



**I/2005 LEGEA,  
LURZORUA EZ  
KUTSATZEKO ETA  
KUTSUTATUTAKO  
GARBITZEKO**

**LURPEKO  
BILTEGIRATZE-  
TANGEK LURZORUAN  
SORTZEN DUTEN  
POLUZIOA  
EBALUATZEKO ETA  
KUDEATZEKO**

**GIDA TEKNIKO**



**EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO**

INGURUMEN ETA LURRALDE  
ANTOLAMENDU SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE  
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



**IHOBE**  
Ingurumen Jurbikuntza Sozietate Publikoa  
Sociedad Pública de Gestión Ambiental

## **IHOBE**

**Lurpeko biltegirotze-tangek lurzoruan sortzen duten poluzioa ebaluatzeko  
eta kudeatzeko gida teknikoa**



## AURKEZPENA

Euskal Autonomia Erkidegoan lurzorua babesteko politika martxan jarri zenetik, lurzoru poluituak ikertzeko garaian aplikatzeko gida metodologiko eta teknikoak editatu ditu Ingurumen Sailburuordetzak, IHOBE, S.A. Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoaren bidez. Azken urteotan egin diren ikerketek agerian utzi dute baliabide tekniko horien erabilgarritasuna, eta lurzoru eta lurpeko ur poluituek eragiten duten ingurumen-arazoari buruzko esperientzia handia metatzeko aukera eman dute.

Ingurumen-arazo hori eta haren hedadura ikusita, *Garapen Iraunkorraren Euskal Ingurumen Estrategiaren (2002-2020)* helburu nagusia da lurzoruak garbi egon daitezen bermatzea, eta, horien kalitatea hobetzeari eman zaio lehentasuna. Hori dela eta, lurzoruak berreskuratzeko konpromiso zehatzak hartu dira, besteak beste.

Otsailaren 27ko 3/98 Legea (Euskal Autonomia Erkidegoko Ingurumena Babesteari buruzko Lege Orokorra) onartzeak gai hori tratatzeko oinarriak finkatzeko aukera eman zuen, eta onartu berri den otsailaren 4ko 1/2005 Legeak (Euskal Autonomia Erkidegoko lurzorua ez kutsatzeko eta kutsatutakoa garbitzeko legea) estaldura legala emango die gai horri buruz egingo diren jardueri.

Adierazitakoarekin lotuta, Industria, Merkataritza eta Turismo Sailarekin laguntzarekin, *“Lurpeko biltegitratze-tangek lurzoruan sortzen duten poluzioa ebaluatzeko eta kudeatzeko gida”* tekniko hau egin dugu. Tanga horiek lurzoruaren poluzio-gune nagusiak direla egiaztatzeak eragin du gidaliburu berri hau horietara mugatzea. Baina gidaliburua lehendik editatuta dauden dokumentuekin osatu dugu, dagozkion ingurumen-alderdiekin eta alderdi teknikoekin lotuta segitu beharreko irizpideak ezartzeko.

Gainera, gidaliburuan poluzio-kasu gehiago ez agertzeko prebentzio-neurri nagusiei buruzko informazioa ematen da, baita lur azpian tanga berriak ezartzeko ingurumen-irizpideak ere. Dokumentu tekniko eraginkorra eduki nahi da, legearen helburuak kontuan hartuta, lurzoru gehiago poluitzea galaraziko duena eta lurzoruan eta lurpeko uretan dagoen poluzioa ebaluatzeko eta kudeatzeko erraztasunak emango dituena.



**Esther Larrañaga**

Ingurumen eta Lurralde  
Antolamendu Sailburua



<b>1. SARRERA</b> .....	9
<b>2. GIDAREN HELBURUAK ETA EGITURA</b> .....	11
<b>3. IKUSPEGI OROKORRA</b> .....	13
3.1 SARRERA .....	13
3.2 LEGEZKO BETEBEHARRAK ETA BETEBEHAR TEKNIKOAK.....	14
3.3 JARDUTEKO ESTRATEGIA OROKORRA.....	14
3.4 EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO IKUSPEGIA.....	15
<b>4. LURZORUAREN ETA LURPEKO UREN POLUZIOA IKERTZEKO IRIZPIDEAK</b> .....	21
4.1 AZTERKETA HISTORIKOA EGITEA.....	21
4.2 INGURUNE FISIKOAREN AZTERKETA.....	23
4.3 HASIERAKO EREDU KONTZEPTUALA DEFINITZEA.....	25
4.3.1 <i>Iturriari buruzko elementuak</i> .....	27
4.3.1.1. Petrolioaren deribatuak.....	30
4.3.1.2. Erabilera industrialeko disolbatzaileak.....	30
4.3.2 <i>Garraio- eta migrazio-ibilbideei buruzko elementuak</i> .....	31
4.3.2.1. Konposatuko karbono-atomoen kopurua.....	32
4.3.2.2. Konposatuen mugikortasuna.....	34
4.3.2.3. Konposatu oxigenatuen presentzia.....	34
4.3.2.4. Konposatuaren lurrunkortasuna.....	35
4.3.2.5. Hainbat produkturen biodegradazioa eta karakterizazioa.....	36
4.3.2.6. Lurpean hainbat poluitzaile konbinatuta egotea.....	40
4.3.2.7. Poluitzaileak sakabanatzeko bideak.....	41
4.3.3 <i>Esposizio-bideei buruzko elementuak</i> .....	42
4.3.4 <i>Hartzaile potentzialei buruzko elementuak</i> .....	42
4.4 LAGINKETA-ESTRATEGIAREN DISEINUA.....	43
4.4.1 <i>Esplorazio-ikerketak</i> .....	45
4.4.1.1. Lurzoruko aire interstiziala.....	47
4.4.1.2. Lurzoruak.....	49
4.4.1.3. Lurpeko urak.....	50
4.4.1.4. Bestelako bitartekoak.....	50
4.4.2 <i>Ikerketa xehatua</i> .....	51
4.4.2.1. Lurreko aire interstiziala.....	51
4.4.2.2. Lurzoruak.....	52
4.4.2.3. Lurpeko urak.....	53
4.4.2.4. Bestelako bitartekoak.....	54
4.5 ANALISI KIMIKOKO PROGRAMAREN DISEINUA.....	54
4.6 LAGINAK HARTZEA.....	58
4.6.1 <i>Lurzoruko aire interstiziala</i> .....	58
4.6.2 <i>Lurzoruak</i> .....	58
4.6.3 <i>Lurpeko urak</i> .....	59
4.6.4 <i>Produktu askea</i> .....	60
4.7 NEURKETAK <i>IN SITU</i> EGITEA.....	61
4.7.1 <i>Konposatu organikoak neurtzeko ekipamenduak</i> .....	61
4.7.1.1. Fotoionizazio-detektagailua (PID).....	61
4.7.1.2. Sugar-ionizazioaren detektagailua (FID).....	62
4.7.1.3. Gasen kromatografoa.....	62
4.7.1.4. Kolorimetria-testak eta immunoanalisi-testak.....	62
4.7.2 <i>Leherkortasuna neurtzeko ekipamenduak</i> .....	62
4.7.3 <i>Bestelako neurketa-ekipamenduak</i> .....	63
4.7.4 <i>Fase ez-disolbagarrien lodiera neurtze</i> .....	63

4.8	IKERKETAREN EMAITZEN EBALUAZIOA .....	64
4.9	“BESTE EBALUAZIO-IRIZPIDE BATZUK” KONTZEPTUAREN DEFINIZIOA.....	66
4.9.1	<i>Lurpeko eta lur gaineko urak</i> .....	66
4.9.2	<i>Beste ebaluazio-irizpide batzuk</i> .....	67
<b>5.</b>	<b>ARRISKUAK EBALUATZEKO ETA KUDEATZEKO IRIZPIDEAK</b> .....	<b>71</b>
5.1	ARRISKUEN EBALUAZIOA.....	71
5.2	ARRISKUEN EBALUAZIO KONTZEPTUALA ETA KUALITATIBOIA EGITEKO JARRAIBIDEAK .....	73
5.3	ARRISKUEN KUDEAKETA .....	80
<b>6.</b>	<b>TRATAMENDURAKO TEKNOLOGIAK AUKERATZEKO IRIZPIDEAK</b> .....	<b>83</b>
6.1	SARRERA .....	83
6.2	DESKONTAMINAZIO-TEKNOLOGIAK .....	88
6.2.1	<i>Aire-erazketa / bioaireztapena</i> .....	88
6.2.2	<i>Air Sparging-a</i> .....	91
6.2.3	<i>Ponpaketa eta tratamendua</i> .....	93
6.2.4	<i>Fase anitzeko erazketa (Bioslurping-a)</i> .....	96
6.2.5	<i>Landfarming-a</i> .....	98
6.2.6	<i>Biopilak</i> .....	100
6.2.7	<i>Konpostajea</i> .....	102
6.2.8	<i>Desortzio termikoa</i> .....	103
6.3	EUSTE-TEKNOLOGIAK .....	105
6.3.1	<i>Hesi hidraulikoak</i> .....	105
6.3.2	<i>Euste-pantailak</i> .....	107
6.4	BESTELAKO TEKNOLOGIAK.....	110
6.4.1	<i>Indargabetze natural monitorizaturia</i> .....	110
6.4.2	<i>Biorremediazio estimulatua</i> .....	112
6.5	TEKNOLOGIEN EBALUAZIO KONPARATUA.....	113
<b>7.</b>	<b>ISURIAK PREBENITZEA ETA DETEKTATZEA</b> .....	<b>117</b>
7.1	EUROPAKO ARAU-EGOERA .....	117
7.2	KONTROL- ETA EUSTE-NEURRIAK .....	117
7.2.1	<i>Sarrera</i> .....	117
7.2.2	<i>Euste-bitartekoak</i> .....	117
7.2.3	<i>Isuriak detektatzeko sistemak</i> .....	122
7.3	KONTROL- ETA EUSTE-NEURRIAK APLIKATZEKO IRIZPIDEAK .....	126
<b>8.</b>	<b>TANGA BERRIAK INSTALATZEKO IRIZPIDEAK</b> .....	<b>129</b>
8.1	SARRERA .....	129
8.2	INGURUMEN-HELBURUA.....	129
8.3	INGURUNEAREN KALTEBERATASUN-MAILA .....	130
8.4	APLIKATU BEHARREKO KONTROL- ETA EUSTE-BITARTEKOEN DEFINIZIOA .....	131
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>133</b>

## Irudien aurkibidea

1. irudia:	Lurpeko tangetatik hidrokarbuo-isuriak gertatzearen kausak.....	13
2. irudia:	Lurzoru poluituetan jarduteko moduari buruzko eskema orokorra.....	16
3. irudia:	Lurpeko biltegitratze-tangetatik isuritako likidoek poluitutako lurzoruetan jarduteko moduari buruzko eskema orokorra.....	19

4. irudia: Azterketa historikoan egiaztatu beharreko lurpeko tangei buruzko xehetasun teknikoak .....	22
5. irudia: Lurpeko tangei buruzko datu historikoak eskuratzeko informazio-iturriak .....	23
6. irudia: Eredu kontzeptual baten irudikapen grafikoaren adibidea.....	26
7. irudia: Karbono-katearen mailaren eta petrolio-produktuen arteko erlazioa .....	27
8. irudia: Hainbat produkturen kromatograma estandarrak.....	29
9. irudia: Gasolioa/gasolina nahasturaren kromatograma, 9:1 proportzioan gutxi gorabehera.....	30
10. irudia: Likido batek hainbat iragazkortasun-geruza dituen sistema detritiko batean eta sistema karstiko batean nola migratzen duen azaltzen duten ereduak.....	32
11. irudia: Gasolina isuritakoan maiz sortzen den gradiente kimikoa .....	34
12. irudia: Gasolinaren eboluzioa lurrunketa-aldi batean.....	35
13. irudia: B+T/E+X erlazioak denboran izandako eboluzioa.....	37
14. irudia: Ohiko gasolio berria (A) eta ohiko moduan degradatutako gasolioa (B) erakusten duten kromatogramak. Degradatutako gasolioa lurzoruko lagin batean aurkitu zen, eta isuriak 22 urteko antzinatasuna zuen .....	39
15. irudia: LNAPL baten eta DNAPL baten portaeraren arteko ezberdintasuna akuifero batean.....	41
16. irudia: Gasolina-zerbitzugune bateko lurrun organikoei buruzko ikerketaren emaitzak.....	46
17. irudia: Lurzoruen esplorazio-ikerketaren planteamendua eta emaitzak .....	48
18. irudia: Lurpeko uren laginketaren emaitzak esplorazio-ikerketan.....	49
19. irudia: Ikerketa xehatuaren emaitza .....	52
20. irudia: Kokapen-ebakidurak; I-I' erregai-tangetan eta II-II' TCE duten tangetan .....	53
21. irudia: Trikloroetilenoaren (TCE) eta perkloroetilenoaren (PCE) degradazio naturalaren kateak .....	57
22. irudia: LNAPL (A) eta DNAPL (B eta C) motako produktuen faseen laginketarako ekipamendu egokiei buruzko adibideak.....	60
23. irudia: Ingurumen-arriskuei buruzko eredu bat garatzeko fluxu-diagrama.....	74
24. irudia: Lurpeko tanga baten poluziogune bati buruz erabakiak hartzeko eskema.....	84
25. irudia: Aplikatu beharreko saneamendu-teknologia baldintzatzen duten ezaugarriak.....	86
26. irudia: Bioaireztapenaren eskema .....	88
27. irudia: Air sparging-aren eskema.....	91
28. irudia: Ponpaketaren eta tratamenduaren eskema.....	94
29. irudia: Bioslurping-aren eskema .....	96
30. irudia: Landfarming-aren eskema .....	98



31. irudia: Biopila baten eskema.....	101
32. irudia: Desortzio termikoko instalazio baten eskema.....	104
33. irudia: Hesi hidrauliko baten eskema.....	106
34. irudia: Euste-pantaila baten eskema.....	108
35. irudia: Tanga baten barruko inprimazioa.....	118
36. irudia: Babes katodikoa anodo suntsigarri bidez (irudia eta adibide erreala).....	119
37. irudia: Korronte inprimatu bidezko babes katodikoa.....	120
38. irudia: Maila freatikoren sakonerak tangaren kokapenean duen efektua.....	120
39. irudia: surketen aurkako gailuen adibideak. A) Ponpa bidezko atxikipen-sistema duen karga-hartunea; B) Drainatze bidezko atxikipen-sistema duen karga-hartunea; C) Betelana automatikoki geratzeko gailua; D) Haizatzte-sistemari egokitutako flotagailua; E) Gainkarga-alarma.....	121
40. irudia: Ontzi baten barruko <i>buzo-tutu</i> kontzeptuaren eskema (ezkerraldean) eta lurpean lurrun organikoak detektatzeko gailuei buruzko eskema (eskuinaldean).....	122
41. irudia: Lurpean lurrun organikoak detektatzeko zunden adibidea.....	123
42. irudia: Fase aske gainjalkineko produktua detektatzeko <i>kontrol-putzu</i> kontzeptuaren eskema.....	123
43. irudia: Kontrol-putzu baten ohiko eskema.....	124
44. irudia: Disolbagarri kloratuentzako maila anitzeko piezometro baten ohiko eskema.....	125
45. irudia: Azaldutako kontrol-neurrien laburpena; hermetikotasun-probak, tutuerietako isurien detektatutako automatikoak, salmentak eskuz/automatikoki bat etorraraztea, eremu interstizialaren kontrola (lurrunak edo likidoak), lurrun organikoen neurgailuak eta kontrol-putzuak instalatzea.....	125

### Taulen aurkibidea

1. taula: Hasierako eredu kontzeptuala osatzeko kontuan hartu beharreko faktoreak.....	26
2. taula: Hainbat parametro fisikoren balioak zazpi hidrokarburorentzat.....	33
3. taula: Irakite-tenperaturaren mailak hainbat petrolio-produktutan.....	34
4. taula: Ikerketaren adibide gisa hartu den kokalekuko tangei buruzko datu historikoak.....	45
5. taula: Olio mineralak aztertze gomendatutako hidrokarbu-kateen maila.....	56
6. taula: Lurpeko tangen isuriak ikertzeko gomendatutako analisiari buruzko eskema.....	57
7. taula: Lurpeko uretarako erreferentzia gisa erabiltzen diren Herbehereetako balioen laburpena ( $\mu\text{g/L}$ ).....	66

8. taula: Estatuko legerian helburu gisa ezarritako kalitate-balioak ( $\mu\text{g/L}$ ).....	67
9. taula: Beste ebaluazio-irizpide batzuen (BEIB) zerrenda 21 konposaturentzat.....	68
10. taula: Lurpeko tangek sortutako poluzioaren ondorioz kaltetutako lurzorua eta lurpeko urak berreskuratzeko teknologia.....	87
11. taula: Saneamendu-tekniken ezaugarriei buruzko laburpena.....	114
12. taula: Ingurunearen kalteberatasun-mailaren arabera aplikatu beharreko kontrol- eta euste-neurrien zerrenda .....	131

### Eranskinak

I. eranskina: Lurpeko biltegitze-instalazioen arau-betebeharrak.....	137
II. eranskina: Arriskuak ebaluatzeko eta kudeatzeko metodologiaren laburpena.....	147
III. eranskina: Euskal Autonomia Erkidegoko ingurune fisikoaren ezaugarri hidrogeologikoak .....	159
IV. eranskina: Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluazio sinplifikatua.....	169
V. eranskina: Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluazio sinplifikatua.....	177
VI. eranskina: Deskontaminazio-teknologiaren aurkezpen-fitxak .....	187



## 1. SARRERA

Dagoeneko esperientzia handia dugu lurzoruaren eta lurpeko uren poluzioaren arloan, eta esperientzia horrek erakutsi du hainbat industria- eta zerbitzu-sektorek lurpean lehengaiak, material osagarriak edo produktuak biltegitratzean, lurzoruaren eta lurpeko ur horien kalitateari kalte egiten zaiola.

Adibidez, erregaiak (petroliotik datozen hidrokarburoak) edo disolbagarriak biltegitratzeko lurpeko instalazioek hainbat eta hainbat poluzio-kasu eragin dituzte –identifikatutakoak batzuk eta ustezkoak besteak–, eta, ondorioz, ingurumenaren arloko agintari eskudunek arreta handia jarri dute biltegitratze-mota horietan.

Euskal Autonomia Erkidegoan ere bada eskarmenturik arlo horretan. Hori dela eta, Eusko Jaurlaritzako Ingurumen Sailburuordetzak –IHOBE SAre bidez– gai hori sakontzeko beharra ikusi du. Hala, gida tekniko bat egin du poluzio-kasu horiek ebaluatzeko eta kudeatzeko balio duten irizpideak emateko.

Dena den, ez dira ahaztu behar IHOBEk orain arte lurzoruaren kalitateari buruzko ikerketarako argitaratutako dokumentuak. Dokumentu horiek funtsezkoak dira, batetik, Euskal Autonomia Erkidegoko Lurzoruaren Poluzioa Prebenitzeko eta Zuzentzeko 1/2005 Legean agertzen direlako eta, bestetik, dokumentu horietan hainbat lanetarako protokoloak ezartzen dituztelako (poluzioaren ikerketa, arriskuen ebaluazioa, ebaluazioko balio adierazleak...). Protokolo horiek aplikagarri dira lurpeko biltegitratze-tangen arazoan ere, orokorrean zein arlo berezi batzuetan.

Gida hau egiterakoan, aipatutako dokumentu horiek eta azken urteetan pilatutako esperientzia baliatu dira lurpeko biltegitratze-tangekin lotuta dauden alderdi teknikoei eta ingurumen-alderdiei buruzko irizpideak ezartzeko.

Bestalde, ahalik eta gidarik osatuena egin nahi izan dugu, etengabe beste dokumentu batzuetan begiratu beharrik izan gabe irakurri ahal izango dena. Baina gidan landutako gai batzuk hain dira zabal eta konplexuak, ezinezko egiten baitute helburu hori erabat betetzea. Beraz, arlo konplexu horiei buruzko sarrera bat besterik ez du egiten gidak, eta, gehiago sakondu nahi izanez gero, bibliografian begiratu behar da.



## 2. GIDAREN HELBURUAK ETA EGITURA

Lurpeko tangek sortzen duten lurpeko poluzioaren arazoari aurre egiteko berariazko irizpide metodologiko eta teknikoak ematea, horixe da gida honen helburu nagusia. Gida honetan ematen diren irizpideek aurreko gidetan ezarritakoak osatzen dituzte. Irizpide horiek ematerakoan, arreta berezia jarri da arlo hauetan:

- Biltegiratze-tangetan dauden substantziek sortutako lurzorua eta lurpeko uren poluzioa ebaluatzea.
- Biltegiratze-tangek sortutako poluzioak eragindako arriskuak ebaluatzea eta kudeatzea.
- Kaltetutako baliabideak berreskuratzeko teknologiak aukeratzea, beharrezkoa denean.
- Lurpeko tangetan edo inguruan isuriak egon daitezen prebenitzea.

Gida berri honek bat egiten du dagoeneko argitaratutako protokoloetan agertzen diren jarraibideekin, eta planteamendu eta orientabide guztiz praktikoak erabiltzen ditu. Hala, edukiak azaltzeko modua zaindu da, errazago ulertu eta erabili ahal izateko.

Aipatutako helburuak bete ahal izateko, honela banatu dira gidaren edukiak:

- Arazoaren ikuspegi orokorra (3. kapitulua).
- Lurzorua eta lurpeko uren poluzioa ikertzeko irizpideak (4. kapitulua).
- Arriskuak ebaluatzeko eta kudeatzeko irizpideak (5. kapitulua).
- Tratamendurako teknologiak aukeratzeko irizpideak (6. kapitulua).
- Isuriak prebenitzea eta detektatzea (7. kapitulua).
- Tanga berriak instalatzeko irizpideak (8. kapitulua).

Finalmente, los anexos incluidos en esta guía ilustran y apoyan los temas desarrollados en los distintos capítulos.



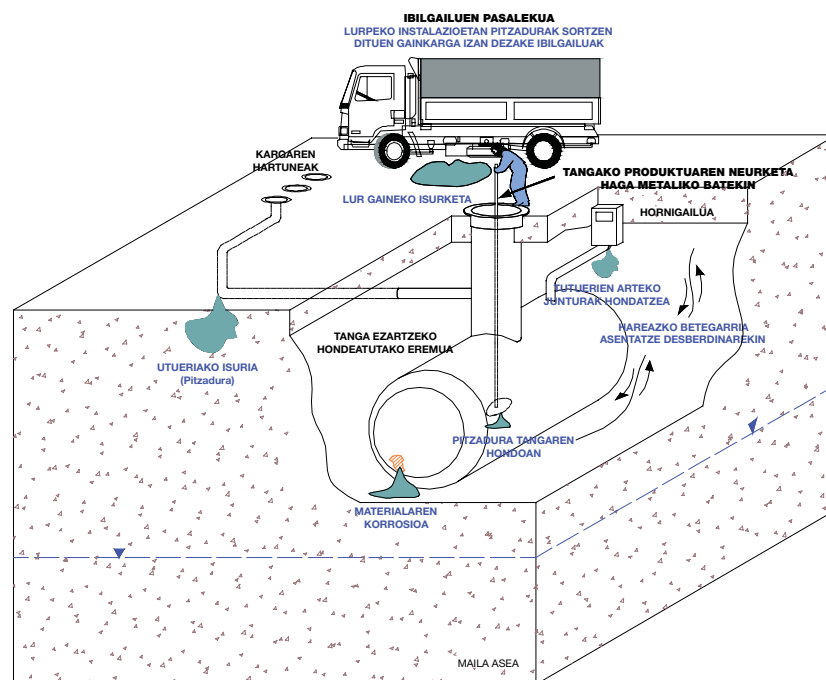
### 3. IKUSPEGI OROKORRA

#### 3.1 SARRERA

Hauek dira lurpeko tangetan biltegitratutako substantziek lurzoruan eta lurpeko uretan eragiten duten poluzioaren kausa nagusiak:

- Tanga edo tutueria hondatu edo akasdunetan dauden produktuak isurtzea.
- Tangak zamaterakoan edo produktua saltzerakoan edo ontziz aldatzerakoan lur gaineko isurketak gertatzea.

Halaber, tanga edo tutuerietako isuriek hainbat kausa izan ditzakete. Horien artean hauek azpimarratu behar dira: batetik, tangaren edo tutueriaren materialaren korrosioa (altzairuzkoak direnean) eta, bestetik, instalazio akasdunek, gainkargek, betelaneko materialaren asentatze desberdinek... sortutako pitzadurak. Erregaiak biltegitratzeko tangen kasuan, tangaren barruko produktuaren maila neurtzeko erabiltzen den hagarekin emandako kolpeekin pareta zulutzen da askotan, eta hori izaten da isuriak gertatzeko kausarik ohikoena. Lurpean isuriak gertatzearen kausak agertzen dira 1. irudian.



1. irudia: Lurpeko tangetatik hidrokarburo-isuriak gertatzearen kausak

Tangen edo tutuerien isuriek sortzen dituzte sarrien lurzoruen poluzio-kasu larriak, lurpean egoten baitira, eta, beraz, ez baitira nabarmentzen lur gaineko isurketak bezainbeste eta ez baitira hain azkar detektatzen.



### 3.2 LEGEZKO BETEBEHARRAK ETA BETEBEHAR TEKNIKOAK

Gaur egun, legeria batek erregulatzen ditu erregaiak eta produktu kimikoak biltegitratzeko instalazioek izan behar dituzten ezaugarri teknikoak. I. eranskinean legeria horretako zehaztapen praktikoek laburpena agertzen da.

### 3.3 JARDUTEKO ESTRATEGIA OROKORRA

Azken urteetan gero eta gehiago onartuz joan da lurzoruaren poluzioa zuzentzeko jardueren definizioak koherentea izan behar duela kasu jakin bakoitzak gizakiaren osasunari eta ekosistemei sortzen dizkien arrisku espezifikoak ebaluatzerakoan ateratako ondorioekin. Printzipio hori modu praktikoan aplikatzen bada, batetik, jarduera eraginkorragoak definitzen dira ikuspegi ekonomikotik eta, bestetik, poluitutako lurzoruak ikertzeko eta berreskuratzeko baliabideak kasu bakoitzaren larritasun errealaaren arabera esleitzeko aukera ematen du.

Ikuspegi horrekin bat eginez, hainbat jarduera-prozedura sortu dira, arriskuak ebaluatzeko metodologietan oinarrituta. Arazo jakin bakoitzari buruzko datuekin ebaluatutako arriskuen arabera, kasu bakoitzean aplikatu beharreko neurri zuzentzaile-motari eta neurri horien irismenari buruzko erabakiak hartzea errazten da prozedura horien bidez.

Azken hamarkadan, hainbat herrialdeetako agintariak eta petrolio-industriak berak ere aurrerapen handiak egin dituzte arlo horretan. Horren adierazgarri dira arriskuak ebaluatzearen eta kudeatzearen arloko azken joerak erakusten dituzten hiru dokumentu hauek:

- *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*. ASTM<sup>1</sup> E-1739. 1995 (hidrokarburoek sortutako poluzioa jasaten duten kokalekuei buruzkoa).
- *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action*. ASTM E 2081. 2000. (Dokumentu honek aurrekoan jasotakoa bere egiten du, eta, horrez gain, beste poluitzaile batzuei buruz ere aritzen da).
- *European Oil Industry Guideline for Risk-Based Assessment of Contaminated Sites*. CONCAWE<sup>2</sup> report no. 3/03. 2003.

Gida horiek hainbat ezaugarri komun dituzte, baita hainbat ezberdintasun ere. II. eranskinean gida horien laburpen bat ageri da, batez ere, alderdi praktikoetan oinarrituta.

Lurpeko tangetan biltegitratutako substantziek poluitutako kokalekuetan sortzen diren arriskuak ikertzeko eta kudeatzeko hainbat alderdi interesgarri biltzen dituzte aipatutako gidek. Hauek dira aipagarrienak:

---

<sup>1</sup> ASTM: American Society for Testing Materials.

<sup>2</sup> CONCAWE: The oil companies' european organization for environment, health and safety.

- Erabakiak hartzeko printzipio hau erabiltzen da oinarri gisa: kokaleku bakoitzaren berariazko arriskuen arabera definitu behar dira neurri zuzentzaileak, alegia, une bakoitzean eskuragarri dagoen informazioaren arabera ebaluatu behar dira arriskuak.
- Oro har, segidako hiru etapatan hartzen dira erabakiak. Etapa bakoitzak aurrekoak baino gehiago zehazten du arriskua eta hainbat egiteko hartzen ditu bere baitan: kokalekuaren karakterizazioa, arriskuen ebaluazioa eta aplikatu daitezkeen neurri zuzentzaileei buruzko iritzia. Dena den, neurri zuzentzaileak zehazteko malgutasuna ematen da, eta ez da beharrezkoa beti azken etapara iristea. Hala, lehenengo bi etapatan defini daitezke neurri zuzentzaileak, betiere, neurri horiek martxan jartzearen arduradunak etapa horretan egindako ebaluazioaren arabera neurriak aplikatzen baditu.
- Prozesua aurrera doan heinean arriskuen ebaluazioa gero eta espezifikagoa denez, aukera gehiago dago neurri zuzentzaileak kasu bakoitzaren arazo errealera egokitzeko. Oro har, ikuspegi horretatik ezartzen diren neurri zuzentzaileak eraginkorragoak izaten dira ikuspegi ekonomikotik bestelako ikuspegietatik aplikatzen direnak baino (adibidez, saneamenduhelburu orokorrak erabiltzen dituztenak, alegia, kokaleku bakoitzaren ezaugarriak kontuan hartzen ez dituztenak).
- Hona hemen prozesuaren malgutasuna adierazten duen beste ezaugarri bat: beharrezkoa irudituz gero, neurri zuzentzaile partzialak edo behin-behinekoak aplikatu daitezke, baldin eta herritar edo ekosistementzako arrisku nabarmenak edo berehalakoak murrizteko badira.
- Arriskuak kudeatzean, oso kontuan hartu behar da hau ere: kokaleku jakin bateko neurri zuzentzaileak zehazten direnean, deskontaminazio-neurriez gain, kontuan hartu behar dira arrisku-maila murrizten duten neurriak ere. Neurri horiek poluitzaileen migrazio-bideetan, esposizio-bideetan edo hartzaile potentzialetan eragiten dute. Aipatutako ikuspegiaren bidez, esposizio-maila eta arriskua murrizten duen jardura zuzentzaileari ematen zaio garrantzia. Alegia, katearen edozein elementuri aplikatu dakizkioke neurri horiek, eta ez iturriei soilik (edo ezinbestean).

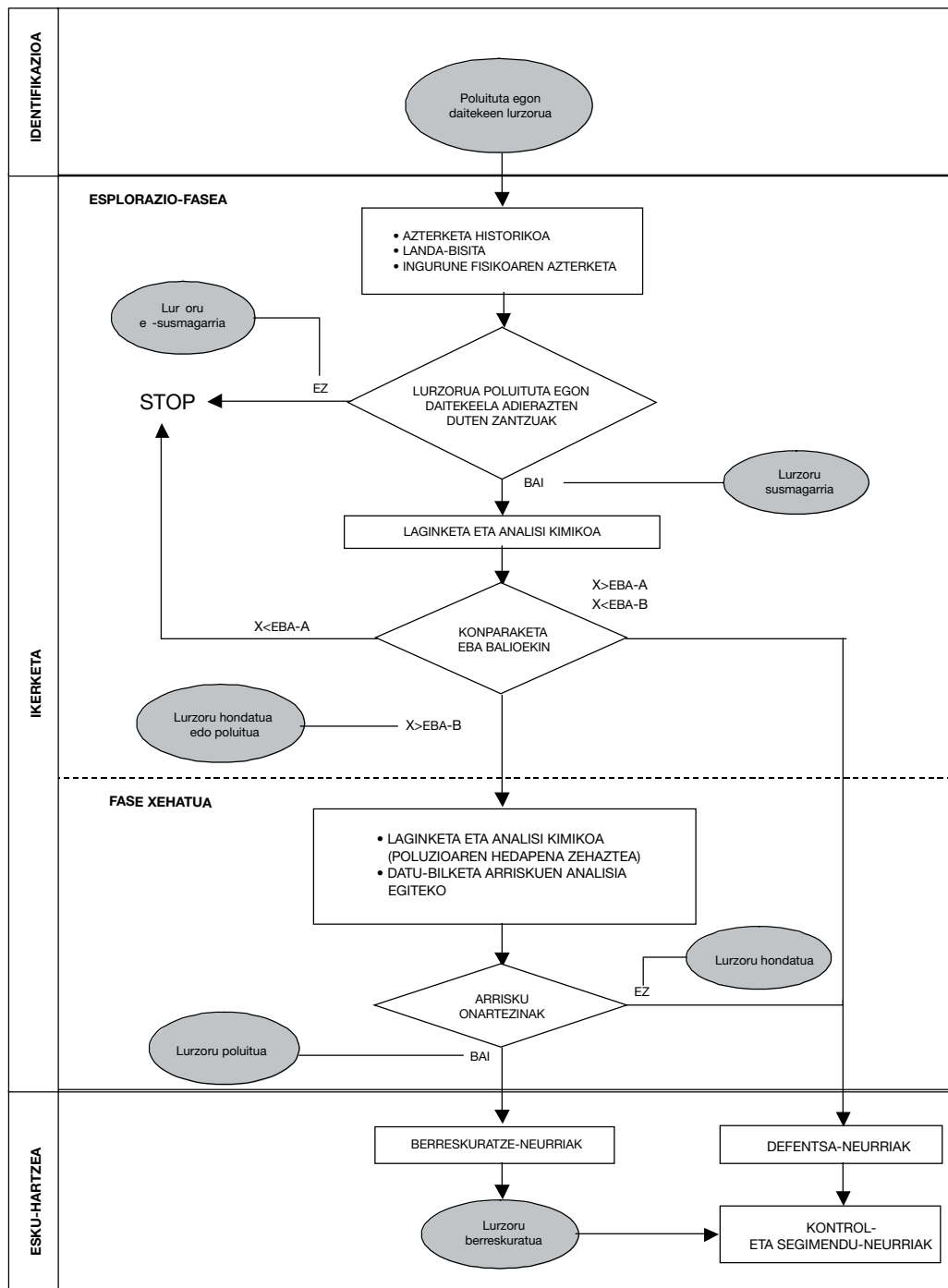
### **3.4 EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO IKUSPEGIA**

Euskal Autonomia Erkidegoko Lurzoruaren Poluzioa Prebenitzeko eta Zuzentzeko 1/2005 Legeak lurzoru poluituen ebaluaziora pixkanaka gerturatzeko eta, beraz, neurri zuzentzaileak ezartzeko erabakiak hartzeari buruzko filosofia ezartzen du.

Bigarren irudian, poluituta egon daitezkeen lurzoru batean jarduteko jarraitu ohi diren etapak azaltzen dira, lurzoru poluitu gisa identifikatzen denetik, ikerketa egin eta beharrezko neurriak aplikatu arte.

Ondorengo eskeman, bi fase mailakatutan antolatutako ikuspegia ageri da:

- Esplorazio-ikerketa
- Ikerketa xehatua



2. irudia: Lurzorua poluituetan jarduteko moduari buruzko eskema orokorra

Aipatutako ikerketa-estrategia hori gida hauetan agertzen da: *Azterketa historikoa eta laginketaren diseinua eta Ebaluazioko balio adierazleak (EBA-A, EBA-B) (IHOBE, 1998)*. Bigarren irudian agertzen dira, batetik, ikerketaren fase bakoitzean egin beharreko jarduerak nagusiak eta, bestetik, prozesuan zehar kokalekuak duen kalifikazioa eta zein irizpidek adierazten duten fase bat igaro dela eta beste bat hasi dela.

Esplorazio-ikerketaren barruan, bi azpifase bereizi behar dira:

1. Lehenik eta behin, kokalekuko lurzorua poluituta egon daitekeela adierazten duten zantzuak baieztatzeko edo baztertzeko lanak egin behar dira. Labur esanda, kokalekuan egin diren jardueren buruzko datu historikoak eta kokalekuko ingurunari buruzko ezaugarri garrantzitsuak bildu behar dira. Informazio hori jasotzeko kokalekua ikustera joan behar da, gainera. Lan horiek egin ondoren, kokalekuaren problematikari buruzko hasierako eredu kontzeptuala egin behar da. Eredu horretan, kokalekuan egon daitezkeen poluitzaileei eta poluitzaile horien kokapenari buruzko aurretiazko hipotesia jaso behar da, besteak beste. Egindako lanen emaitzak ebaluatzerakoan, gerta daiteke ondorioztatzea ez dagoela zantzurik lurzorua kaltetuta egon daitekeela adierazten duenik. Kasu horretan, ikerketa-prozesua gelditu egiten da, eta kokalekua ez-susmagarritzat sailkatzen da, ez dagoelako zantzurik poluituta dagoela adierazten duenik .
2. Hala ere, kokaleku gehienetan laginak hartu eta analizatu behar izaten dira lurzoruaren kalitateari buruzko emaitza eztaba daezinak lortzeko. Kasu batzuetan, lan horiez gain, poluzioaren migrazioa baldintza dezaketenean ingurune fisikoaren oinarriko ezaugarriak zehazten dituzten beste lan batzuk ere egin behar izaten dira. Lurzoruaren laginen analisiaren emaitzak erabakigarriak dira fase honetako ebaluaketa egiteko. Hala, arau orokor gisa, balizko poluitzaile gisa ikertutako substantzia-kontzentrazioek edo substantzia-taldeek EBA-A erreferentziako maila gainditzen ez badute, bukatutzat ematen da ikerketa-prozesua, eta kokalekua ez-susmagarritzat sailkatzen da. Aldiz, substantziaren baten kontzentrazioak EBA-A maila gainditzen badu, baina batek ere ez badu EBA-B maila gainditzen, orduan, hainbat neurri aplikatu behar dira geroago gerta daitezkeen poluzioei aurrea hartzeko. Horrez gain, kontrol-neurriak ere aplikatu behar izaten dira kasu batzuetan, gerta daitezkeen poluzio horren eboluzioari segimendua egiteko. Fase honetako emaitzek adierazten badute gizakiaren osasunarentzat edo ekosistementzat arrisku handia egon daitekeela (substantziaren batek EBA-B maila gainditzen duen kontzentrazioa duelako), ikerketa xehatua egin behar da.

Ikerketa xehatuaren bidez, nahikoa informazio lortu nahi da kokalekuan detektatutako poluzioaren egungo arriskuak eta etorkizunekoak ebaluatu ahal izateko. Fase honetako oinarriko tresna arriskuen ebaluazioa da. Kokalekuan egingo diren jardueren buruzko erabaki guztiak ebaluazio horren ondorio dira.

Ebaluazioaren ondorioek adierazten badute arrisku onartezinak daudela, arriskuak maila onargarrietara eramateko berreskurapen-neurriak hartu behar dira. Hartu beharreko neurri-motak eta neurri horiek exekutatzeko premia erabakitzeke, berriz, kontuan hartu behar dira maila sozioekonomikoko faktoreak eta eskuragarri dauden teknologiarik onenak. Oro har,

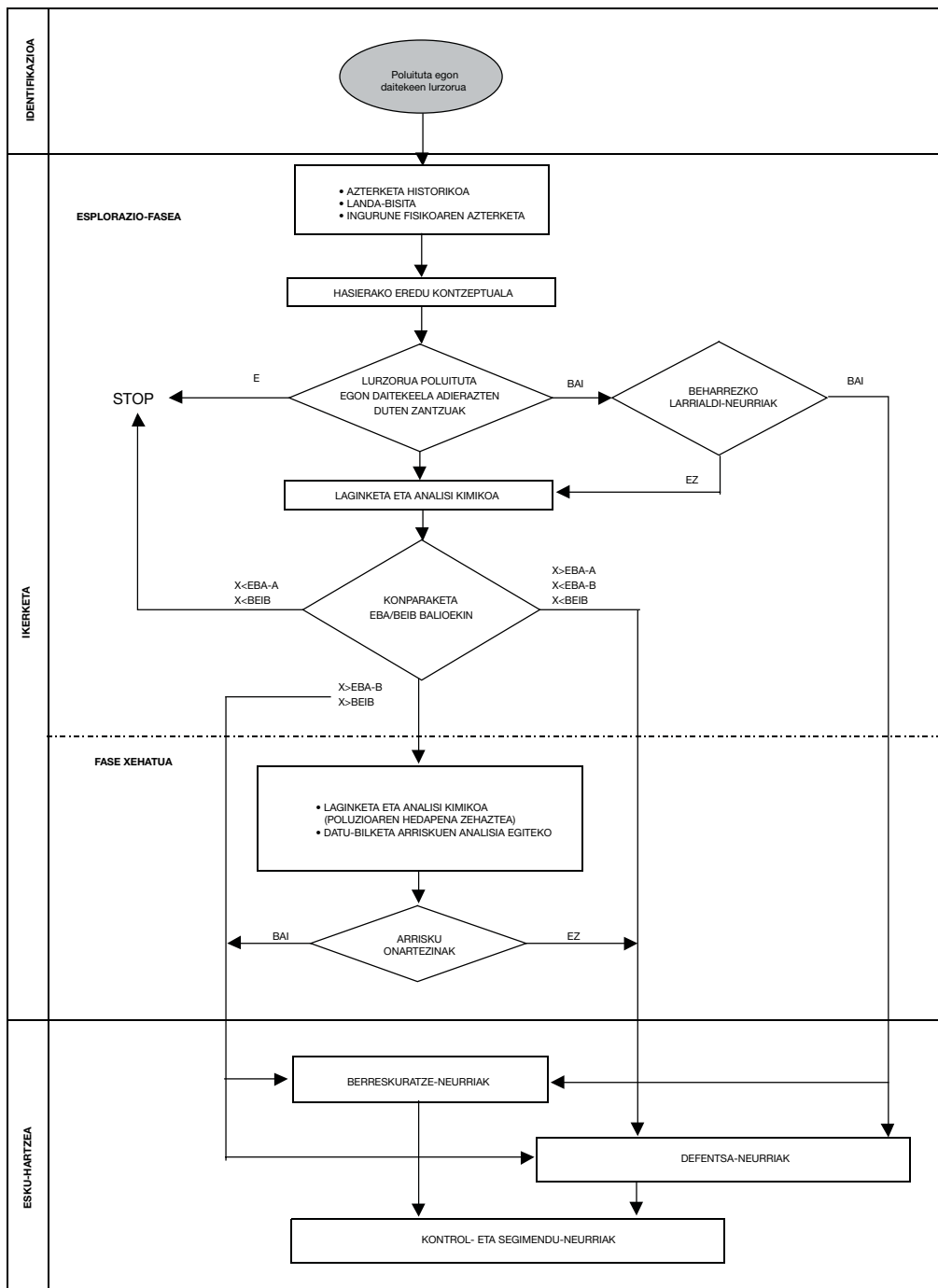
berreskurapen-neurri horiekin batera, neurri horien eraginkortasunaren kontrolerako eta segimendurako neurriak ere hartzen dira.

Ebaluazioaren ondoren arriskuak onargarrizat hartzen badira, defentsa-neurriak aplikatu behar dira, eta, beharrezkoa irudituz gero, baita poluzio-mailaren kontrola eta segimendua egiteko neurriak ere.

AST eta CONCAWE gidei buruz aipatutakoa gida honetan ere gaineratu da, eta eduki hori egokitu egin da lurzoria babesteko Euskal Autonomia Erkidegoko egungo politika ikertzeko, arriskuak ebaluatzeko eta neurri zuzentzaileak definitzeko metodologiara. Hala, 3. irudiak ematen duen ikuspegi orokorrean ikusten den bezala, hiru jarduera-etapa mantentzen dira: identifikazioa, ikerketa eta esku-hartzea.

Azalpen batzuk eman behar dira hirugarren irudiari buruz:

- Lehen inplizituki argi bazegoen esplorazio-ikerketaren lehenengo zatia amaitutakoan kokalekuaren eredu kontzeptual bat egitea komeni zela, orain betebeharrak esplizitu bihurtu da hori egitea. Eredu kontzeptual horren bidez, aurretiazko ebaluazio kualitatiboa egiten da ezaugarri hauei buruz: arrisku-iturriak (instalazioak eta poluitzaileak), azterketa historikoaren ondorioz identifikatutako esposizio-bideak eta hartzaile potentzialak, landa-bisita eta ingurune fisikoaren azterketa. 4. eta 5. kapituluetan berariazko gomendioak ageri dira kokalekuaren eredu kontzeptuala definitzeko.
- Esplorazio-ikerketaren lehenengo zatian lurzoria poluituta egon daitekeela adierazten duten zantzuak agertzen badira, modu esplizituan hartu behar dira kontuan egoera horri aurre egiteko larrialdi-neurriak, ikerketa hasitakoan edo hasi baino lehen. Larrialdi-neurri horiek aplikatu ahal izateko, baldintza hauek bete behar dira: batetik, berehalako arriskua egotea eta, bestetik, gizakiaren osasunari edo ekosistemei nabarmen kalte egitea. Adituen iritzia behar da baldintza horiek betetzen diren edo ez jakiteko. Hona hemen larrialdi-neurriak hartzea justifika dezaketen egoera batzuen adibideak:
  - Lurpeko tanga edo tutuerietan biltegitratutako produktuek isuri asko izan dituztela egiaztatzea.
  - Konposatu lurrunkorrak kontzentrazio leherkorretan detektatzea lurpeko tutuerietan (saneamendu-sarea, hodi elektrikoak...).
  - Kontzentrazio leherkorrek dituzten edo osasunari ondorio larriak eragiten dizkieten konposatu lurrunkorrak detektatzea kokalekuko eraikinetan edo kokalekuaren inguruan.
  - Seinale nabarmenak egotea, poluitzaileek kokalekutik kanpo migratu dutela adierazten dutenak (poluzio-lumak lur gaineko uretan...) edo ekosistemetak elementuei kalte larria eragiten zaiela adierazten dutenak (landaredia, fauna...).
  - Kokalekuaren inguruko erabilera sentikorreko baliabideei (hornidura-putzuak edo lur gaineko uren bilketak, adibidez) kalte egin zaiela egiaztatzea.



3. irudia: Lurpeko biltegitratze-tangetatik isuritako likidoek poluitutako lurzoruetan jarduteko moduari buruzko eskema orokorra

- Larrialdi-neurriak beharrezkotzat joz gero, defentsa- edo berreskuratze-neurrien izaera har dezakete. Azken horiei buruzko adibideak ageri dira 6. kapituluan.
- Esplorazio-ikerketako laginketaren emaitzei eta analisi kimikoari buruzko ebaluazioa irizpide hauetan oinarritzen da: batetik, lurzoruko poluitzaile batzuentzako dagoeneko ezarrita dauden EBak eta, bestetik, *Beste ebaluazio-irizpide batzuk* (BEIB) deitutakoak. BEIB horiek poluitzaile garrantzitsuen kontzentrazioak adierazten dituzte ingurune batzuetarako (lurzorua, lur gaineko eta lurpeko urak, barne-giroetako airea). BEIBek EBak osatzen dituzte, eta erabilgarriak izan daitezke arrisku potentziala zehazteko (normalean, poluitzaileen migrazioa gertatzen denean). 4. kapituluan taula bat agertzen da hogeit hamar hidrokarbonen BEIB-motak adierazten dituen. Taula horretako parametroak ASTM eta CONCAWE gidetan proposatutako BEIBen antzekoak dira.
- BEIBak kontuan hartetik kanpo, esplorazio-ikerketako laginketaren eta analisi kimikoaren emaitzen bidez egindako ebaluazioaren ondorioak indarrean dagoen eskemaren antzekoak dira. Baina fase horretako emaitzek adierazten badute gizakiaren osasunarentzat edo ekosistemarentzat arrisku handia egon daitekeela (substantziaren batek EBA-B maila edo aplikagarri diren BEIBak gainditzen dituen kontzentrazioa duelako), defentsa- eta berreskuratze-neurriak jar daitezke martxan, derrigorrezko ikerketa xehatuarekin batera (ikus 6. kapitulua).
- Ikerketa-prozesuan larrialdi-, defentsa- edo berreskuratze-neurriak ezartzen direnean, beharrezkoa da kontuan hartzea neurri horiek zer eragin izan dezaketen hasierako eredu kontzeptualaren elementuetan. Behar izanez gero, egokitu egin behar da eredu kontzeptual hori.
- Ikerketa xehatuan egin beharreko arriskuen ebaluazioa *Gizakien osasunarentzako eta ekosistemarentzako arriskuen analisiari buruzko gida metodologikoa-n* (IHOBE, 1998) oinarritzen da. Dena den, 5. kapituluan ere arriskuen ebaluazioari buruzko hainbat irizpide gehigarri ematen dira (eredu kontzeptuala, poluzio-bide garrantzitsuen eta iturria-bidea-hartzailea kate osatuen identifikazioa... ).
- Ikerketa xehatuan arriskuen ebaluazioa egin ondoren ateratako ondorioek adierazten badute arriskua onartezina dela, defentsa-neurriak jar daitezke martxan derrigorrezko berreskuratze-neurriekin batera, bi neurri-mota horiekin arriskuak maila onargarrietara eraman ahal izateko. Neurri-mota horien konbinaziorik egokiena erabakitzeko, kasu bakoitzaren ezaugarriak hartu behar dira kontuan, adituen iritzian oinarrituta.

## 4. LURZORUAREN ETA LURPEKO UREN POLUZIOA IKERTZEKO IRIZPIDEAK

Kapitulu honetan, lurpeko biltegiatze-tangek lurzuruan eta lurpeko uretan sortzen duten poluzioari buruzko ikerketaren eta ebaluazioaren hainbat alderdiri buruzko berariazko irizpideak azalduko ditugu. Lehenago esan bezala, irizpide horiek IHOBEn 1998az geroztik argitaratutako gida metodologiko eta teknikoetan agertutakoak osatzen dituzte. Kapitulu honetan, gai hauei buruz arituko gara:

- Azterketa historikoa eta ingurunearen azterketa egitea.
- Hasierako eredu kontzeptuala definitzea.
- Laginketa-estrategia diseinatzea.
- Laginak hartzea.
- Neurketak in situ egitea.
- Laborategiko analisia.
- Beste ebaluazio-irizpide batzuk (BEIB) ezartzea.

Gai horietako bakoitzerako landu diren irizpideak azalduko ditugu ondoren.

### 4.1 AZTERKETA HISTORIKOA EGITEA

Azterketa historikoak garrantzia berezia izaten du lurpeko tangak dituzten kokalekuak ikertzeko, askotan aspaldikoa izaten baita poluzioaren kausa zuzena (ihesa, isurketa...), eta denbora asko igarotzen baita poluzioa detektatu edo kalteak nabarmendu arte.

Mota horietako kokalekuei buruzko azterketa historikoa egiteko kontuan hartu beharreko alderdi nagusiak ageri dira *Azterketa historikoari eta laginketaren diseinuari buruzko gida metodologikoa-n* (IHOBE, 1998). Gida horretako informazioaz gain, arlo hauei buruzko datuak ere bildu behar dira:

- Biltegiatutako produktuentzako instalazioak (tutueriak, kargaren hartuneak...) eta produktu horien ontzi-aldaketarako prozedurak.
- Eremu zolatuetan eta zolatu gabekoetan dauden instalazioak, eta zolatuta daudenen kasuan, zoladuren kontserbazio-egoera.
- Lur gaineko isurketa-uren drainatze-sistema.



- Hondakin-urak biltzeko eta tratatzeko sistema (halakorik egonez gero).
- Hondakin arriskutsuak –batez ere, likidoak– kudeatzeko instalazioak eta prozedurak.
- Ihes edo isurketei aurre egiteko segurtasun-neurriak eta kontingentzia-planak.

Laugarren irudian laburtuta agertzen da zer alderdiri buruzko informazioa bildu behar den lurpeko tanga batek ihesak izateko duen arriskua ebaluatu ahal izateko.

**LURPEKO TANGA BATEN INGURUMEN-ARRISKUA EBALUATZEAN  
KONTUAN HARTU BEHARREKO ALDERDIEI BURUZKO LABURPENA**

- *Tangaren eraikuntza-materiala*
- *Historian zehar tangak izan dituen produktuak eta haien ezaugarriak*
- *Tangaren bolumena*
- *Tangaren, tutueriaren eta bestelako instalazioen antzintasuna*
- *Eraikuntzari buruzko xehetasunak (materiala... )*
- *Atxikipen-ontzirik, buzo-tuturik... badagoen*
- *Ihesak kontrolatzeko bestelako gailurik badagoen*
- *Lurrun organikoak metatzeko lekurik badagoen (adibidez, sotoak eta kutxatilkak)*
- *Hermetikotasun-probei buruzko erregistroak (konexiorako tutueriei buruzkoa barne)*
- *Konponketei, estaldurei... buruzko erregistroak*

4. irudia: Azterketa historikoan egiaztatu beharreko lurpeko tangei buruzko xehetasun teknikoak

Datu horiez guztiez gain, beste hauek ere bildu behar dira: plano topografiko historikoak eta instalazioei airetik eta lurretik ateratako argazkiak. Dena den, kontuan hartu behar da lurpeko tangak izaten dituzten instalazioak –adibidez, gasolina-zerbitzugune bat edo tangak edukitzeko patioa industria-instalazio batean– txikiak izaten direla, eta, beraz, mota horretako tresnek ez digutela informazio askorik emango.

Bosgarren irudian, azterketa historikoa egiteko aztertu beharreko informazio-iturri nagusiak ageri dira.

### **AZTERTU BEHARREKO INFORMAZIO-ITURRI NAGUSIAK**

- ***Tangen salerosketan aritzen diren enpresak***
- ***Lurpeko azpiegiturak mantentzeko eta birmoldatzeko lanetan aritzen diren enpresak***
- ***Hermetikotasun-probak ziurtatzen dituen enpresa***
- ***Eusko Jaurlaritzako Industria eta Energia Sailaren lurralde-ordezkaritzak***
- ***Pertsona hauekin zuzenean izandako elkarrizketak:***
  - ✓ ***Tangen arduradunak***
  - ✓ ***Udaletako teknikariak***
  - ✓ ***Bizilagunak***

5. irudia: Lurpeko tangei buruzko datu historikoak eskuratzeko informazio-iturriak

## **4.2 INGURUNE FISIKOAREN AZTERKETA**

Ingurune fisikoaren azterketaren bidez, kokalekuak eta inguruneak poluzioarekiko duten kalteberatasuna ebaluatzen lagunduko duten funtsezko datuak biltzen dira. Datu horiek hasierako eredu kontzeptualari gaineratutakoan egiten da ebaluaketa. Horretarako, garrantzitsua da ezaugarri hauek identifikatzea: poluzioaren hartzaile potentzialak (biztanleria eta natur baliabideak) eta horiei lotutako esposizio-bide garrantzitsuak.

Ingurune fisikoaren azterketa egitean, alderdi hauei eman behar zaie garrantzia, batez ere:

- Eskualdearen eta, batez ere, tokiaren beraren, kokapen geologiko eta hidrogeologikoa.
- Kokalekuko eta inguruneke baliabide hidrikoak –lurpekoak zein lur gainekoak– nola erabiltzen diren gaur egun, ur-puntuei buruzko ahalik eta inbentariarik osatuena barne dela. Baliabide horiek etorkizunean izango dituzten edo izan ditzaketen erabilerak ere zehaztu behar dira, ahal den neurrian.
- Lurpeko zein gainazaleko baliabide hidrikoen kalitatea, kokalekuan eta ingurunean.
- Kokalekuko eta inguruneke lurzoruaren erabilerak –lehengoak, egungoak eta etorkizunerako aurreikusitakoak–, hirigintza-plangintzaren arabera.
- Kokalekuko eta inguruko ekosistemen oinarritzko ezaugarriei buruzko aurretiazko balorazio kualitatiboa (bereziki sentikorra den habitatik edo lege-babesen bat duen eremurik baden adierazi behar da).

- Kokalekuaren eta inguruaren lurpeko eremuan egindako eraikuntza-lanei buruzko informazioa (zimenduak, sotoak, tutueriak... ). Informazio horren bidez, fase gaseosoan dauden poluitzaileen lehentasunezko migrazio-bideak aurreikus daitezke.
- Poluzioaren kalteak jasan ditzaketen pertsonen gertutasuna; kalteak zuzenean, lurrin organikoak inhalatzeagatik, edo zeharka, ur poluitua kontsumitzeagatik, sor daitezke.

Azterketa historikoa eta ingurune fisikoaren azterketa egiteko, kokalekura joan behar da, datuak *in situ* eskuratzeko, beste iturri batzuetatik jasotakoekin alderatzeko eta kokalekuaren egoera zein den ikusteko. Hala, lurpeko tangek galdutako edukari eta inguruak jasandako kalteari buruzko lehenengo hipotesia egin ahal izango da.

Bisita hori egitean, alderdi hauei jarri behar zaie arreta, batez ere:

- Instalazioen itxura (ondo zainduta edo utzita egoteko itxura duten).
- Eskuragarri dauden kutxatilak irekitzea (adibidez, tangetako hartuneen estalkiak eta kableen kutxatilak). Leku horietan, leherketak neurtzeko gailuekin edo bestelako ekipamenduekin neur daiteke lurrin organikorik dagoen, edo, bestela, zuzenean ikus daiteke isuritako produkturik dagoen. Datu horiek adieraz dezakete historian zehar ihesik egon den eta zein den lur-azpiaren egoera.
- Kalte nabarmenak (adibidez, tanga bateko produktua inguruko ibai, erreka, putzu edo mendi-hegaletan agertzea). Lurrin organikoak gertuko sotoren batean egoteko zantzuak ere egiazta daitezke (adibidez, bizilagunen bat kexatu delako).
- Gertuko hartzailerik dagoen egiaztatzea. Hartzaile horiek fisikoak izan daitezke (putzuak, adibidez), gizakiak (etxebizitzak) edo ekologikoak (ibaiak edo balio ekologikoko eremuak).
- Bildutako informazio geologikoa inguruko azaleratzeei *a priori* egokitzen zaien egiaztatzea.
- Ikertzen ari garen lurpeko tangen antzeko poluzioa sor dezakeen bestelako kokalekurik inguruan baden egiaztatzea, kokaleku horretan sortutako poluzioak eragina izan baitezake lur-azpiari buruzko emaitza analitikoetan.
- Lurpeko tangak izan ditzakeen industria baten hondakinak ikertzen direnean eta tanga horien kokaleku zehatza ezagutzen ez denean, baliagarria izaten da tanga horiekin zerikusia izan dezaketen karga-hartuneak, kutxatilak eta haizatze-tutueriak identifikatzea. Ondoren, esploraziorako laginketak edo teknika geofisikoren bat –georradarra, adibidez– aplikatu ahal izango dira tangaren kokalekua zehazteko.

III. Eranskinean, Euskal Autonomia Erkidegoaren ezaugarri hidrogeologikoen sintesia ageri da, eta ingurune fisikoa definitzeko beste iturri batzuen erreferentziak ere ematen dira.

#### 4.3 HASIERAKO EREDU KONTZEPTUALA DEFINITZEA

Hasierako eredu kontzeptualaren bidez, arrisku-katea osatzen duten osagaien ebaluazio kualitatiboa egiten da: iturria(k) edo gunea(k), garraio- eta migrazio-ibilbideak, esposizio-bideak eta hartzaile potentzialak (biztanleria edo ekosistemak). Datu horiek guztiak azterketa historikoaren, ingurune fisikoaren azterketaren eta landa-bisitaren bidez lortzen dira. Arrisku-kateko osagai guztiak batera gertatu ezean, ez dago esaterik arrisku handia dagoela. Beraz, hasierako eredu kontzeptuala zehazterakoan, garrantzi handia eman behar zaio a priori arrisku-kate osoak sortzen dituzten elementuak identifikatzeari. Hau da, poluzio-iturri batek egon behar du, garraio-mekanismo baten bidez esposizio-bide jakin batean dagoen hartzailearengana irits daitekeena.

Lurpeko tangetan biltegitratutako substantziek sortutako arazoak dituzten kokalekuek hainbat ezaugarri berezi dituzte (biltegitratutako substantziengatik, euste-sistemengatik zein poluzioaren kasuistikagatik). Ezaugarri horiek eredu kontzeptualaren elementu batzuk egituratzeko aukera ematen dute. Lehenengo taulan, hasierako eredu kontzeptualean kontuan hartu beharreko alderdien laburpena ematen da, eredu errazago definitu ahal izateko.

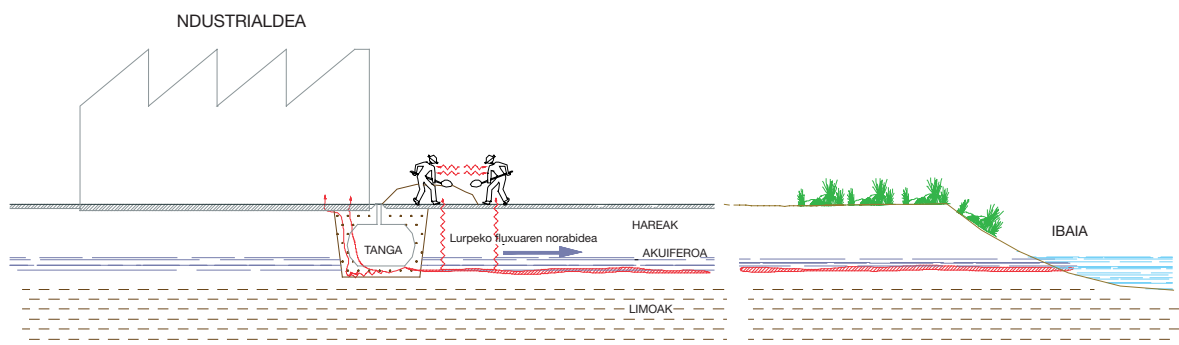
Eredu kontzeptuala egiteko definitu behar diren faktoreekin, 6. irudian agertzen den eredu kontzeptualaren antzeko irudi bat osatu behar da. Horrelako ereduak egiteari esker, errazago ulertzen dira kokaleku jakin bateko arazo bereziak, eta, hala, hobeto bidera daitezke ikerketaren ondorengo faseak. Ikerketaren emaitzekin are gehiago doitu beharko da definitutako eredu.

Ondoren, gida honetan ageri diren kokalekuetako hasierako eredu kontzeptuala egiteko kontuan hartu beharko liratekeen elementuak azaltzen dira, dagokien arrisku-kateko osagaiaren arabera banatuta.

Dena den, ikerketa-prozesua aurrera doan heinean eta kokalekuari buruzko datu gehiago lortzen diren neurrian, berrikusi eta egokitu egin behar da hasierako eredu kontzeptuala. Hasierako eredu berrikusiz, hasieran kontuan hartu arren, arrisku-katerik osatzen ez duten arrisku-egoerak baztertzen dira.

KONTUAN HARTU BEHARREKO FAKTOREAK	ALDAGAIK
ITURRIARI BURUZKO ELEMENTUAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biltegitratutako substantziak (erregaiak, disolbatzaileak eta bestelakoak)</li> <li>• Aplika daitezkeen kontrol-neurriak (atxikipen-ontzia, pareta bikoitza...)</li> </ul>
GARRAIO- ETA MIGRAZIO-IBILBIDEI BURUZKO ELEMENTUAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biltegitratutako substantzien ezaugarri fisiko-kimikoak (dentsitatea, lurrunkortasuna, karbonokatea...)</li> <li>• Ingurunearen ezaugarriak (tokiko geologia, maila freatikoaren sakonera...)</li> <li>• Produktuaren degradazio-maila (azpiproduktuak egon daitezke...)</li> </ul>
KALTETUTAKO BALIABIDEAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lurzorua</li> <li>• Lurpeko / lur gaineko ura</li> <li>• Aireak</li> </ul>
ESPOSIZIO-BIDEI BURUZKO ELEMENTUAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lurzorutik, lurpeko uretatik edo produktu asketik etorritako lurrinak inhalatzea (barneko /kanpoko giroa)</li> <li>• Ur poluitua edatea</li> <li>• Kontaktu dermikoa (adibidez, ur poluituarekin dutxatzea)</li> <li>• Poluzioak kaltetutako elikagaiak (adibidez, ureztatzeko urarengatik) kontsumitzea</li> </ul>
ESPOSIZIOGUNEAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kokalekua bera</li> <li>• Gertuko eraikinak (etxebizitzetako sotoak...)</li> <li>• Putzuak, iturriak eta iturburuak</li> <li>• Lur gaineko urak (ibaiak, errekek, lakuak...)</li> </ul>
HARTZAILEAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kokalekuko langileak</li> <li>• Oinezkoak</li> <li>• Gertuko eraikinetan (etxebizitzak...) egoten diren pertsonak</li> <li>• Hornidura-putzuak erabiltzen dituen biztanleria</li> <li>• Lurreko fauna eta flora</li> <li>• Uretako fauna eta flora</li> </ul>

1. taula: Hasierako eredu kontzeptuala osatzeko kontuan hartu beharreko faktoreak



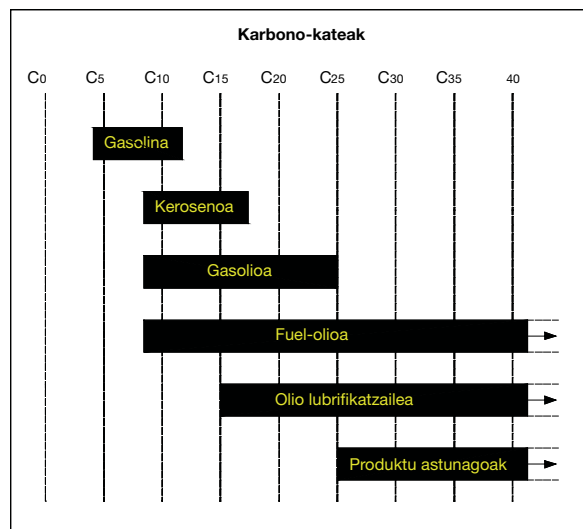
6. irudia: Eredu kontzeptual baten irudikapen grafikoaren adibidea (Iturria: URS Espainia)

### 4.3.1. Iturriari buruzko elementuak

Zentzu hertsian, tangetan eta haiei lotutako tutuerietan dauden substantziak dira poluzioaren iturri. Gidak bi substantzia-talde handi bereizten ditu: batetik, petrolioaren deribatu likidoak (erregaiak gehienak) eta, bestetik, erabilera industrialeko disolbatzaileak. Horrelako talde orokorren barruan ez dauden beste produktu batzuk ere egon daitezke. Talde batean zein bestean, ezaugarri eta portaera oso ezberdinak dituzten substantziak daude. Lurpeko tangetan gehien biltegitratzen direnak deskribatuko ditugu ondoren.

#### 4.3.1.1. Petrolioaren deribatuak

Petrolioaren deribatuak bereizteko, produktu horiek osatzen dituzten konposatuen karbono-kateen mailak hartzen dira kontuan, batez ere. Hala, produktu bakoitzak kasuistika fisiko-kimikoa oso ezberdina izaten du besteekin alderatuta, eta hori oso kontuan izan behar da hasierako eredu kontzeptuala egiteko. Zazpigarren irudian, produktu garrantzitsuen karbono-kateen maila nagusia ageri da.





