuzko torlojuak, 10-12 mm-ko diametrokoak eta erabiliko diren enborren diametroa baino bi aldiz handiagoak luzeran, edo neurri bereko altzairu korrugatuzko iltzeak.
- Aldaxkak, 3-7 cm-ko diametrokoak eta 50-150 cm-ko luzerakoak. Ilara bakoitzean gutxienez metroko 10 ale erabiltzen dira.
- Zuhaixa autoktonoak, ahal dela sustrai adbertizioak zurtoinetik botatzeko gaitasuna dutenak.
- Indusketa-lurra.

7.3.4.4 Obrak gauzatzea

1. **Zimendatzeko lekua induskatu**, Ahalik gutxien induskatzeko, 2 m-ko luzerako maila horizontaletan zimendatu behar da, enbor horizontalaren diametroa adinako sakonerarekin.
2. **Bi enbor-ilara horizontal jarri**, 20 cm gainjarrita geratzeko moduan.
3. **Zeharkako enborrak jarri**. Zimenduko enborraren kanpoko ertzetik 20 cm ingurura jarri behar dira, bata bestetik 1,20 m-ko tarte utzita, enborrek 20 cm-ko diametroa badute.
4. **Lehenengo zatiak** 4 m baino luzexuegoa izan behar du, guztira irtena 4 m izan daitezen. Zati hori zeharkako lehenengo eta hirugarren enborren artean jarri behar da, errepidearekiko malda paraleloa gordez (ikus aurretiko bista).
5. **60 graduko inklinazioa duten bi enbor bertikal eta tirante bat jarri**. Enbor bertikalak lurzoruan sartu behar dira, eta aurreko zimenduko luzetarako enborrari iltzatu. Enbor horiek, muntagak, tirante-lana egiten duen enborrera artikulatuta egon behar dute, eta tirante horrek, berriz, atzeko zimenduko enbor horizontalari iltzatuta egon behar du, zentroen artean 2 m-ra dauden marko triangeluarrak eratzeko (ikus sekzioa/aurretiko bista).
6. **Enbor horizontalak finkatu, zimenduarekiko paralelo**. Triangeluak eginda daudenean, enbor horizontalak finkatu behar dira, zimenduarekiko paralelo, eta, hala, errepidearen maldarekiko egitura paralelo bat sortuko da.

7. **Enbor horizontalaren bigarren mailaren gainean zeharkako enborrak jarri**. Iltzatu egin behar dira, atzealdekik, elkarren artean eta aurreko mailari.
8. **Geruzak indusketa-lurrez eta landare-lurrez bete, eta trinkotu**. Maila horizontalen arteko hutsuneetan ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie autoktonoen aldaxkak jarri behar dira. Adarrak eta landareak ezin dira aurrealdekik 10-20 cm baino gehiago atera, eta aldaxkek lurzoru naturaleraino iritsi behar dute.

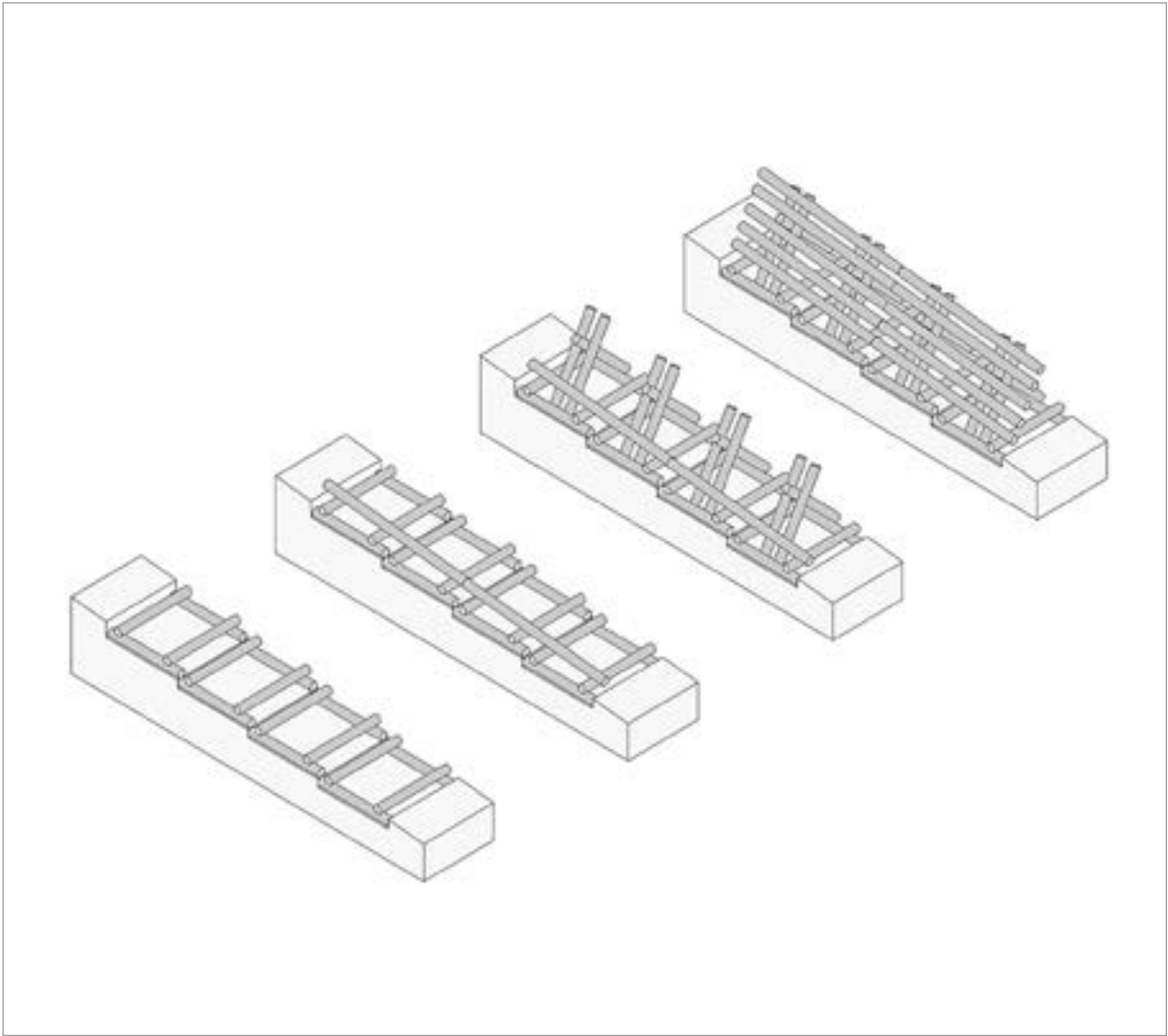
7.3.4.5 Kalitate-kontrola

Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du, obratik gertuko lekuetakoa. Onargarritzat hartzen da lehen urtean %30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea. Komenigarria da “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean landare-materialari eta zurari dagokienez adierazitako saiakuntzak egitea.

7.3.4.6 Neurketak eta ordainketak

Egur-horma egindako m3 egitura kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

142. irudia. Egitura eraikitzeo etapak. Egiten joan ahala, maila bakoitzean aldaxkak jarri eta egitura lurrez betetzen da.
Iturria: S. Sangalli - SCIA SL



- Lanak geldialdi begetatiboan egitea komeni da, baso-edukiontziko zuhaitzak edo zuhaixkak erabili behar direnean izan ezik; azken kasu horretan, neguan ez ezik, udaberrian eta udazkenean ere egin daitezke.
- Material bizia biltzeko plangintza egokia egin behar da.
- Eskulan espezializatua behar da.
- Gutxienez 2 urtean mantentze-lanak egitea komeni da. Denbora-tarte horretan, sustraitu ez den material bizia ordeztu egin behar da. Beharrezkoa bada, lau urteren buruan entresaka edo inausketa egin behar da.
- Aldaxkek edo landare sustraituak egitura trasdoseraino zeharkatzeko bezain luzeak izan behar dute, sustraitu ahal izan daitezen, eta aurreko aldeak, berriz, kanpoan aterata pare bat begi bakarrik izateko moduan geratu behar du.
- Egituraren aurrealdeko inklinazioak ez du 60° baino handiagoa izan behar.
- Enbor horizontalen maldak errepidearekiko paraleloa izan behar du.
- Marko triangeluarrak ondo zaindu behar dira.
- Errazago izan dadin, lurrez eta landarez betetzeko lana geruzatan egin behar da.
- Egituraren atzeko aldean ez da geozuntzik erabili behar, landareak sustraitzea eragozten baitu; behar izanez gero, bereizte-gainazalik sortzen ez duten beste sare-mota batzuk erabili behar dira.

Bi prezio daude ezarrita, erabilitako zimendu-motaren arabera (ikus irudiak hurrengo orrialdean).

Aquila erako egur-horma biziaren kalkulua aurrerago garatuko da, 7.3.5 epigrafean (“Egur-hormen kalkulua eta egonkortasun-egiaztapenak”).

143. irudia. *Aquila erako egur-horma*

144. irudia. *Aquila* erako egur-horma, harrizko zimenduduna

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.5 Egur-hormen kalkuluak eta egonkortasun-egiaztapenak

7.3.5.1 Sarrera

Mendi-mazelei eusteko eta/edo egonkortzeko egituren egiaztapenak honako alderdi hauek biltzen ditu:

- **Kanpo-egonkortasunaren egiaztapena.** Horren barruan sartzen dira, normalean, irristatzearekiko duen egonkortasuna, irauketarekiko duena eta lurzoruaen sostengu-ahalmena egiaztatzea.
- **Egonkortasun globalaren egiaztapena.** Aurreko multzoan sartu ohi da egiaztapen hori, eta teknika-mazela osotasunaren egonkortasuna aztertzean datza. Egonkortasun-analisi horretan, erabilitako teknikaren indartze-efektuak ere sartu behar dira.
- **Barne-egonkortasunaren egiaztapena.** Erabilitako materialen erresistentzia eta sekzioak egiaztatzean datza. Egiaztapen horretan, zurezko elementuen gutxieneko diametroak lortzen ditugu, elementuen arteko loturek izan beharreko erresistentzia, harri-lubeta bateko harrien gutxieneko pisua, geozuntz edo sare organiko baten ainguratze-luzera, egur-hormetan kaiolen ebaketarekiko egiaztapena egiten dugu, etab.

Egiaztapen horietan, erabilitako materialen degradazio-prozesuak kontuan izan behar dira.

7.3.5.2 Egur-hormen portaera mekanikoa

Egur-hormen portaera, euste-egitura gisa, grabitate-hormen parekotzat hartzen da. Egur-horma zenbait enbor horizontalez eta zeharkakoz egitura bat eraiki eta haien artean sortzen diren konpartimentuak lekuan lekuko lurzoruz eta pikor-tamaina desberdineko materialez betetzean datza.

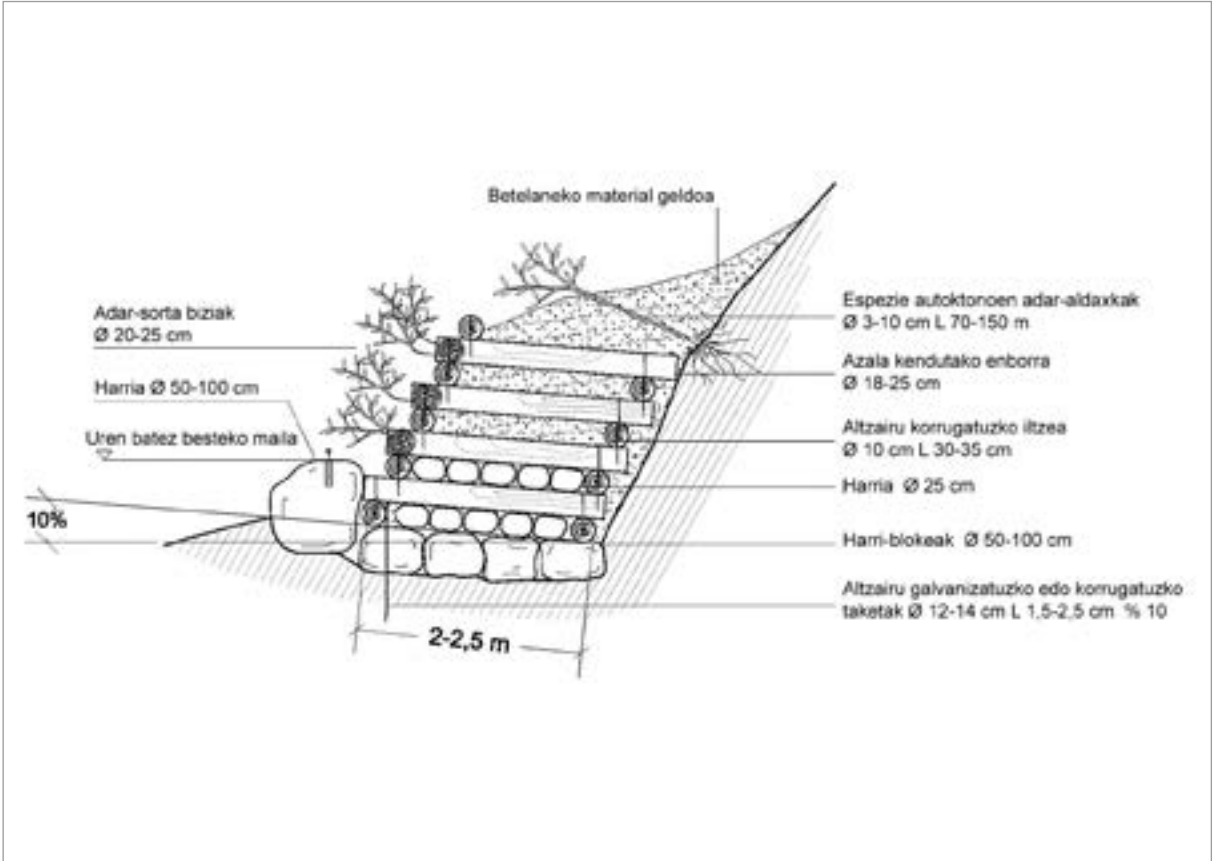
Egur-hormen diseinua lurzoruaen mekanikaren teoria klasikoan oinarritzen da. Teoria horren arabera, egur-hormak gorputz zurrunen gisa jokutzen du, eta, beraz, egonkortasun-egiaztapenetarako, portaera monolitikoa duela ematen da (Brandl, 1987).

Zinez, egur-hormen benetako portaera mekanikoa pixka bat desberdina da. Egitura horien izaera malgu eta konpartimentatua dela-eta, hormaren zati batzuek beste batzuekiko mugimendu erlatiboak dituzte.

Beraz, mota horretako hormen konfigurazioak barruko tentsioak birbanatzeko bide ematen du. Horrek esplikatzen du egitura horietan hutsegite-mota ohikoena ez izatea irauketa edo irristatzea, baizik eta egur-hormaren zati batean gehiegizko deformazio lokalek eragindakoa.

Hasiera batean, egur-hormak harriz bakarrik betetzen ziren. Horren ondorioz, baina, zura usteldu eta deskonposatu ondoren, betelane materialak erori egiten ziren, eta higaduraren eta isurketa-uren herrestatzearen eraginpean geratzen ziren. Horregatik, egur-hormako hutsuneen artean adar biziak jartzen hasi zen. Horrela, landarediak sendotze-efektua izatea lortu zen; egur-hormako zurezko enborrak deskonposatu ondoren betelane materialak egonkor mantendu ahal izatea ahalbidetzeko adinakoa.

Beraz, landareen aireko biomasaren eta sustraien indartze-efektuaren bidez, egonkortze-zeregina enborretatik landareetara aldatzea lortzen zen (Schiechtel & Bergmann, 1994). Diseinu berri horietan posible egiten zen bioingeniaritzako obraren zerbitzu-bizitzako faseen artean trantsizioa gertatzea (1. FASEA, 2. FASEA eta 3. FASEA). Egur-hormak eta landare-material biziak —normalean adar biziak— osatzen duten multzo osoari egur-horma bizia esaten zaio. Egitura bizirik dago benetan; denborak aurrera egin ahala aldatu egiten da, bilakaera bat du, material biodegradagarri eta landare-material biziz osatuta baitago. Horrek bereizten ditu nagusiki bioingeniaritzako obrak eta ingeniariaritzaren tradizionaleko beste teknika batzuk.



145. irudia. Horma bikoitzeko egur-horma baten xehetasuna. Iturria: NTJ 12S, 5. zatia / S. Sangalli - SCIA SL

Gaur egun, egur-horma bizen erabilera gero eta zabalduago dago, euste-funtzioak betetzeaz gain (euste-egitura bat baita) funtzio ekologikoak eta paisaia-funtzioak ere betetzen baititu, lurrei eusteko beste teknika batzuekin lortu ezinezkoak.

Egur-horma baten barne-paramentuan indar hauek eragiten dute:

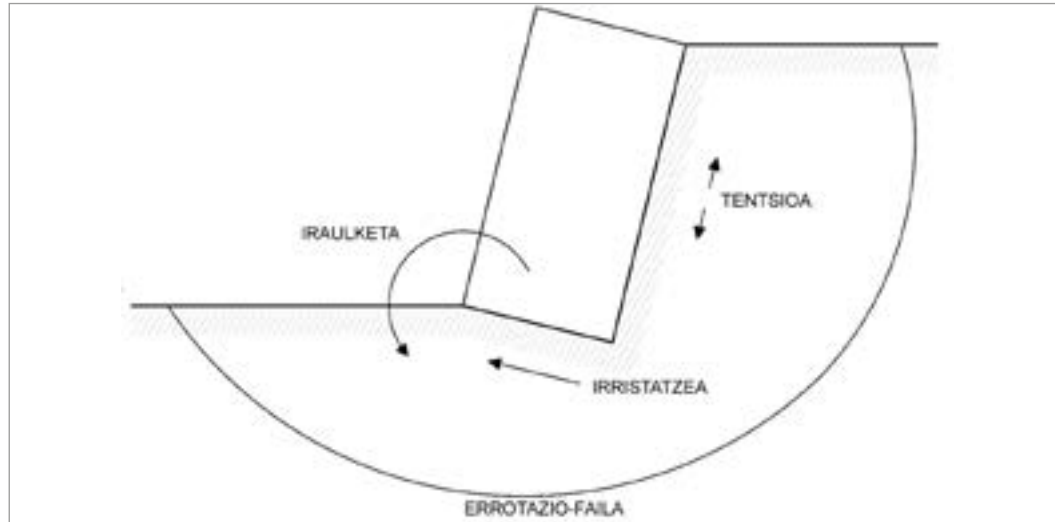
- Horma-betegarria multzo osoaren beraren pisua (pisu propioa).
- Lurzorua egituraren duen pisua.
- Egituraren gaineko bultzada aktiboaren erresultantea.

Gaiari buruzko bibliografian datozenak ez errepikatzeko, eta osatze aldera, hurrengo lerrootan egonkortasun-egiaztapenen oinarriak eta funtsezko ideiak azalduko ditugu labur-labur. Epigrafe bakoitzean zenbait erreferentzia emango ditugu, eta irakurleak haietara jo dezake eskuliburuaren zati honetan azalduko ideiak eta kontzeptuak osatu eta sakonago aztertzeko.

7.3.5.3 Kanpo-egonkortasunaren egiaztapenak

Oro har, proiektua dimentsionatu aurreko fasean, egur-hormen kasuan, elementuaren geometriaren arau hau betetzen da: $B \geq H/2$, non B egur-hormaren oinarria den, eta H , altuera. Bestalde, elementu-mota horren eraikuntzan metatutako eskarmentuak adierazten du hobe dela $B = H$ izatea.

Horretaz gain, landare-material biziak (adar biziak, aldaxkak, etab.) egur-hormaren bizkarrean dagoen lurzoru naturalarekin kontaktuan egon behar duenez, oinarriaren luzera maximoa erabilitako landare-materia biziaren luzera maximoak mugatuko du. Aurreko muga hori dela-eta, egur-hormen oinarriak ez du 2-2,5 m baino luzeagoa izan behar, eta horrek, bere aldetik, egur-hormaren altuera (aurreko gomendioak erabilita) 2,5-3,0 m-ra mugatzen du.



146. irudia. Egur-hormaren kasuan aztertu beharreko hutsegite-moduak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

Kanpo-egonkortasuna aztertzeko, egur-horman eragiten duten indar guztiak hartu behar dira kontuan. Bereziki hauek:

- Egur-hormaren beraren pisua (pisu propioa).
- Lurzoruaren bultzada aktiboa.
- Edozein eratako indar puntual edo gainkarga oro (trafikoaren ondoriozko kargak, uraren presioa, beste egitura batzuen ondoriozko kargak, etab.).

Kanpo-egonkortasunaren analisiaren barruan, egiaztatu eta aztertu beharrekoak dira iraultetarekiko duen egonkortasuna, irristatzearekiko duena, lurzoruaen sostengu-ahalmena eta mazela-horma multzoaren egonkortasun globala.

Egiatzapen horietan, teoria monolitikoari jarraitzen zaio. Teoria horren arabera, egur-horma material konposatuko gorputz bakartzat hartu behar da, eta kargak, berriz, kanpoko indartzat.

Kanpo-egonkortasunaren egiaztapenetan, nahitaez sartu behar dira muturreko muga-egoerei (MME) dagokienez kontuan hartzekoak diren akzio iraunkor nahiz aldakorren konbinazio guztiak).

Akzioen maiorazio-koefizienteei dagokienez, balio hauek erabil daitezke:

13. taula. Errepideetako zubien proiektuetan kontuan hartu beharreko akzioei buruzko IAP-11 instrukzioko 6.2-b taulan oinarritua

Akzioa		Efektua	
		Lagungarria	Kaltegarria
Iraunkorra	Pisu propioa	1,0	1,35
	Karga hila	1,0	1,35
	Lurren bultzada	1,0	1,35
Aldakorra	Erabilera-gainkarga	0	1,35
	Erabilera-gainkarga lubetetan	0	1,5

Parametro geoteknikoei aplikatzekoak diren minorazio-koefizienteei dagokienez, taula honetako balioak erabil daitezke.

14. taula. Espainiako Garraio Ministerioaren "Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7: bases del proyecto geotécnico" argitalpeneko A.2 taulan oinarritua

Parametro geoteknikoa	Koefizientearen balioa
Barne-marruskaduraren angelua*	1,25
Kohesio efektiboa	1,25
Ebaketarekiko erresistentzia, drainatu gabe	1,40
Konpresio bakunarekiko erresistentzia	1,40
Pisu espezifikoa	1,00

*Koefiziente hori tangenteari aplikatzen zaio (barne-marruskaduraren angelua).

Hau betetzen dela egiaztatu behar da:

$$R_d \geq E_d$$

Eq. 1

Non:

R_d = sistema geoteknikoaren erresistentziaren kalkulu-balioa.
 E_d = akzioen kalkulu-balioa.

Aurreko egiaztapen hori koefiziente partzialak erabiltzen direnean egiten da (aurreko tauletan adierazitakoak, adibidez). Koefiziente horien balioak proiektuaren emaitza koefiziente globalak erabiliz lortuko litzatekeenaren antzekoa izateko moduan finkatu ziren. Hain zuzen ere, ikuspegi hori da (koefiziente globalena) hurrengo epigrafeetan aplikatuko duguna.

7.3.5.4 Iraulketarekiko egiaztapena

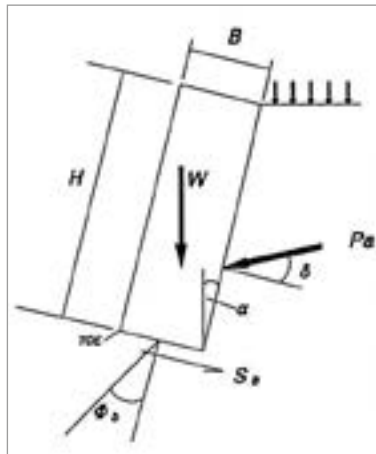
Egur-hormen kasuan, egiaztapen hori ez da problematikoa gertatzen, multzo osoaren grabitate-zentroa haren zabaleraren barnealdeko erdiaren barruan egoten baita. Oro har, egiaztapen horretarako, gutxieneko segurtasun-faktoretzat 1,5 hartu daiteke. Balio hori beste grabitate-horma batzuetarako hartu ohi dena baino txikiagoa da, iraulketarekiko egiaztapenerako balio minimotzat 2 hartu ohi baita gehienetan. Horrela jokatzearen arrazoia kaiola erako hormekin egindako esperimentu eta analisietan lortutako emaitzak (Brandl, 1987) eta metatutako eskarmentua dira.

Kasu honetan, indar ezegonkortzailea lurzoruaren bultzada aktiboa da, **δ**-ko angeluarekin intziditzen du (lurzoruaren eta egur-hormaren arteko marruskadura-angelua), eta erresistentzia-indarra egur-hormaren beraren pisua da. Segurtasun-faktorearen adierazpena hauxe da:

$$SF_{\text{INGULASTA}} = \frac{W \cdot \left(\cos \alpha \cdot \frac{B}{2} + \sin \alpha \cdot \frac{H}{2} \right) + P_a \cdot \sin \delta \cdot B}{\left(\left(P_{av} \cdot \frac{H}{2} \right) + \left(P_{aw} \cdot \frac{H}{3} \right) \right) \cdot \cos \delta}$$

Eq. 2

Beheko irudi honetan segurtasun-faktorearen adierazpenean erabilitako aldagaiak eta angeluak ageri dira.



147. irudia. Iraultetarekiko egonkortasunaren formularen erabiltzen diren ikurrak.
Momentuak egituraren muturrekiko kalkulatzeko dira (hemendik moldatua: Bullen et al., 1992)

Irristatzearekiko egiaztapena

Oro har, irristatzearekiko gutxieneko segurtasun-koefizientetzat 1,5 hartzen da. Egur-hormak indar erresultanteei aurre egiteko gai izan behar du, oinarriarekiko paralelo eraginez. Indar egonkortzaileak eta ezegonkortzaileak konparatzen dituen ekuazioa, kasu honetan, hau da:

$$SF_{IRRISTATZEA} = \frac{(W \cdot \cos \alpha + P_c \cdot \sin \delta) \cdot \tan \phi_s}{P_c \cdot \cos \delta - W \cdot \sin \alpha} \quad \text{Eq. 3}$$

Non:

Φ_s = egur-hormaren oinarriaren eta lurzorua arteko marruskadura-angelua.

Lurraren sostengu-ahalmena. Hondoratzearekiko egiaztapena

Teoria monolitikoaren arabera, egur-hormari aplikatutako indar guztiak lurzorura transmititzen dira. Egur-hormaren pisua kalkulatzeko, zura-betegarria multzo osoaren batez besteko pisu espezifiko erabiltzen da (enborrek hartzen duten bolumenaren eta betelanak hartzen duenaren arabera ere kalkula daiteke egur-hormaren pisua).

Beraz, egur-hormaren oinarrian dagoen presio maximoa eta minimoa honako hauek dira:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \cdot \left(1 \pm \frac{6e}{b'} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

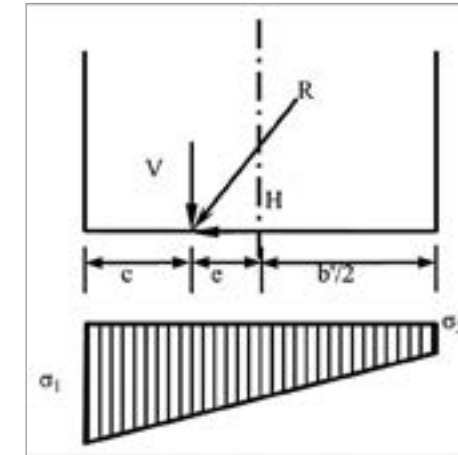
Non:

N = egur-hormaren oinarrian eragiten ari den indar normal erresultantea.

A = egur-hormaren oinarriaren azalera.

b' = egur-hormaren zabalera efektiboa.

e = indarren erresultantearen eszentrikotasuna.



148. irudia. Lurzorua iraultetarekiko egonkortasuna eta sostengu-ahalmena kalkulatzeko indarren eta presio normalaren diagrama (Acharya, 2018)

Lurraren sostengu-ahalmena zenbatesteko, esku hartuko den eremuaren azterketa geoteknikoa egin daiteke. Hori ezinezkoa bada, metodo teorikoak erabil daitezke (adibidez, Meyerhoffen metodoa). Lurzorua sostengu-ahalmen maximoaren eta lurzorua gaineko presio maximoaren arteko zatiketa eginda, segurtasun-faktorearen balioa lortuko dugu.

Egiaztapen honetarako, segurtasun-faktoretzat 1,5eko balioa hartzea nahikoa izaten da.

7.3.5.5 Egonkortasun globalaren egiaztapena

Egiaztapen horretan, ezpondaren edo mendi-mazelaren egonkortasuna aztertu behar da. Mendi-mazelaren egonkortasunak ziurtatuta egon behar du bioingeniaritzako obraren zerbitzu-bizitza osoan zehar. Lurzuak jasaten dituen tentsioei aurre egiteko gaitasun mekaniko nahikorik ez dutelako erortzen dira ezpondak. Beraz, era horretako analisia egiteko, informazio hau behar da:

- Ezpondan eragiten duten kargak. Oro har, ezegonkortasuna eragiten duen indar nagusia ezpondaren beraren pisua da.
- Karga horiek ezpondaren barne-tentsio bihurtzeko metodoak.
- Ezpondaren erantzuna barne-tentsio horiekiko.
- Lurzorua erresistentzia-parametroak (mendi-mazelan dauden lurzoruen erresistentzia mekanikoa).

Ezpondan eragiten ari diren kargak barne-tentsio bihurtzeko, geotekniaren eremuan garatzen diren portaera-ereduak erabiltzen dira. Ingeniaritza geologikoan gehien erabiltzen den ereduak bat Mohr-Coulomben portaera-legea da, eta honela adierazten da:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi) \quad \text{Eq. 5}$$

Non:

τ = tentsio tangenziala (ebakitzailea) (kN/m²).

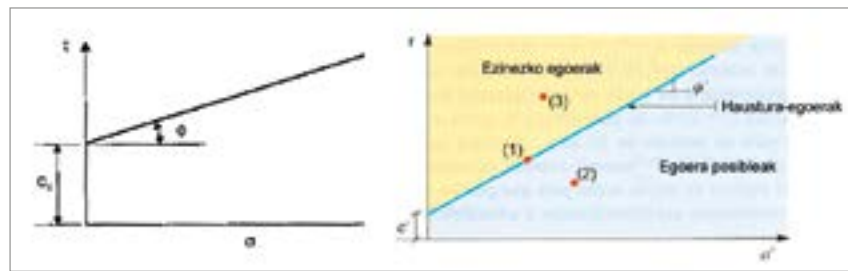
c = lurzorua kohesioa (sustrairik gabe) (kN/m²).

σ = presio bertikala (kN/m²).

ϕ = lurzorua barne-marruskaduraren angelua (°).

Formula horretan, kohesioa eta barne-marruskaduraren angelua lurzorua erresistentzia-parametroak dira; hau da, aldagai horiek lurzorua erresistentzia mekanikoa adierazten dute. τ eta σ , berriz, barne-tentsioak dira.

Aurreko ekuazioaren irudikapen grafikoa eginda (abzisa-ardatzean tentsio normalak adierazita, eta ordenatu-ardatzean tentsio tangentialak), zuzen hau lortzen da:



149. irudia. Ezkerreko irudian, Mohr-Coulomben portaera-legea dago irudikatuta.

Eskuineko irudian, tentsio-egoera posibleak eta ezpondan haustura edo hutsegitea ekarriko luketenak ageri dira

Erresistentzia-zuzenetik gora dagoen barne-tentsioko egoera oro ezinezkotzat jotzen da; hau da, ezpondaren hutsegitea edo kolapsoa ekarriko luketen egoera ezegonkorak dira.

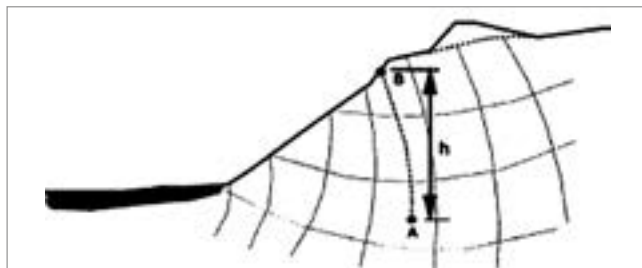
Ezponden erresistentzian eragin handia duen parametro bat zirrikituetoako presioa da (lurzoruko poroen barruan dagoen uraren presioa). Uraren presioa Mohr-Coulomben legean txertatuta, Terzaghiaren ekuazio ezaguna daukagu. Hona hemen ekuazio horren adierazpena:

$$\tau = c + (\sigma - u) \cdot \tan(\phi) \quad \text{Eq. 6}$$

Non: u = zirrikituetoako presioa (kN/m^2).

Ikus daitekeen bezala, zirrikituetoako presioak lurzoruaren erresistentzia nabarmen murrizten du. Horregatik da oso garrantzitsua mazelen eta ezponden diseinuan eta egonkortze-lanetan drainatze-sistema onak jartzea. Kasurik errazenetan, zirrikituetoako presioa presio estatikoa bezala kalkula daiteke, uraren pisu espezifikotik eta aztergai den punturainoko sakoneratik abiatuta. Horretarako, oso baliagarria da ezpondaren barruko uraren fluxu-sarea marraztea (sarearen korrante-lerroak eta lerro ekipotentzialak jarrita).

Zirrikituetoako presioaren balioa honela kalkulatu da:



150. irudia. Puntu bateko zirrikituetoako presioa kalkulatzeko erabili beharreko sakonera (adibidean, A puntukoa)

$$P_{\text{ZIRRIKITUAK}} = h \cdot \gamma_w \quad \text{Eq. 7}$$

Non:

h = aztertutako punturainoko sakonera, fluxu-saretik lortua.

γ_w = uraren pisu espezifikoa (kN/m^3).

Fluxu-sarea lortzerik ez badago, zuzenean maila freatikoarekiko lortutako sakonera erabil daiteke, baina kasu horretan benetan dagokion baino zirrikituetoako presioaren balio handiagoa erabiltzen ariko gara.

Egonkortasun globalaren egiaztapena lurzorua-horma osotasunaren egonkortasuna aztertzean datza. Horretarako, muga-orekaren metodoak erabili ohi dira, zeinetan lurzorua ezegonkortzen duten indarrak eta lurzoruaren ebaketarako erresistentzia konparatzen diren, irristatze-gainazal bakoitzerako. Egiaztapen hori kanpo-egonkortasunaren egiaztapenak egin ostean egiten da, eta, beraz, egitura iraultetari eta irristatzeari dagokienez egonkorra dela jotzen da. Metodo horiek dira praktikan erabilienak, erraz aplikatzekoak direlako eta, hamarkada luzez ereduak konparatzen eta aztertzen jardun ondoren, lortzen den egonkortasun-koefizientearen balioak benetako balioaren edo balio zehatzaren hurbilketa onak ematen dituelako.

Muga-orekaren metodoak dio lurzoruaren haustura lerro baten bidez gertatzen dela; haustura-gainazala irudikatzen duen lerroaren bidez, hain zuzen. Horrela, interpretatzen da lerro horretatik gorako lurzoru-masa beheko masarekiko desplazatu egiten dela eta, horrela, lurzorua hautsi egiten dela. Haustura gertatzen den unean bertan, irristatze-gainazalean zehar ebaketarekiko erresistentzia mobilizatuta dago, eta lurzorua, bere osotasunean, oreka estatikoan dago.

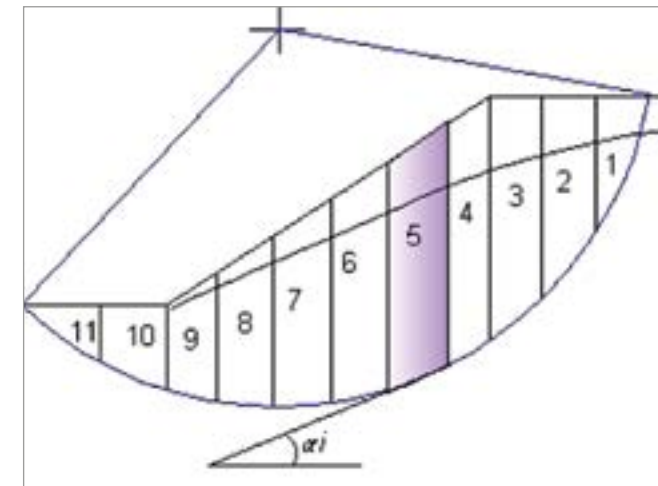
Ezpondaren edo mazelaren egonkortasuna segurtasun- edo egonkortasun-faktoretik abiatuta adierazten da. Faktore horrek ezpondaren erresistentzia maximoa eta ezpondak jasaten dituen indarrak konparatzen ditu. Balioa bat baino handiagoa bada, mazelaren kondizioak egonkorak direla esan nahi du. Aldiz, egonkortasun-koefizientearen balioa bat baino txikiagoa bada, mazelaren egoera ezegonkorra da.

$$SF = \frac{\text{Erresistentzia maximoa}}{\text{Erresistentzia mobilizatua}} \quad \text{Eq. 8}$$

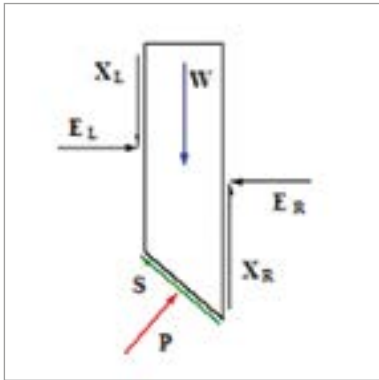
Segurtasun-faktorearen balio onargarritzat hartzen da 1,3 aldi baterako egoeretan, eta 1,5 egoera iraunkorretan. Dena den, gerta daiteke egonkortasun-faktorearen balioa minimotzat onartutakoa hori baino handiagoa izatea, ezponda hausteak galera material larriak edo giza osasunerako arriskuak eragin baditzake.

Muga-orekaren metodo berrienetan lurzorua zerrenda edo dobelatan diskretizatzen da eta horietako bakoitzeko indarren eta/edo momentuen oreka aztertzen da. Aurreko kalkulu hori lurzoruaren bolumen osora orokortuta, ezpondaren edo mazelaren egonkortasun-koefizientearen balioa lortu dezakegu.

151. irudia. Aztergai den lurzoru ezegonkoraren diskretizazioa dobelatan edo zerrendatan



Dobela edo zerrenda bidezko analisi-metodoak erabiliz, irristatze-gainazalean zeharreko tentsio normalen banaketarekiko hurbilketa hobea lortzen da. Horretaz gain, dobelak erabiltzeak ezponda ez-homogeneoen analisia errazten du. Metodo horietan, dobelak bakoitzean indarren eta/edo momentuen oreka aztertzen da. Metodo zehatzetan bi orekak aztertzen dira.



152. irudia. Metodo zehatzetan dobela bidezko analisisaren sartzen diren indarrak. W kanpoko karga bertikalak dira; EL eta ER dobelen arteko ezkerreko eta eskuineko indar normalak dira; XL eta XR dobelen arteko ezkerreko eta eskuineko indar bertikalak dira; eta S eta P dobelen oinarriarekiko indar tangentialak eta indar normalak dira

Dobela mailako indarren eta momentuen analisisan indargarrien efektuak ere sartu behar dira (adibidez, ainguratzeko elementuak, buloiak, geosintetikoak, etab.), bai eta sustraien indartze-efektua ere.

Metodo zehatzetan, bi adierazpen planteatzen dira dobela bakoitzean egonkortasuna egiaztatzeko. Batak indarren oreka erakusten du, eta besteak, momentuen oreka.