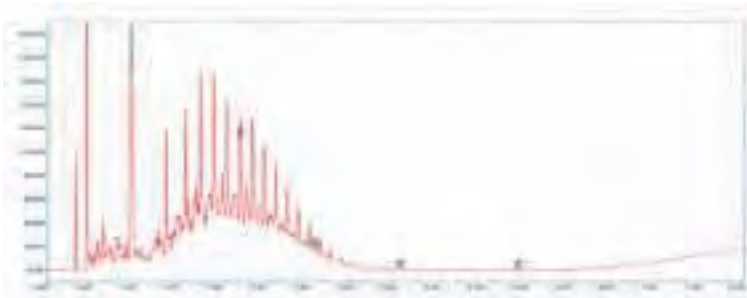
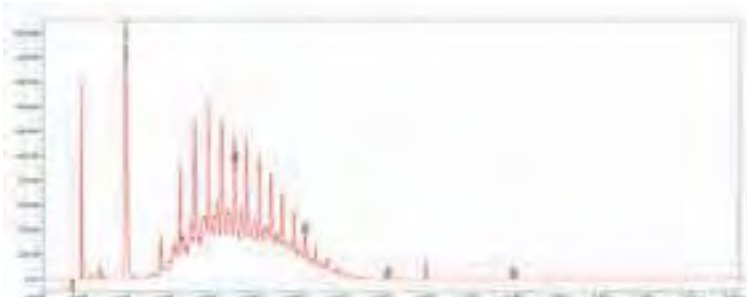

#### 7. irudia: Karbono-katearen mailaren eta petrolio-produktuen arteko erlazioa (Iturria: Concawe, 1997)

Kromatograma interpretatzea eta aztertzea da ondoren deskribatuko ditugun petrolioaren deribatu-motak ezberdintzeko tresnarik praktikoenetakoa. Ohiko lagin-motekin –produktu purua, lurzoria eta lurpeko ura– egiten da kromatograma. Kromatograma egiteko, *gasen kromatografia* izeneko teknika analitikoa erabiltzen da. Oso modu orokorrean eta sinplean esanda, aztertutako petrolio-deribatua osatzen duen konposatu bakoitza tontor baten modura irudikatzen da kromatograman. Hala, tontor horiek ezkerretik eskuinera graduatuta agertzen dira, hidrokarburo arin eta lurrunkorrenetatik astunenetara.

Gida honen helburua kontuan hartuta, hauek dira petrolioaren deribatuen osagairik garrantzitsuenak:

- **Gasolina:** hidrokarburoak eta gehigarriak nahastuta sortzen den erregaia da. Hauek dira hidrokarburo identifikagarri nagusiak (100 eta 200 artean): parafinak, olefinak eta aromatikoak. Hidrokarburo horiek karbono-kate laburrekoak izaten dira (normalean,  $C_4$ -tik  $C_{12}$ -ra). Hidrokarburo aromatikoek gasolinaren % 40 osa dezakete, eta hauek izaten dira ohikoenak: bentzenoa, toluenoa, etilbentzenoa, xilenoak (BTEX) eta polizikliko batzuen (PAHk) kantitate txikiak. Gehigarri gisa, berriz, hauek erabiltzen dira: alkoholak (metanola, etanola), berunaren konposatuak, bromoa (etilen dibromuroa) eta kloroa (etilen dikloruroa). Gaur egun automobilgintzan beruna duen gasolarik erabiltzen ez den arren, gerta daiteke erregai horren isuriren bat gertatu izana lehenago..
- **Berunik gabeko gasolina:** 80ko hamarkadaz geroztik, berunik gabeko gasolina erabiltzen da automobilgintzan beruna duenaren ordeztu. Berunik gabeko gasolinak ez du berunaren konposaturik, eta, haren ordeztu, metil-terc-butileter (MTBE) gehigarria erabiltzen da. Duela gutxi, etil-terc-butileter (ETBE) gehigarria erabiltzen hasi dira aipatutakoaren ordeztu, MTBEk ingurumenean duen eragina dela eta.
- **Kerosenoa eta hegazkintzako erregaiak:** hauek dira kerosenoaren osagai nagusiak:  $C_{11}$ -tik  $C_{13}$ -ra arteko kateak dituzten hidrokarburoak. Horien artean, hidrokarburo alifatikoak zein aromatiko poliziklikoak daude. Hegazkintzako erregaiak ere kerosenoaren antzeko konposizioa izaten dute, hidrokarburo batzuk arinagoak eta beste batzuk astunagoak izaten diren arren. Oro har, erregai horiek kate laburreko zein ertaineko hidrokarburoak izaten dituzte ( $C_8$ -tik  $C_{17}$ -ra, gutxi gorabehera), eta erregaiaren % 10-20 hidrokarburo aromatikoek osatzen dute.
- **Gasolioa:** 200 osagai baino gehiagoko erregaia da. Horien artean,  $C_{10}$ -etik  $C_{20}$ -rako kateak dituzten hidrokarburoak dira gehienak. Gasolio batzuetan, ugaria izaten da  $C_{20}$ -tik  $C_{25}$ -era arteko frakzioa ere.
- **Fuel-olioa:** fuel-olio arinak eta astunak bereizi ohi dira. Fuel-olio arinek  $C_{10}$ -etik  $C_{20}$ -rako kateak dituzten hidrokarburoak eta aromatiko-kopuru handia izaten dituzte (% 25-35 artean, eta batez ere, alkilbentzenoak eta naftalenoak). Fuel-olio astunek, berriz,  $C_{19}$ -tik  $C_{25}$ -era bitarteko kateak dituzten hidrokarburoak eta % 15-40 bitarteko aromatiko-kopurua izaten dituzte (batez ere, alkilfenantrenoak eta naftalenoak). Halaber, konposatu eta nitrogenatu polar ugari izaten dute.
- **Olio lubrifikatzaileak:** batez ere,  $C_{20}$ -tik  $C_{45}$ -erako kateak dituzten hidrokarburoek osatzen dituzte. Aromatiko-kopuru handia (% 10-30 arte) eta konposatu sulfuratu eta nitrogenatuak izaten dituzte, halaber. Olio erabilien konposizioa konplexua izaten da. Hala, hidrokarburo arin, metal, agente koipegetzaile eta poliklorobifeniloak (PCBak) ere izaten dituzte.

Zortzigarren irudian, aipatutako produktu batzuen kromatograma estandarrek ageri dira.

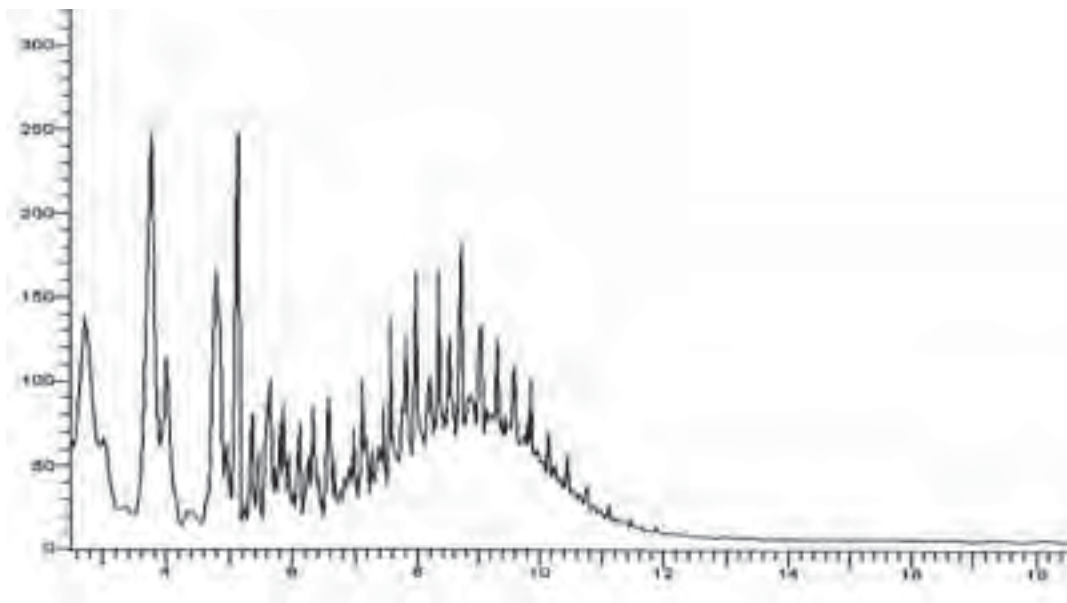
PRODUKTUA	KROMATOGRAMA
<p><b>Berunik gabeko gasolina 95</b></p>	
<p><b>Kerosenoa</b></p>	
<p><b>Gasolio / Diesel shell</b></p>	
<p><b>Gasolio / Gasolie</b></p>	
<p><b>Motorretako olio lubrifikatzailea</b></p>	

8. irudia: Hainbat produkturen kromatograma estandarrak (Iturria: Analytico Milieu B.V.)



Bukatze, hau azpimarratu behar da: praktikan, hainbat produktu dituzten lurpeko tanga batzuetatik sortutako balizko ingurumen-inkaktuak ebaluatzen denean (adibidez, gasolina-zerbitzugune bat), laginen bidez egiten diren kromatogramek tanga horietatik isuritako produktuen nahastura irudika dezakete. Hori dela eta, kromatogramaren esanahia interpretatu egin behar izaten da maiz.

Bederatzigarren irudiak gasolina-zerbitzugune baten azpiko lurpeko uretik hartutako laginaren kromatograma erakusten du. Kromatograma horretan, gasolinen zein gasolioen mailako tontorrak ageri dira. Horrek esan nahi du bi produktuak nahastuta daudela.



9. irudia: Gasolioa/gasolina nahasturaren kromatograma, 9:1 proportzioan gutxi gorabehera (Iturria: Adirondack)

#### 4.3.1.2. Erabilera industrialeko disolbatzaileak

Industria-sektorearen eta -prozesuaren arabera disolbatzaile batzuk edo besteak erabiltzen diren arren, hauek dira disolbatzailerik garrantzitsuenak, oro har:

- **Disolbatzaile ez-kloratuak;** dHorien barruan, familia hauek bereizten dira:
  - *Hidrokarburoak:* aromatikoak izaten dira gehienak (bentzenoa, toluenoa eta xilenoak). Disolbatzaile alifatikoak (n-hexanoa, n-heptanoa) gutxiago erabiltzen dira.
  - *Alkoholak:* metanola, etanola, isopropanola eta butanola (gutxiago) dira ohikoenak.
  - *Bestelakoak (zetonak, esterrak ...):* azetona, metilisobutilzetona (MIBK), metiletilzetona (MEK) eta etil azetatoa erabiltzen dira gehien. Beste batzuk gutxiago erabiltzen dira (etilmetilzetona, metilzetona, azetonitriloa...).

- **Disolbatzaile kloratuak;** Hauek dira ohikoenak: trikloroetilenoa, perkloroetilenoa, trikloroetanoa, diklorometanoa eta klorofenolak Beste hauek gutxiago erabiltzen dira: triklorometanoa, klorobentzenoak, dikloroetilenoa, binil kloruroa ...).

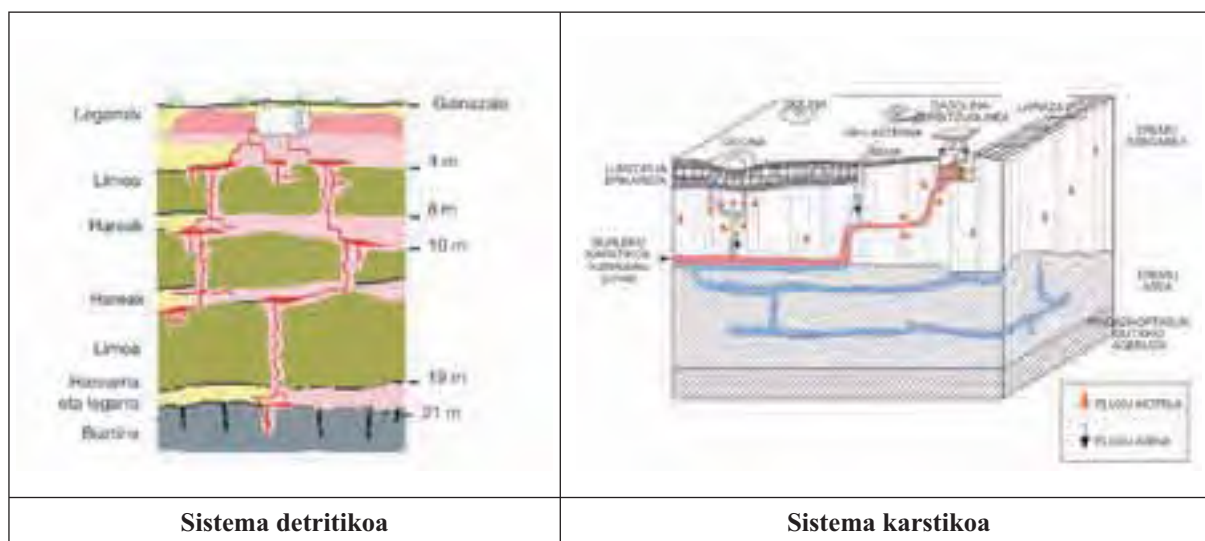
Ingurunean disolbatzailerik ote dagoen detektatu nahi izanez gero, produktuen, lurzoruaren edo lurpeko uren laginak aztertu behar dira, ustez ingurunera isuri diren produktu guztienak. Analisi horiek ere gasen kromatografia bidez egin ohi dira, lehen aipatutako kasuetan bezala. Laginaren kromatograman tontor baten formarekin agertzen da konposatua.

#### 4.3.2. Garraio- eta migrazio-ibilbideei buruzko elementuak

Produktua edukitzen duen elementutik (tanga/tutueria) substantziak (poluitzaileak) isurtzen direnean, batez ere bi faktore hauek baldintzatzen dute substantzia horien migrazioa:

- Isuritako substantzien ezaugarriak: dentsitatea, lurrunkortasuna, disolbagarritasuna, biskositatea, biodegradagarritasuna...
- Ingurunearen ezaugarriak: Lurzoruaren mota eta egitura, lurpeko uren sakonera, eremu asearen ezaugarri hidrodinamikoak (iragazkortasuna, igorgarritasuna, gradiente hidraulikoa...) eta abar.

Hamargarren irudian, likido batek bi testuinguru geologikotan –detritikoa eta karstikoa– egiten duen migrazioa ikusten da. Lurzoru detritikoa hainbat motatako lurzoru-geruzek osatzen dute, batzuk iragazkorragoak eta besteak iragazgaitzagoak. Iragazkortasun gutxiko geruzetatik igarotzean (limoak, kasu honetan), likidoak ez du modu bertikalean egiten aurrera, eta mailarik porotsuenetan metatzen da. Hala, pixkanaka-pixkanaka, migrazio horizontalerako bidea irekitzen da, granulometria mehea den lekuan, likidoak beste ibilbide bertikal bat aurkitu arte. Likidoak modu bertikalean eta horizontalean egiten duen migrazioaren abiadura geruzen iragazkortasunaren arabera izaten da. Sistema karstikoan, aldiz, likidoa egitura karstiko handiago bat osatzen duen kanal batera iristen denean, distantzia luzeak egin ditzake nahiko denbora laburrean. Sare karstikoa igaro, eta ura dagoen leku batean ager daiteke produktua, eta leku hori hainbat kilometrora egon daiteke.



**10. irudia: Likido batek hainbat iragazkortasun-geruza dituen sistema detritiko batean eta sistema karstiko batean nola migratzen duen azaltzen duten ereduak**

Beraz, substantzia horiek lurzoruko geruzetan izango duten banaketa eta migrazioa hidrokarbuoen ezaugarri fisiko-kimikoek baldintzatzen dituzte. Hauek dira banaketa eta migrazio horiek baldintzatzen dituzten ezaugarri nagusiak:

**4.3.2.1. Konposatuko karbono-atomoen kopurua**

Lehen hurbilketa gisa, esan behar da zenbat eta handiagoa izan substantziaren karbono-kopurua (pisu molekularra) orduan eta altuagoak izaten direla irakite-puntua, dentsitatea eta lurzoruko partikulen adsortzioa. Lurrun-presioa (lurrunkortasuna), uretako disolbagarritasuna eta mugikortasuna, berriz, txikiagoak izaten dira.

Bigarren taulan, parametro garrantzitsu batzuen balioak ematen dira (Henry-ren konstantea<sup>3</sup>, lurrun-presioa, disolbagarritasuna eta banaketa-koefizientea<sup>4</sup>) petrolio-produktuek izan ohi dituzten zazpi konposaturentzat. Parametro horiek atal honetan aipatu ditugun alderdietako batzuk baldintzatzen dituzte. Taulan konposatu bakoitzaren egitura molekularren karbono-kopurua ere ageri da, karbono-atomoen kopuruaren eta parametroaren balioaren arteko erlazioa ikusteko. Hala, lurrun-presioa eta disolbagarritasuna kontuan hartuta, karbono-atomo kopurua oso handia iruditu arren, taulak erakusten du arau horrek badituela bere ñabardurak, eta, beraz, molekularren beste ezaugarri batzuk –polaritatea adibidez– eragin handia izan dezaketela substantziaren ezaugarri fisiko-kimikoetan.

Konposatu batek lurruntzeko duen erraztasuna adierazten du lurrun-presioak. Beraz, zenbat eta handiagoa izan lurrun-presioa, hainbat eta errazago lurrunduko da konposatua. Bigarren taulan

<sup>3</sup> Henry-ren konstanteak adierazten du uretan disolbatuta dagoen konposatu batek lurruntzeko zenbateko joera duen. Zenbat eta handiagoa izan konstantea, orduan eta errazago lurrunduko da konposatua.

<sup>4</sup>  $K_{oc}$  konstanteak adierazten du orekan dauden karbono organikoaren eta uraren artean konposatuak duen partizio kimikoaren proportzioa. Zenbat eta handiagoa izan  $K_{oc}$ , orduan eta joera handiagoa izango du konposatuak lurzoruan adsorbatuta geratzeko, uretan diluituta geratu beharrean.

ikusten den bezala, badago nolabaiteko erlazioa karbono-atomo kopuruaren eta atomo horien lurrunkortasunaren artean; alegia, zenbat eta txikiagoa izan karbono-atomo kopurua, orduan eta handiagoa da lurrun-presioa. Horrek badu eragin praktikoa lurzorian sortzen diren lurrun organikoetan: zenbat eta handiagoa izan karbono-atomo kopurua, orduan eta lurrun-bolumen txikiagoa sortuko da, eta, beraz, ez da hain beharrezkoa izango lurzoru lurrun organikoak ikertzea edo, tangak izan ditzakeen isuriak detektatzeko helburuarekin, lurrun organikoak kontrolatzeko sarea instalatzea. Beraz, lurrun organikoak ikertzeak zentzua du gasolina, kerosenoa edo gasolioa duen lurpeko tanga bat aztertzen denean, baina ez fuel-olioa duen tanga bat aztertzen denean.

Konposatua	Formula kimikoa	Karbono-atomo kopurua	Parametroa eta balioa
			<b>Henry-ren konstantea 20°-an (atm)</b>
Berun tetraetiloa	$Pb(C_2H_5)_4$	8	4.700
Etilbentzenoa	$CH_3CH_2C_6H_5$	8	359
Xilenoak	$C_6H_4(CH_3)_2$	8	266
Bentzenoa	$C_6H_6$	6	230
Toluenoa	$C_6H_5CH_3$	7	217
Naftalenoa	$C_{10}H_8$	10	72
Metil-terc-butileterra	$C_5H_{12}O$	5	27
			<b>Lurrun-presioa (mm Hg 20°C-tan)</b>
Metil-terc-butileterra	$C_5H_{12}O$	5	245
Bentzenoa	$C_6H_6$	6	76
Toluenoa	$C_6H_5CH_3$	7	22
Etilbentzenoa	$CH_3CH_2C_6H_5$	8	7
Xilenoak	$C_6H_4(CH_3)_2$	8	6
Naftalenoa	$C_{10}H_8$	10	0.5
Berun tetraetiloa	$Pb(C_2H_5)_4$	8	0.2
			<b>Disolbagarritasuna (mg/l 20 °C-an)</b>
Metil-terc-butileterra	$C_5H_{12}O$	5	48.000
Bentzenoa	$C_6H_6$	6	1.780
Toluenoa	$C_6H_5CH_3$	7	515
Xilenoak	$C_6H_4(CH_3)_2$	8	185
Etilbentzenoa	$CH_3CH_2C_6H_5$	8	152
Naftalenoa	$C_{10}H_8$	10	30
Berun tetraetiloa	$Pb(C_2H_5)_4$	8	0.0025
			<b>Banaketa-koefizientea (<math>K_{oc}</math>) (cm<sup>3</sup>/gr)</b>
Berun tetraetiloa	$Pb(C_2H_5)_4$	8	4.900
Naftalenoa	$C_{10}H_8$	10	2.000
Etilbentzenoa	$CH_3CH_2C_6H_5$	8	360
Xilenoak	$C_6H_4(CH_3)_2$	8	240
Toluenoa	$C_6H_5CH_3$	7	180
Bentzenoa	$C_6H_6$	6	59
Metil-terc-butileterra	$C_5H_{12}O$	5	12

2. taula: Hainbat parametro fisikoren balioak zazpi hidrokarburoentzat (Iturria: EPA, 1995)

Hirugarren taulan, hainbat petrolio-produkturen irakite-puntuaren mailak ageri dira. Hala, ondoriozta daiteke gasolina bezalako produktu distilatuek –alegia, batez ere, karbono-kate laburreko hidrokarburoak dituztenek– irakite-puntuaren maila baxuagoak dituztela, eta, beraz, errazago lurruntzen direla.

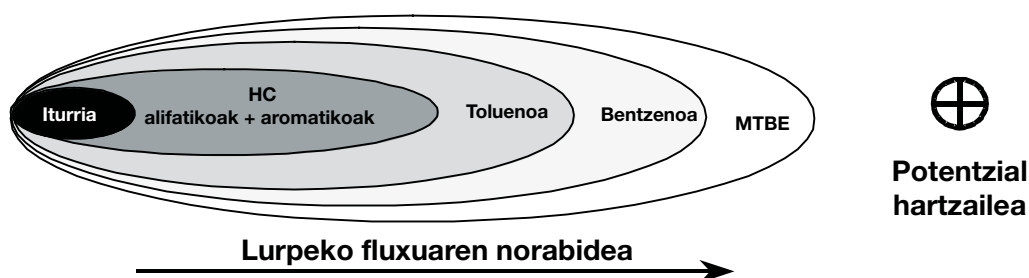
Produktua	Irakite-temperaturaren maila (°C)
Gasolina	40 - 225
Kerosenoa	180 - 300
Gasolioa	200 - 300
Fuel-olioa	280 - 340
Berotzeko olioak	> 275
Olio lubrifikatzaileak	Ez-lurrunkorrak

3. taula: Irakite-temperaturaren mailak hainbat petrolio-produktutan (Iturria: EPA, 1995)

#### 4.3.2.2. Konposatuen mugikortasuna

$C_{10}$  baino kate handiagoko hidrokarburo alifatikoek mugikortasun gutxi izaten dute, urekin nahas ezin daitezkeen likidotan (NAPLak) disolbatuta ez badaude behintzat. Hidrokarburo aromatikoak, berriz, disolbagarriagoak eta mugikorragoak izaten dira uretan antzeko pisu molekularra duten hidrokarburo alifatikoak baino.

Erregai arin bat –kasu honetan, metil-terc-butileterra (MTBE) duen gasolina bat– isuri ondoren, akuifero bateko uretan disolbatuta agertzen den ohiko “gradiente kimikoa” erakusten du 11. irudiak. Irudi horretan ikus daitekeenez, MTBEren ondoren, bentzenoak eta toluenoak (hidrokarburo aromatikoak) arinago migratzen dute akuiferoan hidrokarburo alifatikoek eta beste aromatiko batzuk baino (adibidez, etilbentzenoa eta xilenoak). Beraz, produktu baten osagaiak banatu egiten dira aipatu ditugun faktoreen ondorioz (batez ere, disolbagarritasuna eta banaketa-koefizientea  $K_{OC}$ ). Dena den, beste faktore batzuek ere eragina izaten dute, baina gida honi ez dagokio gai horretan sakontzea.



11. irudia: Gasolina isuritakoan maiz sortzen den gradiente kimikoa

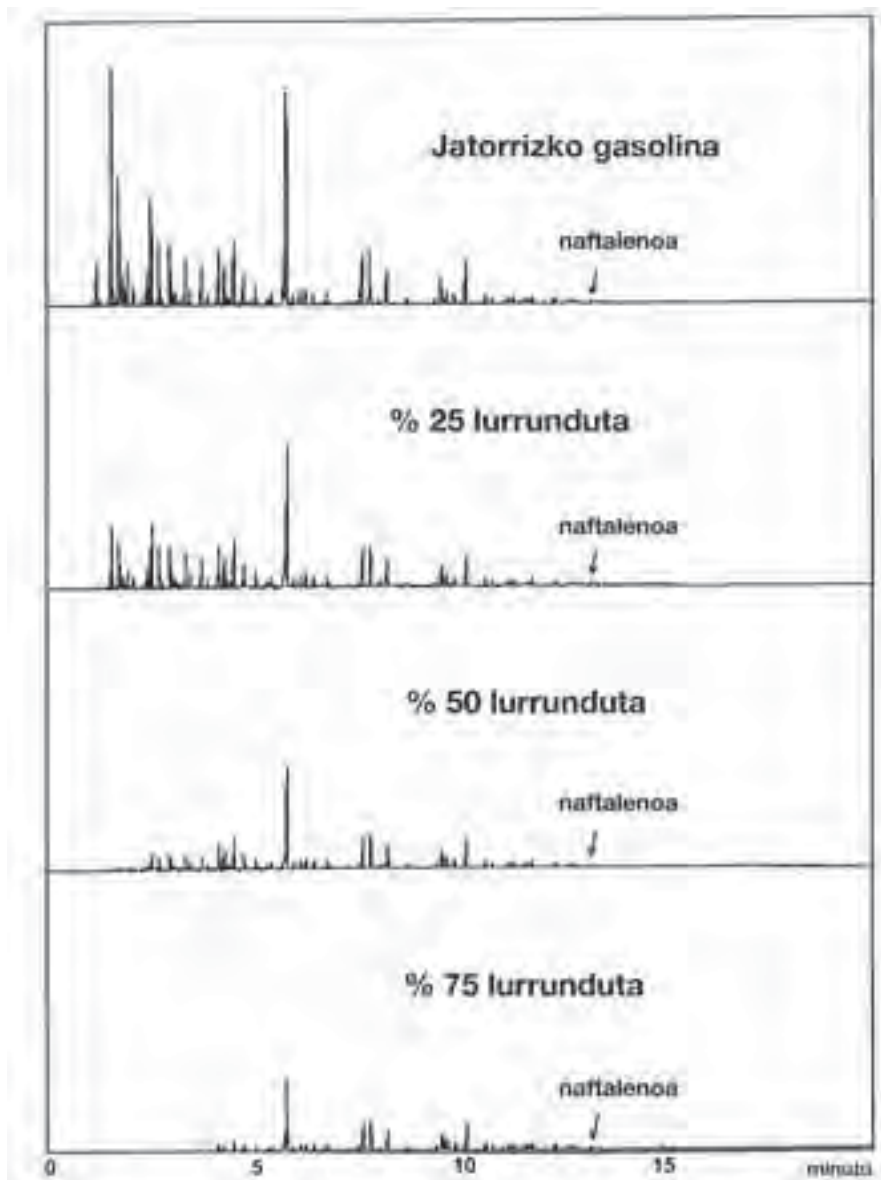
#### 4.3.2.3. Konposatu oxigenatuen presentzia

Petrolioaren deribatu batzuetan egoten diren konposatu oxigenatuak, oro har, askoz errazago disolbatzen dira uretan eta mugikorragoak izaten dira antzeko pisu molekularra duten hidrokarburoak baino. Alkohol arinak (metanola, etanola ) dira disolbagarrienak.

#### 4.3.2.4. Konposatuaren lurrunkortasuna

C<sub>5</sub>-era arteko kateko hidrokarburoak oso lurrunkorrek dira. Astunenek, berriz, denbora gehiago behar izaten dute, tenperaturaren eta airearekin duten kontaktuaren arabera. Arrazoi horren (eta beste batzuen) ondorioz, erregai arinenen konposizioa (gasolinak, batez ere) aldatu egiten da denborarekin lurzorian sartzen direnean, eta hidrokarburo arin eta lurrunkorrenen proportzioa gutxitu egiten da astunenekiko.

Hamabigarren irudian kontzeptu hori azaltzen da. Irudi horretan, gasolinaren segidako kromatogramak ageri dira. Gasolina hori aurrez ezarritako bolumen batera arte lurruntzen utzi da, kontrolatutako kondizioetan. Lurruntzearen kontzeptua karbono-katearen arabera banatzen bada, ikusten da kate laburren tontorrak –kromatogramaren ezker aldekoak– txikituz doazela pixkanaka, ia-ia desagertu arte. Aldiz, naftalenoaren tontorra ez da ia aldatzen.



12. irudia: Gasolinaren eboluzioa lurrunketa-aldi batean (Iturria: Wigger J.W. et Al., 1997)

#### 4.3.2.5. Hainbat produkturen biodegradazioa eta karakterizazioa

Hidrokarburoen biodegradazioa hidrokarburoak ingurunera askatu ondoren hartu behar da kontuan. Atal honetan, bi erregai-motaren kasuan –gasolinak eta gasolioak– fenomeno nola gertatzen den eta ebaluaketa nola egiten den ikusiko dugu; izan ere, erregai horiek ebaluatzen dira gehien, zerbitzuguneak instalatzen diren ingurune-mota guztietan egoten baitira. Beste behin ere, gogoratu behar dugu, gida honetan agertzen direnen gisako ikerketetarako azterketa eta ebaluazio praktikoak nola egin azaldu nahi dela ondoren ageri diren deskribapenen bidez. Azterketa erabat kimikoa egingo bagenu, deskribapen sakonagoak egin beharko genituzke, eta erregaietan egoten diren beste hidrokarburo batzuen ikuspegiak eta ebaluazioak ere azaldu beharko genituzke

#### Gasolinaren mailako distilatuen karakterizazioa

Gasolina baten osagai hidrokarburatuen maila  $C_3$ -tik  $C_{12}$ -ra bitartekoa izaten da, eta irakite-tarte izendatua 40 eta 225 °C artekoa.

Gasolinaren konposizio kimikoa bereizteko eta ingurunean duen “zahartze” prozesua karakterizatzeko, hainbat eta hainbat osagai neur daitezke (banakako osagaiak, pigmentu gehigarrien banaketa, konposizio isotopikoa... ). Baina oso garestia da determinazio horiek egitea, eta, ondorioz, gehienetan, BTEX kontzentrazioen neurriak eta  $C_3$  eta  $C_{10}$  arteko hidrokarburoen edo  $C_{10}$  eta  $C_{40}$  arteko alkanoen banaketa soilik lortzen dira.

Bentzenoak eta xilenoek uretan duten lurrunkortasunak eta disolbagarritasunak 10eko aldakortasuna duenez, pentsatzen da bentzenoaren, toluenoaren, etilbentzenoaren eta xilenoen –BTEX esan ohi zaie– kontzentrazioak faktore garrantzitsua direla ingurunera askatutako produktuak izan dituen aldaketak neurtzeko.

BTEXen konposizioari dagokionez, produktu aske flotatzailearen bentzeno-kontzentrazioa % 40 inguru pobretzen da jatorrizko kontzentrazioarekiko. Horixe izaten da ingurumenean gertatzen den aldaketarik berehalakoena. Toluenoaren, etilbentzenoaren eta, bereziki, xilenoen proportzioak askoz ere gutxiago murrizten dira.

Bentzenoa uretan disolbagarriagoa delako, batez ere uretara barreiatzen delako, gertatzen da hori. Eta, ondorioz, bentzenoa gehiago aberasten da uretan toluenoa, etilbentzenoa eta xilenoak baino. Lurzoruan, berriz, xilenoak eta etilbentzenoa geratzen dira, eta toluenoa ere bai, intentsitate txikiagoarekin bada ere.

Osagai horiek lurzoruan, lurpeko uretan eta fase ez-akuosoan dituzten erlazioak aztertuz, ondorio garrantzitsuak atera daitezke isuritako produktuaren jatorriari eta ingurumenean izan dituen aldaketei buruz.

Hainbat ingurumen-azterketa egin ondoren, oso erabilgarria suertatu da erlazio parametrikoko hau:

$$R_b = (B+T)/(E+X); \text{ donde}$$

$R_b$  = BTEXen erlazio metatua  
 $B$  = bentzenoaren kontzentrazioa  
 $T$  = toluenoaren kontzentrazioa  
 $E$  = etilbentzenoaren kontzentrazioa  
 $X$  = xilenoen kontzentrazioa.

Banakako erlazioen ordez adierazitako erlazio hori erabiltzeari esker, gasolinen ekoizpenean izan diren gorabehera historikoak leundu daitezke.

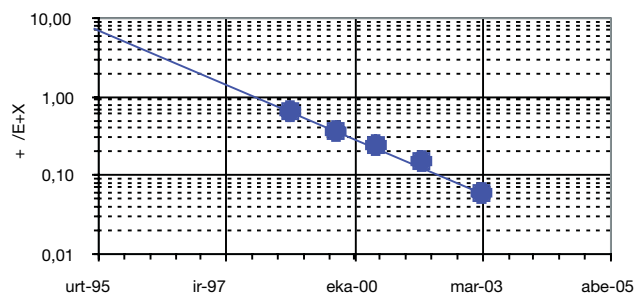
Laborategiko lanen eta landa-azterketen arabera (Kaplan *et al*, 1996), lurpeko ura ukitu berri duen gasolina baten  $R_b$ -k 1,5 eta 6 arteko balioa izan dezake, urarekin kontaktuan dagoen gasolina-kantitatearen arabera. Lurpeko uraren lagin bat aztertu, eta maila horretako balio bat lortzen bada, isuria nahiko berria dela interpretatzen da (oro har, 5 urte baino gutxiagokoa).

Fase ez-akuosorik ez badago,  $R_b$ -ren balioa jatorrizko gasolinaren marjinan mantentzen da (0,8tik 1,1era) poluzio-luman. Poluzioaren gunetik urruntzen doan heinean, balio hori txikituz joaten da pixkanaka, denborak aurrera egin eta ingurumenean erreakzioak gertatu ahala. Hala, 0,5 inguruko balio txikiek adierazten dute isuriak 10 urte baino gehiago dituela. (Kaplan *et al.*, 1996).

Ingurune isotropo eta homogeen batean adbezio-sakabanatzeagatik aldatutako garraio-ekuazioaren soluzioaren arabera,  $R_b$ -k isuri baten jatorritik gertu denboran zehar izaten duen murrizketak funtzio esponentzial bat osatzen du. Denbora-tarte zabal batean lortutako datuak doituz, denboran zehar lortutako estimazioen zehaztasuna hobetu daiteke.

Hamahirugarren irudian, beruna duen gasolina baten adibide erreala erakusten da. Urte batzuen buruan,  $(B+T)/(E+X)$  erlazioaren murrizketa esponentziala gertatu dela ikusten da.

$R_b$ -ren doikuntza onenaren ekuazioa  $R_b = 3E+24 e^{-0,0016(t)\text{denbora}}$  da,  $R^2$  0,99 dela. Portaera horrek adieraz dezake poluzioa sortu zuen isuria une batean gertatutako isuri jakin batek sortu zuela, eta isuri horrek poluzio-luma barreiatua sortu eta uretan behera migratu zuela. Produktuaren hasierako baldintzak berreraiki ondoren, badirudi isuria 1995ean sortu zela.



13. irudia:  $B+T/E+X$  erlazioak denboran izandako eboluzioa



Denboran zehar etenik gabe gertatutako isuri bat balitz, ezingo litzateke 13. irudikoa bezalako lerro erregresibo zuzen bat eraiki.

Poluzioaren jatorrizko gunetik urrun dauden puntuetan, ohikoa da 5etik gorako balioak egotea. Horrek adierazten du B eta T-ren garraioa batez ere uretan gertatu dela.

### **Distilatu ertainen karakterizazioa (gasolioen maila)**

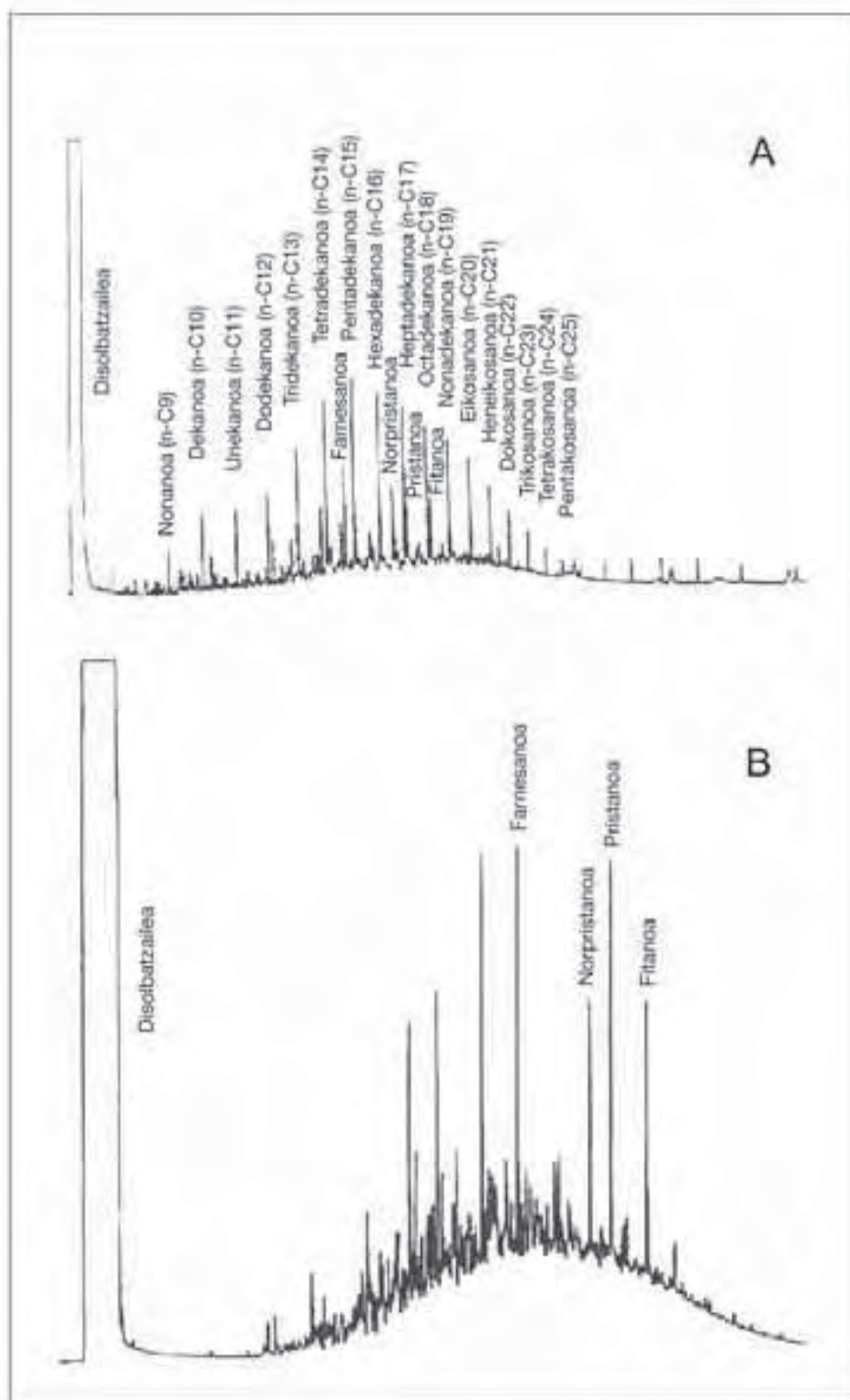
Hauek dira petrolioaren distilatu ertainak aldatzen dituzten prozesu nagusiak: lurrunketa, lixibiazioa eta mikrobioen ekintza. Ingurune batzuetan, prozesu horiek eragin txikia dute isuritako produktuaren konposizioan. Beste ingurune batzuetan, berriz, asko degradatzen dira eta modu azkarrean (lurzoruaren goiko geruzetan, batez ere).

Adibidez, gainazaleko zoladuraren eta maila freatikoaren artean dagoen lurpeko biltegitratze-tanga batek produktuaren hasierako kondizioak gordetzen ditu. Egoera horretan, lurrunketa- eta lixibiazio-prozesuak oso txikiak izaten dira. Bestalde, urik, oxigenorik eta mantenuairik ia ez dagoenez, biodegradazio-prozesua ere oso mantso gertatzen da. Dena den, produktuak aldaketa nabarmenak izaten ditu, epe luzean.

Gasen kromatografia-erregistroen interpretazioak oso tresna baliagarriak dira produktuaren aldaketa-maila neurtzeko, eta, beraz, lurpean zenbat denbora egin duen jakiteko (*Seen eta Johnson, 1987*). Gasolioek ingurunean izan duten aldaketa neurtzeko, adibidez, propietate fisiko, kimiko eta biologiko ezberdinak dituzten osagaien arteko erlazioak konpara daitezke. Biodegradazioa ebaluatzeko, erlazio hauek aztertzen dira, besteak beste:  $C_{17}$ /pristanoa,  $C_{18}$ /fitanoa eta pristanoa/fitanoa (*Glazer, 1991; Flathman et al., 1991*).

Hamalagarren irudian, produktu hauen kromatogramak ageri dira: a) gasolio berri bat, eta b) lurpean 22 urtez degradatutako gasolio bat. Azterketek erakusten dutenez, kate linealeko alkanoak  $n-C_9$ -tik  $n-C_{25}$ -ra bitartekoak nagusi dira gasolio berrien konposizioan. Aldatutako produktuen konposizioan, berriz, osagai hauek egoten dira, batez ere: isoprenoideak (hidrokarburo adarkatuak), farnesanoa, norpristanoa, pristanoa eta fitanoa (14-A eta B irudiak). Mikroorganismoek afinitate handiagoa izaten dute kate linealak metabolizatzeko, eta badirudi horregatik gertatzen dela azaldutakoa. Hala, aldaketa-prozesua gertatzen denean, kate linealen eta isoprenioiden arteko erlazioak murriztu egiten dira denborarekin, eta, beraz, erlazio horrek adierazten du zein den gasolioaren aldaketa-maila.

*Christensen-ek eta Larsen-ek (1993)* gasolioa zuten lurpeko tangetan gertatutako isuriek in poluitutako dozena bat kokaleku aztertu zituzten. Aipatu behar da bazekitela isuri horiek noiz gertatu ziren. Autore horiek ondorioztatu zuten posible dela produktuak lurpean egin duen denbora neurtzea  $n-C_{17}$ /pristanoa erlazioa kuantitatiboki erabiliz. Erlazio lineal hau ezarri zuten:  $T(\text{urteak}) = 8,4(n-C_{17}/pr) + 19,8$ . Erlazioak  $\pm 2$  urteko errore-marjina zuten eta % 95eko konfiantza-maila.



14. irudia: Ohiko gasolio berria (A) eta ohiko moduan degradatutako gasolioa (B) erakusten duten kromatogramak. Degradatutako gasolioa lurzoruko lagin batean aurkitu zen, eta isuriak 22 urteko antzintasuna zuen (Iturria: Christensen & Larsen (1993))

## **Ingurumen-lagin baten aldaketa-maila neurtzeko mugak**

Kasu gehienetan, ez da datu analitiko fidagarri nahikorik izaten lagin baten aldaketa-maila eta ingurunean egin duen denbora neurtzeko.

Hori horrela izanik ere, badira beste muga garrantzitsu batzuk horrelako interpretazioak egiteko.

Adibidez, isuritako bolumena oso handia izan bada eta fase ez-akuoso indartsua badago (maila freatikoa fase aske flotatzailea sortzen duena edo lurzoruko partikulak estaltzen dituena), produktuaren barruko aldaketa-mekanismoak oso txikiak izaten dira, oxigeno eta mantenugai gutxi egoteagatik (*Hoag eta Marley*, 1986). Kasu horretan, produktuaren faseartea eta lurpeko ingurunea bakarrik alda daitezke.

Halaber, lurpean granulometria-sedimentu oso meheak badaude – porositate gutxikoak eta hidrokarburoekiko, urarekiko eta mantenugaiekiko iragazkortasun gutxikoak – aldaketa-tasak oso txikiak izango dira. Aldiz, ingurune aireztatueta eta mantenugai asko dituztenetan, azkar gertatzen da degradazioa (*Riser-Roberts*, 1992). Kasu horretan, biorremediaziorako teknologiak erabil daitezke.

## **Eredu kontzeptualerako erabilgarritasuna**

Orain arte esandakoak bi aplikazio ditu definitzen ari garen eredu kontzeptualerako: batetik, hidrokarburo-isuria gertatu zen data zehaztea garrantzitsua izan daiteke inpaktuaren erantzukizun zibila nori dagokion zehazteko, kokalekuaren jabetza aldatzen denean eta isuriaren arduraduna zein den ez dakigunean. Bestetik, hidrokarburoen degradazio-egoera ezagutzea garrantzitsua izan daiteke, aplikatu daitezkeen saneamendu-neurrien bideragarritasuna baloratzeko.

## **Disolbatzaileen degradazioa eta datazioa**

Disolbatzaileen isuriaren data zehaztea askoz ere zailagoa da. Badaude hainbat teknika isotopiko, baina teknika horien erabilgarritasuna aztertzen ari dira. Produktu horien degradazioa zehazteko, berriz, isuritako produktutik agertutako bitarteko produktuak eta bukaerako produktuak aztertu behar dira. Baina, horretarako, zehatz-mehatz ezagutu behar da produktu bakoitzaren degradazio-katea.

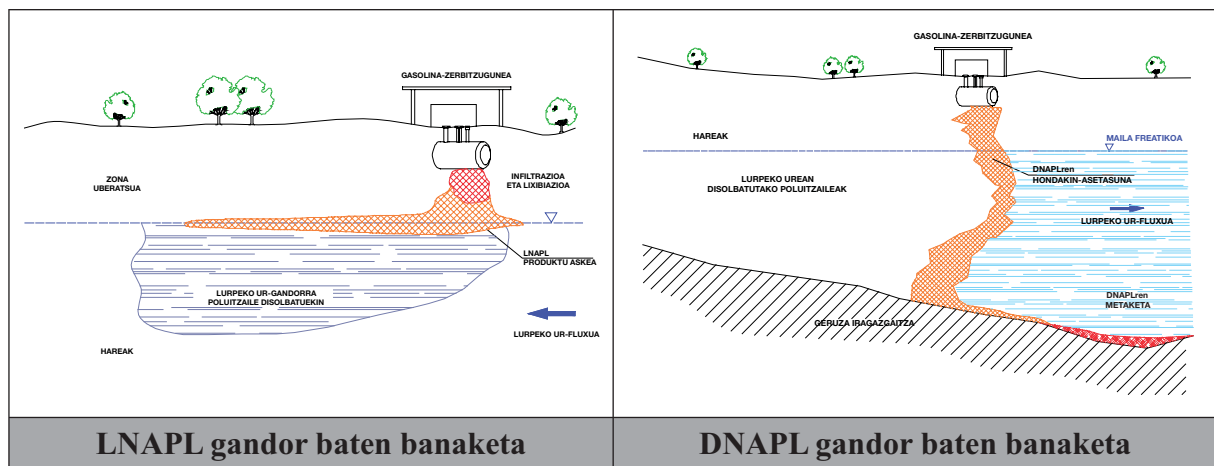
### **4.3.2.6. Lurpean hainbat poluitzaile konbinatuta egotea**

Kontuan hartu behar da substantzia orok lurzoruko geruzetan duen banaketan eragina dutela beste substantzia batzuek. Hala, konposizio konplexuko produktuek sortutako lurzoruko poluzioaren kasuan, gutxiago izaten dira uretan disolbatutako edo fase gaseosoko hidrokarburo indibidualen kontzentrazioak. Hidrokarburoa bakarrik balego, handiagoak izango liriateke kontzentrazioak.

Erregai gehienak ez dira ura bezain dentsitate izaten (0,7-tik 0,9-ra bitarteko dentsitate erlatiboa izaten dute, gutxi gorabehera). Horrez gain, beste ezaugarri fisiko-kimiko batzuk eta lur-azpiaren berezko faktore batzuk kontuan hartuta, erregai lurpeko uretan sartzen denean

bere disolbagarritasun erreala baino proportzio handiagoan, nahasi gabe metatzen da mantu freatikoaren goialdean, eta LNAPL-en (fase ez-akuosoko likido arinak) ohiko portaera izaten du. Ura baino konposatu dentsoagoek (adibidez, disolbatzaile kloratu batzuk), ordea, akuiferoaren oinarrian metatzeko joera izaten dute, eta DNAPL-en (likido dentsu ez-akuosoa) ohiko portaera izaten dute. Gidaren 2. eranskina arriskuen azterketari buruzkoa da (poluitzaileen migrazioa eta segimendua lurpean eta lurpeko uretan), eta modu zehatzagoan deskribatzen ditu aipatutako fenomenoak.

Hamabosgarren irudian ikusten da zer ezberdintasun dagoen bi produktu-talde horiek akuifero batean metatzeko eta barreiatzeko duten moduen artean.



15. irudia: LNAPL baten eta DNAPL baten portaeraren arteko ezberdintasuna akuifero batean

#### 4.3.2.7. Poluitzaileak sakabanatzeko bideak

Mekanismo hauek erabakitzen dute, batez ere, poluitzaileek lurzoruaren hiru faseetan (solidoa, akuosoa eta gaseosoa) izango duten banaketa eta espazioan eta denboran izango duten garapena:

- Lurzoru poluituko partikulak esekitzea eta atmosferan barreiatzea.
- Lurzoruko partikulen adsortzioa/desortzioa.
- Lurruntzea eta, ondoren, eremu asegabeetan zehar, barruko espazioetara migratzea edo atmosferan barreiatzea.
- Lurzoru poluitua lixibiatzea eta lurpeko uretan sartzea.
- Lurpeko uretan disolbatzea eta migratzea.
- Lurpeko uretan fase aske edo gainjalkin modura duten progresioa (LNAPLak).
- Akuiferoaren oinarrian metatzea (DNAPLak).

### **4.3.3. o izio-bideei buruzko elementuak**

Oro har, hauek dira balizko giza hartzaileen esposizio-bideak:

- Lurzoru poluituko partikulak irenstea.
- Kontaktu dermikoa lurzoru poluituko partikulekin.
- Lurzoru poluituko partikulak inhalatzea.
- Lurzorutik, lurpeko uretik edo produktu asketik etorritako lurrinak inhalatzea.
- (Etxeak) hornitzeko ur poluitua (lurpekoa edo lur gaineko) irenstea, inhalatzea edo ur horrekin kontaktu dermikoa izatea.
- Poluzioak kaltetutako elikagaiak kontsumitzea (ureztatze urak poluituta egoteagatik, sustraiek xurgatzeagatik... ).

Aipatutako lehenengo hiru esposizio-bideek eragin handiagoa dute kanpoko giroan. Lurrinak inhalatzea, berriz, kanpoko zein barneko giroan gerta daiteke.

Arriskuen analisia egiteko kontuan hartu beharreko esposizio-bideak oso ezberdinak izan daitezke kokalekuaren eta haren ezaugarrien arabera (poluzioaren eraginpean egon daitezkeen espezie- eta biztanleria-motak, kokalekuaren babes-maila... ).

Beraz, hasierako eredu kontzeptualak aztergai den poluzio jakin horretan kontuan hartu behar diren esposizio-bideak identifikatu behar ditu, alegia, gune batean sortu eta hainbat mekanismoren bidez garraiatzen den poluzio hori hartzaile potentzialetara iristeko bideak zehaztu behar ditu.

Praktikan, bide gutxi batzuetatik gertatzen da esposizioa, kasurik gehienetan. Hori dela eta, garrantzitsua da bide horiek identifikatzea, hasierako eredu kontzeptuala definitzen denetik bertatik. Dena den, kokaleku eta azterketa-eremu berean ere, ezberdinak izan daitezke esposizio-bideak hartzaile-motaren arabera.

### **4.3.4. Hartzaile otentzialei buruzko elementuak**

Hartzaile potentzialak ondo identifikatzeak berebiziko garrantzia du hasierako eredu kontzeptuala definitzeko. Alde horretatik, ez da ahaztu behar arrisku-katea osatzeko beharrezkoak direla, batetik, behar besteko garrantzia duen poluzio-iturria, bestetik, poluzio hori garraiatzeko mekanismoak, eta azkenik, poluzioak migra dezakeen kokalekuetan dauden hartzaile potentzialak. Beraz, hartzaile potentzialak modu errealistan identifikatu behar dira, azterketa-eremuan ikusitako lurzoruaren erabilerak kontuan hartuta.

Dena den, kasua edozein izanda ere, beti ezberdindu behar dira giza populazioa eta ekosistemetako elementuak, azterketa-prozesuak hainbat berezitasun baititu kasu batean eta bestean. Halaber, giza populazioaren barruan, haur-populazioa eta populazio heldua ezberdindu behar dira sistematikoki. Beste bereizketa hau ere egin behar da: batetik, instalazioetako langileak (gasolina-zerbitzuguneetan eta industria-instalazioetan, batez ere) eta, bestetik, poluzioaren eraginpean egon daitekeen bestelako populazioa.

Bestalde, poluzioak kalte egin diezaiekeen ekosistemetako elementuei dagokienez, zaila izan daiteke elementu horiek sistematizatzea, kasu batetik bestera alde handia egoten baita (espezieak eta populazioak, horien arteko erlazio ekologikoak... ).

#### 4.4 LAGINKETA-ESTRATEGIAREN DISEINUA

*Azterketa historikoari eta laginketaren diseinuari buruzko gida metodologikoa-k* (IHOBE, 1998) zein *Lurzoruaren poluzioa ikertzeko gidaliburu praktikoa-k* (IHOBE, 2002) gomendio orokorrak ematen dituzte laginketa-estrategia diseinatzeko. Epigrafe honetan, gidan azaltzen diren kokaleku-motei buruzko berariazko gomendio batzuk ere gaineratuko ditugu. Dena den, kokalekua edozein dela ere, ikerketa-fase bakoitzaren ebaluazioa egiteko beharrezkoak diren datuak lortzeak izan behar du laginketa-estrategiaren helburua.

Lurpeko tangak dituzten kokalekuek izaera berezia dute, eta, beraz, kokaleku horien hainbat alderdi praktikok eragina izan dezakete ikerketako faseen azken emaitzan. Hauek dira alderdi praktikoko horiek:

- Poluzio-kontzentrazioarik handienak detektatzeko zailtasuna hainbat inguruetan –aire interstiziala, lurzoru eta lurpeko ura– ezinezkoa delako tangaren azpialdea zulatzea. Izan ere, leku horretan handiagoak dira hidrokarburoaren edo askatutako disolbatzaileen kontzentrazioak, baita tanga edo konexiorako edozein tutueria zulatzeak arriskua ere. Beraz, ia ezinezkoa izaten da leku horietara gerturatu, eta daturik adierazgarrienak eskuratzea. Ondorioz, mota horretako kokalekuetan, lur-azpia ikertu ondoren egiten den diagnostikoak, normalean, ez du zehaztasunez erakusten lur-azpiaren benetako egoera. Hori dela eta, ondorengo saneamendu-faseak zaildu egin daitezke.
- Lagin adierazgarriak lortzeko beste oztopo batzuk ere izaten dira: batetik, tangen inguruko lurpeko azpiegiturei buruzko plano zehatzik ez da egoten gehienetan, eta, bestetik, segurtasun-tartea zaindu behar da azpiegitura horiei kalterik ez egiteko.
- Edozein intrusio-lan egiten hasi baino lehen, ezinbestekoa da lurpeko azpiegituren kokalekua eta trazadura definitzea, instalazioak hondatzeko arriskua dagoelako eta, batez ere, ikerketa egiten ari diren langileen osotasun fisikoa zaintzeko. Normalean, detektagailu elektromagnetikoak erabiltzen dira lan horietarako.

Laginketa-estrategia osatzen duten elementu guztien artetik, hauek dira gida honetan sakondu beharrekoak:

- Laginak hartzeko bitartekoak.
- Laginketa-puntuak lokalizatzea.
- Laginketa-puntuen kopurua.
- Laginketa-puntu bakoitzeko lagin-kopurua.

Ondoren, aipatutako elementu horiei buruzko gomendioak azalduko ditugu, ikerketaren fase bakoitzari dagozkionak.

#### **4.4.1. Iorazio-ikerketak**

Askotan, lurpeko biltegitratze-tangek poluitutako kokalekuen substratuak ezaugarri homogeenak izaten ditu, eta, horri esker, ikerketa-sail bakar batean azter daitezke ezaugarri horiek. Baina, kasu batzuetan, komenigarria izan daiteke ikerketa-estrategia ezberdineko azpisailak banatzea. Alderdi hori zehaztu beharra dago hasierako eredu kontzeptuala egiterako. Poluzioak espazioan izan dezakeen banaketa, berriz, oro har heterogeneoa izan ohi da eta iturri ezagun batetik etortzen da, ingurune batetik bestera aldaketak egon daitezkeen arren.

*Esplorazio-ikerketan*, laginketaren diseinuak bi helburu nagusi ditu:

- Kokalekuaren barruan, poluitzeko probabilitate handiena duten eremuak detektatzea.
- Larrialdi-neurriak behar dituzten berehalako arrisku-egoerak identifikatzea.

Helburu horiek betetzeko, ingurune hauek ikertu ohi dira, gomendatutako ordenan:

- Lurzoruko aire interstiziala (lurrun organikoak).
- Lurzorua.
- Lurpeko urak.

Horiez gain, komeni da kontuan hartzea kokalekuaren barruan edo handik oso gertu dauden eraikinen barruko airea ere.

Sekuentzia horren bidez, lurrun organikoen ikerketaren emaitzak baliatu nahi dira lurzoruak eta lurpeko urak ikertzeko zundaketak non egin zehazteko. Izan ere, askotan, lurrun organikoen kontzentrazio-gandor handiek lurzoruko eta lurpeko uretako hidrokarburoen banaketa ezagutzeko balio dute. Ondoren, ingurune horien ezaugarriak aztertuko ditugu.

#### 4.4.1.1. Lurzoruko aire interstiziala

Eremu asegabeetan lurzoruko aire interstizialaren laginak hartzen dira konposatu lurrunkorrek eta erdi-lurrunkorrek (KOLak eta KOELak) detektatzeko. Ikerketa-teknika horren bidez, aztertutako kokalekuetan poluziorik handiena jasan dezaketen eremuak zehazten dira, eta, hala, gehiago optimizatzen da lurzoruaren eta lurpeko uren laginketa-diseinua. Arrazoi horrengatik, lurzoruko aire interstizialaren laginketa lehenago egiten da aipatutako beste inguruneetako baino. Gainera, teknika horrek informazioa eman dezake lurrunek kokalekutik kanpo egin dezaketen migrazioari buruz.

Dena dela, teknikaren eraginkortasuna lurzoruaren egituraren menpe dago: behar bezain porotsua izan behar du emaitzak ahalik eta fidagarrienak izateko.

Laginketa-puntuen lokalizazioa sare sistematiko erregular batera edo hiruzuloka egokitzen da normalean. Laginketa-sarearen dentsitatea erabakitzeke, ikerketa baino lehenagoko faseetan eskuratutako informazioa hartu behar da kontuan. Adibidez, hedadura txikiko kokalekuetarako nahikoak izaten dira 10-15 laginketa-puntu. Emaitzen bidez, lurrun-kontzentrazio handiko nukleoren bat detektatzen bada, oso baliagarria izaten da laginketa-sarea aldatzea edo zabaltzea, pixkanaka-pixkanaka poluzio-gandorren hedadura txikitzen joateko eta gandor horren iturria bilatzeko.

Normalean, lagin bat hartzen da laginketa-puntu bakoitzeko. Lagin guztiak sakonera beretik atera behar dira (1 metro inguru), emaitzak elkarrekin lotu ahal izateko. Kasu batzuetan, sakonera handiagoetan hartzen dira laginak (2-3 m).

Hainbat ekipamendu-mota daude lurrun organikoen laginak hartzeko, baina, normalean, irakurketa zuzeneko metodoak aplikatzen dira (fotoionizadorea edo PID eta tutu kolorimetrikoak, adibidez). Ekipamendu horiek nola funtzionatzen duten jakin nahi izanez gero, begiratu *Laginak hartzea* gida metodologikoan (IHOBE, 1998).

Ondoren, gasolina-zerbitzugune batean ikertutako lurrun organikoei buruzko kasu praktikoa azalduko dugu. Zerbitzugune horrek disolbatzaileak biltegitratzen zituen kokaleku bat zuen ondoan. Disolbatzaile horietako bat kloratua zen, gainera.

Laugarren taulan daude ikerketa historikoan bildutako datuak.

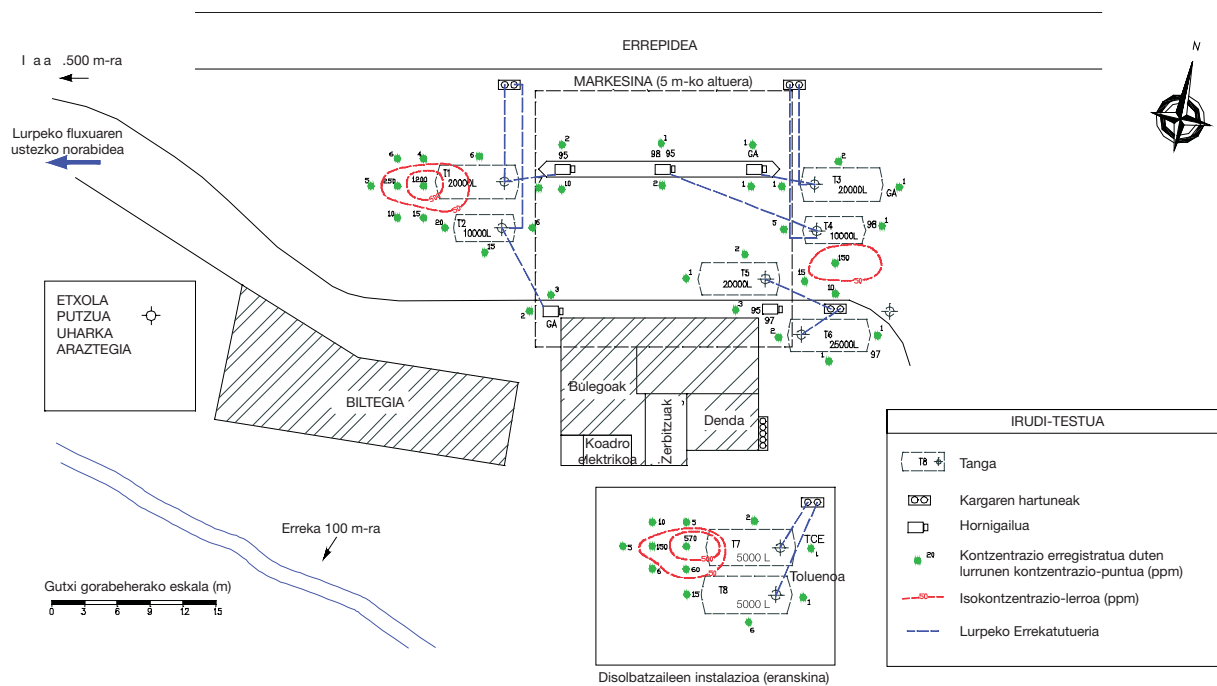
Tanga	Edukia	Instalazio-urtea	Materiala	Atxikipen-ontzia/pareta bikoitza	Azken hermetikotasun-proba	Oharrak
T1	Gasolina S/P 95	1980	Karbono-altzairua	Ez	2002	1995an estalia
T2	A gasolina	1980	Karbono-altzairua	Ez	2002	
T3	A gasolina	1980	Karbono-altzairua	Ez	2002	
T4	Gasolina S/P 98	1980	Karbono-altzairua	Ez	2002	
T5	Gasolina S/P 95	1990	Karbono-altzairua	Ez	2002	
T6	Super gasolina	1990	Karbono-altzairua	Ez	2002	
T7	Trikloroetilenoa (TCE)	1975	Karbono-altzairua	Ez	2002	1997an estalia
T8	Toluenoa	1975	Karbono-altzairua	Ez	2002	

4. taula: Ikerketaren adibide gisa hartu den kokalekuko tangei buruzko datu historikoak



Datu historiko horiek erakusten dute tangak nahiko zaharrak direla, eta, beraz, isuriak izateko arriskua nahikoa handia dela. Gainera, T1 eta T7 tangak konpondu egin zirela erakusten dute datuek, eta horrek pentsarazi behar digu noizbait kontrolik gabeko isuriren bat gertatu zela.

Hamaseigarren irudian, puntu hauen kokapena ageri da: laginketa-puntuak, tangak eta tutueriak, gizakiak ez diren hartzaile potentzial garrantzitsuenak, hornidura-putzu bat eta gertu dagoen erreka bat. Horrez gain, lurpeko fluxuak izan dezakeen norabidea ere irudikatzen da.



### 16. irudia: Gasolina-zerbitzugune bateko lurrun organikoei buruzko ikerketaren emaitzak

Metodologia hau erabili da laginketa-puntuak kokatzeko:

- Tanga bakoitzaren inguruan puntuak ezartzea, banaketa erregular bat bilatuz.
- Lurpeko tutuerien inguruan eta tanga batetik besterako tartetan ez da laginketa-punturik ezarri, azpiegiturak ez hondatzeko.
- Hainbat kontrol-puntu gehigarri ezarri dira hornigailuen eta bestelako lurpeko instalazio batzuen inguruan.
- Lurrun organikoen maila altua den lekuetan (> 50 ppm) laginketa-sare erregular bat gehiago egin da, arrisku handia sor dezakeen eremua ondo mugatu arte. Hiru eremutan lortu da maila hori: T1 eta T7 tangen mendebaldean eta T4-ren hegoaldean.

Emaitza horiek oinarri gisa hartuta, lurrun organikoen isokontzentrazioen lerroak interpretatu dira. Hala, ez dira garrantzitsutzat hartu 50 ppm baino balio txikiagoak. Dena den, azpimarratu behar da interpretazio hori adibide bat besterik ez dela. Ikerketan lortutako kontzentrazio-mailaren arabera, maila bat edo bestea aukeratuko da irudikapen grafikoa egiteko.

Horrenbestez, irudiak argi eta garbi erakusten ditu lurrun organikoen kontzentrazio handiena duten bi nukleo (T1 eta T7) eta garrantzi gutxiagoko beste bat (T4). Modu horretan, badakigu zer lekutan egin dakiekeen kalte gehien lurzoruari eta lurpeko urei.

#### 4.4.1.2. Lurzoruak

Aztertzen ari garen kokalekuetan, bi lurzoru-mota hauek ezberdindu behar dira: gainazaleko lurzoruak (1 m arteko sakonerakoak, gutxi gorabehera) eta lurzoru sakonak (tangaren oinarriaren sakoneratik behera daudenak). Poluzioaren kasuistika, zoladuraren egoera edo tutuetatik isuriak gertatu izanaren zantzuak direla-eta, hasierako eredu kontzeptualak adierazten badu gainazaleko lurzoru poluituen ondorioz sortutako arrisku-kateak kontuan hartu behar direla, orduan, lurzoru horiek laginketa-programaren barruan sartu beharko dira. Baina hasierako eredu kontzeptualak halakorik esaten ez badu, lurzoru sakonetan soilik egingo da laginketa.

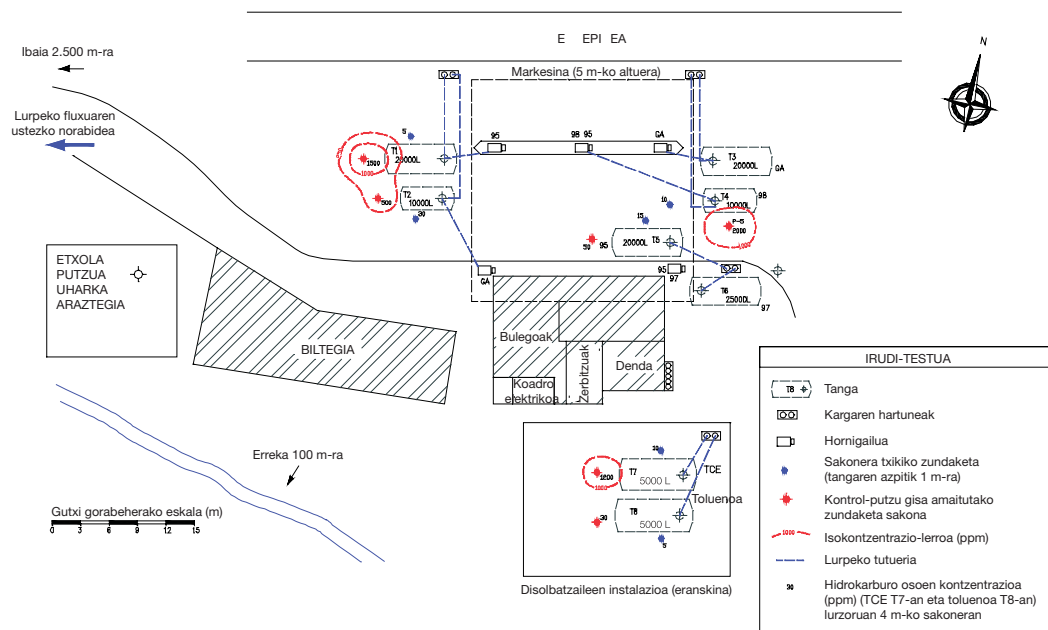
Lurzoruen laginketa egiteko zundaketak non egin erabakitzeke, aurrez egindako hasierako eredu kontzeptuala, ikerketa historikoaren emaitzak eta lurrun organikoen ikerketa hartuko dira kontuan. Bestalde, laginketa-puntuen dentsitateak handiagoa izan behar du poluzio-iturriaren inguruan, ikerketa-fase honen helburuak bete ahal izateko. Dena den, laginketa-puntuak lokalizatzeko, kontuan izan behar dira kokaleku bakoitzaren ezaugarriek sor ditzaketan oztopoak (beste tanga edo lurpeko instalazio batzuk egotea, zulatzeke makinentzako eskuragarri dagoen galiboa... ).

Lurpeko laginketa-puntu kopuru egokiena zein den, hainbat faktoreren menpe dago (ikus Azterketa historikoari eta laginketaren diseinuari buruzko gida metodologikoko (IHOBE, 1998) 4. irudia). Gida honetan aztertutakoaren antzeko kokaleku gehienetan, nahikoak izaten dira 4-6 laginketa-puntu poluziogune bakoitzeko, betiere, aipatutako gidan aipatzen diren faktoreen arabera. Dena den, gogoratu behar da poluziogune bakoitzeko laginketa-puntuen kopurua modu arrazoituan ezar daitekeela experto izeneko irizpidearen bidez. Bestalde, esplorazio-ikerketan ezartzen diren puntu horietatik batek gutxienez maila freatikotik beheragokoa izan behar du, ondoren, kontrol-putzu bat instalatu ahal izateke lurpeko uraren edo produktu aske gainjalkinaren –halakorik balego– laginak hartzeko. Disolbatzaile kloratu baten isuria egon daitekeela uste bada, lurzoruaren maila iragazgaitzera arte egin behar da zundaketa, DNAPL faserik ote dagoen egiaztatu ahal izateko.

Gainazaleko mailen kasuan, lurzoruaren lagin bat hartzen da laginketa-puntu bakoitzeko. Maila sakonetan, berriz, geruzapenaren eta lurzoruak jasan dezakeen kaltearen arabera erabakitzen da zenbat laginketa-puntu ezarri. Dena dela, gutxienez lagin bat hartu behar da susmopean dagoen geruza bakoitzeko.

Hamazazpigarren irudian ageri da non kokatu diren sakonera txikieneko zundaketak (gehienez, 1 m tangaren oinarritik behera, hau da, 4 m inguru) eta sakonera handienekoak (10 m, 2 m maila freatikotik behera). T7 tangatik uretan behera egindako zundaketa 20 m-ko sakonerara iritsi da, eta, leku horretan, buztinezko maila bat detektatu da. Esplorazio-ikerketako laginketa-puntuen kopurua zehazteko, lurrunen neurketatik lortutako emaitzak erabili dira oinarri gisa. Neurketa horren ondorioz, poluziogune potentzial gisa definitu dira tanga-talde guztiak (T1-T2, T4-T5 eta T7-T8). Laginketa-puntuak lokalizatzeko experto irizpidea erabili da. Ohar hauek egin behar dira lokalizazio horiei buruz:

- Poluziogune potentzial gisa definitutako tangaren azpiko uretan behera kokatu dira zundaketa sakonak. Izan ere, produktu aske gainjalkina edo kaltetutako lurpeko urak norabide horretan egongo dira ziurrenik, beste lekuren bat kaltetuta egoteko zantzurik ez bada behintzat. Kasu honetan, adibidez, T4 tangaren hegoaldean lurrun-kontzentrazio nahiko handiak agertu dira.
- Tutueriara eta tangetara dagoen segurtasun-tartea zaindu da.
- Tangen arteko tartetan ere ez da zulorik egin, segurtasun-arrazoiengatik



17. irudia: Lurzoruen esplorazio-ikerketaren planteamendua eta emaitzak

Irudian eragin kimikorik handiena duten kontzentrazioak ere agertzen dira (T1-etik T6-ra hidrokarbuero osoak, T7-n TCE eta T8-n toluenoa), 4 m-ko sakoneran daudenak. Irudia hobeto ulertzeko, isokontzentrazio kimikoaren lerro potentzialak interpretatu dira, sakonera horretan. Begiratzuz gero, ohartuko zarete lurzoru kaltetuaren gunerik garrantzitsuenak eta lurrun organikoen guneak –16. irudian azaldukoak– berdinak direla.

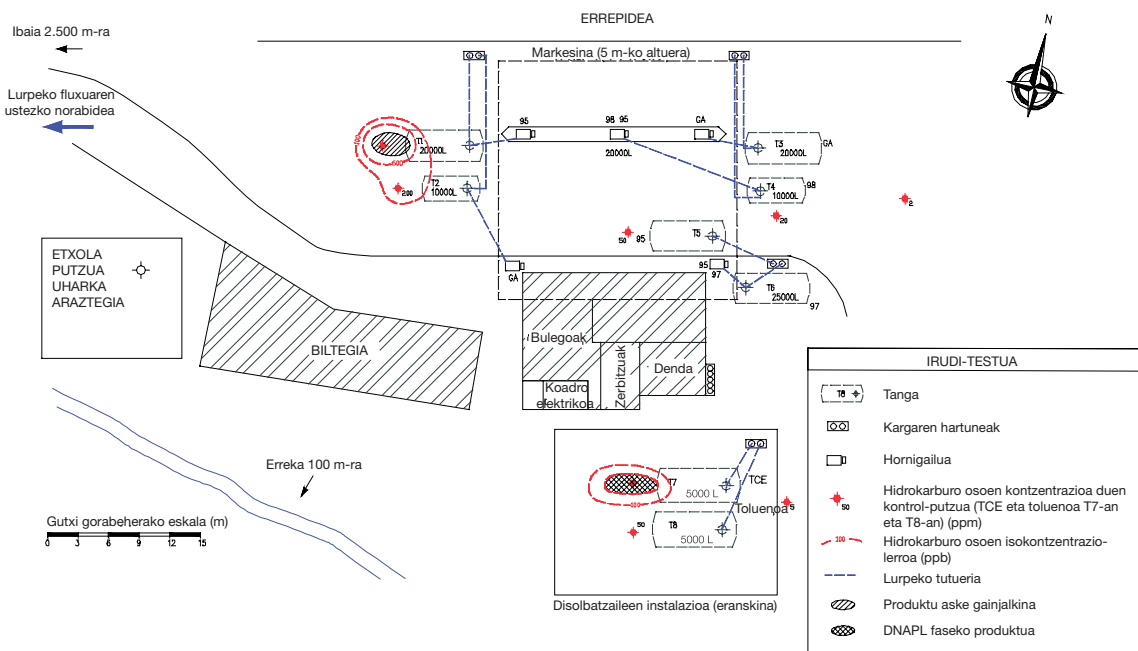
#### 4.4.1.3. Lurpeko urak

Esplorazio-ikerketako lurpeko uren laginketa-estrategiaren helburua da akuiferoaren kaltebertasun handieneko mailako eremu asean poluzioguneek sortutako kalterik dagoen edo ez egiaztatzea.

Horretarako, gutxienez bi langiketa-puntu ezarri behar dira guneko bakoitzaren inguruan: guneko uretan gora, bata, eta guneko uretan behera, bestea. Normalean, uraren lagin bat hartzen da laginketa-puntu bakoitzeko. Hala ere, ezaugarri berezi batzuk daudenean (produktua fase askean egotea, ura baino poluitzaile dentsuagoak tartean egotea...) komenigarria izan daiteke sakonera batean baino gehiagotan hartzea laginak.

Kokalekutik gertu –batez ere, balizko poluzioguneetatik behera dauden uretan– ur-punturik badago (putzuak edo iturburuak), kontuan hartu behar dira leku horietan hartutako laginen emaitzak, batetik, oinarritzko datuak eman ditzaketelako poluzioak izan dezakeen migrazioari buruz eta, bestetik, berehalako arrisku-egoerak identifikatzeko balio dezaketelako.

Hemezortzigarren irudiko planoan, kokalekuko ur-laginen emaitzak ageri dira eta T1 (LNAPL) eta T7 (DNAPL) tangen mendebaldean identifikatutako produktu askearen gandorrei buruzko aurretiazko interpretazioa ere ematen da. Interpretazio horiek ikerketa xehatuan egiaztatu beharko dira. Kasu honetan, kontrol-puntu bat instalatu da zerbitzuguneko tangetatik gora dauden uretan eta beste bat disolbatzaileak dituzten tangetatik gora dauden uretan. Irudian ageri diren eragin kimikoaren balioak oso ohikoak izaten dira horrelako kokalekuetan, aipatutako produktu askeen gandorren kasuan izan ezik. Hala, balio horiek adierazten dute, urteen poderioz, hondoko poluzioa sortu dela, gainazaletik erregaiak, ur hidrokarburatuak eta bestelako poluitzaileen kantitate txikiak iragaztearen ondorioz.



18. irudia: Lurpeko uren laginketaren emaitzak esplorazio-ikerketan

#### **4.4.1.4. Bestelako bitartekoak**

##### **Lur gaineko urak**

Kokaleku batzuetan, gerta daiteke susmatzea edo antzematea lurpeko tangetatik isuritako poluitzaileek kalte egin diela lur gaineko urei. Hauek dira poluzioa lur gaineko uretara iristeko modurik ohikoenak: batetik, kaltetutako lurpeko urak deskargatzea eta, bestetik, kokalekutik datozen lur gaineko isurketa-urak hartzea. Kasu horietan, lur gaineko uren laginketa egin behar da esplorazio-ikerketan.

Lur gaineko uren laginketa egiteko, nahikoa izan daiteke bi lagin hartzea: korrante poluitua uraren bidean sartzen edo nahasten den lekutik gora bata eta leku horretatik behera bestea.

##### **Eraikinen barruko airea**

Lurpeko tangetan dauden substantziak askatzean poluitzen diren kokalekuetan, nahiko ohikoa izaten da konposatu lurrunkorrak lur azpian edo beste bide batzuetan migratzea (tutueriak, saneamendu-sareak... ). Migrazio horrek kokalekuko edo inguruetako erakinen barneko giroari eragin diezaioke.

Lurzoruko aire interstizialaren ikerketaren emaitzek edo bestelako zantzuek adierazten badute eraikinen barneko giroa kaltetuta egon daitekeela, gomendagarria da esplorazio-ikerketaren barruan barneko airearen laginketa egitea edo kalte hori adierazten duten parametroak (leherkortasuna) neurtzea, ekipamendu eramangarrien bidez. Laginketa edo neurketa horien irismena erabakitzeke, kokaleku bakoitzaren ezaugarriak hartu behar dira kontuan. Gainera, lan horien bidez, berehalako neurri zuzentzaileak behar dituzten arrisku-egoerak detekta daitezke.

#### **4.4.2. Ikerketa xehatua**

Ikerketa xehaturako laginketa-estrategia diseinatzeko, ikerketa-fase horretan kokaleku bakoitzaren ezaugarrien arabera ezarritako helburu orokor eta espezifikoak hartu behar dira kontuan.

Hau da ikerketa xehatuaren helburu orokor nagusia: kaltetutako inguruneetako poluzioaren hedadura mugatzea, arriskuak kuantifikatu eta ebaluatu ahal izateko.

Hala ere, arriskuen analisiaren ikuspuntutik, beste helburu hauek izan behar lituzke fase horrek: batetik, poluzioaren tamainaren eta banaketaren ezaugarriak zehaztea migrazio-bide garrantzitsuek igarotzen dituzten inguruneetan, eta, bestetik, hartzaile potentzialak lokalizatutako puntuetan dauden poluitzaileak kuantifikatzea. Ingurune eta esposizio-puntu horiek identifikatzeko, hasierako eredu kontzeptuala berrikusi behar da, aldaketak izan baititzake esplorazio-ikerketan eskuratutako emaitzen ondorioz.

Bestalde, poluzioguneetatik hartzaileenganaino poluitzaileek egiten duten migrazioaren jarraibideak zehazten dituzten aldagaien balio espezifikokoak lortzea izaten da ikerketa xehatuaren beste helburu garrantzitsuetako bat. Hauek dira aldagairik erabilienak: lurzoruaren ezaugarri fisiko-kimikoak (dentsitatea, porositatea, karbono organikoaren frakzioa... ) eta parametro hidrodinamikoak (iragazkortasuna, gradiente hidraulikoa... ). Datu horiek lortzeko, laginketak eta saiakuntzak egin behar dira.

Esplorazio-ikerketan laginketa etapa bakar batean egiten da; ikerketa xehatuan, berriz, bi etapatan edo gehiagotan egiten da maiz.

Ondoren, ohiko inguruneetan laginketa-estrategia diseinatzeko kontuan hartu behar diren elementuak aipatuko ditugu.

#### **4.4.2.1. Lurreko aire interstiziala**

Normalean, ikerketa xehatuan ez da lurreko aire interstizialaren laginketarik egiten eremu asegabeetan, baldin eta egiaztatu ez bada esplorazio-fasean konposatu lurrunkorrek kokalekutik kanpora migratu dutela eta konposatu horiek hartzaile garrantzitsuei kalte egin diezaiekeela.

Esplorazio-fasean halakorik detektatu bada, kalteak ahalik gutxien zabaltzeak –batez ere, hartzaile garrantzitsuak dauden puntuetara– izan beharko luke laginketaren helburua.

#### **4.4.2.2. Lurzoruak**

Gida honetan aztertzen ari garen kokaleku-moten ezaugarriak direla-eta, poluzioak lurzoruaren duen banaketak poluzio-iturri ezaguna duen banaketa heterogeneoaren eskemari jarraitzen dio.

Lurzoruko poluzioak espazioan dituen mugak ezagutzeko egiten den laginketarako, *Azterketa historikoari eta laginketaren diseinuari buruzko gida metodologikoa-ren* (IHOBE, 1998) irizpideak erabili behar dira, bai laginketa-sarea egiteko bai puntu bakoitzeko lagin-kopurua zehazteko. Laginketak horizontalean eta bertikalean zenbaterainokoa izan behar duen zehazteko, berriz, lurzurutik datozen arrisku-kateek kasu jakin horretan duten garrantzia hartu behar da kontuan.

Edozein modutan, berrikusitako eredu kontzeptualean adierazten bada hartzaileek poluzioaren eragin zuzena jasan dezaketela (irensteagatik, kontaktu dermikoagatik edo inhalatzeagatik), orduan, komeni da lurzoruaren laginketan puntu horiek ere kontuan hartzea.

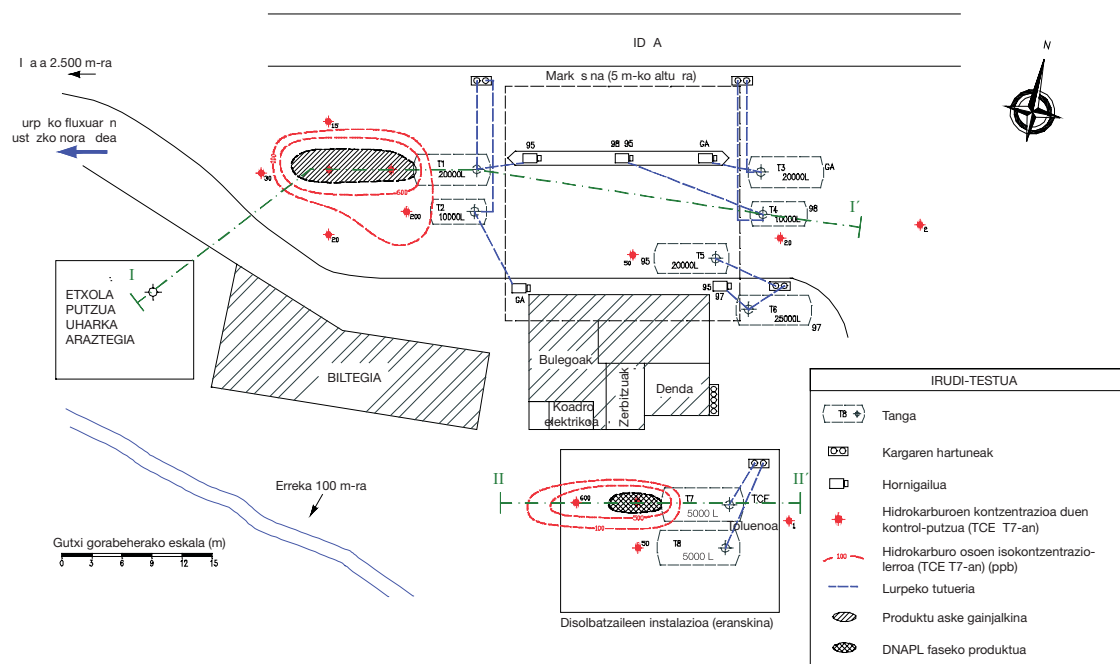
### 4.4.2.3. Lurpeko urak

Ikerketa xehatua lurpeko uren laginketa egiten denean ere, poluzioak espazioan duen hedadura zehaztu behar da. Horretarako, kontrol-putzuen sare bat instalatu behar da lurpeko uren fluxuak duen norabide berean. Hala, hainbat kontrol-putzu ezarri behar dira, uretan behera, identifikatutako poluzio-gandorrekiko luzera-ardatzean. Horiez gain, beste putzu batzuk instalatu behar dira ardatz horrekiko zut, poluzioa alboetara nola zabaldu den jakiteko (ikus *Lurzorua poluzioa ikertzeko gidaliburu praktiko*). Pitzaduragatik edo karstifikazioagatik iragazkorak diren formazioetan, ordea, oro har ez du balio aipatutako putzuen eskema horrek. Kasu horietan, substratuaren ezaugarri hidrogeologikoetara gehien egokitzen den eskema erabili behar da (ikus *Arriskuaren analisiari buruzko gida: poluitzaileek lurzoruan eta lurpeko uretan egiten duten migrazioa eta horien segimendua*).

Lurpeko uren laginak hartzeko puntuen sarearen barruan, kokalekuan edo inguruan dauden ur-puntuak ere kontuan hartzea komeni da, kaltetuta daudela uste bada eta ur-puntu horiek hartzaile garrantzitsuen esposizioak bada.

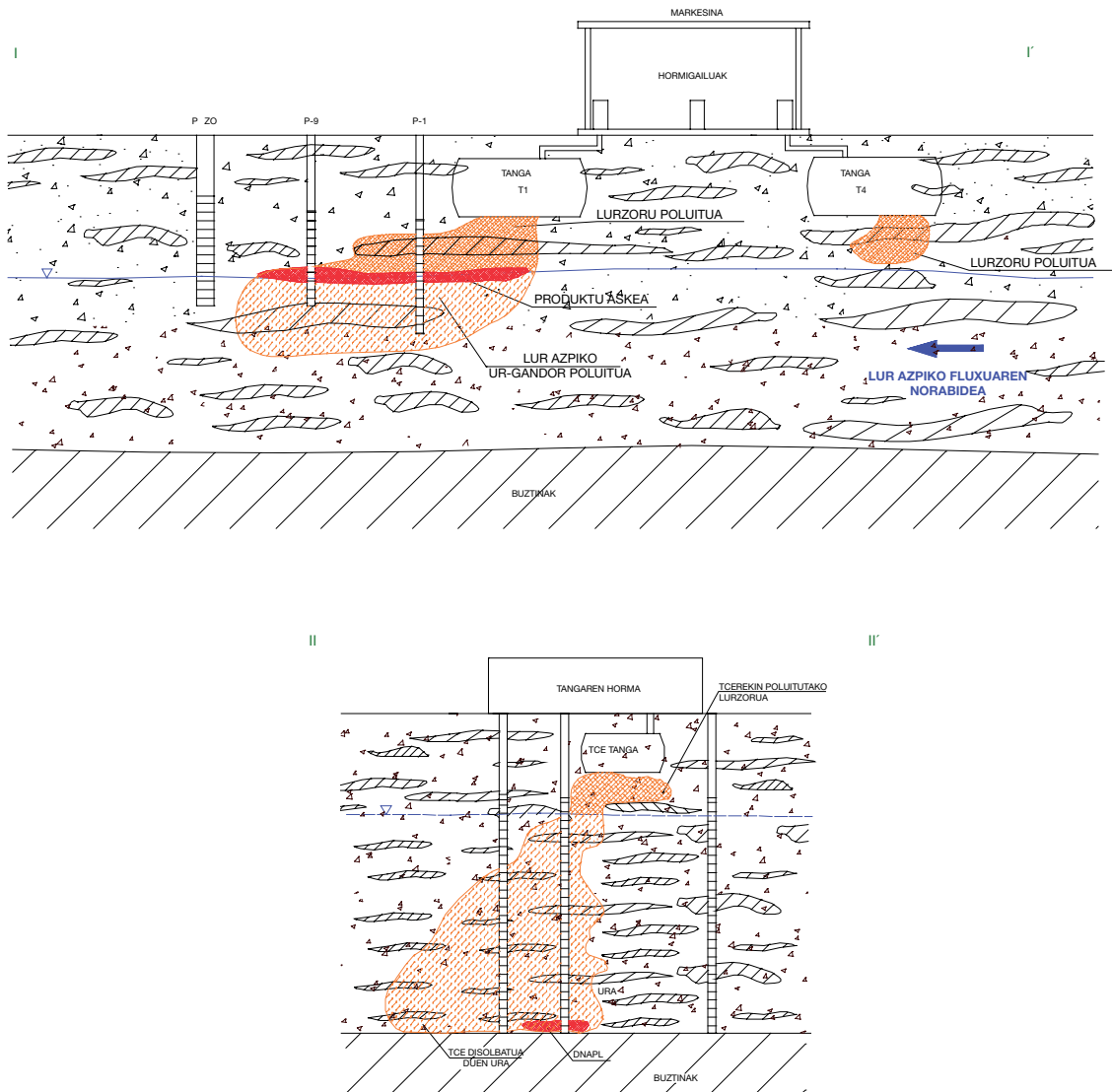
Bestalde, kontrol-putzuak instalatzen direnean, laginketa hainbat sakoneratan egiteko aukera egotea komeni da, batez ere, poluitzaile arinagoak (LNAPLak) eta dentsuagoak (DNAPLak) badaude uretan.

Bukatzeko, kokalekuaren ikerketa xehatuaren emaitzak ageri dira 19. irudian. Ikerketa egiteko, lau kontrol-putzu instalatu ziren esplorazio-ikerketan identifikatutako LNAPL multzotik eta bi DNAPL gandorretatik behera zeuden uretan. Poluitzaile multzo horiek erabili ziren, halaber, lurzoruen laginketarako. Ikerketaren ondoren lortutako emaitzen bidez, lurpeko uretan sortutako kaltearen banaketari buruzko plano berriz interpretatu zen.



19. irudia: Ikerketa xehatuaren emaitza

Hogeigarren irudian, lur-azpiaren bi ebakidura agertzen dira, eta kaltetutako kokalekuetan poluzioak izan duen banaketaren interpretazioa irudikatzen da. Hidrokarburoek eta disolbatzaile kloratuek lurzoruan askatu eta gero dituzten portaerak zenbateraino desberdinak diren erakusten du irudiak.



20. irudia: Kokapen-ebakidurak; I-I' erregai-tangetan eta II-II' TCE duten tangetan

#### 4.4.2.4. Bestelako bitartekoak

Ikerketa xehatuen beste ingurune batzuen laginak ere egin daitezke (adibidez, edateko urak, lur gaineko urak, eraikinen barruko airea, animalia- edo landare-espezieak...).

Ingurune horietako bakoitzaren laginak ateratzea egokia den edo ez erabakitzeak, kontuan hartu behar dira esplorazio-ikerketaren emaitzak eta kokalekuaren ezaugarri bereziak. Besteak beste, ingurune horien laginketa egin beharko da poluzioaren garraio-ibilbidearen barruan badaude



edo ingurune horiek eredu kontzeptualeko lehen mailako hartzaile garrantzitsuak badira. Kasu horretan, laginketa-puntuek eta esposizio-guneek bat etorri behar dute, ahal den neurrian.

### **Edateko urak**

Esplorazio-ikerketan lurpeko urak poluituta daudela detektatu denez, ur-laginak hartu dira ikerketa xehatuan. Eraikinetan PVCzko lurpeko tutuerien bidez edateko uretara irits daitezkeen konposatu lurrunkorrei buruzko ereduak aplikatu zaizkie lagin horiei, kontuan hartu beharrezko esposizio-bide gisa. Hauek dira konposatu kimiko horien esposizio-bideak: irenstea, kontaktu dermiko eta dutxan inhalatzea. Beraz, isuria gertatu den lekutik gertu dauden eraikinetako edateko ura (gasolindegiko bateko komunetakoa, jatetxe batekoa edo etxebizitzetakoa, adibidez) kontuan hartu behar da laginketa egiteko, esposizio-bideren bat egon daitekeela adierazten duen zantzurik badago.

Halaber, edateko uraren laginketa egin behar da ura tutuerietan atxikita geratu bada denbora nahiko luzean, eta ondorioz, konposatu lurrunkorrek metatzeko arriskua handitu bada. Laginketa egiteko une egokia izan daiteke, adibidez, goizeko lehen ordua, etxean erabiltzen diren kanilak ireki baino lehen eta gauean zehar ura ez dela berritu egiaztatu eta gero. Lagina hartu baino lehen, ur-bolumen txiki bat purgatu behar da uraren kalitateari buruzko ahalik eta laginik adierazgarriena lortzeko eraikinaren tutuerietan.

## **4.5 ANALISI KIMIKOKO PROGRAMAREN DISEINUA**

Gida honetan aztertzen ari garen kokaleku-moten parametro batzuk *in situ* neurtzen dira. Baina, neurketa horiez gain, esplorazio-ikerketan (kasu gehienetan) eta ikerketa xehatuan (kasu guztietan) hainbat ingurune-motaren laginak hartzen dira ondoren laborategian aztertzeko.

*Analisi kimikoari buruzko gida metodologikoa-k* (IHOBE, 1998) analisi horiek egiteko praktika eta metodo egokiak zehazten ditu (landa-azterketako eta laborategiko laginak kontserbatzea, zainketa-katea, analisia bera... ). Ondoren, aztertzen ari garen kokaleku-motetan egon ohi diren poluitzaileen analisiak dituen ezaugarri bereziei buruz arituko gara.

Esplorazio-ikerketan, komenigarria da analisirako estrategia ikuspegi zabalarekin egitea, alegia, laginak hartutako ingurune guztietan egon daitezkeen poluitzaile guztien parametroak kontuan hartzea. Betiere, azterketa historikotik, landa-azterketatik eta hasierako eredu kontzeptualetik ateratako ondorioak hartu behar dira abiapuntu gisa.

Analisiaren emaitzak baloratzeko, EBAk eta BEIBak erabiltzen dira irizpide gisa. Beraz, balio horiek dituzten parametroak bakarrik hartzen dira kontuan, baina, hala ere, komenigarria da bestelako determinazioak ere kontuan hartzea, inguruneek jasan duten kaltearen maila neurtzeko eta poluzioaren mugak jartzen hasteko.

Petroliotik datozen hidrokarburoen kasuan, printzipioz, nahikoa da olio mineralak (C-10 eta C-40 hidrokarburoak) determinatzea dagozkien EBAekin konparatzeko. Baina, gasen kromatografia

bidez, petroliotik datozen hidrokarburo osoen determinazioa (TPH) ere kontuan hartzen bada –kromatografien bidez C<sub>-10</sub> eta C<sub>-40</sub> mailako kateen presentzia kuantifikatzen da–, informazio interesgarria lor daiteke poluzioaren jatorriari buruz (poluzioan eragina duten hidrokarburo-motak, hidrokarburoen aldaketa-maila eta isuriaren “adina”). Berez, gaur egun, horrelako analisiak egin ohi dira gasolina-zerbitzuguneak aztertzen direnean.

Bestalde, horrelako kokalekuetan hidrokarburo ezberdinek osatutako produktuak –erregai bat, adibidez– aztertzen direnean, normalean, konposatu aromatikoek (BTEX) kontzentrazioak eta kate laburreko hidrokarburo alifatikoek (C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>) kontzentrazioak aztertzen dira. Izan ere, toxikoak (bentzenoa kantzerigenoa da) eta mugikorak izateaz gain, produktuak lur azpian izandako eragina adierazten dute, eta erabilgarriak izan daitezke poluzio-iturria identifikatzeko (batez ere, gasolinen kasuan, aipatutako konposatuen kopuru handia dutenez).

Gasolio edo fuel-olioa isurtzen denean, garrantzitsua da hidrokarburo polizikliko aromatikoak determinatzea. Zehazki, talde horretako konposatuetatik naftalenoa –kantzerigenoa da– erabiltzen da gehien arriskuen analisiak egiteko. Dena den, hobe da konposatu-talde handiagoa aztertzea. Adibidez, EBA-B balioak ezarrita daude antrazenoarentzat, bentzo-a-pirenoarentzat, fluorantenoarentzat eta naftalenoarentzat, baina, normalean, konposatu-talde handiagoak erabiltzen dira (Herbehereetako araudian, adibidez). Lurzoruen kasuan, hamar konposaturen kontzentrazioaren batura definitzen da. Dena den, lurpeko uren kasuan, banaka ezartzen dira ebaluaziorako balioak.

Bukatzeko, beste konposatu oxigenatu batzuen analisisa aipatu behar dugu, ingurumenean duten eraginagatik: metil-terc-butileterra (MTBE) eta etil-terc-butileterra (ETBE). Duela asko hasi ziren konposatu horiek erabiltzen berunik gabeko gasolinetan, baita beste gasolinetan ere, gutxiago bada ere. MTBE identifikatzeak bi funtzio ditu: batetik, isuritako erregaia berunik gabeko gasolina den jakiteko balio du (detektatutako kontzentrazioaren bidez jakin daiteke hori) eta, bestetik, inpaktua zenbaterainokoa izan den ebaluatzeko. Izan ere, konposatu horrek beste hidrokarburo batzuk baino arinago migratzen du uretan, eta beraz, komenigarria da modu indibidualean kontrolatzea hartzaileetara iritsi den edo ez jakiteko (adibidez, kokalekuko uretatik behera dauden putzuak). ETBE geroago hasi zen arren erabiltzen, gaur egun, MTBE ordezkatzeko ari da pixkanaka-pixkanaka. Izan ere, MTBE ingurumenarentzako kaltegarritzat hartzen da, askatu ondoren iraun egiten duelako.

Ikerketa xehatuan, printzipioz, arriskuei buruzko azterketa kuantitatibo bat egiteko erabili behar dira analisiaren emaitzak, eta, beraz, helburu horrek mugatzen ditu laborategiko analisiaren betebeharrak. Fase horretan, kontuan hartu beharreko poluitzaileen espektroak murriztuta egon beharko luke esplorazio-ikerketaren bidez, eta bilatu ez diren poluitzaileak edo, bilatu arren, EBA edo BEIB balioak gainditu ez dituztenak baztertuta egon beharko lukete.

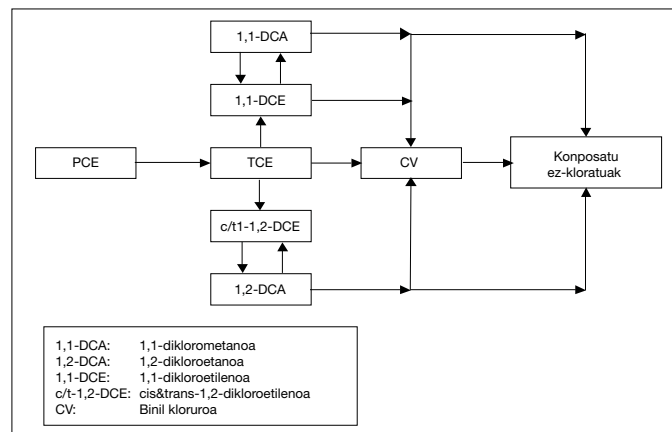
Esan bezala, ikerketa-fase honetako analisiaren helburu nagusietako bat arriskuen kuantifikazioa egitea denez, banakako konposatuei buruzko determinazioak egin behar dira, eta ez hainbeste parametro orokortzaileei buruzkoak. Alde horretatik, petroliotik datozen hidrokarburoek hainbat arazo sortzen dituzte, produktu bakoitza konposatu askok osatzen baitu.

Hala, praktikoki ezinezkoa gertatzen da kokalekuan zeuden banakako hidrokarbuero guztiak laborategian kuantifikatzea. Bestalde, petroliotik datozen hidrokarbuero osoen ohiko determinazioa (TPH) ez da erabilgarria arriskuen analisi kuantitatiboa egiteko, oso ezaugarri fisiko-kimiko eta toxikologiko ezberdinetako hidrokarbuero batzuen kontzentrazioa kuantifikatzen baitu. Arazo hori konpontzeko moduetako bat da arriskuen analisi kuantitatibo batean aplikagarri diren eta erreferentzia toxikologiko nahiko zehatzak dituzten hainbat hidrokarbuero-familiaren kontzentrazioak neurtzea, gasen kromatografia bidez. Adibidez, kontzentrazio horiek ezarri ditu Ameriketako *Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group* erakundeak (*Analysis of Petroleum Hydrocarbons in environmental media*, 1997). Bosgarren taulan ageri dira aipatutako erakundeak proposatutako karbono-kate mailak.

Hidrokarbuero-mota	Karbono-katearen maila
Alifatikoak	5 - 6
	> 6 - 8
	> 8 - 10
	> 10 - 12
	> 12 - 16
	> 16 - 35
Aromatikoak	> 8 - 10
	> 10 - 12
	> 12 - 16
	> 16 - 21
	> 21 - 35

**5. taula: Olio mineralak aztertze gomendatutako hidrokarbuero-kateen maila**

Disolbatzaileen kasuan, bi aukera daude: batetik, ingurunean askatutako konposatu konkretua aztertzea eta, bestetik, disolbatzaileen ondorioz modu naturalean degradatutako produktuak ebaluatzea. Degradazio natural hori lur-azpiaren ezaugarri fisiko-kimikoen ondorioz gerta daiteke. Degradazio-kate hauek, adibidez, oso ohikoak dira: trikloroetilenaren (TCE) eta perkloroetilenaren (PCE) degradazioa. Ondorengo irudiak eboluzio hori azaltzen du eskematikoki.



### 21. irudia: Trikloroetilenoaren (TCE) eta perkloroetilenoaren (PCE) degradazio naturalaren kateak

Irudian ikusten den bezala, hauek dira TCE-ren eta PCE-ren degradazio-produktuak: 1,1-dikloroetanoa, 1,2-dikloroetanoa, 1,1-dikloroetilenoa, cis & trans-1,2-dikloroetilenoa eta binil kloruroa. Beraz, komenigarria da azpiproduktu horiek ingurune bakoitzean zer kontzentrazio duten jakitea, batetik, produktu horiek identifikatutako hartzaileei sor diezazkieketen arrisku gehigarriak ebaluatzeko, bestetik, sortutako biodegradazio naturala ebaluatzeko, eta, azkenik, degradazio hori arintzeko lur-azpiaren oreka naturalari egin dakizkiokeen aldaketak ebaluatzeko.

Beste konposatuen kasuan, eskuragarri dauden bibliografia-iturrietan begiratzea gomendatzen da produktu bakoitzaren azpiproduktuak ebaluatzeko.

Seigarren taulako eskeman, arriskuen analisi kuantitatibo eraginkorra egiteko konposatuak ageri dira laburtuta, lurzoruaren askatutako likido-mota bakoitzeko.

Produktu-mota	Produktua	Hidrokarburoak (C5-C35) <sup>1)</sup>	BTEX	PAHks	MTBE/ETBE	Banakako konposatuak	Azpiprod.
Hidrokarburoak	Gasolina	+++	+++	+ <sup>2)</sup>	+++		
	Berunik gabeko gasolina	+++	+++	+ <sup>2)</sup>	+++		
	Kerosenoa	+++	+++	+ <sup>2)</sup>			
	Gasolioa	+++		+++			
	Fuel-olioa	+++		+++			
	A. lubrifikatzaileak	+++		+++			
Disolbatzaileak	Ez-kloratuak					+++	+++
	Kloratuak (oro har)					+++	+++
	TCE					+++	+++ <sup>3)</sup>
	PCE					+++	+++ <sup>3)</sup>

1) Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group erakundeak proposatutako kate-banaketaren arabera.

2) Produktu horiek naftalenoa daukate.

3) 21. irudiaren arabera, hauek dira: 1,1-dikloroetanoa, 1,2-dikloroetanoa, 1,1-dikloroetilenoa, cis & trans-1,2-dikloroetilenoa eta binil kloruroa.

### 6. taula: Lurpeko tangen isuriak ikertzeko gomendatutako analisiari buruzko eskema

## 4.6 LAGINAK HARTZEA

Gida honetan aztertzen ari garen kokalekuak ikertzeko laginak hartzen direnean, *Laginak hartzeari buruzko gida-n* (IHOBE, 1998) ezarritako jarraibideak bete behar dira. Hala, ekipamendu, teknika eta prozedurarik egokienak hautatu behar dira lagindu beharreko ingurunearen eta poluitzaileen arabera.

Ondoren, laginak hartu ohi diren inguruneei buruzko hainbat ezaugarri azalduko ditugu.

### .6.1. Lurzoruko aire inter tiziala

Lurzoruko aire interstizialaren laginak hartzen direnean, neurri orokor batzuk hartu behar dira erabilitako ekipamenduak zaintzeko (zundak obtura edo polui daitezke, neurketa-tresnak kalibratu behar dira... ). Laginketa-motaren arabera ere (pasiboa edo aktiboa) neurri bereziak hartu behar dira. *Laginak hartzeari buruzko gida-n* (IHOBE, 1998) ageri dira neurri horiek guztiak.

Zenbaitetan, substratu gogor bat egoten da gainazalaren azpian, eta horrek arazo praktikoak sortzen ditu lurzoruko aire interstizialaren laginak hartzeko. Izan ere, lurrun organikoen ikerketak modu erdi-mekanikoan egiten direnez, zailagoa da lurzoruko substratu horiek zulatzeko. Hori dela eta, askotan ez da zulatzeko egokitzat hartzen den sakoneraraino (2-3 m).

Lurrun organikoen laginak hartzeko ekipamendu hauek erabil daitezke:

- Leherkortasunaren neurgailuak, kutxatiletan, sotoetan...
- Ikertu nahi den konposatua zuzenean irakurtzen duten neurgailuak.
- Pertsonen laginketarako bonbak ikatz aktibozko edo bestelako tutuekin, laginketa-metodo espezifikoaren arabera.
- Neurgailu pasiboak, pertsonen edo ingurumenaren laginketarako. Neurgailu horiek langileari ezartzen zaizkio edo ingurumenean ezartzen dira adierazitako denbora-tartean.

### .6.2. Lurzoruak

Lurzoruaren laginak hartzen direnean, kontuan hartu behar dira alderdi hauek:

- Laginketarako ekipamenduak irizpide hauen arabera aukeratu behar dira: lurzoruaren gogortasuna, laginketarensakonera, lagindubeharreko horizontea, poluitzaileen lurrunkortasuna, poluitzaile horien arteko elkarreraginak eta laginketa-ekipamenduen materialak.
- Laginak ahalik eta gutxien aldatzeko moduan manipulatu behar dira, batez ere, konposatu lurrunkorak tartean daudenean. Hala, laginak laborategira eraman baino lehen, 4 °C-ko

temperaturan mantendu behar dira, gutxi gorabehera, azterketa kimikoen emaitza ahalik eta adierazgarriena izan dadin.

- Poluzioa lagin batzuetatik besteetara igaro dadin saihestu behar du laginketa-prozedurak (poluzio gurutzatua). Horretarako, praktika seguruak aplikatu behar dira laginketa-materialei dagokienez, eta laginketarako tresnak sistematikoki garbitu behar dira.
- Praktikan, laginaren kontserbazio-denbora maximoa (*holding time*) –aztertu beharreko konposatu-mota bakoitzerako baimenduta dagoena– gaindi ez dadin ere kontrolatu behar izaten da. Horrek garrantzi handia du konposatu organikoen kasuan, modu naturalean degradatzen baitira. Aipatutako kontserbazio-denbora horren barruan dago laginak kokalekuan egiten duen denbora, baita laborategian egiten duena ere. Beraz, laborategiko lan-prozedurak ere kontrolatu behar dira.

Bukatzeko, berriz azpimarratu behar dugu aztertzen ari garen kokaleku-motetan oso zaila izaten dela lurzorurik poluitueneren laginak hartzea, lurpeko instalazioak –tangak eta tutueriak– izaten baitira poluzioaren kalte handienak jasaten dituztenak. Hori oso kontuan hartu behar da datuek kontraesankorrak diruditenean. Adibidez, gerta daiteke lurrun organikoen eta lurpeko uren balioak handiak izatea, baina laginek adieraztea lurzoruak ez duela kalte handirik jasan.

### **.6.3. Lur eko urak**

Lurpeko uren laginak hartzen direnean, alderdi hauek hartu behar dira kontuan, bereziki:

- Laginketa-prozedura egokia erabili behar da, poluzioa lagin batzuetatik besteetara igaro dadin saihestuko duena (poluzio gurutzatua). Horretarako, praktika seguruak aplikatu behar dira laginketa-materialei dagokienez, eta laginketarako tresnak sistematikoki garbitu behar dira.
- Laginak hartu baino lehen, aurretiazko operazioak egin behar dira kontrol-putzuetan (prozedura egokien bidez maila estatikoa neurtzea eta purgatzea).
- Laginketarako ekipamenduak (iragazkiaren diametroa eta posizioa) irizpide hauen arabera aukeratu behar dira: laginketaren sakonera, poluitzaileen dentsitatea eta lurrunkortasuna, poluitzaile horien arteko elkarreraginak eta laginketa-ekipamenduen materialak.
- Laginak ahalik eta gutxien aldatzeko moduan manipulatu behar dira, batez ere, konposatu lurrunkorrak tartean daudenean. Ez da ahaztu behar laginak 4 °C-ko tenperaturan kontserbatu behar direla laborategira eraman arte.
- Uretan hartutako laginen bidez konposatu lurrunkorrak kuantifikatu behar direnean –adibidez, bentzenoaren, etilbentzenoaren, toluenoaren eta xilenoen (BTEX) ohiko analisia–, laginketarako bialean edo botilan burbuila bat sor dadin saihestu behar da. Izan ere, burbuilan konposatu horien zati handi bat metatzen da, eta, ondorioz, laginketaren analisiak ez du benetako egoera adieraziko.

- Konposatu kloratuak eduki ditzaketen uren laginak hartu behar direnean, kontuan hartu behar da konposatu horiek ura baino dentsuagoak direla. Beraz, ziurtatu behar da kontrol-putzu gisa aukeratutako zatiak aipatutako produktua eduki dezakeen akuifero-zatiaren egoera erakusten duela. Horrez gain, laginketa-metodo egokiak aplikatu behar dira, produktu askeari buruzko atalean azaltzen den bezala.
- Bukatzeko, gogoratu oso garrantzitsua dela laginaren kontserbazio-denbora errespetatzea.

## 6. . Produktu a kea

Produktu aske gainjalkinaren laginak modu errazean hartzen dira, erabili eta botatzeko lagin-hargailuaren bidez (22-A irudia). Baina fase nahasezin dentso bat bada (DNAPL) –adibidez, disolbatzaile kloratu batena–, akuiferoako laginak sakonera egokian hartzea bermatzen duten laginketa-metodoak erabili behar dira. Metodo horien artean daude bonba peristaltikoak eta maila diferentzialen lagin-hargailuak (22-B eta C irudiak). Lagina hartu nahi den sakonerari dagokion presio jakin bat aplikatuz funtzionatzen dute. Horrelakoak dira aipatutako ekipamenduak:

		
<p>(A) Erabili eta botatzeko lagin-hargailuen adibideak</p>	<p>(B) Bonba peristaltikoa (Solinst marka)</p>	<p>(C) Maila diferentzialen lagin-hargailuak (Solinst marka)</p>

22. irudia: LNAPL (A) eta DNAPL (B eta C) motako produktuen faseen laginketarako ekipamendu egokiei buruzko adibideak

## 4.7 NEURKETAK *IN SITU* EGITEA

Gida honetan aztertzen ari garen kokaleku-motak ikertzen direnean, askotan, poluitzaileen kontzentrazio batzuk edo parametro batzuk *in situ* neurtzeko aukera ematen duten ekipamenduak eta tresnak erabiltzen dira. Adibidez, ekipamendu eramangarriak erabiltzen dira konposatu organikoak (lurrunkorrek eta ez-lurrunkorrek), leherkortasuna edo oinarriko parametro fisiko-kimikoak neurtzeko.

Ekipamendu horien bidez, datu fidagarriak lortzen dira ia berehala. Modu horretan, ikerketa bera arintzen da, laborategira lagin gutxiago eraman behar baitira, eta, beraz, denbora eta kostuak gutxiagotzen baitira. Baina badituzte hainbat desabantaila ere: batetik, aldizka kalibratu behar izaten dira, eta, bestetik, ardura handia izan behar da tresnak garbi edukitzeko eta deskontaminatzeko. Askotan, zaila izaten da *in situ* egiten diren neurketetan betebeharrak betetzea.

Bestalde, kontuan hartu behar dira gida honetan aztertzen ari garen kokaleku-motetan egon ohi diren poluitzaileen ezaugarri bereziak. Poluitzaile horiek, lurpeko uretako asetasun-kontzentrazioak gainditu ondoren, fase ez-disolbagarriak sortzen dituzte uretatik kanpo mantu freatikoaren goialdean (inplikaturako produktuen dentsitatea urarena baino txikiagoa bada) edo oinarrian (inplikaturako produktuen dentsitatea urarena baino handiagoa bada). Oso ohikoa da hori gertatzea, eta, horrelakoetan, fase ez-disolbagarriak bereizita karakterizatu behar dira (besteak beste, lodiera neurtzen da hainbat puntutan).

*Laginak hartzeari buruzko gida-n* (IHOBE, 1998) xehe mehe deskribatuta daude epigrafe honi dagozkion neurketa-teknika eta ekipamendu osagarri nagusiak. Ondoren, teknika eta ekipamendu horien ezaugarri batzuk emango ditugu.

### **.7.1. Konposatu organikoak neurtzeko ekipamenduak**

Hauek dira konposatu organikoak *in situ* neurtzeko ekipamendurik ohikoenak:

#### **4.7.1.1. Fotoionizazio-detekttagailua (PID)**

Konposatu organiko lurrunkorren (ez-halogenatuak eta halogenatu batzuk) kontzentrazioa neurtzen du lurrun-fasean. Lurrun organiko erdi-lurrunkor eta ez-organiko batzuk ere detekta ditzake.

Fotoionizazio-detekttagailuak ez du konposatu jakin bat neurtzen, baizik eta konposatu ionizagarrien espektro osoa neurtzen du, ppm detekzio-mailaraino. Hori dela eta, horrelako tresnekin egindako neurketak erdi-kuantitatibotzat hartu behar dira, eta emaitzak kualitatibotzat, lurpeko poluzioa egoteko aukerarik handiena kokalekuaren azpiko zein eremutan dagoen adierazten baitute. Hala ere, PID beste tresna batzuekin batera erabiltzen bada (gasen kromatografoa, adibidez), poluitzaile bakoitzari buruzko datu kuantitatiboak lortzen dira.



#### **4.7.1.2. Sugar-ionizazioaren detektagailua (FID)**

Konposatu organiko lurrunkorren (ez-halogenatuak eta halogenatu batzuk bakarrik) eta erdi-lurrunkor ez-halogenatuen kontzentrazioa neurtzen du lurzoruetan, uretan eta lurrun-fasean. PIDek baino detekzio-maila handiagoa du.

FID detektagailuak ere ez ditu konposatuak banaka neurtzen. Emaidza erdi-kuantitatiboak ematen ditu, eta ppb-ra arteko detekzio-maila du. Hala ere, beste tresna batzuekin batera erabiltzen bada (gasen kromatografoa, adibidez), poluitzaile bakoitzari buruzko datu kuantitatiboak lortzen dira. Baina, PIDekin gertatzen den bezala, emaitzak modu kualitatiboan hartu behar dira, alegia, poluituta egoteko aukera handiagoa edo txikiagoa duten eremuak erakusten dituzten emaitza gisa.

#### **4.7.1.3. Gasen kromatografoa**

Mota guztietako konposatu organikoen kontzentrazioen banakako neurketak egiten ditu lurzoruan, uretan eta lurrun-fasean. Gasen kromatografia bidezko emaitzek ppb-ra arteko detekzio-maila dute, nahiz eta emaitza horiek lortzeko denbora gehiago behar den lehen aipatutako tresnekin baino (PID, FID). Gainera, gasen kromatografoa PID eta FID tresnak baino askoz ere garestiagoa da, eta langile espezializatuak behar dira ekipamenduak erabiltzeko. Gasen kromatografoaren doitasun-maila ppm-koa da lurzoruetan ppb-koa uretan.

Praktikan, beste tresnak baino gutxiago erabiltzen da aplikazio-kostu askoz ere handiagoa duelako PID eta FID ekipamenduek baino. Gainera, kanpoko neurketetan are erabilgaitzagoa bihurtzen da, garbitzeko eta deskontaminatzeko dauden neurri zorrotzak kontuan hartzen badira.

#### **4.7.1.4. Kolorimetria-testak eta immunoanalisi-testak**

Konposatu organiko espezifikoen eta petroliotik datozen hidrokarburo osoen (TPH) espektrora zabal baten kontzentrazio-ordenak detektatzen dituzte lurzoruan eta uretan. Normalean, hainbat detekzio-maila izaten dituzte, eta milioiko partera arte iristen dira (ppm). Neurketak minutu batzuk irauten du, eta erabilerak konplexutasun handiagoa edo txikiagoa izan dezake, neurtutako konposatuaren arabera. Kostua, berriz, nahiko txikia da, aurretik aipatutako tresnekin konparatuz gero.

Hala ere, emaitzak laborategian egiaztatu behar dira beti, eta, beraz, emaitzak erdi-kuantitatibotzat hartu behar dira. Hori da kolorimetria- eta immunoanalisi-testen eragozpenetako bat. Halaber, test horien bidez zaila da lurzoruaren homogeneizazio on eta adierazgarria lortzea. Izan ere, materialik finenean aplikatzen da, poluzioa kontzentratu ohi den lekuan. Hori dela eta, normalean, balio handiegia ematen zaio poluitzaileen kontzentrazioari.

### **.7.2. Leherkorta una neurtzeko eki amenduak**

Lurpeko tangak dituzten kokalekuetako substantzia askok propietate sukoiak eta deflagratzaileak dituzte. Horregatik, aireko leherkortasuna neurtu ohi da zulaketak egiten direnean lurpeko uretan

edo lurzorian eta ingurune itxietan (kokalekuko eta inguruetakoa eraikinen sotoak, lurpeko tutueriak...) laginak hartzeko.

Leherkortasuna neurtzeko gailuak oso erabilerrazak dira; leherketa-arriskuaren behe-maila (LEL, *Lower Explosion Limit*) irakurtzen dute edo seinale akustikoak egiten dituzte kontzentrazioek maila hori gainditzen dutenean. Fabrikatzaileak edo produktua merkaturatu duen etxeak sei hilean behin berrikusi eta kalibratu behar ditu ekipamendu horiek, eraginkortasuna bermatzeko.

### **.7.3. Be telako neurketa-eki amenduak**

PHA, eroankortasuna, tenperatura, oxigeno disolbatua eta uretako errebox potentziala neurtzen duten tresna eramangarriak erabiltzen dira gehien.

Tresna horiek guztiak erabiltzeko, garrantzitsua da tresna bakoitza kalibratzeko eta garbitzeko prozedura bereziak zorrotz betetzea. Halaber, kontuan hartu behar da ekipamendu horien neurketa-zundak hondatu egin daitezkeela fase askeko produktuarekin edo hidrokarburo-kontzentrazio handiak dituen urarekin kontaktuan jartzen badira. Beraz, kasu horietan ez erabiltzea gomendatzen da.

### **.7. .Fa e ez-di olbagarrien lodiera neurtzea**

Fase ez-disolbagarrien lodiera hainbat puntutan neurtzeak (lurpeko uretan, batez ere) poluzioaren hedadura karakterizatzeko eta migrazioa aurreikusteko balio du. Hori egiteko, hainbat sistema eta ekipamendu mekaniko edo elektronikoko erabiltzen dira. Fasearteko zunda erabiltzen da gehien. *Laginak hartzeari buruzko gidan* (IHOBE, 1998) sakon deskribatzen da tresna hori. Oro har, esan behar da, LNAPL-en eta DNAPL-en kasuan, likidoaren faseak infragorrien errefrakzio bidez erregistratzen dituen fasearteko zunda dela egokiena.

Horrelako zundak erabiltzen direnean, oso garrantzitsua da neurketa bakoitzaren ondoren zunda eta zinta metrikoa deskontaminatzea, kontrol-puntuen arteko poluzio gurutzaturik gerta ez dadin.

Hainbat arrazoi direla medio, kontrol-putzu batean zuzenean neurtutako fase askearen lodiera handiagoa izaten da lur azpian benetan dagoena baino. Hori dela eta, in situ egindako neurketa (bailerren, fase askeko lagin-hargailuen edo fasearteko zunden bidez) formula matematikoekin zuzendu behar da benetako lodiera neurtzeko. Bail-down izeneko saiakuntzek eta eredu matematikoak ondoren aplikatzeak ere benetako lodiera kalkulatzeko aukera ematen dute (ikus *Laginak hartzeari buruzko gida* (IHOBE, 1998)).

Dena den, azken urteetan, hainbat ikerlarik zalantzan jarri dute produktu askearen lodiera sakonean neurtzeko metodo klasiko hori (Huntley, 2000). Beraz, gomendagarria da beste zenbatespen batzuk ere egitea ondoren aipatuko ditugun metodologietakoren bat erabiliz. Hala ere, aipatutako metodoa praktikan gehien erabiltzen den ebaluazio-metodoa da oraindik.

#### 4.8 IKERKETAREN EMAITZEN EBALUAZIOA

Gida honetan aztertzen ari garen kokalekuei buruzko ikuspegi orokorraren arabera (ikus 3. irudia), ikerketaren emaitzen ebaluazioa desberdina da esplorazio-ikerketan eta ikerketa xehatuan.

Hala, ikerketa xehatuan, irizpide hau hartzen da kontuan martxan jarriko diren jarduerak erabakitzeko: gizakien osasunak eta ekosistemek arriskua onartzeko duten gaitasuna, une horretan eta etorkizunean. Jarduera horiek martxan jartzeko, 5. kapituluaren definitutako kudeaketa-jarraibideak bete behar dira.

Esplorazio-ikerketan, berriz, aztertutako inguruneetan detektatutako poluitzaileen kontzentrazioak balio orokor batzuekin (alegia, kokalekukoak ez direnak) alderatzen dira, eta datu horiek hartzen dira oinarri gisa laginketaren eta analisi kimikoaren emaitzak ebaluatzeko. Aipatutako balio orokor horiek bi motatakoak izan daitezke:

- Ebaluazioko Balio Adierazleak (EBA): poluitzaile batzuenak ezarrita daude, baina lurzorukoak bakarrik (ikus 2005eko otsailaren 16ko EHAAn argitaratutako *Euskal Autonomia Erkidegoko Lurzorua Poluzioa Prebenitzeko eta Zuzentzeko 1/2005 Legea*).
- Lurzorua kalitateari buruzko estandarrak, erreferentziazko maila orokorrekin (ikus 9/2005 Errege Dekretua lurzoru polui dezaketen jardueren zerrenda eta lurzoru poluitzat jotzeko irizpideak eta estandarrak ezartzen dituen 2005eko urtarrilaren 14ko BOE)).
- Beste ebaluazio-irizpide batzuk (BEIB): hainbat inguruetako poluitzaileen kontzentrazioak adierazten dituzte (bereziki, uretakoak eta barne-giroetako airekoak), eta EBak osatzen dituzte. Beste ebaluazio-irizpideak baliagarriak izan daitezke arriskurik ez dagoela determinatzeko.

BEIBei buruz ASTM eta CONCAWE gidetan esaten dena azpimarratu behar da: testuinguru jakin batean gainerako ingurumen-parametroek adierazitakoa –alegia, eredu kontzeptualaren arabera, aire interstizialean, lurzoruan eta lurpeko uretan erregistratutako konposatu kimikoen kontzentrazioak– gorantz edo beherantz zehazten laguntzeko erabili behar dira. BEIBak definitzea beharrezkoa izango da, soilik, esposizio-bide baten bidez hartzaile jakin bat poluzioaren eraginpean jartzeko zantzu argiak daudenean. Gida honetan deskribatutako BEIBak noiz definitu edo aplikatu behar diren erabakitzeko, *experto* irizpidea hartu behar da kontuan.

Kokaleku bati buruzko hainbat alderdi ebaluatzeko erabil daitezkeen BEIBak adierazten dituzten hainbat taula daude, gida modura erabiltzen direnak. Ondoren, ebaluazioa egiteko oinarrizko irizpide batzuk aipatuko ditugu:

- Lurpeko uren kasuan, ebaluazioa kasuz kasu egin beharko litzateke. Adibidez, gizakien kontsumorako ura hornitzen duen putzu bat bada, ur edangarriaren kontzentrazio maximoak erabili beharko lirateke BEIB gisa. Indarrean dagoen legeriak eta nazioarteko erakundeek (*Osasunaren Munduko Erakundea*) ezartzen dituzte kontzentrazio horiek. Nekazaritza-lurrak ureztatzeke lurpeko uraren kasuan ere, balio horiek erabil daitezke. Lurpeko uretarako erabilera jakinik ez duen erreferentziazko balio bat behar izanez gero, Herbehereetako helburu-balioek eta esku-hartzeko balioek (4.9.1. atala) onespen handia dute nazioartean.

- Lur gaineko uren kasuan, ibilgu publikoetara egindako isurien mugak dira erreferentziarik onena. Estatu mailako legeriak ezartzen ditu erreferentzia horiek, eta 4.9.1. atalean dauden zehaztuta.
- Barne-giroetako aireari dagokionez, BEIB gisa erabil daitezke langileen osasuna babesteko laneko ingurunean onartutako kontzentrazio maximoak (LEL baino txikiagoak dira, oro har). Kasuaren ezaugarriek hala eskatzen badute –adibidez, ingurune batean askatutako produktu batek usain handia badu–, bibliografia espezializatuan hainbat poluitzaileri ezarritako usain-kontzentrazio maximoak erabil daitezke BEIB gisa.

EBAk, berriz, lurzoruko laginei egindako analisisien emaitzak ebaluatzeko erabiltzen dira. Kokaleku bateko lurzoruan EBAen bidez baloratu ezin diren poluitzaileak badaude, BEIB gisa erabil daitezke Europako izen oneko araudiek poluitzaile horientzat ezarritako kontzentrazioak.

Edonola ere, txostenean arazoitu behar da esplorazio-ikerketaren emaitzak ebaluatzeko modu horretako BEIBak erabili izana. Halaber, irizpide horietan erabilitako balioak ere arazoitu behar dira, batez ere, balio horiek behar bezain kontserbadoreak direla bermatzeko.

Kasu jakin batean erabiliko diren balioak zehaztu ondoren (normalean, EBA eta BEIB batzuk), jarraibide hauek bete behar dira esplorazio-ikerketako analisiaren emaitzak ebaluatzeko:

- Aztertutako inguruneetako poluitzaile guztien kontzentrazioak dagozkien EBA-A eta BEIBak –halakorik erabili bada– baino txikiagoak badira, ikerketa-prozesua amaitutzat jotzen da, eta kokalekua ez-susmagarritzat sailkatu. Kasu horretan, ez dago inongo neurririk aplikatu beharrik.
- Lurzoruko poluitzaileren baten kontzentrazioa dagokion EBA-A baino handiagoa bada, baina poluitzaile guztien kontzentrazioak dagozkien EBA-B baino txikiagoak badira, eta, horrez gain, aztertutako beste inguruneetako balioak dagozkien BEIBak baino txikiagoak badira (irizpide horiek aplikatu badira), arriskugarritasun-maila onargarria duen kokalekutzat jotzen da. Kasu horretan, poluzioak etorkizunean izango duen bilakaera ebaluatu behar da. Arazoaren jatorria (ihesa, isurketa... ) zuzendu bada eta kontzentrazioak etorkizunean ez direla handituko uste izateko arazoak badaude, arrisku-maila onargarria duen kokalekutzat jo daiteke, eta kontrol- eta segimendu-neurriak aplika daitezke. Baina, edozein arazoi dela medio, kontzentrazio batzuk etorkizunean handitu daitezkeela uste bada, defentsa-neurriak eta kontrol- eta segimendu neurriak hartu behar dira, etor daitekeenari aurre egiteko.
- Lurzoruko poluitzaileren baten kontzentrazioa dagokion EBA-B baino handiagoa bada edo aztertutako beste inguruneetako balioak dagozkien BEIBak baino handiagoak badira (irizpide horiek aplikatu badira), ikerketa xehatua exekutatu behar da. Hori egin baino lehen, berreskuratze-neurri partzialak edo arriskuak kudeatzeko besteko neurriak har daitezke (defentsa-neurriak, kontrol- eta segimendu-neurriak... ).

## 4.9 “BESTE EBALUAZIO-IRIZPIDE BATZUK” KONTZEPTUAREN DEFINIZIOA

### 4.9.1 Lur eko eta lur gaineko urak

Zazpigarren taulan, lurpeko urei buruzko *Herbehereetako helburu-balioak* eta esku-hartzeko balioak ageri dira, erreferentzia baitira gida honetan aipatzen diren hainbat konposaturentzat.

Konposatuak	Helburu-balioa	Esku hartzeko balioa
<b>Olio minerala</b> (C10-C40 hidrokarburoak)	50	600
<b>Hidrokarburo polizikliko aromatikoak (HPAk)</b>		
Antrazenoa	0,0007	5
Bentzo(a)antracenoa	0,0001	0,5
Bentzo(a)pirenoa	0,0005	0,05
Fenantrenoa	0,003	5
Fluorantenoa	0,003	1
Naftalenoa	0,01	70
<b>Konposatu aromatiko lurrunkorrak</b>		
Bentzenoa	0,2	30
Etilbentzenoa	4	150
Toluenoa	7	1.000
Xilenoa	0,2	70
Fenolak	0,2	2.000
<b>Alkoholak*</b>		
Butanola	e.a.	5.600
Isopropanola	e.a.	31.000
Metanola	e.a.	24.000
<b>Disolbatzaile kloratuak</b>		
Klorobentzenoa	7	180
Binil kloruroa	0,01	5
Diklorometanoa	0,01	1.000
1,2 Dikloroetilenoa	0,01	20
Perkloroetilenoa (PCE)	0,01	40
1,1,1 Trikloroetanoa	0,01	300
1,1,2 Trikloroetanoa	0,01	130
Trikloroetilenoa (TCE)	24	500
Triklorometanoa	6	400
<b>Bestelakoak</b>		
Etil azetatoa	e.a.	15.000
Metiletilzetona (MEK)*	e.a.	6.000
Metil-terc-butiletterra (MTBE)*	e.a.	9.200

\* Behin-behinekoak

### 7. taula: Lurpeko uretarako erreferentzia gisa erabiltzen diren Herbehereetako balioen laburpena (µg/L)

Lur gaineko urei buruz, berriz, legez edo gida modura ezarritako erreferentzia gutxiago daude. Zortzigarren taulan lur gaineko uren kalitatearen helburu-balioak ageri dira, gida honetan aztertzen ari garen eta erreferentziak dituzten konposaturentzat.

Konposatuak	Helburu-balioa	Legezko erreferentzia
<b>Olio minerala</b> (C10-C40 hidrokarburo) <sup>1)</sup>	1.000	Uztailaren 29ko 927/88 ED
<b>Hidrokarburo polizikliko aromatikoak (HPAk)</b>	1	Uztailaren 29ko 927/88 ED
Naftalenoa	5	Otsailaren 2ko 995/2000 ED
<b>Konposatu aromatiko lurrunkorak</b>		
Bentzenoa	30	Otsailaren 2ko 995/2000 ED
Etilbentzenoa	30	Otsailaren 2ko 995/2000 ED
Toluenoa	50	Otsailaren 2ko 995/2000 ED
Xilenoa	30	Otsailaren 2ko 995/2000 ED
<b>Disolbatzaileak</b>		
Klorobentzenoa	20	Otsailaren 2ko 995/2000 ED
1,2 dikloroetanoa	10.000	1991ko ekainaren 28ko Agindua
Perkloroetilenoa (PCE)	10.000	1991ko ekainaren 28ko Agindua
Trikloroetilenoa(TCE)	10.000	1991ko ekainaren 28ko Agindua

1) Balio hori gizakien kontsumorako lur gaineko urei dagokie. Bainatzeko uren kasuan, uztailaren 1eko 734/1988 EDak 1988ko uztailaren 15eko akats-zuzenketan dio legezko betebeharra dela ur gainean geruzarik ez egotea eta usainik ez egotea.