Hurrengo formula hauek muga-orekaren metodo orokorreko (MOMO) adierazpenak dira (Fredlund, 1970).

$$SF_{\text{INDARRAK}} = \frac{\sum (c \cdot \beta \cdot \cos \alpha + (N - u \beta) \tan \phi \cdot \cos \alpha)}{\sum N \cdot \sin \alpha - \sum D \cdot \cos \alpha}$$

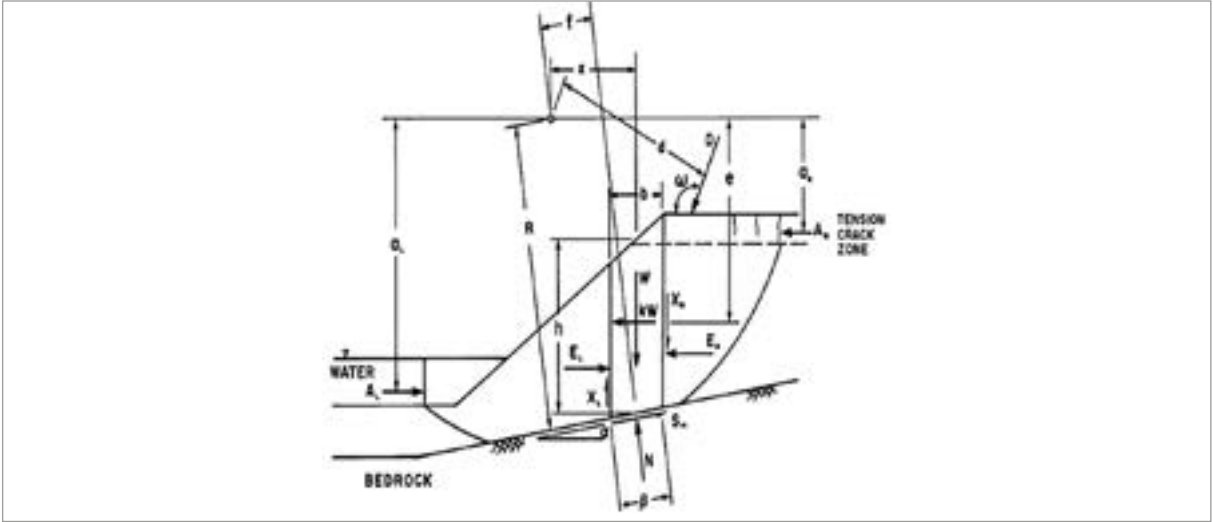
Eq. 9

$$SF_{\text{MOMENTUAK}} = \frac{\sum (c \cdot \beta \cdot R + (N - u \beta) R \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot x - \sum N \cdot f \pm \sum D \cdot d}$$

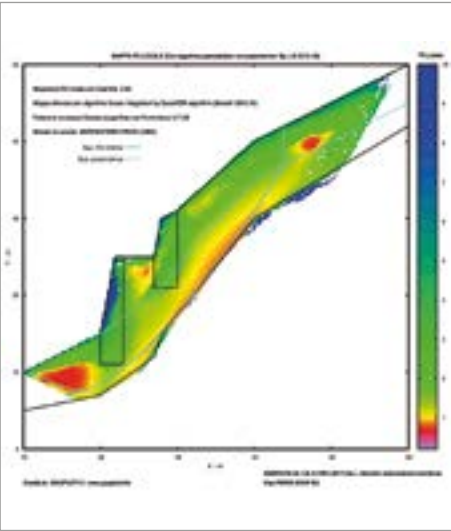
Eq. 10

Irudi honetan, aldagai bakoitzaren esanahi geometrikoa ikus daiteke.

153. irudia. MOMOn erabilitako aldagaien esanahi geometrikoa (hemendik egokitua: Khran, 2004)



Praktikan, egonkortasun-analisia egiteko, berariaz horretarako diseinatutako programak erabiltzen dira. Batzuk komertzialak dira eta horiek erabiltzeko lizentzia erosi behar da, baina badira erabilera libreko programak ere, oso konpletoak, ezponden ia mota guztietako egonkortasun-arazoak aztertzeko aukera ematen dutenak. Erabilera libreko programa horietako bat da, adibidez, ssap (slope stability analysis program), Mexikoko San Luis Potosíko Unibertsitate Autonomoko Lorenzo Borselli irakaslea buru duen pertsona-talde batek garatua (<https://www.lorenzo-borselli.eu>). Programa hori teknikari-taldeak etengabe eguneratzen du, eta libre deskargatu daiteke (<https://www.ssap.eu/>).



154. irudia. Egonkortasun-faktore lokalen mapa, ssap programaren bidez lortua (Borselli, 2013)

Erabilitako bioingeniaritzako tekniken efektuak egonkortasun-analisisan txertatzeko, bi alditako bi egoera bereizi izan behar dira kontuan:

Epe laburra (1. FASEA): landarediak oraindik ez ditu garatu bere sustrai-sistemak, eta erabilitako teknikak kohesio-balio handiko material gisa adierazi behar dira.

Epe luzea (3. FASEA): landarediak bere sustrai-sistema dagoeneko garatu du, eta sustraiek esploratutako lurzoruen kohesioaren balioa handitu behar da. Horretarako, gida honetako beste atal batzuetan sustraien indartzeari buruz azaldutako metodoak erabiliko behar dira.

7.3.5.6 Barne-egonkortasunaren egiaztapena

Barne-egonkortasuna egiaztatzeko, egur-hormako elementuek jasaten dituzten esfortzuak zenbatetsi eta horiek egur-hormaren erresistentzia mekanikoarekin konparatu behar dira. Beste epigrafe batzuetan aipatu den bezala, bioingeniaritzako obretan erabiltzen diren materialen erresistentzia mekanikoa murriztuz doa denboraren poderioz (Tardío & Mickovski, 2023).

Helburua da obrak halako eran diseinatu eta dimentsionatzea, non erabilitako sekzioek obraren osotasunari hainbesteko egonkortasuna emango dioten, ezen landarediak garatu eta bere indartze- eta egonkortze-aukerak gauzatu ahalko baitu. Horretarako, degradazio-prozesuen ondorioz sekzio mekanikoan gerta daitezkeen galerak sartu behar dira kalkuluan (Tardío & Mickovski, 2016; Tardío & Mickovski, 2023). Prozesu horiek zenbatesteko metodo batzuk eskuliburu honetako beste epigrafe batzuetan aztertu dira.

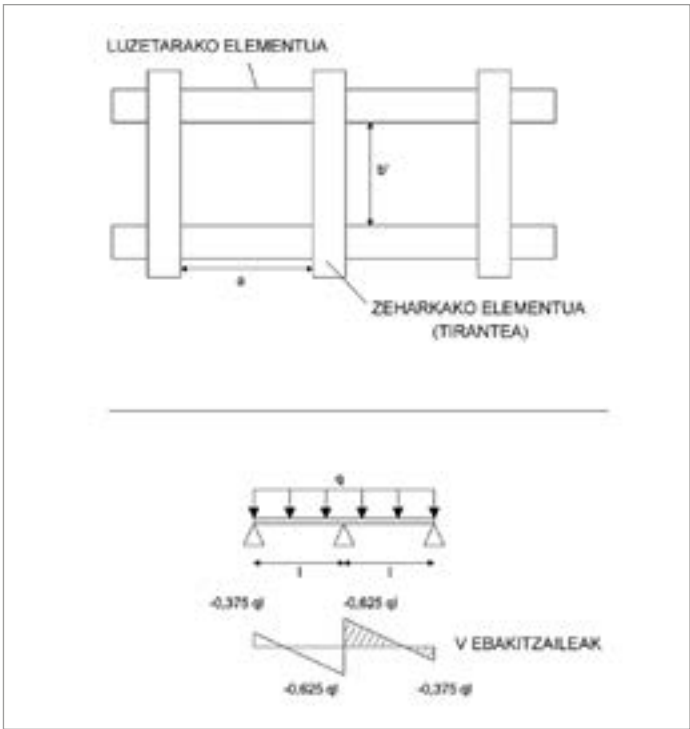
Barne-egonkortasunaren egiaztapenean, kargen maiorazio-koefizienteak eta materialen erresistentzien minorazio-koefizienteak erabiliko dira (adibidez, Eurokodean erabilitako metodologiaren arabera). Azken horri dagokionez, erabilitako zuraren zerbitzu-kondizioak ere hartu behar dira kontuan (lurzorua ukitzen dagoen zura).

Egur-horma bateko elementuek jasaten dituzten esfortzuak zenbatesteko, bi ikuspegi jarrai dakieke:

- Siloen teoria erabiltzea, eta, beraz, egur-horma elkarren gainean jarrita eta kanpo-kargen eraginpean dauden lurrez betetako zenbait konpartimenturen (edo gelaxkaren) multzo gisa aztertzea.
- Teoria monolitikoa eta kanpo-indarren efektuak erabiltzea.

Bi kasuetan, langaluzea (ikus egur-hormen elementuen notazioa) euskarri biko habetzat hartzen da, eta jasaten duen karga uniformeki banatuta dagoela ematen.

Hona hemen egur-hormaren elementuetan jarraitutako notazioa:



155. irudia. Egur-horma baten elementuen notazioa (hemendik moldatua: Menegazzi eta Palmeri, 2013)

Langaluzeen egiaztapena egiten da, eta ez zeharragena, azken horiek laburragoak direlako eta, beraz, flexio-balio txikiagoen eraginpean daudelako. Planteamendu horren arabera, tentsio maximoa adierazpen honen bidez kalkulatu behar da:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \quad \text{Eq. 11}$$

Hor:

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \quad \text{Eq. 12}$$
$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad \text{Eq. 13}$$

Non:

M = diseinu-momentua (kNm).

W_x = sekzio zirkular baten erresistentzia-modulua (m³).

D = zurezko elementuaren diametroa (m).

L = flexogilbordura-luzera (oro har, langaluzeen eta zeharragen loturen arteko distantzia librea) (m).

q = langaluzearen gaineko albo-karga uniformea (kN/m).

Lehen adierazitako bi ikuspegien arteko desberdintasun nagusia q -ren balioa kalkulatzeko erabilitako metodoan datza (langaluzearen gaineko albo-karga uniformeko moduan, alegia).

Materialen erresistentzia kalkulatzeko, honako minorazio-koefiziente hauek hartzen dira kontuan:

$k_{mod} = 0,5$ (zuraren 3. zerbitzu-motari dagokio) eta $\gamma_m = 1,3$ (zurari berezkoa zaion erresistentziaren minorazio-koefizientea).

Siloetako presioen zehaztapena (siloen teoria) erabiltzearen ikuspegia:

Teoria horretan, egur-horma ezin da osotasun monolitikotzat hartu. Egur-horma, teoria horren ikuskeran, alde guztietatik kanpo-kargen eraginpean dauden zenbait gelaxka edo kaiolaren multzo bat da. Gelaxketan, lurren bultzada ez da handitzen linealki sakonera handitu ahala, enborren eta betelanaren arteko marruskadura-indarrak direla-eta (Acharya, 2018).

Egur-hormaren inklinazioa dela-eta, hura osatzen duten konpartimentu edo gelaxketan zehar presioak ez dira transmititzen ohiko siloetan bezala, siloak guztiz bertikalak dira eta. Ikusi denez, lehen fase batean, presioek egur-hormako elementuei eragiten diete, eta, gero, betelanera transmititzen dira (Brandl, 1980). Gelaxketan (edo konpartimenduetan) presioa handitu ahala, egur-hormaren kanpoko aurpegiko mutur eta loturetan presioa txikitu egiten da, eta, aldiz, handitu egiten da egur-hormaren barruko aurpegiko mutur eta loturetan. Horregatik, egur-hormaren inklinazioak bertikalarekiko ez du 35° baino handiagoa izan behar (Acharya, 2018). Bestalde, betelanaren pisua egur-hormako elementuetara behar bezala transmititzeko, gelaxken (konpartimentuen) luzeraren eta zabaleraren arteko erlazioak ez du 2 baino handiagoa izan behar.

Egur-hormaren barruan eratutako kaioletan edo konpartimenduetan honako presio hauek daude:

- Langaluzek flexio desbideratuaren eraginpean daude, eta zeharragak, berriz, flexiopean plano bertikalean eta trakziopean.
- Zeharragek presio bertikalak nahiz bai bi aldeetan presio horizontalak jasango dituzte (aldeetakoek elkar indargabetuko dute). Trasdoseko langaluzek kanpoko aurpegian lurren bultzadak jasango dituzte, eta barruko aurpegian silo erako presioak. Egur-hormaren aurrealdeko langaluzek barruko aurpegian bakarrik jasango dituzte silo erako presioak.

Horma bakuneko egur-hormen kasuan, konpartimenturik edo kaiolarik eratzen ez denez, siloen teoria ezin da aplikatu. Gainera, kasu horretan deformazioak handiagoak dira, lurren bultzadaren erresultantea hormaren aurrealdetik hurbilago baitago.

Siloen teoriak aukera ematen digu material pikortsuz betetako konpartimenduetan presio maximoen balioa zehazteko. Teoria horren arabera, presio maximoa adierazpen honen bidez kalkulatu behar da (Brandl, 1980):

$$p_{HMAX} = \frac{(a \cdot b') \cdot \gamma_r}{2(a + b') \cdot \tan \delta} \quad \text{Eq. 14}$$

Non:

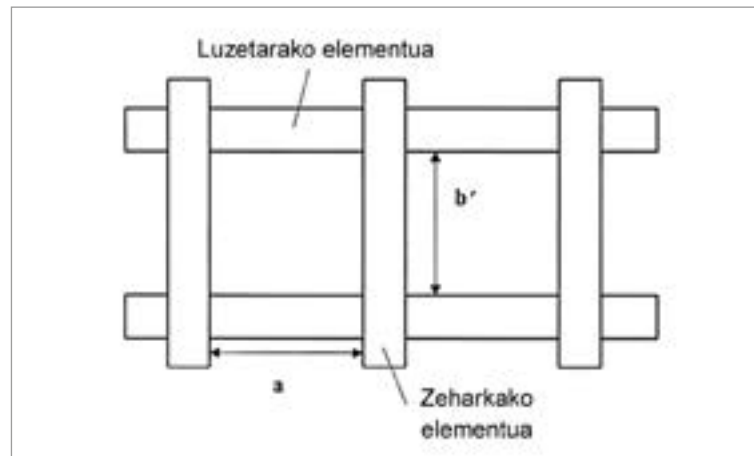
a = zeharragen arteko distantzia (m).

b' = langaluzeen arteko distantzia (m).

γ_r = betegarriaren pisu espezifikoa (kN/m³).

δ = enborren eta betegarriaren arteko marruskadura-angelua (°) = 0,8* ϕ .

a eta b' neurrien esanahia irudi honetan ikus daiteke:



156. irudia. a eta b' parametroen esanahia (hemendik moldatua: Menegazzi & Palmeri, 2013)

Kasu horretan, langaluzeez eta zeharragek diametro bera dutela emanda, q -ren balioa honela lortzen da:

$$q = p_{HMAX} \cdot 2 \cdot D \quad \text{Eq. 15}$$

Non:

D = langaluzearen diametroa (m).

Teoria monolitikoa eta kanpo-indarren efektuak erabiltzearen ikuspegia

Kasu horretan, sakonera handieneko kalpoaldeko langaluzearen gaineko presio horizontala kalkulatu behar da. Hots, egur-hormaren altuera besteko sakonera eta egur-hormaren kanpoko aurpegian jarrita dagoen langaluzearen gainekoa.

Kasu horretan:

$$p_H = K_a \cdot p_V = K_a \cdot \gamma \cdot H \quad \text{Eq. 16}$$

$$q = p_H \cdot 2 \cdot D \quad \text{Eq. 17}$$

Non:

K_a = bultzada aktiboaren koefizientea.

H = egur-hormaren altuera.

D = langaluzearen diametroa (m).

γ = lurzoruaaren pisu espezifikoa.

Gainkargarik balego, q -ren balioa kalkulatzeko horiek ere sartu behar lirateke.

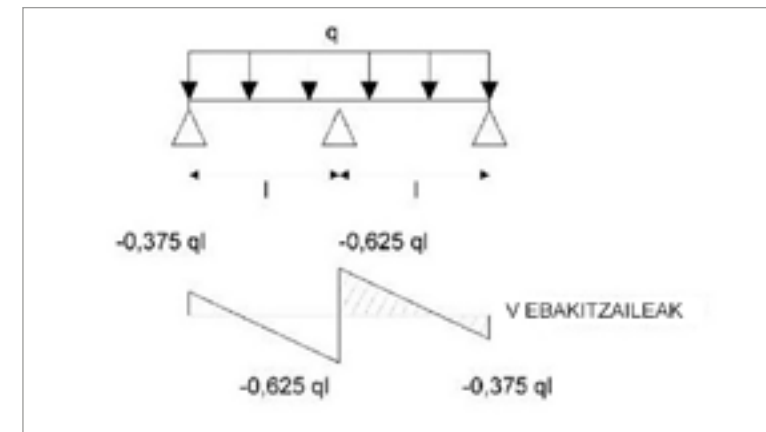
7.3.5.7 Flexioarekiko egiaztapena

Eq. 15 eta Eq. 16 ekuazioak erabiliz, q karga linealaren balioa kalkulatu behar da. Gero, q -ren balio handiena hartuta, diseinuko tentsio maximoa (σ) kalkulatu behar da, Eq. 11, Eq. 12 eta Eq. 13 ekuazioak erabiliz. Balio hori erabilitako zuraren flexioarekiko erresistentziarekin konparatu behar da. Zur-espezie bakoitzaren

balio bereizgarriak lortzeko, argitalpen eta artikulu espezializatueta jo daiteke; esate baterako, Mendi Ingeniaritzako Eskolak eta AITIM zur-industrien ikerketa-elkarteak argitara emandakoetara. Erabilitako espeziearen erresistentzia-balio bereizgarriari dagozkion minorazio-koefizienteak aplikatu behar zaizkio, kalkulu-erresistentziaren balioa lortzeko.

7.3.5.8 Ebaketarekiko egiaztapena

Ebakitzailari dagokionez, muturreko euskarrietan ebakitzaila $0,375 \cdot q \cdot l$ da, eta erdialdean, berriz, $0,625 \cdot q \cdot l$ da ebakitzaila, sekzio osoarekin Azken sekzio hori da kaltegarriena. Lehen bezala, q -ren balioa Eq. 14 eta Eq. 16 ekuazioen bidez lortutako balioetan handiena da.



157. irudia. Ebaketa-esfortzuen banaketa euskarri biko habe jarraitu baten muturretan eta erdiko puntuan

Ebaketa-tentsio maximoa, zurean gerta daitezkeen pitzaduren efektua kontuan hartuko duen faktore bat emanda ($k_{cr} = 0.5$), hauxe da:

$$\tau_d = \frac{4}{3} \cdot \frac{V_d}{k_{cr} \cdot A} \quad \text{Eq. 18}$$

Ebaketarekiko kalkulu-erresistentzia, berriz, hau da:

$$f_{V,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{V,k}}{\gamma_M} \quad (N/mm^2) \quad \text{Eq. 19}$$

Aurreko balio horiek konparatuta, piezak betetzen duen edo ez erabakitzen da (kalkulu-erresistentzia > kalkulu-tentsio maximoa).

7.3.5.9 Beste egiaztapen batzuk

Aipatutako guztiez gain, alderdi hauek ere egiaztatu behar dira:

- Zurezko elementuen loturetako erresistentzia.
- Zuntzarekiko perpendikularrekiko egiaztapena euste-barren gaineko euskarrietan eta pitzatzearekiko egiaztapena.

Egiaztapen horiek zurezko egituren kalkulurako eskuliburueta eta liburuetan zehaztuta daude (Argüelles Álvarez et al., 2000).

Egur-hormako loturen egiaztapenak

Egur-hormako enborren arteko loturak egiaztatzeko, iltzeen eta tirafondoen kasuan, Johansen-en (1949) ekuazioak erabiltzen dira. Lara erako loturak egiaztatzeko, berriz, EKTn jasota dagoen egungo araudiak zehaztutako prozedura erabili behar da.

Kalkuluaren oinarria da loturaren geometriatik eta materialaren propietateetatik abiatuta (zurak duen zapaltzearekiko erresistentzia eta loturaren erdiko sekzioko momentu plastikoa) balio bereizgarriak zehaztea.

Zurezko iltze erako loturen kasuan, aurrez zulatuak, zapaltzearekiko erresistentzia honela kalkulatzen da:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot a) \cdot \rho_k \quad \text{Eq. 20}$$

Non:

$f_{h,k}$ = piezaren zapaltzearekiko erresistentzia (N/mm²).

a = iltzearen diametroa (mm).

ρ_k = zuraren dentsitatea (kg/m³).

Sekzioaren momentu plastikoa, lotura iltze biribilen bidez egiten bada, honela kalkulatzen da:

$$M_{y,k} = \frac{f_a}{600} \cdot 180 \cdot a^{2,6} \quad \text{Eq. 21}$$

Non:

$M_{y,k}$ = momentu plastikoa (Nmm).

f_a = trakzioarekiko erresistentzia (N/mm²).

Ebaketa-eskariarekiko karga-ahalmena kalkulatzeko, zura-zura arteko ebakidura bakuneko loturak erabiltzen dira. Prozedura horretan, loturak jasaten dituen esfortzuak kalkulatu behar dira (Johansenen ekuazioak), eta, gero, balio txikiena aukeratu iltze batek jasan dezakeen balio minimotzat. Ondoren, balio hori eta loturak jasan behar duen esportzua konparatu behar dira, gutxienez zenbat lotura-elementu behar diren kalkulatzeko.

Hainbat argitalpen eta artikulutan daude zehatz azalduta bioingeniaritzako tekniken barne- eta kanpo-egonkortasuna egiaztatzeko prozedurak (adibidez, Menegazzi & Palmeri, 2013; Acharya, 2018).

7.3.5.10 Gaiari buruzko ikerketen ondorioak

Egur-horma diseinatzeko eta haren kanpo-egonkortasuna egiaztatzeko ikuspegi monolitikoa erabiltzea eraginkorra eta segurua da. Iraulketagatiko hutsegitea ez da oso ohikoa horrelako egituretan (Bullen et al., 1992). Deformazioak, gehienetan, geruza bat alboko geruzaren gainean irristatuta gertatzen dira. Lur indartuko hormen deformazioaren kasua antzekoa da; horietan, aurreko prozesu horren ondorioz, hormaren behe-erdi aldean sabeltze-deformazio hori gertatzen da.

Mota horretako hormetan izaten den deformazio-mailak bultzada-aktiboaren koefizientea erabiltzea justifikatzen du, eta, hain zuzen ere, egile batzuek egiaztatu dute (adibidez, Bullen et al., 1992) egiaztatu dute Coulomben teoria erabilia ondo adierazten dela egur-hormetan edo kaiola-hormetan izaten diren deformazioak.

Egitura horien analisisan antzeman diren hutsegiteak albo-desplazamenduen ondorio izan dira, edo lurzorua asentatzeak eragindako hutsegiteak, edo zenbait elementuk flexioarekiko izandakoak edota loturetan izandakoak. Gehienetan, egituraren leku jakin batzuetan ikusi dira hutsegiteak, eta, beraz, hutsegite globala, egitura malgu eta artikulatuak direlako, ez da hain ohikoa.

Bestalde, Natur Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzaren berezitasunak direla-eta, zurezko egituraren epe ertain eta luzerako diseinuan honako alderdi hauek kontuan hartu behar dira:

- Zuraren degradazio-prozesuen ondorioz elementuek sekzio mekanikoan izaten duten galera.
- Sustraien indartze-efektua.

Bioingeniaritzako obren diseinuan prozesu horiek sartzeko metodologia lan honetan oinarrituta dago: Tardío & Mickovski (2023). Hor definitzen da Tardío & Mickovski metodologia, zeinak modua ematen duen egituraren egoera kritikoak detektatzeko, diseinuaren eta kalkuluaren fasean erabakiak hartzeko oinarriak izateko, eta bioingeniaritzako obraren epe luzerako diseinu seguru bat ziurtatzeko. Beraz, helburu hauek lortzen dira:

- Indartze- eta egonkortze-funtzioak egituratik pixkanaka garatuko den landarediara ondo aldatzea.
- Prozesu ekologikoak aktibatzea, landarediaren funtzio-aniztasuna obraren zerbitzu-bizitzara aldatzea eta zerbitzu ekosistemikoak ematea.

Metodologia horren azalpena kasu praktikoa batekin batera sartu da gida honetan, adibide gisa balio dezan.

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.6 Loricata egur-horma



158. irudia. Loricata egur-hormaren irudia

7.3.6.1 Definizioa eta irismena

Altzairuz eta zurezko enborrez osatutako egitura bat da, lurrez eta zuhaixkaz betea, eta ezponda ezegonkorak sendotzeko balio du, baita larrialdiko esku-hartzeetan ere. Gaur egun merkatuan zenbait Loricata mota daude, metalezko egitura desberdinekoak. Altzairuzko eta zurezko egitura misto horrek San Andresen gurutze formako metalezko pieza bat du, haren kontra enbor horizontalak ipintzen dira, eta hormigoizko edo metalezko elementu prefabrikatu baten bidez ainguratzen da, lurraren pisuak hura izan dezaten euskarri. Egitura hori zuhaixka eta/edo aldaxka autoktonoz landaretzen da gero. Loricata egur-horma biziak (latinezko “lorica”-tik, ‘armadura’) pilote bizia eta landare-lur indartua uztartu nahi ditu nolabait, bataren eta bestearen egitura- eta ingurumen-ezaugarri onenak sinergia positiboan konbinatuz.

7.3.6.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Ezponda ezegonkorretan eta errepedetako lubetetan.
- Metalezko errefortzuadutela-eta egur-hormek baino erresistentzia estruktural handiagoa dutenez, Loricata egur-horma bizia ohiko euste-egituren ordeztzeko onak dira. Hori bereziki garrantzitsua da bide-azpiegituren arloan, segurtasun-arrazoiengatik, eta Paisaiaren Bioingeniaritzako lanek berezkoak dituzten ekologia- eta paisaia-abantaila guztiak ematen ditu gainera.

Teknika horren abantaila nagusiak hauek dira:

- Beste teknika batzuek baino indusketa gutxiago behar da.
- Berehalako sendotze-efektua.
- Habitat naturala birsortzeko aukera.
- Paisaia- eta ingurumen-integrazio ona.

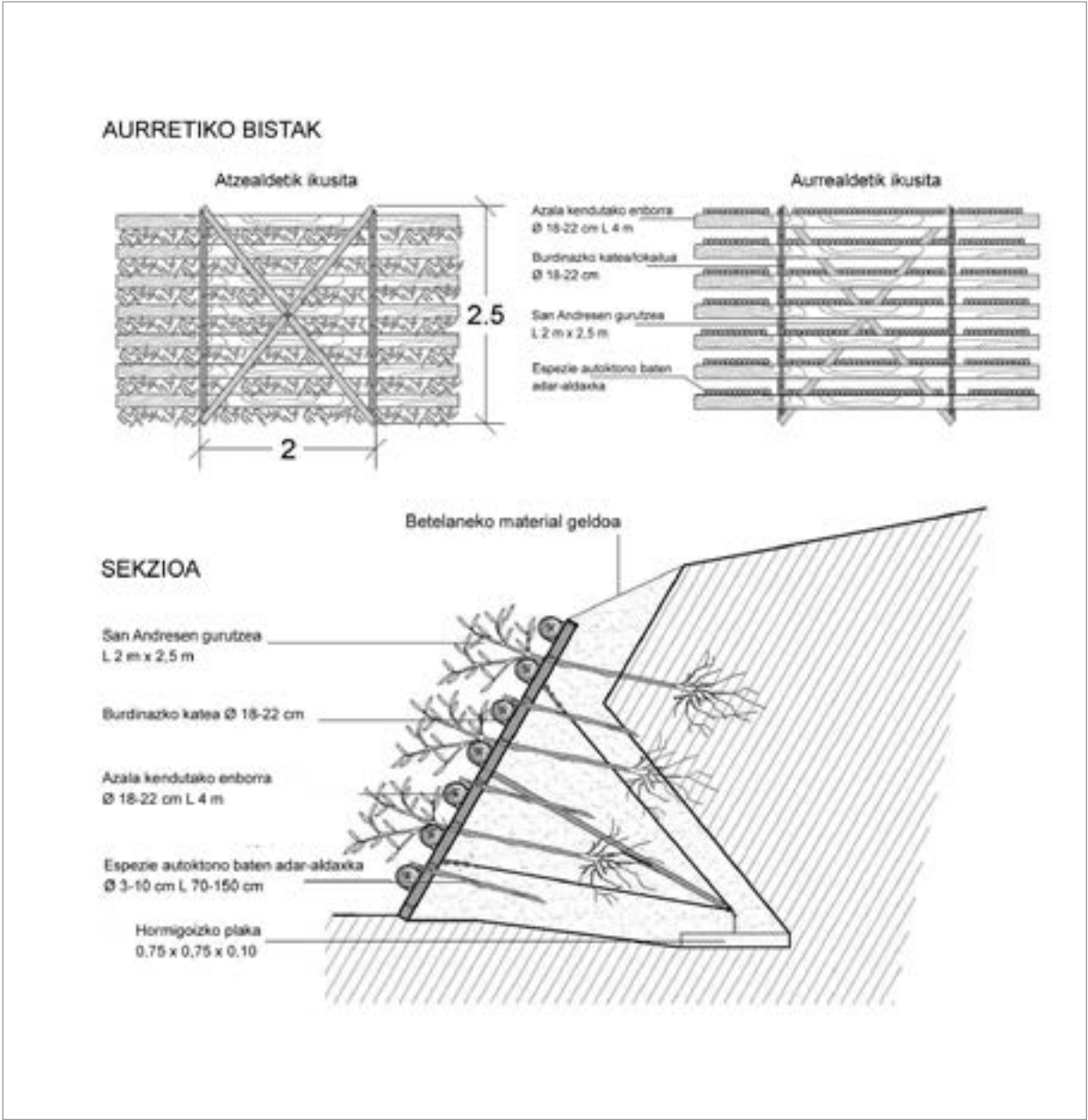
Eragozpen hauek aipagarriak dira:

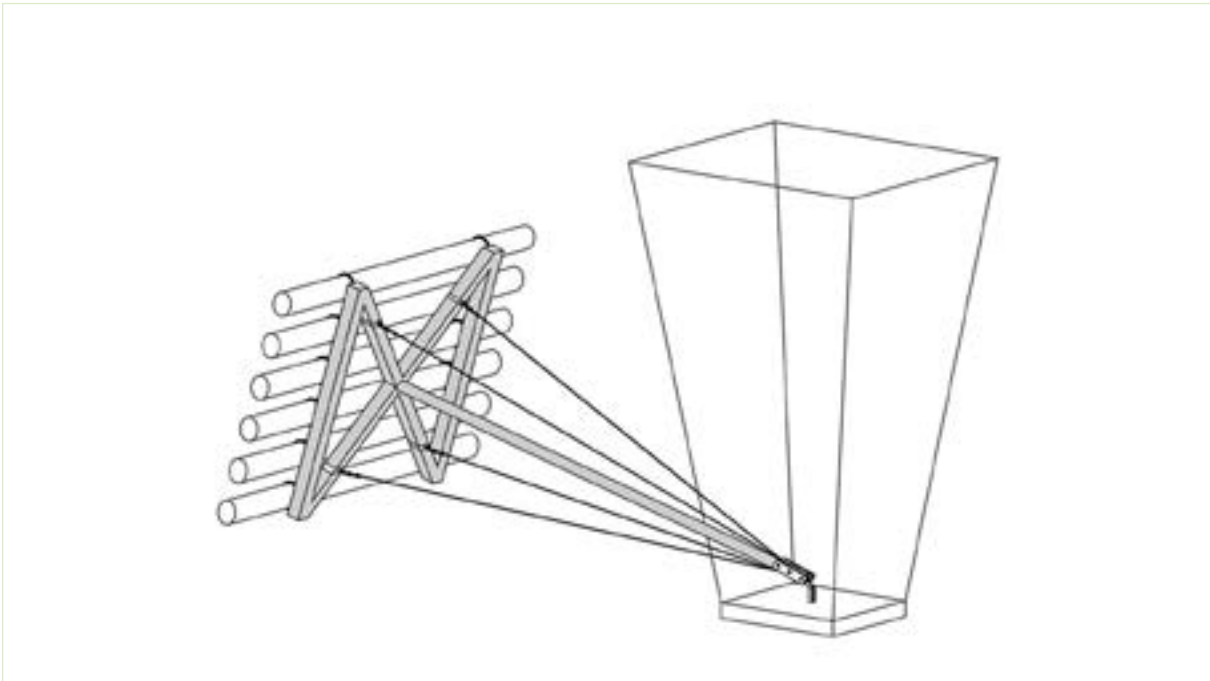
- Eskulan asko behar da, eta instalazioa konplexua da.
- Denboraren poderioz zura usteldu egiten da; beraz, lurzoruan ondo-ondo sartu behar izateaz gain, beharrezkoa da egituren txertatutako aldaxkak bizirik egotea eta sakon-sakon sustraitzera iristea, ezpondari eusteko eta sendotzeko funtzioa betetzera irits daitezen zura horretarako gai ez denean.

7.3.6.3 Materialak

- Metalezko ainguratze-egitura bakar bat. Egiturak altzairuzko aurrealde bat du, H edo X formakoa (X-ren muturrak altzairuzko habez bertikalki lotuta daude), enborrak bermatzeko erabiliko dena; aurrealde horren erditik, atzeko aurpegitik, metalezko zutoin bat ateratzen zaio, tirante zurrun modura, eta zutoin hori metalezko aingura baten bidez hormigoizko plaka bati lotzen zaio.
- Azala kendutako enborrak, 18-22 cm-ko diametrokoak, gaztainondo edo erretxinadunenak.
- Aldaxkak, 2-3 m-ko luzerakoak eta 2-5 cm-ko diametrokoak.
- Zuhaixka autoktono sustraidunak, ahal dela sustrai adbentizioak lurpeko zurtoinetik botatzeko gaitasuna dutenak.
- Indusketa-lurra.

159. irudia. Loricata egur-hormaren aurretiko bista eta profila. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL





160. irudia. Egituraren eskema, eta lurraren pisuaren karga ainguratzeko sistemaren gainean jartzeak egitura nola egonkortzen duen.
Iturria: P. Cornolini (marrazkiak: S. Sangalli – SCIA SL)

7.3.6.4 Obrak gauzatzea

1. **Induskatu**, zimendu-plaka jartzeko.
2. **San Andresen gurutze erako altzairuzko egitura jarri**. Metalezko aurrealdeek 1,5-2 m bitarteko zabalera izaten dute, altueraren arabera.
3. **Egur-horma jarri**. Luzera 3-4 m eta diametroa 20 cm izango ditu, gutxi gorabehera. Metalezko egituraren aurrealdera altzairuzko lokailuen bidez finkatu behar dira enborrak, elkarrekiko paralelo eta elkarrengandik nahikoa distantziara, leihoetan betelaneke lurra orekatuta geratzeko moduan. Enborrek aurrealdearen alde bakoitzetik kanpora 1 m inguru aterata geratu behar dute.
4. **Egitura bete**. Indusketatik ateratzeko material inerteia erabiliko da. Horretaz gain, enborren arteko tartetetan aldaxkak edo landare-ontziko zuhaixkak jarri behar dira, espezie autoktono aitzindarienak eta sustrai adbertizioak sortzeko gaitasuna dutenak. Adaxkak ezin dira pilotetik 10-20 cm baino gehiago atera eta bertako lurzoruraino iritsi behar dira.

Egur-horma 3-4 m-ko zati modular indibidualetan egin daiteke (tarte zuzenetan horiek elkarren artean lotzeko aukera dago), eta muturrak lekuko morfologiarekin lotzea pilotajeko zati bizien bidez ere egin daiteke, horma bikoitzekoak edo Latina erakoak.

7.3.6.5 Kalitate-kontrola

Landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea.

Komenigarria da “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean landare-materialari eta zurari dagokienez adierazitako saiakuntzak egitea eta altzairuzko egiturari buruzko espezifikazio teknikoak ondo kontrolatzea (materialaren eta haren instalaziorako baldintzak). Metalezko egituretarako altzairuzko materialek, bestalde, egiturazko altzairuari buruzko Espainiako Instrukzioak (EAE) ezarritako baldintzak bete behar dituzte.

7.3.6.6 Neurketak eta ordainketak

Egur-horma egindako egitura-aleak kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-materiala biltzea, hartaz hornitzea eta jartzea.

7.3.6.7 Gomendioak

- Metalezko egituraren aurrealdeko inklinazioak ez du 60° baino handiagoa izan behar.
- Enborrak egituraren ainguratzeko elementuen arteko distantziak enborren diametroaren arabekoak izan behar du, horien artean lurzorua orekatuta egon dadin.
- Lana errazte aldera, lurrez eta landarez betetzea geruzaka egin behar da, lehen enborra jarri ondoren, lurzorua ondo trinkotuta eta hutsunerik gabe gera dadin.
- Aldaxkek egur-hormaren lodiera baino luzeagoak izan behar dute, atzean duten lurra ukitzera iritsi eta sustraitu ahal izan daitezen; aurreko aldeak, berriz, 10 cm inguru aterata geratu behar du.

7.3.6.8 Prezio deskonposatuaren proposamena: Loricata eratako egur-horma

Bi prezio daude ezarrita, egitura-motaren arabera (altzairuzkoa edo altzairu galvanizatuzkoa):

161. irudia. Altzairuzko Loricata egur-horma

alea Altzairuzko Loricata egur-horma					
Loricata egur-horma egitea, 8 m ² -ko azpinda baterako. Egitura mistoa, hauetaz osatua: San Andresen gurutzearen formako altzairuzko egitura (2 x 2,25 m), eta konifera-zurezko enbor horizontalak (D 20-25 cm; L 4 m), azalak gabeak, kateen bidez lotuta. Egitura lurzoruan sartzea, kontrapisu modura 80 kg-ko hormigo-plaka bat jartzea, egituraren txertatzea ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaixka-espezie autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan geruzak bakoitzean eta/edo landare sustraitus, eta geruzak bakoitza indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, metalezko egituraz eta enborrez hornitzea eta obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago bermealdiko bi urteetako mantentze-lana.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbatuko
1	Materialak				
	u	Altzairuzko egitura San Andres 2,5 m x 2,5 m	1.000	1.800,00 €	1.800,00 €
	alea	Azala kendutako konifero-enborra 25 cm	6.000	28,00 €	168.000 €
	Rg	Burdinazko kateak	12.000	15,00 €	180.000 €
	alea	Hormigozko plaka sustraitutakua 80 kg	1.000	300,00 €	300.000 €
2	m ²	Obrako material-lur hautatzearen beldarra egin eta zabaltea	0.600	1,50 €	0,90 €
	Subtotala, materialak:				2.448,90 €
3	Ekipoa eta makineria				
	h	Kamioa 10 m ³ irakzio integrala kargarria 16t	1.000	50,00 €	50.000 €
	h	Altzairu hondamaina bekoar-kaleidura 180 kW	0.500	50,14 €	25.070 €
	h	Dumper 1,5 t hidrolikoa	0.300	26,90 €	8.070 €
	h	Ekipa elektrogenoa 20-30 kVA	0.300	8,39 €	2.517 €
	h	Motocerra	0.200	3,50 €	0,700 €
4	h	Zutabezko makina	0.300	4,00 €	1.200 €
	Subtotala, ekipoa eta makineria:				87,86 €
5	Eskutana				
	h	Otra zibiletako burua	0,20	24,90 €	4,980 €
	h	Otra zibiletako erakuntzako 1. ofiziala	0,70	22,07 €	15,449 €
6	h	Erakuntzako peoi arrunta	1,50	18,00 €	27,000 €
	Subtotala, eskutana:				47,43 €
7	Zuzeneko kostu osagarriak				
	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	135,26 €	2,705 €
Inhamar urteko mantentze-kostua 30 € lehen 10 urteetan 3,8 €/m ² urteko			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4+5+6+7)		2.586,99 €

alea Altzairu galvanizatuzko Loricata egur-horma, Aquanea erako altzairuzko plakarekin					
Loricata egur-horma egilea, 8 m ² -ko ezpanda baterako. Egitura mistoa, hauetaz osatua: San Andresen gurutzearen formako Z275 J0 altzairu galvanizatuzko egitura (2 x 2,25 m), eta konifera-zurezko enbor horizontalak (D 20-25 cm; L 4 m), azalak gabeak, kateen bidez lotuta. Metalezko egiturari kontrapisu modura Z275 J0 altzairu galvanizatuzko plaka bat jartzea, egiturari bertatzea ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaixka-espezie autoktonoen adar-aldaxkak elkarren ondoan geruza bakoitzean eta/edo landare sustraitua, eta geruza bakoitza indusketa-lurrez betetzea. Barnean daude zimendatzeko indusketa-lana, metalezko egituraz eta enborrez hornitzea eta obrara garraiatzea, enborrak mozteak, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea. Barnean dago bermeakidiko bi urteetako mantentze-lana.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzekoa
1	m ²	Materialak			
		Z275 J0 altzairu galvanizatuzko-egitura, 2,3 m x 2 m-ko Loricatako, lubak: Ø 8 mm (1.800 N/mm ²)	1.000	2.000,90-€	2.000,90-€
		Azala lortzeko konifero enbora 25 cm	6.300	26,30-€	166,00-€
		Burline galvanizatuzko lubak lotatzeko	12.000	15,00-€	180,00-€
		Z275 J0 altzairu galvanizatuzko-plaka	1.000	300,90-€	300,90-€
		Obrako materiala (ur, haitzturen betetara ego eta pabiloa)	0,800	1,90-€	0,90-€
Subtotala, materialak:					2.648,90-€
2	m	Ekipoa eta makineria			
		Kamioa 10 m ³ irakzio integratua (gabiab 10)	1.000	50,00-€	50,00-€
		Aparatu hondamaina beteta-kateak 180/100	0.300	50,14-€	25,07-€
		Dumper 1,5 t teknika	0.300	26,90-€	8,07-€
		Ekipa elektrogenoa 20-30 kW	0.300	9,39-€	2,82-€
		Makina	0.300	3,50-€	0,70-€
		Zutako makina	0.300	4,90-€	1,20-€
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			
3	m	Ekutaria			
		Obratzaile buntak	0,20	24,80-€	4,96-€
		Obratzaile erakurtzeko 1. ofiziala	0,70	22,07-€	15,45-€
		Erakurtzeko pila arnasa	1,50	18,00-€	27,00-€
Subtotala, ekutaria:					47,41-€
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
		Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	135,28-€	2,71-€
Guztira orokor mantentze-kostuak: 30,4 € (hau 10 urteetan: 3,04 € m ² urteko)			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):		2.786,88-€

162. irudia. Altzairu galvanizatuzko Loricata egur-horma, Aquanea erako altzairuzko plakarekin

7.3.6.9 Egituraren deskribapena

Loricata egur-horma ezpondak sendotzeko metalezko egitura modular bat da. Egur-horma eran, aurrealdean enborrak jartzen zaizkio eta, lurzorura ainguratuta, ezponden aurrealdea egonkortzeko erabil daiteke.

Egitura plaka baten bidez ipintzen da esku-hartu beharreko lekuan. Plaka horren gainean lurra dago, eta horrek finkatzen da pieza. Lurzoruaren eta plakaren arteko marruskadura-indarrarez bidez, plaka lurzorura ainguratuta geratzen da. Lurzoru gogorretarako, ainguratze-sistema aktibo bat behar izatea aurreikusten da, lurzorua ezaugarri mekanikoen arabera zehaztu beharrekoa.

Egitura osatzen duten metalezko elementuak altzairu galvanizatuzkoak izaten dira, korrosioarekiko erresistenteak. Zabalera, normalean ezpondaren lau metro, egiturari enborrak finkatuta lortzen da; lurzorua bultzadak metalezko piezara transmiti daitezen lurzoruarekin behar den ukipen-azalera enbor horiek ematen dute. Ezponden inklinazioa finkoa izaten da; gehienetan, horizontalarekiko 60 gradu.

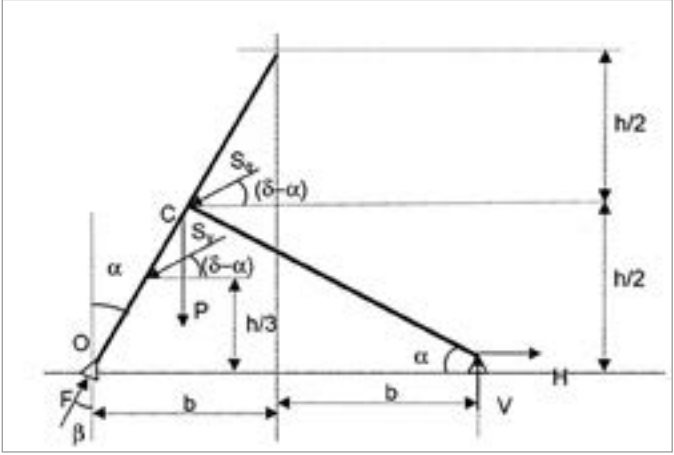
7.3.6.10 Akzioak, koefizienteak eta konbinazioak

Kontuan hartu beharreko akzioak irizpide hauen arabera sailkatzen dira:

- Izaeraren arabeko sailkapena.
- Denboran duten aldaketaren arabeko sailkapena.
- Espazioan duten aldaketaren arabeko sailkapena.

Akzioak zuzenak, iraunkorrak, aldakorrak eta finkoak izan daitezke. Egituraren gaineko akzioak honako hauek izango dira:

- Balio konstanteko karga iraunkorrak: pisu propioa / karga hilak / lurren bultzada.
- Akzio aldakorrak: erabilera-gainkarga.



163. irudia. Loricata erako egur-hormetan eragiten duten indarren eskema

Muga-egoerak egiaztatzeko, bai zerbitzuarena eta bai muturrekoa, akzioen maiorazio-koefiziente partzialak zehaztu behar dira, Espainiako Errepideen Zuzendaritza Nagusiak errepideetako zubien proiektuetan kontuan hartu beharreko akzioei buruzko IAP-11 instrukzioan agindutakoari jarraituz.

Akzio-konbinazioak zehazteko, 7 Eurokodean ezarritakoari jarraitu behar zaio (“Obra eta eraikingintza zibilararen arloko egituren proiektu geoteknikoarekin lotuta dauden Europako irizpideak eta araudiak bateratzeko europar araua”).

Konbinazio bakoitza zenbait kalkulu-balioren multzoa da eta zenbait akzioen aldi bereko eraginpean muga-egoera baten egitura-fidagarritasuna onargarria den egiaztatzeko erabiltzen da. Akzio-konbinazioen analisia bi muga-egoeretarako egin behar da: muturreko muga-egoera eta zerbitzuaren muga-egoera.

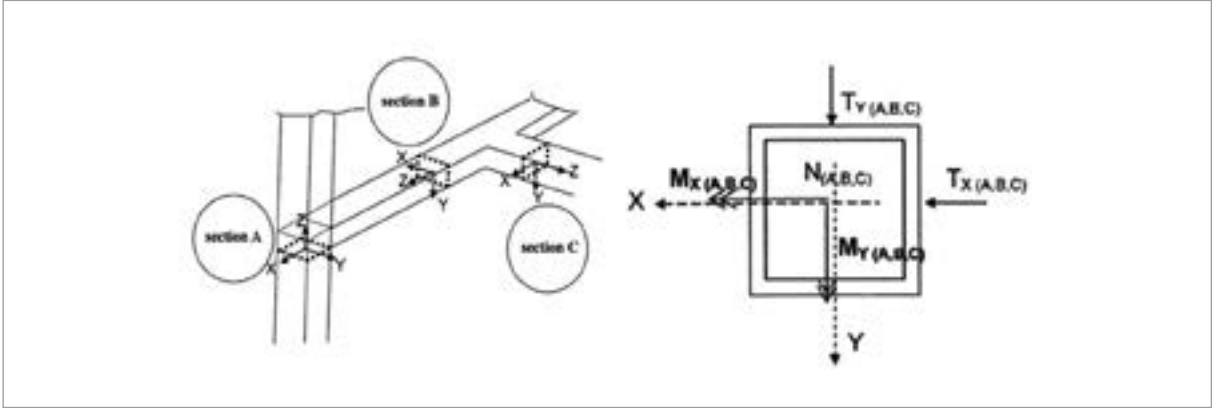
7.3.6.11 Loricata egur-hormaren egitura-ahalmenari buruzko kalkuluak

Horma-mota horrek sekzio desberdineko metalezko profilak ditu. Hurrengo lerrootan, Loricata egur-hormaren metalezko egituraren ezaugarri ohikoenak aipatuko ditugu.

Egituraren zati nagusia 80 x 3 mm-ko metalezko profil barnehuts estandarrez eraikita egon ohi da. Profilen arteko loturak soldadura bidez egiten dira. Zati nagusia eta egituraren euskarri-puntua profil barnehuts zirkular batek lotzen ditu, 60 x 3 mm-koa. Profil hori eta egitura nagusia soldatuz lotzen dira. Profil tubularra eta finkatze-puntua ere berdin lotzen dira, eta, beraz, enpotramendutzat hartzen da.

Hurrengo irudietan, egur-hormaren metalezko markoak dituen sekzioen adibideak ikus daitezke.

164. irudia. Loricata egur-hormaren metalezko egitura osatzen duten profil tubular angeluzuzenaren sekzio batzuk



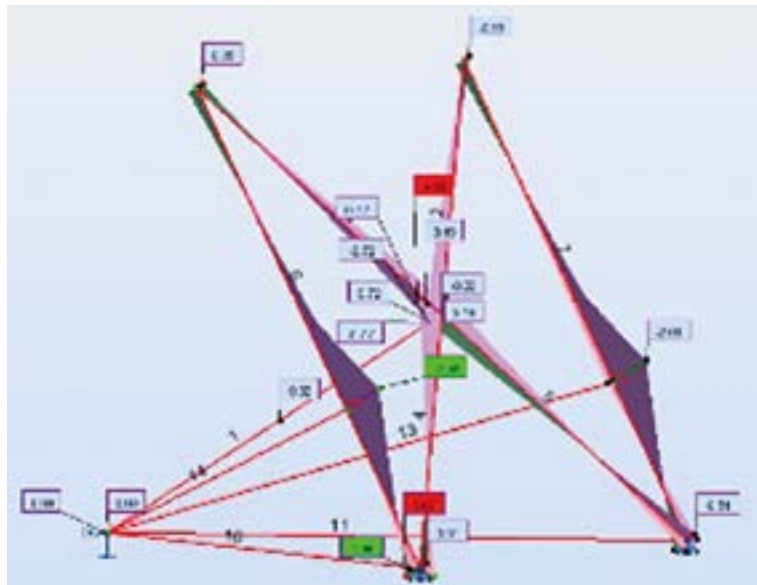
Egitura nagusiak bi profil karratu ere baditu, horiek ere 80 x 3 mm-koak, egituraren osotasunari zurruntasuna emateko. Bestalde, profilen gaineko esfortzuak murrizteko, lau tenkagailu ditu; profil nagusien tentsio maximoak murrizteko balio du horrek. Gurutze formako aurrealdeko panelak, halaber, enborren euskarri gisa balio du, eta azkenean enbor horiek arduratuko dira panelari 4 metroko luzera emateaz eta egituraranzko bultzada totalak jasotzeaz.

Bestalde, indar ezegonkortzaileak lurzoruaren bultzadak izango dira: lurzoruaren pisuak eragindakoa, gainkargen ondoriozkoak, presio hidrostatiakoarena, etab. Horien kalkulua egiteko, eskuliburu honetan dagokien epigrafeetan azaldutakoari jarraitu behar zaio.

Eskarietatik abiatuta, metalezko markoko metalezko elementuek jasaten dituzten esfortzuen legeak kalkulatu behar dira (axialak, ebaketakoak, flexio-momentuak eta tortsio-momentuak).

Elementu bakoitzaren erresistentzia-ahalmena eta hari eragiten ari zaion esfortzu maximoaren balioa konparatu behar dira. Lortutako esfortzu guztietarako egin behar da konparazio hori: trakzioko esfortzu axiala, konpresioko esfortzu axiala, flexio-momentua, ebaketa-esfortzua eta tortsio-momentua. Beharrezkoa denean, aurreko esfortzu horien artean dauden konbinazioak ere egiaztatu behar dira; adibidez, tortsio- eta ebaketa-momentu konbinatua, flexioaren eta ebaketaren arteko interakzioa, eta trakzioko axialaren eta flexio desbideratuaren arteko interakzioa.

Azkenik, tenkagailuak eta soldadurak ere egiaztatu behar dira.



165. irudia. Egiturako metalezko elementuei eragiten dieten flexio-momentuen legeen adibide bat

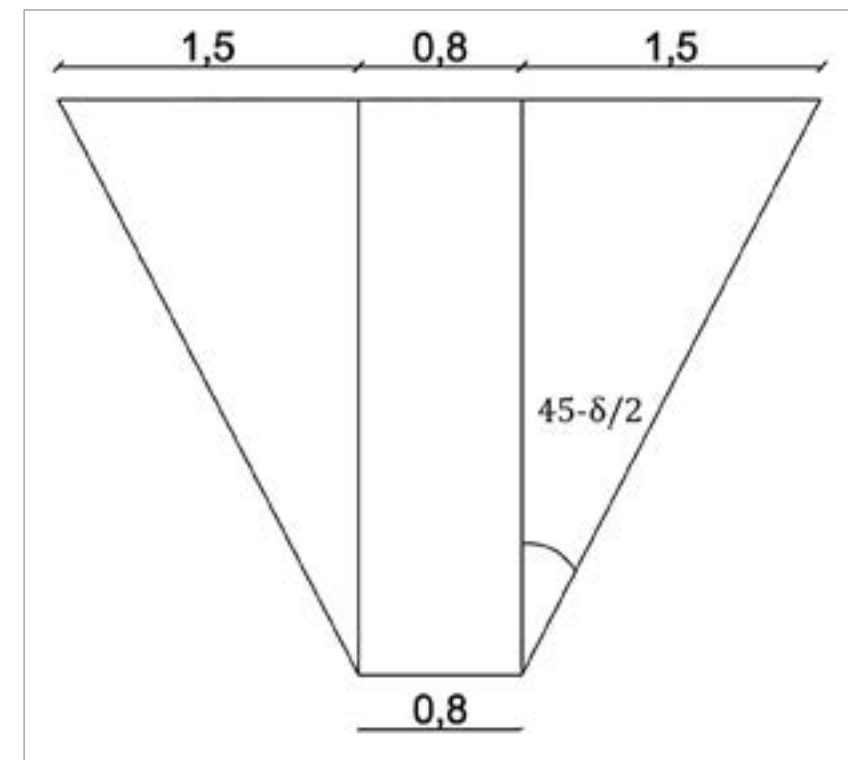
7.3.6.12 Kanpo-egonkortasunaren egiaztapenak

Edozein akzio-konbinazioren eraginpean egitura egonkorra dela ikusteko bi egiaztapen egin behar dira. Lehenengo egiaztapena egitura irristatzearekiko egonkorra dela egiaztatzean datza. Ikusi behar da egiturak jasaten dituen lurzoruaren bultzada erresultanteek ez dutela egitura ezegonkortzen. Bigarren egiaztapenean, ikusi behar da edozein akzio-konbinazioren eraginpean egitura plano horizontalean egonkor mantentzeko gai dela;hots, biraketarik ez dela gertatzen zeharkako planoan (iraultetarekiko egiaztapena).

Irristatzea

Elementua irristatzearekiko segurua den erabakitzeko, zimendu-plakaren neurri batzuk (geometria) suposatu behar dira. Horrela ikusi ahal izango dugu proposatutako neurriak nahikoa diren edo ez.

Lurren pisuaren erresultante bertikala kalkulatzeko, forma trapezoidaleko bolumen efektibo batean oinarritutako gara, beheko irudi honetako adibidean ikus daitekeen bezala:



166. irudia. Loricata egur-horma ainguratze-plakaren gainean mobilizatutako lur-ziria zehaztearen adibidea. Kasu horretako ainguratze-plakak 0,8 m-ko aldea du

Kontuan izanda plakaren erreakzioaren noranzkoa lurren pisuaren balioaren kontrakoa dela, V erresultante bertikala hau izango da:

$$V = W_{lu} - R_{pl}$$

Non:

W_{lu} = lurzoruaren pisua.

R_{pl} = plakaren erreakzioa.

Indar bertikal (V) horretatik abiatuta, irristadurarekiko erresistentzia kalkula daiteke. Balio hori segurtasun-faktorearen adierazpenaren zenbakitzailean sartu behar da.

Kohesiorik gabeko lurzoru baterako, marruskadura-koefizientearen balioa adierazpen honen bidez kalkula daiteke:

$$\tan \theta_c = 0.8 \cdot \tan \varphi'$$

Non:

θ_c = anguratze-elementuaren eta lurzoruaren arteko marruskadura-angelua.

φ = lurzoruaren barne-marruskaduraren angelua.

Bestalde, norabide horizontaleko bultzada-kargen balioa (H) irristatzearekiko segurtasun-faktorearen adierazpenaren izendatzailean sartu behar da.

Beraz, irristatzearekiko segurtasun-koefizientea hau izango da:

$$F_i = \frac{V \cdot \tan \theta_c}{H}$$

Koefiziente horrek 1,5 baino handiagoa izan behar du une oro.

Iraulket

Lehenik eta behin, bultzadak akzio ia-iraunkorrekin konbinatuta kalkulatu behar dira. Egoera honetan, ematen da gainkarga baldin badago bultzaden ondoriozko iraulketa-momentua (montu ezegonkortzailea) honako hau dela:

$$M_b = E_{lu} \cdot \frac{H}{3} + GK \cdot \frac{H}{2}$$

Non:

E_{lu} = lurren bultzada.
 H = egur-hormaren altuera.
 GK = gainkarga.

Bestalde, egonkortze-momentu gisa hauek sartuko ditugu: enborren pisua, metalezko egituraren pisu propioa eta lurrek ainguratze-plakan duten pisua. Beraz:

$$M_e = P_p \cdot a + P_t \cdot b + W_{lu} \cdot c$$

Non:

P_p = zurezko enborren pisu propioa.
 P_t = metalezko egituraren pisu propioa.
 W_{lu} = lurzorua ainguraketa-plakan duen pisua.
 $a = P_p$ -ren besoa.
 $b = P_t$ -ren besoa.
 $c = W_{lu}$ -ren besoa.

Egiturak iraulketarekiko egonkortasun-baldintza betetzeko, iraulketa-momentuaren (ezegonkortzailea) eta egonkortze-momentuaren arteko erlazioak 2 baino handiagoa izan behar du. Beraz, segurtasun-faktoreak 2 edo handiagoa izan behar du. Kasu honetan, zehaztu daiteke lurren pisuak zer balio izan behar duen egonkortasuna bermatzeko:

$$F_s = \frac{M_e}{M_b}$$

Non:

M_e = momentu egonkortzaileak.
 M_b = momentu ezegonkortzaileak.

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.7 Egur-hesi bizia



167. irudia. Leitzararen, lanak egin bitartean eta egitura jada garatuta. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

7.3.7.1 Definizioa eta irismena

Egur-hesi bizia ezpondak egonkortzeko teknika misto bat da, eta azaleko lur ezegonkorrei eusteko erabiltzen da, nagusiki 40-55° bitarteko maldetan (kondizio berezietan 60°-rainokoetan ere bai). Teknikaren oinarria enbor bertikal eta horizontalez osatutako egitura bat da, elkarrekiko zut jarrita eta elkarri iltzez edo torlojuz lotuta lauki-sare moduko bat eratzen dutena. Sare horretako ganberak ugalketa begetatiborako ahalmena duen landare-material biziz —normalean aldaxkaz edo landare-ontziko zuhaixkaz— eta indusketa-lurrez edo egiturazko lurzoruz betetzen dira. Gero, erein egiten da, purraka edo hidroereintza bidez. Behin adarrak sustraitzen eta garatzen direnean, sortu den landarediak egur-hesiaren egiturazko funtzioak bere gain hartzen ditu, apurka-apurka. Egur-hesi biziaren teknika ezponden azaleko lur ezegonkorrei eusteko erabiltzen da, nagusiki 40-55° bitarteko maldetan (kondizio berezietan 60°-rainokoetan ere bai).

Bi tipologia daude:

• Egur-hesi bizia

Egur-hesi bizia zuzenean lurzoru gainean jar daiteke, betiere egituraren oina finkatuta. Horretarako, gehienetan indusketa-lana egiten da lehenbizi, eta, han, zutoin horizontal bat sartzen da, egituraren oina egonkortu dezan. Beste aukera bat eusteko egiturak erabiltzea da; esaterako, horma bikoitzeko egur-horma biziak, Loricata egur-hormak eta horma berdeak.

Egur-hesi biziak altuera handi samarreko ezpondetan erabil daitezke, betiere ezpondaren profilak behar bezala egokitzen badira. Malda handiko ezpondetan (50°-tik gorakoak) ez litzateke 6-8 m-tik gorako egur-hesirik planteatu behar. Altuera horretatik gora, ezpondaren profilean terraza edo berma bat jarri beharko da, egituraren egonkortasuna arriskuan ez jartzeko.



168. irudia. Ezkerrean egur-hesi normala, eta eskuinean Vesubio erako egur-hesia, zeharkakoetan zuresiek in. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL eta G. Menegazzi

Natur Bioingeniaritzako beste teknika batzuetan bezala, erabilitako zurak egiturari ematen dion zerbitzu-bizitzak landare-komunitateak garatzea eta sendotzea ahalbidetzen du. Behin landaredia garatzen denean, erabilitako enborrek eragin moteleko ongari izateko funtzioa beteko dute, eta horrek lurzorua azaleko geruzak ongarritu eta hobetuko ditu.

• **Vesubio erako egur-hesi bizia, lurzoru egonkor baten gaineko kohesio txikiko lurzoru solteetan erabiltzen dena**

Egur-hesi biziaren aldaera bat da, 45-55° bitarteko maldak dituzten lurzoru ezegonkorreko ezpondei eusteko baliagarria. Horrelako lurzoruen ezaugarri da material soltez osatutako geruza lodi bat egotea lur egonkor baten gainean. Vesubio erako egur-hesi bizia oso eraginkorra gertatzen da egonkortu beharrekoak eta gehienez 15 m-ko luzerakoak diren ezpondetan.

Egur-hesiaren abantaila nagusiak hauek dira:

- Ezponda berehala egonkortzea. Egonkortze-efektua areagotu egiten da erabilitako landaredia garatu eta sustraitu ahala.
- Erabilitako landare-espezieek drainatze-funtzioa ere betetzen dute, beren garapenerako ura xurgatzen baitute.

7.3.7.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Lubeten profila berregiteko, 45-55° bitarteko maldetan. Salbuespenezko zenbait kasutan, 60°-rainokoetan ere bai.
- Mazelak egonkortzeko, 0,5-1 m-ko sakoneraraino.
- 0,5 m-tik beherako lodiera duten lur-geruza ezegonkorak sendotzeko, bioingeniaritzako beste egonkortze-teknika batzuk aplikatzeko malda handiegia dutenean.
- Bereziki lurzoru trinkokoak diren lur gain higatuak babesteko.
- Mazela gunitatuak edo haitzezkoak estaltzeko, baldin eta gehienez 60°-ko inklinazioa mantentzeko aukera eta nahikoa leku badago.
- Ezpondak egonkortzeko eta isurketa-urek eragindako arraste-prozesuak kontrolatzeko, erabilitako landare-material bizia garatzen den bitartean.
- Irristatzeko traslazonalak kontrolatzeko. Hau da, geruza egonkor batean gainean geruza ezegonkor paralelo bat dagoenean.

7.3.7.3 Materialak

Hurrengo ataletan, egur-hesi biziak egiteko erabili beharreko materialak deskribatuko ditugu.

7.3.7.4 Azalik gabeko zurezko enborrak

18-25 cm bitarteko diametroa eta gehienez 6-8 m-ko luzera duten zurezko enborrak behar dira.

Jarduketa egingo den lekuan ohikoak diren espezie zurkarenak erabiltzen dira: pinua, alertzea, sasiakazia, etab. Enborren iraunkortasun naturala handitzeko, azala kentzea komeni da. Tamaina, luzera eta diametroa aplikatutako teknikaren arabekoak izaten dira, obra inguruan eskura dagoen materialaren arabera ez ezik. Ez da komeni eukalipto erabiltzea, gutxi irauten duelako eta eukaliptoaren konposatuek aldaxketan aleopatia sortzen dutelako.

7.3.7.5 Ezaugarri bioteknikoak dituzten espezie autoktono aitzindarien landare-material bizia

Egituran aldaxkak jartzen dira. Ugalketa begetatiborako ahalmena eta sustrai adbertizioak sortzeko duten espezie zurkara autoktonoenak izan behar dute aldaxkek, eta normalean 50-150 cm bitarteko luzerakoak eta 2-7 cm bitarteko diametrokoak erabiltzen dira. Dentsitatea metro linealeko 10-15 aldaxka izaten da.

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 3.3.1 epigrafean (“Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak”).

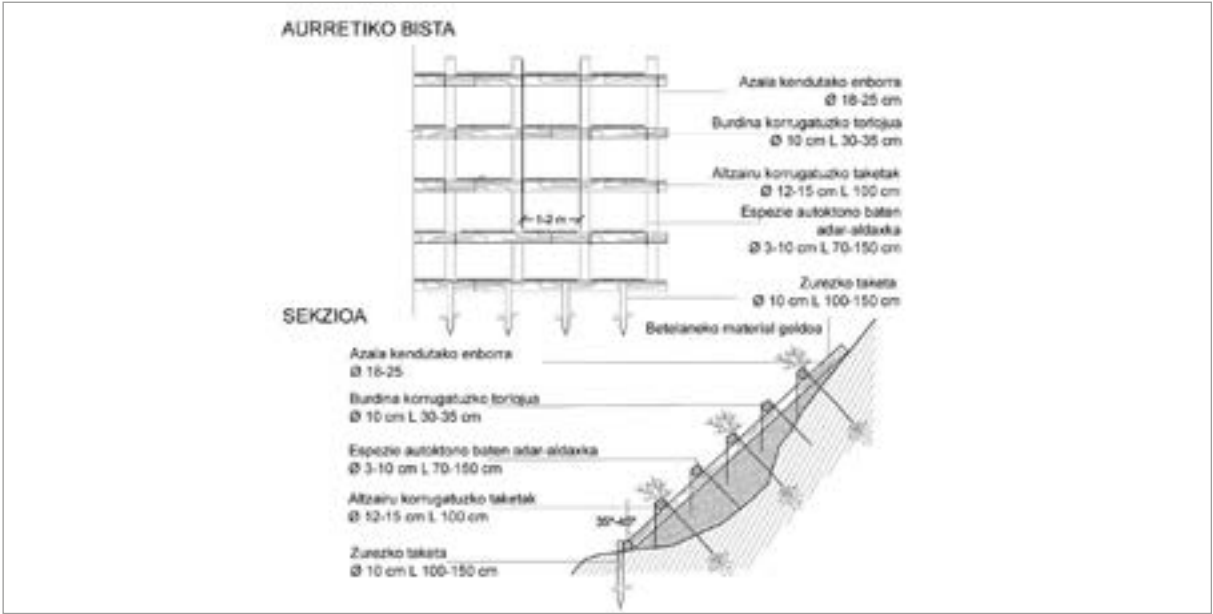
7.3.7.6 Lurrezko material inerteak

Egiturako hutsuneak betetzeko eta landareek sustrai adbertizioak sortu ahal izan ditzaten, bertako indusketa-lanetan ateratako lurrezko material inerteak erabiltzen da, edo, bestela, agregakinak dituen nahaste bat. Ezaugarri edafikoen arabera, bi osagaien proportzioa aldatu egingo da: lurzoru iragazkorretan, % 40 indusketa-lurra eta % 60 agregakinak izatera irits daiteke proportzioa.

7.3.7.7 Altzairu korrugatuzko taketak

Enborrak lurzorura lotzeko, altzairu korrugatuzko taketak erabiltzen dira (12-14 mm-ko diametroa eta 1 m-eko luzera), edo zurezko taketak (8-12 cm-ko diametrokoa eta 1 m-eko luzera). Altzairuzko taketak lurzoru gogor eta harritsuetarako egokiak dira.

169. irudia. Egur-hesi bizia: eraikuntza-eskema. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.3.7.8 Iltzeak edo torlojuak

Enborrak elkarren artean lotzeko, altzairu korrugatuzko iltzeak erabiltzen dira, edo zurerako altzairu herdoilgaitzeko torloju bereziak, 10 mm-ko diametrokoak eta 30 cm-ko luzerakoak. Lurzoru gogor eta harritsuetan grapa edo iltze erresistenteagoak erabili behar dira, baita altzairu galvanizatuzko taketak edo buloiak ere batzuetan.

7.3.7.9 Teknika gauzatu osteko ereintzarako haziak

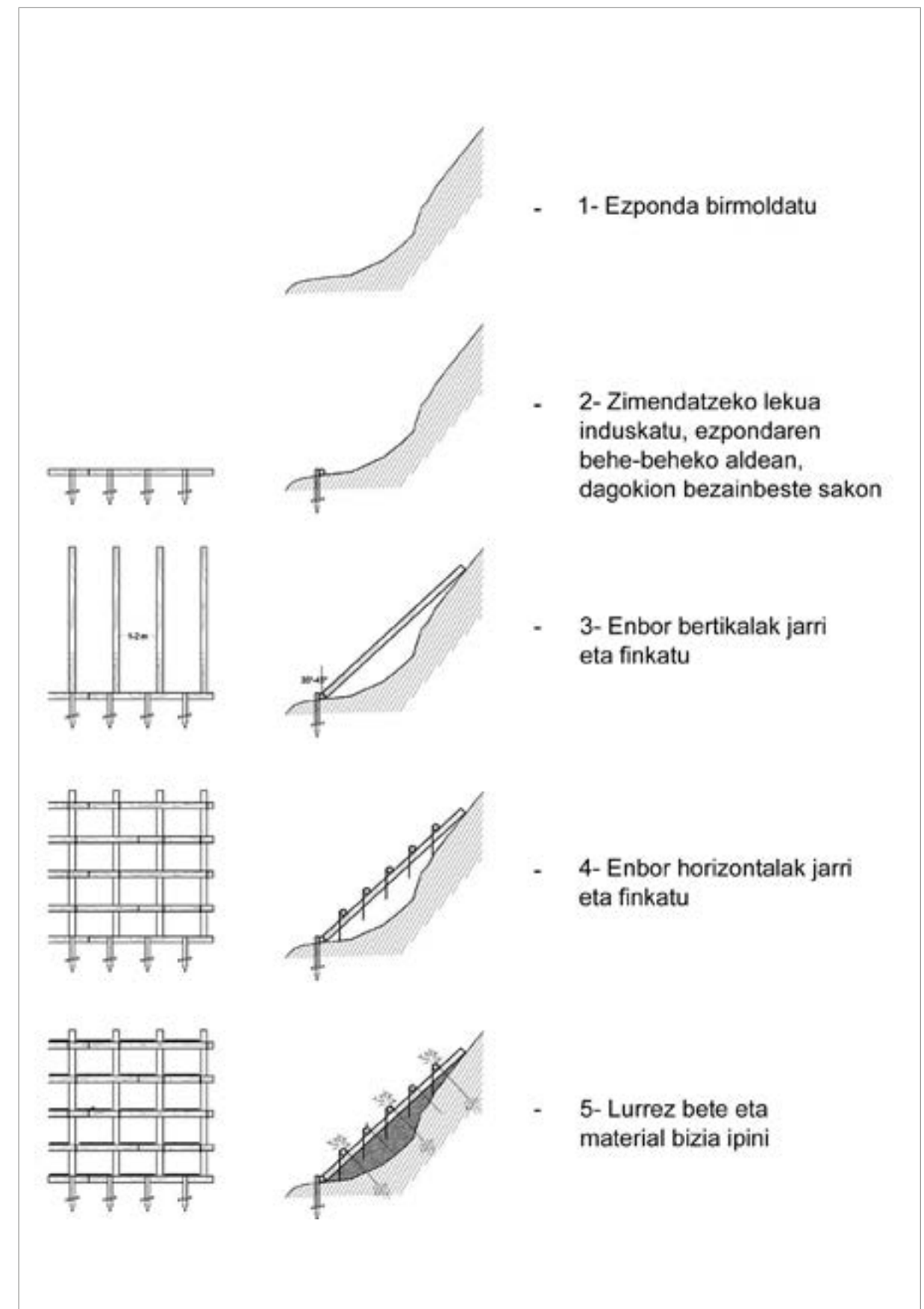
Belarkaren haziz (gramineoak eta leguminosoak) eta espezie zurkaren haziz osatutako nahasketa bat erein behar da, purraka edo hidroereintza bidez. Horri buruzko azalpena 7.1 epigrafean eman dugu ("Estaltze-teknikak: proiektzio hidriko bidezko ereintzak").

7.3.7.10 Obrak gauzatzea

Obra gauzatzeko, urrats hauek egin behar dira:

1. Ezponda birmoldatu, egur-hesia eraikitzea eragozten duten profilak kentzeko.
2. Zimendatzeko lekua induskatu, ezpondaren behe-beheko aldean. Sakonera egur-hesiaren altueraren eta enborren tamainaren arabera izango da. Zimendutzat luzetarako enbor bat erabiliz gero, induskatutako zangak enborraren diametroa baino bi aldiz sakonagoa eta zabalagoa izan behar du. Beste aukera bat zimendu egonkor horren oinarri gisa egur-horma bat edo harri-lubeta bat erabiltzea da. Errepideetan zuresia ere erabiltzen da oinarri gisa. Egonkortasuna handitzeko, indusketaren oinarriari kontramaldako inklinazioa eman behar zaio, ezpondaren barrualderantz.
3. Beharrezkoa bada, eusteko egitura jarri (egur-horma, harri-lubeta edo zuresia). Horiek eraikitzeko, jarraitu gidaliburu honetan dagozkien kapituluetan esandakoei.
4. Enbor bertikalak jarri eta finkatu. Enborrak, 20-25 cm-ko diametroak eta 8 m-ko luzerakoak, elkarrekiko paralelo jarri behar dira, bertikalki, oinaldea (alde lodiena) behean dutela eta elkarrengandik 1-2 m bereizita. Luzetarako enborren arteko distantzia kalkulatzeko, egituraren malda eta lurzoruaren ezaugarriak hartu behar dira kontuan. Enborrak ezpondaren goiko aldean jarri behar dira, egoera onean dagoen lurzoruaren gainean, eta beheko muturra eusteko egiturari lotu behar zaie. Garrantzitsua da enbor bertikalak ondo lerrokatuta egotea, enbor horizontalak haietan behar bezala erraz jartzeko eta finkatzeko.
5. Enbor horizontalak jarri eta finkatu. Enbor horizontalak angelu zuzenean jarri behar dira bertikalen gainean, elkarren artean 1-2 m-ko tartea utzita. Haietara lotzeko, altzairu korrugatuzko iltzeak edo torlojuak erabiltzen dira. Horrela, sare angeluzuzen edo karratu eratzen da, maldaren inklinazioaren eta lurzoru-motaren arabera. Eraiki bitartean, eraikitzeko prozesua errazteko, komeni da enbor horizontal horiek lurzorura ainguratzea altzairu korrugatuzko barren bidez, euskarri izan daitezen.
6. Lurrez bete eta material bizia ipini. Behin zurezko egitura eraikita dagoenean, lurrez bete behar da, eta enbor horizontalen parean maila txikiak egin. Maila horietan, gero, aldaxkak txertatu behar dira, 50-150 cm-ko luzera eta 2-7 cm-ko diametrokoak. Maila bakoitzeko landare-dentsitatea metro linealeko 10-15 aldaxka izan ohi da. Aldaxkak jartzean kontuan izan behar da muturreko begiek ezpondaren kanpoalderantz begira geratu behar dutela, karkabaren edo indusketaren hondoa ukituz eta egur-hesi biziaren aurrealdetik kanpora 10-20 cm inguru aterata.
7. Gailurra babestu. Ezpondan sartzen den ur-kantitatea murrizteko eta kontrolatzeko, komeni da babes-areka bat eraikitzea, ezpondaren buruan urak atxikiko dituen kabailoi bat, edo puntu kritikoak drainatzeko adar-sorten bidez babestea.
8. Gainazal guztia erein, purraka edo hidroereintza bidez.

170. irudia. Egur-hesi biziaren eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



Vesubio erako aldaera gauzatzeko, 1. urratsetik 3.era bitartekoak berdin egin behar dira. Ordea, 4. eta 5. urratsetan, Vesubio erako egur-hesi biziaren egiturak 2 edo 3 enborreko zenbait zuresi ditu. Enbor horiek 8-12 cm-ko diametrokoak eta 2-3 m-ko luzerakoak izan behar dute, malda handieneko lerroan 2 m inguru bereizita jarri behar dira, eta 16 cm-ko iltzez lotzen dira. Zuresiei buruzko epigrafean dago azalduta haiek nola eraiki (gidaliburu honetako 7.2.4). Azkenik, 6. urratsetik aurrera Vesubio erakoaren egitura egur-hesi bizia arruntaren antzera egiten eta amaitzen da.

7.3.7.11 Kalitate-kontrola

Zura

Arau orokor gisa, zurari dagokionez, baldintza hauek bete behar dira:

- Gauzatzeko-perdoiek ez dituzte balio hauek gaindituko:
- Luzera: ± % 3.
- Diametroa: ± % 3.
- Zurak FSC ziurtagiria izan behar du du.

Material bizia

Landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea. Komenigarria da “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean landare-materialari dagokionez adierazitako saiakuntzak egitea.

7.3.7.12 Neurketak eta ordainketak

Egur-hesia benetan gauzatutako metro karratua kontuan hartuz neurtu behar da, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landare-elementuaz hornitzea eta hura jartzea nahiz integratzea.

7.3.7.13 Gomendioak

- Kontuan izatekoa da garrantzi handia duela urte-sasoiak, bai materiala jartzeko eta bai landare-tipologia aukeratzeko.
- Malda handietan (50°-tik gorako inklinaziokoak) ez da komeni egur-hesiek 6-8 m-tik gorako altuera izatea. Kasu horietan, tarteko terraza bat egitea komeni da, zatikako egur-hesia erabiltzeko.
- Aldaxkek obraren trasdosean dagoen lurzorura iristeko adinako luzera izan behar dute.
- Malda handiko lekuetan, materialari eusteko metodo gisa, kanpoaldean metalezko sare bakun bat edo bihurtura hirukoitzekoa erabil daiteke.
- Teknika ez da egokia ezpondak-eta sakon egonkortzeko.
- Mugak ditu, bai lortu daitekeen altuerari dagokionez (gehienez 6-8 metro, murrizketarik gabe), bai inklinazioari dagokionez (substratua nolakoa den, gehienez 60°). Denboraren poderioz zura usteldu egingo denez, egur-hesi bizia ondo landaretuta baldin bada eta landareak ondo sustraituta baldin badaude bakarrik beteko ditu egur-hormak bere egitura-funtzioak.
- Gauzatzeko denbora luze samarra da.