#### 8. taula: Estatuko legerian helburu gisa ezarritako kalitate-balioak ( $\mu\text{g/L}$ )

Zazpigarren eta zortzigarren tauletan ageri diren balioak gida modura erabili behar dira aplikatzen diren testuinguru errearen barruan. Lurpeko uraren edo lur gainekoaren azken helburua gizakien kontsumorako erabiltzea bada, hurrengo atalean ur edangarrietarako ezarritako gida-balioak erabili behar dira. Gainera, konposatua askatu den lekutik edo lurpeko tanga dagoen kokalekutik behera dauden uren puntu jakin batean detektatutako kontzentrazioa leku horretatik gora dauden uren kontzentrazioarekin alderatu behar da, tangatik sortu den benetako inpaktua zenbatekoa izan den egiaztatzeko.

#### .9.2. Be te ebaluazio-iriz ide batzuk

aplikatzen zaizkien BEIBak azaltzen dira. *Cocawe*-k poluitutako kokalekuetako arriskuak ebaluatzeari buruz egindako gidetan (1997 eta 2003) proposatutako BEIBetan oinarritzen da taula. *Cocawe*-k proposatutakoaz gain, indarrean dagoen Estatu-mailako araudia ere agertzen da. Lurpeko tangetan konposatu kimiko asko egon daitezkeenez, ohikoenak hautatu dira (hogei bat inguru). Datuen iturriei buruzko erreferentziak ere ematen dira, hala, gida honen erabiltzaileak jakin dezan taulan jasota ez dauden konposatuen balioak non aurkitu.

Konposatua	Edateko urak Espainia µg/l	Edateko urak MOE/EPA <sup>1)</sup> µg/l	MBOak – Laneko airea (LSHIN)		Airearen kalitatea MOE <sup>4)</sup> µg/m <sup>3</sup>	Usaimenaren mugak eta segurtasuna (LSHIN) ppm	Esposizioaren behe-muga (LEL) Muga (%)
			ppm	mg/m <sup>3</sup>			
<b>Aromatikoak</b>							
Bentzenoa	1	10	1	3,25	$(4,4-7,5) \times 10^{-6}$	12	1,2
Etilbentzenoa	e.a.	300	100	441	22.000 (365 d)	2,3	0,8
Toluenoa	e.a.	700	50	191	260 (7 d)	2,9	1,1
Xilenosa	e.a.	500	50	221	4.800 (1 d)	1,1	0,9
<b>Alkoholak</b>							
Butanola	e.a.	e.a.	100	308	e.a.	0,83	1,4
Etanola	e.a.	e.a.	1.000	1.910	e.a.	84	3,3
Isopropanola	e.a.	e.a.	400	998	e.a.	22	2,0
Metanola	e.a.	e.a.	200	266	e.a.	100	6,0
<b>Kloratuak</b>							
Klorobentzenoa	e.a.	100 <sup>1)</sup>	10	47	e.a.	0,68	1,3
Binil kloruroa	0,5	2 <sup>1)</sup>	3	7,8	$1 \times 10^{-6}$	3.000	3,6
Diklorometanoa	e.a.	20	50	105	3000 (1 d)	250	13
1,2 Dikloroetilenoa	e.a.	50	200	807	e.a.	17	5,6
Perkloroetilenoa	10 <sup>2)</sup>	40	25	172	250 (1 d)	27	e.a.
1,1,1 Trikloroetanoa	e.a.	200 <sup>1)</sup>	100	555	e.a.	120	7,5
1,1,2 Trikloroetanoa	e.a.	500 <sup>1)</sup>	10	56	e.a.	n.e.	6
Trikloroetileno	10 <sup>2)</sup>	70	50	273	$4,3 \times 10^{-7}$	28	8
Triklorometano	150 <sup>3)</sup>	e.a.	2	10	$4,2 \times 10^{-7}$	85	e.a.
<b>Bestelakoak</b>							
Azetona	e.a.	e.a.	500	1.210	e.a.	13	2,5
Etil azetatoa	e.a.	e.a.	400	1.460	e.a.	3,9	2,0
MEK	e.a.	e.a.	200	600	e.a.	4,7	1,4
MIBK	e.a.	e.a.	20	83	e.a.	0,68	12

e.a. ez-arautua

1) Munduko Osasun Erakundeak (MOE) ezarri ez dituen balioen kasuan, EPAk ezarritako gida-balioak ageri dira.

2) Trikloroetilenoaren eta per(tetra)kloroetilenoaren batura.

3) Trihalometanoen baturaren barruan.

4) Airearen kalitateari buruzko balioetan, esposizio-denbora (egunak) ageri da parentesi artean. Bestalde, letra etzanean ageri diren balioen erreferentzia-unitatea ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>-1</sup> da, konposatu kantzerigenoak direlako. Kasu horietan, esposizioaren batezbesteko haztatu gisa hartu behar da balioa.

### 9. taula: Beste ebaluazio-irizpide batzuen (BEIB) zerrenda 21 konposaturentzat

Taulan ez dira agertzen petrolotik datozen hidrokarburoak, horiek osatzen dituzten konposatu-taldeek karbono-kate eta ondorio toxiko ezberdinak baitituzte. Horregatik, hidrokarburo horiek ez dituzte edukitzen 9. taulakoa bezalako BEIBak. Hori dela eta, horrelako produktuek eragindako poluzioa gertatzen denean, taulan ageri diren banakako konposatuen kontzentrazioak erabil daitezke (adibidez, bentzenoa) gasolina-ihes baten zati gisa, eta eredu kontzeptualean ebaluaketa egiteko gida modura balio dezakete.

Ondoren, azalpen batzuk emango ditugu 9. taulari buruz:

- Otsailaren 7ko 140/2003 Errege Dekretuak ezartzen ditu Espainiako ur edangarriaren balioak. Dekretu horren bidez, gizakien kontsumorako uraren kalitatearen irizpide sanitarioak ezartzen dira.

- Munduko Osasun Erakundeak (MOE) gida modura ezarritako ur edangarriaren kontzentrazioak *WHO Guidelines for drinking water quality* (2003) dokumentuan jasota daude. MOEren gidan jasotzen ez diren konposatuetarako, Ingurumena Babesteko Amerikako Agentziak (EPA) *List of Drinking Water Contaminants & MCLs* (2003) dokumentuan jasotako mugak ageri dira.
- Muga Balio Onargarriak (MBO) Laneko Segurtasun eta Higienarako Institutu Nazionalak (LSHIN) argitaratu ditu *Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España – 2004* dokumentuan. Balio horiek legez bete behar dira lan-inguruneetan, eguneko 8 h eta asteko 40 h-ko esposizio haztatuaren arabera ezarrita daude erreferentziak eta urtero berrikusten dira. Beraz, egiaztatu egin behar dira kokalekuan aplikatu behar badira. Bestalde, Espainiako legeriaren arabera, industria-higienean espezializatutako lan-arriskuen prebentziorako goi-mailako teknikari akreditatu batek hartu behar ditu horrelako laginak. Azkenik, konposatu bakoitzaren laginak eta analisiak egiteko, LSHINk onartutako protokoloen araberrako metodologia aplikatu behar da.
- Aireari buruzko balioak Munduko Osasun Erakundeak (OME) argitaratutako *Air quality Guidelines – 2002* dokumentutik atera dira. MBOak ez bezala, balio horiek laneko testuingurutik kanpoko batezbesteko esposizio haztatu adierazten dute, hau da, poluitzaile kimikoen ezaugarriak leku jakin batean eta balizko giza hartzaileetan. Kasu honetan, ebaluatutako konposatu bakoitzaren kontzentrazioek erreferentziazko kondizio ezberdinak dituzte, konposatu bakoitzarekin egin diren azterketen arabera (esposizio-egunak konposatu ez-kantzerigenoetan, eta 10 aldiz erreferentzia-unitate txikiagoa konposatu kantzerigenoetan. Horien kasuan, 70 urteko esposizio-bizitzako batezbesteko haztatuak dira). Beraz, taulan ageri diren balioak hasierako erreferentzia modura erabili behar dira, eta, ondoren, kasu bakoitzaren arabera, balio hori zehaztu egin beharko da MOEren dokumentuaren arabera.
- LSHINk argitaratutako *Umbralos olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas (PAT) 320* Prebentziorako Arau Teknikoak ezartzen ditu usaimenaren mugak. Eguneko 8 h eta asteko 40 h-ko esposizio haztatuaren arabera ezarri dira balioak. Balio horiek betetzeko obligaziorik ez dagoen arren, ulertu behar da industria-higienean espezializatutako lan-arriskuen prebentziorako goi-mailako teknikari akreditatu batek hartu behar dituela laginak. Bukatzeko, konposatu bakoitzaren laginak eta analisiak egiteko, LSHINk onartutako protokoloen araberrako metodologia aplikatu behar da.
- Esposizioaren behe-mugak (LEL) 1997an *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* erakundeak –LSHINren Amerikako baliokidea– argitaratutako *Pocket Guide to Chemical Hazards* gidatik atera dira.





## 5. ARRISKUAK EBALUATZEKO ETA KUDEATZEKO IRIZPIDEAK

Gida honetan esplorazio-ikerketaren faseko poluzioaren ebaluazioari buruz azaldutako ikuspegi orokorraren arabera, inplizituki ulertzen da arriskuen ebaluazioa ere ebaluazio horren barruan dagoela. Nolanahi ere, berez, ikerketa xehatua egin behar da arriskuen ebaluazioa modu esplizituan, eta, ahal bada, ebaluazio kuantitatiboa ere bai.

Gida hauetan dago deskribatuta arriskuen ebaluazioa egiteko prozedura orokorra: *Gizakien osasunarentzako eta ekosistementzako arriskuen analisiari buruzko gida eta Arriskuen analisiari buruzko gida: poluitzaileen migrazioa eta segimendua lurpean eta lurpeko uretan* (IHOBE, 1998).

Kapitulu honetan, beste oinarritzko irizpide batzuk azalduko ditugu, batzuk lurpeko biltegitratze-tangek sortutako arriskuak ebaluatzeko aplikatzen direnak eta beste batzuk ebaluazioaren ondoren arrisku horiek kudeatzeko erabiltzen direnak.

### 5.1 ARRISKUEN EBALUAZIOA

Kokalekuaren hasierako eredu kontzeptuala da ikerketa xehatuko arriskuen ebaluazio kuantitatiboaren oinarria. Hasierako eredu kontzeptual hori berrikusi eta egokitu egin behar da esplorazio-ikerketako zein ikerketa xehatuko emaitzen arabera.

Ikerketa xehatuko balorazio-irizpideak orokorrak dira; ikerketa xehatuko arriskuen analisiak, aldiz, aztertutako kokalekuaren ezaugarri espezifikokoak hartu behar ditu kontuan.

Arriskuen analisia egituratzeko, gomendagarria da, kokalekuaren ezaugarri espezifikoen arabera, arrisku-katean garrantzitsuak diren elementuak identifikatzea. Arrisku-katearen elementuak multzo hauetan biltzen dira: poluzio-iturriak, garraio-mekanismoak, esposizio-bideak eta hartzaile potentzialak.

Lurpeko biltegitratze-tangen kasuan, multzo horietako bakoitzetik elementu hauek izan dezakete garrantzia:

#### **Poluzio-iturriak**

- Gainazaleko lurzorua (gutxi gorabehera, 1 m baino sakonera txikiagoa dutenak).
- Lurzoru sakonak (gutxi gorabehera, 1 m baino sakonera handiagoa dutenak).
- Fase ez-disolbagarrietan dagoen produktua (akuiferoaren oinarrian gainjalkina edo metatua).
- Lurpeko uretan disolbatutako poluitzaileak.

## **Garraio-mekani moak**

- Atmosferan lurruntzea eta barreiatzea.
- Espazio itxietan lurruntzea eta metatzea.
- Poluitzaileen migrazioa fase askean.
- Lurpeko uretan lixibiatzea eta migratzea.

### **o izio-bideak**

- Lurzoruko partikulak, ur poluituak edo poluzioak kaltetutako elikagaiak irenstea.
- Kontaktu dermikoa lurzoruko partikula poluituekin eta ur poluituarekin.
- Lurzoruko partikulak (kanpoko edo barneko giroan), lurzorutik datozen partikula lurrunkorrek (kanpoko edo barneko giroan) eta ur poluituetatik datozen partikula lurrunkorrek inhalatzea.

## **Hartzaile otentzialak**

- Kokalekuko edo inguruneke giza populazioa. Giza populazioaren barruan, haur-populazioa eta populazio heldua ezberdindu behar dira sistematikoki.
- Ekosistemetako populazioak.

Beraz, hasierako eredu kontzeptuala berrikusten denean, multzo horietako bakoitzean zer elementu garrantzitsu dauden eta elementu horien artean zer erlazio dauden zehaztu behar da. Hau da, eredu kontzeptualean, poluzio-iturriak, garraio-mekanismoak eta esposizio-bideak – kontuan hartzeko moduko arrisku-maila sor dezaketelako garrantzitsuak direnak– identifikatu behar dira hartzaile potentzial bakoitzeko.

Bestalde, ikerketa xehatuko arriskuen analisiak ahalik eta espezifikoen izan behar duenez, modu errealistan eta kokalekuaren egungo eta etorkizuneko kondizioen arabera zehaztu behar da hartzaile potentzialen (giza populazioa zein ekosistemetako) kokapena. Modu horretan jakingo dugu zer esposizioan kalkulatu behar diren kontaktu-inguruneetako kontzentrazioak, eta, beraz, puntu horiek ahorrakinen balioak baldintzatuko dituzte.

Kontaktu-ingurune garrantzitsuetako esposizio-puntu bakoitzeko poluitzaileen kontzentrazioa kalkulatzeko, analisisien emaitzak erabil daitezke, halakorik edukiz gero. Analisisirik ez badago, hainbat sofistikazio-mailatako garraio-ereduak aplikatu daitezke, eredu horiek aplikatzeko behar den eta eskuragarri dagoen informazioaren arabera. Garraio-eredu horiek erabiltzen direnean, sarrerako datu guztiak justifikatu behar dira (kokalekuan bertan neurtutako balio garrantzitsuak izatea edo antzeko kokalekuetan neurtutako balioak izatea). Antzeko kokalekuetako balioak sarrerako datu gisa erabili badira, irizpide kontserbadorea aplikatu behar da.

Gida honetan aztertzen ari garen kokaleku-motetako ohiko poluitzaile batzuk biodegradagarriak izaten dira. Beraz, poluitzaile horien kontzentrazioa murrizten joaten da. Esposizio-kontzentrazioen ereduak eta kalkulua egiten direnean, datu hori kontuan har daiteke, baldin eta, kokalekuaren datuen arabera, hala gertatzen bada edo hala ondoriozta badaiteke antzeko kokalekuetako datu dokumentatuak kontuan hartuta.

Horrez gain, etorkizuneko egoerak aurreikusteko esposizio-guneetako kontzentrazioen simulazioak egiten direnean, denboraren joanarekin eta hainbat mekanismo fisikoren ondorioz (lixibiazioa, adibidez) poluzio-iturriko kontzentrazioak murriztearen hipotesia gaineratu daiteke. Nolanahi ere, hipotesi hori onartzeko frogatu behar da beharrezko neurriak hartu direla poluzio-iturria aktibo ez dagoela bermatzeko.

Edozein modutan, hasieran, poluitzaile garrantzitsu bakoitzaren esposizio-guneetako kontzentrazioa besteetatik bereizita kalkulatu behar da, eta ondoren egiten den arrisku-dosi eta -mailaren kalkulua ere hala egin behar da. Horren ondoren, esposiziobideengatik eta poluitzaileak gainezartzeagatik sortzen diren eragin gehigarriak hartu behar dira kontuan.

Arriskuen analisiaren emaitzak ezberdinak izan daitezke, besteak beste, aztertutako kokalekuari buruzko datuen kantitatearen eta kalitatearen arabera. Hori dela eta, hobe da arriskuen analisia hainbat etapatan egitea, pixkanaka, kokalekuari buruzko datu espezifikokoagoak lortzen joateko. Modu horretan, ez dira hain ondorio kontserbadoreak ateratzen, eta modu zehatzagoan definitzen dira arriskuaren analisiaren ondorioz aplikatu beharreko neurriak

## **5.2 ARRISKUEN EBALUAZIO KONTZEPTUALA ETA KUALITATIBOA EGITEKO JARRAIBIDEAK**

Kokalekuaren eredu kontzeptualak funtsezko garrantzia du, ondoren arriskuen analisi kualitatiboa edo kuantitatiboa gauzatzeko. Lehenik eta behin, kontuan hartu behar da arrisku-egoera egoteko hiru faktore hauek elkartu behar dutela:

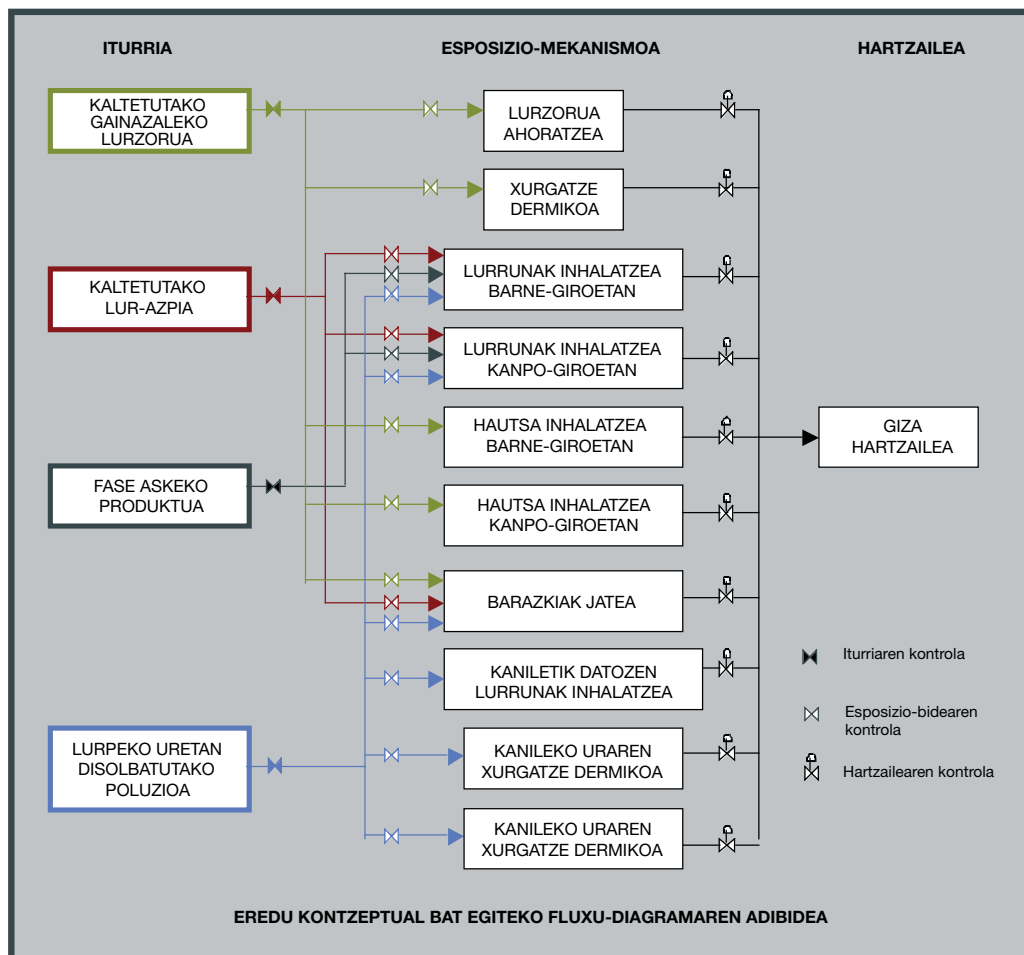
- Poluzio-iturria.
- Garraio-mekanismoa.
- Hartzaile sentikorak.

Eredu kontzeptualaren bidez, ikerketaren objektua definitzen da. Beraz, informazio hau jaso behar du:

- Ingurunearen karakterizazio zehatza.
- Hartzaile sentikorren ebaluazioa.
- Esposizio-bideen balorazioa .

Eredu kontzeptuala irudikatzeko oso erabilgarria da 23. irudikoa bezalako fluxu-diagrama bat egitea. Diagrama horren bidez, poluzio-iturrien, esposizio-mekanismoen eta hartzaileen arteko

harremanak ikusten dira. Balbula-sinboloek esposizio-bideak kontrolatzeko mekanismoak adierazten dituzte. Balbulak irekita egoteak esan nahi du esposizio-bideak osoak direla edo izan daitezkeela, eta, beraz, kontuan hartu behar direla. Balbulak itxita daudenean, berriz, esposizio-bideak ez dira osatzen, eta eruditik kanpo geratzen dira. Poluzio-iturriak, esposizio-mekanismoak eta hartzaileak kontrolatzeko balbulak daude.



23. irudia: Ingurumen-arriskuei buruzko eredu bat garatzeko fluxu-diagrama

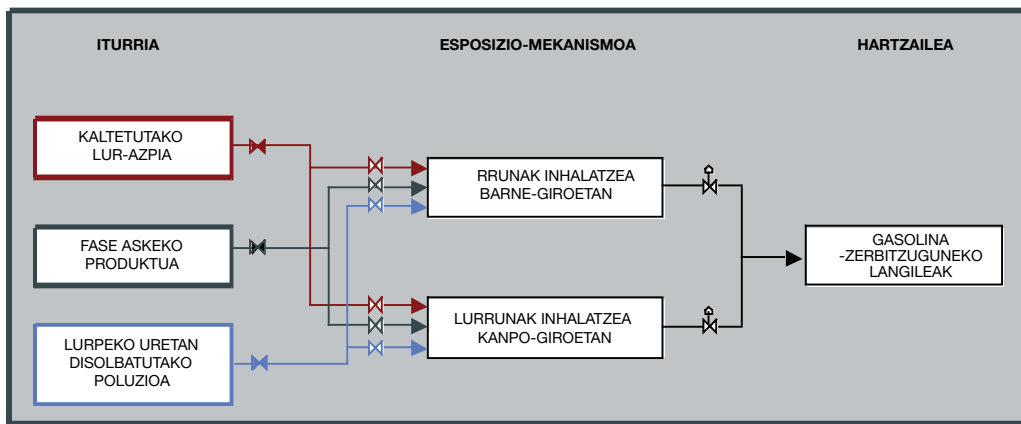
gomendatzen da, irudi horretan kokatuz poluzio-iturriak, esposizio-bideak eta fluxu-diagramaren bidez onartutako edo baliozkotutako hartzaileak. Halaber, komeni da irudikapen grafiko horretan lur-azpiaren profilak sinplifikatuta agertzea ere. Hala, ebaluatu beharreko egoerari buruzko hiru dimentsioko ikuspegia izango du arriskuen analistak.

Ondoren, hainbat adibide emango ditugu.

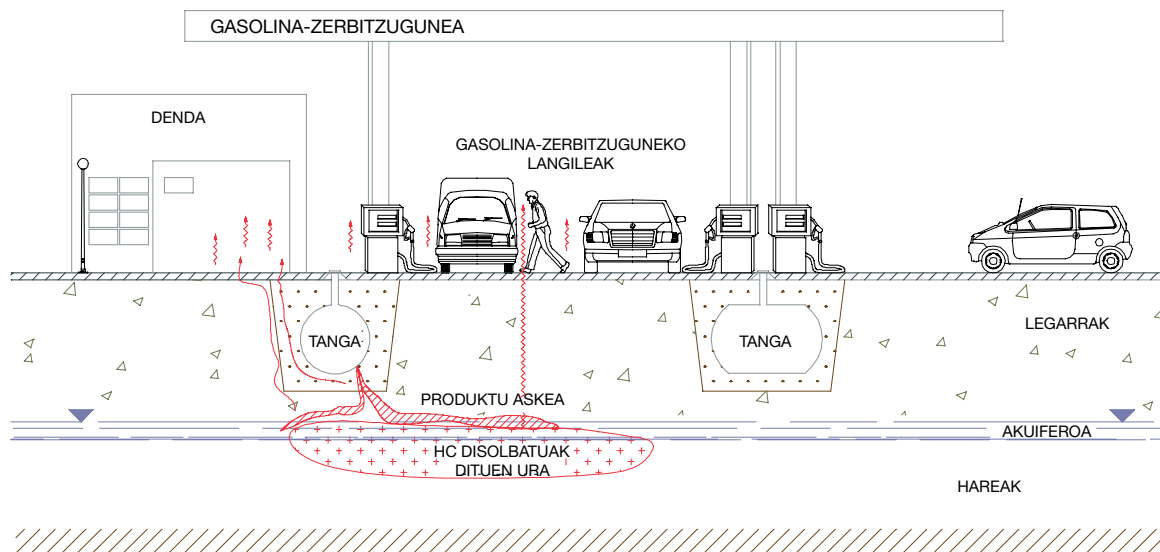
## 1. ADIBIDEA

POLUITZAILEAK:	Erregaiak (gasolina, diesela...).
KALTETUTAKO INGURUNEA:	Lur-azpia eta akuiferoa.
KAUSA:	Lurpeko tanga baten isuria.
HARTZAILEAK:	Gasolina-zerbitzuguneko langileak. Akuiferoa ez da erabiltzen eta ezin daiteke erabili.
OHARRAK:	Produktu aske gainjalkina dago, eta kokapenaren azpiko lurzorua eta lurpeko ura ere oso poluituta daude, datuen arabera.

Poluzio-iturrien eta hartzaileen arteko elkarrekintza-mekanismoei buruzko fluxu-diagrama.



EREDU KONTZEPTUALA:

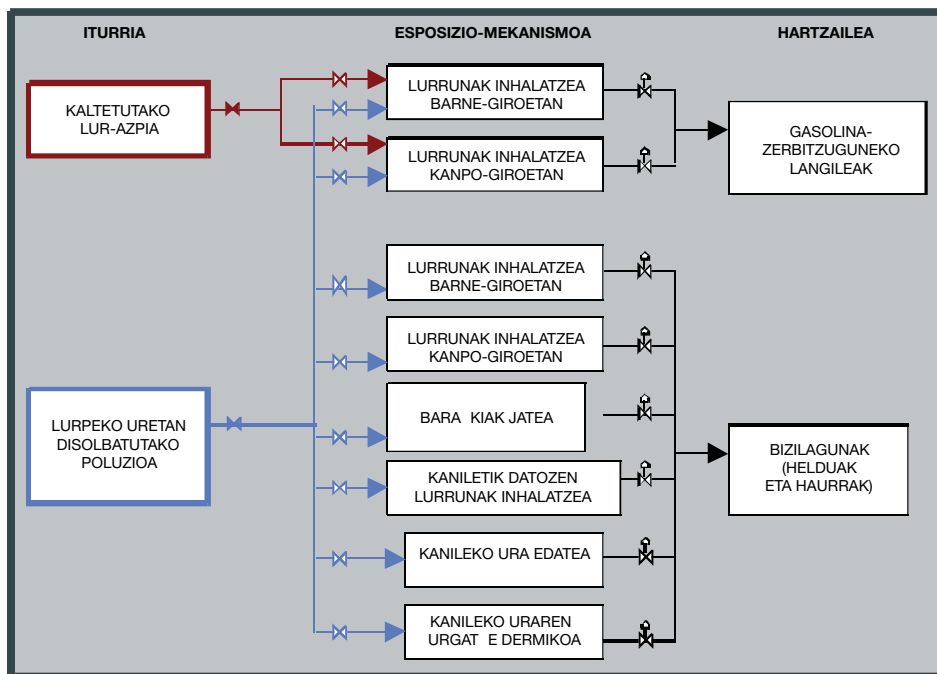


(Iturria: URS Espainia)

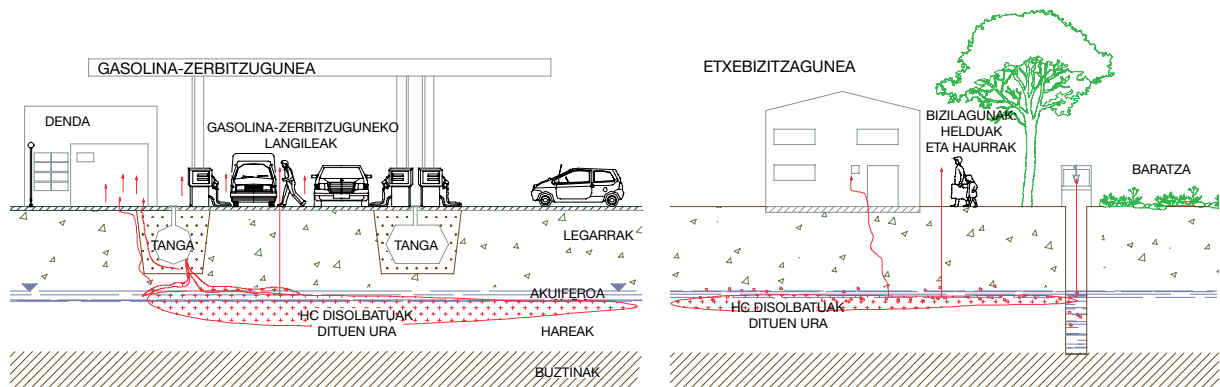
## 2. ADIBIDEA

POLUITZAILEAK:	Erregaiak (gasolina, diesela... ).
KALTETUTAKO INGURUNEA:	Lur-azpia eta akuiferoa.
KAUSA:	Lurpeko tanga baten isuria.
HARTZAILEAK:	Gasolina-zerbitzuguneko langileak eta ondoko etxebizitzaguneko bizilagunak. Ustiatutako akuiferoa.
OHARRAK:	Ez dago produktu aske gainjalkinik, baina kokapenaren azpiko lurzorua eta lurpeko ura oso poluituta daude, datuen arabera.

Poluzio-iturrien eta hartzaileen arteko elkarrekintza-mekanismoei buruzko fluxu-diagrama.



### EREDU KONTZEPTUALA:

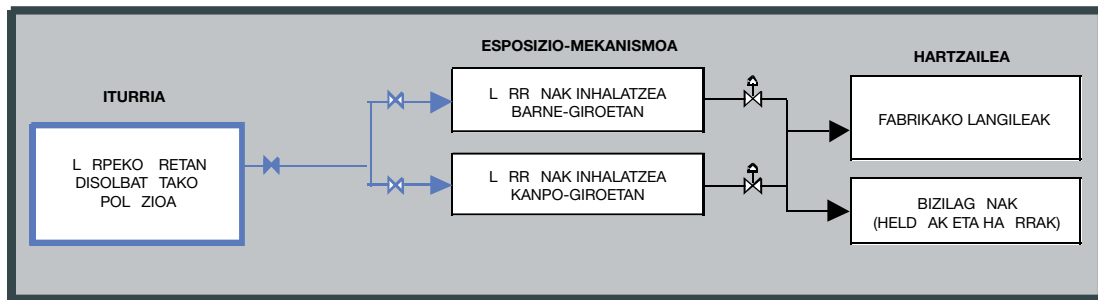


(Iturria: URS Espainia)

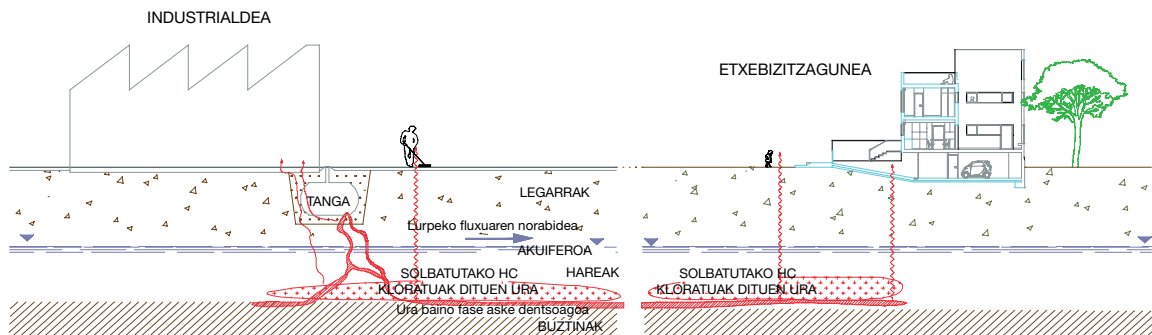
### 3. ADIBIDEA

POLUITZAILEAK:	Produktu kloratuak (TCE, PCE...).
KALTETUTAKO INGURUNEA:	Akuiferoa. Poluzioa aspaldi gertatu zela uste da, eta akuiferora migratu zuela. Lurzoruan ez da kontzentrazio garrantzitsurik detektatu.
KAUSA:	Lurpeko tanga baten isuria.
HARTZAILEAK:	Fabrikako langileak eta ondoko etxebizitzagunea.
OHARRAK:	DNAPL motako produktu askea detektatu da akuiferoaren eremu sakonean, nahiz eta produktu horrek lurpeko uraren bidez transmititzen dituen lurrun organikoak. Kokalekuaren azpiko lurzoruan poluzio garrantzitsua dagoela adierazten duen frogarik ez dago.

Poluzio-iturrien eta hartzaileen arteko elkarrekintza-mekanismoei buruzko fluxu-diagrama.



### EREDU KONTZEPTUALA:



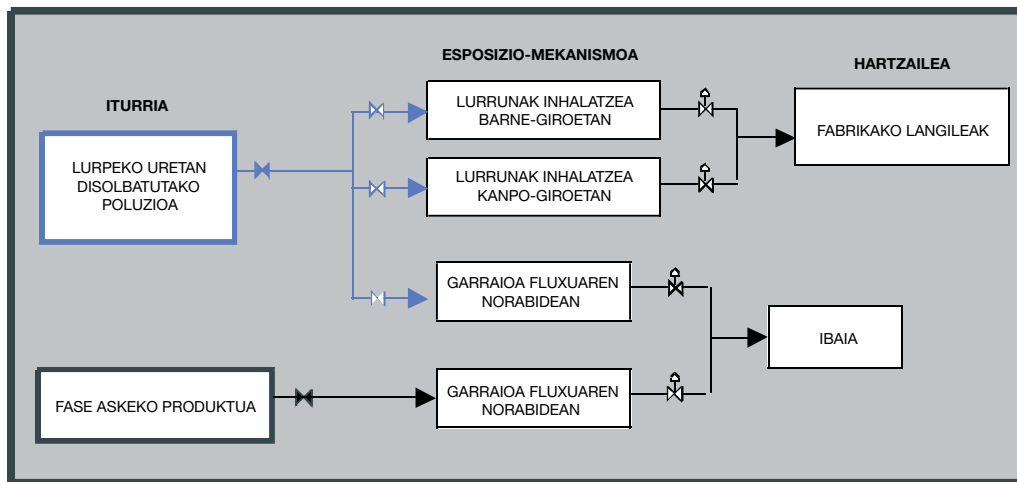
(Iturria: URS Espainia)



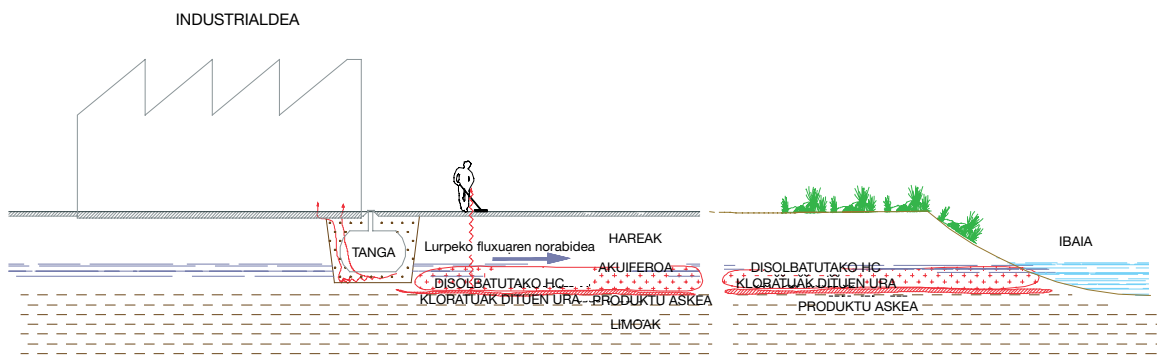
#### 4. ADIBIDEA

POLUITZAILEAK:	Produktu kloratuak (TCE, PCE... )
KALTETUTAKO INGURUNEA:	Akuiferoa. Poluzioa aspaldi gertatu zela uste da, eta akuiferora migratu zuela. Lurzoruan ez da kontzentrazio garrantzitsurik detektatu.
KAUSA:	Lurpeko tanga baten isuria.
HARTZAILEAK:	Fabrikako langileak eta ibaia.
OHARRAK:	DNAPL motako produktu askea detektatu da akuiferoaren eremu sakonean, eta badakigu ibaira iritsi dela. Kokalekuaren azpiko lurzoruan poluzio garrantzitsua dagoela adierazten duen frogarik ez dago.

Poluzio-iturrien eta hartzaileen arteko elkarrekintza-mekanismoei buruzko fluxu-diagrama.



#### EREDU KONTZEPTUALA:

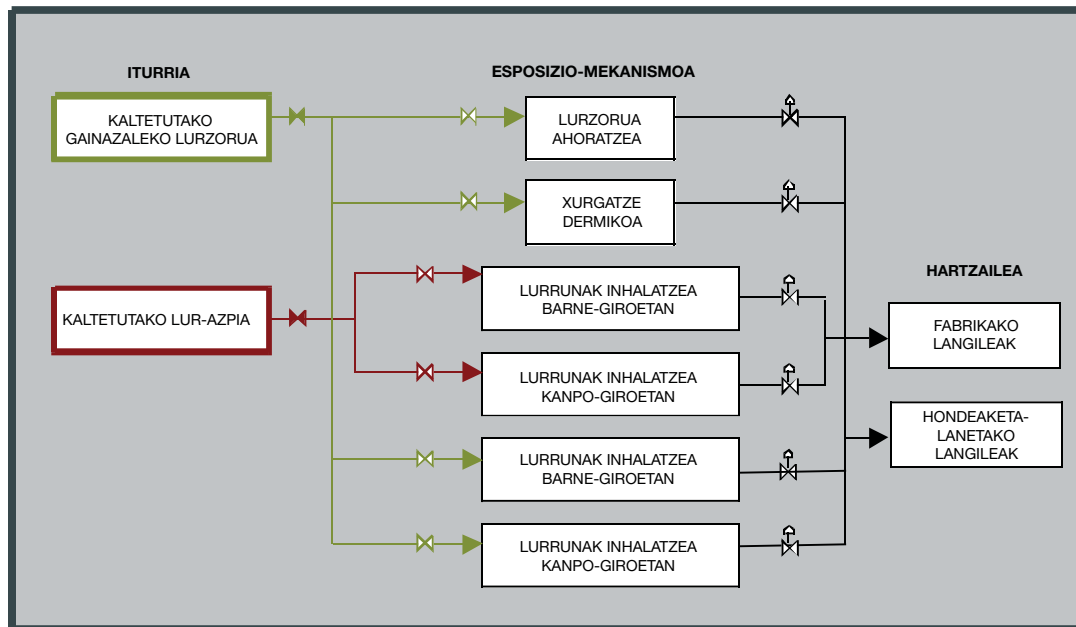


(Iturria: URS Espainia)

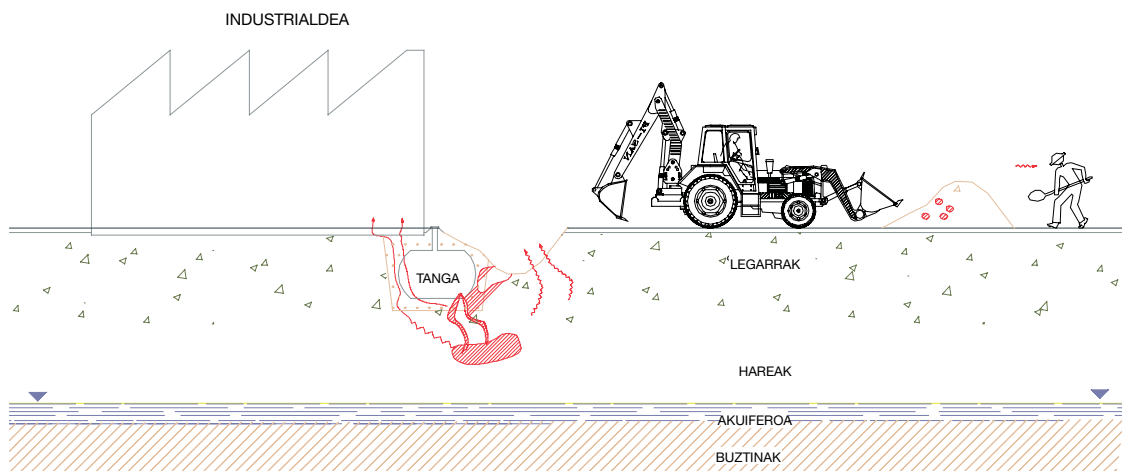
**5. ADIBIDEA**

**POLUITZAILEAK:** Erregai (berokuntzako gasolioa).  
**KALTETUTAKO INGURUNEA:** Lur-azpia.  
**KAUSA:** Lurpeko tanga baten isuria.  
**HARTZAILEAK:** Hondeaketa-lanetan ari diren langileak eta fabrikako Langileak.  
**OHARRAK:** Erregai isuri da, baina lurzoruak adsorbatu du eta ez dio akuiferoari kalterik egin. Hondeatutako lurzoru gainazaleko lurzorutzat hartzen da.

Poluzio-iturrien eta hartzaileen arteko elkarrekintza-mekanismoei buruzko fluxu-diagrama.



**EREDU KONTZEPTUALA:**



(Iturria: URS Espainia)

### **5.3 ARRISKUEN KUDEAKETA**

Analisiaren bidez arrisku-maila onartezinak identifikatu ondoren, arriskuen kudeaketan, arrisku horiek maila onargarrira eramateko jarduerak definitzen dira. Arriskuen kudeaketa egiten denean, jarduerak martxan jartzeko zer premia dagoen zehaztea ere gomendatzen da.

Arriskuak kudeatzeko, lehenik eta behin, modu argian identifikatu behar dira aztertutako egoeraren ezaugarri diren elementuak, alegia, kaltea sortu duten bitartekoak, esposizio-bide garrantzitsuak eta arrisku onartezina jasaten duten hartzaileak.

Erabakiak hartzeko prozesuan, ez dira kontuan hartu behar soilik identifikatutako arriskuak eta haien balorazioa; faktore sozioekonomikoak ere kontuan hartu behar dira, arazoaren konponbidea, gizakien osasunarentzat eta ekosistemarentzat segurua izateaz gain, materialki eta ekonomikoki bideragarria izan dadin. Arriskuen kudeaketaren dimentsio ekonomikoa zehazteko, batetik, arriskua sortzen duen jardueraren onura sozioekonomikoak baloratu behar dira, eta, bestetik, neurri zuzentzaileen kostua eta, neurri horiek aplikatu ondoren, planteatutako aukera bakoitzak sor dezakeen arriskua. Bi joera horien arteko oreka (batetik, onura sozioekonomiko handiagoa eta, bestetik, ingurumenaren babes handiagoa) bilatu behar da irtenbiderik bideragarriena aukeratzeko.

Nolanahi ere, hartzaileen esposizioa arriskua onargarri bihurtzen den mailara murriztea izan behar du neurri zuzentzaile ororen helburua. Horretarako, hainbat aukera orokor daude, eta jardueraren helburuaren arabera sailka daitezke:

- Arriskuaren kausen gainean jardutea arriskua saihesteko, hau da, arrisku-iturri diren ingurune kaltetuak berreskuratzeko eta saneatzeko jarduerak martxan jartzea.
- Poluitzaileen garraio-mekanismoen gainean jardutea, ingeniaritza-arloko irtenbideen bidez (eustea, ixtea), poluitzaileen migrazio-bideak eteteko eta poluzioguneetatik garrantzitsutzat identifikatutako hartzaileetara ez iristeko.
- Hartzaileen esposizio objektiboa murriztea, poluitzaileen eragina jasotzen den denbora murriztuz edo kontaktu-bitarteko gisa jokatzin duten baliabide kaltetuak (lurzorua edo urak) erabiltzea mugatuz.

Gehienetan, jarduera-printzipio horietako batzuekin bat etortzen diren hainbat neurri zuzentzaile konbinatzea da irtenbiderik egokiena.

Arriskua maila onargarrira eramatea lortzen den artean, teorikoki ez dago besteak baino gehiago lehenesten den jarduera-printzipiorik, baina printzipio horien arteko hierarkia bat ezartzea gomendatzen da:

- Teknikoki, ekonomikoki eta ingurumenaren aldetik bideragarria bada, lehentasuna izango du arazoa sortzen duten poluzioguneak deskontaminatuz kokalekua berreskuratzeko.

- Aurreko jarduera-printzipioa ez bada bideragarria edo ez badu arriskuaren maila behar bezainbat murrizten, poluitzaileen garraio-mekanismoei eragiten dieten irtenbideak aukeratuko dira.
- Kaltetutako baliabideak (lurzorua eta urak) erabiltzea mugatuz hartzaileen esposizioa murrizteko neurriak onargarriak izango dira soilik aurrekoak osatzen baldin badituzte, neurri horiek denbora baterako eta larrialdi-egoera bati aurre egiteko hartzen ez badira behintzat.

Arriskuen kudeaketan deskontaminazio-ekintzak egiten badira (ekintza horiek bakarrik edo beste neurri zuzentzaile batzuekin batera), ekintza horien bidez, poluziogune nagusiko poluitzaile bakoitzaren kontzentrazioak zer mailalara murriztu nahi diren kalkulatu behar da. Helburu gisa jarritako kontzentrazio horiek dira, arriskuen analisisian erabilitako esposizio-irizpideen arabera, hartzaileentzako arrisku onargarri altuena duten kontzentrazioak.



## 6. TRATAMENDURAKO TEKNOLOGIAK AUKERATZEKO IRIZPIDEAK

### 6.1 SARRERA

Kapitulu honetan, lurpeko tangetan biltegitratutako substantziek poluitutako lurzoruak eta lurpeko urak berreskuratzeko teknologia(k) aukeratzeko kontuan hartu behar diren irizpide nagusiak azalduko ditugu.

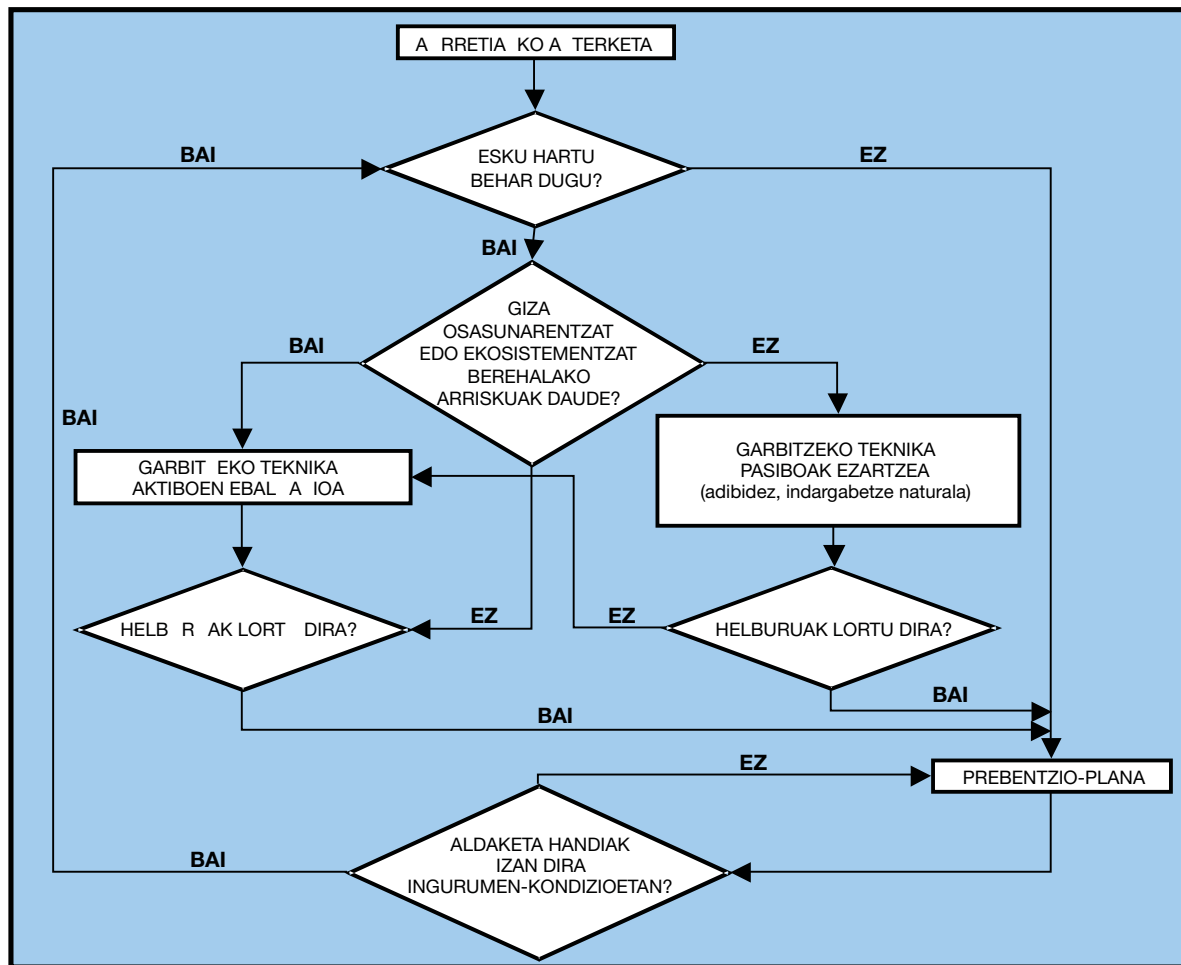
Poluitutako lurzoru edo lurpeko uren kasu jakin bati irtenbidea emateko prozesua konplexua da, hainbat alderdi hartu behar baitira kontuan (teknikoak, ekonomikoak, sozialak eta ingurumen-alderdiak). Arriskuen karakterizazio, ebaluazio eta kudeaketan bezala, *experto* irizpidea aplikatu behar da kaltetutako inguruneak berreskuratzeko irtenbideak proposatzeko eta horietatik egokiena aukeratzeko. Askotan, bi teknologia edo gehiago konbinatzea izaten da irtenbiderik egokiena.

Sarrera modura, azken urteetan erabili diren bi estrategia-motak aipatuko ditugu: batetik, teknika aktiboak eta, bestetik, jarduera “*pasiboak*”, hau da, modu kontrolatuan, lurpean sortzen diren prozesu naturalen bidez poluzioa gutxituz joan dadin uztea. Oso modu orokorrean esanda, estrategia horietako bat edo bestea aukeratzeko, gizakien osasunari edo ekosistemei kalte egiteko arrisku zuzenik dagoen begiratu behar da. Hala bada, modu aktiboan jardun behar da. Hartzaille garrantzitsurik ez badago, berriz, gomendagarriagoa izan daiteke kaltea kontrolatzeko neurriak hartzea.

Irtenbide “*pasiboen*” erabilera berriagoa da. Hidrokarburoen poluzioak lur azpian epe luzean duen eboluzioa gehiago ezagutzearekin batera hasi zen aplikatzen. Izan ere, batzuetan, egokiagoa da irtenbide horiek erabiltzea, kontzentrazioen eta lur-azpiaren ezaugarri jakin batzuk betetzen direnean eta arrisku handirik ez dagoenean. Hala, hobeto banatu nahi dira saneamendu-ekintzetarako dauden baliabideak, eta jarduera eraginkorragoak behar dituzten kokalekuetako inbertsioak lehenetsi nahi dira.

Hogeita laugarren irudian, erabakiak hartzeko eskema ageri da, eta lurpeko tanga baten isuriak sortutako poluzioari aurre egiteko gaur egun nola jokatzen den erakusten da. Eskema horretan azpimarratu behar da teknika aktiboak edo pasiboak ez direla aukera itxi edo independente gisa hartu behar. Praktikan, konbinatu eta txandakatu egiten dira poluzioaren eboluzioaren arabera.

Gida honetako ikuspegi orokorrarekin bat, askotan, prozesuaren hainbat fasetan hartzen dira neurri zuzentzaileak (adibidez, presako neurriak poluzio-iturriak erabat edo partzialki ezabatzeko edo hartzaille garrantzitsuen esposizio-maila murrizteko; eta epe labur edo ertaineko deskontaminatzeko edo eusteko neurriak, poluzioaren eboluzioaren kontrola eta segimendua egiteko neurriak... ).



24. irudia: Lurpeko tanga baten poluziogune bati buruz erabakiak hartzeko eskema

Esan bezala, batzuetan beharrezkoa da larrialdi-neurriak hartzea (bereziki, ikerketa hasten denean). Horien artean ohikoenak direnak aipatuko ditugu, besterik gabe, zein erabiltzen diren ezagutzeko:

- Poluzioguneen hedadura gelditzea edo murriztea, leku horietara erraz iristeko modurik badago.
- Fase askeko produktua erauziz, migra dezan galaraztea.
- Asko kaltetutako baliabide hidrikoak biltzea eta tratatzea erabilera-puntuetan (hornidurarako putzuak eta ur-bilketak).
- Poluitutako uren kontrol hidraulikorako neurriak instalatzea.
- Lurzoruko lurrunei eusteko edo horiek biltzeko neurriak instalatzea.

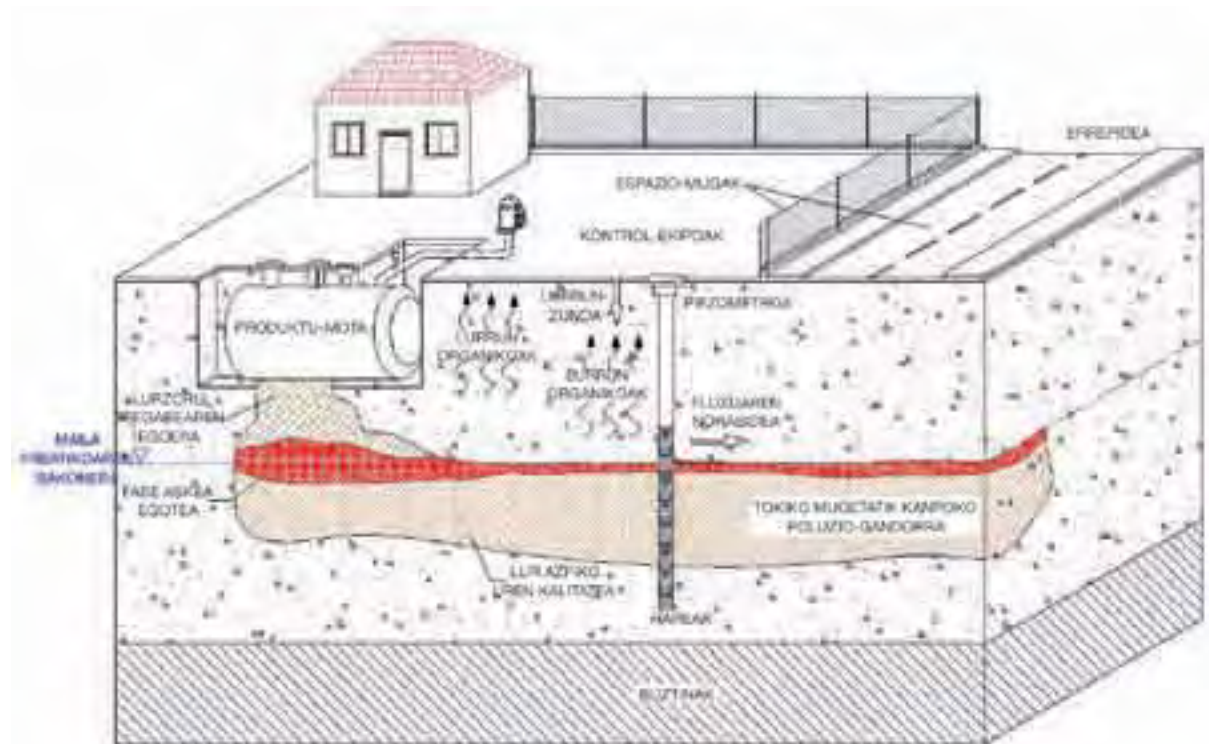
- Kokalekuan bertan edo handik gertu dauden eraikinak jendez hustea eta eraikinak aireztatzeta.
- Jendeari kokalekurako sarbidea mugatzea.
- Kaltetutako baliabide hidrikoak erabil daitezten galaraztea, erabiltzaileei horri buruzko informazioa ematea eta ur-horniketarako beste iturri batzuk erabiltzea.
- Kaltetutako ekosistemak kudeatzeko neurriak martxan jartzea, ekosistema horietako elementurik baliotsuenen esposizioa murrizteko.

Normalean, faktore hauek baldintzatzen dute lurpeko biltegitratze-tangek poluitutako inguruneak berreskuratzeko teknologiarik egokiena aukeratzeta:

- Kaltetutako ingurunea(k): lurzorua (fase solidoan, fase gaseosoan –eremu asegabeetan– edo fase likidoan –eremu aseetan–), lurpeko ura, eta lur gaineko ura.
- Poluitzaileen ezaugarriak: ingurune bakoitzean duten kontzentrazioa, mugikortasuna, disolbagarritasuna, lurrunkortasuna, biodegradagarritasuna, toxikotasuna...
- Poluzioak espazioan duen banaketa eta hedadura, eta fase eta ingurune ezberdinetako poluitzaileen arteko elkarrekintzak.
- Lurpeko biltegitratze-tangak dituzten kokalekuek berek jarritako mugak (adibidez, kokalekuan egin ohi diren lanak gelditzea berreskuratze-lanek irauten duten denbora guztian edo zati batean, tratatutako lurzorua hondeatzea... ).
- Arriskuen ebaluazioaren ondorioetan jarritako berreskuratze-helburuak (adibidez, hondar-poluzio onargarriaren maila, poluzioaren euste-maila... ).
- Berreskuratze-epeak.
- Teknologiak aplikatzeko kostuak.
- Teknologia bakoitza erabiltzeak ingurumenean sortzen dituen inpaktuak.
- Gizarteak (batez ere, kokalekuaren inguruan bizi den jendeak) aplikatuko diren teknologiak onartzea.

Hogeita bosgarren irudiak faktore horietako batzuk erakusten ditu.





25. irudia: Aplikatu beharreko saneamendu-teknologia baldintzatzen duten ezaugarriak

Gida honetan aztertzen ari garen kokaleku-motetan, petrolotik datozen hidrokarburoak eta disolbatzaileak dira substantziarik garrantzitsuenak. Hainbat eta hainbat teknologia garatu dira substantzia horiek tratatzeko, eta bakoitzak bere jardura-printzipioak, aplikazio-esparruak eta mugak ditu. Dena den, teknologia horietatik batzuk bakarrik erabiltzen dira maiztasunez gaur egun. Beste batzuk, aldiz, oso gutxitan erabiltzen dira edo oraindik garatzen ari dira.

Teknologia batzuek lurzoruan edo lurpeko uretan dauden poluitzaileen kontzentrazioak murrizten dituzte, eta beste batzuk poluitzaileak geldiarazi edo isolatzean oinarritzen dira. Bigarren kasuan, ez da erabiltzen poluitzaileak eraldatzeko prozesurik (berez gertatzen direnak bakarrik). Hala, deskontaminatzeko teknologiak eta isolatzeko edo eusteko teknologiak bereizten dira, aipatutako printzipio horietako batean edo bestean oinarritzearen arabera. Deskontaminazio-teknologiaren barruan daude teknologia biologikoak, fisiko-kimikoak eta termikoak, eta oinarri gisa hartzen duten jardura-printzipioaren arabera bereizten dira.

Teknologia horiek aplikatzeko moduaren arabera, berriz, bi talde handi bereizten dira:

- *In situ* aplikatzen diren teknologiak: poluitutako lurzoruan bertan aplikatzen dira, hau da, ez dago lurzorua hondeatu beharrik tratamendua egiteko.
- *Ex situ* aplikatzen diren teknologiak: tratamendua hasi aurretik poluitutako lurzorua hondeatu behar da. Bestalde, tratamendua kokalekuan bertan egin daiteke (*on-site* tratamendua) edo kokalekutik kanpo dauden instalazioetan (*off-site* tratamendua).

Hamargarren taulan, gidan azaltzen diren teknologiak aipatzen dira, teknologia-motaren (deskontaminazio-, euste- edo kudeaketa-teknologia) eta aplikatzeko moduaren arabera sailkatuta.

Teknologia-mota	Aplikatzeko modua eta bitartekoa			Teknologiaren izena
	In/ex Situ	Lurzoruak	Urak	
Deskontaminazioa	In situ	X		Aire-erazketa / Bioaireztapena
		X	X	Air Sparging-a
			X	Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua
		X	X	Fase anitzeko erazketa (Bioslurping-a)
	Ex situ	X		Landfarming-a
		X		Biopilak
		X		Konpostajea
		X		Desortzio termikoa
Euste-teknologiak	In situ		X	Hesi hidraulikoak
			X	Euste-pantailak
Bestelakoak	In situ	X	X	Indargabetze naturala <sup>(1)</sup>
		X	X	Biorremediazio estimulatua

(1) Ez da teknologiatzat hartzen. Arriskuak kudeatzeko tresna hori bera bakarrik aplika daiteke edo beste teknologien osagarri gisa.

#### 10. taula: Lurpeko tangek sortutako poluzioaren ondorioz kaltetutako lurzoruak eta lurpeko urak berreskuratzeko teknologiak

Teknologia batzuk asko erabili ohi diren arren (adibidez, lurzoruak ex situ garbitzea edo egonkortze fisiko-kimikoa), ez dira taulan agertzen teknika orokorrak direlako. Beste teknologia batzuk (adibidez, disolbatzaileen bidezko erazketa lurzoruetan edo lurpeko urentzako pantaila aktiboak), teknika kontrastatuak izan arren, oso gutxi erabili dira orain arte, eta horregatik ez dira agertzen taulan.

Segidan, taulan ageri diren teknologien ezaugarri nagusiak deskribatuko ditugu. Teknologia guztiak azaltzeko egitura bera erabili dugu: jarduera-printzipioa, aplikazio-esparrua, eraginkortasuna, tratamendurako epeak eta berezitasunak.

Tratamendurako epeak gutxi gorabeherakotzat hartu behar dira; alegia, emaitzak epe laburrean (sei hilabete baino gutxiago), epe ertainean (sei hilabetetik hiru urtera) edo epe luzean (hiru urte baino gehiago) lor daitezkeen adierazten dute.

Deskribapenetan ez dugu eman nahi izan saneamendu-kostuei buruzko daturik, kasuaren ezaugarri berezien arabera oso ezberdinak izan daitezkeelako (adibidez, tratatu beharreko lurzoruaren edo uraren bolumena, interbentzio-neurri garestiak eskatzen dituzten larrialdi-egoerak, lur-azpiaren ezaugarri geologiko eta hidrogeologikoak eta instalazio jakin batzuk gertu egotea –desortzio termikorako instalazioak kasu– *ex situ* tratamenduren bat egiteko).

Halaber, kasu bakoitzean teknologiarik egokiena(k) aukeratzeko irizpideak ematen dira, teknologia bakoitzak sortzen duen ingurumen-inpaktua eta gizartean duen onarpena kontuan hartu gabe.

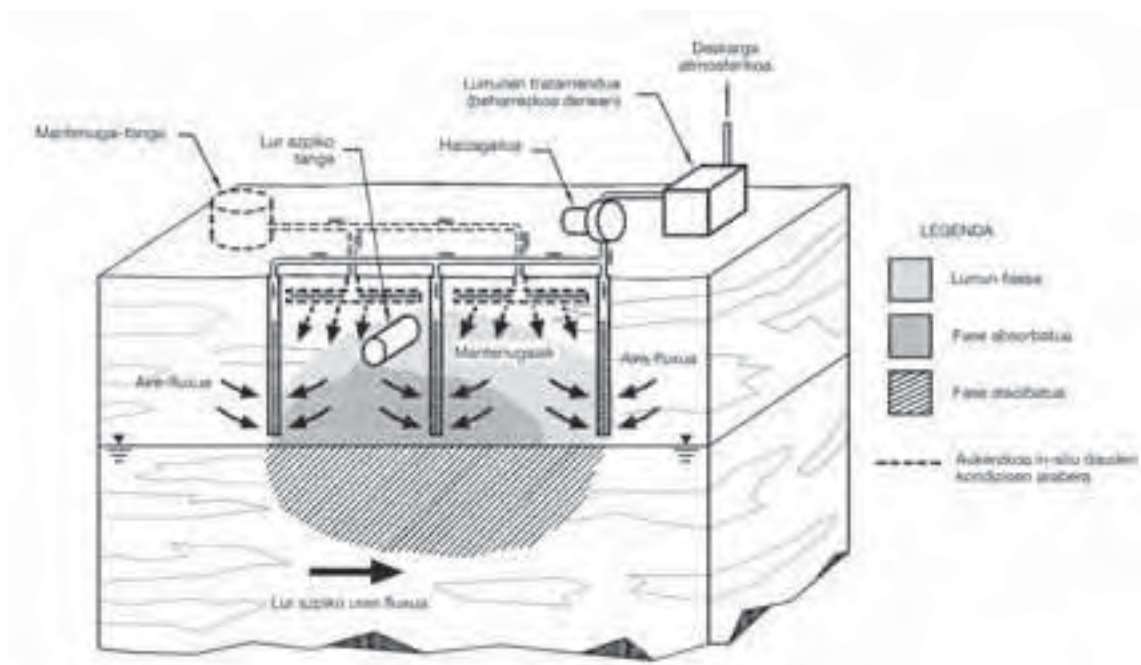
## 6.2 DESKONTAMINAZIO-TEKNOLOGIAK

### 6.2.1. Aire-erazketa / Bioaireztapena

#### Jarduera-printzipioa

Lurrun-erazketa (ingelesez, *soil vapor extraction* edo SVE) edo bioaireztapena (bioventing) ere esaten zaio, kasu bakoitzeko prozesu nagusiaren arabera (konposatu organiko lurrunkorrek eraztea edo konposatu organikoen degradazioa bizkortzea). In situ aplikatzen den teknologia da, eta eremu asegabeetako konposatu lurrunkorren kontzentrazioa murrizten du, lurzoruaen matrizean sakonune bat eginez. Modu horretan, lurrunak erazketa-putzuetara desplazatzen dira. Prozesua errazteko, airea injektatzeko putzuak instala daitezke, erazketa azkartu eta poluitzaileak lurrunteza bultzatzen baitute. Oro har, lurzorutik erazutako airea tratatu egin behar da atmosferara isuri baino lehen.

Hogeita seigarren irudian, eskematikoki azaltzen da esandakoa. Bestalde, VI. eranskinean dago deskontaminazio-teknologia horri dagokion fitxa tekniko (1. fitxa).



26. irudia: Bioaireztapenaren eskema (Iturria: EPA, 1995)

## **Aplikazio-eremua**

Aire-erazketaren edo bioaireztapenaren teknologiak konposatu organiko lurrunkorren (KOL) eta konposatu organiko erdi-lurrunkor batzuen (KOEL) kontzentrazioak murrizteko duen eraginkortasuna frogatuta dago. Halaber, lurzoruko degradazio-kondizioak aztertu ondoren, frogatu da konposatu astunenetakako ere teknologia eraginkorra dela. Izan ere, oxigeno askoko aire-zirkulazioa sortzen du, eta horrek konposatu organikoen degradazio aerobioaren erreakzioak bultzatzen ditu. Poluitzaile-motaren eta ingurunearen ezaugarrien arabera, konponketarako prozesu ezberdina aukeratu da, baina kapitulu honetan guztiak batera aztertuko ditugu, sistema aplikatzearen ikuspegitik ez baitago alde handirik.

Normalean, emaitza hobekia lortzen dira konposatu lurrunkorrek (gasolina bezalako produktuetan horrelako konposatuak dira nagusi, eta dieselaren edo fuel-olioaren antzekoak ere izaten dituzte, gutxiago bada ere). Tratatu beharreko lurzoruaren iragazkortasunak ere badu eragina: lurzoru oso iragazkorretan lortzen dira emaitzarik eraginkorrenak (hareak eta legarrak), eta gutxienean eroankortasun hidraulikoa 0,1 m/egun izan dadin gomendatzen da. Lurzoruak berez duen iragazkortasunaz gain, geruzapena ere kontuan hartu behar da: oso lurzoru geruzatuetan aplikatu beharreko sistema konplexuagoa izaten da. Izan ere, lur-azpia osatzen duen geruza bakoitza besteetatik bereizita eta modu egokian tratatu behar da. Nolanahi ere, proba pilotuak egitea gomendatzen da.

Lurzoru asegabeetarako prestatutako teknologia denez, ez da komeni teknologia hori erabiltzea maila freatikoa 1 m baino sakonera txikiagoan dagoen kokalekuetan. Maila freatikoa 1 eta 3 m arteko sakonera bada, neurri bereziak hartu behar dira (adibidez, sakonunea zanga moduan egitea zundatu beharrean, oso sakonera txikiko zundaketak egitea edo sakonunearen presioa kontrolatzea lur azpitik ura ez ateratzeko). Edonola ere, kasu horietan, tratatuko den eremuko maila freatikoaren maila jaitxi daiteke denbora baterako, lurpeko ura ateraz edo euste-pantailen bidez. Bereziki erabilgarria da hori egitea, lurzoru poluitua maila freatikotik behera dagoenean.

## **Eraginkortasuna**

Sistema ondo diseinatu eta aplikatzen bada, batez ere lurzoruaren matrize buztintsuaren eta konposatu organikoak adsorbatzeko duen gaitasunaren baitan dago jarritako helburuak betetzea. Baina, azken finean, teknologiaren aplikazio-denboraren arabera izango da sistemaren eraginkortasuna. Kasu askotan, % 90 murrizten da poluitzaileen hasierako kontzentrazioa. Kondizioak ezin hobekia direnean (3 m/egun baino iragazkortasun handiagoko lurzoruak eta 3.000 mg/kg baino KOL kontzentrazio txikiagoa) % 95etik gorako berreskuratze-errendimenduak lor daitezke.

## **Tratamendurako epeak**

Lurzoru bat teknologia horren bidez deskontaminatzeko, 3 hilabete eta 2 urte arteko denbora behar izaten da. Kondizio ezin hobekian, 3 eta 9 hilabete artean irauten du tratamenduak.

## Berezitasunak

Aireztapen-prozesuan erauzten diren gasek konposatu organiko lurrunak (KOLak) eduki ditzakete, eta konposatu horiek leherkorak dira kontzentrazio jakin batzuetan. Beraz, oso garrantzitsua da irteerako gasak karakterizatzea eta KOLen kontzentrazioa kontrolatzea, segurtasunez jakiteko ez dutela gaindituko leherkortasunaren behe-muga (LBM). Hala, gasen hasierako kontzentrazioetan, erauzitako konposatuen LBM espezifikoaren maila % 5 eta %30 artekoa izan daiteke, instalazioaren eta inguruaren ezaugarrien arabera.

Batez ere, kontu handiarekin ibili behar da instalazioa martxan jartzeko unean, orduan erauzten baitira KOL kontzentrazio handienak. Batzuetan, lanerako baldintza egonkorak lortzeko, beharrezkoa izaten da ingurune airearekin asko diluitutako aireztapenarekin hastea. Hori dela eta, hainbatetan, denbora asko igarotzen da –egunak eta, batzuetan, asteak– sistema martxan jarri arte.

Horregatik da garrantzitsua irteera-gasen karakterizazioa ondo egitea. Eta, beharrezkoa bada, leherkortasuna neurtzeko gailuak instalatu behar dira, proiektuaren segurtasun-planearan definitutako kontzentrazioak noiz gainditzen diren jakiteko alarmak dituztenak eta sistema geratzeko mekanismoa dutenak.

Bestalde, erauzketa-ekipamenduak nahiko sendoak izaten dira, eta ia ez dute mantentze-lanik behar izaten. Gomendagarria da jarduera-eremu bakoitza zenbat deskontaminatu den ebaluatzea, erauzteko gaitasuna beharren arabera erregulatuz joateko.

Askotan, deskontaminatzeko sistema horiek geratzen direnean lurzoruko KOLen kontzentrazioak gora egiten du. Horregatik, deskontaminazioaren azken faseetan komenigarria izan daiteke sistema modu ez-jarraituan aplikatzea, gorakada horiek gutxituz joan daitezten.

Halaber, kontuan hartu behar da gasak erauzteko sistemek (depresoreak, haizagailuak edo *blower*-ak) elektrizitate asko kontsumitzen dutela. Gainera soinu handia egiten dute, eta beharrezkoa izan daiteke intsonorizatutako edukiontzietan instalatzea edo modu ez-jarraituan funtzionatzea –gauetan itzaliz–.

Gaur egun, bioaireztapen pasiboko proiektuak egiten ari dira proba modura, arrisku onartezinik ez dagoen kasuetan erabiltzeko. Sistema horiek kostu txikiagoa dute (ez dute erauzketa-ekipamendurik behar) eta lurzoruko KOL kontzentrazioak zuzentzen dituzte; hori bai, mantoago eta helburuak eta epeak betetzeko bermerik gabe. Dena den, sistema berritzaile hori prebentziorako metodo gisa hartu behar da konponketarako metodo gisa baino gehiago.

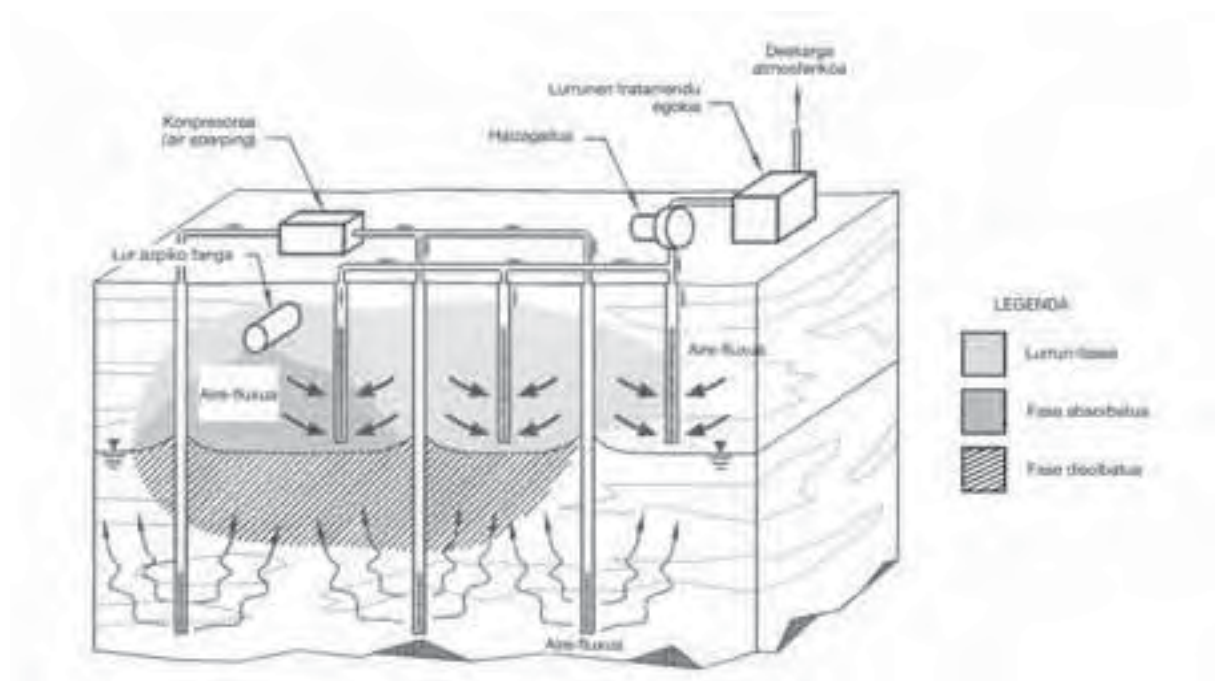
## 6.2.2. Air Sparging-a

### Jarduera-printzipioa

*In situ* berreskuratze-teknologia da, eta KOL kontzentrazioak murrizten ditu (lurzoruak adsorbatutakoak zein lurpeko uretan disolbatutakoak). Air sparging ere deitzen zaio.

*Air sparging* sistemaren bidez, airea injektatzen da eremu asean, poluitzaileen desortzioa eta lurruntzea bultzatzeko eta fase gaseosora pasartzeko. Poluitzaileak fase gaseosoan daudenean, eremu asegera migratzeko joera izaten dute. Eremu horietan erauzketa-putzuak instalatzen dira (bioaireztapenaren sistemako putzuen gisakoak). Horien bidez, poluitutako airea gainazalera eramaten da, eta han tratatu egiten da atmosferara isuri baino lehen.

Hogeita zazpigarren irudiak eskematikoki azaltzen du aipatutako teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (2. fitxa).



27. irudia: Air sparging-aren eskema (Iturria: EPA, 1995)

### Aplikazio-eremua

Berez, lurrunkortasun handiko poluitzaileei aplikatzen zaie *air sparging* sistema. Adibidez, mota horretakoak dira petroliotik datozen produktu batzuetako konposatu arinak (adibidez, BTEX), oso erraz aldatzen baitira fase akuosotik gaseosora. Poluitzaile astunagoei teknologia hori aplikatzea konplexuagoa eta garestiagoa da. Konposatu kloratuek sortutako kalteak konpontzeko ere erabili izan da, eta emaitza onak eman ditu.

*Air sparging* sistema eraginkorra da, batez ere lurzoru oso iragazkorretan, eta gutxieneko eroankortasun hidraulikoa 0,1 m/egun izan dadin gomendatzen da. Lurzoruak berez duen iragazkortasunaz gain, geruzapena ere kontuan hartu behar da. Nolanahi ere, aurrez proba pilotuak egitea gomendatzen da.

*Air sparging*-aren teknologia aplikatzeak beste muga batzuk ere baditu:

- Fase askea dagoenean, deuseztatu egin behar da teknika hori erabili baino lehen.
- Ez da posible akuifero itxietan deskontaminatzea, lurrundutako poluitzaileek eremu asean harrapatuta geratzeko joera baitute.
- Fase gaseosoko poluitzaileak erauztea bereziki garrantzitsua da kokalekutik gertu sotoak, tutueriak edo bestelako lurpeko eremuak daudenean. Izan ere, erauzketa horiek egiten ez badira, poluitzaileak eremu horietan meta daitezke, eta kontzentrazio arriskutsuak sor ditzakete.
- Lurpeko uretan  $\text{Fe}^{2+}$  kontzentrazio altuak egoteak arazoak ekarri ohi ditu, zeren,  $\text{Fe}^{3+}$  disolbaezina oxidatzen denean, lurzoruaren iragazkortasun eraginkorra murrizten da eremu asean, eta injektatutako airea duten putzuak erabilgaitz bihurtzake.
- Lur-azpiaren ezaugarri hidrodinamikoak kontrolatu behar dira, lurpeko uretako poluitzaileen migrazioa ez bizkortzeko

### **Eraginkortasuna**

Kondizioak ezin hobeak direnean, % 85 baino berreskuratze-errendimendu handiagoak lor daitezke.

### **Tratamendurako epeak**

Kondizio ezin hobetan, tratamenduak urtebete baino gutxiago irauten du, baina badira askoz ere gehiago iraun duten kasuen adibideak ere.

### **Berezitasunak**

*Air sparging* sistema ez da aplikatu behar instalazioaren mugetatik gertu dauden lekuetan edo hartzaile sentikor bat dagoen lekutik gora dauden uretatik gertu. Izan ere, nahi gabe, sistema aplikatzen den lekutik behera bultza daitezke poluitzaileak.

Ahal izanez gero, osagarri gisa, hesi hidraulikoaren sistema bat jarri behar da kokalekuko uretatik behera, poluitzaileek hartzaile sentikorretara ez migratzeko.

Bestalde, lur azpian sortzen diren lurrinak ebaluatu behar dira, eta, lurrin horiek erauzteko, nahi gabeko metaketarik sortuko ez duen sistema bat ezarri behar da.

*Air sparging*-arekin batera, konposatu organikoak degradatzen dituzten entzimak edo bakterio-populazioak injekta daitezke. Injekzio horiek lurzoruan sortzen dituzten ezaugarri aerobioak baliatu daitezke degradazio-prozesuak bultzatzeko.

*Air sparging*-ak energia elektriko asko kontsumitzen du eta zarata handia sortu (batez ere, konposatu lurrunkorrek erazten direnean).

*Air sparging* sistema batzuen bidez, putzu bereko eremu asean airea injektatzen da eta eremu asegabean erazti. Sistema hori erabiltzeak abantaila hauek ditu: zulaketa gutxiago egin behar dira, berez, eta gainazaleko instalazioa ez da hain konplexua. Baina air-sparging-aren ekintza-erradioa putzuaren ingurura mugatzen da.

Ura baino dentsuagoak diren konposatu kloratuek sortutako kalteari aurre egiteko erabiltzen bada, ziurtatu behar da injekzio-eremua tratatutako akuifero-zatiaren oinarria dela, edo, behintzat, kaltetutako eremutik behera dagoela.

### **6.2.3. Ponpaketa eta tratamendua**

#### **Jarduera-printzipioa**

Ponpaketa eta tratamendua *in situ* berreskuratze-teknika da. Teknika horren bidez, poluitutako lurpeko urak atera, eta, ondoren, gainazalean arazten dira.

Poluitutako lurpeko urak ateratzeko tresna hauek erabili ohi dira: drainak, putzuak eta drainatzeko zangak.

Drainak instalatzeko, zulo bat egiten da, eta tutueria bat ezartzen da horizontalean edo pixka bat okertuta. Hasieran, drainak bertikalean jartzen dira edo angelu pixka batekin, eta, gero, drainatzeko sakonera egokia lortzen denean, ia horizontalean jartzen dira. Bi metodo nagusi daude drainak instalatzeko: zanga erako drainak eta draina gidatuak. Bi kasuetan, ponpaketa-sistema bat instalatu behar da drainen bidez bildutako ura ateratzeko. Drainetako tutueriek 50 eta 200 mm arteko diametroa izaten dute, eta PVCarekin, dentsitate altuko polietilenoarekin (HDPE) eta polipropilenoarekin (PP) egiten dira.

Putzua egiteko, lurzorua zundatzen da, eta tutueria bat instalatzen da, zatiitsu bat eta zati zulatua bat (iragazkia esaten zaio) dituen. Zati zulatua hori zuntzeko materialekin babesten da, substantzia finik sar ez dadin. Tutueriaren eta zundatutako paretaren arteko eraztun-itxurako tartea hartxintzarrezko paketatzen batekin betetzen da. Iragazkortasun gutxiko materialez osatutako geruzak dauden lekuak, berriz, bentonitarekin ixten dira, poluzio gurutzaturik ez gertatzeko. Bukatzeko, instalatutako ponpaketa-sistemari egokitutako buru bat ezartzen zaio putzuari. Bestalde, putzuaren diametroak instalatuko den ponparen tamainaren arabera izan behar du. Erauzketa-putzuetan, adibidez, 100 eta 600 mm arteko diametrokoak dira ohikoenak. Putzuaren sakonera, berriz, maila freatikoa izan ditzakeen oszilazioen eta iragazkiaren luzeraren baitan dago. Oro har, putzua zenbat eta luzeagoa eta sakonagoa izan, orduan eta gehiago eraztuko da. Esan bezala, putzuaren barruko tutueria PVCzkoa edo HDPEzkoa izan daiteke. Putzuaren

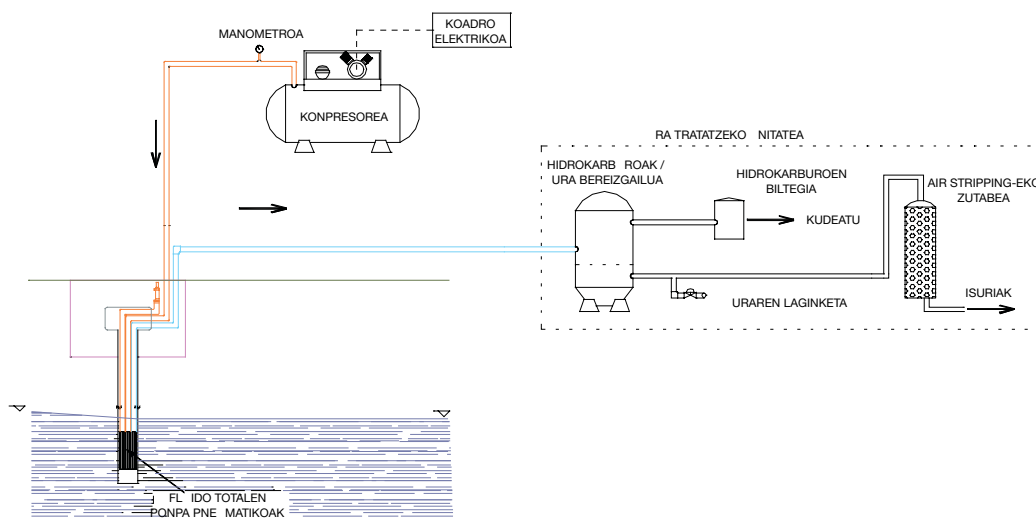


barruan ponpaketa-sistema bat ezartzen da, deskontaminatu nahi den ura gainazalera eramateko. Ponpa murgilduetan edo huts-ponpetan oinarritutako sistemak erabiltzen dira gehien.

Drainatzeko zangak ere lurpeko ura ateratzeko erabiltzen dira: lurzorua hondeatuz, maila freatikotik behera dagoen kota batera azaleratzen da ura, eta, ondoren, grabitatearen edo ponpaketa bidez ateratzen da. Hori dela eta, drainatzeko zangak erabiltzeko maila freatikoak ez du oso sakona izan behar, eta hondeatutako lurzoruak geoteknikoki egonkorra izan behar du. Teknika horrekin ez da ur asko ateratzen (1-2 m<sup>3</sup>/h inguru), kokalekuaren ezaugarri hidrogeologikoen arabera, ateratako ur-emariaren kantitatea alda daitekeen arren. Ez da ohikoa drainatzeko zanga handiak egitea.

Lurpeko uretatik ateratako poluitzaileak (petroliotik datozen hidrokarburoak eta disolbatzaileak) arazteko teknika hauek erabiltzen dira: olio-bereizgailuak, ikatz aktibatuzko iragazkiak eta *air stripping*-a.

Hogeita zortzigarren irudiak eskematikoki azaltzen du aipatutako teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (3. fitxa).



28. irudia: Ponpaketa eta tratamenduaren eskema (Iturria: URS Espainia)

### Aplikazio-eremua

Poluitutako lurpeko ura ateratzeko drainak iragazkortasun gutxiko lurzoruak dituzten kokalekuetan erabiltzen dira (buztinak, limoak), eta, ahal bada, lur azpian oztoporik ez duten lurzoruetan (tutueriak, lurperatutako instalazioak...). Drainei hainbat abantaila dituzte putzu arruntekin alderatuta: poluitutako ingurunearekin kontaktu handiagoa duen azalera (beraz, drainatutako ura ateratzeko putzuak bakarrik instalatu behar dira) eta drainatu gabeko eremuak –putzu arruntetan agertu ohi direnak– gutxiago agertzea.

Erauzketa-putzuek, berriz, abantaila hauek dituzte: lurzoru iragazkorretan ur asko ateratzen da, sakonera handian dauden urak atera daitezke denbora luzean eta lurpeko oztopoak saihesteko aukera ematen dute.

Nolanahi ere, ura ateratzeko huts-ponpak erabiltzen direnean, kontuan hartu behar da gehienez zer altueratan xurga dezaketen (8 m inguru xurgatze-ponpetan eta 5 m inguru ponpa zentrifugoetan).

Lurpeko ura ateratzeak asentuak sor ditzake lurzoru-mota batzuetan (buztinak, limoak...). Asentu handiak sortzen badira eta arriskutsuak izan badaitezke, beharrezkoa izan daiteke lurzoruan berriz ere ura sartzea, efektu hori gutxiagotzeko.

Kokalekuaren ezaugarriak egokiak badira, drainatzeko zangak erabiltzea irtenbide erraza da lurpeko ura ateratzeko. Kontuan hartu behar da hasierako maila freatikoaren sakonera zenbatekoa den eta maila freatiko hori zenbat beheratu nahi den, lurzoruaren iragazkortasunaren eta kohesioaren arabera, hondeaketa egonkorra izango dela bermatu ahal izateko. Drainatzeko zangen teknika eraginkorragoa da iragazkortasun gutxiko lurzoruetan (buztin, limo eta zohikatzen gisakoak).

### **Eraginkortasuna**

Aipatutako teknikak ur poluitua atera eta ondoren arazteko erabiltzen badira, besteak beste, kontuan hartu behar da lurzoruko poluitzaileak lurzoruko partikuletara zenbateraino adsorbatu diren, erauzketa-prozesuak zenbat iraungo duen jakiteko. Aplikazio-mota horretan, drainen sistema zurrunagoa eta kontrolagaitzagoa da putzu arrunten sistema baino, jatorri eta poluzio-maila ezberdinetako urak nahas baitaitezke.

Putzuen bidez, lurpeko ur-emari handiak atera daitezke. Maila freatikoak sakona edo oszilazio askokoa denean, oso egokiak dira ponpa murgilgarriak dituzten putzuak. Izan ere, sistema sendoak dira, oso mantentze-lan gutxi behar dute eta haien eraginkortasuna frogatuta dago. Bestalde, egoera berreskuratzeko epea kalkulatzeko kontuan hartu behar da lurzoruak nolako igogarritasuna duen eta lurzoruko poluitzaileak zenbateraino adsorbatu diren partikuletara.

### **Berezitasunak**

Azkenaldian, zalantzan jartzen ari dira sistema horien eraginkortasuna, tratamendua luzatzen den neurrian errendimendua asko murrizten baita. Baina normala da lurpeko uretako poluitzaileen kontzentrazioak maila jakin batzuetatik behera ezin jaitsi ahal izatea, zeren lurzorura adsorbatutako konposatu organikoak modu jarraituan eta nahiko mantso igarotzen dira uretara.

Hori dela eta, sistema horiek lehenengo pauso gisa hartzea pentsatzen ari dira gaur egun. Alegia, sistema horien bidez, konposatu organikoen zati handiena ateratzen da lurzortik, eta, ondoren, konposatu horien desortzioa edo degradazioa bultzatzen duten prozesuak erabiltzen dira, osagarri gisa.

Instalazioan dagoen isuriaren muga –bolumena zein konposatu organikoen kontzentrazioa– da teknika horiek gehien mugatzen dituen faktorea. Izan ere, ezaugarri horien arabera, ateratako uraren tratamenduak asko garestitu ditzake deskontaminazio-lanak.

Sistema aldizka kontrolatu behar da: ponpaketa-sistemak mantentzeko lanak egin behar dira eta tratamendu-sistemak martxan jartzeko parametroak kontrolatu. Sistema hesi hidrauliko gisa erabiltzen bada, oso garrantzitsua da ponpak modu jarraituan funtzionatzen duela ziurtatzea, zeren, hala egiten ez badu, poluitzaileek migratzen jarraituko dute.

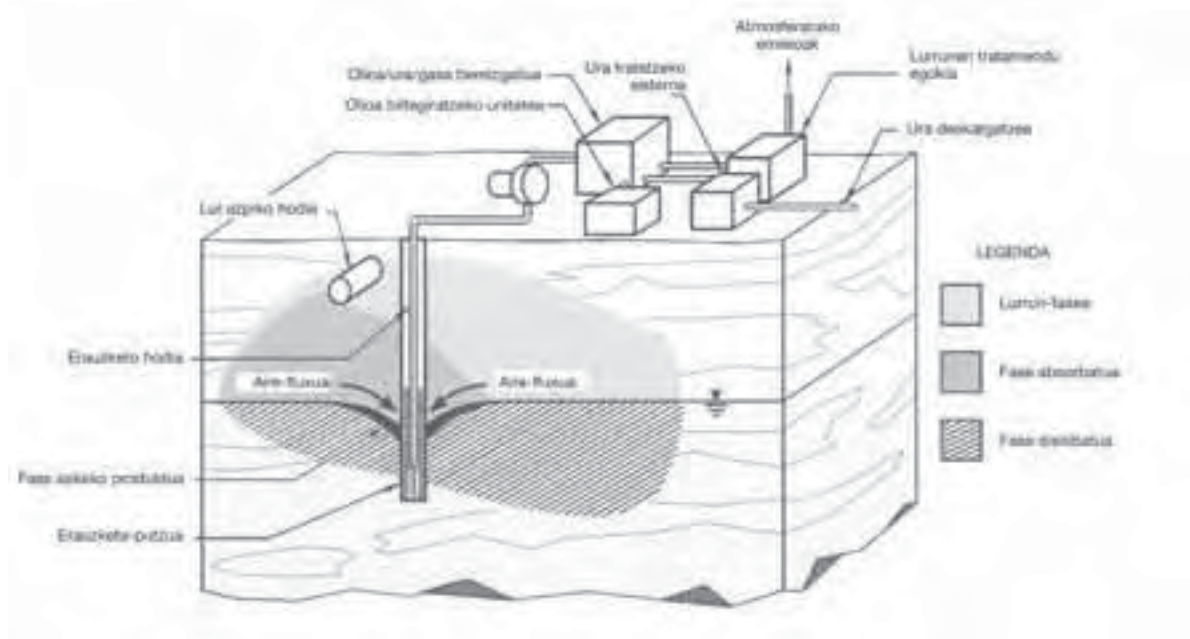
Bestalde, putzuak ondo eraiki behar dira ponpaketak jarraituak izan daitezen denbora luzean. Putzuak eraztun-itxurako hutsune egokia izan behar du, eta material iragazlea ondo aukeratu behar da, kokalekuko litologiaren arabera.

#### 6.2.4. Fase anitzeko erauzketa (*Bioslurping-a*)

##### Jarduera-printzipioa

Fase anitzeko erauzketa edo *bioslurping-a in situ* berreskuratze-teknologia da. Hutsune bat egiten da poluitzaileak dauden ingurunetik beste leku batera eramateko, poluitzaileen egoera fisikoa edozein dela ere (gasa edo likidoa). Teknika horren bidez, lurpeko uretan, fase askean eta lurpeko aire interstizialean dauden poluitzaileen kontzentrazioak murrizten dira. Erauzitako likido eta lurrak gainazalean tratatzen dira hainbat teknikaren bidez (ikatz aktibatuzko iragazkiak, tratamendu biologikoak, olio-bereizgailuak... ).

Hogeita bederatzigarren irudiak eskematikoki azaltzen du aipatutako teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (4. fitxa).



29. irudia: Bioslurping-aren eskema (Iturria: EPA)

## Aplikazio-eremua

*Bioslurping*-a sistema eraginkorra da, eta, batez ere, lur azpiko fase askea deuseztatzeko erabiltzen da. Gainera, zeharka, hidrokarburoen kontzentrazioak murrizten ditu eremu asean eta asegabean, lurrunak erauziz eta, lur azpian aire-fluxu bat sortzearen bidez, biorremediazioa estimulatuz.

Hauek dira bioslurping-aren teknologia aplikatzea baldintzatzen duten parametro nagusiak:

- **Lurzoruaren iragazkortasuna:** erauz daitezkeen lurpeko ur-emariei eta lurrunei eragiten die. Oro har, lurzoruaren berezko iragazkortasuna zenbat eta txikiagoa izan, orduan eta eraginkortasun gutxiago du bioslurping-ak. Baina, ponpaketaren eta tratamenduaren gisako teknikekin gertatzen ez den bezala, eraginkorra izan daiteke iragazkortasunaren parametroa  $10^{-9}$ - $10^{-11}$  cm<sup>2</sup> balioen barruan dagoenean.
- **Lurzoruaren heterogeneotasuna:** oso geruzatuak diren eta iragazkortasun-maila asko dituzten lurzoru heterogeneoetan, lurrunak gehiago mugitzen dira alboetara, eta horrek galarazi egiten du lurrun horiek tratatzea.

*Bioslurping*-ak arazoak sor ditzake maila freatikoa 9 metro baino sakonera handiagoan dagoen kokalekuetan. Horrelakoetan, putzuan bertan injektatu behar da airea erauzketa eraginkorra izateko.

*Bioslurping*-ak ur poluitua, fase askea eta lurrunak erauzten ditu, eta oxigeno askoko aire-zirkulazioa eragiten du lur azpian. Beraz, teknika hori asko erabiltzen da hidrokarburo eta disolbatzaile ez-kloratuak dauden kasuetan. Disolbatzaile kloratuak, ordea, dentsuagoak direnez, akuiferoaren sakonean geratzeko joera izaten dute, eta horrek erauzketa zailtzen du.

## Eraginkortasuna

Azken urteetan, lurpeko tangen ondorioz poluitutako kokalekuetan gehien erabili den tekniketako bat da. Gehienbat produktu askea berreskuratzeko erabiltzen da. Beraz, berrmatuta dago *bioslurping*-aren erabilgarritasuna. Dena den, beti geratzen da produktu aske gainjalkinaren geruza fin bat. Geruza hori 1 cm-koa izatera irits daiteke, eta, neurri horretatik aurrera, sistema ez da eraginkorra.

## Tratamendurako epeak

Kondizio ezin hobeetan, tratamendua 3 eta 12 hilabete artekoa izaten da. Baina, kasu askotan, denbora gehiago behar izan da (2 urte arte).

## Berezitasunak

*Bioslurping*-aren sistema asko zaindu behar da eta mantentze-lan handia eskatzen du. Izan ere, sistemaren xurgatze-puntua zundatutako uraren mailaren altuerara erregulatu behar da, erauzi nahi dena ura den edo produktu aske gainjalkina den kontuan hartuta. Uraren maila aldakorra izaten da erauzketa-prozesuaren beraren arabera, baina baita urtaroen edo mareen eraginaren arabera ere (instalazioa kostatik gertu badago).

Bestalde, energia elektriko asko kontsumitzen du, eta makinak mantentzeko lan handia egin behar da, oso konplexuak direlako eta fluido-mota berezi bat erabiltzen dutelako.

Esan bezala, *bioslurping*-aren bidez gasak ere erauzten dira. Beraz, kontuan hartu behar da aireztapen-sistemei buruz esandakoa, leherkotasuna kontrolatzeko.

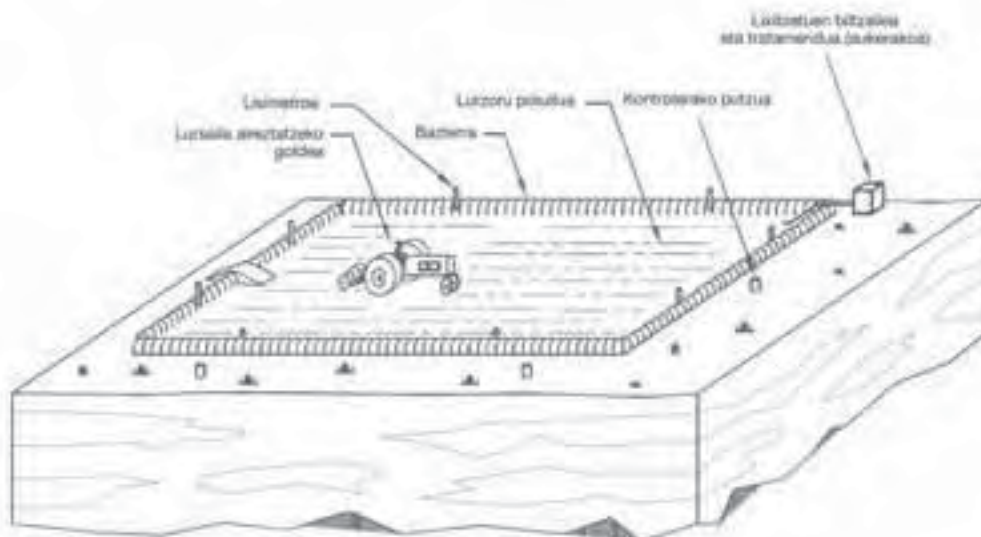
## 6.2.5. Landfarming-a

### Jarduera-printzipioa

Ex situ aplikatzen den teknika da, hau da, poluitutako lurzorua hondeatzea eskatzen du. Horren bidez, biodegradazioa bizkortzen da lurzoruan degradatzen diren konposatu organikoen kontzentrazioak murrizteko. Dena den, tratatu beharreko lurzoru poluitua 0,5 m baino sakonera txikiagoan badago, ez dago lurzorua hondeatu beharrik landfarming-a aplikatzeko.

Jarduera mikrobiologikoa bizkortzeko, lurzorua aireztatzen da, lurzorua landuz edo lurzoruari mantenugaiak eta hezetasuna gehituz; beharrezkoa bada, bakterio-populazioak eta entzimak ere gaineratzen dira konposatu organikoak degradatzeko.

Hogeita hamargarren irudiak eskematikoki azaltzen du aipatutako teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (5. fitxa).



30. irudia: Landfarming-aren eskema (Iturria: EPA)

## **Aplikazio-eremua**

Teknika horien bidez, lurpeko biltegitze-tangetan egoten diren eta petroliotik datozen ia hidrokarbu guztiak trata daitezke.

Hidrokarburorik arinenak eta lurrunkorrenak lurrunketa bidez deuseztatzen dira aireztatze-prozesuan, eta ez hainbeste biodegradazio bidez (beharrezkoa izaten da KOL emisioak biltzea eta araztea). Aitzitik, hidrokarbu erdi-astunak eta astunak biodegradazio bidez deuseztatzen dira lurrunketa bidez baino gehiago.

Beste teknologia biologiko batzuetan bezala, lurzoruko jarduera mikrobiologikoari, eta, beraz, tratamenduaren eraginkortasunari eragiten dioten hainbat ezaugarri kontrolatu behar dira: pHa (6 eta 8 artean), tenperatura (10 °C eta 45 °C artean), hezetasuna (% 40 eta % 85 artean), mantengaiak (C/N/P erlazioa 100/10/1 eta 100/1/0,5 artekoa) eta bakterio-populazioak (lurzoruko 1.000 CFU/g baino gehiago).

Bestalde, lurzoruaren egitura homogenea izan behar du, mikroorganismoen jarduerari laguntzen dion substratu bat duena. Lurzoruak ez badu egitura egokia, medeatzeko gaiak (zerrautsa, txirbila... ) gehitu behar zaizkio egitura hori hobetzeko. Askotan, lurzoru homogeneizatu egin ohi da landarfarming-erako edo biopiletarako ohandzeak sortu baino lehen.

*Landfarming*-ak espazio libre asko behar du, tratamendurako partzelek ez baitute 60 cm baino lodiera handiagoa izan behar. Lodiera hori da muga lurzoru landuz modu eraginkorren aireztatu ahal izateko.

Petrolioaren hidrokarbu osoen kontzentrazioak 50.000 ppm baino handiagoak badira edo metal astunen kontzentrazioak 2.500 ppm baino handiagoak badira, kondizio inhibitzaileak edo toxikoak sor daitezke bakterioak hazteko.

## **Eraginkortasuna**

Ezaugarri egokiak dituzten lurzoruaren teknologia horiek erabiltzen badira, hidrokarbu arinen % 99 murrizten da, hidrokarbu erdi-astunen % 95-97 eta frakzio astunenen % 80-90 arte. Dena den, zifra horiek gutxi gorabeherakoak dira; jarduera-epen eta lurzorian erabilitako gehigarrien eta medeatzeko gaien arabera aldatzen dira.

## **Tratamendurako epeak**

Kondizio ezin hobeetan, 3 eta 9 hilabete artean irauten du tratamenduak. Baina pisu molekular handiena duten konposatuek denbora gehiago behar izaten dute; batzuetan, urtebete baino gehiago.

## **Berezitasunak**

*Landfarming*-aren eraginkortasuna klimatologiaren menpe dago, zeren konposatu organikoak degradatzen dituen bakterio-populazioa garatzeko hezetasun eta tenperatura jakin batzuk behar dira. Klimatologia oso euritsua eta hotza denean, bakterioen jarduera inhibitu egiten da. Gainera, konposatu arinenen lurrunkortasuna murrizten da, eta kontuan hartu behar da hori ere faktore garrantzitsua izan daitekeela kaltea murrizteko.

Bestalde, une oro kontrolatu behar dira aireztapena, tenperatura, hezetasuna, mantenugai-kopurua, bakterio-populazioa... Izan ere, parametro horietakoren bat dagokion mailan ez badago, prozesua erabat gelditu daiteke.

Horrez gain, usainak sortu eta atmosferara emisioak egin daitezke, batez ere, lurzorua hondeatu eta mugitzen denean. Beraz, inpaktu hori murrizten duten neurriak ebaluatu behar dira. Azkenik, lurzoruan sortzen diren lixibiatuak –normalean, euriaren ondorioz– tratatzeko edo ateratzeko neurriak aurreikusi behar dira.

### **6.2.6. Biopilak**

#### **Jarduera-printzipioa**

*Landafarming*-a bezala, *ex situ* aplikatzen den teknika da, hau da, lurzorua tratatu aurretik hondeatu egin behar da. Biopilen bidez, lurzoruan degradatzen diren konposatu organikoen kontzentrazioak murrizteko biodegradazioa bizkortzeaz gain, konposaturik lurrunkorrenak erazten dira.

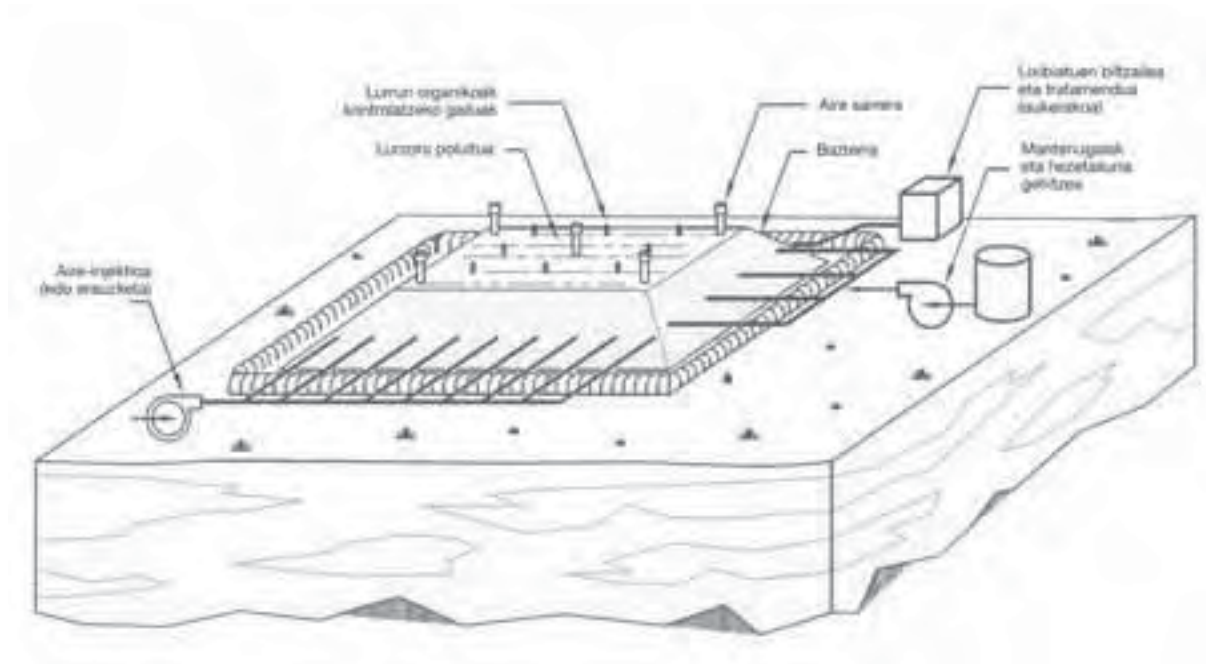
Hondeatutako lurzorua plastikoz estalitako eta behar bezala iragazgaiztutako lekuetan ezartzen da. Jarduera mikrobiologikoa bizkortzeko, aireztapen artifiziala erabiltzen da, airea injektatuz edo erauziz. Biopilen teknika erabiltzeko, beharrezkoa da, batetik, tratatu beharreko lurzorua egokitzea eta, bestetik, lurzoruari gehigarriak eta ura gaineratzea, hezetasunaren eta mantenugaien ratioak ezin hobeak izan daitezen.

Hogeita hamaikagarren irudiak eskematikoki azaltzen du aipatutako teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (6. fitxa).

#### **Aplikazio-eremua**

Teknika horien bidez, lurpeko biltegitratze-tangetan egoten diren petroliotik datozen ia hidrokarbuero guztiak trata daitezke.

Hidrokarburorik arinenak eta lurrunkorrenak lurrunketa bidez deuseztatzen dira aireztatze-prozesuan, eta ez hainbeste biodegradazio bidez (beharrezkoa izaten da KOL emisioak biltzea eta araztea). Aitzitik, hidrokarbuero erdi-astunak eta astunak biodegradazio bidez deuseztatzen dira lurrunketa bidez baino gehiago.



31. irudia: Biopila baten eskema (Iturria: EPA, 1995)

Osagai biologiko bat duten beste teknologia batzuetan bezala, lurzoruko jarduera mikrobiologikoari, eta, beraz, tratamenduaren eraginkortasunari eragiten dien hainbat ezaugarri kontrolatu behar dira (*landfarming*-a aplikatzeko behar diren ezaugarrien oso antzekoak dira): pHa (6 eta 8 artean), temperatura (10 eta 45 °C artean), hezetasuna (% 40 eta 85 artean), mantentzeak (C/N/P erlazioa 100/10/1 eta 100/1/0,5 artekoa) eta bakterio-populazioak (lurzoruko 1.000 CFU/g baino gehiago).

Petrolioaren hidrokarbuero osoen kontzentrazioak 50.000 ppm baino handiagoak badira edo metal astunen kontzentrazioak 2.500 ppm baino handiagoak badira, kondizio inhibitzaileak edo toxikoak sor daitezke bakterioak hazteko.

Biopilek *landfarming*-ak baino espazio gutxiago behar dute, tratatu beharreko materiala 1,5 eta 2 m arteko lodieran batu baitaitezke.

### Eraginkortasuna

Poluitzaileak zenbat eta lurrunkorragoak izan, are eraginkorragoa da biopilen teknika. Ezaugarri egokiak dituzten eta behar bezala egokituta dauden lurzoruetan teknologia horiek erabiltzen badira, hidrokarbuero arinenen % 95-97 arte murrizten da eta frakzio astunen % 80-90 arte.



## **Tratamendurako epeak**

Kondizio ezin hobeetan, 3 eta 9 hilabete artean irauten du tratamenduak. Baina pisu molekular handiena duten konposatuek denbora gehiago behar izaten dute; batzuetan, urtebete baino gehiago. Dena den, oro har, landfarming-ean baino denbora gutxiago behar izaten da.

## **Berezitasunak**

Lurzoruak jalkitzea eta tratamendurako partzelak eraikitzea landafarming-aren kasuan baino konplexuagoa da. Partzela horien neurria eskura dauden makina-moten arabera izango da.

Biopilen teknikaren arazo nagusia da fluxuak bide nagusi batzuk har ditzakeela, eta, ondorioz, ez dela tratatzen lurzoruaren zati bat.

Bestalde, partzeletan aldizka laginketak egitea ere konplexua izan daiteke. Hori dela eta, aldizkako kontrolak egiten direnean, batez ere, partzeletatik erauzitako KOLak neurtzen dira.

Kasu batzuetan, biopiletan mantenugaiak, ura... gaineratzeko sistemak instalatu behar izaten dira.

## **6.2.7. Konpostajea**

### **Jarduera-printzipioa**

*Ex situ* aplikatzen den teknika da, hau da, lurzoru tratatu aurretik hondeatu egin behar da. Konpostajea prozesu biologiko bat da, mikroorganismoen bidez konposatu organikoen degradazioa bizkortzen duena. Erreakzio aerobioak edo anaerobioak sor ditzake: erreakzio aerobioen kasuan, tenperatura igotzen da sortzen diren erreakzioen izaeraren ondorioz. Trataturako lurzoru materia organikoarekin nahasten da, eta, lurzoruaren ezaugarriak hobetzeaz gain, karbono-nitrogeno oreka egokia sortzen da. Aldian behin, bildutako lurzoruari eragiten zaio tratamendua homogeneizatzeko. VI. eranskinean dago deskontaminazio-teknologia horri dagokion fitxa teknikoa (5. fitxa).

### **Aplikazio-eremua**

Konpostajearen bidez, lurpeko biltegitratze-tangetan egoten diren petroliotik datozen ia hidrokarburo guztiak trata daitezke. Konposatu astunentzat oso egokia da, gehienak degradatu egiten baitira. Halaber, oso teknika eraginkorra da hidrokarburo poliaromatikoentzat.

Konpostajerako, pilak egiteko espazioa behar da, degradazioa bultzatzeko gehitzen diren osagaien ondorioz, asko hazten baita tratatu beharreko materiala.

Osagai biologiko bat duten beste teknologia batzuetan bezala, lurzoruko jarduera mikrobiologikoari, eta, beraz, tratamenduaren eraginkortasunari eragiten dien hainbat ezaugarri

kontrolatu behar dira (*landafarming*-a aplikatzeko behar diren ezaugarrien oso antzekoak dira): pHa (6 eta 8 artean), temperatura (10 °C eta 45 °C artean), hezetasuna (% 40 eta % 85 artean), mantenugaiak (C/N/P erlazioa 100/10/1 eta 100/1/0,5 artekoa) eta bakterio-populazioak (lurzoruko 1.000 CFU/g baino gehiago).

Petrolioaren hidrokarburo osoen kontzentrazioak 50.000 ppm baino handiagoak badira edo metal astunen kontzentrazioak 2.500 ppm baino handiagoak badira, kondizio inhibitzaileak edo toxikoak sor daitezke bakterioak hazteko.

### **Eraginkortasuna**

Konpostajea nahiko eraginkorra da hidrokarburo astunak tratatzeko.

### **Tratamendurako epeak**

Kondizio ezin hobeetan, 3 eta 9 hilabete artean irauten du tratamenduak. Baina pisu molekular handiena duten konposatuek denbora gehiago behar izaten dute; batzuetan, urtebete baino gehiago.

### **Berezitasunak**

Aldian behin, lurzoruari eragin behar zaio lurzoru guztiko temperatura eta degradazioa homogeneousak direla ziurtatzeko. Lurzoruari eragiten zaion bakoitzean, usainak sor daitezke.

Tratatutako lurzoru materia organiko askorekin nahastuta dagoenez, erabiltzeko propietateak gal ditzake.

## **6.2.8. Desortzio termikoa**

### **Jarduera-printzipioa**

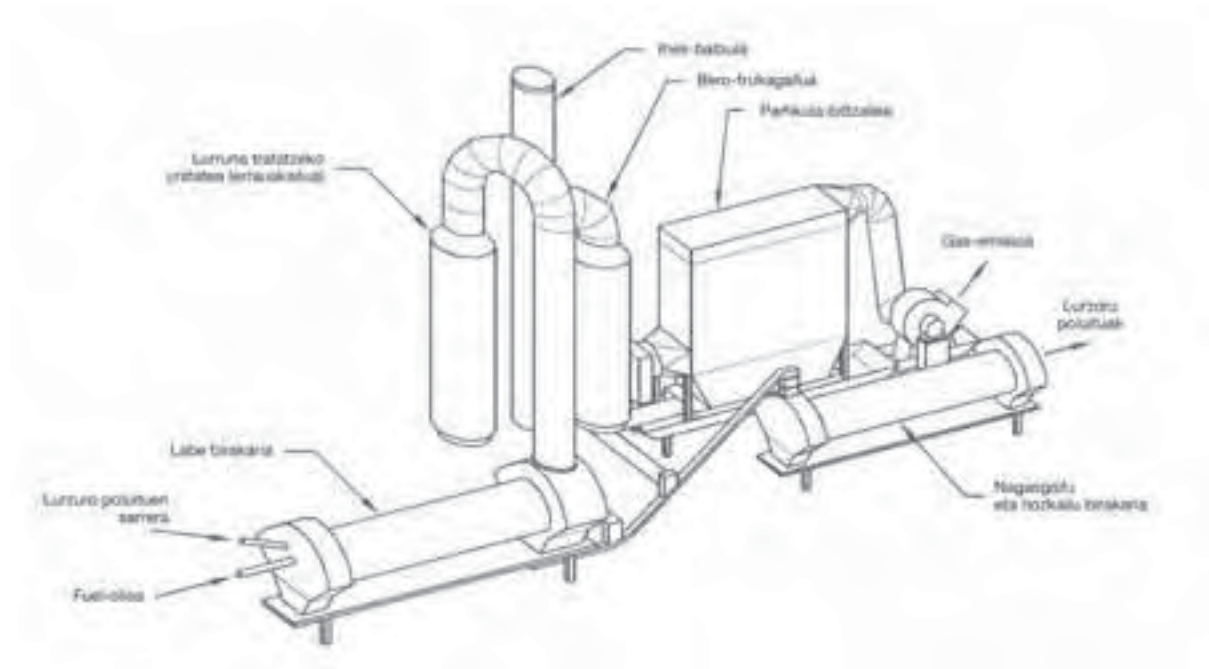
*Ex situ* berreskuratze-teknologia da. Oxigeno gutxiko lekuetan, lurzoru berotzen da, eta lurzoru horretan dauden konposatu organikoen desortzioa eta lurruntzea gertatzen da. Konposatu organiko horiek gas-korrante batera igarotzen dira, eta korrante hori araztu egiten da atmosferara igaro baino lehen.

Lurzoru labe batean berotzen da. Labeko temperaturaren arabera, bi desortzio termiko mota bereizten dira:

- Temperatura altuko desortzio termikoa (320 °C-tik 600 °C-ra arteko mailak).
- Temperatura baxuko desortzio termikoa (90 °C-tik 320 °C-ra arteko mailak).

Desortzio termikoa aplikatu baino lehen, lurzorua tratatu behar da (bahetu, plastikozko noduluak birrindu eta homogeneizatu).

Hogeita hamabigarren irudiak eskematikoki azaltzen du aipatutako teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (7. fitxa).



32. irudia: Desortzio termikoko instalazio baten eskema (Iturria: EPA, 1995)

### Aplikazio-eremua

Desortzio termikoa eraginkorra da poluitzaile organiko asko daudenean. Temperatura baxuko desortzio termikoa egokiagoa da petroliotik datozen hidrokarburoen frakzio arin eta ertaintarako (2. fuel-oliora arte, gutxi gorabehera) eta KOL ez-halogenatuetarako. Konposatu organiko erdi-lurrunkorretarako ere erabili izan da, hain eraginkorra ez bada ere. Temperatura altua, berriz, egokiagoa da petroliotik datozen hidrokarburoen frakzio astunetarako, konposatu organiko erdi-lurrunkorretarako eta hidrokarbuo polizikliko aromatikoetarako.

Desortzio termikoa aplikatzeko lurzorurik egokienak nahiko buztin gutxikoak (% 30 arte gutxi gorabehera) eta humus gutxikoak (% 2 arte gutxi gorabehera) dira. Horrelako substantzia asko dituzten lurzoruek partikulak metatzea errazten dute, eta denbora gehiago behar dute desortziorako. Nolanahi ere, tratatuko diren poluitzaileen kontzentrazioak pisutan % 2-3 baino handiagoak ez izatea gomendatzen da, labean nahi gabeko erreakzio espontaneorik gerta ez dadin. Bestalde, lurzoruaren hezetasuna % 20koa baino txikiagoa bada, ez da arazorik sortzen. Hezetasuna % 30ekoa baino handiagoa ez izatea gomendatzen da, tratamendua garestiegi bihur ez dadin.

Tratatu beharreko lurzoruan metal astunak (batez ere, lurrunkorrenak direnak) eta disolbatzaile kloratuak badaude, arazoak sortzen dira, kasu horietan, gasak arazteko sistema sofistikuagoak

behar baitira. Kloruroen eta sulfuroen presentziak metal batzuen lurrunkortasuna bultza dezake (adibidez, beruna).

### **Eraginkortasuna**

Lurzoruaren eta tratamenduaren ezaugarriak onak direnean, poluitzaile organikoek % 99 baino gehiago deusezta daitezke. Normalean, % 95 baino errendimendu hobea lortzen da.

Hornitzaile batzuek hondar-kontzentrazio hauek bermatzen dituzte ohiko poluitzaileen kasuan: petroliotik datozen hidrokarburoak (olio mineralak) < 20 ppm; hidrokarburo polizikliko aromatikoak < 1 ppm; BTEX < 0,1 ppm.

### **Tratamendurako epeak**

Desortzio termiko bidezko tratamendua oso epe laburrean egiten da. Dena den, lurzoruaren bolumenaren baitan dago tratamenduak iraungo duen denbora. Gaur egungo sistema komertzial gehienek 25 t/h baino tratamendu-gaitasun handiagoa dute.

### **Berezitasunak**

Desortzio termikoaren gisako tratamenduak errentagarriak dira lurzoruaren bolumena handia denean. Izan ere, desortziorako eta irteera-gasak arazteko ekipamenduak oso garestiak dira. Dena den, kasuz kasu kalkulatu behar da bolumen hori.

Desortzioa amaitu ondoren, lurzorua hoztu, hezatu eta, kasu batzuetan, egonkortu egin behar da, berriz erabili baino lehen.

## **6.3 EUSTE-TEKNOLOGIAK**

### **6.3.1. Hesi hidraulikoak**

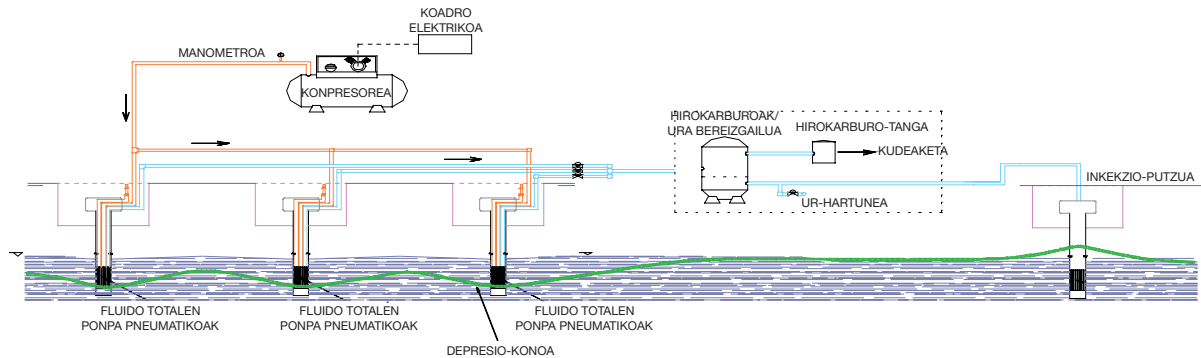
#### **Jarduera-printzipioa**

Hesi hidraulikoak kokaleku bateko poluitzaileen migrazioa galarazteko erabiltzen dira. Gehienbat drainak eta putzuak eraikitzen dira hesi hidrauliko gisa. Berez, uraren ponpaketa- eta tratamendu-sistemaren aldaera dira. Hesi hidraulikoak erabiltzen dira arrazoi logistikoengatik poluzioaren gunean jardun ezin daitekeenean, eta, ondorioz, tratamenduaren helburua denean poluzioa kokalekutik kanpora ez irtetea.

Sistema hori aplikatzeko xehe mehe ezagutu behar dira kokalekuaren ezaugarri hidrogeologikoak; batetik, helburuak beteko direla ziurtatzeko eta, bestetik, hasieran zegoen kaltea ez handitzeko.

Beraz, uraren ponpaketa eta tratamenduari buruzko atalean azaldutakoaren antzeko sistema erabiltzen da drainak eta erauzketa-putzuak instalatzeko.

Hogeita hamahirugarren irudiak eskematikoki azaltzen du hesi hidraulikoen teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (8. fitxa).



33. irudia: Hesi hidrauliko baten eskema (Iturria: URS Espainia)

### Aplikazio-eremua

Zuzenenean poluzioaren gunean jardun ezin daitekeenean eta poluitzaileak kokalekutik ateratzea galarazi nahi denean erabiltzen dira hesi hidraulikoak.

Mantentze-lan handia eskatzen duen teknika da, eta, ondorioz, garestia. Izan ere, hesi hidraulikoak une batean martxan ez badaude –partzialki bada ere– ezin da ziurtatu dagokien helburua betetzen dutenik, poluitzaileak kokalekutik kanpora atera baitaitezke.

Bestalde, hesi hidraulikoek ur asko isurtzen dute, eta gelditu gabe, tratamenduak irauten duen denbora guztian. Hori dela eta, normalean, ura berriz injektatzen da poluziogunetik gora dauden uretan; hala, oreka hidraulikoa berrezartzen da eta kaltetutako gunetik kanpo dagoen ur garbia ez da poluitzen.

### Eraginkortasuna

Hesi hidraulikoak eraginkorrak izango dira kokalekutik poluzioa irteten ez bada. Ingurunearen ezaugarri hidrogeologikoen, hesiaren diseinuaren eta etengabeko mantentze-lanen baitan dago, batez ere, helburu hori betetzea.

Bestalde, hauek dira hesi hidraulikoen kostu nagusiak: batetik, putzuak eta ponpaketa-ekipamenduak instalatzea eta, bestetik, horiek mantentzea (uraren eta isuriaren tratamendua, ponpaketa-sistema elikatze behar den energia...).

## Berezitasunak

Ponpaketa eta tratamenduari buruz egindako ohar berberak egin behar ditugu hemen ere. Besteak beste, funtsezkoa da ziurtatzea hesi hidraulikoak etengabe funtzionatzen duela, eta ez dela gelditzen. Horrela egiten ez bada, eta sistema gelditu egiten bada, eraginkortasuna galtzen du, poluitzaileek hesia igaro baitezakete.

Sistema martxan jarri aurretik, ingurunea ondo karakterizatu behar da eta oso ondo ezagutu behar dira haren ezaugarri hidrodinamikoak, sistema denbora luzez martxan egoteak lur azpiaren funtzionamenduan nola eragin dezakeen aurreikusteko.

Halaber, hesiaren eraginpean dagoen eremua denbora luzez asegabetearen ondorioz asentuetan ager daitezkeen arazoak ebaluatu behar dira.

Bestalde, hesi hidraulikoak ez dira berreskuratze-sistema, eta, beraz, martxan egon behar dute poluzioguneak deuseztatzeko lanak egin arte eta hesi hidraulikora poluitzailerik ez dela iristen ziurtatu arte. Beraz, sistema horiek ez dute bukaera-epe jakinik.

Gerta daiteke ateratako ura isuri aurretik tratatu behar izatea. Hori ere ebaluatu egin behar da jardueraren guztizko kostua kalkulatzeko.

### 6.3.2. Euste-pantailak

#### Jarduera-printzipioa

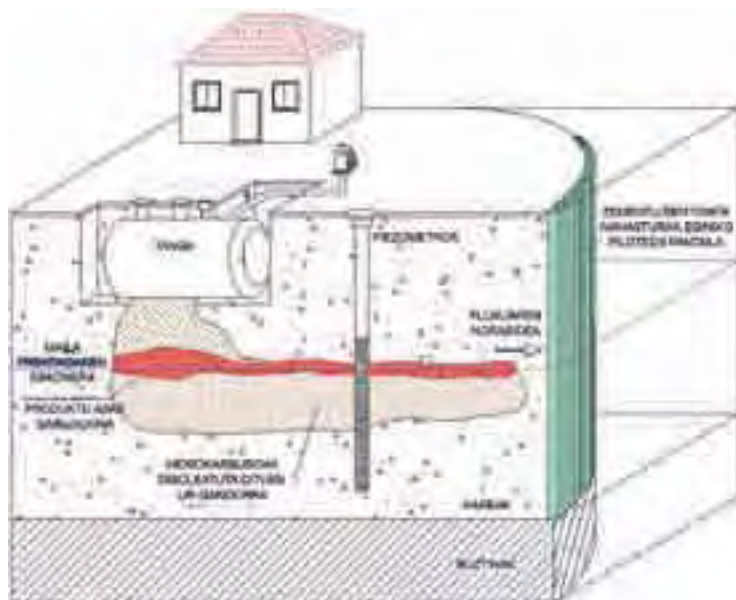
Poluitutako lurzorua edo lurpeko urak modu bertikalean ixteko erabiltzen diren tresna fisiko pasiboak dira euste-pantailak. Batzuetan, beste teknologia batzuk osatzeko erabiltzen dira (gehienetan, ura ponpatzeko sistemak).

Sistema hauek erabiltzen dira gehienbat:

- *Pantaila-horma*: lurzoruan zanga sakon bat hondeatzen da, aurreikusitako lerrokaduran, eta, ondoren, pantaila-horma egiteko materialarekin betetzen da. Hainbat material-mota erabil daitezke: gehienetan, zementuaren eta bentonitaren arteko nahastura bat erabiltzen da (gehigarriekin edo gabe) edo, bestela, hormigoia (masan edo armatua). Batzuetan, material horiek osatzeko, lamina sintetikoak jartzen dira.
- *Zementu-bentonita injekzioa*: aurreikusitako lerrokadurari jarraituz, hainbat zundaketa egiten dira nahi den sakoneraraino, eta presioan injektatutako zementuzko edo zementu-bentonitazko kare-esnearekin betetzen dira. Hala, pilote-talde bat osatzen da. Ondoren, beste kare-esne injekzio bat egin behar da piloteen arteko lurzoruan, lurpeko pantaila jarrai bat sortu arte.
- *Ohol-horma metalikoa*: U edo Z formako ebakidura duten altzairuzko profilen segida batek osatzen du. Profil horiek lurzoruan sartzen dira bertikalki, aurreikusitako lerrokaduran, eta elkarren ondoan daudenak lotu egiten dira beren ertzak baliatuz. Ondoren, elkarren ondoan dauden bi ertzen arteko hutsunea bete behar da, eta, horretarako, zementu-bentonitazko

kare-esnea injekta daiteke edo poliuretanozko zigilatze-kordoiak erabil daitezke. Ohol-horma oinarri iragazgaitz batean ainguratu behar da (naturala edo zigilatze sakon bidez sortutakoa).

Hogeita hamalagarren irudiak eskematikoki azaltzen du euste-pantailen teknika. Bestalde, VI. eranskinean dago teknika horri dagokion fitxa teknikoa (9. fitxa).



34. irudia: Euste-pantaila baten eskema

### Aplikazio-eremua

Euste-pantailak egokiak dira lurzoru pikortsuetarako, baina pikor lodi asko badaude (boloak, legarrak) hondeatzeko arazoak sor daitezke. Hondeaketaren sakonera erabiltzen den makineriaren menpe dago, hein handi batean, eta 100 metro baino gehiago ere irits daiteke. Euste-teknologiak funtzionatuko duela bermatzeko, berriz, oso kontuan hartu behar dira, batetik, materialen konposizioa (zementu-bentonita nahastura, gehigarriak) eta, bestetik, exekuzioaren kalitatea. Alde horretatik, funtsezkoa da sakonerako konposizioa kontrolatzea. Euste-pantailak edozein poluitzaile-motarekin erabil daitezkeen arren, kontuan hartu behar dira kasu bakoitzeko poluitzaileak zementu-bentonita nahasturaren konposizioa erabakitzeke. Izan ere, konposatu organikoek nahastura horri kalte egin diezaioke, eta, horrelakoetan, gehigarriak erabili behar dira hesien ezaugarriak aldatzeko.

Injekzioak lurzoru pikortsuetan bakarrik aplikatu behar dira. Bestalde, euste-pantailak eraikitzeak gertu dauden eraikinen zimenduei eragin diezaiekeenez, pantailaren sakonera 3 metro baino gehiagokoa bada, teknika hori ez erabiltzea gomendatzen da eraikinetatik 5 metro baino gutxiagora. Piloteen sakonera zenbat eta handiagoa izan, orduan eta txikiagoa da eusteko bermea (lerro bertikala desbideratzea, hausturak, piloteen arteko injekzioaren eraginkortasunari buruzko zalantzak...). Eusteko egitura iraunkorretan, kontuan hartu behar da lurzoruko edo uretako poluitzaileek kalte egin diezaieketela pantailak osatzen dituzten materialei.

Poluitutako lurzorua ixteko ohol-horma metalikoa erabiltzen bada, gehienez, 30 metroko sakonerara irits daiteke. Dena den, datu hori desberdina da lurzoru-motaren arabera (adibidez, lurzoru hareatsu lodietan 20 metroko sakonera ez gainditzea gomendatzen da). Ohol-hormak lurzorian sartu edo bultzatu behar direnez, teknika hori ezin da erabili oso trinkoak ez diren lurzoru pikortsuetan. Lurperatutako objektuak egoteak ohol-hormak jartzea zail dezake. Bestalde, gertuko eraikinei kalte egin dakieke ohol-hormak jartzean sortutako bibrazioen ondorioz. Hori dela eta, ohol-hormaren lerrokadura gertuen dauden eraikinetatik 5 eta 25 metro arteko distantziara jartzea gomendatzen da.

### **Eraginkortasuna**

Eusteko teknikak direnez, ez dituzte poluitzaileen kontzentrazioak murrizten.

Neurri handi batean, lurzoru-motaren eta hormaren sakoneraren baitan dago euste-pantailen errendimendua. Halaber, kontuan hartu behar da horma osatzen duten materialek fraguatzeko behar duten denbora; dosifikazioen eta gehigarrien arabera, astebete edo hilabete beharko da.

Ohol-horma metalikoen kasuan, faktore hauek eragin handia dute mekanismoaren eraginkortasunean: sakonera, kokalekuko espazioak mekanismoari jartzen dizkion mugak eta, batez ere, lurzoru-mota. Material onak erabiltzen badira eta mekanismoa arretaz exekutatzen bada, ohol-horma metaliko batek 50 urteko bizitza baliagarria izan dezake, ingurumen-kondizio normaletan. Alde horretatik, guztiz funtsezkoa da altzairuak herdoiltzeko duen arriskua, mekanismoak lurpeko urekin edo lurzoruko edo uretako poluitzaileekin duen kontaktuaren ondorioz. Salbuespenezko kondiziorik ez badago (oso ingurune korrosiboak edo oso poluitzaile agresiboak), nahikoak dira fabrikari metalezko ohol-hormei jartzen zaizkien babesak (estaldurak edo babes katodikoa) ohol-hormek bizitza erabilgarri luzea izateko. Dena den, beharrezkoa irudituz gero, ohol-hormak babesteko tratamendu bereziak erabili daitezke (adibidez, poliuretanozko geruza batekin estaltzea).