171. irudia. Vesubio erako egur-hesi bizia. Iturria: G. Menegazzi (marrazkiak: S. Sangalli – SCIA SL)



7.3.7.14 Prezio deskonposatuaren proposamena: egur-hesi bizia

172. irudia. Egur-hesi biziaren prezio deskonposatua. Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

m2 Zur-hesi bizia					
Zur-hesi bizia eraikitzea ezponda gainean, zurezko edo konifero-enborrez (3-8 m-ko luzera eta 18-25 cm-ko diametrokoak), 40° eta 60° bitarteko ezponda baten gainean 1x1 m-ko lauki-sare bat eratzeko moduan jarrita, elkarren artean iltzez eta altzairu galvanizatuzko alabrez lotuz eta lurzorura altzairu korrugatuzko barrak ainguratuta (1,2 m-ko luzera eta 12-14 mm-ko diametrokoak). Hutsuneak indusketako bertako lurrez betetzea, eta ugalketa begetatiborako ahalmena duten zuhaixka-espezia autoklonen adar-aldaxkak jartzea. Barnean daude ezpondaren gainazala berriro profilatzea, enborrez hornitzea eta haiek obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta egitura betetzea.					
Kodea	Intitate	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbatekoa
1	Materialak				
	m3	Azala kendutako konifero-enborra Diametroa	0,25	81,84 €	20,46 €
	alea	Adar-aldaxkak	10,00	0,80 €	8,00 €
	alea	Altzairu korrugatuzko iltzeak	3,00	0,90 €	2,70 €
	alea	Zurezko taketak Diametroa 10 cm Luzera 1 metro	2,00	10,00 €	20,00 €
Subtotala, materialak:					51,16 €
2	Ekipoa eta makineria				
	h	Kamioia 10 m3 trakzio integrala kilaratua 18t	0,100	35,00 €	3,50 €
	h	Motozerra	0,090	3,50 €	0,28 €
	h	Atzerako hondeamakina beldar-kateduna 180 kW / Enetro-amiarma	0,350	50,14 €	17,55 €
Subtotala, ekipoa eta makineria:					21,33 €
3	Eskulana				
	h	Obra zibileko burua	0,01	24,89 €	0,25 €
	h	Obra zibileko eraikuntzako 1. ofiziala	0,90	22,07 €	11,04 €
	h	Eraikuntzako peoi arrunta	0,80	18,00 €	14,40 €
Subtotala, eskulana:					25,68 €
4	Zuzeneko kostu osagarriak				
	%	Zuzeneko kostu osagarriak	0,02	47,01 €	9,94 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € lehen 10 urteetan.			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):		99,11 €

173. irudia. Vesubio erako egur-hesi biziaren prezio deskonposatua. Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

m2 Vesubio erako zur-hesi bizia		A mota			
Vesubio erako zur-hesi bizia eraikitzea ezponda gainean, zurezko edo konifero-enborrez (3-8 m-ko luzera eta 15-25 cm-ko diametrokoak), 40° eta 60° bitarteko ezponda baten gainean 1x1 m-ko lauki-sare bat eratzeke moduan jarrita, horizontalak bi enborreko zuresi bat eratzen dutela, elkarren artean iltzez eta altzairu galvanizatuzko alanbrez lotuz eta lurzorura altzairu korrugatuzko barraz ainguratuta (1,2 m-ko luzera eta 12-14 mm-ko diametrokoak). Hutsuneak indusketako bertako lurrez betetzea, eta ugalketa begetalborako ahalmena duten zuhaiketa-espezie autoktonoen adar-aldaxkak jartzea. Barnean daude ezpondaren gainazala berriro profilatzea, enborrez hornitzea eta haiek obrara garraiatzea, enborrak moztea, egitura eraikitzea, obran landare-materiala prestatu eta kontserbatzea, eta editura betetzea.					
Kodea	Intitate	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbatekoa
1 Materialak					
m3	Azala kendutako konifero-enbora	Diametroa	0,40	81,84 €	32,74 €
alea	Adar-aldaxkak		10,00	0,80 €	8,00 €
alea	Altzairu korrugatuko iltzak		4,00	0,90 €	3,60 €
alea	Zurezko lakelak	Diametroa 10 cm Luzera 1 metro	4,00	10,00 €	40,00 €
Subtotala, materialak:					84,34 €
2 Ekipoa eta makineria					
h	Kamioa 10 m3 traxzio integrala k/parabia 16t		0,100	35,00 €	3,50 €
h	Motazema		0,080	3,50 €	0,28 €
h	Atzerako hondeamaina beldar-kateduna 180 kW / Erreko-armama		0,350	50,14 €	17,55 €
Subtotala, ekipoa eta makineria:					17,55 €
3 Eskutaria					
h	Obra zibilko burua		0,05	24,88 €	1,24 €
h	Obra zibilko eraikitzaile 1. ofiziala		0,60	22,07 €	13,24 €
h	Eraikitzaileko peoi amurta		1,00	18,00 €	18,00 €
Subtotala, eskutaria:					32,49 €
4 Zuzeneko kostu osagarriak					
%	Zuzeneko kostu osagarriak		0,02	50,04 €	1,00 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € lehen 10 urteotan.			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4):		135,37 €

7.3.7.15 Kalkulua

Teknika hori lur gainaren higadura-prozesuen eta irristatzeen eraginpean dauden ezponden gainazala sendotzeko eta egonkortzeko erabiltzen da. Beraz, teknika behar bezala gauzatzeko, geruza ezegonkorak zer sakonera duen jakin behar da. Horrela lortu daiteke egur-hesiko ainguren diseinua ondo egitea, bai kopuruari dagokionez, baina ainguren sakonerari dagokionez. Bestalde, egur-hesiaren oinean euskarri egokia jarri behar da, eta hori zurezko egitura bat eratuko duten bi enbor horizontalen bidez lortu daiteke. Hurrengo lerrootan ikusiko dugun kalkulua eskuliburu honetako bi egur-hesi motetarako balio du.

6.3 epigrafean “Mazela landaretuen egonkortasuna: landarediak egonkortasunean duen garrantzia”), lurzorua eta sustraien indartze-ereduak azaltzen dira. Aurrerago, 4.2 epigrafean (“Ikuspegia eta estrategia bioingeniaritzako obretan. Bioingeniaritzako obren zerbitzu-bizitzaren faseak”), obran erabilitako zurezko enborren degradazio-ereduak daude garatuta.

Egur-hesi biziaren kalkuluan garrantzi handikoa den alderdi bat lurzorura lotzeko behar diren ainguren kopurua da. Zenbat eta inklinazio eta luzera handiagoa izan mazelak, orduan eta aingura gehiago behar da, eta berdin gertatzen da zenbat eta sakonagoa eta ezegonkorragoa izan egonkortu beharreko lurzoru-geruza.

Horrelako egiturak diseinatzeko, hauek kalkulatu behar dira:

- Lurzorua erresistentzia-parametroak (barne-marruskaduraren angelua eta kohesioa).
- Lurzorua pisu espezifiko.
- Lurzorua bultza aktiboaren koefizientea.

Lurzorua erresistentzia-parametroak kalkulatzeko, saiakuntza geoteknikoak eta laborategiko saiakuntzak egin behar dira (adibidez, ebaketarekiko erresistentzia-saiakuntzak). Bultzada-koefizienteen kalkulua nola egin aurrerago azaldu dugu, 6.2 epigrafean (“Bioingeniaritzari aplikatutako geoteknia”).

7.3.7.16 Enbor horizontalen arteko distantzia

Egur-hesiko enbor horizontalen arteko distantzia lurzorua ezaugarrien eta egur-hesi tipologiaren arabera da. Egur-hesi arrunt batez ari bagara (kaiolaren horma enbor bakar batez osatua), adierazpen hauek ditugu:

a. Lurzorua pikortsua denean (ez kohesiboa):

$$l = \frac{h}{tg(\alpha - \phi)}$$

Non:

l: enbor horizontalen arteko distantzia.

h: diámetro del tronco.

α: mazelaren maldaren angelua.

φ: lurzorua barne-marruskaduraren angelua.

b. Lurzorua kohesiboa denean:

Kasu horretan, enbor horizontalen arteko distantziaren kalkuluak mazelaren altuera kritikoa erabiltzen du (Taylorren arabera kalkulatu, 1948). Adierazpenak kasu horretan hauek dira:

$$H_c = \frac{N_s \cdot c_u}{\gamma}$$

Non:

H_c: mazelaren altuera kritikoa (segurtasun-faktoretzat 1 hartuta).

C_u = kohesioa drainatu gabeko egoeran (kPa).

γ: lurzorua pisu espezifiko (kN/m³).

N_s: egonkortasun-faktorea (Menegazzik baliotzat 5,52 erabiltzea gomendatzen du).

Altuera kritikoa kalkulatu ondoren, enbor horizontalen arteko distantzia kalkulatu behar da, honela:

$$L = \frac{D}{\tan \alpha} + \frac{H}{\sin \alpha}$$

Non:

L: enbor horizontalen arteko distantzia (m).

D: enboraren diametroa (m).

H: altuera kritikoa, Taylorren arabera, segurtasun-faktoretzat 1,5 hartuta (H = H_c/1,5).

α: mazelaren inklinazioa.

Menegazzi & Palmeri (2013) lanean, aurreko kalkulu horien azalpen teorikoa garatuta ageri da, baita erabilitako formulen justifikazioa ere.

7.3.7.17 Kanpo-egonkortasunaren kalkulua

Egur-hesiaren konfigurazioa eta kaiolen eraketa direla-eta, ez dago irristatzearekiko egiaztapena ez irauketarekiko egin beharrik. Egituraren egonkortasuna ziurtatzeko egin beharreko egiaztapenak aingurak atereak izatearekiko egiaztapena eta erabilitako enborren barne-egonkortasuna egiaztatzeak

dira. Egiaztapen horiek betez gero, egitura bere osoan egonkor mantenduko da. Epigrafe honetan kanpo-egonkortasunarekin lotutako egiaztapenak egingo ditugu.

Egur-hesiaren ainguratze-eremuaren luzeraren kalkulua

Egur-hesia lurzorura lotzeko, enbor edo hesola bertikalak erabiltzen dira (8-12 cm-ko diametrokoak eta gutxienez 1 m-eko luzerakoak), edo, bestela, altzairuzko biribilak (200 mm-ko diametrokoak). Lurzoruak aukera ematen badu, lehenengo aukera erabiltzea da onena (zurezko hesolak erabiltzea).

Ainguratze-eremuaren luzera kalkulatzeko, adierazpen hau erabiltzen da:

$$Rak = \pi \cdot D \cdot \gamma \cdot d2 \cdot L \cdot K \cdot \tan \phi + c \cdot \pi \cdot D \cdot L$$

Non:

Rak: aterea izatearen aurkako erresistentzia bereizgarria (kN).

D: ainguraren diametroa (m).

d2: ainguraren batez besteko sakonera (m) (ikus 174. irudia).

L: ainguratze-eremuaren luzera mazelaren eremu egonkorren barruan (m).

K: bultzada aktiboaren koefiziente.

c: lurzoruaen kohesioa (N/m³).

γ: lurzoruaen pisu espezifiko (N/m³).

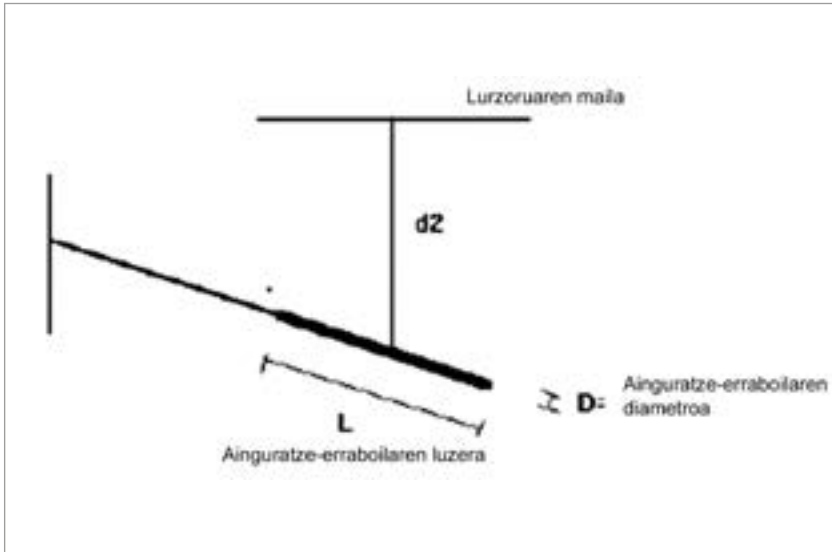
φ: lurzoruaen barne-marruskaduraren angelua (°).

Aterea izatearen aurkako erresistentziak aingura bakoitzak jasan behar duen lurzoruaen pisuaen berdina dela emango da. Aurreko formulatik luzera (L) bakanduta, lurzoruaen zati egonkorrean ainguratze-eremuak izan beharreko luzera lortzen da.

Menegazzi & Palmeri (2013) lanean, aurreko kalkulu horien azalpen teorikoa garatuta ageri da, baita erabilitako formulen justifikazioa ere. Gainera, <http://www.aipin.it/pubblicazioni/> web-orriko “Grata viva” izeneko Excel dokumentua deskargatuz gero, kalkulu horiek guztiak modu automatizatuan egiteko aukera dago.

7.3.7.18 Barne-egonkortasunaren kalkulua (flexioarekiko eta ebaketarekiko egiaztapena

174. irudian egur-hesien elementuetarako erabiltzen den notazioa ageri da.



174. irudia. Aterea izatearen aurkako erresistentzia egiaztatze formulako termino batzuen esanahia. Iturria: Menegazzi & Palmeri, 2013



175. irudia. Egur-hesi bizen elementuak. Iturria: Gino Menegazzi (egokitua)

Flexioarekiko eta ebaketarekiko erresistentziaren kalkulu-balioak adierazpen honen bidez lortzen dira:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

Non:

k_{mod}: erabilitako zuraren zerbitzu-kondizioak kontuan hartzen dituen faktorea.

Oro har, zura lurzorua ukitzen dagoenez, balioztat 0,5 hartuko da.

γ_M: erresistentziaren minorazio-faktorea Karga iraunkorren kasuan, balioztat 1,3 erabili behar da.

f_{v,k}: zuraren erresistentzia-balio bereizgarria (flexioarekiko edo ebaketarekiko).

f_{v,d}: zuraren erresistentziaren kalkulu-balioa (flexioarekiko edo ebaketarekiko).

Flexioarekiko egiaztapena

Egiaztapen hori egiteko, lehenengo urratsa luzetarako enborren ardatz arteko distantzia zehaztea da. Neurri hori luzetarako enborren ainguren arteko tartearen arabera izango da.

Egiturak kalkulatzeko teoria klasikoaren arabera, enborrak jasaten duen karga lineala kalkulatu behar da, landatu gabeko euskarri biko habe gisa irudikatuta. Karga lineala kalkulatzeko, egur-hesiaren konfigurazioan zehaztutako kaiolaren barruan dagoen lurzoruaen pisan oinarritu behar da. Karga lineal hori (q) luzetarako enborren metro linealeko kalkulatu da (kN/m). Kaiola bakoitzean egonkortutako lur-bolumenaren lodiera erabilitako egur-hesi tipologiaren arabera izango da. Oro har, egur-hesi arrunten kasuan, lodiera luzetarako enborren diametroaren berdina izango da. Vesubio erako egur-hesien kasuan, berriz, egur-hesiko kaiolen hormak definitzen dituzten diametroen batura izango da lodiera.



176. irudia. Vesubio erako egur-hesi bizia. Iturria: Gino Menegazzi

Kaiolaren neurriak egur-hesiaren egituraren konfigurazioak definitzen ditu.

Irudian, kolore ezberdineko lerroz adierazita daude kaiolako baten zabalera, luzera eta altuera: zabalera gorriz, luzera urdinez, eta altuera horiz. Kaiola bakoitzean zer lur-bolumen egonkortu den jakinda, luzetarako enborrak zer karga linealean pean dauden kalkula daiteke.

(Menegazzi & Palmeri, 2013).

Egiaztapen-baldintzarako erabili beharreko adierazpena hauxe da:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{adm}} \leq \sigma_{adm}$$

Non:

$\sigma_{\max}$: enbor horizontalak jasaten duen tentsio maximoa (kN/m²).

$M_{\max}$: enbor horizontalaren gaineko momentu maximoa (kN·m). Enborra euskarri biko habetzat hartzen da.

σ_{adm} : resistencia a flexión del tronco horizontal (kN/m²).

W : enbor horizontalaren flexioarekiko erresistentzia:

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$$

Non:

D : enborraren diametroa (m).

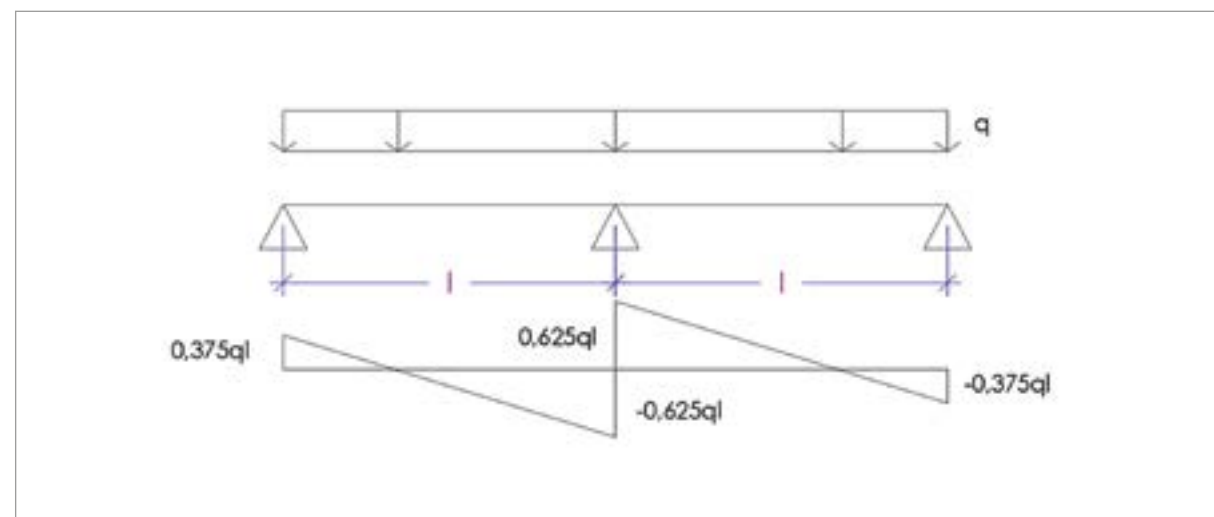
Hesola bertikalekin egiaztapen hori bera egin behar da. Kasu horretan, karga linealaren (q) balio maximoa aingura mazelaren eremu egonkorrean sartzen den puntuan egongo da. Elementu hori muturretako bat landatuta duen habetzat hartu daiteke, eta, hala, momentu maximoak balio hau izango du:

$$M_{\max}(kN \cdot m) = \frac{q \cdot L^2}{15,59}$$

Non q zera den: mazelaren geruza egonkorra hasten den sakoneran bertan kalkulaturako karga lineala.

Ebaketarekiko egiaztapena

Enbor horizontalak zer ebakitzailearen (V) pean dauden jakin beharra daukagu, eta hauxe dugu: muturreko euskarrietan ebakitzailea $0,375 \cdot q \cdot l$ da, eta erdiko euskarrian, berriz, $0,625 \cdot q \cdot l$ da ebakitzailea, sekzio osoarekin. Azken sekzio hori da kaltegarriena.



177. irudia. Ebaketa-esfortzuen banaketa euskarri biko habe jarraitu baten muturretan eta erdiko puntuan

Ebaketa-tentsio maximoa, pitzadura posibleak kontuan hartzeko faktore bat emanda ($k_{cr} = 0,5$), adierazpen honen arabera kalkulatzen da:

$$\tau_d = \frac{4}{3} \cdot \frac{V_d}{k_{cr} \cdot A}$$

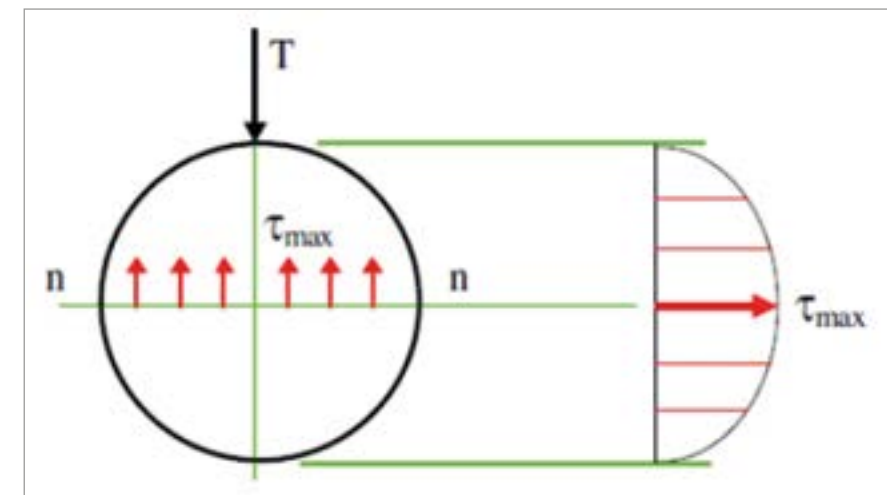
Non:

τ_d : ebaketa-tentsio maximoa (N/mm²).

A : enborraren sekzioa (mm²).

Ebaketarekiko kalkulu-erresistentzia hauxe izango da:

$$f_{V,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{V,k}}{\gamma_M} = 0,5 \cdot \frac{f_{V,k}}{1,3}$$



178. irudia. Sekzio zirkularreko pieza baten ebaketa-tentsio maximoa

Egiaztapen-baldintzarako erabili beharreko adierazpena hauxe da:

$$\tau_d \leq f_{V,d}$$

Menegazzi & Palmeri (2013) lanean, aurreko kalkulu horien azalpen teorikoa garatuta ageri da, baita erabilitako formulen justifikazioa ere.

Gainera, <http://www.aipin.it/publicazioni/> web-orriko “Grata viva” izeneko Excel dokumentua deskargatuz gero, kalkulu horiek guztiak modu automatizatuan egiteko aukera dago.

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.8 Zorroten mailakatuak



179. irudia. Harrizko eta zurezko zorrotena. Areka jauzien bidez moldatuta eta denboraren poderioz izandako bilakaera. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

7.3.8.1 Definizioa eta irismena

Kapitulu honetan, bioingeniaritzak azpiegiturretara linealetarako dituen tekniketan oinarrituta zorroten mailakatuak eraikitzeaz arituko gara. Zorrotena, MITMAren N5.2-IC arauko definizioak dioenez, elementu lineal bat da, gainazalekoa, ertzetan kokatu ohi dena (lur-erazketen ezpondetan edo betelanen bizkarretan), isurketa-uren emariak bideratzeko, eskuarki malda handieneko lerroetan zehar, goraguneen bidez eta erregimen hidraulikoan aldaketak eraginez.

Zorrotenaren buruan, emaria elementu puntual baten bidez elikatzen da (adibidez, kutxatila bat), arekek/ubideek ekarritako urez edo zuzenean isuri-gainazalakoez. Ura metro batzuk harago beherago dagoen puntu batera eramaten da eta, ibilbidean zehar, ur-jauziak antolatzen dira. Konponbide horri esker, garraio-distantzia eta garraiatutako energia nabarmen murrizten dira, eta, aldi berean, bide-galtzadak uretatik babesteaz gain, ura iragazteko modua ematen du.

Normalean, zorrotenari ez zaio jartzen iragazgaitz bihurtzeko ezer, salbuespenak salbuespen. Zorrotenaren azpian iragazgaizte-orriak erabiltzea kasu hauetara mugatzen da:

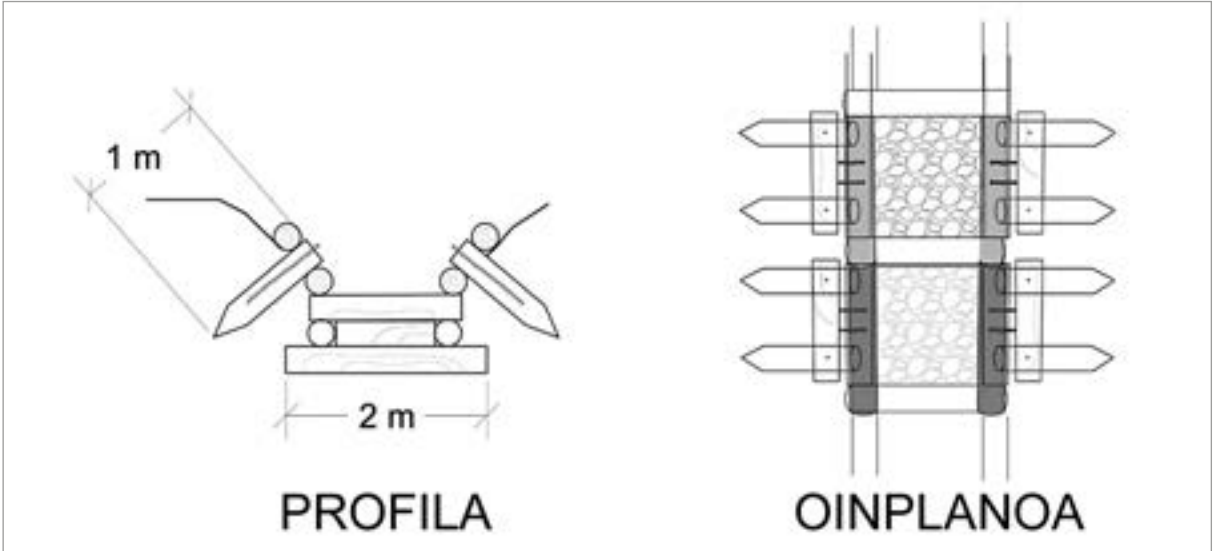
- Betelanak: betelanerako material marjinal edo ezegokiak erabili direnean, eta aurreikusten denean litekeena dela eraikuntza-lanen ondoren asentuak gertatu eta ezpondak hautsi edo kolapsatzea eragitea.
- Lur-erazketak: hausturak edo irristatzeak eragin ditzaketen mugimenduak aurreikusten direnean.

Bioingeniaritzan zorroten mailakatuak zenbait muga dituzte, jauzien altuerari dakionez, batetik, eta lurzorua okupazioari dagokionez, bestetik.

Zenbait zorroten-mota daude, eta, gehienetan, harrizko eta zurezko areketatik eratorriak dira, edo harrizko eta zurezko areka eta dikeak konbinatzetik eratorriak. Kapitulu honetan, harrizko eta zurezko areka-zorrotena azalduko dugu.

a) Harrizko eta zurezko zorroten mailakatuak: zurezko alboak dituen harrizko eta zurezko arekaren moldaera

Zurezko alboak dituen harrizko eta zurezko arekaren antzera eraikitzen da, baina harrizko eta zurezko zorroten mailakatuak jauziak egiteko zurezko enborrak darabiltza, gehienez 80 cm-ko luzerakoak.



180. irudia. Zorroten mailakatuak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

b) Pareta bakuneko harrizko eta zurezko zorrotena

Aldaera sinplifikatu bat da, eta distantzia laburretan bakarrik erabil daiteke, edo zorrotenaren buru edo lotura gisa. N5.2-IC arauan emandako definizioaren arabera, zorrotenak elementu hauek ditu:

- **Burua edo zorrotenera ura husten duen elementuarekin lotura:** ezpondaren gailurreko ertza baino gorago jarri behar da. Turuta-forma izan behar du, norabidez aldatzen den ur-emaria biltzeko, eta ubide-paretek urak gainezka ez egiteko bezainbesteko altuera izan behar dute.
- **Deskarga-gorputza edo -kanala:** malda handieneko lerroan egon behar du, eta ubide-paretek gainezkatzerik ez gertatzeko bezainbesteko babesgarria izan behar dute. Baliteke energia disipatzeko elementuak behar izatea.
- **Oina edo zorrotenetik ura husten duen elementuarekin lotura:** ezpondaren oineko ertza baino beherago jarri behar da. Turuta-forma izan behar du, emaria zabaldu dadin errazteko. Baliteke energia disipatzeko elementuak behar izatea, baita ubide-paretek gainezkatzerik ez gertatzeko bezainbesteko altuera (babesgarria) izan behar izatea ere.



Teknika horren abantaila nagusizat hauek aipatuko ditugu:

- Horrelako konponbideetan, landareek zurezko egitura egonkortzen laguntzen dute, baita lurzorua drainatze-maila hobetzen ere, ura xurgatuz eta lurrunduz (ebapotranspirazio-prozesuak eta haien efektuak). Prozesu horri esker, lurzoruko presio hidrostatikoa txikitu egiten da (poro-presioa), lurzorua hezetasuna murriztu, eta, ondorioz, lurzorua pisua txikitu. Efektu horiek guztiek lurzorua egonkortasuna handitzen dute.
- Zorrotene bilakaera egitura egonkor bihurtzeko da; errekaen antzeko konfigurazioa hartzen dute. Horri esker, mendi-mazela modu naturalagoan drainatzen da.

181. irudia. Pareta bakuneko harrizko eta zurezko zorrotena

7.3.8.2 Aplikazioak

Zorroten mailakatuak oso eraginkorrak dira kasu hauetarako:

- Azpiegitura linealetan ura biltzeko eta drainatzeko; eskuarki, malda handieneko lineetan.
- Aukeran, azken hogeita hamar (30) urteetako serie historikoan oinarrituta urteko batez besteko prezipitazioa seiehun milimetrotik (600 mm) gorakoa duten lekuetan.

7.3.8.3 Materialak

Hurrengo ataletan, zorroten mailakatuak egiteko erabili beharreko materialak deskribatuko ditugu.

7.3.8.4 Azalik gabeko zurezko enborrak

18-25 cm bitarteko diametroa duten zurezko enborrak erabiltzen dira. Jardunbidea egin behar den lekuan ohikoak diren espezieen zura erabili behar da: pinua, alertzea, sasiakazia, etab. Enborren iraunkortasun naturala handitzeko, azala kentzea komeni da. Tamaina, luzera eta diametroa aplikatutako teknikaren arabera izaten dira, obra inguruan eskura dagoen materialaren arabera ez ezik.

7.3.8.5 Ezaugarri bioteknikoak dituzten espezie autoktono aitzindarien landare-material bizia

Normalean, zenbait espezieen aldaxka edo haga bizi adarkatu gabeak erabiltzen dira, landaredi autoktono aitzindarienak. Harri-lubetaren goialdeko blokeen zirrikituaren artean jartzen dira, eta lurzoru naturala ukitzera iristeko sustraitzeko bezain luze izan behar dute (1-1,5 m-eko luzera eta 3-10 cm-ko diametrokoa). Erabilitako landare-materialaren biodibertsitatea handitze aldera, harri-lubetaren gorputzean zenbait espezie erabiltzea komeni da.

Landaredia geldialdi begetatibo hedatuko sasoian erabili behar da: urriaren amaieratik apirilaren hasierara. Dentsitate egokia 2-5 landare/m² da, kondizioen eta erabilitako espezieen arabera: zenbat eta amaierako tamaina handiagoa, orduan eta dentsitate txikiagoa. Esandako epean egin ezin bada, erretilu gelaxkaduneko 2-3 izerdiko landarea erabil daiteke, 1.000-2.000 cc-ko landare-ontziko. Sustrai adbentizioak sortzeko ahalmena duten espezieak bakarrik erabiltzea gomendatzen da; batez ere, salikazeoak, eta, ahal dela, lehorte-garaietatik kanpo. Kasu horretan, gutxieneko dentsitate egokia m²-ko landare-ontziko 2 landare jartzea da.

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 3.3.1 epigrafean ("Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak").

7.3.8.6 Indusketa-lurra edo lurrezko material inerte

Egiturako hutsuneak betetzeko eta landareek sustrai adbentizioak sortu ahal izan ditzaten, zorrotena bera induskatzean ateratako materiala erabiltzen da. Ezaugarri edafikoen arabera, aukera dago agregakinak gehituz egitura hobetzeko. Kasu horretan, bi osagaien proportzioa aldatu egingo da: lurzoru iragazkorretan, % 40 indusketa-lurra eta % 60 agregakinak izatera irits daiteke proportzioa.

7.3.8.7 Enkatxorako lauzak eta harriak

Areken ohean enkatxoa egiteko erabiltzen dira harriak eta lauzak. Harriak 10-30 cm-ko diametrokoak izan ohi dira, eta harrizko lauzak, diametro berekoak eta 2-5 cm-ko lodierakoak.

7.3.8.8 Altzairu korrugatuzko taketak

Enborrak lurzorura lotzeko, altzairu korrugatuzko taketak erabiltzen dira, 12-14 mm-ko diametrokoak eta 1 m-eko luzerakoak.

7.3.8.9 Iltzeak edo torlojuak

Enborrak elkarren artean lotzeko, altzairu korrugatuzko iltzeak erabiltzen dira, edo zurerako altzairu herdoilgaitzeko torloju bereziak, 10 mm-ko diametrokoak eta 30 cm-ko luzerakoak.

7.3.8.10 Iragazgaiztea

Areka iragazgaiztu beharra dagoenean, eraikuntza-mota edozein dela ere, material hauetaz osatutako pakete modukoa erabili behar da beti, zorrotenaren eraikuntzaren azpian jarrita: geozuntza, EPDMa eta sodio bentonitazko manta.

7.3.8.11 Purrakako ereintza edo hidroereintza

Gramineoak eta belarkarak erein behar dira, dela purraka (azalera txikietan), dela hidroereintzaren teknikaren bidez. Eskuarki, egur-hormek eta zorrotenaren oinarriak bat egiten duten gainazalak ereitzen dira.

7.3.8.12 Harrizko eta zurezko zorrotena

Horrelako zorrotenak egiteko, armiarma deritzon hondeamakina-mota erabiltzea gomendatzen da. Urrats hauei jarraituz prestatu behar da:

1. Zanga bat egin, makineriaz induskatuz, zabaleran eta sakoneran egin nahi den zorrotenaren eta jauziaren luzeraren neurriekin bat etorriko dena.

Zeharkako zangak ireki, 20-25 cm zabal (enborraren diametroa) eta 2-4 m luze, kontuan hartuta zangatik zangara 2 m-ko distantzia egon behar duela, ondoren lan hauek egin ahal izateko:

- Zeharka zurezko enbor bat jarri (a). Enbor horri eusteko, altzairu korrugatuzko barrak jarri behar zaizkio, maldaren alde.

- Zeharkako enbor horien gainean luzetarako enborrak iltzatu behar dira, bi edo lau ilara edo maila, emariaren eta jauziaren arabera (b).

- Luzetarako azken enbor-ilararen gainean zeharkako enbor puntadunak jarri eta hegaleko lurzorura iltzatu behar dira, bi metrotik behin (c).

- Azken horien gainean luzetarako azken enbor-ilara iltzatu behar da (d).

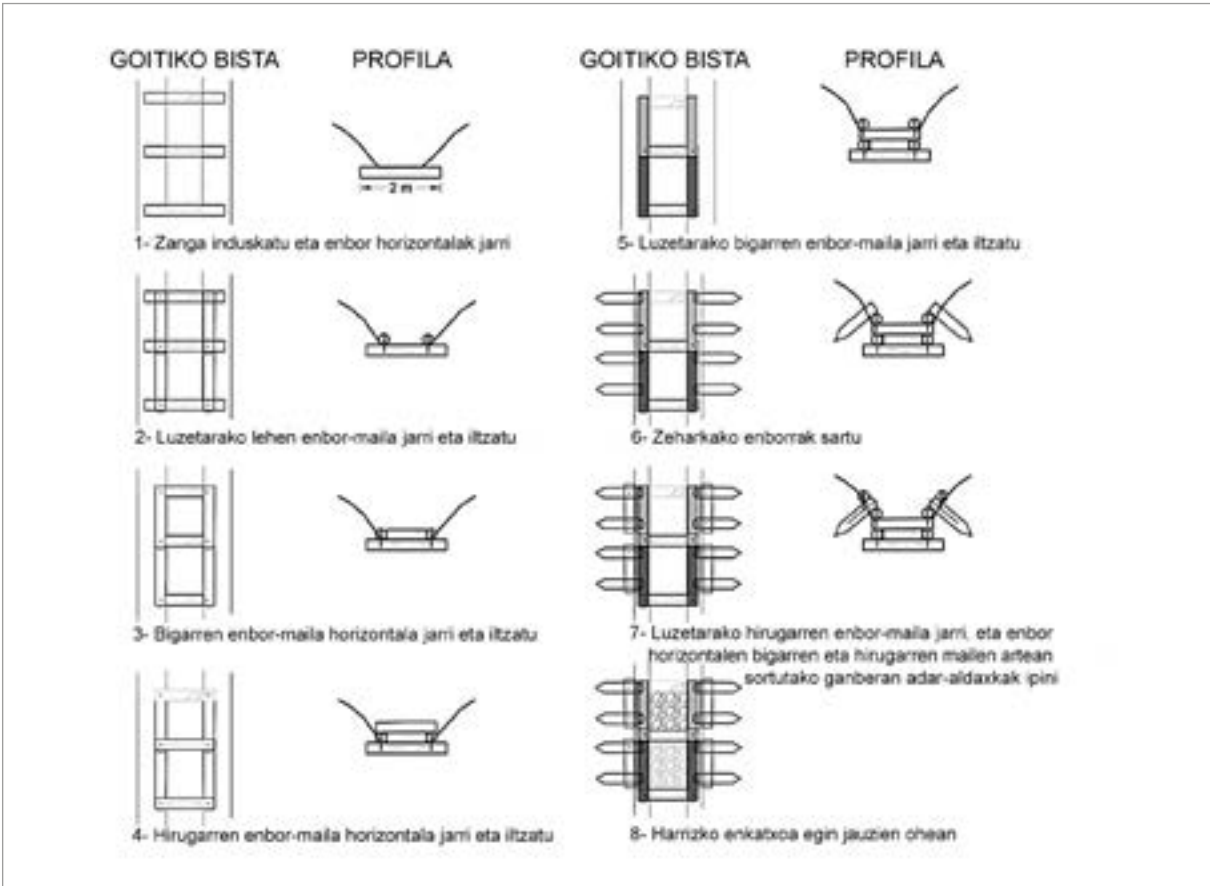
Zorrotenaren hondoa harri-lauzaz beteko da, eta, horretarako, zeharka enborrak jarri behar dira, trinko pilatu ahal izateko.

2. Jauzia egiteko, zeharkako bi, hiru eta are lau enbor-ilara jarri behar dira.

3. Egitura landaretu. Obraren egonkortasuna handitze aldera, landare-materiala erabiltzen da, hegaletan eratutako egur-hormako ganbera/kairoletan jarrita. Ura maila horretaraino irits badaiteke, adar-sortak erabiltzen dira ganbera hori betetzeko. Aldiz, maila hidrikoa beherago badago, hegaletako ganberetan aldaxkak edo landare sustraituak jartzen dira, lurrarekin edo lurrik gabe.

4. Hegalak landaretzea hidroereintza bidez egin daiteke, edo, malda txikia bada, purraka ereinez. Obrako lanak behetik gora egin behar dira, punturik beheenetik ur gora, profila maldara egokituz joan dadin. Zorrotenak iragazgaiztuta egon behar badu, azpian geozuntza eta iragazgaizteko orriak jarri behar zaizkio.