### **Berezitasunak**

Hesi fisikoak lurpeko fluxuan zer eragin izan dezakeen ebaluatu behar da. Hesiak ez du lurpeko uraren jarioa gelditzen, baizik eta beste leku batzuetara bideratzen du.

Bestalde, gerta daiteke hesi fisikoak eraikitzeke espazio gutxi egotea, alegia, lurpeko azpiegiturak egon daitezke itxi gabeko eremuak uztera behartzen dutenak, eraikinei edo hormei kalte egiten dietenak...

Kontrol-neurri gisa, hesi fisikoaren eraginkortasuna ebaluatzeko monitorizazio-sistemak erabili behar dira. Bestalde, askotan ponpaketa-sistemak erabili behar izaten dira hesiak osatzeko. Sistema horiek erabiltzeko, gogoratu hesi hidraulikoei buruzko atalean esandakoak.



## 6.4 BESTELAKO TEKNOLOGIAK

Atal honetan, “*indargabetze natural monitorizatua*” deitutako irtenbidea azalduko dugu, aurreko atalean deskribatutakoetatik bereizita. Teknologia horren bidez, lurzoruan edo lurpeko uretan dauden poluitzaileen kontzentrazioak murrizten dira, baina esku-hartze antropiko nabarmenik gabe. Hori dela eta, teknologikoa ez den irtenbidetzat har daiteke, baina, hala ere, irtenbide interesgarria da gida honetan aztertzen ari garen kokalekuetako poluzio-kasu batzuk konpontzeko.

### 6.4.1. Indargabetze natural monitorizatua

#### Jarduera-printzipioa

Indargabetze naturala esaten zaio poluzio-gandor batek ingurunean egiten duen migrazioan zehar poluzio-kontzentrazioak murrizteari. Lurpean gertatzen diren prozesu natural batzuk elkartzen direnean gertatzen da murrizketa hori (diluzioa, lurrunketa, biodegradazioa, adsortzioa eta transformazio kimikoa), eta, batzuetan, maila onargarrietara murrizten dira poluzio-kontzentrazioak.

Oro har, petroliotik datozen hidrokarburoen kasuan, biodegradazioa da indargabetze-mekanismo naturalik garrantzitsuen, hori baita hidrokarburo-kontzentrazioak gehien murrizten dituen prozesua.

Mekanismo hori erabiltzen bada, batetik, degradazio-tasen eta -bideen ereduak eta ebaluazioak egin behar dira eta, bestetik, poluitutako gunetik behera dauden uretako hartzaile-puntuetan nolako poluitzaile-kontzentrazioak egongo diren aurreikusi behar da, batez ere, poluzio-lumak oraindik migratzen jarraitzen badu. Kokalekuari buruzko eredu bidez, besteak beste frogatu nahi da degradazio naturalaren prozesuek poluitzaile-kontzentrazioak murriztuko dituztela arrisku-maila estandarretatik behera. Horretarako, prozesu guztian, epe luzeko laginketak egin behar dira aldizka, degradazio-tasak helburuak betetzeko behar bezain altuak direla egiaztatzeko.

Bestalde, irtenbide-mota hori erabiltzen denean, kontingentzia-plana egitea ere garrantzitsua da. Plan horren bidez, zer jarduera martxan jarri erabakitzen da, indargabetze natural monitorizatua eraginkorra gertatzen ez bada edo onargarriak ez diren ingurumen-arriskuak detektatzen badira.

VI. eranskinean dago indargabetze natural monitorizatuari dagokion fitxa teknikoa (10. fitxa).

#### Ámbito de Aplikazioa

Indargabetze natural monitorizatuaren bidez, poluitzaile hauek trata daitezke: batetik, konposatu lurrunkorrak eta erdi-lurrunkor ez-halogenatuak eta, bestetik, petroliotik datozen hidrokarburoak. Azken horiek, oro har, biodegradagarriak dira –pisu molekularra edozein dela ere–, baldin eta lurzoruan dauden mikroorganismoek mantenuaiz eta elektroihartzailez ondo

hornituta badaude eta, substantzia toxikoen ondorioz, horien jarduera biologikoa inhibitzen ez bada.

Hidrokarburo astunak ez dira hain lurrunkorrak eta disolbagarriak, eta batez ere biodegradazioaren bidez deuseztatzen dira, lurrunduta baino gehiago. Hidrokarburo arinak, berriz, mantsoago biodegradatzen dira.

Konposatu lurrunkor eta erdi-lurrunkor halogenatuak ere modu naturalean indargabetu daitezke. Baina prozesua mantsoagoa izaten da, eta poluitzaile jakin batzuetan bakarrik nabaritzen dira emaitzak. Kasu horietan, modu egokian kontrolatu behar da degradazio-prozesua, bukaerako konposatu batzuk toxikoagoak izaten baitira hasierakoak baino. Adibidez, trikloroetilenoa eta perkloroetilenoa degradatzen direnean, binil kloruroa sortzen dute, askoz ere konposatu toxikoagoa eta iraunkorragoa (ikus 4.5. atala).

Indargabetze naturala ez da erabili behar kasu hauetan:

La atenuación natural no debe utilizarse cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Kokalekuaren inguruan poluitzaileen eragina jasan dezaketen hartzaileak daudenean, baldin eta poluitzaile horiek, mekanismo naturalen bidez degradatu aurretik, kontzentrazio arriskutsuetara irits badaitezke.
- Poluitzaileak degradatu aurretik, migrazioaren ondorioz, espazio zabal batean sakabanatzeko arriskua dagoenean. Lurzoru oso iragazkorretan edo zartatuetan gerta daiteke hori. Bestalde, 10-6 m/s baino eroankortasun hidrauliko altuagoa duten lurzoruetan indargabetze naturala bakarrik ez erabiltzea gomendatzen da.
- Lur azpian poluziogune aktiboak daudenean (adibidez, fase askeko produktua).

Kasu horietako gehienetan, indargabetze naturalak berreskuratze-sistema aktiboak osatzeko balio du. Dena den, posible da indargabetze naturala berreskuratze-neurri bakar gisa erabiltzea, baina soilik hasieran ebaluatutako arriskuak onargarriak badira eta lehen deskribatutako ezaugarriak betetzen badira.

Indargabetze naturalak abantaila hauek ditu beste teknikekin alderatuta:

- Hondakin gutxi sortzen dira.
- Intrusio txikia sortzen du, gainazaleko egitura gutxiago behar baititu.
- Kokalekuaren edozein lekutan aplikatu daiteke. Kokalekuaren ezaugarrien eta berreskuratze-helburuen arabera aukeratu da zer lekutan aplikatuko den.
- Beste neurri batzuekin batera erabili daiteke.

## **Eraginkortasuna**

Biodegradazio naturala bermatzeko behar diren parametro guztiek maila egokia dutela egiaztatu arren, indargabetze naturalaren programa ezarri aurretik, beste faktore batzuk ere hartu behar dira kontuan beti. Adibidez, kokalekutik gertu hartzaile sentikorrik dagoen begiratu behar da; hala bada, ezinezkoa izan daiteke teknika hori bakarrik erabiltzea.

## **Tratamendurako epeak**

Indargabetze naturalak beste metodo aktibo batzuk baino askoz ere denbora gehiago behar du hondar-kontzentrazio berak lortzeko, eta, are gehiago, poluitzaileak hidrokarburo astunak badira. Hala, indargabetze naturalaren jarduera-planak hainbat urte iraun dezake.

### **6.4.2. Biorremediazio estimulatua**

#### **Jarduera-printzipioa**

Indargabetze natural monitorizatuaren oso antzekoa da. Biorremediazio estimulatuaren kasuan, lur-azpiari hainbat gehigarri botatzen zaizkio poluitzaileen kontzentrazioak murrizten dituzten prozesu naturalak bultzatzeko eta bizkortzeko.

Gehigarri gisa, oxidatzaileak –lur azpian kondizio aerobioak sortzen dituzte–, entzimak, bakterio-populazioak, mantenugaiak... erabiltzen dira. Horien bidez, teknika ebaluatzean detektatutako gabeziak osatzen dira, eta prozesu naturalak bizkortu.

Gehigarrien injekzioak modu jarraituan edo aldian behin (hilean behin, hiru hilean behin...) egin daitezke.

Ebaluazioa egiteko betebeharrak indargabetze natural monitorizatuan aipatutakoen antzekoak dira: batetik, degradazio-tasen eta -bideen ereduak eta ebaluazioak egin behar dira eta, bestetik, poluitutako gunetik behera dauden uretako hartzaile-puntuetan nolako poluitzaile-kontzentrazioak egongo diren aurreikusi behar da, batez ere poluzioguneak oraindik migratzen jarraitzen badu.

Bestalde, proiektuak irauten duen bitartean, segimendua egin behar zaie kontrol-parametroei (mantenugaiak, elektroio-hartzaileak, mikroorganismo-koloniak...), parametro horiek dagokien mailan dauden jakiteko edo, bestela, agortzen doazen heinean, aldian behin elementu horiek gehitzeko programa bat ezarri behar ote den jakiteko.

VI. eranskinean dago biorremediazio estimulatuari dagokion fitxa teknikoa (10. fitxa).

#### **Aplikazio-eremua**

Biorremediazio estimulatuaren bidez, poluitzaile hauek trata daitezke: batetik, konposatu lurrunkorrek eta erdi-lurrunkor ez-halogenatuak eta, bestetik, petroliotik datozen hidrokarburoak. Azken horiek, oro har, biodegradagarriak dira –pisu molekularra edozein dela ere–, baldin eta

lurzoruan dauden mikroorganismoek mantenugaiz ondo hornituta badaude eta, substantzia toxikoen ondorioz, horien jarduera biologikoa inhibitzen ez bada.

Konposatu lurrunkor eta erdi-lurrunkor halogenatuak ere modu naturalean indargabetu daitezke. Baina prozesua mantsoagoa izaten da, eta poluitzaile jakin batzuetan bakarrik nabaritzen dira emaitzak. Kasu horietan, modu egokian kontrolatu behar da degradazio-prozesua, bukaerako konposatu batzuk toxikoagoak izaten baitira hasierakoak baino.

Biorremediazio estimulatua ez da erabili behar kasu hauetan:

- Kokalekuaren inguruan poluitzaileen eragina jasan dezaketen hartzaileak daudenean, baldin eta poluitzaile horiek, mekanismo naturalen bidez degradatu aurretik, hartzaile horiei kalte egin badiezaiekete.
- Poluitzaileak degradatu aurretik, migrazioaren ondorioz, espazio zabal batean sakabanatzeko arriskua dagoenean. Lurzoru oso iragazkorretan edo zartatuetan gerta daiteke hori.  $10^{-6}$  m/s baino eroankortasun hidrauliko handiagoa duten lurzoruetan biorremediazio estimulatua bakarrik ez erabiltzea gomendatzen da.
- Lur azpian poluziogune aktiboak daudenean.

Kasu gehienetan, biorremediazio estimulatua berreskuratze-sistema aktiboak osatzeko erabiltzen da, batez ere azken etapan.

### **Eraginkortasuna**

Biodegradazio naturala bermatzeko behar diren parametro guztiek maila egokia dutela egiaztatu ondoren, xehe mehe ebaluatu behar da kasu bakoitza, irtenbide hori bideragarria eta eraginkorra den zehazteko.

### **Tratamendurako epeak**

Biorremediazio estimulatuak indargabetze natural monitorizatuak baino askoz ere denbora gutxiago behar du. Hala ere, epe luzeak izaten dira; urtebetetik gorakoak, gehienetan.

## **6.5 TEKNOLOGIEN EBALUAZIO KONPARATUA**

Hamabigarren taulan, laburtuta ageri dira deskribatutako teknologien ezaugarririk garrantzitsuenak. Nolanahi ere, kapitulu honetan esandakoa alde batera utzita, aplikatu beharreko saneamendu-teknikari buruzko azken erabakia hartzeko, kasuz kasu egindako ebaluazio xehatuan, *experto* irizpidean eta bildutako esperientzian oinarritu behar da.

TEKNIKA	JARDUERA-PRINTZIPIOA	INGURUNEA	APLIKAZIO NAGUSIA	MUGA NAGUSIAK	ERAGINKORT.	BEREZITASUNAK
<b>Lurzoruko aire-eranzketa / bioaireztapena</b>	Hutsune baten bidez lurrunak eraztzea eremu asegabean / Aire-fluxuari esker, jarduera biologikoa haztea	Lurzoria	KOLak, eta KOELak / Komposatu organiko biodegradagarriak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lurrunkortasun gutxiko komposatuak</li> <li>- Iragazkortasun gutxiko lurzorua edo lurzoru geruzatuak</li> <li>- Hezetasun handia</li> <li>- Sakonera txikiko maila freatikoa</li> </ul>	%95 kondizio ezin hobetan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irteera-gasak lehertzeko arriskua dago</li> <li>- Manteitze-lan txikia behar du</li> <li>- Sistemek elektrizitate asko kontsumitzen dute eta zarata handia aterata</li> </ul>
<b>Aire Sparging-a</b>	Aire-korrontearen injekzioa eremu asean (desortzioa + lurrunketa)	Lurzoria eta lurpeko ura	KOLak, komposatu kloratuak barne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lurrunkortasun gutxiko komposatuak</li> <li>- Iragazkortasun gutxiko lurzorua edo lurzoru geruzatuak</li> <li>- Fase aska egotea</li> <li>- Aktifero itxiak</li> <li>- Fe<sub>2</sub> kontzentrazio altuak</li> <li>- Lur-azpiaren ezaugarri hidrodinamikoak</li> </ul>	> %85eko murrizketa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ez da aplikatu behar instalazioaren mugetatik gertu</li> <li>- Hesi hidraulikoarekin batera erabili behar da</li> <li>- Eratzitako lurrunak meta datetzen sahestu behar da</li> <li>- Manteitze-lan txikia behar du</li> <li>- Sistemek elektrizitate asko kontsumitzen dute eta zarata handia aterata</li> </ul>
<b>Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua</b>	Lurpeko ura edo produktu aska eraztzen da, eta, ondoren, gainazalean tratatu, poluitzaile-motaren arabera	Lurpeko ura eta produktu aska	Berez, edozein poluzio-motarekin erabili daiteke	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lurzoruaren iragazkortasun txikia</li> <li>- Produktu aske gainjalkina deuseztatzeko ezintasuna</li> <li>- Poluitzaileak lurzoriga adsorbatzera</li> <li>- Ezinezkoa da produktu askearen % 100 eraztzea</li> </ul>	Lurpeko urak arazteko aplikatutako teknologiaran baitan dago	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hondakin-uren isurria mugatua da</li> <li>- Kontrol eta manteitze-lan handia behar du</li> <li>- Eranzketa-putzuak ondo eraiki behar dira</li> </ul>
<b>Fase anitzeko eranzketa (Biosurping-a)</b>	Hutsune baten bidez poluzioa eraztzea / Aire-fluxuari esker, jarduera biologikoa haztea	Lurzoria, lurpeko ura eta produktu aska	Hidrokarburuak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lurrunkortasun gutxiko komposatuak</li> <li>- Lurzoru geruzatuak</li> <li>- 9 m baino maila freatiko baxuagoa</li> <li>- Ez da egokia komposatu kloratuentzat</li> </ul>	Ez dago daturik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontrol eta manteitze-lan handia behar du</li> <li>- Energia asko kontsumitzen du</li> <li>- Makinak komplexuak dira</li> <li>- Leherkortasuna kontrolatu behar da</li> </ul>

11. taula: Saneamendu-tekniken ezaugarriei buruzko laburpena (1)

TEKNIKA	JARDUERA-PRINTZIPIOA	INGURUNEA	APLIKAZIO NAGUSIA	MUGA NAGUSIAK	ERAGINKORT.	BEREZITASUNAK
<b>Landfarming-a</b>	Jarduera biologikoa haztea, hondeatuz eta O <sub>2</sub> mantengaiduna gaineratuz	Lurzorua	Konposatu organiko biodegradagarriak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HC &gt; 50.000 ppm-ko kontzentrazioak</li> <li>- &gt; 2.500 ppm-ko metal-kontzentrazioak</li> <li>- Iragazkortasun gutxiko lurzorua</li> <li>- &lt; % 40ko edo &gt; % 85eko hezetasuna</li> <li>- 6-8 mailatik kanpoko PHa</li> <li>- T<sup>a</sup> &lt; 10 °C edo &gt; 45 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>% 80 inguru hidrokarburo astunen kasuan eta % 99 hidrokarburo arinen kasuan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tokiko klimatologia baloratu behar da (hezetasuna eta temperatura)</li> <li>- Aldian behin, lurzorua kondizio fisikoak eta biologikoak kontrolatu behar dira</li> <li>- Usainak kontrolatu behar dira</li> <li>- Lixibiatuak trata daitezke</li> </ul>
<b>Biopilak</b>	Jarduera biologikoa haztea, hondeatuz eta O <sub>2</sub> mantengaiduna gaineratuz Konposaturik lurrunkorrenak erauztea	Lurzorua	Konposatu organiko biodegradagarriak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HC &gt; 50.000 ppm-ko kontzentrazioak</li> <li>- &gt; 2.500 ppm-ko metal-kontzentrazioak</li> <li>- Iragazkortasun gutxiko lurzorua</li> <li>- &lt; % 40ko edo &gt; % 85eko hezetasuna</li> <li>- 6-8 mailatik kanpoko PHa</li> <li>- T &lt; 10 °C edo &gt; 45 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>% 80 inguru hidrokarburo astunen kasuan eta % 97 hidrokarburo arinen kasuan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biopilak eraikitzea eta lurzorua kontrolatzea zailagoa da <i>landfarming</i>-aren kasuan baino.</li> <li>- Usainak kontrolatu behar dira</li> <li>- Biopilaren zati batzuk modu eraginkorrean ez tratatzeko arrisku handiagoa</li> </ul>
<b>Konpostajea</b>	Konposatu organikoak degradatzea mikroorganismoen bidez	Lurzorua	Hidrokarburo astunak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HC &gt; 50.000 ppm-ko kontzentrazioak</li> <li>- &gt; 2.500 ppm-ko metal-kontzentrazioak</li> <li>- Iragazkortasun gutxiko lurzorua</li> <li>- &lt; % 40ko edo &gt; % 85eko hezetasuna</li> <li>- 6-8 mailatik kanpoko PHa</li> <li>- T<sup>a</sup> &lt; 10 °C edo &gt; 45 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Onargarria frakzio astunetan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aldian behin lurzoruari eragin behar zaio</li> <li>- Usainak sor ditzake</li> </ul>
<b>Desortzio termikoa</b>	Hondeatu eta beroa aplikatzea (lurrunketa eta desortzioa)	Lurzorua	Konposatu organikoak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Humus edo buztin askoko lurzorua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normalean % 95</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errentagarria da lurzorua bolumena handia denean</li> </ul>

11. taula: Saneamendu-tekniken ezaugarriei buruzko laburpena (II)

TEKNIKA	JARDUERA-PRINTZIBIOA	INGURUNEA	APLIKAZIO NAGUSIA	MUGA NAGUSIAK	ERAGINKORT.	BEREZITASUNAK
<b>Hesi hidraulikoak</b>	Euste-neurri gisa, lurpeko ura ataratzeko da, poluitzaileei migratzea galaratzeko	Lurpeko ura	Berez, edozein poluzio-motarekin erabili daiteke	- Lurzorua iragazkortasun txikia bada, gerta daiteke erauzketa-putzu asko behar izatea	Poluzioa kontrolatzeko eraginkorra, baina poluzioa ez da murrizten gainazaleko tratamendu batekin batera erabiltzen ez bada	- Ingununearen ezaugarri hidrodinamikoak xehe mehe ezaugatu behar dira - Mantentze- eta zainketa-lan handia egin behar da; sistemak etengabe funtzionatzen du - Ura berriz injektatzea komeni da
<b>Euste-pantailak</b>	Poluitutako lurpeko urak modu bertikalean ixtea	Lurpeko ura	Berez, edozein poluzio-motarekin erabili daiteke	- Pantailari kalte egiten diotien poluitzaileak - Plkortsuak ez diren lurzorua - Sakonera handiak	Poluzioa ez da murrizten. Zaila da hesiaren erabateko hermetikotasuna bermatzea, batez ere epe luzean	- Lurpeko urak hesia gaindi dezakeen ebaluatu behar da, eta, beraz, pompaketarekin batera erabili behar da - Lan egiteko espazio guxi egotea, lurpeko azpiegiturak - Monitorizazio bidez kontrolatu behar da
<b>Indargabetze natural monitorizatua</b>	Diluzio, lurrunketa, biodegradazio, adsortzio eta erreakzio kimikoen prozesu naturalak lur azpian	Lurzorua eta lurpeko ura	Petroliotik datozen hidrokarburoak. Komposatu lurrunkor eta erdi-lurrunkor ez-halogenatuak	- Komposatu halogenatuekin ez da hain eraginkorra - Fase askea egotea - Kokaletutik gertu hartzaileak egotea - Poluzioak migratzeko arriskua	Aldakorra eta epe luzekoa	- Sistemaren bideragarritasunari buruzko azterketa xehatua egin behar da, eta, ondoren, poluzioaren eboluzioa kontrolatu behar da aldian behin
<b>Biorremediazio estimulatua</b>	Degradazio-prozesu naturalak bultzatzea gehigarrien bidez	Lurzorua eta lurpeko ura	Petroliotik datozen hidrokarburoak. Komposatu lurrunkor eta erdi-lurrunkor ez-halogenatuak	- Komposatu halogenatuekin ez da hain eraginkorra - Fase askea egotea - Kokaletutik gertu hartzaileak egotea - Poluzioak migratzeko arriskua	Aldakorra eta epe ertainekoa	- Sistemaren bideragarritasunari buruzko azterketa xehatua egin behar da, eta, ondoren, poluzioaren eboluzioa kontrolatu behar da aldian behin

11. taula: Saneamendu-tekniken ezaugarriei buruzko laburpena (III)

## 7. ISURIAK PREBENITZEA ETA DETEKTATZEA

### 7.1 EUROPAKO ARAU-EGOERA

CEN/TC 221 Batzorde Teknikoak ihesak detektatzeko sistemei buruzko prEn 13160 Europako Arauaren proiektua prestatu zuen. Dokumentu horrek zazpi zati ditu:

- **1. zatia:** Printzipio orokorrak.
- **2. zatia:** Presioa egiteko eta husteko sistemak.
- **3. zatia:** Sistema likidoak.
- **4. zatia:** Likidoen edo lurrunen sentore-sistemak isurketen edukiontzietan erabiltzeko.
- **5. zatia:** Tangen neurrien arabera ihes-sistemak.
- **6. zatia:** Buzo-tutuetako sentoreak.
- **7. zatia:** Betebehar orokorrak eta probarako metodoak eremu interstizialetarako eta ihesak babesteko estaldura eta estalkietarako.

Ihesak detektatzeko berariazko arau horren printzipio orokorrak egitura hauetan aplikatzen dira: pareta bikoitzeko tangak, pareta sinpleko tangak eta ura poluitzen duten fluidoetarako diseinatutako tutueriak.

### 7.2 KONTROL- ETA EUSTE-NEURRIAK

#### 7.2.1. Sarrera

Lurpeko biltegitratze-tangekin lotutako isurketak prebenitzeko kontrol-neurriak bi talde nagusitan banatzen dira:

- Euste-bitartekoak.
- Ihesak detektatzeko sistemak.

Bi talde horiek banatuta aztertuko ditugu. Gida honetan, ekipamendu-mota horien zerrenda bat emango dugu, eta ez gara horietako bakoitzari buruzko ezaugarri tekniko bereziak ematen hasiko, ez baita hori gida honen helburua. Dena den, arlo horretan espezializatuta dauden enpresetako fabrikatzaile edo hornitzaileetara jo daiteke horrelako xehetasunak argitu nahi izanez gero. Ekipamendu horietako batzuen azalpenei irudia gaineratu zaie, sistema hobeto ulertzeko.

#### 7.2.2. Euste-bitartekoak

Besteak beste, euste-bitartekoen ezaugarri hauek hartu behar dira kontuan poluitzaileak ingurunera askatzeko ahalmena baloratzeko:



- Tanga egiteko erabilitako materiala eta euste-mota.
  - Pareta sinplea: Altzairua, beira-zuntzez indartutako poliesterra (BZIP);
  - Pareta bikoitza: Altzairua-altzairua, altzairua-BZIP, altzairua-dentsitate altuko polietilenoa, BZIP-BZIP;
  - Atxikitze-ontzia.

Argi dago ihesak gertatzeko arrisku handiagoa dagoela pareta sinpleko tanga batean, pareta bikoitzeko batean baino. Gainera, tanga pareta bikoitzekoa bada edo atxikitze-ontzi bat badu, isuritako likidoa kontrolatu ahal izango da ingurumenari kalte egin aurretik.

Tangaren materialei dagokienez, beira-zuntzeko edo polietilenoazko tangek abantaila bat dute metalikoen aurrean: ez dute korrosiorik jasaten tanga instalatuta dagoen lurzoruak ezaugarri korrosiboak izan arren (adibidez, sulfato-kontzentrazioa handia denean).

- Tangaren babesa korrosioaren aurka:
  - Barnekoa: tangaren estaldura; inprimazioa (35. irudia).



**35. irudia: Tanga baten barruko inprimazioa**

Tanga metalikoen barruan produktu bat aplikatzen da tangaren barrualdea korrosiotik babesteko, tanga ur-hondarrak metatzen hasten baldin badira. Baina, tanga metalikoen barrualdea babestu arren, gerta daiteke kanpotik korrosioa sortzea. Tangak aipatutako babes-mota hori badu, zer egoeratan dagoen begiratu behar da aldizka (adibidez, legez eskatutako hermetikotasun-probak egiten direnean).

- Kanpokoa: Inprimazioa, babes katodikoa (lurzoru korrosiboetan).

MI-IP02, MI-IP03 eta MI-IP04 arau tekniko osagarriek (ITC) dagozkien UNE-62350-1 eta UNE-62350-2 arauen bidez ezartzen dutenez, lurpeko biltegi metalikoen kanpoko gainazal guztia korrosioaren aurka babestu behar da, instalazioa dagoen lekuaren ezaugarrietara egokitutako lodiera duen kalitatezko estaldura batekin. Estaldurak ezaugarri hauek izan behar ditu.

- √ Gutxienez, 600 µm-ko lodiera.
- √ 15 kW-eko korrante jarraituko zulaketa-tentsioaren saiakuntzari eutsi behar dio, UNE-En 60243-1 eta UNE-21316-2 arauen arabera.
- √ Biltegiatutako produktuen isurketekiko erresistentea izan behar du.

Bestalde, bi babes katodiko mota daude: anodo suntsigarri bidezkoa eta korrante inprimatu bidezkoa.

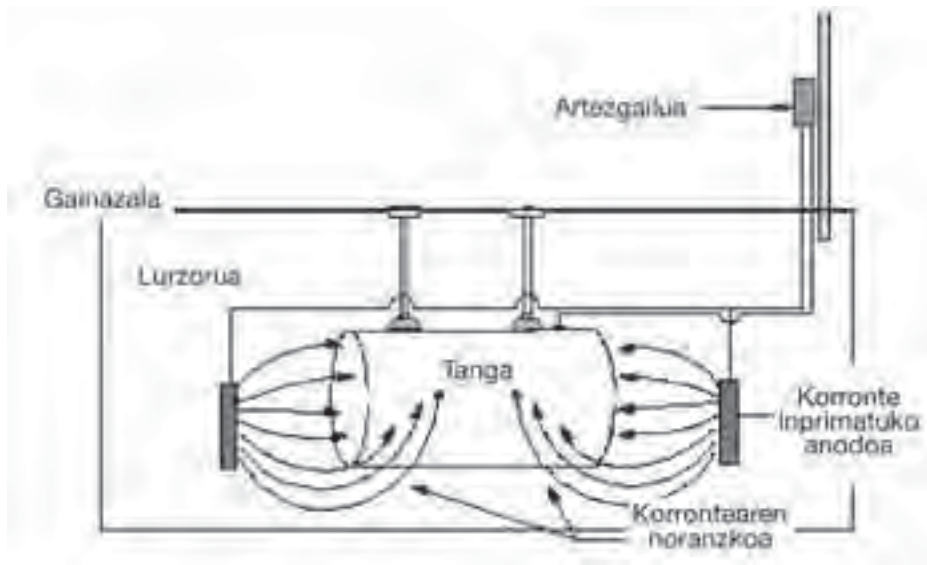
Anodo suntsigarriak (36. irudia) tangaren kanpoaldeko paretan jartzen dira. Tresna horiek altzairua baino metal anodikoago bat izaten dutenez (adibidez, magnesioa, zinka edo aluminioa), altzairuak baino gehiago nabaritzen dituzte lurzoruaren eragin korrosiboak. Hala, inguruneak tangari eragin diezaiokkeen kaltea kontzentratzen dute.

Aldizka, anodo suntsigarriak modu eraginkorren funtzionatzen duen egiaztatu behar da, tangaren eta lurzoruaren arteko korrante elektrikoak neurtuz (instalazioa egin eta 6 hilabetera, eta, ondoren, 3 urtean behin, gutxienez. Gainera, instalatu aurretik, anodoaren bizitza baliagarrian eragin dezaketen lurzoruaren ezaugarri guztiak egiaztatu behar dira (adibidez, lurzoruaren gazitasuna, hezetasuna... ), gutxieneko denbora-tarte batean babestuta egongo dela bermatzeko. Denbora hori igaro ondoren, babes katodikoaren sistema guztia berritu behar da.



**36. irudia: Babes katodikoa anodo suntsigarri bidez (irudia eta adibide erreal)**

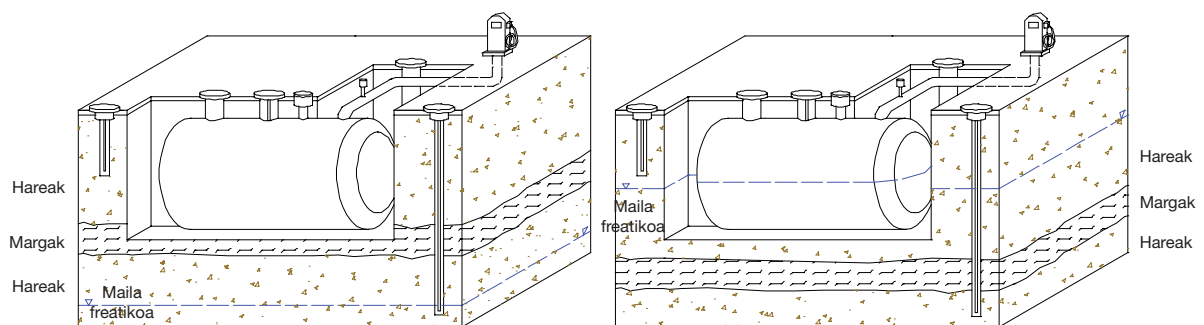
Korrante inprimatu bidezko sistemak, berriz, artezgailu bat (potentzia-unitate zentrala) aplikatzen du, anodoetatik tangara edo lurpeko tutuerietara doan korrante elektrikoa ezartzeko eta, hala, tanga korrosioaren aurka babesteko (37. irudia). Altzairurantz joaten den korrante elektrikoa kontrako noranzkoan joaten den korrante korrosiboa baino handiagoa denez, tangaren altzairua babestuta geratzen da. Babes-mota hori aplikatzen denean, artezgailua une oro aktibatuta dagoela ziurtatu behar da.



37. irudia: Korronte inprimatu bidezko babes katodikoa

- Tanga lurzoruan kokatzeko modua (instalazioaren sakonera).

Hainbat alderdi hartu behar dira kontuan: batetik, tanga korrosioa jasateko duen arriskua ebaluatu behar da, baldin eta lurzoruan geruza korrosiborik egon badaiteke eta tangaren zati bat geruza horietakoren baten mailan instalatzeko arriskua badago. Bestalde, sakonera gutxiko lurpeko ura badago edo ura tangarekin kontaktuan badago (38. irudia), tanga korrosio handia jasan dezake metalikoa bada. Bi kasuetan, hobe da korrosioarekiko erresistenteak diren materialak dituen tanga bat aukeratzeko. Tanga metalikoa instalatuta badago, berriz, ikuskapen gehiago egin behar dira.



38. irudia: Maila freatikoren sakonera tangaren kokapenean duen efektua

Faktore hauek ere garrantzitsuak dira tangaren kokapenean:

- Tangaren erabilera: produktu bakarrek edo konpartimentutan zatitua.
- Isurketen aurkako elementuak zabaldu. Adibidez:

- Eusteko karga-hartuneak isuri txikietarako;

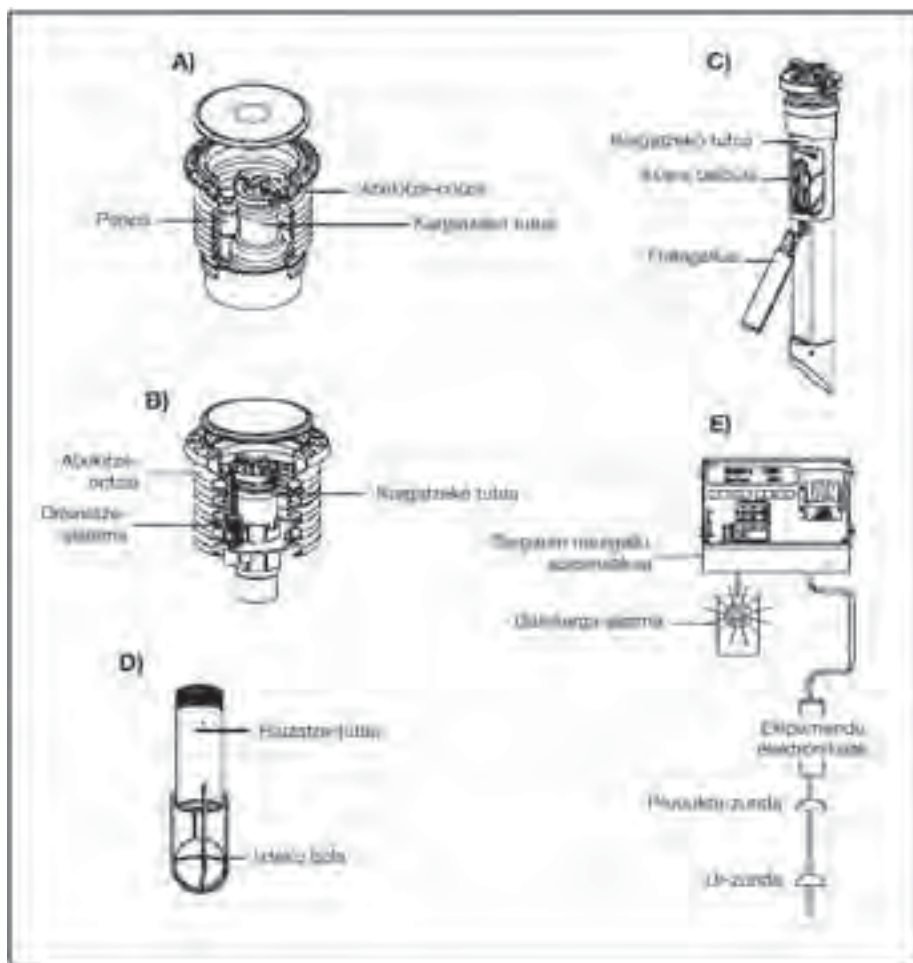
Karga-hartuneei atxikitze-ontzi bat jartzen zaie tangak betetzen direnean isuri txikirik ez gertatzeko. Fabrikatzaile batzuek isuria ponpa bidez jasotzeko sistema erabiltzen dute eta beste batzuek drainatze-sistema (39. irudia A eta B).

- Betelana automatikoki geratzeko sistemak: deskargatutakoa pixkanaka gutxituz funtzionatzen dute (39. irudia C)..

- Haizatze-lerroan flotagailuak jartzea: haizatze-lerroa baino zentimetro batzuk beheago instalatzen dira, eta betelana geldiarazten dute hura blokeatzen denean (39. irudia D).

- Gainkarga-alarmaak: tangaren bolumena % 90era iristean edo gainezka egiten hasten denetik minutu bat igarotzean pizten dira (39. irudia E).

Aldizka, tresna horiek guztiak mantentzeko eta kontrolatzeko lanak egin behar dira, ondo funtzionatzen dutela ziurtatzeko.



39. irudia: Isurketen aurkako gailuen adibideak. A) Ponpa bidezko atxikpen-sistema duen karga-hartunea; B) Drainatze bidezko atxikpen-sistema duen karga-hartunea; C) Betelana automatikoki geratzeko gailua; D) Haizatze-sistemari egokitutako flotagailua; E) Gainkarga-alarma

### 7.2.3. Isuriak detektatzeko sistemak

Beste sistema batzuek, poluitzaileak ingurunera askatzea galarazten ez duten arren, isuriak azkar detektatzen dituzte, eta migrazioa asko hazi aurretik neurriak hartzeko aukera ematen dute. Hauek dira ohikoena:

- Tangen eta tutuerien hermetikotasun-probak: indarrean dagoen legeriak erabilera-mota bakoitzerako ezarritako maiztasunarekin egin behar dira proba horiek. Horrez gain, hermetikotasun-probak egin behar dira, batetik, tangaren inguruko lurpeko instalazioetan aldaketaren bat egiten den bakoitzean (adibidez, kargatzeko tutueria berriak instalatzea edo tangari barruko estaldura jartzea) eta, bestetik, erregai edo disolbatzaileen isuriak egoteko zantzuak dauden bakoitzean.
- Produktuaren neurketa automatikoa / Salmentak eta stockak bat etorraraztea. Salmentak eta stockak modu automatikoan bat etorraraz daitezke, neurketa jarraitua egiten duten ekipamenduen bidez. Bestela, eskuz bat etorraraz daitezke: tangan dagoen produktua neurtzen da, eta tangako produktuaren sarrera eta irteerekin alderatzen da. Ondoren, salmenten eta stockaren artean desorekarik dagoen kalkulatu da, formatu batzuen bidez. IV. eranskinean kontzeptu hori gehiago sakontzen da, EPAk proposatutako metodologietan oinarrituta.
- Eremu interstizialaren kontrola (ganbera interstiziala edo buzo-tutua) euste-sistema bikoitza denean (40. irudia). Kontrolerako tresnak –elektronikoak zein eskuzkoak– aldizka kontrolatu behar dira. Astero buzo-tutuan erregairik dagoen edo ez egiaztatzeke betebeharra ezartzen du indarrean dagoen legeriak. Zientzia eta Teknologia Ministerioak, berriz, hainbat irizpide eman ditu sistema automatikoa ondo dagoela egiaztatzeke eta isuriak une oro kontrolatzeko.
- Lurzoruan lurrunak detektatzea (40. irudia): eskuz egiten bada, maiztasun egokiarekin egin behar dira kontrolak (adibidez, astero) edo, bestela, kontrol jarraituko ekipamenduak erabili behar dira.

Berrogeigarren irudian irudikatzen dira, batetik, ontzi hermetiko baten barruko buzo-tutuaren kontzeptua eta, bestetik, lurrun organikoak kontrolatzeko gailuen kontzeptua. Buzo-tutua duen ontzi hermetikoa edozein motatako erregai eta disolbatzaileekin erabil daiteke. Lurrun organikoak kontrolatzeko gailuak, berriz, erregai arinekin (gasolina, kerosenoa edo disolbatzaileen antzekoak) erabiltzen dira *a priori*.



40. irudia: Ontzi baten barruko *buzo-tutu* kontzeptuaren eskema (ezkerraldean) eta lurpean lurrun organikoak detektatzeko gailuei buruzko eskema (eskuinaldean)

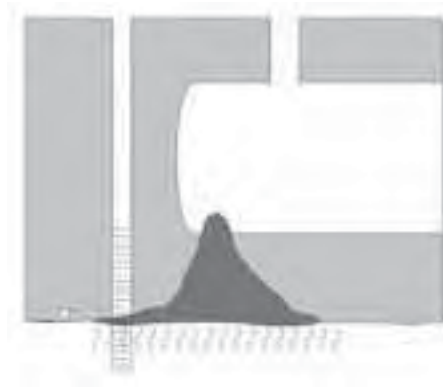
Berrogeita batgarren irudiak lurzoruan lurren organikoak detektatzeko ohiko zunda baten adibidea erakusten du.



**41. irudia: Lurpean lurren organikoak detektatzeko zunden adibidea**

- Lurpeko uretan produkturik dagoen detektatzea (kontrol-putzuak).

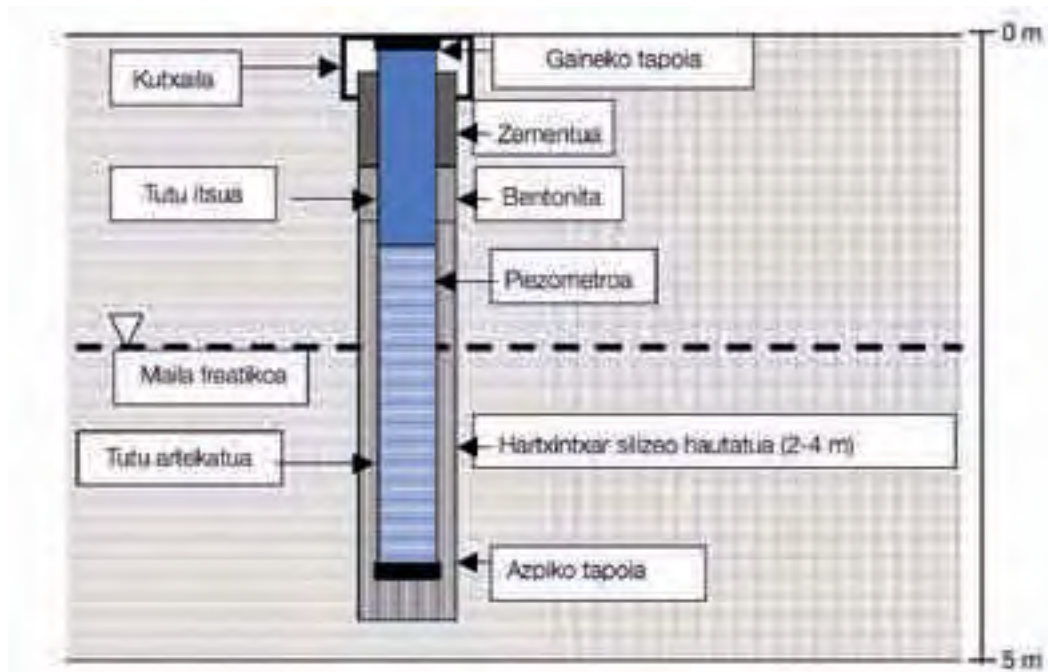
Berrogeita bigarren irudiak erakusten du kontzeptu hori. Lurpeko uretan produkturik dagoen detektatzeko, hainbat kontrol-putzu instalatzen dira, batez ere lurpeko tangetatik behera dauden uretan. Sistema hori eraginkorra izateko, putzuaren zati artekatuak maila freatiko altuenaren gainetik egon behar du (0,5 m-ko altuera gomendatzen da). Hala, produktua modu eraginkorrean kontrola daiteke. Zati artekatua maila freatikoaren azpitik balego, ez litzateke aukerarik izango galdutako produktua putzura sartzeko. Baina zati hori maila freatikoaren gainetik 0,5 m baino gehiagora jartzen bada, putzua produktu askatuaren lehentasunezko migrazio-bide bihur daiteke, produktua lurzorua maila altuagoetatik putzura sartzera errazagoa delako.



**42. irudia: Fase aske gainjalkineko produktua detektatzeko kontrol-putzu kontzeptuaren eskema**

Aldizka, kontrol-putzuetako produktu askea kontrolatzea gomendatzen da, ahal bada, fasearteko zunden bidez.

Berrogeita hirugarren irudian, ura baino dentsitate txikiagoa duten hidrokarburoentzako kontrol-putzu bat eraikitzeko eskema ageri da.

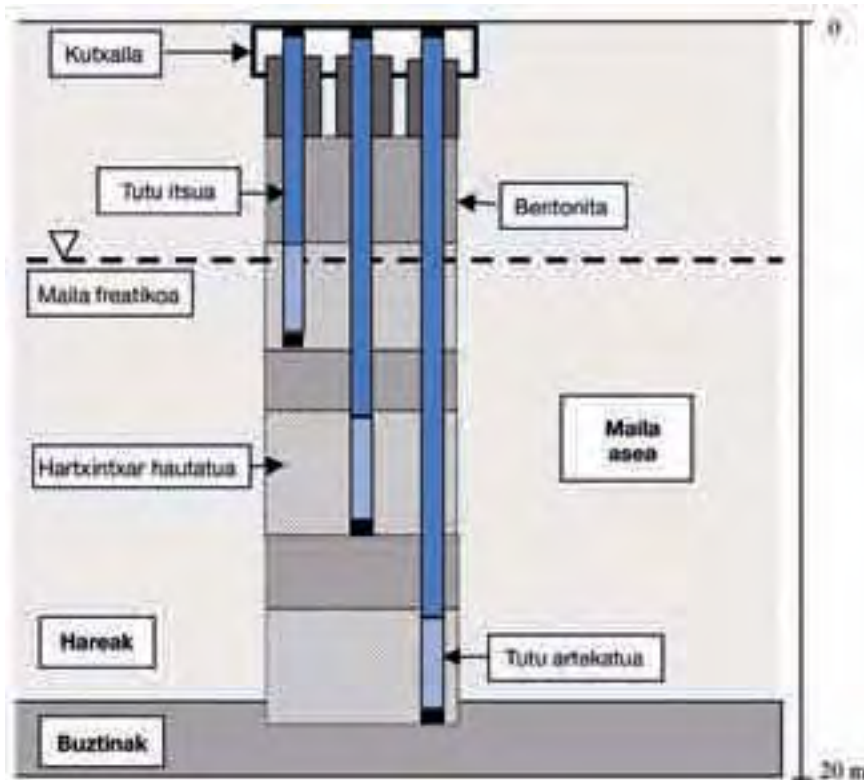


43. irudia: Kontrol-putzu baten ohiko eskema

Berrogeita laugarren irudian, maila anitzeko piezometro bat ageri da. Piezometro hori egokia da disolbatzaile kloratuekin poluitutako lurpeko ur-gandor bat kontrolatzeko eta akuiferoaren azpiko zatian egon daitekeen DNAPL motako fasea detektatzeko. Putzu bakoitzaren zati artekatua sakonera ezberdinean dagoenez eta bentonitazko tapoi egoki batekin isolatuta dagoenez, akuiferoaren zati ezberdinak kontrolatzen dira. Kasu bakoitzean zenbat putzu instalatu edo zenbat akuifero-zati kontrolatu erabakitzeke, hainbat aldagai hartu behar dira kontuan (maila asearen lodiera, sistema ezartzeko dagoen espazioa, tokiko geologia...).

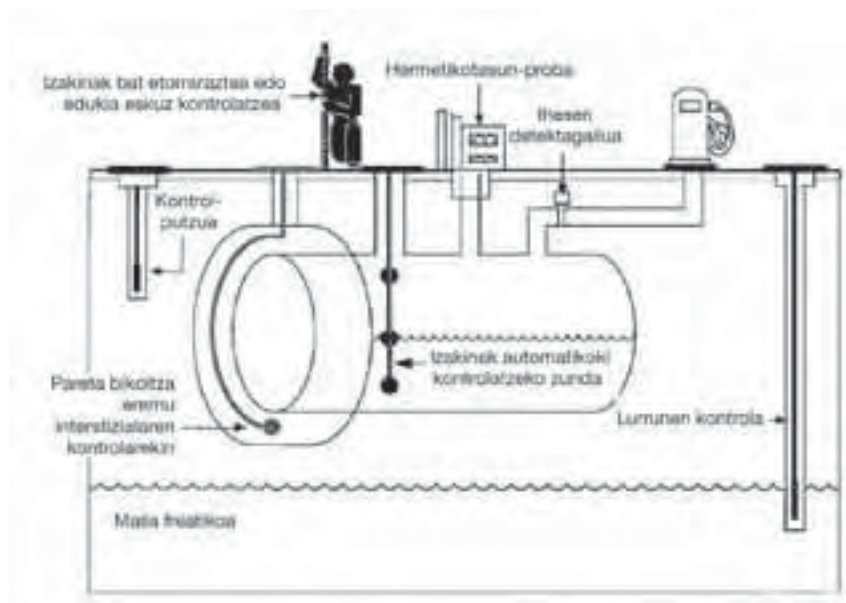
Berrogeita laugarren irudian ageri den adibidean, akuiferoaren zati bakoitzaren egoera adierazten duen laginketa egiteko, emari txikiko sistema batekin –maila ezberdinetako ura nahasten ez duena– purgatu behar da piezometroa (adibidez, ponpa peristaltiko baten bidez).

Halaber, seriean instalatutako putzu-mota horiek egokiak dira gainjarritako hainbat akuiferok jasandako kalte kimikoa ikertzeko, akuifero horiek maila iragazgaitzen bidez banatuta daudenean. Kasu horietan, bentonitazko tapoiek lur azpiko maila iragazgaitzen maila berean egon behar dute.



44. irudia: Disolbagarri kloratuentzako maila anitzeko piezometro baten ohiko eskema

Berrogeita bosgarren irudiak isuriak kontrolatzeko eta isuriei eusteko merkatuan dauden sistemak laburtzen ditu.



45. irudia: Azaldutako kontrol-neurrien laburpena; hermetikotasun-probak, tutuerietako isurien detektagarri automatikoak, salmentak eskuz/automatikoki bat etorraztea, eremu interstizialaren kontrola (lurrunak edo likidoak), lurrun organikoen neurgailuak eta kontrol-putzuak instalatzea (Iturria: EPA, 1997)



### 7.3 KONTROL- ETA EUSTE-NEURRIAK APLIKATZEKO IRIZPIDEAK

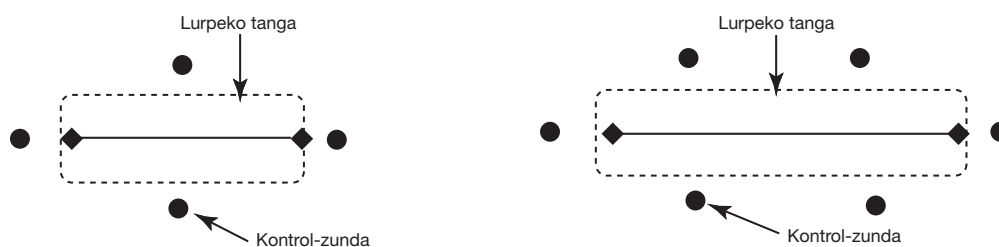
Lurpeko tangetako ihesen detekzio- eta euste-neurriak ezagutu ondoren, erreferentziazko irizpide batzuk eman behar ditugu ihes horiek kontrolatzeko gailuak modu arrazoituan eta eraginkorrean, eta gailu horiek diseinatutako helburuaren arabera, aplikatzeko. Ondorengo koadroetan, gailu horiek instalatzeko, mantentzeko eta kontrolatzeko moduak laburtzen dira:

#### Lurrun organikoak kontrolatzeko sare bat instalatzeko irizpideak

- Iltegitratutako produktuak lur a pian lurrun organikoak sortuko dituen ebaluatu behar da. Adibide , biltegitratutako produktuak gasolinak edo disolbat aileak badira, kontrol-sarea jarri behar da, baina e olio lubrifikat aileak badira.
- Kontrolatu beharreko tanga-kopurua definitu, eta unda baten bide ondoko tangen ihesak detektatu ahal i angoren eha tu behar da. Adibide , tolueno ko tanga bat xileno ko baten ondoan badago, bi tangen artean instalatutako undak bien egoerari buru ko informazioa emango digu. Bera , kasu bakoit ean dauden aukeretara egokitu behar dira kontrol-neurriak (adibide , bitutu kolorimetriko independenteak aplikatu ).
- Aurretik eha tu behar da -jarriko den e , undak ont iaren barruan edo kanpoan jart eko.
- Tangen inguruko geologia definitu behar da. Material porotsu osatuta badago (adibide , hareak) kontrol-sarea eraginkorragoa i angoda. Limoak edo bu tinak nagusi badira, berri , kontrolerako unden dentsitatea handitu beharko da. Litologia hareatsua bada neurketa “aktiboak” egokiagoak dira, eta bu tintsua bada, berri , “pasiboak”.
- Kontrolerako gailuaren unda-kopurua. Lurrun organikoak kontrolat eko gailu bat -probe tip motakoa- e arri behar da gutxiene tangaren alde bakoit ean (alde bakoit etik metro batera, lur oruan sartuta). Baina gailu hori -baten barruan badago, nahikoa da unda batekin. Zundak ere metro bateko sakoneran egon behar du.

Tanga 5 m baino lu eagoa bada, formula hau aplikatu behar da:

**Zunda-kopurua = zunda bat tangaren luzeraren 5 m-ko**

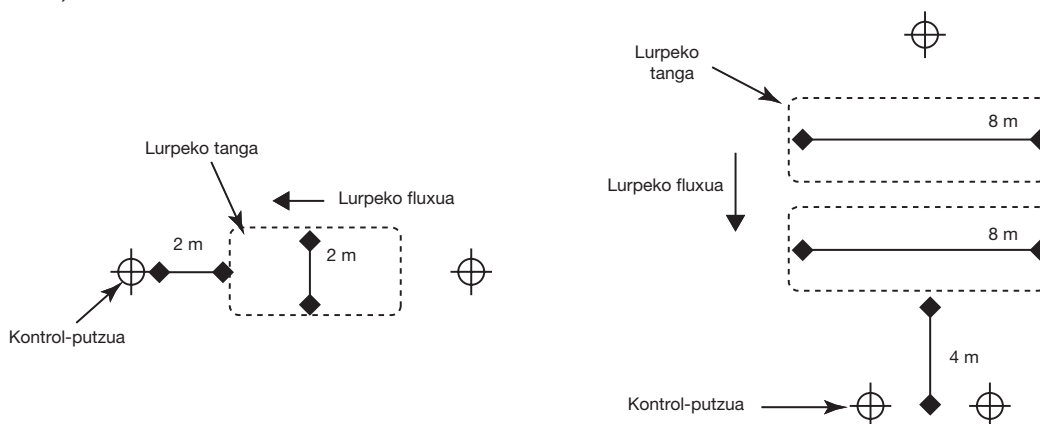


- ontrolaren mai tasuna. ontrol jarraituko gailua e bada, gutxiene hilean behin egin behar dira neurketak, larrialdirik edo ihesa gertatu i anaren ant urik e bada, behint at. Esku ko neurketak egiteko, unda pasiboak edo bitutu kolorimetrikoen edo fotoionizazio aileen (PID) gisako ekipamenduak (neurketa denbora errealean egiten da) erabili behar dira. Enpresa espe iali atu batek ekipamendu horiek berrikusi behar ditu aldi ka, eta ondo a tertu.

### Lurpeko urak kontrolatzeko sare bat instalatzeko irizpideak

- Tangak ontzi hermetikoen barruan dauden ebaluatu behar da. Hala bada, prebentzio-neurri gisa, nahikoa izan daiteke tanga-multzoak behar dauden uretan piezometro bat instalatu ea.
- Biltegiatutako produktu-motak urak baino dentsitate handiagoa edo txikiagoa duen ebaluatu behar da.
- Lurpeko fluxuaren norabidea aztertzea behar da.
- Kontrolatu beharreko tanga-kopurua definitu behar da, eta kontrol-puntu baten bidez ondoko tangen ihesak detektatu ahal izango diren eremua behar da.
- Tangen inguruko geologia definitu behar da, poluitzaileek edo disolbatzaileek lurraz piko eremu asegabean izan daitezkeen migrazioa aurreikusteko.
- Tangen lurpeko fluxuarekiko duten orientazioa definitu behar da.
- Ura baino dentsitate txikiagoko likidoak kontrolatu behar dituzten putzua, maila freatikotik behar, bitarteko sakoneran instalatu behar dira. Putzua eremutik, putzua sakoneran hasi, eta maila freatikoa gainera metro erdira artekoa izan behar du. Ura baino dentsitate handiagoko likidoak direnean, berriro, maila anitza eremutik bitarteko piezometroak jarri behar dira, akuiferoaren maila bakoitza besteetatik bereizita kontrolatzeko Nolanahi ere, eremu aseko mailarik sakonenak kontrolatzeko putzua bat instalatu behar da.
- Hau da kontrol-puntu baten eta tangaren arteko distantzia egokiena:
  - ⇒ Tangaren luera lurpeko fluxuaren norabidearekiko perpendikulara (gehieneko 5 m).
- Kontrol-puntu kopurua.
  - ⇒ Gutxienez kontrol-puntu bat eremua arri behar da kontrolatu beharreko lurpeko tanga bakoitza etiketa behar dauden uretan, tangak 5 m baino luera txikiagoa duenean. Baina tangen lurpeko fluxuarekiko paraleloan badaude, kontrol-puntu batek tanga bat baino gehiago kontrolatu ditzake. Tanga-multzoak gora dauden uretan ere putzua bat instalatu behar da.
  - ⇒ Tangaren luera 5 m-ko putzua bat instalatu behar da lurpeko fluxuaren norabidearekiko perpendikulara (norabide horretan dagoen tangaren luera 5 m baino handiagoa denean).

Adibideak,



- Kontrolaren maitasuna. Produktu aske fasearteko unetan bide neurtu behar da, gutxienez hilean behin, larrialdirik edo ihesa gertatu izanaren aurreko urriketaren bidez. Horrekin gain, gutxienez 6 hilean behin, kontrol-puntu bakoitza eremuren laginak hartu behar dira, laborategian aztertuko.

## Beste metodo batzuk

### • Tangaren eta banaketa-sarearen hermetikotasun-probak:

⇒ Mai tasuna: legeriaren arabera (u tailaren 7ko 562/1998 ED eta urriaren 1eko 1523/1999 / ITC MI-IP03 / ITC MI-IP04).

ITC MI-IP02: Beste instalazio batzuetara petrolio-likidoak banatzeko biltegitratze-instalazioak: 5 urtean behin, B motako produktuak ditu ten biltegien kasuan, eta 10 urtean behin, C eta D motako produktuak ditu ten biltegien kasuan.

ITC MI-IP03: Instalazioan bertan kontsumitzeko biltegitratze-instalazioak: 5 urtean behin, produkturen bat duten tangen kasuan, eta 10 urtean behin, tanga huts, garbi eta gasgabetuen kasuan. Gainera, barruko gaina ala eta lodierak neurtu behar dira.

ITC MI-IP04: Ibilgailuak hornitzeko instalazioak: urtean behin, produkturen bat duten tangen kasuan, eta 5 urtean behin, tanga huts, garbi eta gasgabetuen kasuan. Gainera, barruko gaina ala eta lodierak neurtu behar dira.

Halaber, instala ioetan ihesen bat konpont en den bakoit ean ere proba horiek egin behar dira.

⇒ Metodologia: probak egiteko erabilt en den metodologiak 100 ml/h-ko isuria detektat eko gaitasuna i an behar du, eta UNE 53.968 arauan adiera itako pro eduraren bide ebaluatuta egon behar du.

### • Eremu interstizialaren kontrola (ganbera interstiziala edo buzo-tutua):

⇒ Ganbera interstiziala: bi paretako tangetan egoten da. Automatikoki kontrolat en da, kontrol-undaren fabrikat ailearen jarraibideak bete .

⇒ Buzo-tutua: ont i hermetikoaren barruan egoten da. Automatikoki kontrola daiteke unda elektronikoko bide edo, esku , fasearteko unda bide edo biltegitratutako likidoa detektat eko pasta bide . ITC MI-IP04 arauaren arabera, astero kontrolatu behar da produktua.

(Oharra: horrelako gailuak ditu ten tangetan e dago hermetikotasun-probak egin beharrik)

### • Lurperatutako tutuerien hermetikotasun-probak:

⇒ Sistema elektronikoko jarraituak. Fabrikat ailearen jarraibideak bete behar dira funt ionamendua kontrolat eko.

⇒ Sistema elektronikoko jarraiturik e badago, 5 urtean behin egin behar dira hermetikotasun-probak.

### • Isurketen aurkako gailuak:

⇒ Gailua garbitu behar da, eta mantent e-lanak egin behar ai kio modu erregularrean. Horre gain, aldi ka, funt ionamendua egia tatu behar da, fabrikat ailearen jarraibideak bete .

### • Salmentak eta stockak orekatzea:

⇒ Horri buru ko beraria ko EPA metodologia dago (tangaren bolumenaren eta kontrol-sistema elektronikoa i atearen arabera e berdint en da). IV. eranskinean daude metodologia horri buru ko a alpenak.

## **8. TANGA BERRIAK INSTALATZEKO IRIZPIDEAK**

### **8.1 SARRERA**

Etorkizunean egingo diren lurpeko biltegiratze-tangek poluziorik sor ez dezaten, prozedura bat eta irizpide batzuk ezarri dira, hemendik aurrera egingo diren tanga horiek planifikatzeko eta diseinatzeko.

Metodologia hori arlo hauek konbinatzean oinarritzen da: batetik, tanga edo tangak instalatuko diren ingurunearen ingurumen-kalitatea definitzea, bestetik, ingurune horren kalteberatasuna ebaluatzea eta, azkenik, beharrezko kontrol- eta euste-neurriak definitzea.

Tanga bat instalatuko den ingurunearen ingurumen-kalitatea definitzeko, “ingurumen-helburua” delakoa erabiltzen da. Bestalde, ingurune horren kalteberatasuna ebaluatzeko, V. eranskinean azaltzen den metodologia erabili behar da.

### **8.2 INGURUMEN-HELBURUA**

“*Ingurumen-helburua*” esaten zaio tanga instalatu aurretik kokalekuak dituen ingurumen-ezaugarrien definizioari. Modu horretan, tangaren bizitza erabilgarrian zehar ezaugarri horiek aldatu diren egiazta daiteke.

Biltegiratutako produktuak eragindako poluziorik detektatzen ez bada, lurpeko tangatik etorkizunean ihesen bat egongo balitz zer ingurumen-inpaktu sortuko lukeen ebaluatzeko balio du *ingurumen-helburuak*. Ostera, biltegiratutako konposatu kimikoak dagoeneko kokalekuari kalte egin diola detektatzen bada, etorkizuneko inpaktua zehazteko balio du.

Tanga ezarriko den lur azpiko ezaugarriei buruzko ikerketa geoteknikoa egiten den unea oso aproposa da ingurumen-helburua neurtzeko. Ondorengo koadroan daude definituta ingurumen-helburuaren gutxieneko betebeharrak:

## INGURUMEN-HELBURUA

### Eman beharreko pausoak:

- Lur oruari emandako erabilera (industria, nekazaritza, etxebizitza...) identifikatu behar da hidrokarburoek eragindako poluzioaren iturriak baden aurreikusteko.
- Lurpeko tanga instalatuko den kokalekuaren neurrien arabera, tanga-multoa instalatuko den kokalekuko lur oruaren eta lurpeko uraren laginak hartu behar dira kokalekuaren eremu bakoitzean. Laginketa-estrategia egiteko, *Laginketaren diseinuari buruzko gida*-n (IHOBE, 1998) ematen diren jarraibideak bete behar dira.
- Laginketa-puntu batzuk aukeratu, lagina berreskuratzen duen errota io bideko undaketa erabili behar da, eta kontrol-puntu bat instalatu behar da geologia eta lurpeko uren kalitatea ezaugarri eko. Bestela, laginketak egin daitezke, baina tangaren oinarria baino sakonera handiagoa iritsi behar dute. Laginketa horietako batek maila freatikora iritsi behar du, gutxienean.
- Zundaketaren lekukotik edo laginketaren paretatik lur oruaren lagin bat hartu behar da, poluzioaren iturriak badago. Bestela, lagin bat hartu behar da poluituta egon daitezkeen hori onte bakoitzean.
- Zundaketaren barruan, tutu-pie ometro bat instalatu behar da lurpeko uraren lagin adiera garri bat hartu eko. Laginketaren kasuan, tutu artekatu bat erabili daitezke lagina itxi baino lehen, ondoren, uraren lagin bat hartu ahal izateko.
- Lur oruaren eta uraren laginak aukeratu direnean, gutxienean ondorengo parametroetakoren bat kuantifikatu behar da, biltegitratuko den produktuaren arabera:
  - √ Hidrokarburo osoak ( $C_{10}$ - $C_{40}$ )
  - √ Hidrokarburo lurrunkorrak ( $C_6$ - $C_{12}$ )
  - √ BTEX
  - √ Hidrokarburo polikliko aromatikoak
  - √ Disolbatzaileak.
- Horrengain, lurpeko uren kalitatearen oinarriko parametroak ezaugarri behar dira (adibidez, PHa, eroankortasuna...) inguruneari sortu ahal izateko eta sortuko ahal izateko kaltearen iturriak identifikatu eko.

### Instalatu ondorengo kontrola:

- Instalatutako pie ometro bakoitzean –edo ondoren instalatzen diren uraren lagin bat hartu behar da aldi berean –adibidez, urtean behin–, eta lurpeko uren egoera auzi behar da. Poluzioaren iturriak badago, poluzioa sortu duen tangaren auzi piko lur orua ere poluituta dagoela ondorioztatuko da.

## 8.3 INGURUNEAREN KALTEBERATASUN-MAILA

V. eranskinean ingurunearen kalteberatasun-maila definitzeko metodologia bat agertzen da. Metodologia hori oinarri hartuta, gomendatutako prebentzio- eta euste-neurrien eskema bat egin da. Kalteberatasun-mailaren bidez, poluzioak osasunean eta ingurunean bertan sor ditzakeen kalteak neurtzen dira. Modu horretan, lurpeko tangen edukizko bakoitzak tanga horiek sortutako lurpeko poluzioa prebenitzeko gomendatutako neurriak identifikatu eta ebaluatu ditzake, eta, hala, poluitzeko arriskua maila onargarrietara murriztu dezake.

V. eranskinean azaltzen den bezala, parametro hauek konbinatuz zehazten da ingurune baten kalteberatasuna:

- Transferentzia-bektoreak; eta
- Babestu beharreko pertsonak.

Metodologia aplikatu ondoren, kalteberatasun-maila kalkulatzeko da eredu honen arabera:

Kalteberatasunaren kalkulua		Transferentzia-bektoreak		
		Balioa $\leq 11$	$11 < \text{Balioa} \leq 22$	Balioa $> 22$
Babestu beharreko pertsonak	Balioa $\leq 6$	0,25	0,25	0,5
	$6 < \text{Balioa} \leq 12$	0,25	0,5	1
	Balioa $> 12$	0,5	1	1

#### 8.4 APLIKATU BEHARREKO KONTROL- ETA EUSTE-BITARTEKOEN DEFINIZIOA

Aurreko atalean definitutako ingurunearen kalteberatasun-mailaren arabera, lurpeko tangan zer kontrol- eta euste-neurri aplikatzea gomendatzen den erakusten da 12. taulan.