182. irudia. Zorroten mailakatuaren eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL

7.3.8.13 Pareta bakuneko harrizko eta zurezko zorrotena

Tarte laburretan edo zorroten-buru gisa erabiltzen da. Horrelakoak egiteko, urrats hauei jarraitu behar zaie:

1. Zanga bat egin, makineriaz induskatuz, zabaleran eta sakoneran egin nahi den zorrotenaren eta jauziaren luzeraren neurriekin bat etorriko dena.
2. Zeharkako enborrak jarri, altzairu korrugatuzko barraz lotuta.
3. Luzetarako enborrak jarri eta iltzatu, goitik behera turuta-forma emanez.
4. Harrizko enkaxoa egin.
5. Hegalak landaretzeko, luzetarako enborren ondoan aldaxkak jarri eta hidroereintza egin.

Obrako lanak behetik gora egin behar dira, punturik beheenetik ur gora, maldara egokituz joan eta lortu nahi den profila lortzeko. Zorrotenak iragazgaiztuta egon behar badu, azpian geozuntza eta iragazgaizteko orriak jarri behar zaizkio.

7.3.8.14 Kalitate-kontrola

Erabilitako harri-bloke, zur, landare eta gainerako material guztien kalitate-kontrola egin behar da, eraikuntza-tipologiaren arabera, “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean adierazitakoari jarraituz.

7.3.8.15 Neurketak eta ordainketak

Zorrotenak benetan gauzatutako metro lineala kontuan hartuz neurtu behar dira, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landaretzea, horniketa eta jartze-lanak.



183. irudia. Pareta bakuneko harrizko eta zurezko zorrotena. Iturria: F. Florineth

7.3.8.16 Gomendioak

- Kontuan izatekoa da garrantzi handia duela urte-sasoia, bai materiala jartzeko eta bai landare-tipologia aukeratzeko.
- Egiaztatu behar da blokeen edo zurezko enborren arteko hutsuneak behar bezala bete eta ondo trinkotu direla.
- Landare-materiala mintegi-kondiziotan zaindu behar da obran, eta behar den materiala bakarrik erabili behar da. Baso-albeoan sustraitutako landarea erabiliz gero, litekeena da lehen hilabeteetan ureztatu behar izatea.
- Ehuneko zazpitik gorako maldetan ($m > \% 7$), higaduraren aurkako neurri bereziak hartu behar dira; adibidez, uraren energia disipatzeko mailak jartzea, edo paramentu irregularren bidez zimurtasuna handitzea.

Hurrengoan jarraitzen du >>>

Aurreko orrialdetik dator ►►►

- Mailaren batean norabide-aldaketa gertatzen den lekuetan nahiz zorrotenek bat egiten duten gunetan, hegaleko paretei altuera handitzeko babesgarriak jarri behar zaizkie, edo bestelako neurriak hartu, urak gainezka ez egiteko.
- Zorrotenen egiaztapen hidraulikoa erregimen aldakorrean egin behar da normalean.
- Norabide-aldaketako lekuetan eta elementuek bat egiten dutenetan (oina, gorputza edo burua) jarritako babesgarriak metodo enpirikoen bidez justifikatu behar dira, edo erregimen aldakorrean kalkulatu.
- Bereziki garrantzitsua da zer landare-material bizi eta espezie erabiliko diren ondo zehaztea, tokian tokiko ingurumen-kondizioen eta landarediaren arabera eta betiere oinarrizko irizpidetzat hartuz landarediak bide-zirkulazioaren ikuspen- eta segurtasun-kondizioak ez murriztea. Alde horretatik, landareak non kokatu ondo aztertu behar litzateke, funtzio ekologikoa eta paisaia-integrazioa bide-segurtasunerako oztopo izan ez daitezen.
- Zorroten naturalizatuak, egitekotan, modu seguruan mantendu ahalko direla berma daitekeen lekuetan bakarrik egin behar dira. Hori bermatzea ezinezkoa den lekuetan, hormigoizko arekak egin eta faunarentzako bioingeniaritzako irtenbideak jar daitezke, oheak harriz bete, eta hegaletan aldaxka-landatzeak egin.
- Betelaneke eremuetan nahiz eremu ezegonkorretan, zorrotenak iragazgaiztu egin behar dira. Areka iragazgaizteko, EPDM edo polietilenoizko orriak erabiltzen dira, edo bentonitazkoak.
- Era guztietako zorroten eta kanaletetan gerta daiteke, behar bezala eginak egonda ere, kalteak izatea gertaera klimatologiko gogor bat jasan ondoren. Egitura horien funtzionaltasuna nabarmen arriskuan jar dezaketen bi arazo nagusiak hauek dira:
 - Haustura baten ondorioz, obraren jarraitutasuna etetea. Haustura, normalean, hegaleko ertzak hondoratzeagatik gertatzen da (mazelako lurzorua azaleko geruza asetzearen ondorioz), edo garraiatzen ari den ur-kantitatea hainbeste izanda kanalizazioaren behealdea ere mobilizatu delako.
 - Sifonamendua edo tubifikazioa gertatzearen ondorioz, ura kanalizazioan sartu ez eta zorrotenaren oinarria eta betelanak hondeatzea. Fenomeno hori hormigoizko edo altzairuzko kanaletetan ere gerta daiteke.

Horretaz gain, bestelako arazoak ere sortu daitezke, honako hauekin lotuta:

- Elkarren ondoan zurezko enborrak jarritz egindako kanaletek nahikoa erresistentzia ez izatea; batez ere, enborrei azala kendu ez bazaie.
- Zura usteltzea; batez ere, azala kendu ez bazaio.
- Kanaleta oker kokatzea mazelarekiko eta ur-fluxuarekiko. Goiegi jarritako kanaletetan normalean sifonamendu-fenomenoak gertatzen dira. Hondoratuegi dauden kanaletek normalean lurperatze-arazoak izaten dituzte.
- Ertzak egonkortu gabe egotea edo egitura eta hegaleko gainazalak gaizki lotuta egotea.

7.3.8.17 Prezio deskonposatuaren proposamena: zorroten mailakatua

ml Zurezko eta harrizko zorrotena					
Zorroten mailakatua eraikitzea, zurez eta harriz, zurezko albo-paretaduna. Bi enborreko jauzia egitea, metro bat zabal eta metro bat luze, eta 40 cm-ko altuerakoa, materiala kate gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, landare-materiala ipintzea, eta blokeen arteko hutsuneak lurrezko material geldoz betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitakoa
1		Materialak			
	m3	Azala kendutako konifero-enborak diametroa 18-25 cm	1,33	81,84 €	108,85 €
	t	Betelaneke harriz	0,40	8,00 €	3,20 €
	ala	Adar-aldaxka edo mintegia obran	4,00	2,70 €	10,80 €
	ala	Altzairu korupetuzko itzak	6,00	0,90 €	5,40 €
	ala	Altzairu korupetuzko taktak	2,00	5,00 €	10,00 €
		Subtotala, materialak:			138,25 €
2		Ekipoa eta makineria			
	h	Atzerako hondeamakina beltar-kateduna 180 kW	0,15	50,14	7,52 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			7,52 €
3		Eskulana			
	h	Obr zibeleko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Obr zibeleko eraikitzaile 1. ofiziala	0,40	22,07 €	8,83 €
	h	Enakuntzaile peoi amunta	0,70	18,00 €	12,60 €
		Subtotala, eskulana:			22,67 €
4		Zuzeneko kostu osagarria			
	%	Zuzeneko kostu osagarria	0,02	30,19 €	6,04 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € lehen 10 urteetan			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4)		165,44 €

*Armiarma erako hondeamakina bat erabiliz gero, ml-ko prezioa 5 euro garestiagoa da.

184. irudia. Zurezko eta harrizko zorroten mailakatuaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

ml Zurezko eta harrizko zorrotena, paretak bakuneko					
Zorroten mailakatua eraikitzea, zurez eta harriz, zurezko albo-paretaduna. Bi enborreko jauzia egitea, metro bat zabal eta metro bat luze, eta 40 cm-ko altuerakoa, materiala kate gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, landare-materiala ipintzea, eta blokeen arteko hutsuneak lurrezko material geldoz betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribapena	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitakoa
1		Materialak			
	m3	Azala kendutako konifero-enborak diametroa 18-25 cm	0,37	81,84 €	30,28 €
	t	Betelaneke harriz	0,25	8,00 €	2,00 €
	ala	Adar-aldaxka edo mintegia obran	4,00	2,70 €	10,80 €
	ala	Altzairu korupetuzko itzak	4,00	0,90 €	3,60 €
	ala	Altzairu korupetuzko taktak	2,00	5,00 €	10,00 €
		Subtotala, materialak:			56,68 €
2		Ekipoa eta makineria			
	h	Atzerako hondeamakina beltar-kateduna 180 kW	0,15	50,14	7,52 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			7,52 €
3		Eskulana			
	h	Obr zibeleko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Obr zibeleko eraikitzaile 1. ofiziala	0,15	22,07 €	3,31 €
	h	Enakuntzaile peoi amunta	0,40	18,00 €	7,20 €
		Subtotala, eskulana:			11,75 €
4		Zuzeneko kostu osagarria			
	%	Zuzeneko kostu osagarria	0,02	15,67 €	3,13 €
Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € lehen 10 urteetan			Zuzeneko kostuak (1+2+3+4)		79,08 €

*Armiarma erako hondeamakina bat erabiliz gero, ml-ko prezioa 5 euro garestiagoa da.

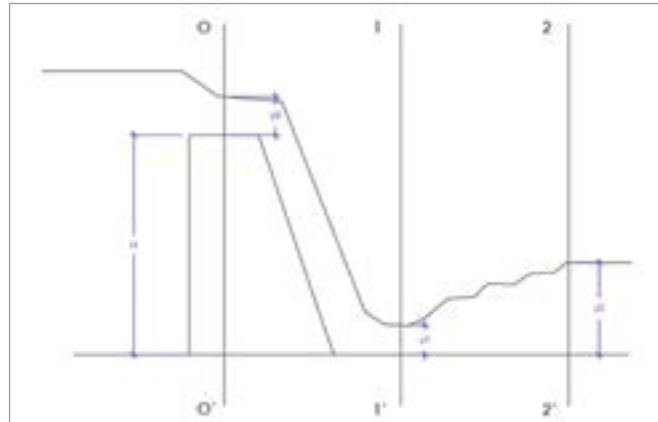
185. irudia. Zorroten mailakatuaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

7.3.8.18 Kalkulua

Urak zorroten mailakatuaren behera egiten duen ibilbidean, honako erregimen hidrauliko hauek gerta daitezke:

- UF: erregimen uniforme.
- GVF: pixkanakako aldaketako fluxua.
- RVF: aldaketa bizkorreko fluxua.



186. irudia. Jauzi hidraulikoaren kontrol-sekzioak. Hor, y1 eta y2 aldagaiek jauziaren fenomenoaren fluxu-sakonera konjugatuak adierazten dituzte

Gauezkabidearen ahoan, ura maila batetik bestera erori aurretik, fluxu kritikoaren baldintza betetzen da (Froude zenbakia = 1). Fluxu-sakonera kritikoa honela kalkulatzen da:

$$y_c = \left(\frac{Q^2 / b^2}{g} \right)^{1/3}$$

Non:

Q : emaria (m^3/s).

y_c : fluxu-sakonera kritikoa (m).

b : ubidearen edo isurbidearen zabalera (m).

g : grabitazio unibertsalaren konstantea (m/s^2).

Lerro hauen gaineko irudian jauzi hidraulikoa definitzen duten ohiko aldagaiak ageri dira (fluxu-sakonera eta abiadura konjugatuak, kontrol-sekzioak, etab.).

O-O´ sekziotik 1-1´ sekziara igarotzean, fluxua erregimen kritikotik azkarrera igarotzen da, eta, beraz, ez dago karga-galerarik, eta energiaren kontserbazioaren ekuazioa aplikatu daiteke (Bernoulli). Hala, 1. kontrol-sekzioko energia-lerroa (erorketaren oinarria) honako hau da:

$$H_1 = H + \frac{3}{2} y_c$$

(Urak erori aurretik duen energia potentzialari dagokio)

Non:

H : zeharkako barreraren edo dikearen altuera (m).

Kalkuluak egiteko, erorketa-altuera desberdinak sar daitezke. Gutxieneko jauzi-luzerak jauzi hidraulikoaren fenomenoaren garatzea ahalbidetuko du.

Energiaren kontserbazioaren ekuazioa aplikatuz eta adierazpena garatuz, hau lortzen ditugu:

$$H + \frac{3}{2}y_c = y_1 + \frac{Q^2}{b^2 y_1^2 g}$$

(Adierazpen horretatik abiatuta, y_1 aldagiairen balioa kalkulatzeko dugu)

Non:

Q: sarrerako emaria (m^3/s).

1-1' sekziotik 2-2' sekziora igarotzean, fluxua erregimen azkarretik erregimen mantsora igarotzen da, jauzi hidraulikoa izan ondoren. Fluxu-sakonera konjugatuen (y_1 eta y_2) arteko erlazioa hauxe da:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8F^2}}{2}$$

(Adierazpen horretatik abiatuta, y_2 aldagaiaren balioa kalkulatzen dugu)

Non:

F1: Froude zenbakia 1-1' sekzioan.

Fluxu-sakoneren balioak erabiliz sekzioetako abiadurak kalkula ditzakegu, honen arabera:

$$u_i = \frac{Q^2}{b^2 y_i}$$

Non:

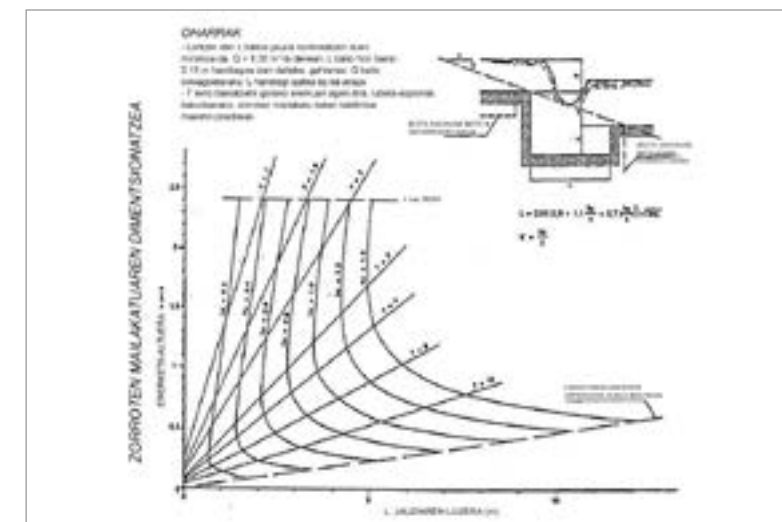
i: sekzio-zenbakia.

Jauziak diseinatzeko, baita urak biltzeko puntutik irteera-puntura sortzen diren jauzi hidraulikoak garatu daitezten beharrezkoak diren luzerak diseinatzeko ere, 25 urteko errepikatze-denborak erabiltzen dira. Diseinu-emarien tamaina kalkulatzeko, metodo arrazionala erabil daiteke (hidrologian arro hidrografikoen aldiuneko deskarga-emari maximoa kalkulatzeko erabiltzen da), baita lur gaineko drainatzeari buruzko 5.2-IC araua ere (FOM/298/2016 Agindua, otsailaren 15ekoa). Arau horren erabilera eta aplikazioa azaltzea gehiegizkoa litzateke dokumentu honen xedeetarako.

Kalkulu-prozesua

Zorrotena hustu beharreko emariaren arabera dimentsionatu behar da. Horretarako, jarraian ageri den abako

187. irudia. Zorroten mailakatua kalkulatzeko abakoa. Iturria: UBSE (United States Bureau of Reclamation)

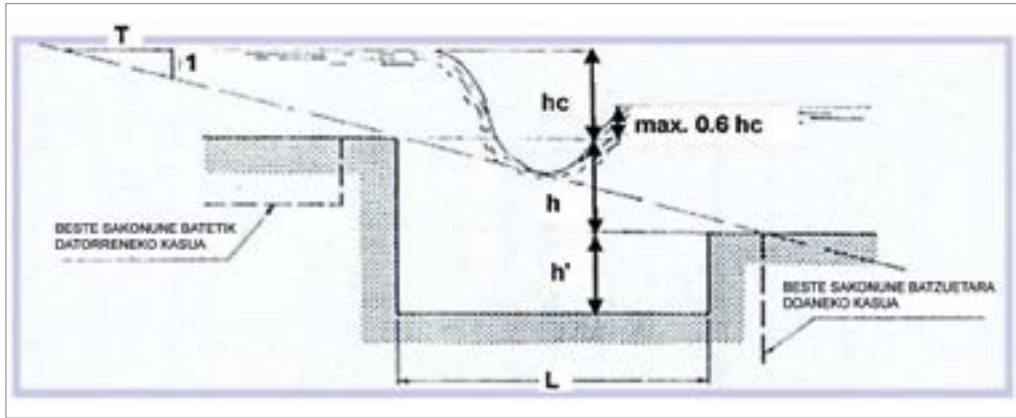


hau erabil daiteke:

Aurreko abakoan zenbait ezpondari dagozkien lerro zeharrek ageri dira. Lerro horiek sistema hau aplikatzeko aukerak mugatzen dituzte. Hau da, ezponda bakoitzerako, haren lerrotik gora dauden h eta h_c baldintzak bakarrik aplika daitezke.

Grafikoko jauzi erresultantearen gutxieneko luzera (L) formula honi dagokio:

$$L = 0,85 \cdot \left[2,5 + 1,1 \cdot \frac{h_c}{h} + 0,7 \left(\frac{h_c}{h} \right)^3 \right] \cdot \sqrt{h \cdot h_c}$$



188. irudia. Zorroten mailakatuaren formuletan erabilitako notazioa. Iturria: UBSE (United States Bureau of Reclamation)

Horko parametroen balioak hemen ikus daitezke:

Gutizko emariak zorrotenaren B zabalera araberakoak dira, eta honen bidez kalkula daitezke:

$$q = Q/B$$

Non:

q : emari espezifiko (edo emari unitarioa) (m^2/s).

Q : emari maximoa edo gutizko edukiera (m^3/s).

B : zorrotenaren zabalera (m).

Fluxu-sakonera kritikoa (h_c), lehen azaldu dugun bezala, formula honetatik ondorioztatzen da:

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{g B^3} \right)^{1/3} = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

Non:

q : emari espezifiko edo unitarioa (m^2/s).

B : zorroten mailakatuaren zabalera (m).

Diseinu-irizpideak (kalkulu-prozesua) hauek dira:

- Zabalera (B) finkatu, emari unitarioa edo emari espezifiko (q) aukeratutako diseinu-emaria baino txikiagoa edo berdina izan dadin. Balio horrek onargarri egiten du L luzera halako moldean aldatzea non zorrotena baliozkoa izango den tarte jakin baten barruko emari eta ezpondetarako. Zorrotena baliozkoa izango da diseinuko baina emari unitario txikiagoetarako eta L luzera minimoa baino jauzi-luzera handiagoetarako. Diseinuko emaria eta ezponda sarrera-datu ezaguntzat hartzen dira.

- Behin zabalera (B) hautatuta, formulako parametro guztiak finkatuta geratzen dira. Bestalde, egiaztatu behar da $h_c < h + 0,6h$ baldintza betetzen dela eta eskailera-mailaren altuera maximoa (h) 2,4 m-tik beherakoa dela.

Baldintza horiek bete daitezkeen lortzeko, zorrotenaren zabalera aldatu daiteke. Aldaketa horrek emari unitarioaren (q) balioa aldatuko du. Horrela, eskailera-mailak altuera-muga izan arren, posible da zorroten mailakatu baten diseinu bideragarri bat aurkitzea, baita oso ezponda handien kasuan ere.

Nolako elementuak diseinatu behar diren zehazten duten balioak formula hauek aplikatuz lortzen dira:

$$h' = h_c/2$$
$$T = (L + e)/h$$

Non:

h_c : eskailera-mailako fluxu-sakonera kritikoa (m).

L : eskailera-mailaren luzera (m).

e : eskailera-mailako hormaren lodiera (m).

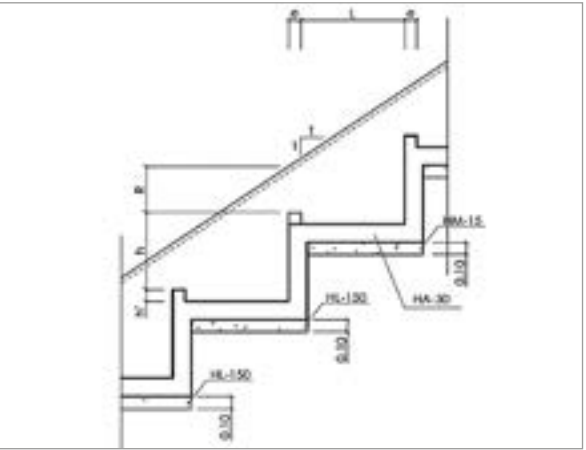
T ezponda finkatuta, aurreko formula horretatik gainezkatze-ertzaren gutxieneko lodiera (e) lortzen da.

Alboko hormen R gutxieneko babesgarritzat (ezponda-lerroarekiko paralelo) balio hauen arteko maximoa hartzen da: 0,3 m eta $1,4 \cdot h_c$ (m).

Beraz, metodologia horretan oinarrituta, zorrotena mazelan dagoen inklinazio handieneko ezpondatik abiatuta (ezponda kritikoa) diseinatzeko da, eta, horrela, gutxieneko maila-luzera definitzen da (L).

Hori zabaltzean, mazelaren geometriara egokitzea dago, zorrotenaren gainerako parametroak finko mantenduta. Eskailera-mailaren gutxieneko luzerak zorroten mailakatuaren tarte kritikoa definitzen du.

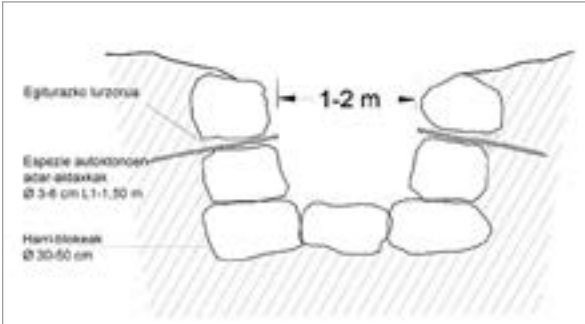
Ohikoa izaten da isurketa-urak pilatzen diren lekuetan euste-putzu modura sarrera-kutxatila bat eraikitzea.



189. irudia. Diseinuko aldagaien adibidea ($T = 1$; $1H$: $1V$ izanda)

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.9 Arekak



190. irudia. Harrizko areka landatua: eraikuntza-eraketa. Iturria: F. Florineth (marrazkiak: S. Sangalli SCIA SL)

7.3.9.1 Definizioa eta irismena

Espainiako Herri Lan eta Hirigintza Ministerioaren Errepideei buruzko Instrukzioan lur gaineko drainatzeari buruzko 5.2 IC arauak dioen bezala, areka elementu lineal bat da, gainazalekoa, lurzoruko zanga jarraitu baten forma duena eta ubide moduan ura lamina librean eramateko funtzioa duena. Normalean, trazadurarekiko luzetara egon ohi da, plataformaren edo lur berdinduaren ertzean.

Dokumentu honetan, areka landatuak edo naturalizatuak ikusiko ditugu, naturalizazio-maila desberdinekoak. Horrelako konponbideetan, landareek zurezko egitura egonkortzen laguntzen dute, baita lurzorua drainatze-maila hobetzen ere, ura xurgatuz eta lurrunduz. Prozesu horri esker, lurzorua hezetasuna murriztu egiten da, eta, ondorioz, haren pisua txikitu.

Areka-tipologiak:

- Harrizko eta aldaxkazko arekak.
- Harrizko eta zurezko arekak.
- Sakonuneko areka iragazgaiztu eta landatuak.

a) Harrizko eta aldaxkazko arekak

Bioingeniaritzako teknika misto bat da. Areaka trapezoidal bat eraikitzen da 30-50 cm-ko diametroa duten harriz, eta ugalketa begetatiborako ahalmena duten espezie autoktono zurkaren aldaxkak eta/edo landare sustraituak ezartzen zaizkio. Harrien irregulartasuna dela-eta, horrelako arekek balio ekologiko handiagoa izan dezakete, pixka bat landaretzeko aukera eta aldizka edo iraunkorki ura eta sedimentuak garraiatzeko ematen dutelako.

Areka mota hori malda txikiko eremuetan eraikitzen dira (luzetarako malda % 3rainokoak).

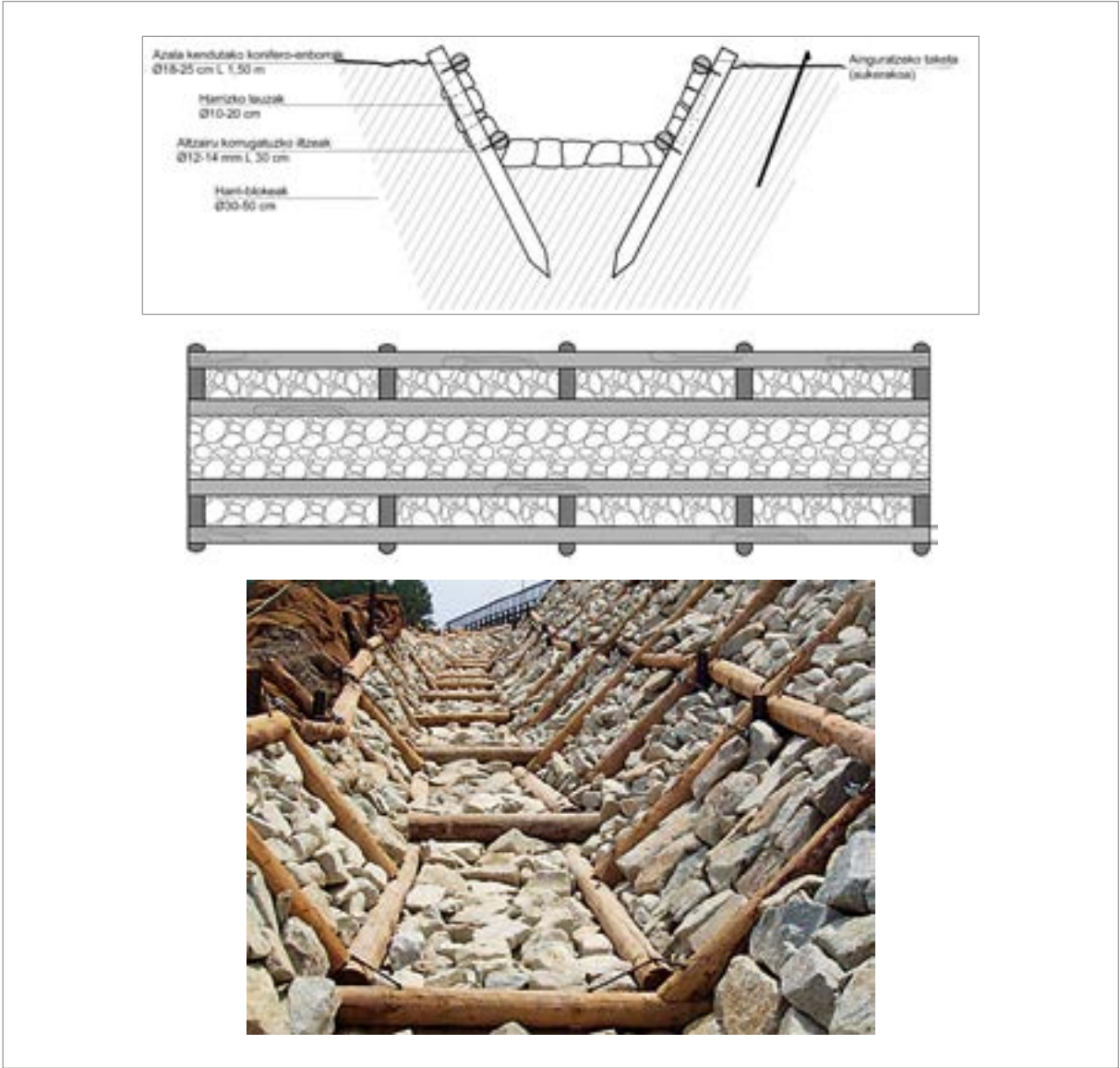
b) Harrizko eta zurezko arekak

Bioingeniaritzako teknika misto horrek egitura nagusia zurezkoa du. Areaka-mota hori malda handiko eremuetan ere eraiki daiteke, eta, hala, zorroten mailakatua bihurtzen da.

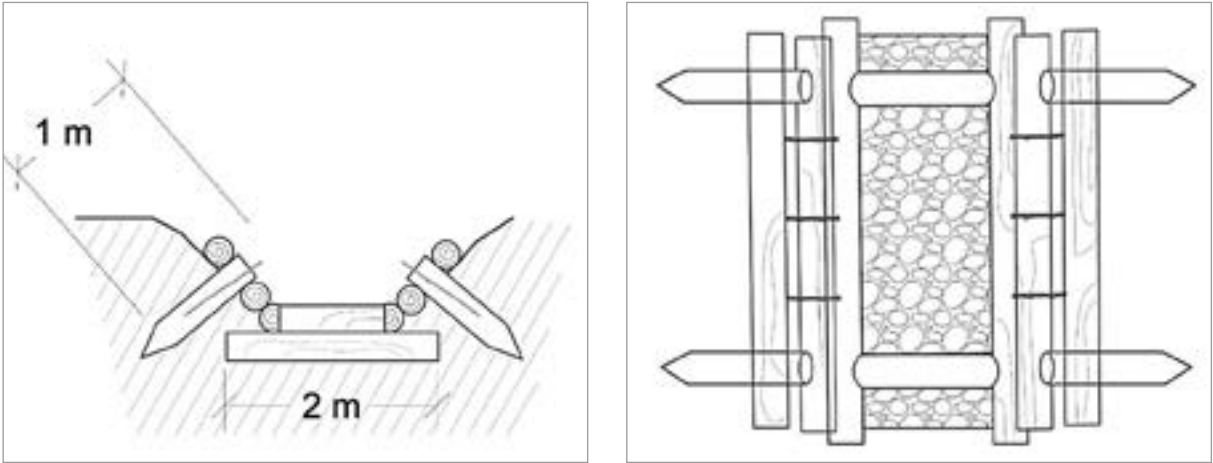
Harrizko eta zurezko bi areka-tipologia daude, nolako hegala dituzten:

- Harrizko hegala
- Zurezko hegala

Azken tipologia hori, ur-jauzi gisa eraikitzen denean, zorroten mailakatu bat da.



191. irudia. Harrizko eta zurezko areka: eraikuntza-eraketa. Harrizko hegala duen areka-tipologia: profila eta goitiko bista. Iturria: Regione Piemonte (marrazkiak: S. Sangalli SCIA SL)



192. irudia. Harrizko eta zurezko areka: eraikuntza-eraketa. Zurezko hegala duen areka-tipologia: profila eta goitiko bista. Iturria: S. Sangalli - SCIA SL



193. irudia. Harrizko eta zurezko areka: Zarautz. Iturria: P. Sangalli SCIA S.L.; Merano 2000. Iturria: F. Florineth

c) Sakonuneko areka iragazgaiztu eta landaretuak

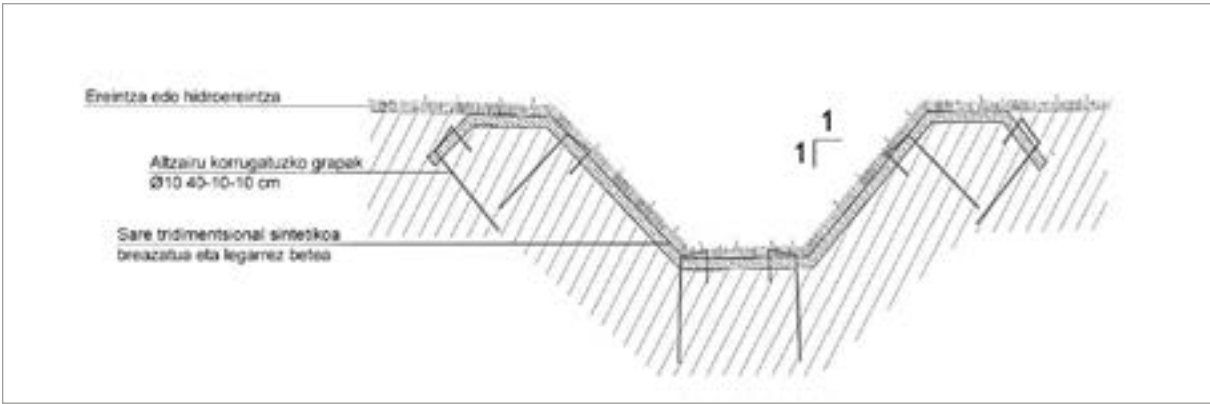
“Lurreko kanaleta” erako sekzioa dute horrelakoek, estaldura sintetikoduna, eta iragazgaiztu eta landaretu daitezke obra egin bitartean. Sakonune-forma izateak ezponden arteko elkarguneak leuntzen ditu. Batzuetan brea erabiltzen da, iragazgaizteko eta finkatzeko elementu gisa.

Teknika horren abantaila nagusitzat hauek nabarmenduko ditugu:

- Horrelako konponbideetan, landareek zurezko egitura egonkortzen laguntzen dute, baita lurzuaren drainatze-maila hobetzen ere, ura xurgatuz eta lurrunduz (ebapotranspirazio-prozesuak eta haien efektuak). Prozesu horri esker, lurzuako presio hidrostatikoa txikitu egiten da (poro-presioa), lurzuaren hezetasuna murriztu, eta, ondorioz, lurzuaren pisua txikitu. Efektu horiek guztiek lurzuaren egonkortasuna handitzen dute.
- Areken bilakaera egitura egonkor bihurtzekoa da. Horri esker, obra modu naturalagoan drainatzen da.
- Obraren paisaia-integrazioa beste areka-mota batzuekin baino hobea da.



194. irudia. Arekaren eraikuntza-prozesuko faseak: sarea agregakinez beteta eta lekuan bertan breaztatua



195. irudia. Sakonuneko areka landatua: eraikuntza-eskema eta gauzatzea
Iturria: P. Cornellini eta G. Sauli (marrazkiak: S. Sangalli – SCIA SL

7.3.9.2 Aplikazioak

Teknika hori oso eraginkorra da kasu hauetarako:

- Aukeran, azken hogeita hamar (30) urteetako serie historikoan oinarrituta urteko batez besteko prezipitazioa seiehun milimetrotik (600 mm) gorakoa duten lekuetan eta luzetarako malda ehuneko lau baino txikiagoa denean ($m < \% 4$).
- Ehuneko zazpitik gorako maldetan ($m > \% 7$), higaduraren aurkako neurri bereziak hartu behar dira; adibidez, uraren energia disipatzeko mailak jartzea, edo paramentu irregularren bidez zimurtasuna handitzea.

15. taula. Areaka-moten ezaugarrien laburpena

Areka-mota	Tipologia	Malda	Integrazioa	Prezioa
Harrizko areka landatua		Txikia	Ertaina	*
Harrizko eta zurezko areka	Harrizko hegalak	Ertaina	Ertaina	**
	Egur-hormazko hegalak	Handia	Handia	***
Sakonune landatua		Txikia	Handia	*

* Hormigoizko teknologien parekoa.

Malda txikia: % 3raino

Malda ertaina: % 5eraino

Malda handia: % 15eraino % 7tik aurrera, jauziak jarri behar dira, eta, behar izanez gero, disipazio-sakonuneak.

7.3.9.3 Materialak

Hurrengo ataletan, arekak egiteko erabili beharreko materialak deskribatuko ditugu.

7.3.9.4 Material inerte espezifikoak

a) Harrizko arekak eta aldaxkak

Harri-blokeak

0,3-0,5 m-ko diametroa duten harri-blokeak erabiltzen dira; zehazki, Espainiako Sustapen Ministerioaren 2006ko gidan (errepide-obretan harri-lubetazko hormen proiektuak egiteari eta gauzatzeari buruzkoa) HMB300/1000 lubeta-harri larria (“escollera gruesa”) deritzona. Blokeen dentsitate lehorra metro kubiko bakoitzeko bi mila eta bostehun kilogramokoa edo handiagoa (2.500 kg/m³) izatea komeni da.

Harri-blokeek haitz-mendigune osasuntsuak, harrobiak, maileguak edo obrako bertako indusketak izan behar dituzte jatorri, eta leherketa bidez lortuak izan behar dute, forma gutxi-asko prismatikokoak eta azal zimurrekoak. Ahal dela, tokikoak bertakoak eta obratik gertuko harrobietakoak izan behar dute.

b) Harrizko eta zurezko arekak

Azalik gabeko zurezko enborrak

Zurezko enborrek 18-25 cm bitarteko diametroa izan behar dute, bai luzetara jartzekoek, bai zeharka edo zehar ipintzekoek. Jarduketa egin behar den lekuan ohikoak diren zurak erabili behar dira: pinua, alertzea,

etab. Edonola ere, sasiakaziaren zura (*Robinia pseudoacacia*) ere erabil daiteke, gogorra eta erresistentea baita. Enborren iraunkortasuna handitzeko, azala kentzea komeni da.

Enkatxorako lauzak eta harriak

Enkatxea egiteko, 10-30 cm-ko diametroko harriak erabili ohi dira, edo, bestela, harrizko lauzak, diametro berekoak baina 2-5 cm-ko lodierakoak. Ikus gomendioak, 8.1.2 atalean.

Altzairu korrugatuzko taketak

12-14 mm-ko diametroa eta 1 m-eko luzera duten taketak erabiltzen dira enborrak lurzorura lotzeko.

c) Sakonuneko areka iragazgaiztu eta landatuak

Manta tridimentsional sintetiko malgu eta landagarria

Higaduratik berehala eta iraunkorki babesteko erabiltzen da, eta traxzioarekiko erresistentzia du. Horrelako mantak polipropilenoazko sare tridimentsionalak izaten dira, eta, egituraren % 95 irekia dutenez, lurzorua eta sustraia artean elkarrekin onartzen da.

Altzairu korrugatuzko grapak

10 mm-ko diametroko grapak, U formakoak (20-10-20 cm).

Brea

7.3.9.5 Material inerte orokorra

Lurrezko material inerte

Egiturako hutsuneak betetzeko eta landareek sustrai adbertizioak sortu ahal izan ditzaten, bertako indusketa-lanetan zimendatzeko ateratako lurrezko material inerte erabiltzen da, edo, bestela, egiturazko lurzorua, material horri agregakinak nahastean datzana. Ezaugarri edafikoen arabera, bi osagaien proportzioa aldatu egingo da: lurzoru iragazkorretan, % 40 indusketa-lurra eta % 60 agregakinak izatera irits daiteke proportzioa.

Iragazgaiztea

Areka iragazgaiztu beharra dagoenean, eraikuntza-mota edozein dela ere, material hauetaz osatutako pakete modukoa erabiliz iragazgaiztu behar da beti, arekaren eraikuntzaren azpian jarrita: geozuntza, EPDMA eta sodio bentonitazko manta.

7.3.9.6 Material bizia

Landare-material bizia

Normalean, zenbait espezieen aldaxkak edo haga biziak erabiltzen dira (ikus 3.3.1 epigrafea), 1-1,5 m-ko luzerakoak eta 3-10 cm-ko diametrokoak, blokeen arteko zirrikietan jartzeko, betiere kontuan izanda lurzoru naturala ukitzera iritsi eta sustraitzeko adina luze izan behar dutela. Arekak egiteko materialak espezie zurkara autoktono aitzindariak izan behar ditu jatorri —eremu horretako bertako landare-multzo potentzialekoak, alegia—, eta ezaugarri bioteknikoak izan behar ditu, hau da, Natur Bioingeniaritzako egituretan erabiltzeko egoki bihurtzen duten ezaugarri biologiko eta teknikoak.