Kontrol- / euste-neurriak	Kalteberatasun-maila		
	0,25 (txikia)	0,5 (ertaina)	1 (handia)
Produktua eskuz bat etorraraztea	+++		
Produktua automatikoki bat etorraraztea		+++	
Inprimazio / babes katodikoak <sup>(1)</sup>	+++	+++	+++
Isurketen aurkako elementuak (flotagailuak, alarmak... )		+++	+++
Isurien detektagailuak tutuerietan			+++
Produktu-neurgailuak tangetan		+++	
Lurrun organikoentzako zundak	+++	+++	
Piezometroak	+++	+++	
Ontzi hermetikoa buzo-hodiarekin edo pareta bikoitzarekin			+++

(1) Inprimazio edo babes katodikoak beharrezkotzat jotzen da lurzoruaren ezaugarriek neurri horiek aplikatzea edo instalatzea gomendagarri egiten badute.

#### 12. taula: Ingurunearen kalteberatasun-mailaren arabera aplikatu beharreko kontrol- eta euste-neurrien zerrenda

Indarrean dagoen legerian testuinguru edo produktu jakin bakoitzeko ezarritako neurriak osatzen dituzte taulan ageri diren neurri horiek. Adibidez, kalteberetasun-maila txikia bada, alegia, ingurumen-inpaktua gertatzeko arrisku nabarmenik ez badago, erabaki daiteke 12. taulako gomendioak ez betetzea. Baina, hori erabaki arren, une oro bete behar dira arau tekniko osagarrietan ezarritako hermetikotasun-proben programak.

Bestalde, 12. taulako irizpideak ñabartu egin daitezke, V. eranskineko V-1 eta V-2 fitxetan ageri diren alderdiei ematen zaien garrantziaren arabera. Demagun lurpeko tanga bat kalteberetasun-maila txikiko ingurune gisa sailkatu den leku batean instalatu nahi dela, fitxa horietan definitzen diren parametroek hala adierazten dutelako. Baina tanga hori egitura karstiko baten gainean dago, eta biltegitratutako produktua denbora gutxian irits liteke kokalekutik oso urrun dagoen hartzaile potentzial batera. Hori dela eta, instalazio horretan ontzi hermetiko bat edo pareta bikoitzeko tanga jartzeko obligazioa egon daiteke, ingurumen-inpaktu garrantzitsu hori saihesteko.

Beraz, esandakotik ondorioztatu behar da horrelako ebaluazioetan esperientzia duen teknikari batek erabaki behar duela zer irizpide aplikatu.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- **ASTM**; *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*. E-1739. 1995.
- **ASTM**; *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action*. E 2081. 2000.
- **CHRISTENSEN, L.B. and LARSEN, T.H.**; *Method for determining the age of diesel oil spills in the soil*. GROUND WATER MONITORING REVIEW, 113. alea, 113-124 or. 1996.
- **CONCAWE**; *European Oil Industry Guideline for Risk-Based Assessment of Contaminated Sites*. report no. 3/03. 2003.
- **ENERGIAREN EUSKAL ERAKUNDEA (EEE)**; *Euskal Autonomia Erkidegoko mapa hidrogeologikoa (1/100.000 eskala)* 1996.
- **FLATHMAN, P.E. et al.**; *Laboratory evaluation of the utilization of hydrogen peroxide for enhanced biological treatment of petroleum hydrocarbon contaminants in soil*. IN SITU BIORECLAMATION, ed. R.E. Hinchee and R.F. Olfenbittel, 125-42 . Oxford; Butterworth-Heinemann. 1991.
- **GLASER, J.A.**; *Nutrient-enhanced bioremediation of oil-contaminated shoreline: The Valdez experience*. IN SITU BIORECLAMATION, ed. R.E. Hinchee and R.F. Olfenbittel, 125-42 . Oxford; Butterworth-Heinemann. 1991.
- **EUSKO JAURLARITZA**; *Euskal Autonomia Erkidegoko ingurumen-kartografiaren sistema*. 1:25000 eskala (GESPLAN). 1999.
- **HOAG, G.E. & MORLEY, M.C.**; *Gasoline residual saturation in unsaturated uniform aquifer materials*. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING, 111 (3) alea, 586-604 or. 1986.
- **HUNTLEY, D.**; *Analytic determination of hydrocarbon transmissivity from baildown tests*. GROUNDWATER, 38. alea, 1 zk., 46-52 or. 2000.
- **IHOBE**; *Lurzoruaren poluzioa ikertzeko gidaliburu praktikoa*. 2002.
- **IHOBE**; *Lurzoruaren kalitatea: ebaluazioko balio adierazleak*. 1998.
- **IHOBE**; *Azterketa historikoari eta laginketaren diseinuari buruzko gida metodologikoa*. 1998.
- **IHOBE**; *Laginak hartzeari buruzko gida metodologikoa*. 1998.



- **IHOBE;** *Analisi kimikoari buruzko gida metodologikoa.* 1998.
- **IHOBE;** *Gizakien osasunerako eta ekosistemetarako arriskuen analisiari buruzko gida metodologikoa.* 1998.
- **IHOBE;** *Arriskuen analisiari buruzko gida metodologikoa: poluitzaileen migrazioa eta segimendua lurpean eta lurpeko uretan.* 1998.
- **IHOBE;** *Lurzoru poluituen ikerketaren eta berreskurapenaren segurtasunari buruzko gida teknikoa.* 1998.
- **IHOBE;** *Industria-hondakinak berreskuratzeko ingurumen-irizpideei buruzko gida teknikoa.* 1998.
- **LANEKO SEGURTASUN ETA HIGIENERAKO INSTITUTU NAZIONALA (LSHIN);** *“Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España” – 2004”.*
- **LANEKO SEGURTASUN ETA HIGIENERAKO INSTITUTU NAZIONALA (LSHIN);** *Prebentziorako Arau Teknikoa (PAT) 320: “Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas”.*
- **KAPLAN, I.R., et al.;** *Patterns of chemical changes during environmental alteration of hydrocarbon fuels.* GROUND WATER MONITORING REVIEW, 113. alea, 113-124 or. 1996.
- **KAPLAN, I.R., et al.;** *Forensic Environmental Geochemistry: differentiation of fuel-types, their sources and release time.* ORGANIC GEOCHEMISTRY, 27. aldea 5/6 zk., 289-317 or. 1997.
- **MARINER, P.E., et al.;** *An algorithm for the estimation of NAPL saturation and composition from typical soil chemical analyses.* GROUND WATER MONITORING REVIEW, 122. alea, 122-129 or. 1997.
- **NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH);** *Pocket Guide to Chemical Hazards.* 1997.
- **OSASUNAREN MUNDUKO ERAKUNDEA (OME);** *“WHO Guidelines for drinking water quality”.* 2003.
- **OSASUNAREN MUNDUKO ERAKUNDEA (OME);** *Air quality Guidelines.* 2002.
- **RISER-ROBERTS, E.;** *Bioremediation of petroleum contaminated sites.* C.K. Smoley. CRC Press. Boca Raton, FL, 197 or. 1992.

- 
- **TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON WORKING GROUP;** *Analysis of Petroleum Hydrocarbons in environmental media.* 1997.
  - **SENN, R.B., and JOHNSON, M.S.;** *Interpretation of gas chromatographic data in subsurface hydrocarbon investigations.* GROUND WATER MONITORING REVIEW, 7. alea, 1 zk., 58-63 or. 1987.
  - **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA);** *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites.* 510-B-95-007. 1995.
  - **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA);** *List of Drinking Water Contaminants & MCLs.* 2003.
  - **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA);** *Straight Talk on Tanks – Leak detection methods for petroleum underground storage tanks and piping.* 510-B-97-007. 1997.
  - **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA);** *Operating and Maintaining Underground Storage Tank Systems.* EPA, 510-B-00-008 2000.
  - **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA);** *Doing Inventory Control Right – For Underground Storage Tanks.* EPA, 510-B-93-004 1993.
  - **WIGGER, J.W.;** *Petroleum Hydrocarbon Fingerprinting - Numerical Interpretation Developments.* Environmental Liability Management, Inc., Tulsa, Oklahoma. 1997. <http://www.elmengineering.com/index.htm>.



**I. ERANSKINA: LURPEKO BILTEGIRATZE-INSTALAZIOEN  
LEGE-BETEBEHARRAK**



## I.1 Sarrera

Eranskin honetan laburtuta ageri dira indarrean dagoen legeriak gida honetan aztertzen ari garen gaiari buruz ematen dituen araurik nagusienak, alegia, erregaiak, motor-erregaiak eta produktu kimikoak biltegitratzen dituzten lurpeko instalazioak diseinatzeari, eraikitzeari eta martxan jartzeari buruzkoak.

Petrolio-produktuak biltegitratzeari dagokionez, hauek dira gai horri buruzko legerik eta araurik garrantzitsuenak:

- 2085/1994 Errege Dekretua, petrolio-instalazioei buruzko erregelamendua onartzen duena, eta MI-IP01 eta MI-IP02 arau tekniko osagarriak.
- 1562/1998 Errege Dekretua, MI-IP02 arau tekniko osagarria aldatzen duena.
- MI-IP01 arau tekniko osagarria (ITC) “Findegiak” .
- MI-IP02 arau tekniko osagarria (ITC) “Petrolio-likidoak biltegitratzeko parkeak”.
- 1523/1999 Errege Dekretua, petrolio-instalazioei buruzko erregelamendua eta MI-IP03 eta MI-IP04 arau tekniko osagarriak aldatzen dituena.
- MI-IP03 arau tekniko osagarria “Instalazioan bertan kontsumitzeko biltegiak”.
- MI-IP 04 arau tekniko osagarria (ITC) “Ibilgailuak hornitzeko instalazioak” .

ITC MI-IP 01 arauaren barruan daude petrolio-findegiak, petrolio-findegietako instalazio petrokimikoak eta haien ondoko biltegitratze-parkeak.

ITC MI-IP 02 arauak petrolio-likidoak biltegitratzeko parkeak arautzen ditu, horien helburua petrolio-likido hori soltean instalazio-mota hauetan banatzea bada: beste biltegitratze-instalazio batzuk, ibilgailuak hornitzeko instalazioak, instalazioan bertan kontsumitzeko erabiltzen diren biltegitratze-instalazioak eta hegazkin eta itsasontzietarako motor-erregaiak biltegitratzeko eta banatzeko instalazioak.

ITC MI-IP 03 arauaren aplikazio-eremuan, berriz, instalazio-mota hauek daude, besteak beste: batetik, industria-instalazio finkoak, bestetik, ibilgailuak ez diren ekipamendu eta makineriei erregaia edo motor-erregaia banatzeko instalazioak, eta, azkenik, berokuntzarako, klimatizaziorako eta ur bero sanitariorako erregaia biltegitratzeko instalazioak.

ITC MI-IP 04 arauaren aplikazio-eremuan instalazio-mota hauek daude: batetik, ibilgailuak erregai edo motor-erregai likidoekin hornitzeko instalazio berriak eta, bestetik, lehendik zeuden instalazioen zabalkuntzak eta aldaketak.

Produktu kimikoak biltegitratzeari dagokionez, hauek dira gai horri buruzko legerik eta araurik garrantzitsuenak:

- Apirilaren 6ko 379/2001 Errege Dekretua produktu kimikoak biltegitratzeari buruzko erregelamendua onartzen duena eta dekretu horren arau tekniko osagarriak (MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 eta MIE APQ-7).
- APQ-1 arau tekniko osagarria (ITC) “Likido sukoiak eta erregaiak biltegitratzea”.
- APQ-2 arau tekniko osagarria (ITC) “Etilen oxidoa biltegitratzea”.
- APQ-7 arau tekniko osagarria (ITC) “Likido toxikoak biltegitratzea”.

La tabla I-A que se incluye al final de este anexo resume los distintos requisitos legislativos y buenas prácticas medioambientales que a continuación se describen en los apartados referentes a instalaciones de almacenamiento de combustibles y carburantes, y productos químicos.

## **I.2 ERREGAIK ETA MOTOR-ERREGAIK BILTEGITRATZEKO INSTALAZIOAK**

Petrolio-instalazioei buruzko erregelamendua onartzen duen 2085/1994 Errege Dekretuaren eta erregelamendu hori aldatzen duen 1523/1999 Errege Dekretuaren arabera, hainbat baldintza bete behar dira lurperatutako tangak diseinatzeko eta instalatzeko, baita horrelako instalazioetan aldizka egin behar diren berrikuspen eta ikuskapenak egiteko ere. Arau horiek aplikatzen zaizkie petrolio-findegi handiei, petrolio-produktuak (A motakoak izan ezik) banatzen dituen biltegitratze-parke orori eta erregai eta motor-erregai likidoak biltegitratzen dituzten instalazioei (instalazioan bertan kontsumitzeko nahiz ibilgailuak hornitzeko direnean).

Hala, arau horien arabera, lurperatutako tanga berriak ihesak detektatzeko sistemarekin instalatu behar dira (ontzi hermetikoa buzo-tutuarekin, pareta bikoitza ihesak detektatzeko sistemarekin edo dagokion autonomia-erkidegoko erakunde eskudunak behar bezala baimendutako beste edozein sistema).

Halaber, beste instalazio batzuekiko edo jabetza-mugarekiko gorde behar den distantzia horizontala arautzen da. Distantzia hori ezberdina da biltegitratutako produktuaren, kantitatearen eta babes-sistemen arabera.

Tangak diseinatzeko hainbat UNE arau hartu behar dira kontuan. Baina araurik ez badago, ezaugarri hauek justifikatu behar dira: erabilitako materialaren erresistentzia, urez betetako tangaren erresistentzia mekanikoa, zamalanetako presioa eta depresioa, barneko edo kanpoko korrosioa dela-eta hartutako neurri osagarriak eta tangaren materialak likido jakin bat edukitzeko duen egokitasuna. Altzairuzko xaflekin, dentsitate handiko polietilenoarekin, beira-zuntzarekin

indartutako plastikoarekin edo beste material batzuekin egindako tangak erabil daitezke, baldin eta hermetikotasuna frogatzen bada. Pareta bikoitza duten tangen kasuan, bi paretak material berdinekoak edo desberdinekoak izan daitezke. Konpartimentutan banatutako tangak ere instala daitezke, produktu-mota ezberdinak edukitzeko.

Bestalde, tutueriak karbono-altzairuarekin, kobreakin, plastikoarekin edo beste material batzuekin egindakoak izan daitezke, betiere, UNE arau aplikagarriak betetzen badituzte edo laborategi ofizial akreditatu baten (Estaturak eta Europako Batasunekoak) ziurtagiria badute, erresistentzia kimikoa zein mekanikoa betetzen dela eta hidrokarburoen lurrinak ez direla iragazten ziurtatzeko. Altzairuzko eta burdinurtuzko tutueriak korrosioaren kontra babesteko, inprimazio antioxidatzailezko geruza bat eta hidrokarburoekin aldatzen ez diren estaldurak erabili behar dira. Tangak babes aktiboa badute, altzairuzko tutueriek jarraitutasun elektrikoa izango dute tangarekin; baina kobrezkoak badira, babes elektrikoa izango dute tangarekiko, tanga altzairuzkoa bada. Tangen, altzairuzko eta burdinurtuzko tutuerien eta kobrezko lurreko sare nagusiaren artean ez du kontakturik egon behar. Hori funtsezkoa da.

Tutuen arteko loturei edo horiek osagarriekin dituzten loturei dagokienez, ahalik eta lotura gutxienak egin behar dira. Loturen erresistentzia eta hermetikotasuna une oro ziurtatu behar dira, eta ezin dira lotura hariztatuak/bridatuak egin, ekipamenduen arteko loturak edo une oro ikuska daitezkeenak ez badira. Loturek akoplamendu azkarrekoak izan behar dute, beste material batzuekin talka egitean txinpartarik sortuko ez dutenak eta likidoaren garraiobidearekin eta karga-hartuneararekin bateragarriak direnak.

Tangak aireztapenerako tutueria bat izan behar dute (gutxienez 25 milimetroko diametrokoa tangaren ahalmena 3.000 litro edo gutxiago denean, eta 40 milimetrokoa gainerakoetan), eta irteera babestu behar da gorputz arrotzen aurka. Gasak irteteko leku horrek betetzeko zuloaren gainetik 50 zentimetrora egon behar du gutxienez, eta lurzorua mailatik 50 zentimetrora.

Gainera, ibilgailuak hornitzeko instalazioen kasuan, ustekabeko hidrokarburo-isuriak husteko drainatze-sareak edukitzeko obligazioa dago. Sare horiek ez dute utzi behar gasak irten edo meta daitezen, eta hidrokarburoekiko aldagaitzak, erresistenteak eta iragazgaitzak izan behar dute.

Bestalde, biltegitratze-instalazioak berrikusi egin behar dira aldizka (hogei urte baino gehiagoko instalazioak bi urtean behin, zazpi eta hogei urte artekoak hiru urtean behin eta gainerakoak funtzionamendu-baimena lortu zutenetik hamar urte betetzean).

Instalatutako babes-motaren arabera, lurperatutako tangak aldizka hermetikotasun-probak egiteko obligazioa izango dute edo ez. Adibidez, ez da beharrezkoa ihesak automatikoki detektatzeko sistema duten pareta bikoitzeko tangetan eta ontzi hermetikoan buzo-tutuarekin lurperatutako tangetan. Kasu horretan, astero begiratu behar da tutuan produkturik dagoen. Gainerakoak urtero berrikusi behar dira tanga beteta dagoela, eta bost urtean behin tanga hutsik eta gasgabetuta dagoela. Korrante inprimatuko babes katodikoa duten tangen funtzionamendua, berriz, hiru hilean behin begiratu behar da. Babes aktiboa berrikusteko maiztasuna tangaren (edo tanga-taldearen) ahalmenaren arabera izaten da (urtean behin ahalmena 60 m<sup>3</sup> baino



gehiago bada, bi urtean behin 10-60 m<sup>3</sup>-koa bada eta bost urtean behin 10 m<sup>3</sup>-tik beherakoa bada).

Erregai eta motor-erregaietarako altzairuzko tangak konpontzeko, UNE 53.991 arauaren bete-beharrak bete behar dira.

### **I.3 PRODUKTU KIMIKOAK BILTEGIRATZEKO INSTALAZIOAK**

Produktu kimikoak biltegitratzeko instalazio orok ziurtagiri berri bat egin behar du 5 urtean behin. Instalazio horiei aplikatzen zaien ITC araua betetzen dela frogatzen duten erakunde laguntzaileek egiten dute ziurtagiria. Bestalde, istripuren bat gertatuz gero, autonomia-erkidegoko organo eskudunari jakinarazi behar zaio berehala.

#### **LIKIDO SUKOIAK**

Likido sukoiak eta erregaiak biltegitratzeari buruzko ITC MIE APQ-1 arauaren arabera, andelak bereziki horretarako prestatutako zuloetan lurperatu behar dira. Horretarako, ikerketa geotekniko bat egin behar da, lurzorua nola asenta daitekeen jakiteko. Bestalde, andelak ezin du inoiz egon soto, zulo eta beste tanga batetik metro bat baino gutxiagora, zamalanetarako estazioetatik 8 metrora egon behar du gutxienez, eta jabetza-mugetatik 15 metrora.

Urak har ditzakeen eremuetan, tangak ainguratu egin behar dira hormigoizko (masan edo armatua) zimenduetan, eta nahiko pisu ezarri behar zaie urpean dauden tanga hutsak ez eramateko. Beste prozedura batzuen bidez ere ziurta daitezke. Likidoaren mailatik behera dauden tutuerien konexioek tangatik ahalik eta gertuen dauden balbulak edo itxiturak izatea komeni da, eta hauskorak ez diren materialez egindakoak izatea.

Gainera, lurperatutako andelak material geldo ez-korrosiboekin egindako geruza batekin inguratu behar dira (250 milimetrokoa, gutxienez), eta 600 milimetroko lur-geruza batekin edo 300 milimetroko lur-geruza batekin eta 100 milimetroko lodierako hormigoizko armatuzko lauza batekin estali behar dira (tangen gainean ibilgailuen zirkulaziorik badago, are babes handiagoa ezarri behar da). Andelak instalatuta dauden perimetroak markatuta egon behar du beti.

Tangen paretak eta tutueriak kanpoko korrosioaren aurrean babesteko, pinturak edo estaldurak, babes katodikoa edo korrosioarekiko erresistenteak diren materialak erabili behar dira. Konexio guztiek hermetikoak izan behar dute, eta ez diote likidoari pasatzen utzi behar. Betetzeko eta deskargatzeko tutueriek tangaren gainaldean egon behar dute, eta betetzeko lerroak gutxieneko malda bat izan behar du andelarekiko. Bestalde, biltegitratutako produktuaren ezaugarrien eta kantitatearen arabera egokiak diren haizate-sistemak eta tutueriak ezarri behar dira.

Lurperatutako tanga atmosferikoak estali edo martxan jarri baino lehen, probatu egin behar dira urarekin edo airearekin (0,2 bar baino presio manometriko handiagoan eta 0,35 baino

txikiagoan), eta ihes eta deformazio guztiak konpondu behar dira (ihesak ezin dira konpondu trinkotze metaliko bidez soldatutako ontzietan, sabaiko poroak izan ezik). Tutueriak, balbulak eta osagarriak ere probatu behar dira estali baino lehen.

## **ETILEN OXIDOA**

ITC MIE APQ-2 arauaren arabera, etilen oxidoa lurperatutako tangetan biltegitra daiteke, soilik, zirkunstantzia berezi batzuk aldi berean gertatzen badira. Zirkunstantzia horiek proiektuan justifikatu behar dira.

Lurperatutako ontziek zein aire zabalean instalatutakoek osagarri berberak izan behar dituzte, baina, lurperatutakoen kasuan, ontziaren gainaldean egon behar dute osagarri horiek. Tangak karbono-altzairuarekin edo altzairu herdoilgaitzarekin eraiki daitezke, eta ezin da erabili burdin galdaturik edo azetiluroak sor ditzaketen metalen aleaziorik (adibidez, kobrea, magnesioa edo merkurioa). Ahalik eta konexio gutxien ezarri behar dira tutuerien eta ontzien artean; hiru, ahal izanez gero: etilen oxidoa irteteko, sartzeko eta gas faserako.

Lurperatutako tutueriek ez dute isolamendu termikorik behar, baina korrosioaren aurrean babestu behar dira prozedura egokien bidez, batez ere izotza sortzeko arriskua dagoenean edo zirkulazioan dagoen likidoaren tenperatura inguruneko baino baxuagoa denean. Bestalde, tutuerien lotura guztiak soldatu behar dira, tutuerietan sortutako polimeroa garbitu behar denean tutueriak desmuntatzeko behar direnak izan ezik (brida bidezko loturak izan behar dute horiek). Nitrogenoarekin haizea emateko konexioak ere ezarri behar dira. Tutueriek eta konexioek 25 milimetroko diametroa izan behar dute, gutxienez.

## **KLOROA**

ITC MIE APQ-3 arauaren arabera, kloroa biltegitratzeko ez dira lurperatutako andelak instalatu behar.

## **LIKIDO TOXIKOAK**

ITC MIE APQ-7 arauak likido toxikoak dituzten produktuak lurpean biltegitratzeko segurtasun-baldintzak ezartzen ditu. Likido toxikotzat hartzen dira, substantzia arriskutsuak ontziratuta eta etiketatzeari buruzko legeriaren arabera, toxiko, oso toxiko edo kaltegarri gisa sailka daitezkeen likidoak.

Andel horiek lehendik zeuden oinarriak ez hondatzeko moduan instalatu behar dira, eta modu berean, ez dituzte eutsi behar eraikinen oinarriak, euskarriak edo beste ontzi batzuk. Edozein modutan, metro bateko distantzia egon behar du, gutxienez, andelaren edozein puntutatik soto edo zulo bateko paretara, jabetza-mugetara edo beste tanga batzuetara. Andelak urpean gelditu badaitezke, beharrezko neurriak hartu behar dira ontziak flota ez dezan.

Lurperatutako ontzi guztietan ihesen detekzio- eta euste-sistemak instalatu behar dira (adibidez, ontzi hermetikoa buzo-tutuarekin, ihesak detektatzeko pareta bikoitza... ).

Gainera, lurperatutako andelak material geldo ez-korrosiboekin (adibidez, are garbia edo ondo trinkotutako legarra) egindako geruza batekin inguratu behar dira (250 milimetrokoa, gutxienez), eta 600 milimetroko lur-geruza batekin edo 300 milimetro lur-geruza batekin eta 100 milimetroko lodierako hormigoi armatuzko lauza batekin estali behar dira (tangen gainean ibilgailuen zirkulaziorik badago, are babes handiagoa ezarri behar da). Halaber, presioa haizatzeko edo arintzeko sistemak ezarri behar dira. Sistema horien neurriak gai horri buruz indarrean dauden erregelamendu teknikoen arabekoak izango dira, eta, halakorik ez badago, betetzeko edo usteko tuturik handienaren tamaina izan beharko dute, gutxienez. Dena den, barne-diametroak inoiz ezin du izan 35 mm baino txikiagoa.

Haizatzeko-sistemetara egindako konexioak ontziaren gainaldean egin behar dira, proiektuan besterik esaten ez bada behintzat. Betetzeko tutuek malda izan behar dute ontziarekiko, eta likidoaren maila eskuz neurtzeko irekidurek –betetzeko tutuetatik bereizita badaude– likidoa ez irteteko tapoi edo itxitura hermetiko bat eduki behar dute. Tapoi edo itxitura hori maila neurtzen denean bakarrik ireki behar da. Likido oso toxikoak direnean, ezin dira konexio hariztatuak egin.

TANGEN EZAUGARRIAK		PREBENTZIO- ETA BABES-NEURRIAK	
DESKRIBAPENA ETA EZAUGARRIAK	POLUZIOA SORTZEN DUTEN ZIRKUNSTANTZIAK	DISEINUKO PREBENTZIO-NEURRIAK	BABES-NEURRIAK
<p>❖ Tamaina handiko ont i finkoa (normalean, 3.000 l baino gehiago), gehienetan itxia, eta likidoak edo gasak edukit eko erabilt en dena. Ont iaren ati bat lur honako egoten da. Erregaiak, lehengaiak, hondakin likidoak eta pro esuan landutako produktuko edukit di ta ake.</p> <p>❖ Produktu kimikoak biltegitrat eko erregelamenduari eta haren arau tekniko osagarrien (ITC) arabera, 0 eta 98 kPa arteko (1 kg/cm<sup>2</sup>) barne-presio manometrikoa jasateko diseinatuta dagoen ont ia da tanga.</p> <p>❖ Lurperatutako ont iak ITC arauen arabera prestatutako uloetan (ont i hermetikoak) instalatu behar dira.</p> <p>❖ Ont iak e du jasan behar eraikinen inmunduen eta euskarrien karga.</p> <p>❖ Likidoaren maila esku neurt eko lekidurak betet eko tutuetatik berei ita egon daite ke. Kasu horietan, likidoa e irretako tapoi edo itxitura hermetiko bat edukit behar dute, eta maila neurt en denean bakarrik ireki behar dira.</p> <p>❖ Normalean, alt airu ko xaflekin eraikit en dira eta, bat uetan, beira- unt arekin estali. Tangak egiteko dentsitate handiko polietilenoa, beira- unt arekin indartutako plastikoa edo beste material bat uk ere erabilt daite ke, baldin eta hermetikotasuna bermat en bada. Gehienek forma ilindrikoa i aten dute, eta pareta simple bat edo bikoit a i an de akete.</p> <p>❖ ITC arauak ematen ditu te ont i hermetikoan neurriak eta eraikunt a- e augarriak. Ont lek hermetikoak i an behar dute eta nahikoa ahalmen i an behar dute ihes bati eusteko.</p> <p>❖ ITC arauak berei keta hau egiten dute:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Tanga atmosferikoak (15 kPa-ko barne-presioa jasaten dute).</li> <li>o Presio baxuko tangak (15 kPa eta 98 kPa arteko barne-presioa jasaten dute)</li> <li>o Presiopeko andelak (98 kPa baino barne-presio handiagoak jasaten ditu te).</li> </ul>	<p>❖ Tangatik edo atxikipen-ont itik ihesa gertat ea, tangaren pareten korrosioetik edo hausturagatik.</p> <p>❖ Ihesaren ondorio poluit eko aukera handiagoa da adinarean eta bolumenaren arabera, mantent e-lanik eta kontrollik egiten e bada eta tangaren edukiarant eko eta kokapenerako material desegokiak erabilt en bada.</p> <p>❖ 2.1. puntuan (kargarako eta deskargarako puntuak) dauade deskribatuta betet e-lanen ondorio gertat en diren isurketak, eta 2.2. puntuan tutuerietako isurketak.</p>	<p>❖ UNE arauen gisako arau estadari atxiki erabilti behar dira tangak eraikit eko: UNE-EN 976-1, UNE 53432, UNE 53496 UNE 62350, UNE 62351 eta UNE 62352.</p> <p>❖ Lur oruaren e augarri geoteknikoel buru ko ikerketa bat egin behar da erresistent ia, denborarekin eta maila freatikoa kontuan hartuta i an dit akeen asentuek eta eremuaren e augarri sismikoak).</p> <p>❖ Tangak material bere iekin eraiki behar dira (beira- unt a edo unt e ko estaldura duen alt airua) eta paretek lodiera nahikoa i an behar dute korrosiorik e gertat eko.</p> <p>❖ Korrosioaren aurkako babesa, pinturak eta estaldurak eta babes katodiko sistemak (anodo sunitzigarrien edo korronte inprimatuaren bide ) erabilt behar dira.</p> <p>❖ Asentu desberdinak saihesteko imenduek eta aingurat eak erabilt behar dira. MIE APQ arauaren arabera, Zimenduen eta aingurat een materialak e diote korrosiorik sortu behar tangari.</p> <p>❖ Tangak mekanikoki erresistentea i an behar du; lurraekin eta ibilgailuen irkula ioari kaltetik e egiteko.</p> <p>❖ Andelera egindako konexio gu tietan, alt airu ko blokeo- balbula bat jarri behar da andelaren eta tutuerien artean. Tanga eraikit eko, presiopeko aparatuei buru ko erregelamenduetan dioena bete behar da (a. araoen 2.3ko 1.504/1990 Errege Dekretua, apirilaren 4ko 1244/1979 Errege Dekretuak onartutako presiopeko aparatuei buru ko erregelamendua aldat en duena).</p>	<p>Instala ioen kudeaketa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Mantent e-lanetarako programak, helburu hauetarako: <ul style="list-style-type: none"> <li>o egiturak (tangaren paretak, imenduek, atxikipen-ont ia), babes katodiko sistemak eta bolumenaren maila kontrolat eko sistema automatikoak...</li> <li>o tangaren hartuean ura sar dadin saihestea eta, aldi ka, isurketak eta sedimentuak kent ea.</li> <li>o hai at e-tutuerien buxadurak kent ea.</li> <li>o erregaiak eta motor-erregaiak ditu ten alt airu ko tangak konpont eko, UNE 53.991 txostenean aipat en diren betebeharrak bete behar dira (Plastikoak, Petrolio-produktu likidoak biltegitrat eko andel metalikoak plastiko indartuekin konpont ea eta estalt ea).</li> </ul> </li> <li>❖ Ikuskapen- eta kontrol-programak (ITC MIE APQ eta MI-IP arauen arabera): <ul style="list-style-type: none"> <li>o hermetikotasun-probak,</li> <li>o produktuko-mailaren eta adiera leen, balbulen, presioa arint eko sistemaren eta osagarrien egoera</li> <li>o pareten egoera eta lodieren neurketa (ikuskapenean erabilt hondatu dela ikusten bada),</li> <li>o tangaren barrualdea ikuskat ea: paretak eta estaldurak,</li> <li>o ont i hermetikoetako detek io-sistemak kontrolat ea, aldi ka eta sistematikoki igutxiene , hilean behin),</li> <li>o etengabeko ainketa tanga bete edo husteko lanetan</li> <li>o bolumenaren maila kontrolat eko sistema automatik atxiki</li> <li>o produktua maila esku kontrolat ea hagen bide . Tangaren hondoa hondatu e duten materialak behar dira ( unt a, plastikoa... ),</li> <li>o i aken kontrola (produktuak bat etorrara teko inbentarioak: horniketa, biltegitrat ea eta kontsumoa).</li> </ul> </li> <li>❖ Larrialdiarako plana eta jarduteko bitartekoak, ihesen bat gertat en denerako (istripu larriak prebenit eko politika eta segurtasun-txostena definitu 1254/1999 E-aren arabera).</li> <li>❖ MIE APQ arauak eskatutako distant iak mantent ea instalat ioen eta tangen artean.</li> <li>❖ Tangak biltegitrat e-parkeetan kokat ea.</li> <li>❖ Tangak put uetatik eta biltegitratueetatik urrun kokat ea.</li> <li>❖ Gaina aleko tangak erabilt ea.</li> <li>❖ Erregai likidoen orde beste energia bat uk erabilt ea (adibide , gas naturala).</li> <li>❖ Tangak itxeto eta isolat eko plana.</li> <li>❖ Ingurumen-kudeaketarako sistema.</li> <li>❖ Langileen prestatunt a egokia.</li> <li>❖ Seinaleak jarri ea: tangaren edukia, arrikuak, hartu beharreko neurriak... ITC MIE APQ-001, ITC MIE APQ-006 araudiaren, 485/1997 Errege Dekretuaren eta 363/1995 Errege Dekretuaren arabera.</li> <li>❖ Kudeaketa oneko jardunbideak betet ea egiten diren lan gu tietan. Antolaketak-neurriak:</li> <li>❖ Substant iak e augarrien arabera banat ea.</li> <li>❖ Arrisku gutxiagoko lehengaiak.</li> </ul>
TANGEN EZAUGARRIAK		PREBENTZIO- ETA BABES-NEURRIAK	
DESKRIBAPENA ETA EZAUGARRIAK	POLUZIOA SORTZEN DUTEN ZIRKUNSTANTZIAK	DISEINUKO PREBENTZIO-NEURRIAK	BABES-NEURRIAK



**II. ERANSKINA: ARRISKUAK EBALUATZEKO ETA KUDEATZEKO  
METODOLOGIEN LABURPENA**



## II.1 SARRERA

Gaur egun, gehienek onartzen dute lurzorua poluzioaren arazoa konpontzeko arriskuak kudeatzeko metodologia bat behar dela, kasu jakin bakoitzak gizakiaren osasunari eta ekosistemei sortzen dizkien arriskuak ebaluatu ondoren definitutako jardura zuzentzaileetan oinarrituko dena.

Tradizioz, kontzeptu independentetzat hartu dira arriskuen kudeaketa eta ebaluazioa, eta ebaluazioan identifikatutako arriskuak arintzeko neurriak martxan jartzeko modutzat hartu da kudeaketa. Ikuspegi filosofikotik begiratuta, banaketa horrek zentzua badu ere, praktikan, bereizita aplikatzen badira, arazoak sor daitezke. Izan ere, neurri zuzentzaileei buruzko erabakiak arriskuen ebaluazioan oinarritzen dira soil-soilik, eta ez dituzte kontuan hartzen arazoaren alderdi ekonomikoak eta soziopolitikoak.

Hasieran, kokaleku poluituek sortzen dituzten arriskuen ebaluazioa egiteko “kasurik kaltegarrienaren” edo “arrazoizko kasurik kaltegarrienaren” ikuspegia erabiltzen zen (batez ere, Estatu Batuetan). Hau da, ikuspegi horren bidez, poluzioaren eragin maximoa jasaten zuen pertsona baten balizko kasua babesten zen (kokalekuan bizi den pertsona bat, poluzioaren eragina esposizio-bide guztietatik jasaten duena). Baina hori gertatzea ia ezinezkoa da eta ez da batere errealista. Ikuspegi hori aplikatu zuten kokaleku batzuetan, egoera konpontzeak kostu handiak sortu zituen, eta komunitateari onura gutxi ekarri zizkion. Izan ere, baliabide gehiegi erabili ziren (publikoak zein pribatuak), beste kokaleku batzuetan erabil zitezkeen baliabideen kalterako.

Esperientzia horiek ikusita, Estatu Batuetako agintariak eta petrolio-industriak berak ere hainbat aurrerapen egin dituzte azken hamarkadan. Horren adierazgarri dira arriskuak ebaluatzearen eta kudeatzearen arloko azken joerak erakusten dituzten bi dokumentu hauek:

- Standard Guide for Risk-Based Corrective Action. ASTM E 2081. 2000.
- European Oil Industry Guideline for Risk-Based Assessment of Contaminated Sites. CONCAWE report no. 3/03. 2003

Bi dokumentu horietan, lurzoria poluitzearen ondorioz sortutako arriskuak ebaluatzeari eta kudeatzeari buruzko metodologiak garatzen dira.

Metodologia horiek hiru etapetan banatutako hurbilpen batean oinarritzen dira. Etapa bakoitzak aurrekoak baino datu gehiago eta errealistagoak eskatzen ditu, baina hiru etapetan maila berean babestu behar dira gizakien osasuna eta ekosistemak. Halaber, kokalekuko arrisku-mailaren araberako neurri koherenteak hartu behar dira.



## **II.2 RISK-BASED CORRECTIVE ACTION GIDA**

### **II.2.1 SARRERA**

*American Society for Testing and Materials* (ASTM) erakundeak metodologiari buruzko lehenengo gida argitaratu zuen 1995ean: Risk-Based Corrective Action (RBCA). Gida hori (E-1739) petrolioaren hidrokarburoen ihesak edo isurketak gertatzen diren kokalekuetako arriskuen kudeaketari buruzkoa da. 2000 urtean, ASTMk E-2081 gida orokorra argitaratu zuen. Edozein izaeratako poluzioei buruzkoa da, eta, beraz, lurzorua poluzioaren ondorioz gertatzen diren arriskuen esparru guztia hartzen du bere baitan.

Aipatutako bi gida horietan, prozesu mailakatu baten gisako sistema egituratua deskribatzen da, gizakien osasunari eta ingurumenari sortutako arriskuei buruz erabakiak hartzeko eta ebaluazioa egiteko. Ingurumenean aska daitezkeen konposatuaren ezaugarri fisiko-kimikoen ezaugarriak oso heterogeneoak izateagatik arrisku-mota asko egon daitezkeen kokalekuen kasuan, RBCA gidak kontuan hartzen du dibertsitate hori arazora hurbiltzeko faseen sisteman. Hala, kokalekuaren ezaugarri espezifikoetara egokitzen ditu jarduera zuzentzaileak.

### **II.2.2 IRISMENA**

RBCA prozesua jardueren segida orokor batean oinarritzen da. Kokaleku batean poluzioa egon daitekeela susmatzen denean sortzen da prozesu hori. Prozesuan egiten den arriskuen ebaluazioa integratuta dago jardueren karakterizazioarekin eta neurri zuzentzaileekin, gizakien osasuna eta ingurumena babestuko direla ziurtatzeko.

RBCA metodologiak proposatzen dituen faseetan (*tiers*) aurrera egiten den heinean, denbora eta diru gehiago inbertitu behar da, fase bakoitzak aurrekoak baino informazio gehiago biltzea eskatzen baitu. Aldi berean, lehenengo faseko irizpide orokor eta kontserbatzaileen ordeztu, pixkanaka, kokalekuko berariazko balioak hartzen dira kontuan ondorengo etapetan. Modu horretan, ez dira hain helburu zorrotzak jarri behar berreskuratze-jarduerak martxan jartzeko. Dena den, gizakien osasuna eta ingurumena modu berean babestu behar da prozesu guztian.

### **II.2.3 APLIKATZEKO PROZEDURA**

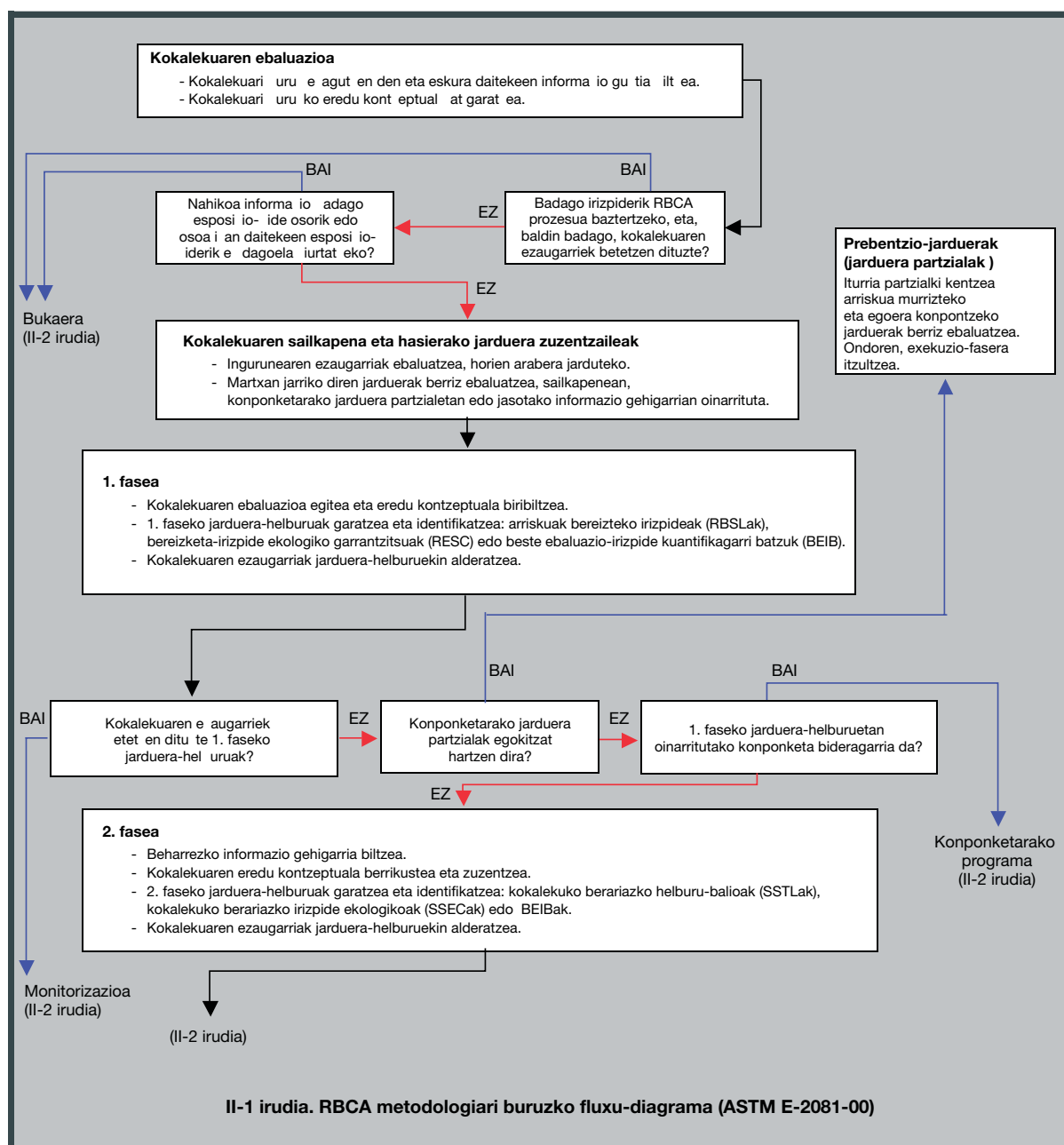
RBCA prozesu bateko eginbehar eta erabakien segida ageri da ondorengo fluxu-diagraman. Prozesuak fase nagusi hauek ditu:

### II.2.3.1 Aurretiazko fasea

Aurretiazko fasean, pauso hauek eman behar dira:

- *Kokalekuaren aurretiazko ebaluazioa*. Horren barruan, eginbehar hauek bete behar dira:
  - Kokalekuan egindako jardueri eta gertatutako istripuei buruzko informazio historikoa;
  - Istripuarekin lotutako poluitzaileak identifikatzea;
  - Poluzio iturri nagusia(k) lokalizatzea;
  - Poluitzaileek lurzoruan edo uretan dituzten kontzentrazio maximoak zehaztea;
  - Esposizio-guneak, alegia, poluzioaren hartzaile potentzialak (inguruneak eta gizakiak) identifikatzea;
  - Garraio- eta esposizio-bide potentzialak identifikatzea;
  - Ingurunearen erabilerak eta etorkizunean izan ditzakeen aldaketak zehaztea;
  - Interesgunearen ezaugarri geologiko/hidrogeologikoak zehaztea; eta
  - Hartzaile potentzialek jasan ditzaketen inpaktuak kualitatiboki ebaluatzea.
- Kokalekuaren sailkapena eta hasierako jardura zuzentzaileak: bildutako informazioaren bidez, kokalekua sailkatzen da. Horretarako, arrisku potentzialak agertzea eta arrisku horien berehalakotasuna erabiltzen dira irizpide gisa. Hala, kokaleku-mota bakoitzak hasierako jardura zuzentzaile jakin batzuk ditu. Horien bidez, batetik, gizakien osasunak edo ekosistemek berehala jasan dezaketen edozein inpaktu saihestu nahi da, eta, bestetik, RBCA prozesuan zehar gerta daitezkeen inpaktuak minimizatu nahi dira. Adibide modura, gidak sailkapen hau ematen du:
  - 1) Gizakien osasunean, segurtasunean edo ingurumeneko hartzaile sentikorretan berehalako mehatxua sortzen duten kokalekuak.
  - 2) Gizakien osasunean, segurtasunean edo ingurumeneko hartzaile sentikorretan epe laburreko (2 urte arte) mehatxua sortzen duten kokalekuak.
  - 3) Gizakien osasunean, segurtasunean edo ingurumeneko hartzaile sentikorretan epe luzeko (2 urte baino gehiago) mehatxua sortzen duten kokalekuak.
  - 4) Gizakien osasunean, segurtasunean edo ingurumeneko hartzaile sentikorretan epe luzeko mehatxuak sortuko direla frogatu ezin den kokalekuak.

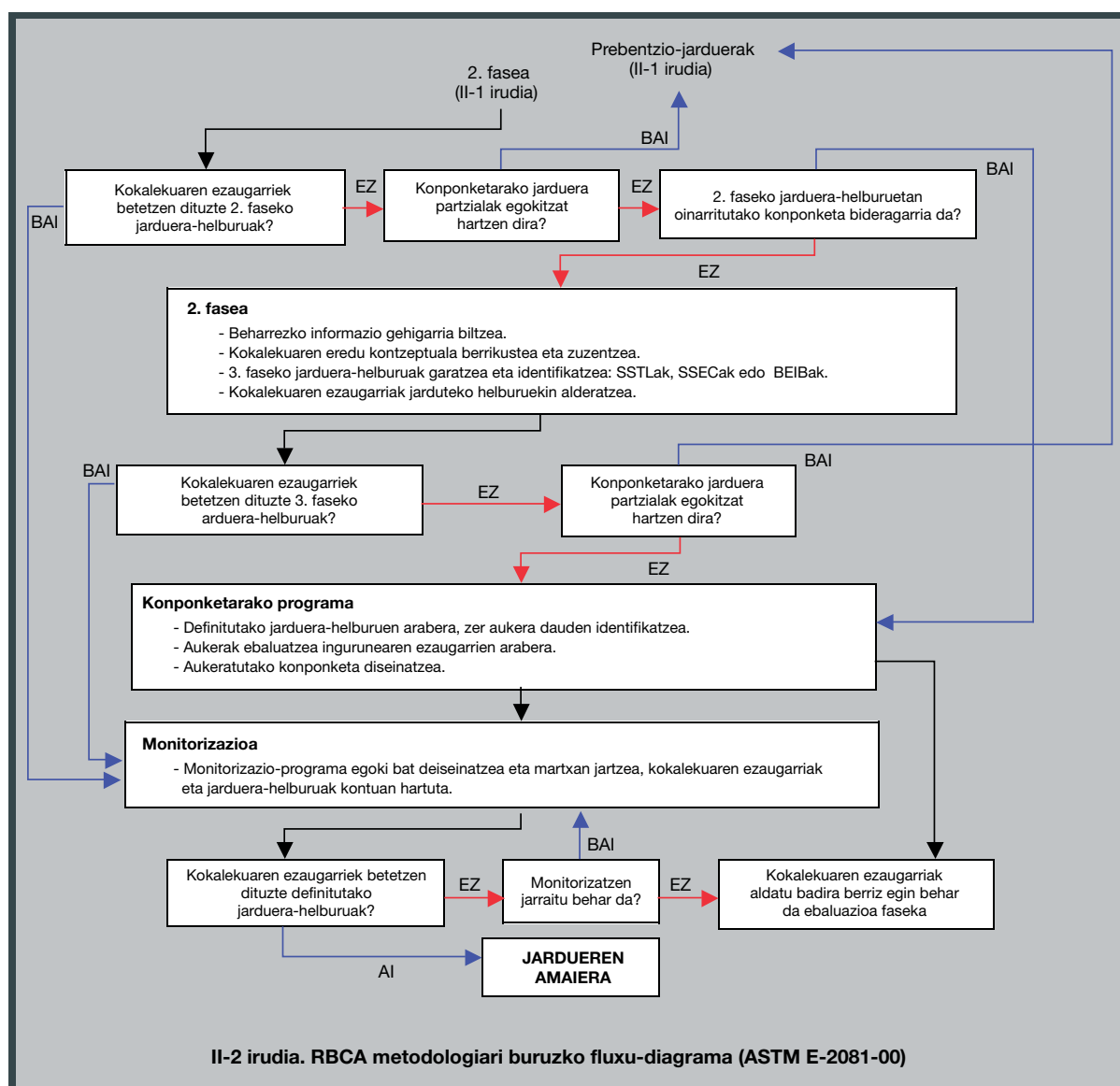
II-1 eta II-2 irudietan, RBCA prozesua agertzen da eskematikoki.



### II.2.3.2 1. fasea

1. fasean lan hauek egin behar dira:

- Aurretiazko fasean egindako eredu kontzeptuala modu sakonean garatu eta zehaztu behar da.
- RBSL balioen (*Risk-Based Screening Levels*) taulak egin behar dira. Poluitzaileek hainbat inguruetan (lurzorua, ura, airea) dituzten kontzentrazioak adierazten dituzte RBSLek. Kontzentrazio horiek lortzeko abiapuntu gisa, esposizio-gune estandarretako arriskuen azterketa kuantitatiboak –“arrazoizko esposizio maximoaren” balioetan eta USEPAk gomendatutako parametro toxikologikoetan oinarrituak– erabiltzen dira. RBSLek izaera kontserbadorea dute



balio bibliografikoetatik—eta ez kokalekuko berariazko balioetatik— esposizio-parametroetatik eta inguruneen ezaugarri fisiko-kimikoetatik eratortzen baitira. Taula horiek esposizio-bide potentzial bakoitzerako (zuzenak eta zeharkakoak) egiten dira (zeharkako esposizio-bideen kasuan, poluitzaileen garraioari buruzko eredu arruntak aplikatzen dira). ASTMk egindako gidek RBSLen taulak dituzte adibide gisa, eta balio horiek kalkulatzeko behar diren algoritmo matematikoak ere ematen dituzte. Balio horiek erabiltzeko, arrisku-analistaren irizpidea hartu behar da kontuan. Gidaren arabera, TPH (*Total Petroleum Hydrocarbons*) parametro analitikoa ez da erabili behar arriskuak aztertzeko, ez baitu nahikoa informazio ematen poluitzaile espezifikoaren kontzentrazioei buruz.

- RBSLen ordean, 1. fasean jarduerak-helburu gisa erabiltzeko beste irizpide batzuk ere erabili daitezke: bereizketa-irizpide ekologiko garrantzitsuak (*Relevant Ecological Screening Criteria* edo *RESC*) edo beste ebaluazio-irizpide kuantifikagarri batzuk (*Other Reasonable*

*Measureble Criteria.* Gida honetan deskribatutako BEIBen antzekoak dira). RESCak kolakeku jakin batekoak ez diren gida-balio ekologikoak dira, eta habitat jakin batzuei aplikatzen zaizkie. BEIBen adibideak: legezko mugak, hitzartutako irizpideak, irizpide estetikoak eta lurpeko ura babesteko balioak.

- Kokalekuaren ezaugarriak RBSLekin, RESCekin eta BEIBekin alderatu behar dira: kokalekuan aurkitutako poluitzaileen kontzentrazio maximoak RBSLekin, RESCekin eta BEIBekin alderatzen dira zuzenean. Horretarako, ikerketa-eremuko hondoko balioak hartu behar dira kontuan beti, jarduera-helburuak baino handiagoak izan baitaitezke. Konparazio hori egin ondoren, RBSLak, RESCak eta BEIBak gainditzen dituzten kontzentrazioen esposizio-guneak identifikatu behar dira.
- Esposizio-guneak ebaluatzeko eskema bat bete behar da. Tresna horren bidez, lehenengo mailako eta bigarren mailako poluzioguneak, garraio-mekanismoak eta esposizio-bideak identifikatzen dira, eta hartzaile potentzialak karakterizatzen dira lurzoruaren erabilera eskematikoen bidez (etxebizitzak, merkataritza, industria... ). Eskema hori oinarri gisa hartuta, zer neurri zuzentzaile aplika daitezkeen erabakitzen da.
- 1. faseko emaitzak ebaluatzeko, aurkitutako poluitzaileen kontzentrazioak edo adostasun-puntu deitutakoetan zenbatetsitakoak dagozkien RBSL, RESC edo BEIBekin –aurrez erabakitakoak– alderatzen dira. Adostasun-puntuak poluzio-iturriaren eta esposizio-puntuaren artean egoten dira. E-2081 arauko 6.7.1.3 puntuan daude araututa.
- RBSL, RESC edo BEIBen balioak gainditzen badira, jarduera hauek egin daitezke:
  - Berreskuratze-jardueren programa: poluzioguneak partzialki kentzea, tratatzea, euste-neurriak hartzea... (jarduera horietako bat egin daiteke edo bat baino gehiago konbina daitezke).
  - Poluzioa gehiago zabal dadin saihesten duten prebentzio-neurriak, prozesuaren edozein fasetan. Jarduera horien bidez, normalean, poluzio-iturria kendu edo tratatu egiten da, kokalekuaren hasierako sailkapena aldatzeko eta beste ebaluazio bat egiteko. Kudeaketa-neurriak ere har daitezke: adibidez, kokalekuan sartzea debekatzea edo poluituta egon daitezkeen guneen erabilerak aldatzea.
  - Ebaluazioaren hurrengo fasea gauzatzea.

Kontzentrazioek ez badituzte gainditzen RBSL, RESC edo BEIB balioak, RBCA prozesua amaitu dela ondorioztatu daiteke, betiere, bermatzen bada kontzentrazio horiek ez direla gehiago gaindituko adostasun-puntuetan.

### **II.2.3.3 2. se**

Bigarren fasean, adostasun-puntuetakoko helburu-kontzentrazioak zehatz daitezke, kokalekuari buruzko berariazko datuen bidez (inguruneen ezaugarriak, esposizio-parametroak... ). Helburu-kontzentrazioak (*Site-Specific Target Levels* edo SSTLak) dira berreskuratze-jarduerak aplikatu ondoren lortu beharko liriatekeen kontzentrazio-mailak (helburu-kontzentrazio horiek

kokalekuaren berriazko ezaugarrietan oinarritutako arriskuen azterketa egin ondoren zehazten dira). Normalean, 1. fasean baino informazio gehiago behar da 2. fasean, baina, askotan, ez du eskatzen ahalegin handiagoa egitea.

Bestalde, 2. faseko jardura-helburuak kokalekuko berriazko irizpide ekologikoak (*Site-Specific Ecological Criteria* edo SSEC) edo BEIBak izan daitezke. Ekosistemiari sortutako arriskuen azterketa batean oinarrituta kalkulatzen diren irizpide ekologikoak dira SSECak.

Bigarren fasean, kontuan hartu beharreko zeharkako esposizio-bideak eta kokalekuko berriazko adostasun-puntuak identifikatzen dira. SSTLak kalkulatzeko nahiko eredu sinpleak erabiltzen dira, eta datu hauek hartzen dira kontuan: distantziaren eraginez poluitzaileek izan dezaketen indargabetze naturala, degradazio-prozesuak... Poluzio-iturrian kalkulaturako SSTLak eta adostasun-puntuetan kalkulaturakoak ez dira berdinak izaten, normalean.

Bigarren fasean egindako ebaluazioaren bidez, adostasun-puntuetan SSTL, SSEC eta BEIBak gainditzen dituzten poluzio-kontzentrazioek izan ditzaketen esposizio-guneak identifikatzen dira. Kontzentrazioek balio horiek gainditzen badituzte, 1. fasearen amaieran aipaturako jarduerak jar daitezke martxan.

### **II.2.3.4 3. se**

Hirugarren fasean, poluzio-iturriko eta adostasun-puntuetak SSTL, SSEC edo BEIBak kalkulatzeko, poluitzaileak garraiatzeari eta zabaltzeari buruzko datu estatistiko konplexuagoak eta sofistikatuagoak erabiltzen dira. Datu horiek lortzeko, kokalekuko berriazko parametroak –esposizio-bide zuzenei nahiz zeharkakoei buruzkoak– erabiltzen dira. Gizakien osasunerako eta ekosistemarako arrisku onargarria sortzen duten esposizio-puntuetak poluitzaileen kontzentrazioak adierazten dituzte SSTLek. Fase honetan, aurrekoan bezala, beste ondorio gehigarri batzuk ere har daitezke kontuan SSTLak kalkulatzeko.

Bestalde, 3. fasean, datu gehiago behar izaten dira, eta ahalegin handiak egin behar dira kokalekuari buruzko ezaugarrien ereduak egiteko. Hala, batzuetan, lurpeko uretako poluitzaileak zabaltzeari buruzko eredu matematikoak eta Monte Carloko azterketa iragarleak (probabilitatezko aldagaiak erabiltzen dituen metodoa) erabili behar izaten dira, eta gainera, kokalekuari buruzko azterketa gehigarriak egin behar izaten dira, ereduaren fidagarritasuna bermatzeko behar den adina informazio lortzeko.

Bigarren fasean bezala, 3. faseko ebaluazioa egiteko, SSTL, SSEC eta BEIBak gainditzen dituzten poluzio-kontzentrazioek izan ditzaketen esposizio-guneak identifikatzen dira. Kontzentrazioek balio horiek gainditzen badituzte, beharrezko neurri zuzentzaileak jarri behar dira martxan 3. fasean ezarritako helburuak (SSTL, SSEC edo BEIB) betetzeko.

### II.2.3.5 Kontrol et segimendu

Askotan, beharrezkoa izaten da prozesuaren kontrola eta segimendua egitea, kokalekuan martxan jarritako berreskuratze-neurriak eraginkorrak direla egiaztatzeke eta kokalekuaren ezaugarriak hobetu diren edo ez jakiteke. Gainera, berreskuratze-neurri batzuek funtzionatzeko, mantentze-lanak egin behar dira (euste-neurriak, kasu).

## II.3 CONCAWE GIDA

Estatu Batuetako eta Europako esperientziak oinarri gisa hartuta, segurtasunaren, osasunaren eta ingurumenaren aldeko Europako petrolio-enpresen erakundeak (CONCAWE) gida bat egitea erabaki zuen, eremu poluituak ebaluatzeko arriskuei buruzko azterketatik abiatuta. 1997an *European Oil Industry Guideline for Risk-Based Assessment of Contaminated Sites* izeneko 2/97 dokumentua argitaratu zuen CONCAWEk, eta 2003ko uztailean argitaratu zen dokumentu hori eguneratzen eta ordezkatzeko azken gida (*European Oil Industry Guideline for Risk-Based Assessment of Contaminated Sites (revised)*) izeneko 3/03 dokumentua). Gida horren oinarriko ikuspegiak bat egiten du RBCAekin, baina Europako herrialde gehienetan nagusitzen diren ezaugarrietara egokituta dago.

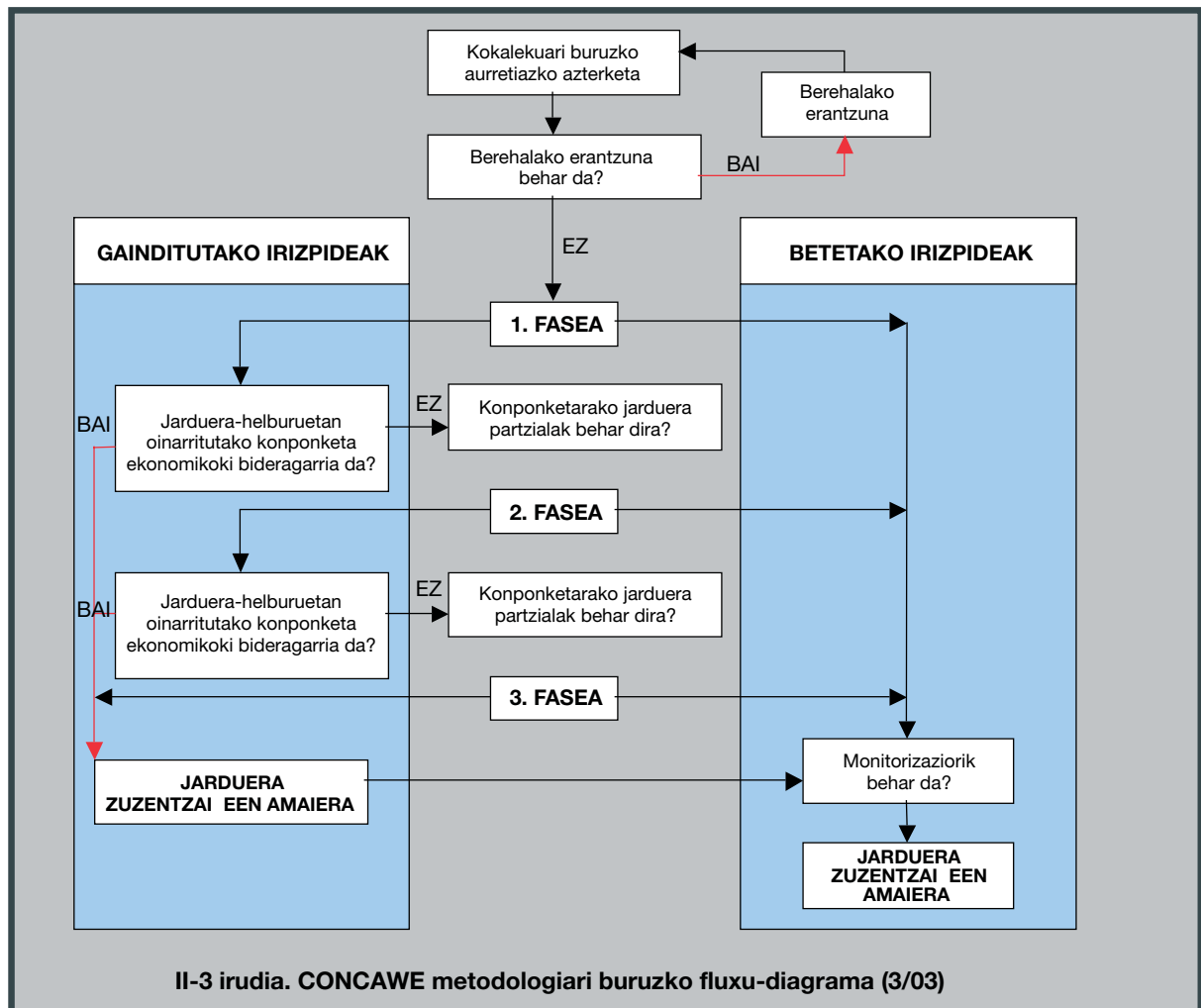
Halaber, CONCAWE gidak fasetan banatutako prozedura bat ezartzen du petroliotik datozen hidrokarburoek poluitutako kokalekuan aplikatu beharreko neurri zuzentzaileen beharri eta irismenari buruzko erabakiak hartzeko. RBCA prozesuan bezala, kokalekuari buruzko informazio gutxirekin ekiten zaio CONCAWE gidak proposatzen duen prozesuari, eta, horregatik, izaera kontserbadoreko irizpide orokorrak erabiltzen dira hasieran. Prozesuan zehar egiten diren ikerketa eta azterketen bidez, gero eta datu gehiago eskuratzen dira kokalekuaren berriazko ezaugarriei buruz, eta, hala, kokalekuaren arazoari lotuago dauden erabakiak har daitezke.

CONCAWE prozesu bateko eginbehar eta erabakien segida ageri da II-3 irudian.

### II.3.1 CONCAWE et ASTM metodologiaren arteko antzekotasunak

Hauek dira RBCA eta CONCAWE prozesuen arteko antzekotasun nagusiak:

- Bi prozesuetan, modu arrazional eta koherentean hartzen dira aplikatuko diren neurri zuzentzaileei buruzko erabakiak.
- Biak arriskuei buruzko ebaluazioan oinarritzen dira. Beraz, erabakien helburu nagusia arriskuak murriztea da, kokaleku bakoitzaren ezaugarri bereziak kontuan hartuta.
- Biek fasetan banatutako prozedura progresibo bati jarraitzen diote. Fase bakoitzean, irizpide kontserbadoreen eta kokalekuari buruzko datuen arteko oreka lortu behar da.



- Bi prozesuek kokalekuko arrisku espezifikoak murriztean oinarritzen dituzte neurri zuzentzaileei buruzko erabakiak.
- Bi prozesuetako lehenengo fasean edo mailan, arriskuak bereizteko irizpideak (RBSLak) erabiltzen dira.
- Biek kokalekuko adostasun-puntu espezifikoak hartzen dituzte kontuan helburu-balioak (SSTLak) kalkulatzeko.
- Bi prozesuetan antzeko esposizio-bide eta algoritmoak erabiltzen dira esposizio-mailak kalkulatzeko.
- Askotan, datu-base beretik jasotako datu fisiko-kimiko eta toxikologikoak erabiltzen dituzte.



### II.3.2 BCA et CONCAWEren arteko ezberdintasunak

RBCA eta CONCAWE gidak ezberdinak dira, oro har, Estatu Batuetako eta Europako lege-esparruak ezberdinak direlako eta legeri bakoitzak modu ezberdinean heltzen diolako lurzoru poluituen arazoari. Dena den, bi giden artean ez dago ezberdintasun nabarmenik. Kokaleku batean bi metodologiak aplikatuko balira, antzeko emaitzak lortuko lirateke.