Landaredia geldialdi begetatibo hedatuko sasoian erabili behar da: urriaren amaieratik apirilaren hasierara. Dentsitate egokia 2-5 landare/m² da, kondizioen eta erabilitako espezieen arabera: zenbat eta amaierako tamaina handiagoa, orduan eta dentsitate txikiagoa. Esandako epean egin ezin bada, erretilu gelaxkaduneko 2-3 izerdiko landarea erabil daiteke, 1.000-2.000 cc-ko landare-ontzikoa; betiere, ordea, sustrai adbertizioak sortzeko ahalmena duten espezieen batena bada (batez ere, salikazeoak), eta, ahal dela, lehorte-garaietatik

kanpo. Kasu horretan, gutxieneko dentsitate egokia m² bakoitzeko V8 erretilu gelaxkaduneko 2 landare (edo baliokidea) jartzea da. Erabilitako landare-materialaren biodibertsitatea handitze aldera, harri-lubetaren gorputzean zehar zenbait espezie erabiltzea komeni da.

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 3.3.1 epigrafean (“Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak”).

7.3.9.7 Purrakako ereintza edo hidroereintza

Gramineoak eta belarkarak erein behar dira, dela purraka (azalera txikietan), dela hidroereintzaren teknikaren bidez (ikus 7.1 epigrafea, “Estaltze-teknikak: proiektzio hidriko bidezko ereintzak”). Normalean, kanaleten gainazalaren erein edo hidroerein da, eta obraren gainerakoa erein behar denean batera egin daiteke.

7.3.9.8 Obrak gauzatzea

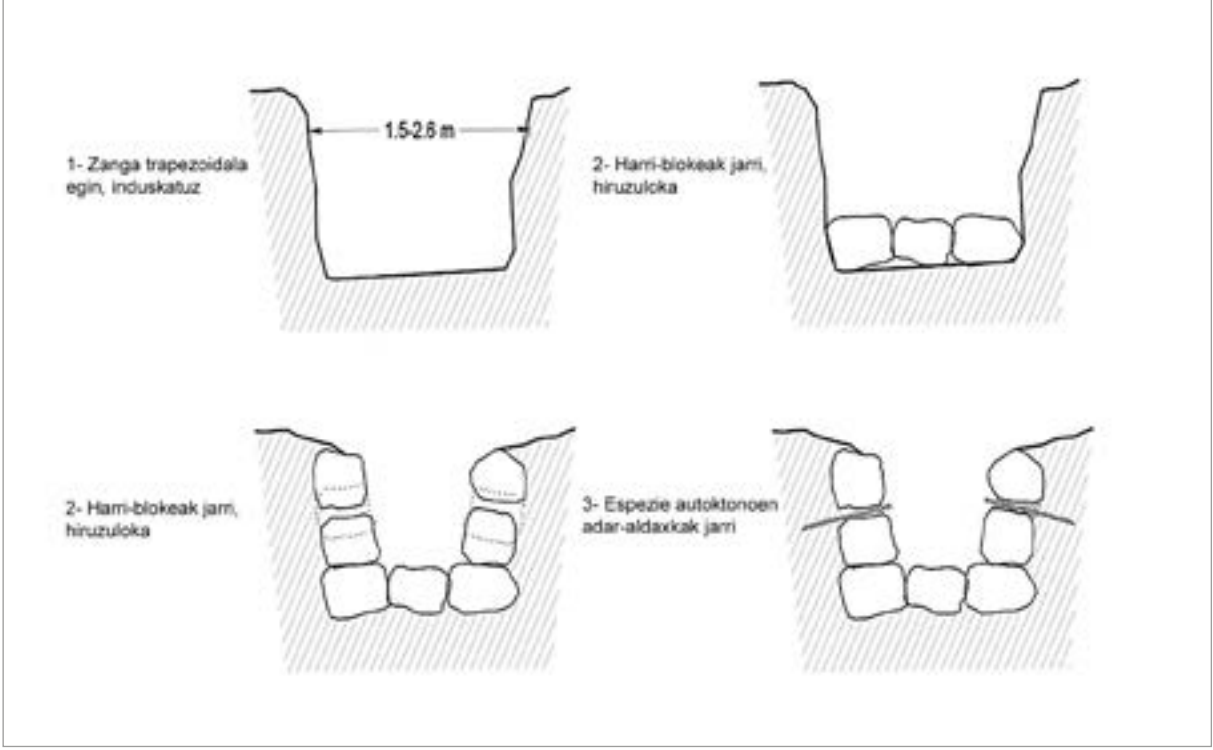
Ahal den neurrian, obrako lanak, tipologia guztietan, ur beheetatik ur gora egin behar dira, eta nibelazioa eta malda mantenduta, ura inon pilatuta edo istilduta gera ez dadin (luzetarako gutxieneko malda % 1).

Hurrengo lerrootan, areka-mota bakoitza gauzatzeko prozesua ikusiko dugu.

a) Harrizko eta aldaxkazko arekak

1. Zanga trapezoidala egin, induskatuz, hauek kontuan izanda: kanaletaren edukiera hidraulikoa eta erabiltzeko eskura dauden harri-blokeen diametroa.
2. Harri-blokeak jarri, hiruzuloka (antolara triangeluarrean). Hegaleko paretei 90° eta 45° bitarteko malda eman ohi zaie, lekuaren eta behar den fluxu-ahalmenaren arabera.
3. Aldaxkak eta/edo landareak sartu arekaren hegal-paretetako harrien arteko zirrikietan, kontuan izanda begi bat edo bi bakarrik utzi behar zaizkiela kanpora aterata (sahatsen kasuan, 5 cm inguru), zurrumbiliorik ez sortzeko eta elementu xeheak ez eramateko.

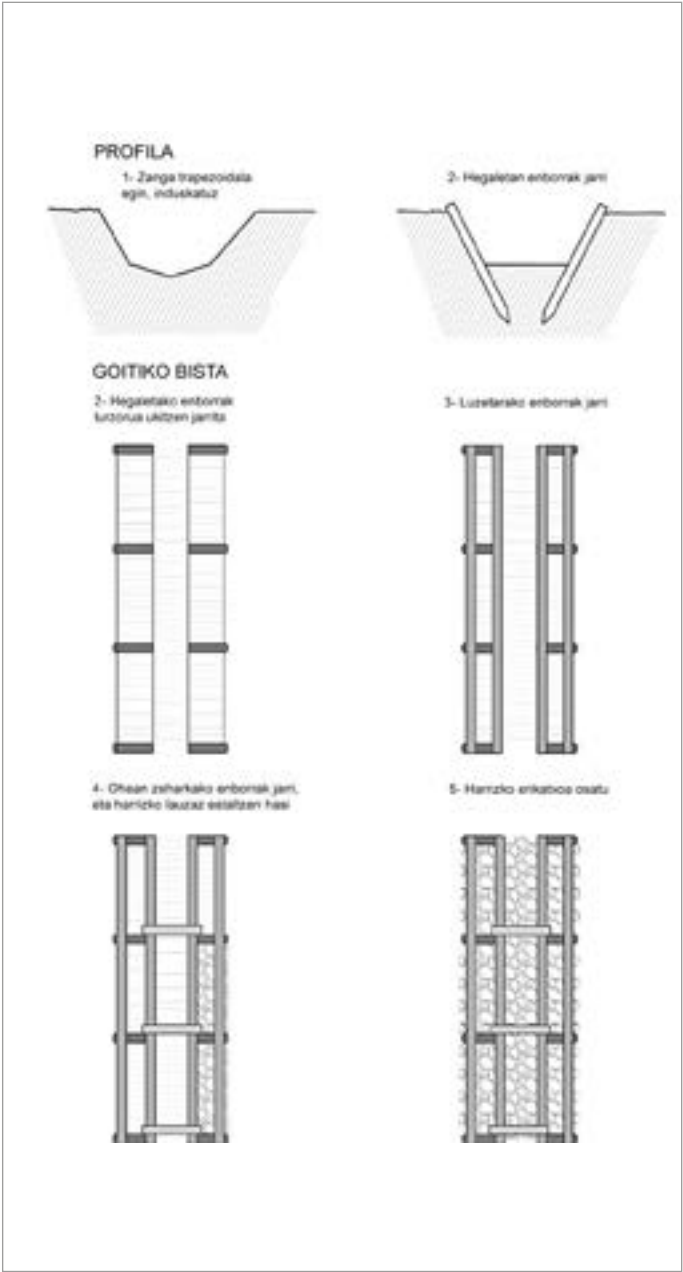
196. irudia. Harrizko areka landatuaren eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



b) Harrizko eta zurezko arekak (harrizko hegalkak)

- 1. Zanga trapezoidala egin, induskatuz, hauek kontuan izanda: kanaletaren edukiera hidraulikoa eta erabiltzeko eskura dauden harri-blokeen diametroa.
- 2. Enborrak ertzak ukituz jarri, elkarrengandik 2 metrora.
- 3. Enbor horien gainean luzetarako enborrak jarri.
- 4. Arekaren ohean zeharkako enborrak jarri luzetarakoen gainean, gutxi gorabehera bizpahiru metroz behin, arekaren neurriaren arabera.
- 5. Harriz edo lauzaz enkatxoa egin.
- 6. Material inertez bete, eta, ondoren, erein, purraka edo hidroereintza bidez.

197. irudia. Harrizko hegalkak dituen harrizko eta zurezko arekaren eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



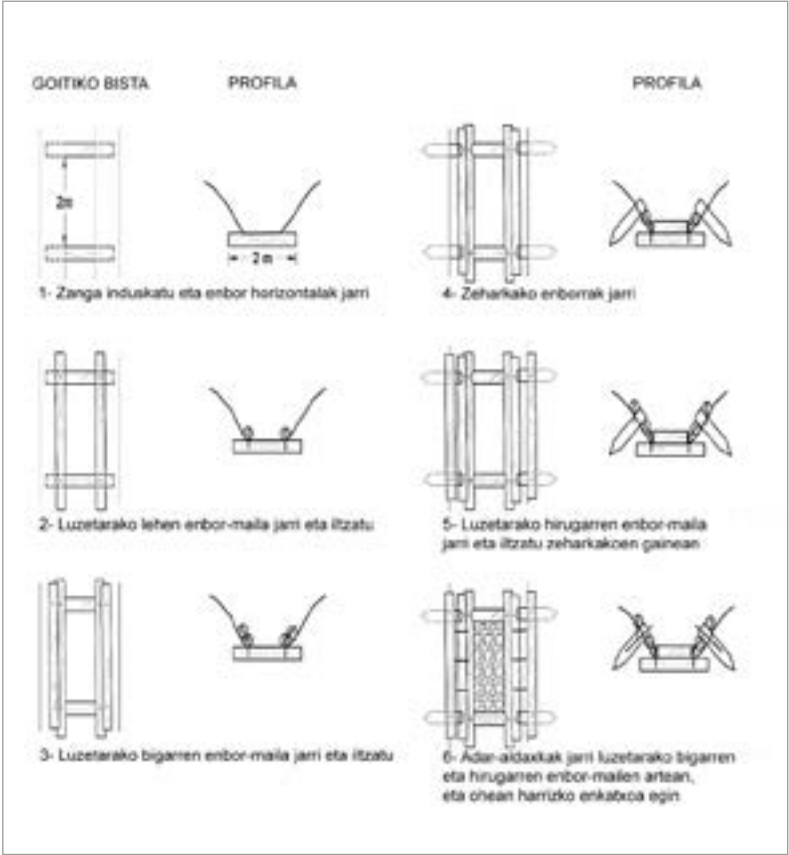
c) Harrizko eta zurezko arekak (zurezko hegalkak)

Areka-mota hori malda handiko eremuetan ere eraiki daiteke, eta, hala, zorrotan mailakatua bihurtzen da. Horrelakoak induskatzeko, armiarma deritzon hondeamakina-mota erabiltzea gomendatzen da.

- 1. Zanga bat egin, makineriaz induskatuz, zabaleran eta sakoneran egin nahi den arekaren neurriekin bat etorriko dena.
- 2. Zeharkako zangak ireki (20-25 cm-ko diametroa eta 2-4 m-ko luzera), kontuan hartuta zangatik zangara 2 m-ko distantzia egon behar duela.
- 3. Zeharkako zanga horietan zurezko enborrak jarri (zanga bakoitzeko bat). Enbor horiei eusteko, altzairu korrugatuzko barrak jarri behar zaizkie, maldaren alde. Zeharkako enbor horien gainean luzetarako enborrak iltzatu behar dira, bi edo lau ilara edo maila, emariaren arabera. Azken enbor-ilararen gainean, zeharkako enborrak jarri behar dira, puntadunak, bi metrotik behin. Eta horien gainean azken enbor-ilara iltzatu behar da.
- 4. Landare-materiala sartu. Obraren egonkortasuna handitze aldera, landare-materiala erabiltzen da, hegaletan eratutako egur-hormako ganbera/kaioletan jarrita. Ura maila horretaraino irits badaiteke, adar-sortak erabiltzen dira ganbera hori betetzeko; aldiz, maila hidrikoa beherago badago, hegaletako ganberetan aldaxkak edo landare sustraituak jartzen dira, lurrarekin edo lurrik gabe.
- 5. Hegalak landaretu, hidroereintza bidez edo, malda txikia bada, purraka ereinez.
- 6. Arekaren ohea harrizko lauzaz bete. Zeharka enborrak jartzen dira, trinko pilatu ahal izateko.

Egitura eraikitze lanak ur beheratik ur gora egin behar dira, malda hartuz joateko.

198. irudia. Harrizko hegalkak dituen harrizko eta zurezko areka eraikitze prozesuko faseak. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



Landare-materiala bioingeniaritzarako tratatzeko baldintzei buruzkoak 3.3.1 epigrafean daude azalduta. Behin aldaxkak edo haga biziak harri-blokeen hurrenez hurrengo mailen gainean jarrita daudenean, lurrezko agregakinez edo indusketa-lurrez estali behar dira, eta harrien arteko hutsuneak bete, eskuz ondo trinkotuta, aire-hutsunerik gera ez dadin.

d) Arekak sakonuneetan

1. Zanga ireki, parametro hidraulikoen arabera kalkulaturako neurrikoa.
2. Zanga sare tridimentsional sintetiko landagarri batez estali, eta sarea grapaz finkatu.
3. Sarea lurrezko agregakinez bete.
4. Sarea tokian bertan breaztatu.
5. Landare-lurrez estali.
6. Erein, purraka edo proiektzio hidrikoz.

7.3.9.9 Kalitate-kontrola

Erabilitako harri-bloke, zur, landare eta gainerako material guztien kalitate-kontrola egin behar da, eraikuntza-tipologiaren arabera, “8.1 Kalitate-kontrola” epigrafean adierazitakoari jarraituz.

7.3.9.10 Neurketak eta ordainketak

Arekak benetan gauzatutako metro lineala kontuan hartuz neurtu behar dira, eta beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat landaretzea, horniketa eta jartze-lanak.

7.3.9.11 Gomendioak

- Kontuan izatekoa da garrantzi handia duela urte-sasoia, bai materiala jartzeko eta bai landare-tipologia aukeratzeko.
- Egiaztatu behar da blokeen edo zurezko enborren arteko hutsuneak behar bezala bete eta ondo trinkotu direla.
- Landare-materiala mintegi-kondiziotan zaindu behar da obran, eta behar den materiala bakarrik erabili behar da. Baso-albeoloan sustraitutako landarea erabiliz gero, litekeena da lehen hilabeteetan ureztatu behar izatea.
- Mailaren batean norabide-aldaketa gertatzen den lekuetan nahiz arekek bat egiten duten gunetan, hegaleko paretei altuera handitzeko babesgarriak jarri behar zaizkie, edo bestelako neurriak hartu, urak gainezka ez egiteko.
- Areken egiaztapen hidraulikoa erregimen uniformearen egin behar da normalean.
- Norabide-aldaketako lekuetan eta arekek bat egiten dutenetan jarritako babesgarriak metodo enpirikoen bidez justifikatu behar dira, edo erregimen aldakorrean kalkulatu.
- Bereziki garrantzitsua da zer landare-material bizi eta espezie erabiliko diren ondo zehaztea, tokian tokiko ingurumen-kondizioen eta landarediaren arabera eta betiere oinarritzko irizpidetzat hartuz landarediak bide-zirkulazioaren ikuspen- eta segurtasun-kondizioak ez

Hurrengoan jarraitzen du >>>

Aurreko orrialdetik dator >>>

murritzeta. Alde horretatik, landareak non kokatu ondo aztertu behar da, funtzio ekologikoa eta paisaia-integrazioa bide-segurtasunerako oztopo izan ez daitezen.

- Areka naturalizatuak, egitekotan, modu seguruan mantendu ahalko direla berma daitekeen lekuetan bakarrik egin behar dira. Hori bermatzea ezinezkoa den lekuetan, hormigoizko arekak egin eta faunarentzako bioingeniaritzako irtenbideak jar daitezke, oheak harriz bete, eta hegaletan aldaxka-landatzeak egin.
- Betelaneko eremuetan nahiz eremu ezegonkorretan, arekak iragazgaiztu egin behar dira. Areka iragazgaizteko, EPDM edo polietilenoazko orriak erabiltzen dira, edo bentonitazkoak.
- Beti aztertu behar da ea beharrezkoa den energia disipatzeko elementuren bat jartzea isurketa-ura dagoen eta isurtzeko lekuetan.

Bestalde, kontuan izan behar da arazoak sortu daitezkeela hauekin lotuta:

- Elkarren ondoan zurezko enborrak jarritz egindako kanaleten nahikoa erresistentzia ez izatea; batez ere, enborrei azala kendu ez bazaie.
- Zura usteltzea; batez ere, azala kendu ez bazaio.
- Kanaleta oker kokatzea mazelarekiko eta ur-fluxuarekiko. Goiegi jarritako kanaletetan normalean sifonamendu-fenomenoak gertatzen dira. Hondoratuegi dauden kanaleten normalean lurperatze-arazoak izaten dituzte.
- Ertzak egonkortu gabe egotea edo egitura eta hegaleko gainazalak gaizki lotuta egotea.
- Era guztietako areketan gerta daiteke, behar bezala eginak egonda ere, kalteak izatea gertaera klimatologiko gogor bat jasan ondoren.

Egitura horien funtzionaltasuna nabarmen arriskuan jar dezaketen bi arazo nagusiak hauek dira:

- Haustura baten ondorioz, obraren jarraitutasuna etetea. Haustura, normalean, hegaleko ertzak hondoratzeagatik gertatzen da (mazelako lurzoruaren azaleko geruza asetzearen ondorioz), edo garraiatzen ari den ur-kantitatea hainbeste izanda kanalizazioaren behealdea ere mobilizatu delako (batez ere, zurezko eta harrizko kanaletetan).
- Sifonamendua edo tubifikazioa gertatzearen ondorioz, ura kanalizazioan sartu ez eta zorrotaren oinarria eta betelanak hondeatzea. Fenomeno hori hormigoizko edo altzairuzko kanaletetan ere gerta daiteke.

7.3.9.12 Prezio deskonposatuaren proposamena: areka-motak

mi Harrizko eta aldar-aldaxkazko arekak					
Areaka landareztatua erakitzea, harrizko blokez, bistakoz, materiala kate gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, landare-materiala ipintzea, eta blokeen arteko hutsuneak lurrezko material geldoz betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1		Materialak			
	t	Kareharizko blokez, bistakoz	1,00	13,06 €	13,06 €
	ala	Aldar-aldaxka edo mitegia obran	4,00	2,70 €	10,80 €
		Subtotala, materialak:			23,86 €
2	h	Ekipoa eta makineria			
		Atzerako hondeamakina beldar-kateduna 180 kW, lubeta-harmentzako pintzadura	0,20	117,27	23,45 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			23,45 €
3		Eskulana			
	h	Otra zibileko burua	0,01	24,89 €	0,25 €
	h	Otra zibileko erakuntzako 1. ofiziala	0,06	22,07 €	1,30 €
	h	Erakuntzako peoi amaria	0,10	18,00 €	1,80 €
		Subtotala, eskulana:			3,35 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
		Zuzeneko kostu osagarria	0,02	26,61 €	5,32 €
		Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (bata 10 urteetan)			50,99 €

199. irudia. Harrizko eta aldar-aldaxkazko arekaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

mi Zurezko eta harrizko areka A mota					
Areaka landareztatua erakitzea, zurez eta harriz, harrizko hegalduna, materiala kate gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, landare-materiala ipintzea, eta blokeen arteko hutsuneak lurrezko material geldoz betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1		Materialak			
	m3	Azala korduluko konifero-entzarak diametroa 18-25 cm	0,40	81,84 €	32,74 €
	t	Beltzharizko haria	1,20	8,00 €	9,60 €
	ala	Aldar-aldaxka edo mitegia obran	4,00	2,70 €	10,80 €
	ala	Altzari korugatuak 60x60	4,00	0,90 €	3,60 €
		Subtotala, materialak:			56,74 €
2	h	Ekipoa eta makineria			
		Atzerako hondeamakina beldar-kateduna 180 kW, lubeta-harmentzako pintzadura	0,15	50,14	7,52 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			7,52 €
3		Eskulana			
	h	Otra zibileko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Otra zibileko erakuntzako 1. ofiziala	0,30	22,07 €	6,62 €
	h	Erakuntzako peoi amaria	0,60	18,00 €	10,80 €
		Subtotala, eskulana:			18,67 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
		Zuzeneko kostu osagarria	0,02	26,19 €	5,32 €
		Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (bata 10 urteetan)			83,45 €

200. irudia. Harrizko hegalkak dituen harrizko eta zurezko arekaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

A mi Zurezko eta harrizko areka B mota					
Areaka landareztatua erakitzea, zurez eta harriz, zurezko hegalduna, materiala kate gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, landare-materiala ipintzea, eta blokeen arteko hutsuneak lurrezko material geldoz betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1		Materialak			
	m3	Azala korduluko konifero-entzarak diametroa 18-25 cm	1,20	81,84 €	98,21 €
	t	Beltzharizko haria	0,40	8,00 €	3,20 €
	ala	Aldar-aldaxka edo mitegia obran	4,00	2,70 €	10,80 €
	ala	Altzari korugatuak 60x60	8,00	0,90 €	7,20 €
		Subtotala, materialak:			117,61 €
2	h	Ekipoa eta makineria			
		Atzerako hondeamakina beldar-kateduna 180 kW, lubeta-harmentzako pintzadura	0,15	50,14	7,52 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			7,52 €
3		Eskulana			
	h	Otra zibileko burua	0,05	24,89 €	1,24 €
	h	Otra zibileko erakuntzako 1. ofiziala	0,30	22,07 €	6,62 €
	h	Erakuntzako peoi amaria	0,60	18,00 €	10,80 €
		Subtotala, eskulana:			18,67 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
		Zuzeneko kostu osagarria	0,02	26,19 €	5,32 €
		Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (bata 10 urteetan)			143,79 €

201. irudia. Zurezko hegalkak dituen harrizko eta zurezko arekaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

A mi Sakonuneko areka landareztatua					
Areaka landareztatua erakitzea, zurez eta harriz, zurezko hegalduna, materiala kate gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, landare-materiala ipintzea, eta blokeen arteko hutsuneak lurrezko material geldoz betetzea.					
Kodea	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzioa
1		Materialak			
	m3	Sare geozuntz sintetiko tridimensionalak	2,00	6,80 €	13,60 €
	ala	Altzari korugatuak 60x60	8,00	0,90 €	7,20 €
	Kg	Brea	1,00	1,00 €	1,00 €
		Subtotala, materialak:			20,80 €
2	h	Ekipoa eta makineria			
		Atzerako hondeamakina beldar-kateduna 180 kW	0,15	50,14	7,52 €
		Subtotala, ekipoa eta makineria:			7,52 €
3		Eskulana			
	h	Otra zibileko burua	0,01	24,89 €	0,25 €
	h	Otra zibileko erakuntzako 1. ofiziala	0,06	22,07 €	1,30 €
	h	Erakuntzako peoi amaria	0,15	18,00 €	2,70 €
		Subtotala, eskulana:			4,05 €
4	%	Zuzeneko kostu osagarriak			
		Zuzeneko kostu osagarria	0,02	11,57 €	2,31 €
		Hamar urteko mantentze-kostua: 18,87 € (bata 10 urteetan)			21,89 €

202. irudia. Sakonuneko areka landatuaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

7.3.9.13 Kalkulua

Areakak kalkulatu eta dimentsionatzeko, Espainiako Errepublikari buruzko Instrukzioak lur gaineko drainatzeari buruzko 5.2 IC arauan zehaztutakoei jarraitu behar zaie.

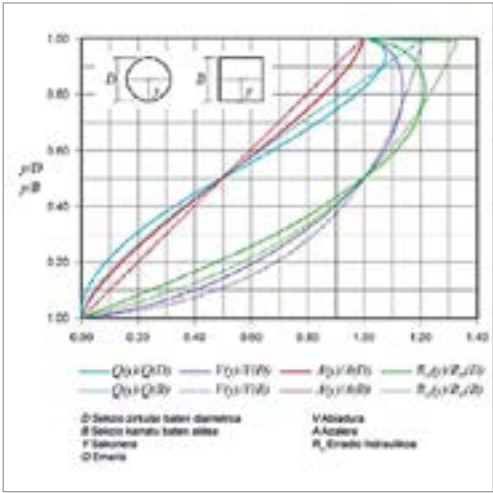
Areken egiaztapen hidraulikoa erregimen uniformean egin behar da, arau horren 3.4.5 epigrafean zehazten dena betez. Norabide-aldaketako lekuetan eta arekek bat egiten dutenetan jarritako babesgarriak metodo enpirikoen bidez justifikatu behar dira, edo erregimen aldakorrean kalkulatu.

Hurrengo lerrootan, areken diseinuan kontuan hartu beharreko funtsezko bi alderdiak ikusiko ditugu: edukiera hidraulikoa eta uraren abiadura.

Elementu linealetan, bi baldintza hauek aldi berean betetzen direla egiaztatzen behar da:

- Elementu linealen edukiera hidraulikoa (Q_{CN}) erregimen uniformean eta lamina librean, sekzio beterako (ikus 203. irudia). Elementu linealetako fluxu-sakoneraren araberrako emariak, erregimen uniforme eta lamina librean, karga-sarrerarik gabe, handiagoa izan behar du proiektu-emaria (Q_p) baino.

$$Q_{CN} = \frac{J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S_{MAX}}{n} \geq Q_p$$



203. irudia. Elementu linealetako fluxu-sakoneraren araberrako emaria, erregimen uniforme eta lamina librean

- Proiektu-emarirako uraren batez besteko abiadurak (m/s) txikiagoa izan behar du lur gaina drainatzeko elementuan kalteak eragiten dituen baina, zer materialez egina den kontuan hartuta:

$$V_P = \frac{Q_P}{S_P} < V_{MAX}$$

Non:

Q_{CH} : drainatze-elementuaren edukiera hidraulikoa. Sekzio horretarako emaria, erregimen uniforme eta lamina librean, hodiaren hondo eta paretekiko marruskadurak eragindako karga-galerak luzetarako maldarekin berdinduz kalkulatua (m³/s).

J : malda (adimentsionala).

S_{Max} : hodiaren edo arekaren zeharkako sekzioaren azalera (m²).

R_H : erradio hidraulikoa (m) = S/p.

$$R_H = \frac{S}{p}$$

Non:

S : korronteak hartzen duen zeharkako sekzioaren azalera (m²).

p : perimetro bustia (m).

n : Manning zimurtasun-koefizientea (s/m1/3). Ikus balioak 17. taulan, “Manning-Strickler formularen hodi eta areken kalkulurako haiek osagai duten materialaren arabera erabili beharreko n zimurtasun-koefizienteak (s/m1/3)”.

Q_p : drainatze-elementuaren proiektu-emaria (m³/s).

S_p : korronteak hartzen duen zeharkako sekzioaren azalera (m²), proiektu-emaria kontuan hartuta.

V_{Max} : drainatze-elementuan onargarri den gehieneko abiadura (m/s), zer materialez egina den kontuan hartuta. Egiaztapen hori sekzioko materialak, emaria, malda eta geometria konstante diren tarteetan oinarrituta egingo da (ikus 16. taula, “Uraren abiadura maximoa, V_{Max} (m/s)”).

16. taula. Uraren abiadura maximoa, V_{Max} (m/s)

Gainazal-mota	Abiadura maximo onargarria (m/s)
Lurzoru hareatsua edo lohitsu, landarerik gabe	0,20-0,60
Lurzoru buztintsua, landarerik gabe	0,60-0,90
Buztin gogor eta tupa biguneko lurzorua, landarerik gabe	0,90-1,40
Lurzoru legardun eta uharriduna, landarerik gabe	1,20-2,30
Landarez partzialki estalitako lurzorua	0,60-1,20
Belarkarak iraunkorki dituen lurzorua	1,20-1,80
Zuhaixka-landareak iraunkorki dituen lurzorua	1,40-3,00
Harri bigunak	1,40-3,00
Harlangaitzak, harri gogorrak	3,00-5,00
Hormigoia	4,50-6,00

Oharra: taula horretako kategoria generikoen barruan dauden materialek bestelako portaera izatearen ondorioz aldakuntzak izan daitezkeela ez ezik, kontuan izan behar da balio handienak noizbehinkako egoeretakoko direla onargarriak, eta balio txikienak, berriz, ohiko egoeretakoko. Areka landatuen kasuan, abiadura txikienak obra amaitu berritan dira erabiltzekoak, eta handienak, berriz, landaredia jada garatuta dagoenean eta funtzionala denean dira posible.

17. taula. Manning-Strickler formularen hodi eta areken kalkulurako haiek osagai duten materialaren arabera erabili beharreko n zimurtasun-koefizienteak (s/m^{1/3})

Materiala		n(sm-1/3)
Areka	Landarerik ez du. Gainazal uniforme	0,020-0,025
	Landarerik ez du. Gainazal irregularra	0,020-0,033
	Belar-landaredia du, moztuta	0,033-0,040
	Belar-landaredia du, trinko	0,040-0,050
	Zuhaixka-landaredia du	0,035-0,050
	Haitz gainean. Gainazal uniforme	0,029-0,033
	Haitz gainean. Gainazal irregularra	0,033-0,050
	Legar-hondoa. Hormigoizko hegal-paretak	0,017-0,020
	Legar-hondoa. Enkatxoz egindako hegal-paretak	0,022-0,033
	Enkatxoa	0,020-0,029
	Hormigoi projektatua	0,017-0,022
	Hormigoiz estalia in situ	0,013-0,017
Nahaste bituminosozko zoladura		0,013-0,018
Hormigoizko markoak eta beste egitura batzuk in situ		0,014-0,017
Gabioiak		0,020-0,040
Hormigoizko hodia		0,012-0,017
Burdinurtuzko hodia		0,010-0,015
Altzairuzko hodia		0,010-0,014
Material polimerikozko hodia		0,008-0,013

Oharra: tarte bakoitzeko balio txikienak aplikatzeko, hodiekin instalatu berriak izan behar dute, zuzenak, inolako kutxatila edo tarteko pieza berezirik gabeak eta garbi eta kontserbazio-egoera onean egon behar dute. Zenbat eta zaharragoa den hodia, orduan eta handiagoa izan ohi da Manning zenbakiaren balioa, baina betiere taula horretako balioen goiko muga gainditu gabe.

7.3 TEKNIKA MISTOAK

7.3.10 Harri-lubeta landatua



204. irudia. Harri-lubeta landatu bat: obra amaitu berritako xehetasuna eta garapenaren hasiera.
Iturria: P. Sangalli – SCIA SL

7.3.10.1 Definizioa eta irismena

Harri-lubeta landatua Natur Bioingeriaritzako obretan ezpondak egonkortzeko erabili ohi den teknika misto bat da, eta ezpondari eusteko funtzioa bete dezaten harri-blokeak jartzean datza: forma poliedrikoko bloke irregular, landu gabe eta handiak (300-1.000 kg bitarteko masa).

Blokeen artean ahalmen bioteknikoak dituzten espezie autoktonoen aldaxkak edo haga biziak txertatzen dira, testu honetan adierazitako printzipioei eta gomendioei jarraituz. Grabitatez jarduten duen horma bat da.

Harri-lubeta tradizionaletatik bereizten duena egituran landare-elementuak jartzea da, zeinen garapenak lagundu egiten baitu kohesioa handitu dadin, barne-marruskaduraren angelua eta iragazkortasuna handitu daitezten, eta, horiekin batera, egonkortasuna lortzen eta paisaia- eta ekologia-integrazioa hobetzen. Landarediak, beraz, eginkizun aktiboa du egituran.

Ohiko harri-lubeten aldean, landatuaren eraikuntzak zenbait muga ditu, bai gehienezko neurriei dagokienez, bai inklinazioaren aldetik.

Hormen eraikuntzarako harri-lubeta landatua jartzeak dituen abantaila nagusietako batzuk hauek dira:

1. Drainatzeko erraztasuna, harrizko blokeen eta egiturazko lurzoru iragazkorraren artean dauden zirrikituen bidez.
2. Lurzoruaren mugimendu diferentzialetara egokitzeko erraztasuna; distortsio txiki batzuk jasateko gai da, egiturazko kalterik gertatu gabe.
3. Harri-lubeta ingurunean integrazteko erraztasuna, aldaxkaz edo espezie kolonizatzailez osorik landaretzen baitira.
4. Teknika egonkorra da hasiera-hasieratik, berehalako babes-efektua du.
5. Behin landaredia sustraitu denean, ainguratze-efektua handitzen da.
6. Harri-lubeta tradizionalen aldean, indusketa gutxiago behar da.

7.3.10.2 Aplikazioak

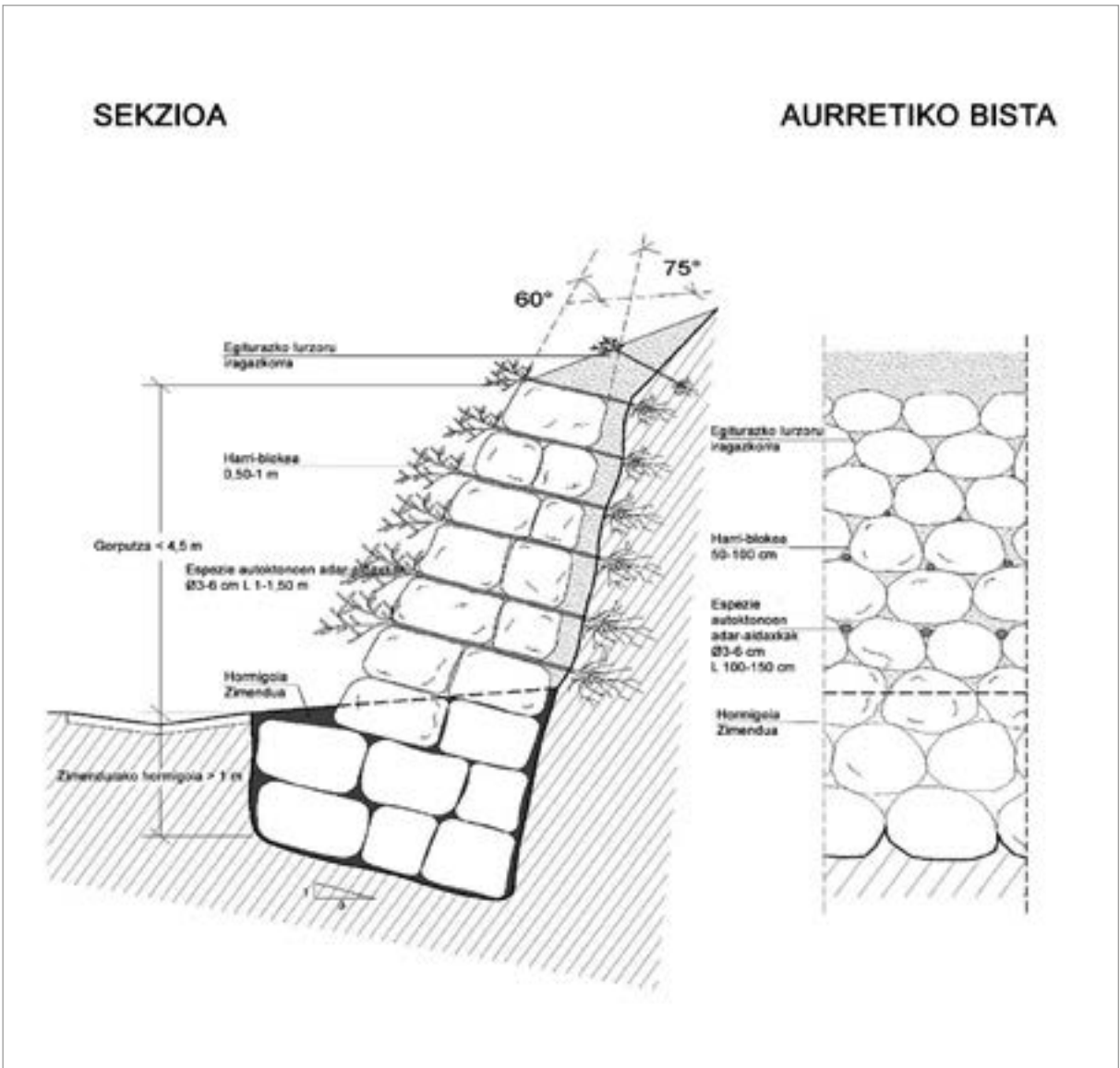
Harri-lubeta landaretuak mendi-hegalei eusteko erabiltzen dira batez ere, eta, behar bezala dimentsionatuta, betelan edo lubetei eusteko ere bai.

Bereziki garrantzitsua da zer landare biotekniko erabiliko diren ondo zehaztea, tokian tokiko ingurumen-kondizioen eta landarediaren arabera eta betiere oinarritzko irizpidetzat hartuz landarediak bide-zirkulazioaren ikuspen- eta segurtasun-kondizioak ez murriztea.

Alde horretatik, landareak non kokatu ondo aztertu behar da, funtzio ekologikoa eta paisaia-integrazioa bide-segurtasunerako oztopo izan ez daitezen.

Elementu inerteari dagokionez, errepide-obretan harri-lubetazko hormen proiektuak egiteari eta gauzatzeari buruzko gidan (Espainiako Sustapen Ministerioa, 2006) ageri diren argibideei jarraitzea gomendatzen da. Testu honetan, landare-materialekin lotutako alderdiak modu zehatzagoan aipatuko ditugua.

205. irudia. Harri-lubeta landatua: eraikuntza-eskema. Iturria: S. Sangalli – SCIA SL



7.3.10.3 Materialak

7.3.10.4 Harri-blokeak edo lubeta-harriak

Epigrafe honetan aztertzen ari garen horma-tipologiaren eraikuntzarako elementu nagusia da; oinarritzko unitate horretatik abiatuta eraikitzen da, gehituz, horma. 0,5-1 m-ko diametroa duten harri-blokeak erabiltzen dira; zehazki, Espainiako Sustapen Ministerioaren 2006ko gidan (errepide-obretan harri-lubetazko hormen proiektuak egiteari eta gauzatzeari buruzkoa) HMB300/1000 lubeta-harri larria (“escollera gruesa”) deritzona. Blokeen dentsitate lehorra metro kubiko bakoitzeko bi mila eta bostehun kilogramokoa edo handiagoa ($\rho \geq 2.500 \text{ kg/m}^3$) izatea komeni da.

Lubeta-harriek haitz-mendigune osasuntsuak, harrobiak, maileguak edo obrako bertako indusketak izan behar dituzte jatorri, eta leherketa bidez lortuak izan behar dute, forma gutxi-asko prismatikokoak eta azal zimurrekoak. Ahal dela, tokikoak bertakoak eta obratik gertuko harrobietakoak izan behar dute.

Blokeen propietateek aparteko eragina dute obraren portaeran. Propietate horietako askotarako, UNE-EN 13383 araua hartzen da erreferentziazat (“Harri-lubetak”).

7.3.10.5 Landare-material bizia

Normalean, ahalmen bioteknikoak dituzten zenbait espezie autoktonoren aldaxkak edo haga biziak erabiltzen dira (ikus 3.3.1 epigrafea), blokeen arteko zirrikietan jartzeko, betiere kontuan izanda harri-lubetaren trasdoseko lurzoru naturala ukitzera iritsi eta sustraitzeko adina luze izan behar dutela:

- Landare autoktono aitzindarien aldaxka edo landare-zati bizi adarkatu gabeak, 1-1,5 m-ko luzera eta 3-10 cm-ko diametrokoak. Horiek harri-lubetaren goiko aldeetan erabiltzeko dira.
- Landare autoktonoen haga biziak, normalean 2-3 m-ko luzera eta gutxienez 4 cm-ko diametrokoak. Horiek harri-lubetaren gorputzaren oinaldean eta erdialdean erabiltzeko dira.

Herri-lubetetan erabiltzeko landare-materialak espezie zurkara autoktono aitzindariak izan behar ditu jatorri —eremu horretako bertako landare-multzo potentzialekoak, alegia—, eta ezaugarri bioteknikoak izan behar ditu.

Landaredia geldialdi begetatibo hedatuko sasoian erabili behar da: urriaren amaieratik apirilaren hasierara. Dentsitate egokia 2-5 landare/m² da, kondizioen eta erabilitako espezieen arabera: zenbat eta amaierako tamaina handiagoa, orduan eta dentsitate txikiagoa.

Esandako epean egin ezin bada, erretilu gelaxkaduneko 2-3 izerdiko landarea erabil daiteke, 1.000-2.000 cc-ko landare-ontzikoa; betiere, ordea, sustrai adbentizioak sortzeko ahalmena duten espezieren batena bada (batez ere, salikazeoak), eta, ahal dela, inoiz ez lehorte-garaian. Kasu horretan, gutxieneko dentsitate egokia m² bakoitzeko V8 erretilu gelaxkaduneko 2 landare (edo baliokidea) jartzea litzateke. Erabilitako landare-materialaren biodibertsitatea handitze aldera, harri-lubetaren gorputzean zehar zenbait espezie erabiltzea komeni da.

Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 4.3.1 epigrafean (“Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak”).

7.3.10.6 Lurrezko material inerte / Egiturazko lurzorua

Egiturako hutsuneak betetzeko eta landareek sustrai adbentizioak sortu ahal izan ditzaten, bertako indusketa-lanetan zimendatzeko ateratako lurrezko material inerte erabili behar da, edo, bestela, egiturazko lurzorua, material horri agregakinak nahastean datzana.

- Egiturazko lurzoruaren % 80 agregakinak izaten dira (kareharritzkoak, silizeoak edo ofitikoak) eta % 20, berriz, indusketa-lurra (ez ezinbestean landare-lurra), konposizio hau edo antzekoa izan ohi duena: % 45 harea, % 40 lohia, % 10 buztina eta % 5 materia organikoa. Egiturazko lurzoru horren helburua

da iragazkortasun handia lortzea, konpresioarekiko deformazio txikia izatea eta landare-espezieei sustraitzen uztea.

- Alternatiba gisa, indusketan bertan ateratako lurrezko material inerte ere erabil daiteke, agregakinekin nahastuta. Ezaugarri edafikoen arabera, bi osagaien proportzioa aldatu egingo da: lurzoru iragazkorretan, % 40 indusketa-lurra eta % 60 agregakinak izatera irits daiteke proportzioa.

7.3.10.7 Zimenduetarako hormigoia

Harri-lubeten zimenduak, oro har, hormigoi ziklopeozko bloke trinkoak dira, gainazal ez beti berdinekoak, harri-lubetaren egituraren proiektuaren, altueraren eta ezaugarrien arabera. Erabili beharreko hormigoia HM-20/B/40/A motakoa da.

Normalean, harri-lubetaren zimendua hormigoitu egin behar da, eta batzuetan harri-lubetaren ezaugarri bereko materialez egindako harritzko betegarria erabil daiteke. Harri-lubetazko hormaren zimendua hormigoizatzea beharrezkoa da elementu zurrun moduan jarduten duela kontsideratzeko.

Gainera, proiektuan zehaztu egin behar da hormigoiarekin zer kotaraino iritsi behar den eta gainazalari zer malda eman behar zaizkion urik pilatu ez dadin, normalean indusketaren ertzekin berdinduz, edo drainatze-elementuekin bestela.

Harri-lubeta jartzeko induskatutako oinarria arroka osasuntsua bada, ur-isuririk gabea, obra-zuzendaritzak zimenduko harri-blokeak hormigoizatzea ezesteko aukera izango du.

7.3.10.8 Obrak gauzatzea

Obra gauzatzeko prozesuak fase hauek ditu:

1. Zimendatzeko lekua induskatu: Lehenengo lana ezpondaren oinarrian zimendua egongo den lekua induskatzea da, proiektuan zehaztutako kotaraino. Egiatzatu behar da lurzoruaren ezaugarriak aurreikusitakoekin bat datoze. Gutxieneko sakonera gomendatua metro bat da (1 m).

Zimenduaren indusketa-hondoak horizontalarekiko kontramalda izan behar du, gutxi gorabehera 3H:1V baliokoa, harri-lubetaren hurrengo mailek edo ilarek egonkortasun handiagoa izateko.

Ordeztu beharreko lurzoru induskatzeko lana bereiz gauzatzen eta ordaintzen da, benetan induskatutako (saneatutako) m³-ak kontuan hartuta, betiere obra-zuzendaritzak alde aurretik onartuta eta profil gainean neurtuta, eta horren barruan dago zenbait arrazoiengatik errendimendua murriztea, hala nola batatxeak egin beharra, alderdi bizia sartzea, etab.

2. Zimendatu: Harri-lubeta konbentzionalak bezalaxe zimendatzen dira harri-lubeta landatuak. Behin zimenduaren hondo induskatuta dagoenean, harri-blokeak ipini behar dira, banan-banan, berariazko makineriaren bidez, modu irregularrean zimenduaren hondoan eta maldan zehar, gutxi gorabehera intradosean lurzoru naturalaren kotara iritsi arte.

Modu sekuentzialean egin behar dira lurzoru induskatzeko, botatzeko eta harriak ipintzeko lanak, batatxeka, baldintza hauek betez: batatxeak ondoz ondokoak ez izatea, eta haien aurpegiak ez gainditzea hamar metro (10 m) edo kondizio geoteknikoek ahalbidetzen duten neurria (Espainiako Sustapen Ministerioa, 2006).

Ondoren, hormigoiztatu egin behar da, lubeta-blokeen arteko hutsuneak betetzeko. Horrela, zurruntasun eta homogeneotasun handiagoko zimendua lortzen da.

Oro har, HM-20/B/40/A hormigoia erabili behar da harri-lubeta zimendatzeko. Hormigoi horrek lubeta-blokeak bildu behar ditu, eta bi fasetan bota behar da: lehenengo fasea ia zimendu osoa hormigoiz betetzean datza; bigarrena, berriz, hormaren gorputzeko lehen ilara jarrita dagoenean egiten da, eta intradosean lurzoru naturalaren kotarekin berdintzean datza. Zimenduko harri-lubetan lortutako porositatearen arabera, baita

lurzoruaren ezaugarrien arabera ere, bota beharreko hormigoi-bolumena 275-350 l/m3 bitartekoa izaten da (metro kubiko zimenduko berrehun eta hirurogeita hamabost eta hirurehun eta berrogeita hamar litro). Harriek 3H:1V kontramaldan jarrita egon behar dute; horrek egituraren egonkortasun globala hobetzen du

3. Harri-lubetazko hormaren gorputza egin: Harri-lubetaren gorputza osatzen duten harri-blokeak egonkor egoteko moduan jarri behar dira; bloke-ilarek horizontalarekiko 3H: 1V kontramalda izan behar dute, gutxi gorabehera. Blokeak armazoi tridimentsional bat eratzen ipini behar dira, egiturak osotasunean ahalik eta uztarduna handiena izan dezan. Komeni da blokeen orientazioa txandakatuz joatea: bloke batzuek neurri handiena paramentuarekiko paralelo izan dezatela, eta beste batzuek, berriz, izan dezatela neurri luzeena trasdos-intrados norabidean orientatuta.

CLubeta-harri bakoitzak beheko aurpegia gutxienez beheko ilarako bi blokeren gainean jarrita eduki behar du, eta ezker-eskuin dauzkan blokeak ukitzen egon behar du, baita goiko ilarako beste bi bloke ukitzen ere.

Lur-erazketako ezpondei eusteko harri-lubetak egitean, kontuan izan behar da lurrek osatutako ezponda harri-lubeten kanpoko aurpegiarekin berdinduta geratzeko moduan ipini behar direla blokeak, planoan adierazita dagoenaren edo obra-zuzendaritzak espresuki adierazitakoaren arabera.

Harri-lubeta landatuen kasuan, gehieneko malda 60-65°-ko aurpegia da. Inklinazio handiagoa badu, zailagoa da landareak aurrera egitea, ura behar bezala iristen ez zaiola eta. Beste muga bat lodieran dago, harri-lubeta landatuak ezin baitira erabiliko den landare-materiala baino lodiago izan; normalean, 3 metro. Horrek esan nahi du harri-lubetaren gailurrerainoko altuera-muga 5 metro dela.

Lubeta-blokeak jartzeko, hondeamakina edo antzeko beste bitarteko bat erabili behar da, blokeak hartzeko pintzaduna, eta behin blokeak lekuan ipini eta gero, ondo finkatu behar dira, kazo-kolpeak emanez perpendikularki eta ezpondarekiko paralelo. Gainera, harri-lubetaren gorputza eraikitzeko lana batatxeka egin behar da, baldintza hauek betez: batatxeak ondoz ondokoak ez izatea, eta haien aurpegia gehienez ere bost metro (5 m) luze izatea.

4. Material bizia jarri: Harri-blokeak ipintzeko fasean bertan, aldi berean, blokeen arteko hutsuneetan landare-materiala jartzeari ekin behar zaio, egituraren trasdoseraino iritsi behar dutela ahaztu gabe.

Aldaxkek edo haga biziak harri-lubetaren trasdoseko lurzoru naturala ukitzera iristeko bezain luze izan behar dute, eta bloke artean jartzean bereziki adi egon behar da ziurtatzeko muturreko begiak ezpondaren kanpoalderantz begira geratzen direla, harri-lubeta landatuaren aurrealdetik kanpora hamar-hogei zentimetro (10-20 cm) inguru aterata.

Aldaxkak edo haga biziak modu irregularrean jarri dira, erabilitako blokeen tamainaren arabera, baina betiere gutxienerako dentsitate bat gordez: oro har, metro koadroko bi aldaxka (2 aldaxka/m²), eta, tentsio handieneko eremuetan, metro koadroko bost aldaxkaraino (5 aldaxka/m²) ere bai. Aldaxkak edo haga biziak ez dira a posteriori txertatu behar, hala eginda zaila izango bailitzateke trasdosean sustraitu ahal izatea. Harri-lubetan oinaldean normalean hagak jarri ohi dira, handiagoak direlako; harri-lubetaren goiko aldeetan, berriz, aldaxkak erabiltzen dira. Landare-materiala zirrikitueta hutsuneen artean jartzen da; beraz, goiko ilarako blokearen pisuak ez du azpian harrapatzen eta, horrela, ez da blokeen arteko uztardura murrizten.

Obrara egun bakar batean edo gehienez ere bitan behar izango den landare-materiala bakarrik ekarri behar da, eta mintegi-kondiziotan zaindu behar da, harea bustitan, sustraiak lehortu ez daitezen.

Ahal dela, geldialdi begetatiboko sasoian egin behar da aldaxka- eta haga-landatzea. Sasoi horretan egiten ez bada, erretilu gelaxkaduneko bi edo hiru izerdiko landarea erabili behar da, eta bereziki adi egon behar da ziurtatzeko landarearen sustraia harri-lubetaren trasdosa ukitzera iristen dela eta harri-lubetako blokeen arteko zirrikitueta azaleratzeko bezain luze badela.

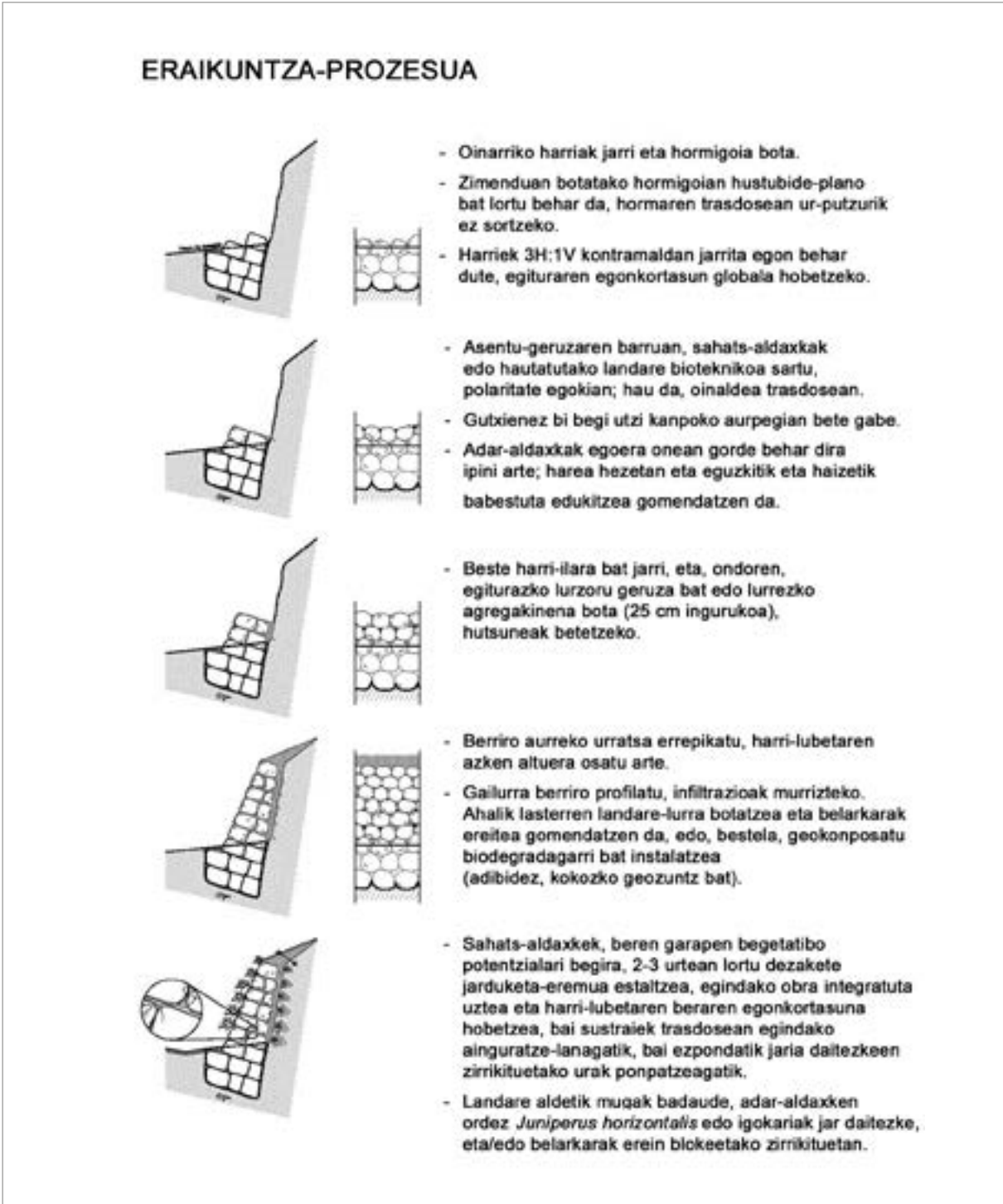
5. Lurrezko agregakinez edo egiturazko lurzoruz bete: Behin aldaxkak edo haga biziak harri-blokeen hurrenez hurrengo mailen gainean jarrita daudenean, lurrezko agregakinez edo egiturazko lurzoruz estali behar dira,

eta harrien arteko hutsuneak bete, eskuz ondo trinkotuta, aire-hutsunerik gera ez dadin. Material hori, batetik, oso iragazkorra da, eta trasdoseko ura kanporatzea errazten du horrek; eta, bestalde, ez da deformatzen, eta blokeen pisua dela-eta egitura aldatzea ekiditen du horrek

6. Alboko morfologia birmoldatu: Harri-lubeta landatuaren burualdeko profilak, oinaldekoak eta alboetako ertzetakoak birmoldatu eta finkatu behar dira.

Eskema honetan, harri-lubeta landatuaren eraikuntza-prozesuko faseak ageri dira.

206. irudia. Harri-lubeta landatuaren eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL



7.3.10.9 Kalitate-kontrola

Erabili beharreko materialak biltzen eta instalatzen hasi aurretik, kontratistak obra-zuzendaritzari material horien hornitzaileen izenak aurkeztu behar dizkio, baita hornitzaile horien berme-ziurtagiriak ere.

Arau orokor gisa, harri-lubeta landatuaren eraikuntzak obra-zuzendaritzak ezarritako baldintza batzuk bete behar ditu:

- Blokeak obra-zuzendaritzak zehaztutakoaren arabera ipini behar dira.
- Blokeek obra-zuzendaritzak agindutakoaren tamaina eta diametro baliokideak izan behar dituzte.
- Gutxienez blokeen % 80k obra-zuzendaritzak adierazitako pisua izatea bermatu behar da.
- Juntura bertikalak bat ez etortzeko moduan jarri behar dira blokeak.
- Ziurtatu behar da aurpegia uniforme delarik eta ez dagoela blokerik akaberako gainazal orokorrarekiko aterata edo hondoratuta dagoenik.
- Geruzen zabalera eta lodiera ez dira izango lan-kotari dagokionez proiektuan aurreikusitako balioak baino txikiagoak.
- Gauzatze-perdoiek ez dituzte balio hauek gaindituko:
 - Luzera: $\pm 3 \%$.
 - Zabalera: $\pm 3 \%$.
 - Lautasuna: - 30 mm, + 120 mm.
 - Altuera: $\pm 5 \%$.

Landare-material biziaren kasuan, zehazki aldaxkak edo hagak, obraren ingurune hurbiletik lortuak izan behar dute. Mintegiko landareen kasuan, materialaren jatorria ziurtatu behar da, eta ahal dela Bizkaikoa izan behar du. Bi kasuetan, onargarritzat hartzen da lehen urtean % 30erainoko hutsegiteak edo galerak izatea.

Obra-zuzendariak edozein unetan eskatu dezake saiakuntza hauetakoren bat egiteko:

- Saiakuntza geometrikoak (Granulometriak eta forma, UNE-EN 13383-2; Gainazal birrindu edo hautsien proportzioa, UNE-EN 13383-1).
- Saiakuntza fisikoak (Dentsitate lehorra, UNE-EN 13382-2; Konpresio bakunarekiko erresistentzia, UNE-EN 1926; Blokeen integritatea, UNE-EN 13383-1; Zatitzearekiko erresistentzia, UNE-EN 1097-2).
- Landare-materialaren saiakuntzak: sustrai-sistema karakterizatzeko saiakuntzak egitea gomendatzen da, bai eta landarearen aireko biomasa neurtzea ere. Sustraidun eta sustrairik gabeko lurzoru-laginetan ebaketarekiko saiakuntzak egitea gomendatzen da (in situ eta/edo laborategian).

Sustrai-sistema aztertzeko lagin-zulo edo lubaki bat eginez gero, sustraiaren laginak hartu behar dira, horiekin trakzio-saiakuntzak egiteko (De Baets et al., 2008). Sustrai-sistemaren sakontasunaren araberrako banaketa karakterizatzeko, Böhm-en (1979) gomendioei jarraitu behar zaie. 3.3.1 epigrafean, Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri bioteknikoen balioen adibideak sartu dira.

7.3.10.10 Neurketak eta ordainketak

Harri-lubetak benetan jarritako tonak (t) kontuan hartuz neurtu behar dira, eta beti beti joko da neurketa horretan barnean sartutzat, harri-lubeta bera ez ezik, landare-elementua integratzea, horniketa, botatzea eta jartze-lanak.

Ezpondak edo lur-erazketak babesteko erabiltzen bada ere, tamaina ertaineko harriaren pisuak sailkatuko du harri-lubeta mota.

7.3.10.11 Gomendioak

- Kontuan izatekoa da garrantzi handia duela urte-sasoia, bai materiala jartzeko eta bai landare-tipologia aukeratzeko.
- Materialak obraren trasdosa ukitzen duela ziurtatu behar da.
- Materialak aurreikusitako harri-lubetaren tamainarako luzera egokia duela egiaztatu behar da.
- Harri-blokeen neurriek egituraren egonkortasuna bermatzen dutela egiaztatu behar da.
- Blokeen arteko hutsuneak behar bezala bete eta ondo trinkotu direla egiaztatu behar da.
- Landare-materiala mintegi-kondiziotan zaindu behar da obran, eta behar den materiala bakarrik erabili behar da. Baso-albeoloan sustraitutako landarea erabiliz gero, litekeena da lehen hilabeteetan ureztatu behar izatea.

7.3.10.12 Prezio deskonposatuaren proposamena: harri-lubeta landatua

Tn Harri-lubetazko horma zimendatzea						
Harri-lubetazko horma zimendatzea, kareharritzko blokeak, biakosak, blokeak kale gaineko altxerako hondeamakinaz jarrita, lubeta-harritzak pintzaduna, eta blokeen arteko hutsuneak betetzea, HMA-15(p)40/1 hormigoi, zentralen fabrikatua eta kumotik botata.						
Kodex	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzua	
1	m ²	Materialak				
		Kareharritzko blokeak, biakosak	1,00	13,05 €		13,05 €
		HMA-20(B)40/A masa-hormigoi, zentralen fabrikatua	0,13	62,26 €		8,10 €
		Subtotala, materialak				21,14 €
2	h	Ekipos eta makineria				
		Azkeneko hondeamakina beider kateakuna 180 kW, lubeta-harritzak pintzaduna	0,13	117,27 €		15,43 €
		Subtotala, ekipos eta makineria				15,43 €
3	h	Eskulana				
		Obra zibiko berrak	0,01	24,89 €		0,25 €
		Obra zibiko eraikitako 1. ofiziala	0,10	22,07 €		2,21 €
		Erakuntzako psoi arnuta	0,15	18,00 €		2,70 €
		Subtotala, eskulana				5,16 €
4	h	Zuzeneko kostu osagarriak				
		Zuzeneko kostu osagarriak	0,00	20,59 €		0,00 €
Hormak artetik muntatze-kostuak: 0,00 € (obra 10 urtean)					Zuzeneko kostuak (1+2+3+4)	
						42,34 €

207. irudia. Harri-lubeta zimendatzearen prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

Tn Harri-lubetazko horma landaraztatutaren gorpuztea						
Harri-lubetazko horma landaraztatuta erakitea, kareharritzko blokeak, biakosak, blokeak kale gaineko atzerako hondeamakinaz jarrita, lubeta-harritzak pintzaduna, landare-materiala pintzaduna, eta blokeen arteko hutsunak buruzko material galkoz edo egiturazko lurzoruz betetzea.						
Kodex	Unitatea	Deskribuzioa	Errendimendua	Prezio unitarioa	Zerbitzua	
1	m ²	Materialak				
		Kareharritzko blokeak, biakosak	1,00	13,05 €		13,05 €
		Egiturazko lurzorua 0,25 m ² /m ² + 0,25 porositatea	0,26	11,40 €		3,00 €
		Adar-atxakia edo mintegia obren	1,00	2,70 €		2,70 €
		Subtotala, materialak				18,75 €
2	h	Ekipos eta makineria				
		Azkeneko hondeamakina beider kateakuna 180 kW, lubeta-harritzak pintzaduna	0,13	117,27 €		15,43 €
		Luma geroztako materialak 60kate 24 luma	0,03	77,31 €		2,40 €
		Subtotala, ekipos eta makineria				17,83 €
3	h	Eskulana				
		Obra zibiko berrak	0,01	24,89 €		0,25 €
		Obra zibiko eraikitako 1. ofiziala	0,10	22,07 €		2,21 €
		Erakuntzako psoi arnuta	0,15	18,00 €		2,70 €
		Subtotala, eskulana				5,16 €
4	h	Zuzeneko kostu osagarriak				
		Zuzeneko kostu osagarriak	0,00	20,59 €		0,00 €
Hormak artetik muntatze-kostuak: 18,07 € (obra 10 urtean)					Zuzeneko kostuak (1+2+3+4)	44,74 €

208. irudia. Harri-lubeta landatutakoaren prezio deskonposatua.

Prezioen erreferentzia: Eraikuntza- eta urbanizazio-prezioen oinarria (Eusko Jaurlaritza, 2021)

7.3.10.13 Kalkulua

7.3.10.14 Harri-lubeta landatuaren egonkortasun-kalkulua

Harri-lubeta landatuen zerbitzu-bizitzaren 1. fasean (indartze- eta egonkortze-zereginak obran erabilitako material inerte natural eta/edo manufakturatuek egiten dituzte nagusiki fase horretan), egonkortasun-egiaztapenak parametroak hauek gidatzen dituzte, harri-lubeta tradizionaletan bezala:

Harri-lubetaren parametroak:

- Erabilitako harrien pisu espezifiko lehorra.
- Harri-lubetaren itxurazko pisu espezifiko.
- Harri-lubetaren porositatea.
- Harri-lubetaren barne-marruskaduraren angelua.

Parametro horiek guztiak argitalpen askotan daude zehaztuta eta azalduta; adibidez, errepide-obretan harri-lubetazko hormen proiektuak egiteari eta gauzatzeari buruzko gidan (Espainiako Sustapen Ministerioa, 2006).

Trasdoseko eta intradoseko lurzoruen eta betelanen parametroak (oinarriko ilaren muturra eta aurrealdea):

- Lurzoruen eta betelanen erresistentzia-parametroak, oro har kohesioa eta barne-marruskaduraren angelua adieraztekoak. Parametro horien balioak aldatu egingo dira egonkortasun-analisia epe laburrera edo luzera begirakoa den (drainatu gabeko kondizioetan eta drainatuetan, hurrenez hurren).

- Harri-lubetaren trasdoseko lurzoruen eta betelanen geometria (inklinazioa).

3. FASEAN (ikus 4.2 epigrafea), erabilitako material biziaren ezaugarri batzuk jakin beharra dago. Informazio hori landa-saiakuntzen bidez (Böhm, 1979) eta/edo gaiari buruzko bibliografian lortu daiteke. Parametro hauek erabiltzen dira fase horietan:

- Erabilitako landare-espezieak (zer kondiziotan garatu beharko diren, horietara egokitu behar dira).
- Sustraiak trakzioarekiko duten erresistentzia.

- Sustrai-sistemak aterea izatearekiko duen erresistentzia (pull out strength): parametro hori aurrekoarekin lotuta dago. Obran erabilitako espezieak aterea izatearen aurka duen erresistentziari buruzko informazioak aurkitu ezin bada, gutxi gorabehera kalkulatu ahal izango da, sustraiaren trakzioarekiko erresistentziaren balioari 0,65 faktorea (Norris, 2005) edo 0,6 (Greenwood, 2006) aplikatuz.

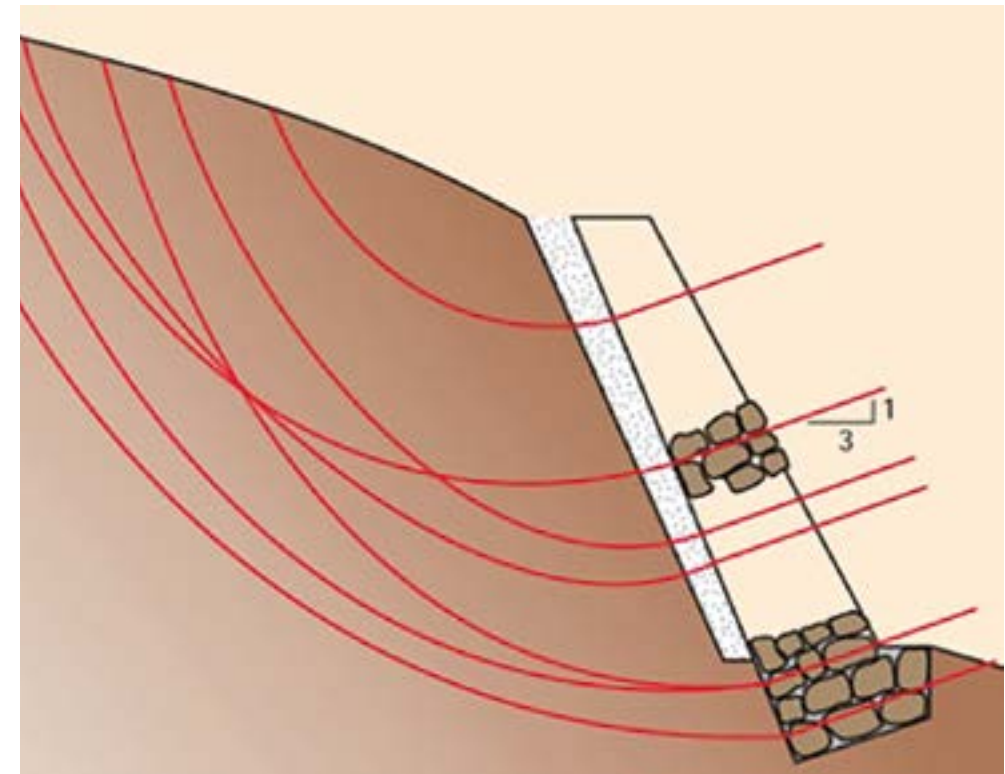
Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri biologiko eta teknikoak lehenago zehaztu ditugu, 4.3.1 epigrafean ("Landare-material biziak eta propietate bioteknikoak").

a) Barne-egonkortasuna

Egiaztapen hori kontrolatzen duen parametroa harri-lubetaren barne-marruskaduraren angelua da. Hauetan oinarrituta kalkulatzen da:

- Oinarritzko marruskadura-angelua; harri-lubeta jaurtiei dagokiena da.
- Aurreko balio hori pixka bat handitzeko faktorea, harri-lubetaren gauzatze-kondizio eta -ezaugarriengatik.
- Aurreko bi balio horien batura txikitze faktorea; tentsio normalen balioaren arabera da.

Harri-lubeten barne-marruskaduraren angeluko lehen bi gaien balioak ikusteko, baliagarria da errepide-obretan harri-lubetazko hormen proiektuak egiteari eta gauzatzeari buruzko gidan (Espainiako Sustapen Ministerioa, 2006) 36. orrialdean dagoen taula (4.2 taula). Bestalde, 37. orrialdean, tentsio normalen balioekin lotutako gaia kalkulatzeko adierazpena dago.



209. irudia. Harri-lubeta landatuaren eraikuntza-prozesuko faseak. Iturria: P. Sangalli - SCIA SL

Harri-lubetaren barne-marruskaduraren angelua kalkulatzeko, ilara behekoena hartu behar da kontuan, ilara horri eragiten baitio alboko presioaren balio maximoak (lurren bultzadaren teoriaren arabera kalkulatuta). Harri-lubetak gorputz osoan balio hori duela emango da.

Barne-egonkortasunaren egiaztapena egiteko, ezponden egonkortasuna analizatzeko programak erabiliko dira. Programa horietan, harri-lubetaren gorputzean zeharreko inklinazio eta irristatze-azalera zehaztu behar direnean, ilaren kokapenaren balio bertsuak jarri behar dira (3H:1V inguru).

Harri-lubeta material pikortsu gisa simulatuko da (kohesioa = 0 kPa), eta marruskadura-angeluaren balioa ematean, lehen adierazitakoari jarraituz kalkulaturako harri-lubetaren barne-marruskaduraren angeluaren balio bera eman behar zaio. Kalkulaturako egonkortasun-faktorea harri-lubetaren barne-egonkortasunaren faktorea izango da.

b) Kanpo-egonkortasuna

1. FASEAN kanpo-egonkortasuna egiaztatze faktoreak ingeniaritza tradizionalaren eremuko argitalpen askotan daude definituta.

Dokumentu honetan, harri-lubeta landatuaren egonkortasun-faktoreen adierazpen guztien artean, landarediaren efektuak erakusten dituztenak bakarrik jaso ditugu (3. FASEA). Beraz, epe luzeko egonkortasun-egiaztapenak dira, landarediak jada garatzeko eta egituraren egonkortasuna indartzeko nahikoa denbora izan ondorengoak. Adierazpenak Gray & Sotir-en (1996) lanean oinarrituta garatu eta aldatu dira.

Irriatzearekiko segurtasuna (Tardío & Mickovski, 2016)

$$F_{\text{irriatze}} = \frac{(W + P_A \sin \varphi_w) \cdot \tan \varphi_b + T_{\text{PULL-OUT}}}{P_A \cos \varphi_w}$$

Non:

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

(Lurzoruaren bultzada aktiboa (kN))

K_a : bultzada aktiboaren koefizientea.

γ : lurzoruaren pisu espezifikoa (kPa).

H : harri-lubetaren altuera (m).

Φ_b : lurzoruaren barne-marruskaduraren angelua (°).

Φ_w : harri-lubetaren eta lurzoruaren arteko marruskadura-angelua (°). Baliotzat $0,8 \cdot \Phi_b$ hartu daiteke..

W : harri-lubetaren pisua, haren itxurazko pisu espezifikoan oinarrituta kalkulatua (kN).

$T_{PULL-OUT}$: aterea izatearen aurkako erresistentzia-indarra (kN). Landare-kopurua eta landare bakoitzak aterea izatearekiko duen erresistentzia kontuan hartuta kalkulatzeko da. Informazio esperimentalik edo landa-lanik ez badago, gutxi gorabeherako kalkulua egin daiteke, adierazpen honen bidez:

$$T_{PULL-OUT} = 0.6 \cdot cr(t) \cdot H$$

(Norris, 2005; Greenwood, 2006)

Non:

$cr(t)$: sustraiaren ondoriozko kohesio gehigarria (horren kalkulua 6.3.2 epigrafean dago). Azalerari dagokionez, sustraiek zeharkatzen duten betelanaren plano inklinatua hartu behar da kohesio gehigarriaren eraginpeko azaleratzat. Nahiago izan da hormaren altueraren balioa (H) alde batera utzi, emaitza segurtasunaren aldekoa delako.

Iraulketarekiko segurtasuna (Tardío & Mickovski, 2016)

$$F_{iraulketa} = \frac{W \cdot x_1 + T_{PULL-OUT} \cdot x_2}{(P_A \cos \varphi_w) \cdot x_3}$$

Non:

x_1 : harri-lubetaren grabitate-zentroaren abzisa, muturrarekiko.

CAD programak erabiliz kalkula daiteke.

x_2 : harri-lubetako betelanaren euskarri-planoa zeharkatzen duen landarediak aterea

izatearen aurka duen erresistentzia-indarraren besoa = $H/2$.

x_3 : lurzoruaren bultzada aktiboaren besoa = $H/3$.

c) Egonkortasun globala

1. fasean harri-lubetaren egonkortasun orokorra kalkulatzeko, ezponden egonkortasuna analizatzeko metodologiak erabili behar dira. Gomendioa muga-oreken metodo zehatzak erabiltzea da; hau da, indarren oreka eta momentuen oreka kontuan hartzen dituzten metodoak erabiltzea (adibidez, Morgenstern-Price metodoa, Spencer metodoa, GLE metodoa, Borselli metodoa, etab.).

3. FASEAN, egonkortasun-analisan sartu beharreko aldaketa bakarra zera da: sustraiek esploratutako lurzoru-eremuetan haien ondoriozko kohesio gehigarria sartzea (ikus 6.3.2 epigrafea). Horretarako, obran erabilitako espeziearen edo espezieen sustrai-sistemak zer sakonera maximo lortzen duen jakin behar da.

Beste aukera bat landare-espeziearen alometriatik abiatuta sustrai-aparatuaren sakonera inferitzea da (ikus 6.3.2 epigrafea).

Egin diren lanen arabera (Fernandes & Guiomar, 2016), egoerarik txarreanean, baldin eta beste daturik ez badago, sustraiek esploratutako lurzoruaren sakonera minimoa 0,5 metro dela esan daiteke (landaredi zurkararen kasuan).

Oro har, arestian azaldutako egonkortasun-faktoreetarako gomendatutako gutxieneko balioak hauek dira:

- SF irristatzea > 1,55
- SF iraulketa > 2,0
- SF globala > 1,5

Nolanahi ere, bete beharreko gutxieneko balioa zein den egonkortasun globalari dagokion egonkortasun-faktoreak ezarriko du (“harri-lubeta eta lurzoru” multzo osoarena). Behin horren gutxieneko balioa zehaztuta, gainerako egonkortasun-faktoreek haren berdinak edo handiagoak izan behar dute.

7.3.10.15 Landarediaren garapenaren efektuak egonkortasun-egiaztapenetan

6.3 epigrafean aztertu dira.

**8. KALITATE-KONTROLA, MANTENTZE-LANAK,
JARRAIPENA ETA EBALUAZIOA**

Bioingeniaritzako teknikan landare-material asko behar denez, obran leku bat behar da landareok mintegi-kondiziotan zainduta edukitzeko, harea hezetan edo uretan, gehienez ere bi egunean

8.1 KALITATE-KONTROLA

Bioingeniaritzako obren kalitate-kontrolaz ari garenean, bioingeniaritzako tekniken gauzatzeak nahiz materialek bete behar dituzten zehaztepenez eta saiakuntzez ari gara.

Teknikai buruzko ataletan kalitate-kontrolari buruzko zenbait gai espezifiko aipatu dira. Atal honetan, obra-zuzendariak bere irizpidearen arabera eskatu behar dituen kontrol eta saiakuntza guztiak jasoko ditugu.

8.1.1 Landare-materiala

Komeni da sustrai-sistema karakterizatzeko saiakuntzak egitea, bai eta landarearen aireko biomasa neurtzea ere. Halaber, komeni da sustraidun eta sustrairik gabeko lurzoru-laginetan ebaketarekiko saiakuntzak egitea (in situ eta/edo laborategian). Sustrai-sistema aztertzekeo lagin-zulo edo lubaki bat eginez gero, sustraien laginak hartu behar dira, horiekin trakzio-saiakuntzak egiteko (De Baets et al., 2008). Sustrai-sistemaren sakontasunaren arabera banaketa karakterizatzeko, Böhm-en (1979) gomendioei jarraitu behar zaie. “Kalkulua” atalean, Bizkaian gehien erabiltzen diren espezieen ezaugarri bioteknikoen balioen adibideak sartu dira.

Lanak geldialdi begetatiboko sasoian egin behar dira, landare-ontziko zuhaitzak erabiltzen direnean izan ezik.

Bioingeniaritzako teknikan landare-material asko behar denez, obran leku bat behar da landareok mintegi-kondiziotan zainduta edukitzeko, harea hezetan edo uretan, gehienez ere bi egunean.

8.1.2 Harritzko lauzak, blokeak

Arau orokor gisa, harritzko materialei dagokienez, obra-zuzendaritzak ezarritako baldintza batzuk bete behar dira:

- Blokeak obra-zuzendaritzak zehaztutakoaren arabera ipini behar dira.
- Blokeek obra-zuzendaritzak agindutakoaren tamaina eta diametro baliokideak izan behar dituzte.
- Gutxienez blokeen % 80k obra-zuzendaritzak adierazitako pisua izatea bermatu behar da.
- Juntura bertikalak bat ez etortzeko moduan jarri behar dira blokeak.
- Ziurtatu behar da aurpegia uniforme dela eta ez dagoela blokerik akaberako gainazal orokorrarekiko aterata edo hondoratuta dagoenik.
- Geruzen zabalera eta lodiera ez dira izango lan-kotari dagokionez proiektuan aurreikusitako balioak baino txikiagoak.
- • Gauzatze-perdoiek ez dituzte balio hauek gaindituko:
 - Luzera: ± 3 %.
 - Zabalera: ± 3 %.
 - Lautasuna: - 30 mm, + 120 mm.
 - Altuera: ± 5 %.

8.1.3 Zura

Arau orokor gisa, zurari dagokionez, obra-zuzendaritzak ezarritako baldintza batzuk bete behar dira:

- Gauzatze-perdoiek ez dituzte balio hauek gaindituko:
 - Luzera: ± 3 %.
 - Diametroa: ± 3 %.
- Zurak FSC ziurtagiria izan behar du.

8.1.4 Saiakuntzak

Obra-zuzendariak edozein unetan eskatu dezake saiakuntza hauetakoren bat egiteko:

- Saiakuntza geometrikoak (Granulometriak eta forma, UNE-EN 13383-2; Gainazal birrindu edo hautsien proportzioa, UNE-EN 13383-1).
- Saiakuntza fisikoak (Dentsitate lehorra, UNE-EN 13382-2; Konpresio bakunarekiko erresistentzia, UNE-EN 1926; Blokeen integritatea, UNE-EN 13383-1; Zatitzearekiko erresistentzia, UNE-EN 1097-2).
- Zuraren tolerantziarekin lotutako neurketak eta saiakuntzak, UNE-EN 336:2014.
- Zuraren hezetasun-edukiarekin lotutako neurketak eta saiakuntzak, UNE-EN 13183-1:2002; UNE-EN 13183-1:2003 Erratum; UNE-EN 13183-1/AC 2004.
- 8.1.1 puntuan deskribatutako landare-materialaren saiakuntzak.

8.2 MANTENTZE-LANAK

Natur Bioingeniaritzak egitura biziak erabiltzea dakar, eta, horregatik, ezinbestekoa da zenbait mantentze-lan egitea. Dena den, mantentze-lan hedatua da, batez ere alderdi hauek bermatzera bideratua: landarediaren garapen egokia, landarediaren epe luzerako funtzionaltasuna eta aurrez zehaztutako xede-landarediaren barruan espero zaion bilakaera.

Mantentze-lanen premia jarraipen-planean zehaztutako aldizkako ikuskapenen bidez erabaki behar da (ikus 8.3 atala, “Bioingeniaritzako obren jarraipena eta ebaluazioa”), eta beharrezkoak direnean bakarrik egin behar dira. Mantentze-lanak kondizio eta prozesu naturaletara egokitu behar dira, eta obra behar bezala garatzeko kaltegarria izan daitekeen alferrikako jardun oro saihestu behar da.

Gerta liteke ohiko mantentze-neurriekin batera obraren bizitzako uneren batean ezohiko edo aparteko mantentze-lanak egin behar izatea, ohiz kanpokoko edo ustekabeko gertaerak izan direla-eta beharrezkoak direlako: uholdeak, izurriteak, espezie neofito inbaditzaileak, haizea, elur hezea, etab.).

Mantentze-lanen plangintza aurrez erabakitako jarraipen-plan edo -programaren arabera finkatu behar da. Plan horretan egongo dira zehaztuta helburuak, esku-hartze mota, egin beharreko lanak, zer garaitan egin behar diren eta aurrekontua. Erantsita izan behar ditu beharrezkoak diren mapa, marrazki, krokis, profil, taula eta plano guztiak.

Hurrengo lerrootan, mantentze-lanetako batzuk aipatuko ditugu, baina ez da zerrenda zehatza.

Espezie belarkarak zaintzeko, mantentze-neurri hauek aplikatu daitezke:

- Moztu (zati bat, zerrendatan, urtaroka, hazi eta fruituen heltze-mailaren arabera, biotopora egokitutako tresnak eta metodoak erabiliz.

Mantentze-lanen plangintza aurrez erabakitako jarraipen-plan edo -programaren arabera finkatu behar da. Plan horretan egongo dira zehaztuta helburuak, esku-hartze mota, egin beharreko lanak, zer garaitan egin behar diren eta aurrekontua

Jarraipena egitea da programa baten aurrerapena gainbegiratzeari begira modu sistematiko eta jarraituan informazioa bildu, aztertu eta erabiltzea, programan ezarritako helburuak betetzeko eta kudeaketa-erabakiak gidatzeko

- Berriro erein, lehengo ereintzan hutsegiteak izan badira (sasoi egokian eta ereintza egin den urte berean).
- Zotalak, landare berriak edo landare-zatiak jarri.
- Ureztatu, beharrezkoa bada (udan, lehorte luzea denean).
- Zaborrak eta hondakinak bildu eta kendus.

Zuhaitzak eta zuhaixkak zaintzeko, neurri hauek aplika daitezke:

- Eraberritu, arrasean moztuta (lau edo sei urtean behin, espeziearen arabera).
- Bakandu: arrazoi hidrauliko, ekologiko edo estetikoengatik, zuhaitz-edo zuhaixka-ale bakanak kendu (hirugarren urtetik aurrera, berrikusi beharrezkoa denean).
- Inausi (beharrezkoa denean, urtean behin gehienez).
- Espezie inbaditzaileak kendu (adibidez, Robinia), eraztunketa bidez.
- Hutsegiteak ordezkatu, aurrez ezarritako irizpideen arabera (sasoi egokian eta obraren berme-epareen barruan).
- Ureztatu, beharrezkoa bada, batez ere lehen bi urtaro begetatiboetan, lehorte luzea bada.
- Zaborrak eta hondakinak bildu eta kendu.

Mantentze-lanen tarteak. Mantentze-lanen segida egokia erabakitzeko, alderdi hauek hartu behar dira kontuan:

- Garapen-helburua.
- Lanen irizpide eta ikuspegi botaniko eta biologikoak.
- Kontsiderazio hidrauliko, hidrologiko, geotekniko eta segurtasunekoak.
- Kontsiderazio ekologiko eta natura zaintzekoak.
- Paisaiarekin lotutako kontsiderazio estetikoak.
- Natur Bioingeniaritzako beste esku-hartze batzuetarako material biziaren beharra.
- Irisgarritasuna.

8.3 BIOINGENIARITZAKO OBREN JARRAIPENA ETA EBALUAZIOA

Jarraipena egitea da programa baten aurrerapena gainbegiratzeari begira modu sistematiko eta jarraituan informazioa bildu, aztertu eta erabiltzea, programan ezarritako helburuak betetzeko eta kudeaketa-erabakiak gidatzeko.

210. irudia. 15 urteko egur-horma bat egiaztatzen, tentsiometro bidez. Iturria: P. Sangalli – SCIA SL eta G. Tardío



Ebaluazioa egitea da ezarritako helburuetan oinarrituta aurrerapen horiek neurtzea eta baloratzea, eta jarraipenaren berezko parte bat da. Ebaluazio orok ekintzak xede eta helburuak zenbateraino bete dituen neurtu behar du. Jarraipena eta ondorengo ebaluazioa oinarritzko baldintza dira, Natur Bioingeniaritzaren eremuko ezagutza espezializatua modu jarraituan garatu dadin eta eremu horretako esku-hartzeen kalitateari eta segurtasunaren aldetik.

Jarraipena egiteko beharrezkoak diren finantza- eta giza-baldintzak bermatu behar dira, eta langile kualifikatuek egin behar dute. Ikuskatu behar diren esku-hartzeek kokapen dokumentatua izan behar dute, eta eraikuntza-lanaren eta mantentze-lanen deskribapena. Aukera egon behar du ebaluazioa eta balorazioa kalkulu-orrietan oinarrituta egiteko, esku-hartzearen jarraipena normalizatua izan dadin.

Jarraian, Europako Bioingeniaritza Federazioak jarraipenari dagokionez Natur Bioingeniaritzako Gidalerroetan ezarriak dituen elementuak zerrendatuko ditugu. Ikusiko dugun bezala, bi alderdi nagusiri erreparatu behar zaie jarraipenean: eraikuntza-material biziaren nahiz inertearen egoerari, eta bete behar diren funtzio tekniko, ekologiko, sozioekonomiko eta paisaiakoen egoerari.

8.3.1 Eraikuntza-materialaren egoera

Material bizia

A: Espezie zurkarak: zuhaitzak eta zuhaixkak

- Altuera.
- Diametroa (20 eta 100 cm lur gainean).
- Dentsitatea (kimu-kopurua/m²).
- Bizindarra (bizindar-maila, hauen arabera: BRAUN 1-5 edo ROLOFF 0-3).
- Espezieen banaketa, etab.

B: Espezie belarkarak

- Bizindarra (bizindar-maila, hauen arabera: BRAUN 1-5 edo ROLOFF 0-3).
- Lurzoruaren estaltze-maila.
- Espezieen banaketa.
- Hostoen batez besteko altuera.
- Espezie belarkaren zerrenda

Eraikuntza-material inertearen egoera

- Enborren egoera: degradazio-maila (ikusizko kontrola, kontrol teknikoak erresistometro bidez, etab.).
- Iltzeen eta alanbreen egoera.
- Beste material batzuen egoera.
- Eraikuntza-material inertearen deskonposizio-maila.

8.3.2 Funtzioak betetzea: teknikoak, ekologikoak, paisaiakoak eta sozioekonomikoak

Funtzionalitate geoteknikoa eta segurtasunekoak

- Egonkortasuna.
- Iraunkortasuna.
- Segurtasun-funtzio teknikoak.
- Sendotze bioteknikoaren helburuaren betetze-maila.
- Arrakalak.

Ikuskatu behar diren esku-hartzeek kokapen dokumentatua izan behar dute, eta eraikuntza-lanaren eta mantentze-lanen deskribapena. Aukera egon behar du ebaluazioa eta balorazioa kalkulu-orrietan oinarrituta egiteko, esku-hartzearen jarraipena normalizatua izan dadin



211. irudia. Landarediaren garapena egiaztatzen. Iturria: P. Cornolini

- Malda-hausturak.
- Kimuen forma ezegonkorak.
- Infiltrazioak egotea

Helburu edo funtzio ekologikoak betetzea

- Habitatak sortzea.
- Habitat-aniztasuna.
- Habitat-sarea.
- Xede landarediaren lorpen-maila / naturaltasun-maila.
- Bioadierazleak.

Paisaiaren funtzio estetikoak

- Paisaian integratzearen ebaluazioa.

Funtzio sozioekonomikoak

- Kostuen eta irabazien analisia.
- Turismoa.
- Aisia.
- Erabilera-balioa eta giza esperientzia.
- Identitate-erreferentzia.

8.3.3 Ebaluazio orokorra

- Eraikuntza-metodoa aukeratzea: garapen-helburuak betetzeari begira hobekien egokitzen dena.
- Materialak aukeratzea: dagokien eraikuntza-metodora hobekien egokitzen direnak.
- Lehenetasunez edo nahitaez erabiltzea tokiko eraikuntza-material inerteak, hazi autoktonoak eta eraikuntzaren eskakizunetara egokitutako eta egokia den landare-materiala.
- Jatorri-ziurtagiria (kokozko edo jutezko geozuntzak, adibidez).
- Jarraipen-fitxa bat egitea eta hauek adieraztea han: egin beharreko esku-hartze mota eta aurreikusitako egutegia.

Adibide gisa, hona hemen ereduzko jarraipen- eta ebaluazio-fitxa bat:

Materialak aukeratzekoan, dagokien eraikuntza-metodora hobekien egokitzen direnak hautatu behar dira

JARRAIPENA OBRAN

Udalerria		
Proiektu-zk.		Data
Altitudea	Esposizioa	ERREF. (planoa erantsita)
Arduradunaren izena		
Tel.		
E-maila		

Proiektugilea	
Obra-zuzendaria	Obra-zuzendariaren laguntzailea
Enpresako zuzendari teknikoa	
Enpresa eraikitzailea	
Helbidea	Hiria
Tel./e-maila	
Azpikotrata	Azpikotrata

Obraren hasiera- eta amaiera-data (kontratuaren arabera)	
Lanen ustekabeko etenaldiak, arrazoia eta iraupena	

Material bizia noiz jarri den: astetik astera

Landaketak noiz egin diren: astetik astera
--

Obrako ezustekoak:
Gauzatu ondorengo ustekabeko fenomeno atmosferikoak:
Bestelakoak:

OBRAREN EGOERAREN EBALUAZIOA, ERANTSITAKO FITXAREN ARABERA
--

AURREIKUSITAKO JARDUKETAK ETA DATA HURRENGO JARRAIPENA
--

Obrako baliabide mekanikoak (adierazi * alokairukoa bada)				
Atzerako hondeamakina gurpilduna		Dunperra		Kamioi
Atzerako hondeamakina beldar-kateduna		Kable-garabia		Beste batzuk (zehaztu)
Armiarma erako hondeamakina		Motozerra		
Pala mekanikoa		Zulatzeko makina		
Traktorea		Konpresorea		
Ereiteko makina hidraulikoa		Ekipo elektrogenoa		

Erabilitako landare-espezieak					
Landare sustraituak Erantsi albarana (Espezia, Europako ekoizpen-kodea, Ø, altuera...)			Landare-zatiak: Aldaxkak (Al), Hagak (Ha), Adarrak (Ad) Espezia eta batez besteko neurriak		
		Egoera			Egoera

EBALUAZIOA	
OBRAREN ANTOLAKETA	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	ekipo desegokiak erabili dira, obra gaizki antolatuta dago, langile-taldea koordinatu gabe
3	ekipoa partzialki soilik da egokia, obra fase jakin batzuetarako bakarrik dago ondo antolatuta
5	langileak ondo antolatuta daude, ekipoak egokiak dira, obra oro har ondo antolatuta dago
PROIEKTUA BETETZEA (KALITATEA)	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	proiektua ez da bete eta/edo obrak egitea falta da
2	proiektua partzialki bete da eta/edo kalterako funtsezko aldaketak izan dira
3	lana oro har planaren arabera egin da, funtsezko aldaketarik gabe
4	aurreikusitakoaren arabera egin da
5	ezin hobe egin da, hobekuntza eta guzti
SEGURTASUNA	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	segurtasun-plan orokorra da, IN obrak gauzatzeko zehaztapenik ez du
3	segurtasun-planak IN obretarako oharpen batzuk bakarrik ditu
5	segurtasun-planak IN obretarako oharpen guztiak ditu
LANDARE-MATERIALAREN ESKURAGARRITASUNA (ALDAXKAK)	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	materiala obratik 20 km baino urrunago dago eskuragarri
3	materiala obratik 5-20 km-ra dago eskuragarri
5	materiala obratik 5 km baino hurbilago dago eskuragarri
LANDARE-MATERIALEN ERABILGARRITASUNA (LANDAREAK)	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	mintegi ugaritara eta/edo urrunekoetara joz eta/edo zatika eskuratu daitezke
3	mintegi jakin batzuetan eta/edo kopuru mugatuan eskuratu daitezke
5	zaintzagune batzuetan epe laburrean eskuratu daitezke
MATERIAL BIZI LANDATU BERRIAREN KUDEAKETA	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	obrara iritsitako material biziaren beharrak ez dira kontuan hartu
3	material bizia maneiatzeko neurri batzuk baino ez dira hartu (adibidez, argia edo ura)
5	iritsitako materialaren faktore guztiak ondo zaindu dira
LEHENDIK ZEGOEN LANDARE-MATERIALAREN KUDEAKETA	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	obran lehendik zegoen materiala ez da kontuan hartu, baliabide mekanikoak intentsiboki erabili dira, eraikuntzarako ez da materiala berrerabili
3	lekuan lehendik zeuden landare handiak bakarrik zaindu dira, moztutako materiala behar bezala ordezkatzeko gaitasun eza, 93/4/14 Lehendakari Dekretua formalki bete da
5	lehendik zegoen materiala ondo zaindu da, ahal den neurrian landaredia zaindu eta moztutakoa berrerabili da, 93/4/14 Lehendakari Dekretua funtsean bete da

ERABILITAKO LANDARE-ESPEZIEAK	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	erabilitako espezie gehienak ez dira autoktonoak
3	nagusiki espezie autoktonoak erabili dira, haien ezaugarri bioteknikoak ia kontuan hartu gabe
5	ezaugarri biotekniko egokiko espezie autoktonoak erabili dira
ZUREZKO MATERIAL BIZIAREN TAMAINA (LANDAREAK, ADAXKAK, ADARRAK; HAGAK)	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa ez dira egokiak
3	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa partzialki dira egokiak
5	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa egokiak dira
ZUREZKO MATERIAL HILAREN TAMAINA (ENBORRAK, TAKETAK, ETAB.)	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa ez dira egokiak
3	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa partzialki dira egokiak
5	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa egokiak dira
BURDINAZKO/ALTZAIRUZKO MATERIALAREN TAMAINA	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa ez dira egokiak
3	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa partzialki dira egokiak
5	erabilitako materialaren neurriak, luzera eta diametroa egokiak dira
LANDARE-ESPEZIEAK NOIZ LANDATU DIREN	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	urte-sasoi desegokia
3	urtaro-sasoi partzialki egokia
5	urte-sasoi egokia
LANGILE-KOPURUA	
PUNTUAZIOA	DESKRIBAPENA
1	langileak ez dira kopuruz nahikoak eta ez daude kualifikatuta
2	langileak ez dira kopuruz nahikoak, baina partzialki espezializatuak dira
3	langileak ez dira beti kopuruz nahikoak, nahiz eta egindako lan-motarako espezializatuta egon: langileak gehiago balira, lana arinagoa litzateke eta ez hain nekeza
4	langileak kopuruz nahikoak dira eta partzialki espezializatuta daude
5	langileak kopuruz egokiak dira eta egindako lan-motarako espezializatuta daude

Balorazioa:

- 40-65 puntu: Esku-hartze ona edo ezin hobe.
- 16-39 puntu: Esku-hartze hala moduzkoa, eta zer hobetu beharreko kontu asko.
- 15 puntu edo gutxiago: Esku-hartze txarra edo ezin txarragoa, eta hobetzeko tarte gutxi.



212. irudia. Erresistentzia-proba. Iturria: P. Cornellini

8.4 Aplikazio-mugak

Natur Bioingeniaritzak, kalkuluen eta egituren garapena hobetuz doan heinean gero eta aplikazio zabalagoa duen arren, oraindik ere mugak ditu, eta aitortu behar da teknika horiek ezin direla uniformeki aplikatu leku guztietan (Adam et al., 2008). Muga horiek batez ere eraikuntza-material biziak erabiltzearekin lotutako alderdi biologiko, tekniko eta denborazkoekin dute zerikusia (Menegazzi et al., 2014).

A- Landareekin lotutako muga biologikoak

Zenbait lekutan kondizioak ez dira egokiak goi-mailako landareak behar bezala garatu daitezen: landarediaren beraren altitude-mugengatik, ura oso kutsatuta dagoelako, basamortu-eremuak edo oso leku elkorrak direlako, etab.

Landare-material asko behar da obrak egiteko, baina beti ez dago eskuragarri jarduketa egin behar den lekuan edo inguruetan.

Lan egin den lekuaren testuingurua kontuan hartuz eta lortutako landaregarapenaren arabera, batzuetan bermatu egin behar da jarritako landareformazioak erregulartasunez mantenduko direla.

B- Muga teknikoak

Teknika bakoitzak aplikagarritasun mugatua du, eta, mendi-mazelaren kasuan, eta lekuaren ezaugarri geoteknikoen arabera eta maldaren arabera izango da.

Mazelak eta ezpondak landareen bidez egonkortzea lurzorua ren zati batean bakarrik lortu daiteke: sustraiak sar daitezkeen lurzoru-geruzan. Lurzorua ren sakoneko ezegonkortasuna zeharka baino ezin da saihestu; adibidez, landareen bidez ura drainatuz. Landarediak berak bakarrik metro bateko sakoneraraino egonkortsu dezakeela ematen da, eta, egituren laguntzaz, hiru metroko sakoneraraino irits daitekeela egonkortsu hori. Horretaz gain, malda ere muga

Teknika bakoitzak aplikagarritasun mugatua du, eta, mendi-mazelaren kasuan, eta lekuaren ezaugarri geoteknikoen arabera eta maldaren arabera izango da

izan daiteke. 70°-tik gorako maldetan landarediak ez du ia prezipitazioko urik jasotzen, eta, beraz, landareak garatu ahal izateko kondiziorik ez dago.

Bestalde, langile kualifikatuak eta trebatuak behar dira bioingeniaritzako obrak egiteko. Eskulanak eragin nabarmena du obren kostuan nahiz obren arrakastan, eta, jakina, proiektu guztietan adituen ikuskapen zientifiko eta tekniko serioa behar da.

C- Denborazko mugak

Sustraitu gabeko landare-zatiak erabiltzen dituzten teknika gehienak (aldaxkak, hagak, adarrak), baita sustrai biluziko landareak erabiltzen dituzten gehienak ere, geldialdi begetatiboko sasoiari aplikatu behar dira, eta hori, lekua non dagoen, urri-azarotik martxo-apirilera bitartean da. Sasoi horretatik kanpo, muskiltzearen emaitza askoz kaskarragoa izango da, eta horrek nabarmen baldintzatzen du landarediak mazela edo ezponda egonkortzeko funtzioa betetzea eta arrakasta izatea. Badira metodoak teknika horiek erabiltzeko denbora-tartea luzarazteko edo aste gutxi batzuk gehiago luzatzeko, hala nola hotzean kontserbatzea eta sustraitze-hormonak erabiltzea, baina horrelako metodoak kasu jakin batzuetan baizik ez erabiltzea da gomendinoa.

Obrak beste sasoi batzuetan egin behar izanez gero, landare-ontziko landareak erabili behar dira egituretarako, eta ziur aski lehen urtean laguntza gisa ureztatu egin beharko da, udaberri amaieratik uda amaierara arte.

Bestalde, emaitzak ez dira beti ikusten; izan ere, landaredia hazi arte ziklo bat edo bi itxaron behar da, eta gero, egoera natural batera itzulitakoan, baliteke egoera basa, kontrolgabe eta abandonatutzat hartzea zenbaitek. Bioingeniaritza benetan da eraginkorra, baina alderdi sozial eta politikoa ere landu behar da, jendartearen heziketa eta kontzientziatuz.

Laburpen modura, taula honetan adierazi ditugu Natur Bioingeniaritza obra zibilean erabiltzeak dituen abantailak eta eragozpenak (Menegazzi et al., 2014).

ABANTAILAK	ERAGOZPENAK
Egituren deformagarritasuna eta kaltetutako zatiak leheneratu ahal izatea.	Materialen artean hautatzeko aukera txikiagoa; ondo karakterizatuta egon ohi dira, adibidez, landareak.
Ingurunearen aldaketetara egokitzeko gaitasuna.	Diseinu-parametro ez hain zehatzak eta eraikuntza-prozedura ez hain normalizatuak.
Ingurumen-inpaktu txikiagoa eta, askotan, ingurumen-kalitate hobea.	Funtzionaltasun osoa lortzeko denbora gehiago behar izatea.
Oro har, merkeagoak izatea eta balantze energetiko hobea izatea.	Muga tekniko, biologiko eta denborazkoak; ingurumen-faktoreen eragin handiagoa.
Denborarekin funtzionaltasun handiagoa.	Esku-hartzea egin eta lehenbiziko urteetan modu erregularrean mantentze-lan batzuk eta jarraipena egin beharra (intentsitate gero eta txikiagoz).

Eskulanak eragin nabarmena du obren kostuan nahiz obren arrakastan, eta, jakina, proiektu guztietan adituen ikuskerapean zientifiko eta tekniko serioa behar da



9. ARAUDI OROKORRA

Kapitulu honetan, Natur Bioingeniaritzako teknikiei dagokienez eskuliburu honetan aipatutako arau nagusiak bilduko ditugu; batez ere, UNE arauak, NTJ arauak eta beste arau batzuk.

9.1 UNE

UNE arauak lurzoruari, agregakinei, harri-lubetei, geozuntzei eta tekniken kalkuluari buruzkoak dira.

UNE 103104. Determinación del límite plástico de un suelo.

UNE 103204. Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.

UNE 103205. Determinación del contenido de sales solubles de un suelo.

UNE 103406. Ensayo de colapso en suelos.

UNE 103601. Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.

UNE 146510. Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de inmersión en agua.

UNE 146510. Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de inmersión en agua.

UNE 146511. Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de los ciclos de humedad-sequedad.

UNE-EN 1997-1: Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico Parte 1: Reglas generales.

UNE-EN 1097-2. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 12370. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la cristalización de las sales.

UNE-EN 13383-1. Escolleras. Parte 1: Especificaciones.

UNE-EN 13383-2. Escolleras. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 1367-2. Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 2: Ensayo de sulfato de magnesio.

UNE-EN 1744-3. Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.

UNE-EN 1926. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a compresión.

UNE-EN 918. Geotextiles y productos relacionados. Ensayos de perforación dinámica (ensayo por caída de un cono).

UNE-EN ISO 10319. Geotextiles. Ensayo de tracción para probetas anchas.

UNE-EN ISO 11058. Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de las características de permeabilidad al agua perpendicularmente al plano sin carga.

UNE-EN ISO 12236. Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Ensayo de punzonado estático (ensayo CBR).

UNE-EN ISO 12956 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Determinación de la medida de abertura característica.

UNE-ENV ISO 10722-1 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Procedimiento para simular el deterioro durante la instalación. Parte 1: instalación en materiales granulares.

UNE-EN 1995-1-1: 2016. Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación. AENOR, 2016.

9.2 NTJ ARAU TEKNOLOGIKOAK

FUNDACIÓ DE LA JARDINERIA I EL PAISATGE FUNDAZIOAREN LOREZAINZAKO ETA PAISAJISMOKO ARAU TEKNOLOGIKOAK.

NTJ 12S. Parte 6 Técnicas mixtas de estabilización aplicables en ámbitos fluvial.

NTJ 02A: 2005. Acopio de tierra vegetal de obra.

NTJ 07A:2007. Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. Calidad general del material vegetal.

NTJ 07D:1996. Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. Suministro del material vegetal. Árboles de hoja caduca.

NTJ 07E:1997. Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. Suministro del material vegetal. Árboles de hoja perenne.

NTJ 07F:1998. Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. Suministro del material vegetal. Arbustos.

NTJ 07I:1995. Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. Suministro del material vegetal. Trepadoras.

NTJ 07C:1995. Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. Suministro del material vegetal. Coníferas y resinosas.

NTJ 07V. Plantas autóctonas para revegetación.

NTJ 12S Parte 1. Obras de bioingeniería del paisaje: Técnicas de protección superficial del suelo.

NTJ 12S Parte 2. Obras de bioingeniería del paisaje: Técnicas de estabilización de suelos.

NTJ 12S Parte 4:2015. Obras de bioingeniería del paisaje: Técnicas mixtas de estabilización de taludes.

NTJ 12S Parte 5. Obras de bioingeniería del paisaje: Técnicas de revestimiento y estabilización aplicables en ámbitos fluviales.

9.3 BESTELAKOAK

IAP-11. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carre-tera (IAP-11), Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento Orden FOM /2842/ 2011.

DIN 18918. Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen - Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen, 2002.

NLT-35.7 Ensayo de carga con placa.

NORMA 5.2 - IC. Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

A photograph of a forest floor. In the foreground, there are several large, weathered logs lying horizontally. The ground is covered with a dense layer of green, leafy shrubs and small plants. In the background, tall, thin trees with bare branches are visible against a light sky. A semi-transparent green rectangular box is overlaid on the right side of the image, containing the text "10. BIBLIOGRAFIA".

10. BIBLIOGRAFIA

10.1 ERREFERENTZIA OROKORRAK

ADAM, P., DEBIAIS, N., GERBER, F. & LACHAT, B. (2008). *Le génie végétal : un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques*. Paris : ministère de L'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

AUTORES VARIOS. (1992). *Primeras Jornadas de Bioingeniería*. Fuenterrabía: AEIP.

AUTORES VARIOS. (1995). *I Congreso de la Asociación Española de Ingeniería del Paisaje - Libro de Ponencias*. Granada: Ed. Adhara, S.L.

AUTORES VARIOS. (1999). *III Congreso de la Asociación Española de Ingeniería del Paisaje - Libro de Ponencias*. Bilbao: AEIP.

AUTORES VARIOS. (1993). *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Bologna: Regione Emilia-Romagna e Regione del Veneto.

AUTORES VARIOS. (2007). *V Congreso de la Asociación Española de Ingeniería del Paisaje - Libro de Ponencias*. Almonte (Huelva): AEIP.

AUTORES VARIOS. (2009). *VI Congreso de la Asociación Española de Ingeniería del Paisaje - Libro de Ponencias*. Girona: AEIP.

AUTORES VARIOS (2005). *VI Congreso de la Asociación Española de Ingeniería del Paisaje - Libro de Ponencias*. Pamplona: AEIP.

CORNELINI, P. & FERRARI, R. (2008). *Manuale di Ingegneria Naturalistica per le scuole secondarie*. Roma: Regione Lazio.

CORNELINI, P., SAULI G. (2015). *Compendio di Ingegneria Naturalistica per docenti e professionisti: analisi casistica ed elementi di progettazione*. Regione Lazio.

DE ANTONIS, L., MOLINARI, V. (2003) *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica*. Regione Piemonte, Torino.

FERRARI, R. (2008). *Quaderni di cantiere. Volume 17: Materiali*. Roma: Regione Lazio.

FLORINETH, F. (2004) *Pflanzen statt Beton. Handbuch für Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik* Patzer Verlag. Berlin-Hannover

SAULI, G., CORNELINI, P., PRETI, F. (2005). *Manuale d'Ingegneria Naturalistica. VOLUME 3. Sistemazioni dei versanti*. Regione Lazio, Roma.

GRAY, D. H. & SOTIR, R. B. (1995). *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization. A Practical Guide for Erosion Control*. New York: John Wiley & Sons, INC.

GRAY, D. H., SOTIR, R. B. (1996). *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization*. Wiley. New York. p 276.

NORRIS, J., STOKES, A., MICKOVSKI, S., CAMMERAAAT, E., VAN BEEK, R., NICOLL, B., et al. (2008). *Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions*. Springer, Doordrecht, The Netherlands. Páginas con datos de resistencia media a tracción. pp 87– 90.

SANGALLI P. (2019). *Manual de Bioingeniería fluvial en ámbito cantábrico*. Proyecto Interreg Poctefa - H2O-Gurea. Gobierno de Navarra.

SANGALLI P, FERNANDES J.P., TARDÍO G. *Soil and Water Bioengineering as Natural Based Solutions*. C. Catalano et al. (eds). Springer Verlag Future City Urban Serices to Ecosystems. http://doi.org/10.1007/978-3-030-75929-2_17.

SANGALLI, P. et al. (2010). *Curs de formació en tècniques de bioenginyeria del sòl*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge.

SANGALLI, P. et al. (2010). *Curso sobre bases para proyectar las técnicas de ingeniería biológica*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona/Asociación Española de Ingeniería del Paisaje (AEIP).

SCHIECHTL, HM. (1992) *Naturnaher Erdbau mit Ingenieurbiologischen Bauweisen Österreichischer Agrarverlag Wien Schiechteln U.1980 Bioengineering in land reclamation and conservation*. The university of Alberta Press, Alberta.

SCHIECHTL, HM., BERGMANN, W. (1994) *Ingenieurbiologie, Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau*. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, pp 55–61 and 85–130.

SCHIECHTL, H. M. & STERN, R. (1992). *Ingegneria naturalistica. Manuale delle opere in terra*. Feltre: Ed. Castaldi.

SOBOTIK, M., EBERWEIN, R.K., BODNER, G., STANGL, R., LOISKANDL, W. (2020). *Pflanzenwurzeln*. DLG Verlag 316 páginas. ISBN 978-3-7690-0855-5.

TARDÍO, G., (2013). *Metodología de integración del análisis de erosión de lecho y orillas con el análisis de estabilidad de taludes. Posibles aplicaciones prácticas en los proyectos y obras de restauración fluvial*. “Montes, Revista de Ámbito Forestal”, Nº 112. pp 14 - 19. ISSN: 0027-0105

SAULI, G. *Manuale D'Ingegneria Naturalistica , volume 2*.

TRON, S., DANI, A., LAIO, F., PRETI, F., RIDOLFI, L. (2014). *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 14, EGU2012-10739, 2012. EGU General Assembly 2012.

USDA. (1992). *Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction*. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Chapter 18 Engineering Field Handbook Part 650.

ZEH, H. (2007). *Ingeniería biológica. Manual técnico*. Zurich: Federación Europea de Ingeniería del Paisaje (EFIB-European Federation of Soil and Water Bioengineering).

10.2 ERREFERENTZIA ESPEZIFIKOAK**10.2.1 Atala: 4.3.1 Material biziak eta propietate bioteknikoak**

BISCHETTI, G.B., CHIARADIA, E.A., SIMONATO, T., SPEZIALI, B., VITALI, B. , VULLO, P. & ZOCCO, A. (2005). *Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy*. Plant and Soil 278. pp 11-23.

BÖHM, W. (1979). *Methods of Studying Root Systems*. Springer Verlag. Berlin, p 275.

CODER, KIM D. (2014). *Tree Anchorage & Root Strength*. University of Georgia Warnell School of Forestry & Natural Resources monograph publication WSFNR14-9. p 67.

CORNELINI, P., FEDERICO, C., PIRRERA, G. (2008). *Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica*. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali, Azienda Regionale Foreste Demaniali Regione Siciliana, Collana Sicilia Foreste, n. 48.

DE BAETS, S., POESEN, J., REUBENS, B., WEMANS, K. DE BAERDEMAEKER, J. MUYS, B. (2008). *Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength*. Plant Soil 305. pp 207–226.

LAIO, F., D'ODORICO, P., RIDOLFI, L. (2006). *An analytical model to relate the vertical root distribution to climate and soil properties*. Geophysical Research Letters, 33: L18401.

NORRIS, J.E. (2005). *Root reinforcement by hawthorn and oak roots on a highway cut-slope in Southern England*. Plant and Soil 278:43-53.

PRETI, F., DANI, A., LAIO, F. (2010). *Root profile assessment by means of hydrological, pedological and above-ground vegetation information for bio-engineering purposes*. Ecol. Eng. pp 36, 305–316.

RUIZ DE LA TORRE, J. (1990). (ed) *Catálogo de especies vegetales a utilizar en plantaciones de carreteras*. Madrid. MOPU.

S. DE BAETS & J. POESEN & B. REUBENS & K. WEMANS & J. DE BAERDEMAEKER & B. MUYS. (2008). *Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength*. Plant Soil. 305. pp 207–226.

SCHWARZ, M., COHEN, D., OR, D., 2010. Root–soil mechanical interactions during pullout and failure of root bundles. J. Geophys. Res. 115 doi: [http://dx.doi.org/ 10.1029/2009JF001603](http://dx.doi.org/10.1029/2009JF001603) F04035.

TUTIN, T.G. et al. (1964-1980) (eds.) *Flora Europaea*. 5 vol. Cambridge University Press, Cambridge.

TARDÍO, G., GONZÁLEZ-OLLAURI, A., MICKOVSKI, S. B., (2016). *A non-invasive preferential root distribution analysis methodology from a slope stability approach*. J. Ecol. Eng. 97, 46–57.

TARDIO, G., MICKOVSKI, S.B. (2015). *Method for synchronisation of soil and root behaviour for assessment of stability of vegetated slopes*. J. Ecol. Eng. 82,222–230, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.101>.

WALDRON, L.J. (1977). *The shear resistance of root permeated homogeneous and stratified soil*. J. Soil Sci. Soc. Am. 41, 843–849.

WU, H., MCKINNELL, W., SWANSTON, D. (1979). *Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island*. Alaska. Can. Geotech. J. 16 (1), 19–33.

10.2.2 Atala: 6.4 Konponbideak kalkulatzeko eta justifikatzeko metodologia

BRANDL, H. (1987). *“Konstruktive Hangsicherungen, Sonderdruck aus dem Grundbautaschenbuch” Dritte Auflage, Teil 3*. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, pp. 357–375.

FERNANDES, J.P., GUIOMAR, N. (2016). *Simulating the stabilization effect of soil bioengineering interventions in Mediterranean environments using limit equilibrium stability models and combinations of plant species*. Ecological Engineering 88, pp122–142.

GREENWOOD, J.R. (2006). *SLIP4EX – A program for routine slope stability analysis to include the effects of vegetation, reinforcement, and hydrological changes*. Geotechnical and Geological Engineering 24: pp 449-465.

JOHANSEN, K.W. (1949). *Theory of timber connections*. International Association of Bridge and Structural Engineering. Publication N°9 pp 249-262. Bern.

MENEGAZZI, G, PALMERI, E. (2013). *Il dimensionamento delle opere di Ingegneria Naturalistica*. Direzione Infrastrutture, Ambiente e Politiche Abitative. Regione Lazio.

TARDÍO, G., MICKOVSKI, S. B. (2016). *Implementation of eco-engineering design into existing slope stability design practices*. J. Ecol. Eng. 92, 138–147.

TARDÍO, G., MICKOVSKI, S.B., SANGALLI, P. (2019). *Incorporating the particularities of soil and water bioengineering works into a design methodology with monitoring feedback loops*. Advances in Engineering Materials, Structures and Systems: Innovation, Mechanics and Applications-Zingoni. (Ed.). Taylor & Francis Group. London, ISBN 978-1-138-38696-9. pp 2376-2381.

TARDÍO, G.; MICKOVSKI, S.B. (2023). *A Novel Integrated Design Methodology for Nature-Based Solutions and Soil and Water Bioengineering Interventions: The Tardio&Mickovski Methodology*. Sustainability 2023, 15, 3044. <https://doi.org/10.3390/su15043044>. Artículo descargable desde: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/3044>.

TAYLOR, D.W. (1948). *Fundamentals of Soil Mechanics*. Wiley.

10.2.3 Atala: 7.1 Estaltze-teknikak

HERRI LAN -Hidrosiembras o siembras en húmedo tipo H1. Diputación Foral de Bizkaia.

HERRI LAN -Hidrosiembras o siembras en húmedo tipo H2. Diputación Foral de Bizkaia.

POCH, R. M. (1993). *Tècniques de conservació dels sòls*. Lleida: Universidad de Lleida.

SEMILLAS FITÓ, S.A.U. (2013). *Áreas verdes, césped profesional 2013-2014*.

THOMAS, R.; CHEVIGNY, Y. (1990). *L’encyclopédie des gazons*. Société Française des Gazons. Éd. S.E.P.S., Boulogne.

10.2.4 Atala: 7.2 Egonkortze-teknikak. 7.2.2 Adar-sortak

DIDIER, M., EVETTE, A., SCHMITT, E., LEBLOIS, S., JAYMOND, D., EVETTE, J-B., MIRA, E., RAYMOND, P., FROS-SARD, P-A & VIVIER, A. (2023). *Les fascines de ligneux en génie végétal. Guide technique par l’Office Français de la Biodiversité avec l’Institut National de Recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement*. 74 pages.

10.2.5 Atala: 7.3 Teknika mistoak. 7.3.9 Harri-lubeta landatua

MITECO. (2006). *Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera*. Ministerio de Fomento.

10.2.6 Atala: 7.4 Egur-hormen kalkuluak

ACHARYA, M.D. (2017). *Analytical approach to design vegetative crib walls*. Geotech Geol Eng (2018) 36:483–496 <https://doi.org/10.1007/s10706-017-0342-5>.

ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., ARRIAGA MARTITEGUI, F, MARTÍNEZ CALLEJA, J.J. (2000). *Estructuras de madera: diseño y cálculo*. AITIM. ISBN: 84-87381-17-1.

NATURALEA-S. L. *Cálculo de la estructura Loricata*.