Hauek dira bi ikuspegiaren arteko ezberdintasunak:

- CONCAWE ereduari, 1. faseko RBSL balioak lortzeko, Monte Carlo simulazio-teknika erabili daitezke. Modu horretan, ziurgabetasunak modu esplizituan zehazten dira, eta ez dago “arrazoizko kasurik kaltegarriena” erabili beharrik (balio hori kontserbadorea eta zalantzarikoa izaten da).
- CONCAWE ereduari, 2. eta 3. fasean, lurzoruan eta lurpeko uretan neurtutako poluitzaileen kontzentrazioak erabili daitezke esposizio-puntuetan identifikatutako hartzaileen arrisku-mailak kalkulatzeko. RBCA ereduari, ordea, esposizio-puntuetako arrisku-maila onargarriak definitzen ditu, eta, kalkulu alderantzikatu baten bidez, arrisku-maila onargarria sortzen duten helburu-kontzentrazioak zehazten ditu. Normalean, kokaleku bereko helburu-kontzentrazioak ezberdinak izaten dira 2. eta 3. fasean.
- CONCAWE metodologiak jarduera-esparru bat ezartzen du arriskuen azterketa fasea egiteko, baina ez du algoritmo matematikorik ematen azterketa hori egiteko. ASTMren metodologiak, aldiz, RBSLak kalkulatzeko zer eredu matematiko behar den zehazten du.
- Esposizioari eta toxikotasunari buruz Europakoak bakarrik diren datuak erabiltzeak ere ezberdintzen ditu. Bestalde, CONCAWE ereduari haur-populazioa hartzen da kontuan hartzaile potentzial modura, eta ez populazio heldua bakarrik, RBCAn egiten den bezala. Azkenik, CONCAWE ereduari arriskuen ebaluazioan TPHak (petroliotik datozen hidrokarburo osoak) erabiltzeko aukera ematen duen metodologia erabiltzen du, eta RBCAk ez.
- Bukatzeko, bi erakunde publikoen (ASTM eta Europako petrolio-industria ordezkatzeko CONCAWE erakundea) ikuspuntuaren arteko ezberdintasuna azpimarratu behar da. Hala, CONCAWEren arabera, neurrien bideragarritasun ekonomikoa –balizko saneamendu-fase batena zein hiru faseetako bakoitzean ezarritako RBSLena– kontuan hartu behar da ebaluazio-prozeduraren planteamendu orokorra egiten denean. ASTMk, ordea, ez dio lehentasunik ematen alderdi horri.

**III. ERANSKINA: EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO INGURUNE  
FISIKOAREN EZAUGARRI HIDROGEOLOGIKOAK**



### III.1 EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO INGURUNE FISIKOAREN EZAUGARRI HIDROGEOLOGIKOAK

III. 1 irudian laburtuta ageri dira Energiaren Euskal Erakundeak (EEE) 1996an argitaratutako Euskal Autonomia Erkidegoko mapa hidrogeologikoan (1:100.000 eskala) definitutako Euskal Autonomia Erkidegoko eremu hidrogeologikoak eta unitate hidrogeologikoak.

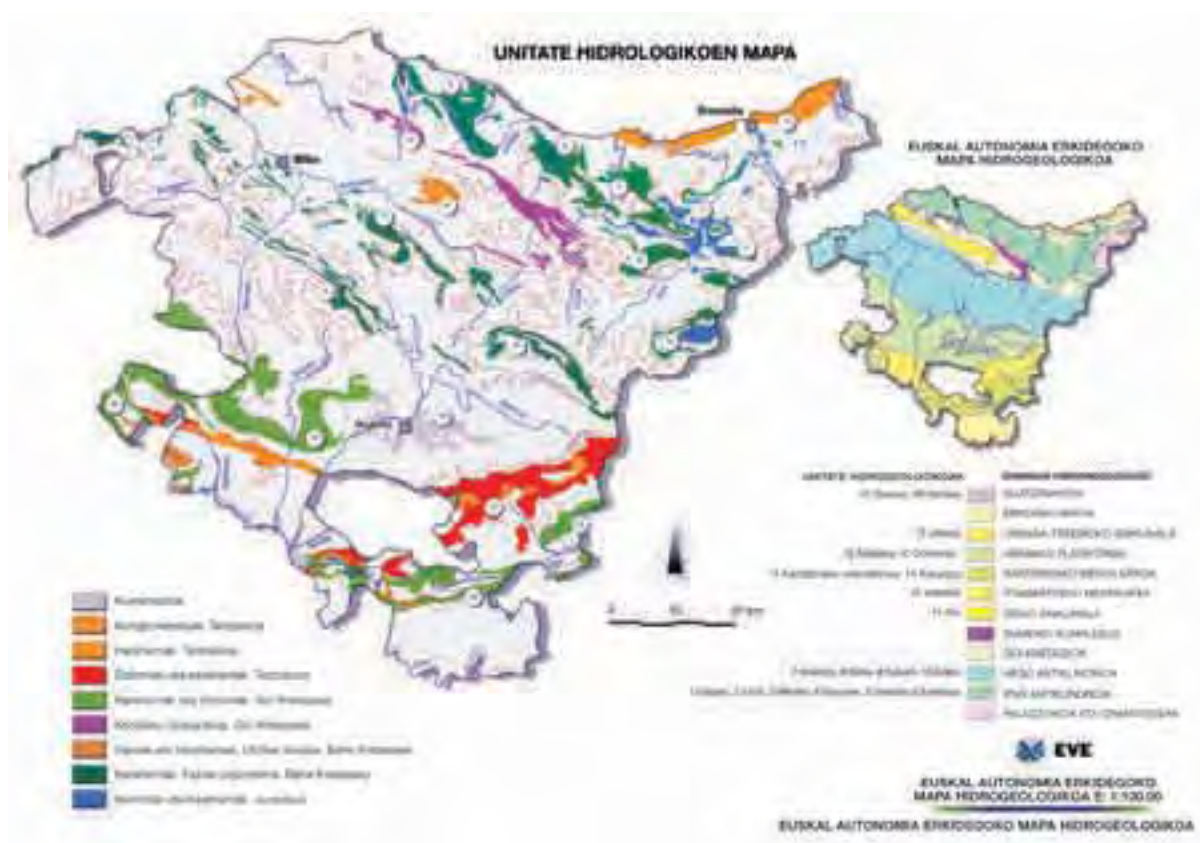


Figura III.1 – Dominios y Unidades hidrogeológicas del País Vasco (EVE, 1996)

Dokumentu hori tresna oinarritzkoa da Euskal Autonomia Erkidegoan lurpeko tangak dituen eta lurpeko tangak instalatzeko asmoa dagoen kokaleku baten ezaugarri hidrogeologikoak ezagutzeko. Dena den, dokumentu horretako datuek ez dituzte ordezkatzen kokalekuari buruzko azterketa hidrogeologikoan biltzen diren datu zehatzak.

Dokumentuan ageri diren eremu hidrogeologikoak definitzeko, antzeko ezaugarri hidrogeologikoak dituzten egitura hidrogeologikoen kokapena erabili da oinarri gisa. Eremu hidrogeologiko horiek unitate hidrogeologikoetan banatzen dira. Unitate hidrogeologikoa da *“hainbat akuifero –independenteak edo erlazioa dutenak– dituen inguru geografikoa eta baliabidea ikertzeko eta kudeatzeko balio duen unitate praktikoa”*.

Mapan bi parametro definitzen dira unitate hidrogeologiko bakoitzean identifikatutako akuifero bakoitzeko: batetik, iragazkortasuna (oso txikia, txikia, ertaina edo handia izan daiteke) eta, bestetik, akuifero-mota. Azken parametro horren barruan, kategoria hauek definitzen dira:

- Akuifero detritiko ez-konsolidatuak;
- Akuifero detritiko konsolidatuak;
- Akuifero detritiko mistoak;
- Akuifero karstikoak zentzu hertsian;
- Fluxu barreatuko akuifero karstikoak;
- Akuifero karstiko mistoak; eta
- Bestelakoak.

Akuifero-kategoria horien artean, azpimarratu behar da Euskal Autonomia Erkidegoan akuifero karstikoen ustiapen asko daudela. Akuifero-mota horiek oso kontuan hartu behar dira, lur-azpiaren poluzioak eta, bereziki, lurpeko tangetatik isuritako likidoak kalte handiak eragin baitiezazkieke. Izan ere, akuifero horietan oso handia da migrazio-abiadura, eta autoarazteko ahalmen oso txikia dute, edo ez dute ahalmenik. Horrelako akuiferoek Euskal Autonomia Erkidegoko ingurumenean duten garrantzia kontuan hartuta, IHOBek akuifero horiei buruzko eranskin berezi bat gehitu zuen 1997an argitaratutako arriskuen azterketari buruzko gida metodologikoan (*poluitzaileen migrazioa eta segimendua lurzoruan eta lurpeko uretan*).

Gida honetan, aipatutako mapa hidrogeologikoaren laburpen bat gaineratu nahi izan da, eta, hala, eremu eta unitate hidrogeologikoen ezaugarriak laburtzen dituen III-I taula prestatu da. Taulak alderdi hauek azpimarratzen ditu: unitateen iragazkortasuna, prozesu karstikoak egoteko aukera eta unitate bakoitzaren erabilera.

Azpimarratu behar da unitate hidrogeologiko bakoitza ezaugarri ezberdinetako akuifero askok osatzen dutela (adin, litologia eta ezaugarri hidrogeologiko ezberdinak izaten dituzte). Taulan laburpen bat egiten denez, unitate hidrogeologikoaren ezaugarriak ondoen adierazten dituen deskribapena ezarri da parametro bakoitzari dagokion laukian.

Bestalde, taulak ideia orokor bat ematen du Euskal Autonomia Erkidegoko hainbat eremuk izan dezaketen sentikortasun hidrogeologikoari buruz. Hala ere, lehenengo ebaluazio hori gehiago zehazteko, beste iturri batzuk begiratu behar dira. Iturri horiek datu garrantzitsuak eman ditzakete hasierako ebaluazioa indartzeko. Iturrien adibideak:

- Euskal Autonomia Erkidegoko mapa geologikoa (1: 25.000 eskala) (Energiaren Euskal Erakundea, formatu digitala 2003)
- Akuiferoen kalteberatasuna (1 : 25.000 eskala) (Energiaren Euskal Erakundea, 1996)

- Euskal Autonomia Erkidegoko ingurumenaren kartografia-sistemako gaikako mapak (Lurralde Antolamendu, Etxebizitza eta Ingurumen Saila). Horien artean, mapa hauek azpimarratu behar dira:
  - Lurzoruaren iragazkortasuna; eta
  - Ekosistemak babesteko intereseko natur guneak.

Iturri horiek aztertu ondoren lortutako datuak arriskuen ebaluazioari buruzko prozedura kualitatiboari gaineratu behar zaizkio (V. eranskina).

Bukatzeko, esan behar da hemen aipatutako mapa eta iturriek ez dutela kontuan hartzen goian deskribatutako unitate hidrogeologikoen adinakoak ez diren lurpeko maila asean eta sakonera gutxiko akuiferoen kalteberatasuna (adibidez, Euskal Autonomia Erkidegoko ibaien aldamenetako eremu alubialetakoa). Baina mapa eta iturri horietan kontuan hartu ez arren, praktikan, akuifero-mota horiek (baita sakonera gutxiko maila harritsuak estaltzen dituzten lurzoru disgregatuetako maila aseak eta ibaietatik urrun dauden lurzoru ez-kontsolidatuak ere), a priori, sentikorragoak dira lurpeko tanga baten likido-isuriarekiko, batez ere, kaltearen lehenengo hartzaileak direlako. Horregatik, maila horiei lehentasuna eman behar zaie.

Ereму hidrogeologikoa	Unitate hidrogeologikoa (UH)	UHaren zenb. III-1 irudian	Litologia nagusia	Adina	Karstifikazioaren presentzia	Iragazkortasuna	Egungo ustiapena		
<b>Paleozoikoa eta granitoideak</b>			Material detritiko metamorfikoak eta arroka igneok	Paleozoikoa	Ez	Txikia	Garrantzitsua ganazaleko urak kargatzeko; basogintzako erabileria		
			<b>Elduain</b>	1	Arbelak, material detritikoak, karniolak, margak	Paleozoikoa - Jurasikoa	Bai	Aldakorra (txikitik handira)	Industria (paper-fabrikak) Etxebizitza
					Kareharriak, marga hareatsuak, limonitak	Jurasikoa	Bai		
					Material detritiko-karedunak, luitak	Kretazeoa	Ez		
					Lurzoru alubialak	Kuaternarioa	Ez		
					Hareharriak, igeltsuak, ofitak, margak, kareharriak, grauwakak, luitak	Goi Paleozoikoa - (Permotriasikoa) - Behe Kretazeoa	Bai		
					Alubialak	Kuaternarioa	Ez		
			<b>Ernio</b>	2	Hareharriak, buzinak, igeltsuak, karniolak, margak, kareharriak eta dolomia, luitak	Paleozoikoa, Triasikoa, Jurasikoa, Kretazeoa	Bai, ondo garatua	Handia	Industria Etxebizitza Abeltzaintza
					Sakonune karstikoak, betegari antropikoa	Kuaternarioa	Ez		
					Buzinak, kareharriak, margak, luitak	Triasikoa, Jurasikoa, Kretazeoa	Bai		
			<b>Albiztur</b>	3	Material detritikoak	Kuaternarioa	Ez	Handia	Industria Etxebizitza Akuitultura
					Material detritikoak	Kuaternarioa	Ez		
Margak, kareharriak, hareharriak, bretxak	Jurasikoa	Bai							
<b>Gatzume</b>	4	Material detritikoak	Kuaternarioa	Ez	Aldakorra (txikitik handira)	Industria Etxebizitza Akuitultura			
		Margak, kareharriak, hareharriak, bretxak	Jurasikoa	Bai					
<b>Izarratiz</b>	5	Material detritikoak	Kuaternarioa	Ez	Aldakorra (txikitik handira)	Etxebizitza			
		Brexa karedunak, kareharriak, material detritikoa eta tupatsua, gai buzintsu, hareatsu, tupatsuak	Jurasikoa - Kretazeoa	Bai, ondo garatua					
<b>Ereñozar</b>	6	Ofitak	Triasikoa	Ez	Aldakorra (txikitik handira)	Etxebizitza			
		Material detritikoak	Kuaternarioa	Ez					

III-1 taula – Euskal Autonomia Erkidegoko unitate hidrogeologikoen ezaugarriei buruzko laburpena (I)

Eremu hidrogeologikoa	Unitate hidrogeologikoa (UH)	UHaren zenb. III-1 irudian	Litologia nagusia	Adina	Karstifikazioaren presentzia	Iragazkortasuna	Egungo ustiapena	
<b>Hego antiklinorioa</b>	<b>Aramotz</b>	7	Lutitak-hareharriak, kareharriak, kalkarenitak, margak	Behe Kretazeoa (Urgondar komplexua-Albiarra)	Bai	Aldakorra (txikitik handira)	Industria Basogintza Abeltzaintza Etxebizitza	
			Legarriak, hareak, limoak, buztinak, kolubialak	Cuaternario	Ez			
	<b>Itxina</b>	8	Kareharriak, bretxak, hareharriak, lutitiak, margak, kalkarenitak	Behe Kretazeoa (Urgondar komplexua-Albiarra)	Bai	Ertaina	Etxebizitza	
			Material kolubialak	Kuaternarioa	Ez			
	<b>Aizkorri</b>	9	Lutitak-hareharriak-kareharriak; Kareharriak, bretxak, margak	Triasikoa (Keuper)	Bai	Ertaina	Elektrikoa Etxebizitza	
			Lutitak, hareharriak, konglomeratuak, kareharriak, margak	Behe Kretazeoa (Urgondar komplexua-Albiarra)	Bai			
	<b>Goi kretazeoa</b>	<b>Aralar</b>	10	Kareharriak-dolomiak, margak	Cretácico inferior (Complejo (Supra Urganiano Aptiense))	Bai	Aldakorra (txikitik handira)	Nekazaritza Abeltzaintza
				Kareharriak eta margak	Jurasiko itsastarra	Bai		
				Lutita beltz hostotsuak	Cretácico Inferior (Complejo Purbeck-Weald)	Bai		
				Hareharriak-kareharriak-bretxa karedunak eta margak	Behe Kretazeoa (Urgondar komplexua-Albiarra)	Bai, leku batzuetan		
Lutitak eta hareharriak				Behe Kretazeoa (Purbeck-Weald komplexua)	Ez			
Flysh karedunak. Margak				Goi Kretazeoa	Ez			
<b>Komplexu bolkanikoa</b>			Margak, piroklastikoak eta kolada bolkanikoak	Goi Kretazeoa (komplexu flyshchoide-a)	Ez	Txikia	Etxebizitza	
			Margak, piroklastikoak eta kolada bolkanikoak		Ez	Ertaina	Etxebizitza	

III-1 taula – Euskal Autonomia Erkidegoko unitate hidrogeologikoen ezaugarri buruzko laburpena (II)



Eremu hidrogeologikoa	Unitate hidrogeologikoa (UH)	UHaren zenb. III-1 irudian	Litologia nagusia	Adina	Karstifikazioaren presentzia	Iragezkortasuna	Egungo ustiapena			
<b>Oizko sinklinala</b>	<b>Oiz</b>	11	Margak eta kareharri harehatsuenak. Kolada bolkanikoak. Hareak	Goi kretazeoa	Bai	Txikitik oso txikira	Elektrikoa			
			Flysh detritiko kareduna	Goi Kretazeoa (Maestrichtiense – Daniensea)	Ez					
			Margak eta marga-kareharriak	Eozenoa	Bai	Ertainetik handira	Etxebizitza			
			Margak eta marga-kareharriak	Eozenoa	Ez					
			Hareharri karedunak eta silizeak, kareharriak	Eozenoa	Ez					
			Buztinak-igeltsuak-ofiak	Triasikoa	Bai					
			Karniolak, margak, hareharri tupatsuak	Jurasikoa eta Behe Kretazeoa	Bai					
			<b>Itsasertzeko mendikatea</b>	<b>Jaizkibel</b>	12	Kareharriak, konplexu hareatsua eta kareharri hareatsuenak	Behe Kretazeoa	Bai	Aldakorra (txikitik handira)	Etxebizitza Nakazaritza Abeltzaintza Elektrikoa
						Serie karbonatatuak: kareharriak, margak, konplexu dolomitikoa, hareak	Goi kretazeoa	Bai		
						Dolomiak eta kalkarenitak. Multzotupatsua. Kareharriak. Limoak eta buztinak. Konglomeratuak	Tertziarioa	Bai		
						Terrazetako materialak, alubialak eta kolubialak	Kuaternarioa	Ez		
Margak, marga-kareharriak, kareharriak, kalkarenitak	Goi kretazeoa	Bai								
<b>Kantabriako mendilerroa</b>	<b>Kanpezu</b>	14	Harkosko karedunak, buztinak, hareak, konglomeratuak	Tertziarioa	Ez	Handia	Etxebizitza			
			Material kolubialak, alubialak	Kuaternarioa	Ez					
			Material alubialak	Kuaternarioa	Ez					

III-I taula – Euskal Autonomia Erkidegoko unitate hidrogeologikoen ezaugarrirei buruzko laburpena (III)

Eremu hidrogeologikoa	Unitate hidrogeologikoa (UH)	UHaren zenb. III-1 irudian	Litologia nagusia	Adina	Karstifikazioaren presentzia	Iragazkortasuna	Egungo ustiapena
Arabako plataforma	Subijana	15	Margak, kareharriak, material buzintsuak, marga-kareharriak	Goi Kretazeoa eta ertaina	Bai	Handia	Etxebizitza
			Karniolak, margak, hareharri konglomeratuak (Utrillas faziesak)	Jurasikoa - Kretazeoa	Bai	Handia	Etxebizitza Nekazaritza Abeltzaintza
16	Gobiaran	Karbonatoak: kareharriak, margak, dolomitak, kalkarenitak	Kretazeoa	Bai			
		Kareharriak-dolomiak, konglomeratuak, lutitak, hareharriak, limonitak, margak	Tertiarioa	Bai			
		Metaketa alubialak	Kuaternarioa	Ez			
		Kareharriak, buztinak, igeltsuak	Triasikoa	Bai			
Urbasa-Trebiñoko sinklinala	Urbasa	17	Margak, kareharri hareatsuak, kareharriak	Goi Kretazeoa	Bai	Handitik ertainera	Etxebizitza
			Dolomiak, kareharriak, kalkarenitak, hareharriak, hareak, bretxak, margak	Tertiarioa	Bai		
			Bretxak, material alubiala	Kuaternarioa	Ez		
			Hareharri karedunak: limonitak, argilitak, hareharriak, bretxak, konglomeratuak	Kuaternarioa	Ez		
Ebroko arroa	Gasteiz	18	Metaketa alubialak: Matrize buzintsu-hareatsuko legarrak	Kuaternarioa	Ez	Aldakorra (ixikitik handira)	Industria Basogintza Etxebizitza
			Material karbonatatuak, margak, marga-kareharriak	Kretazeoa	Bai		
Kuaternarioa	Gernika	19	Buztinak, oftak	Triasikoa	Ez	Aldakorra (ixikitik handira)	Etxebizitza
			Kareharrizko enklabe dolomitikoak, margak eta marga-kareharriak	Jurasikoa	Bai		
			Flysh kareduna, kareharri hareatsuak	Goi Kretazeoa	Ez		
			Detritikoak	Kuaternarioa	Ez		

III-I taula – Euskal Autonomia Erkidegoko unitate hidrogeologikoen ezaugarri buruzko laburpena (IV)



## **IV. ERANSKINA: SALMENTAK ETA STOCK-AK BAT ETORRARAZTEA**



**Produktuaren matrikulazioaren kontrola /  
Simentuaren stock bat etortzen ez**

**EPAren 1993ko Doing Inventory Control Light or Underground Storage Tanks gidaren  
erreferentzia:**

- Produktuaren kontrola eta salmentak eta stockak bat etortzen ez **kontrolatu** **etikoko zundak  
bidez edo eskuzko neurketen bidez:**

**Beharrezkoak:**

- ⇒ Euren barneko barneko edukitza, ondo markatuta eta egoera onean. Egurrekoak izateko komeni  
da edo, behintzat, inpartarik sortuko ez duen edo tangaren hondoa hondatuko ez duen  
materiale egindakoa.
- ⇒ Ura eta hidrokarburoak detektatu edo pasta edukitza.
- ⇒ Inprimaki egokiak edukitza (IV-1 eta IV-2 erregistroak).
- ⇒ Tangaren neurtutako produktuaren mailaren bidez, produktuaren bolumena eko bihurtu-  
taula edukitza.

**Prozedura:**

- ⇒ **Oharri:** Ez da produkturik ateratu edo sartu behar tangatik prozesuko datuak hartzen diren  
bitartean.

**IV-1 erregistroa:**

1. Tangaren identifikazio-datuak bete IV-1 erregistroan.
2. Euren barneko barrak emandako produktuaren maila (mm) adierazi **PRODUKTUA EN/  
BARNEKO MAILA (mm)** laukian. Kontrol- taula eduki gero, dagokion gailua irakurri.
3. Hornigailuaren kontadore totali at ailearen enbakia erregistratu **HORNIGAILUA EN  
TANGA KETA** laukian, eta hurrene hurren jarri tanga beretik hornitzen diren hornigailuen  
erregistroak.
4. Tanga bakoitzeko hornigailu guztien erregistroen batura adierazi **EGUNEKO GUTZIZKOAK**  
laukian.
5. Eguneko gutxi koari aurreko eguneko gutxi koa kendu, eta **EGUNEKO BOLUMEN PONPATUA**  
laukian idatzi.
6. Sarrerak erregistratu **SARRERAK ERREGISTRATU** laukian.
7. Tangaren erregaiaren bolumena kalkulatu. **TANGAREN ERREGAIAREN BOLUMENA (NEUTUA)** laukian  
idatzi.
8. Ordainagiriaren arabera kargatutako produktuaren gutxi ko bolumena erregistratu. Kalkulatutako  
bolumenarekin alderatu. Diferentziarik badago, hornitzailearekin harremanetan jarri.

**Produktu ren m il kontrol tzeko irizpide k /  
s lment k et stock k b t etorr r zte**

**IV-2 erregistro :**

9. IV-1 erregistroko **P ODUKTUA EN/BA A ENMAILA (mm)** laukiko balioa IV-2 erregistroko **BA A EN HASIE AKO BOLUMENA (L)** laukira pasatu.
10. Tangan kargatutako litroak idat i dagokion eguneko IV-2 erregistroko **SA TUTAKO LIT OAK** laukian.
11. IV-1 erregistroko **EGUNEKO BOLUMEN PONPATUA** laukiko balioa IV-2 erregistroko **ATE ATAKO LIT OAK** laukira pasatu.
12. Hiru lauki horietako emait a kalkulatu eta **E EGIST OA EN BALANTZEA (L)** laukian idat i.
13. V-1 erregistroko **P ODUKTUA EN/BA A EN MAILA (mm)** laukia IV-2 erregistroko **AZKEN INBENTA IOA NEU KETEN A ABE A (mm)** laukian kopiatu, eta litrotan bihurtu.
14. **E EGIST OA EN BALANTZEA** laukiko litroak **AZKEN INBENTA IOA NEU KETEN A ABE A (L)** laukiko litroei kendu. Bien arteko aldea **EGUNE OKO DIFE ENTZIA (+) edo (-)** laukian idat i.
15. Erregistroa sinatu pro edura bete dela erregistrat eko.
- 1N Tangako ura neurtu, gut iene hilean behin, eta emait a IV-2 erregistroaren goialdean erregis-  
tratu.

**Hil-buk er ko eb lu zio (2 erregistro ):**

17. **ATE ATAKO LIT OAK** laukiko erregistro gu tiak batu, eta emait a **PONPATUTAKO LIT OAK GUZTI A** laukian idat i.
18. **EGUNE OKO DIFE ENTZIA (+) edo (-)** laukiko erregistro gu tiak batu, eta emait a **LIT OAK GUZTI A (+) edo (-)** laukian idat i.
19. **IHESEN KONT OLA** ri buru ko lerroak bete, iri pide orientagarri hauen arabera:
  - √ **PONPATUTAKO LIT OAK GUZTI A** laukiko a ken bi digituak kendu , % 1a lortu (adibide , 10.500 105 bihurt en da).
  - √ Kopuru horri 450 gehitu (105 + 450 = 555)
  - √ Kalkulu horren emait a **IHESEN KONT OLA** ren amaieran idat i. Balio hori da gehiene onar daitekeen produktu-diferent ia.
  - √ Erregistroaren amaieran **BAI** edo **EZ** borobildu, **LIT OAK GUZTI A (+) edo (-)** laukiko balioa **IHESEN KONTROLA** ren emait a baino **HANDIAGO** den adiera teko. **LITROAK GUZTIRA (+) edo (-)** laukiko emait a balio positibo gisa aplikatu behar da beti, alegia, -74 balioa 74 balit be ala alderat en da.

**OHA A:** Ebalua ioaren emait a **BAI** bada, gerta daiteke bi hilabete jarraian ihesa i atea tangan.

**IV-1 E EGIST OA**

**EGUNE OKO INBENTA IO-O IA**

**INSTALAZIOA EN IZENA:**

**JABEA EN IZENA:**

**DATA:**

<b>TANGA IDENTIFIKATZEKO DATUAK</b>					
Erregai-mota					
Bolumena litrotan					
Produktuaren/barraren maila (mm)					
Ponpatutako bolumena	↓	↓	↓	↓	↓
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
Hornigailuaren irakurketa					
<b>EGUNEKO GUZTIZKOAK</b>					
Aurreko eguneko gu ti koak					
<b>EGUNEKO BOLUMEN PONPATUA</b>					
<b>SA E EN E EGIST OA</b>	↓	↓	↓	↓	↓
Sarrera egin aurretik egoen erregaia mm-tan					
Sarrera egin aurretik euden erregai-litroak (bihurketa-taularen arabera)					
Sarreraren ondoren dagoen erregaia mm-tan					
Sarrera egin ondoren dauden erregai-litroak (bihurketa-taularen arabera)					
<b>SA TUTAKO LIT OAK (NEU TUA)</b> (Litroak "ondoren" – litroak "aurretik")					
<b>SA E A GISA E EGIST ATUTAKO LIT OEN BOLUMENA GUZTI A</b> (hornit ailearen egia tagiria)					



IV-2  
E EGIST OA

HILEKO INBENTA IOA EN E EGIST OA

T ng ren id. + erreg i :

Hil / urte :

INSTALAZIOA:

Ur ren kontrol ren  
d t :

Ur ren m il (mm):

D t	H sier ko bolumen B rr (l)	S rtut ko litro k	Ater t ko litro k	Erregistro ren b l n tze (l)	AZKEN INBENTA IOA NEU KETEN A ABE A (MM) (LIT OAK)	Eguneroko di erentzi (+) edo (-) ("Azken inbent rio "- "erregistro ")	1.1.1.
1	(+)	(-)	(=)				
2	(+)	(-)	(=)				
3	(+)	(-)	(=)				
4	(+)	(-)	(=)				
5	(+)	(-)	(=)				
6	(+)	(-)	(=)				
7	(+)	(-)	(=)				
8	(+)	(-)	(=)				
9	(+)	(-)	(=)				
10	(+)	(-)	(=)				
11	(+)	(-)	(=)				
12	(+)	(-)	(=)				
13	(+)	(-)	(=)				
14	(+)	(-)	(=)				
15	(+)	(-)	(=)				
16	(+)	(-)	(=)				
17	(+)	(-)	(=)				
18	(+)	(-)	(=)				
19	(+)	(-)	(=)				
20	(+)	(-)	(=)				
21	(+)	(-)	(=)				
22	(+)	(-)	(=)				
23	(+)	(-)	(=)				
24	(+)	(-)	(=)				
25	(+)	(-)	(=)				
26	(+)	(-)	(=)				
27	(+)	(-)	(=)				
28	(+)	(-)	(=)				
29	(+)	(-)	(=)				
30	(+)	(-)	(=)				
31	(+)	(-)	(=)				

Gu tira ponpatutako litroak

Litroak gu tira (+) edo (-)

Gu tira ponpatutako  
litroen a ken bi digituak ↓  
kendu, eta hemen jarri  
IHESEN KONTROLA: \_\_\_\_\_ +

Bi enbaki  
hauek ↓  
alderatu = \_\_\_\_\_ litroak

450

"Litroak gu tira (+) o (-)" balioa "ponpatutako litroak gu tira" balioa baino handiagoa al da? BAI / EZ

Emait a "Bai" bada, gerta daiteke bi hilabete jarraian ihesa i atea

(Dokumentu hau artxibatuta eduki behar da, gutxiene , 3 urtean)

**Produktuaren murrizketaren kontrolaren irizpideak /  
Sistemaren kontrolaren stock-berriketaren irizpideak :**

**Kontrol automatikoa bikoiztuz txikiak**

**(EPAren 1993ko *Manual tank gauging for small Underground Storage Tanks* gidaren berbera):**

**• Eskuzko kontrola :**

⇒ Iritxekia: 7.500 l arteko tangaxkietan, likidoaren sarrera eta irteera gutxienez 36 ordu geldiarazi behar da.

**Beharrezkoak :**

⇒ Neurtzeko barra bat edukitzea, ondo markatuta eta egoera onean. Egurreko itxurakomendatuak, behintzat, txinpartarik sortuko ez duen edo tangaren hondoa hondatuko ez duen materialez egindakoa.

⇒ Inprimaki egokiak edukitzea (adibidez IV-1 taula eta IV-3 erregistroa).

⇒ Tangaren neurtutako produktuaren mailaren bidez, produktuaren bolumena zehaztu behar da bihurtutaula edukitzea.

**Prozedura :**

⇒ Tangaren neurriak aurreko arri, eta onarpena emateko eskatzen diren iraupena eta estandarrek egiaztatzen IV-2 taulan.

⇒ Tangako likidoaren maila bi aldiz neurtu behar da hasieratik eta bi aldiz amaitu ondoren, eta bi neurketen bate bestekoak kalkulatu.

⇒ Produktuaren mailaren neurketa bolumen bihurtu.

⇒ Probaren hasierako eta amaierako bolumenaren arteko aldea kalkulatu. Emaitza idatzi dagokion taulan.

⇒ Proba bera egin behar da, eta hileko diferentziaren bate bestekoa kalkulatu (hileko emaitza positiboak eta negatiboak batu eta kendu, eta emaitza hori 4rekin zatitu).

⇒ Asteko eta hileko emaitzak konparatu IV-1 taulako estandarrekin. Emaitza negatiboak (-) positibo gisa (+) alderatu behar dira.

**OHAIA:** Diferentzia hori dagokion estandarra baino handiagoa bada, gerta daiteke ihesa egotea.

Tinguren neurriak	Probaren gutxieneko iraupen (h)	Asteko konparazioaren estandarra (1 proba)	Hileko konparazioaren estandarra (4 proben bidez)
2.000 l arte	36	35 litro	18 litro
2.000 – 3.750 l (tangaren diametroa: 64")	44	32 litro	15 litro
2.000 – 3.750 l (tangaren diametroa: 48")	58	45 litro	22 litro
2.000 – 3.750 l (Hermetikotasun-probak egin behar dira hemen ere)	36	48 litro	25 litro
3.750 – 7.500 l (Hermetikotasun-probak egin behar dira hemen ere)	36	96 litro	48 litro

IV-1 taula: Lurpeko tangetako stocken bat etortze-probetarako konparazio-taula

IV-3 E EGISTOA: Lurpeko tangetako stocken bat etortze-probetarako erregistroa

Probaren hiru neurriak	1. neurketaren diametroa (mm)	2. neurketaren diametroa (mm)	Hiru neurketen bidezko neurketaren diametroa (mm)	Produktaren bolumena (l)	Probaren hiru neurriak	1. neurketaren diametroa (mm)	2. neurketaren diametroa (mm)	Ahirerako neurketaren bidezko neurketaren diametroa (mm)	Produktaren bolumena (l)	Tinguraren koefizientea (+/-)	Probaren erregistroa
Data: Ordua:					Data: Ordua:						B / E
Data: Ordua:					Data: Ordua:						B / E
Data: Ordua:					Data: Ordua:						B / E
Data: Ordua:					Data: Ordua:						B / E
Hileko estandarrekin alderatuz, 4 emaitzak batu eta bate bestekoa kalkulatu.											B / E

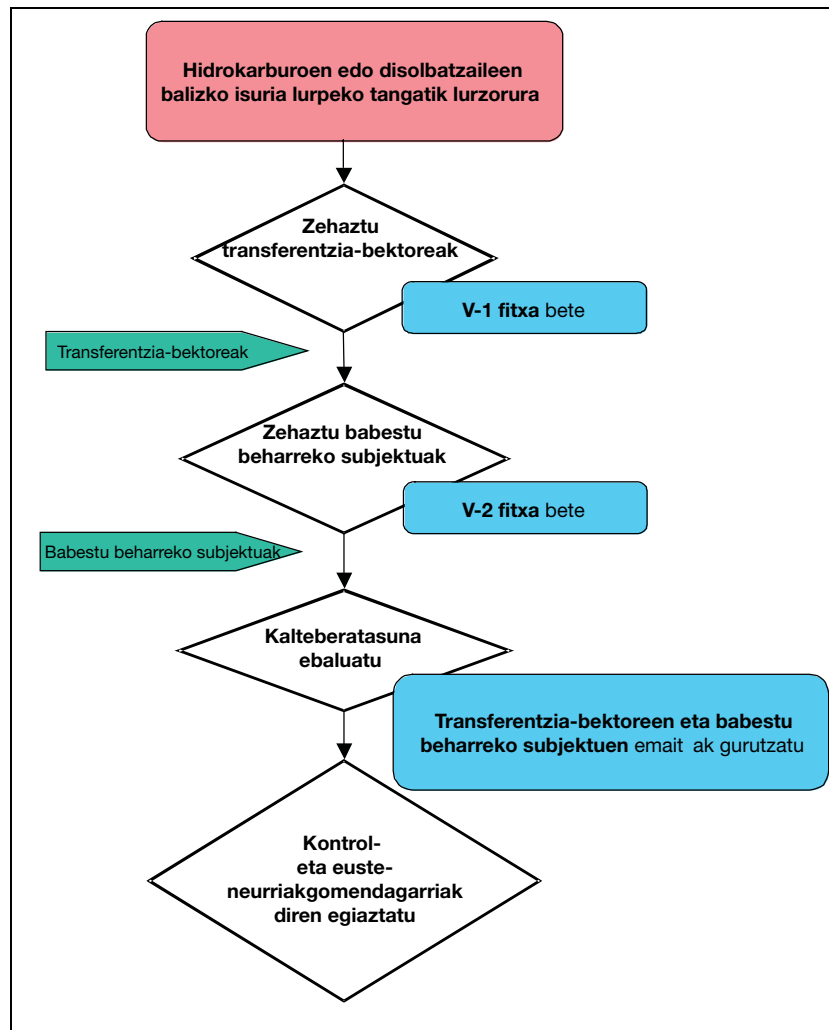
**V. ERANSKINA: INGURUNEAREN KALTEBERATASUNARI  
BURUZKO EBALUAZIO SINPLIFIKATUA**



## V.1 INGURUNEAREN KALTEBERATASUNARI BURUZKO EBALUAZIO SINPLIFIKATUA

Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluazio sinplifikatuaren bidez, etorkizunean eraikiko diren lurpeko tangetako hidrokarburo eta disolbatzaileen sor dezaketen poluzioa prebenitzeko kontrol- eta euste-neurriak zehazten dira. Modu horretan, industria bakoitzak lurzoruaren poluzioa prebenitzeko behar diren neurriak identifikatzen eta ebaluatzen ditu, eta, hala, balizko arriskua maila onargarrietara eramaten du.

V-1 irudiak lanerako sistematika erakusten du.



V-1 irudia: Ingurunearen kalteberatasuna ebaluatzeko metodoa

Lurpeko tanga batetik lur azpira isuritako hidrokarburoen edo disolbatzaileen kasu hipotetiko batetik abiatzen da ereduak. Hortik aurrera, bi alderdi garrantzitsutan oinarritzen da kalteberatasuna ebaluatzeko sistema sinplifikatua:

- Transferentzia-bektoreak: poluzioa bektore horietatik barrea daiteke. Transferentzia-bektoreen barruan, ezaugarri hauek hartzen dira kontuan:

- Hidrogeologia;
  - Klimatologia;
  - Lurzoruaren erabilerak;
  - Emisio atmosferikoak;
  - Gainazaleko urak; eta
  - Lurpeko urak.
- Babestu beharreko subjektuak: kokapenaren arabera ebaluatzen dira.
    - Kokalekuaren barruko elementuak; eta
    - Inguruko elementuak;

Ingurunearen kalteberatasuna ebaluatze metodoa sinplea da; bi fitxa bete eta kalkulu errazak egin behar dira.

Eranskin honetan aipatutako lan-fitxak ageri dira ondorengo koadroan:

<b>L N-FITX K</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>V-1 fitx</b> : Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluaioa Transferentzia-bektoreak</li><li>• <b>V-2 fitx</b> : Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluaioa Babestu beharreko subjektuak</li></ul>

Ondoren, bi fitxek nola funtzionatzen duten azalduko dugu

### **V-1 FITXA – Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluaioa: Transferentzia-bektoreak**

Instalazioetatik potentzialki kalteberak diren elementuetara ihes edo isurketaren bat gertatuz gero poluzioak zer migrazio-bide izango dituen ebaluatzen da fitxa honetan. Transferentzia-bektoreak banaka ebaluatu behar dira, alegia, instalatuko den poluziogune bakoitzeko. Beraz, instalazioetan planifikatutako lurpeko tanga bakoitzaren transferentzia-bektoreak ebaluatu behar dira. Dena den, poluziogune batzuen edo guztien transferentzia-bektoreak ebaluatze irizpideak berdinak badira, ez dago banaka ebaluatu beharrik, eta nahikoa da guztientzat balio bakar bat erabiltzea.

### **V-2 FITXA – Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluaioa: Babestu beharreko subjektuak**

Aurreko fitxan bezala, honelako fitxa bat bete behar da ebaluatutako poluziogune bakoitzeko, ihes edo isurketaren bat gertatzen bada poluitzaileen eragina jasan dezaketen elementu kalteberen ezaugarriak kontuan hartuta. Transferentzia-bektoreen ebaluazioan bezala, jarduera bereko poluzioguneetan ez badira aldatzen babestu beharreko subjektuei buruz ebaluatutako irizpideak, nahikoa da ebaluazio bakar bat egitea kokalekuko poluziogune guztietarako.

EZ UG I		PUNTU ZIO				GUZTI
Hidrologi	Eremu e -asearen potent ia (m)	>100	100-20	20-5	0-5	
		0	1	2	3	
	Iraga kortasuna (m)	<10 <sup>-7</sup> Iraga kortasun txikiko materiala; ebaporitak, arbelak, eskistoak, granitoak	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-5</sup> Iraga kortasun ertaineko materiala; kareharriak, margak, kalkoarenitak ( karstik gabe)	>10 <sup>-5</sup> Iraga kortasun handiko materiala; legarrak, hareak, konglomeratuak, hareharriak, sistema karstikoak		
		1	2	3		
Klim tologi	Pre ipita ioa (mm/ urte)	<650	650-800	>800		
		1	2	3		
	Uholdeak gertat eko arriskua (birgertat e-aldia, urteak)	Urpetu e in daitekeen eremua	>100	10-100	<10	
		0	1	2	3	
Inguruko lurzoru ren er biler k		Industrial	Eraikunt a / obrak Merkatarit a / erbit uak	Neka arit a / Etxebi it a		
		1	2	3		
Emisio tmos eriko k (sotoei, lurpeko kanali a ioei, inguruko eraikinei... kalte egiteko arriskua barne dela)		Emisiorik e	Kokalekuan bakarrik	Uste ko emisioak <i>in situ</i> eta kokalekuaren inguruko eremuetan	Inguruko eremuetan kalteak eragin ditu ten emisioak	
		0	1	2	3	
G in z ileko ur k	Gaina aleko uren distant ia (m)	>1.000	300-1.000	50-300	<50	
		0	1	2	3	
	Gaina aleko uren erabilera	E dira erabilt en	Industrial	Neka arit a	Aisia / Etxebi it a	
		0	1	2	3	
	Topografia	< %1-eko malda edo oladura iraga korra	% 1-5-eko malda edo iraga kortasun ertaina	> % 5-eko malda edo iraga kortasun txikia	Lehentasune ko irkula ioko eremuak	
0		1	2	3		
Lurpeko ur k	Lurpeko uren erabilera	E dira erabilt en	Industrial	Neka arit a	Aisia / Etxebi it a	
		0	1	2	3	
	Ur-bilketen gertutasuna (m)	<50	50-200	>200	E dira erabilt en	
		3	2	1	0	
<b>rrisku</b> <b>0 puntu: B tere ez</b> <b>1 puntu: Txiki</b> <b>2 puntu: Ert in</b> <b>3 puntu: H ndi</b>			<b>PUNTU ZIO GUZTI</b>			

V-1 fitxa – Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluazioa: transferentzia-bektoreak



EZ UG I		PUNTU ZIO				GUZTI
Kok leku ren b rruko elementu k	Egoiliarak / Langileak	E daude	Langileak	Egoiliarak	Populazio sentikorra ( aharrak, haurrak... )	
		0	1	2	3	
	Egoiliar / Langile kopurua	E daude	<50 pertsona	50-250 pertsona	>250 pertsona	
		0	1	2	3	
	Kokalekuan sart eko erra tasuna	Itxita eta ainpean	Itxita eta aindu gabe	Itxi gabe eta ainpean	Itxi gabe eta aindu gabe	
		0	1	2	3	
Inguruko elementu k	Etxebi it aguneetara dagoen distant ia	< 50 m	50-500 m	> 500 m		
		1	2	3		
	Egoiliarak / Langileak	E daude	Langileak	Egoiliarak	Populazio sentikorra ( aharrak, haurrak... )	
		0	1	2	3	
	Inguruko elementu bere iak	E daude		Badaude (ekosistemako edo inguruneke elementu bere iak)		
		0		3		
<b>rrisku</b> <b>0 puntu: B tere ez</b> <b>1 puntu: Txiki</b> <b>2 puntu: Ert in</b> <b>3 puntu: H ndi</b>			<b>PUNTU ZIO GUZTI</b>			

### V-2 fitxa – Ingurunearen kalteberatasunari buruzko ebaluazioa: Babestu beharreko subjektuak

Azkenik, ingurunearen kalteberatasuna kalkulatzeko V-1 eta V-2 fitxetan lortutako emaitzak gurutzatu behar dira, ondorengo taulan agertzen den bezala. Taularen arabera, ingurunearen kalteberatasuna ebaluatzeko metodologia erabiltzen denean, kalteberatasunak hiru balio hauek har ditzake: 0,25, 0,50 eta 1.

K lteber t sun ren k lkulu		Tr ns erentzi -bektore k (V-1 fitx )		
		Balioa ≤ 11	11 < Balioa ≤ 22	Balioa > 22
B bestu beh rreko subjektu k (V-2 fitx )	Balioa ≤ 6	0,25	0,25	0,5
	6 < Balioa ≤ 12	0,25	0,5	1
	Balioa > 12	0,5	1	1

### V-1 taula: Kalteberatasunaren kalkulua

## V.2 TRANSFERENTZIA-BEKTOREEN ETA BABESTU BEHARREKO SUBJEKTUEN DEFINIZIOA

### TRANSFERENTZIA-BEKTOREAK

Ezaugarri hauek hartu behar dira kontuan poluzioaren transferentzia-bektore gisa:

- Hidrogeologia;
- Klimatologia;
- Lurzoruaren erabilerak;
- Emisio atmosferikoak;
- Gainazaleko urak;
- Lurpeko urak;

### HIDROGEOLOGIA

Ingurunearen hidrogeologia baloratzeko eremu ez-asearen potentzia eta inguruko materialen iragazkortasuna hartzen dira kontuan.

Hidrogeologi		Puntu zio
Eremu ez-asearen potentzia (m)	> 100	0
	100-20	1
	20-5	2
Iragazkortasuna (m/s)	Txikia < 10 <sup>-7</sup>	1
	Ertaina 10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-5</sup>	2
	Handia > 10 <sup>-5</sup>	3

### KLIMATOLOGIA

Aztertutako inguruan urtean izaten diren prezipitazioen batezbestekoa eta uholdeak gertatzeko arriskua hartzen dira kontuan puntuazioa ezartzeko.

Klimatologi		Puntu zio
Prezipitazioa (mm/urte)	< 650	1
	650-800	2
	> 800	3
Uholdeak gertatzeko arriskua (birgertatze-aldia, urteak)	Urpetue in daitekeen eremua	0
	> 100	1
	10-100	2
	< 10	3

## LURZORUAREN ERABILERAK

Inguruko lurzorua erabilera nagusiak balioztatzen dira.

Lurzorua erabilerak	Puntuazio
Industria	1
Merkataritza / Zerbituak	2
Nekaritza / Etxebizitza	3

## EMISIO ATMOSFERIKOAK

Lurpeko tanga bateko ihes edo isurketa baten ondorioz sortutako lurrun organikoek kalte egin diezaieketen eremuak ebaluatzen dira, kokalekuan bertan zein kokalekutik kanpo. Ebaluazio horretan, bereziki begiratu behar da sotoetan, lurpeko tutuetan eta migrazioaren lehentasuneko bide izan daitezkeen bestelako azpiegituretan lurrunak metatu diren.

Emisio atmosferikoak	Puntuazio
Emisioak	0
Kokalekuan bakarrik	1
Uste ko emisioak <i>in situ</i> eta kokalekuaren inguruko eremuetan	2
Inguruko eremuetan kalteak eragin dituzten emisioak	3

## GAINAZALEKO URAK

Alderdi hauek hartzen dira kontuan: gainazaleko uren gertutasuna, erabilera (poluziogunetik behera dauden uretan, 1000 m-ko diametroa baino gertuago badaude) eta inguruko topografia.

Gainazaleko urak		Puntuazio
Gainazaleko uren distantzia (m)	> 1000 m edo ebaluatzen	0
	300-1000	1
	50-300	2
	> 50	3
Gainazaleko uren erabilera	Ebaluatzen	0
	Industria	1
	Nekaritza	2
	Aisia / Etxebizitza	3
Topografia	< %1eko malda edo iragarkortasun gutxi	0
	% 1-5eko malda edo iragarkortasun ertaina	1
	> % 5eko malda edo iragarkortasun txikia	2
	Lehentasuneko iragarkortasun-eremuak	3

## LURPEKO URAK

Lurpeko uren puntuazioa ezaugarri hauen arabera ezartzen da: lurpeko uren erabilera, bilketa-putzuen gertutasuna eta akuifero-mota.

Lurpeko urak		Puntuazio
Lurpeko uren erabilera	Ez dira erabiltzen	0
	Industria	1
	Nekazaritza	2
	Aisia / Etxebizitza	3
Ur-bilketen gertutasuna (m)	<50	0
	50-200	1
	>200	2
	Ez dira erabiltzen	3

## Babestu behar diren subjektuak

Babestu behar diren subjektuak honela banatzen dira: kokalekuaren barrukoak eta kanpokoak.

## KOKALEKUAREN BARRUKO ELEMENTUAK

Koadro honetan daude kontuan hartu beharreko kokalekuaren barruko elementuak:

Kokalekuaren barruko elementuak	Puntuazio	
Egoiliarak / Langileak	Ez daude	0
	Langileak	1
	Egoiliarak	2
	Populazio sentikorra (aharrak, haurrak...)	3
Egoiliar / Langile kopurua	Ez daude	0
	< 50 pertsona	1
	< 250 pertsona	2
	> 250 pertsona	3
Kokalekuan sarteko erraztasuna	Itxita eta aintzera	0
	Itxita eta aintzera gabe	1
	Itxi gabe eta aintzera	2
	Itxi gabe eta aintzera gabe	3

## INGURUKO ELEMENTUAK

Aztertutako poluzioguneetatik 500 m-ra dagoen populazioa ebaluatzen da.

Inguruko elementu k		Puntu zio
Etxebi it aguneetara dagoen distant ia	< 50 m	1
	50-500 m	2
	> 500 m	3
Egoiliarak / langileak	E daude	0
	Langileak	1
	Egoiliarak	2
	Popula io sentikorra ( aharrak, haurrak...)	3
Inguruko elementu bere iak	E	0
	Badaude (ekosistemako edo ingurunekeo elementu bere iak)	3

**VI. ERANSKINA: DESKONTAMINAZIO-TEKNOLOGIEN  
AURKEZPEN-FITXAK**



**Fitxak:**

- 1. Aire-erauzketa / Bioaireztapena**
- 2. Air Sparging-a**
- 3. Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua**
- 4. Fase anitzeko erauzketa (Bioslurping-a)**
- 5. Landfarming-a / Konpostajea**
- 6. Biopilak**
- 7. Desortzio termikoa**
- 8. Hesi hidraulikoak**
- 9. Euste-pantailak**
- 10. Indargabetze natural monitorizatua / Biorremediazio estimulatua**





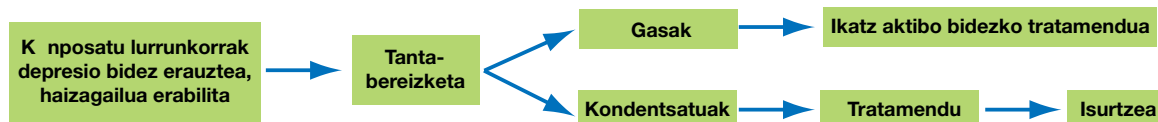
# 1. Aire-erazketa / Bioaireztapena

<b>Teknologia:</b>	<b>Aire-erazketa / Bioaireztapena</b>
Teknologia-mota:	Deskontaminazioa
Aplikazioa:	<i>In situ</i>

*In situ* aplikatzen da tratamendua, eta eremu asegabeetako konposatu lurrunkorren kontzentrazioa murrizten du, lurzorua matrizean sakonune bat eginez. Hala, lurrunak erazketa-putzuetara desplazatzen dira, eta, gero, hainbat prozesuren bidez (kimikoak, ikatz aktiboekin, etab.) tratatzen dira. Aldi berean, aire freskoa mugitu egiten da eremu asegabeen, eta, horrek oxigenoaren kontzentrazioa handitzen duenez, mikroorganismoen jardura bultzatzen du. Beraz, *in situ* gertatzen dira biodegradazio-fenomenoak.



Aireztapenaren eta ikatz aktibo bidezko tratamenduaren bidez lurrunak erazteko adibide erreala



## 1. Aire-erauzketa / Bioaireztapena

### Aplikatzeko aukerak

- Lurzoru oso iragazkorrak (hareak eta legarrak).
- Lurzoru ez oso geruzatuak.
- Konposatu organiko lurrunkorretarako eta erdilurrunkorretarako eraginkorra. Ez da hain eraginkorra espezie pisutsuagoetarako.
- Eremu asegaberako tratamendua. Funtsezkoa da haizagailuaren mailan urik ez egotea.
- Metro bateko sakonera baino handiagoa duten maila freatikoko lurzoruetarako ez erabiltzea komeni da.

### Erabili beharreko ekipoa

#### ire er uzteko putzu k

Ez da diametro handiko putzurik instalatu behar erauzketa-gaitasuna handitzeko. Ez dute iritsi behar eremu aseraino.



## 1. Aire-erauzketa / Bioaireztapena

### **T nt -bereizg ilu**

Xurgatze-mailan kondentsatuak biltzeko sistema.  
Fase likidoak haizagailuaren motorrera sartzea eragozten du.



### **Diluzio-b lbul**

Atmosfera lehegarrien kontrola bermatzen du.

### **H iz g ilu**

Motor elektrikoa eta turbina bat.  
Kondizioen araberako potentzia espezifikoak.



### **G s tr t tzeko sistem k**

Ikatz aktiboko iragazkiak.  
KOL espezifikoak gasetan atxikitzea.

# 1. Aire-erauzketa / Bioaireztapena

## Erreferentziak eta bibliografia

- *American Petroleum Institute. A Guide to the Assessment and Remediation of Underground Petroleum Releases*, Publication 1628, API, Washington, DC, pp.81. 1989.
- *Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America*, 2<sup>nd</sup> Edition.
- *US EPA. Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (ASR), Tenth Edition*, EPA 542-R-01-004.
- *US EPA. Analysis of Selected Enhancements for Soil Vapor Extraction*, EPA OSWER, EPA/542/R-97/007. 1997.
- *US EPA. Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version*, October, 1998, EPA 542-B-98-007. 1998.
- *US EPA. Abstracts of Remediation Case Studies*, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006. 2000.

## 2. Air Sparging-a

**Teknologia:**

**Air Sparging-a**

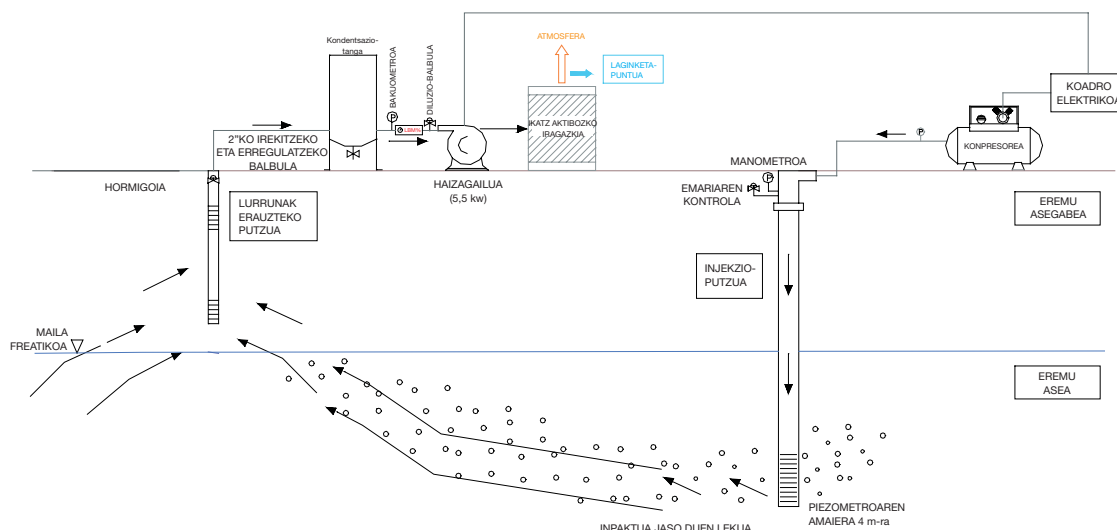
**Teknologia-mota:**

**Deskontaminazioa**

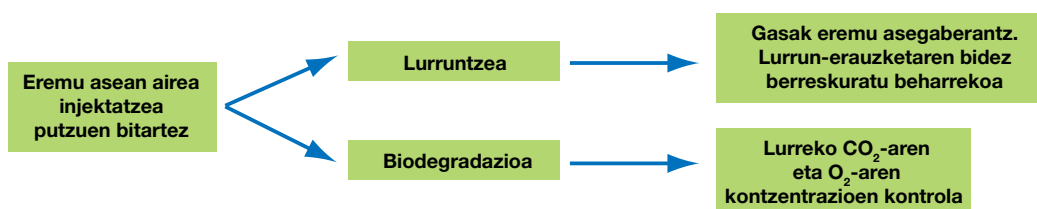
**Aplikazioa:**

*In situ*

*In situ* aplikatzen da teknologia, eta eremu asegabeetan disolbatuta dauden konposatu lurrunkorren kontzentrazioa murrizten du, aire-fluxu bat lur azpiko uretan aplikatuz; hala, konposatu horien lurrunkortasuna handitu eta eremu asegabeetara mugitzen dira. Aldi berean, airea eremu asean eta asegabean zehar dabilenez, oxigeno-kontzentrazioa handitu egiten da bietan, eta horrek mikroorganismoen jardura areagotzen du. Beraz, biodegradazio-fenomenoak gertatzen dira *in situ* bi eremuetan.



**Air sparging-a airea putzu batean injeztatuz aplikatzeko adibide errealak**



## 2. Air Sparging-a

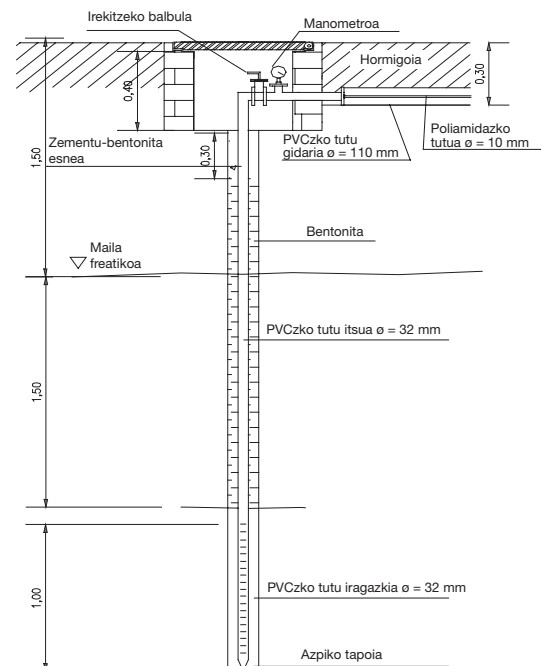
### Aplikatzeko aukerak

- Lurzoru oso iragazkorrak (hareak eta legarrak).
- Lurzoru ez oso geruzatuak.
- Konposatu organiko lurrunkorretarako eta erdilurrunkorretarako eraginkorra. Ez da hain eraginkorra konposatu pisutsuagoetarako.

### Erabili beharreko ekipok

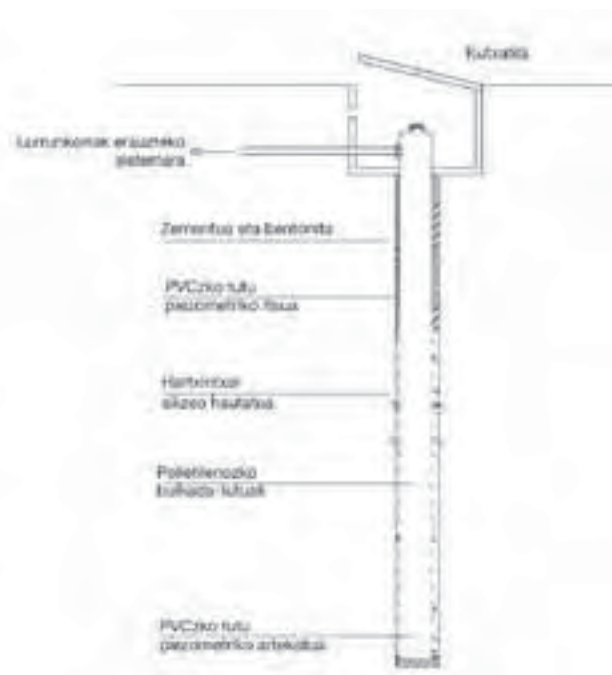
#### ire injeztzeko putzu k

Eremu aseraino iritsi eta eremuan 2-3 metro sartu behar dira. Iragezkiak maila freatikoa azpitik metro batera baino gehiagora egon behar du, putzuaren hondoraino sartuta. Lurzorua erabileraren arabera, azpiegiturak lurpean sartu behar dira zanga eta kutxatilen bidez.



#### ire eruzteko putzu k

Ez da diametro handiko putzurik instalatu behar erauzketa-gaitasuna handitzeko. Ez dute iritsi behar eremu aseraino.



## 2. Air Sparging-a

### Konpresore eta galdar txiki

Pistoi- edo torloju-sistema bat eragiten duen motor elektrikoa, galdara txikian airea metatzeko. Konpresorea martxan jartzeko eta gelditzeko presioa galdara txikian jarritako presostatoan ezartzen da.



### Presio-erreguladore

Balbula honen bidez, airearen injekzio-presioa doitu daiteke piezometroetan, manometroaren adierazpenaren arabera.



### Emari-neurgailu /Tot-liz-tzile

Honen bidez, konpresoretik injekzio-putzuetara irteten den airearen uneko emaria eta guztizko emaria zein diren jakin daiteke.



### Putzuren buruak

Metalezko edo plastikozko –adib. PVC edo PEAD– pieza horiekin hermetikotasuna bermatu daiteke aire-hartunearen eta putzuaren konexioan. Buru horietan presioa neurtzeko gailuak edo CO<sub>2</sub>-a, O<sub>2</sub>-a, etab. neurtzeko zundak jartzen dira.



### Hizgarri

Lurrunak erauzteko motor elektrikoa eta turbina. Kondizioen arabera potentzia espezifikoak.





## 2. Air Sparging-a

### Erreferentziak eta bibliografia

- *American Petroleum Institute. A Guide to the Assessment and Remediation of Underground Petroleum Releases*, Publication 1628, API, Washington, DC, pp.81. 1989.
- *Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America*, 2nd Edition.
- *US EPA. Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (ASR), Tenth Edition*, EPA 542-R-01-004.
- *US EPA. Analysis of Selected Enhancements for Soil Vapor Extraction*, EPA OSWER, EPA/542/R-97/007. 1997.
- *US EPA. Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version*, October, 1998, EPA 542-B-98-007. 1998.
- *US EPA. Abstracts of Remediation Case Studies*, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006. 2000.

### 3. Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua

**Teknologia:**

Teknologia-mota:

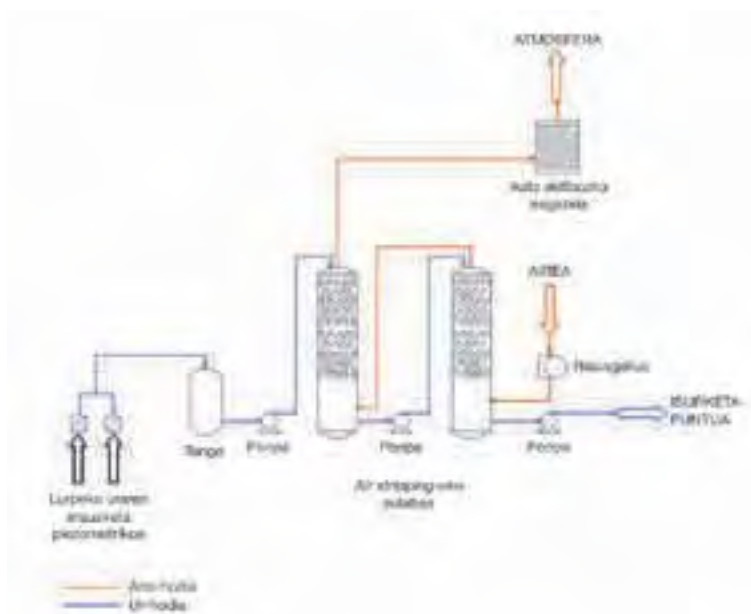
Aplikazioa:

**Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua**

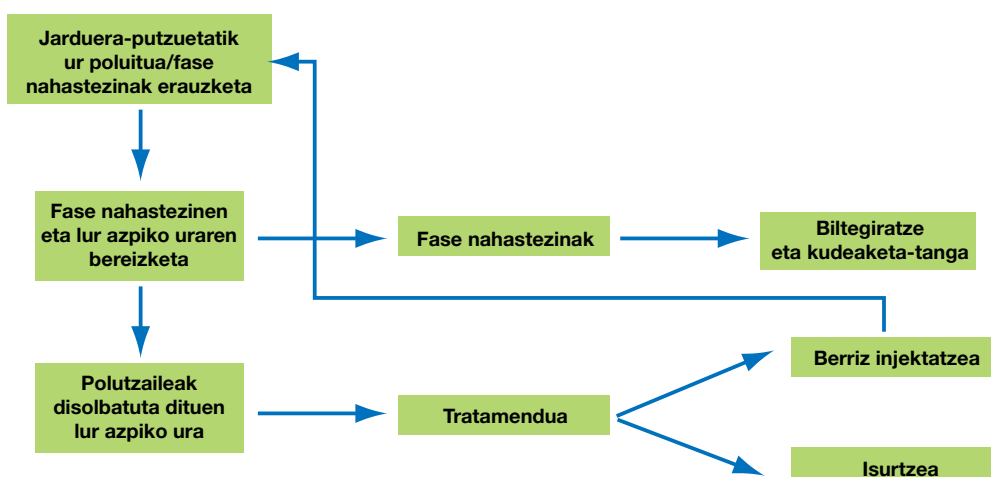
Deskontaminazioa

*In situ*

Hainbat fase nahaskor/nahastezin dituen lur azpiko ur poluitua ponpatu egiten da erauzketa-putzuetatik, gero gainazalean tratatu dadin, hainbat sistema edo prozesu erabiliz (kimikoak, biologikoak, *stripping*-a, ikatz aktiboa). Lur azpiko ura tratatutakoan, isuri egin daiteke edo kaltetutako eremutik gorako uretan berriz injektatu.



Ponpaketaren eta *air-stripping* bidezko tratamenduaren adibide erreala





### 3. Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua

Ponpa elektriko murgilgarriak:

- Emari nahiko handiak.
- Ez du faserik bereizten.



*Skimmer*-ak (pneumatikoak):

- Oso emari txikiak.
- Urtsuak ez diren faseetarako espezifikoak.



**Er uzitako fluidoak tratatzeko eta bereizteko sistemak**

Hidrokarburo-bereizgailuak:

- Fase nahastezinak bereiztea.



Ikatz aktiboko iragazkiak:

- KOL espezifikoak uretan eta gasetan atxikitzea.



*Stripping* dorreak:

- Fluidoetatik KOLak erauztea.



### 3. Ponpaketa eta lurpeko uren tratamendua

Kimikoak: oxidatzaileak, erreduktoreak eta  
Biologikoak: entzimak, bakterioak:  
- Poluitzaileen degradazioa.



#### Erreferentziak eta bibliografia

- AATDF. *Technology Practices Manual for Surfactants and Cosolvents*, Technical Report, Document No. TR-97-2. 1997.
- DOE. *Pump and Treat of Contaminated Groundwater at Langley Air Force Base, Virginia*, (Technology Application Analysis), prepared by Stone & Webster Environmental Technology & Services. 1994.
- DOE. *Pump and Treat of Contaminated Groundwater at Operable Unit B/C, McClellan Air Force Base, California*, (Technology Application Analysis), prepared by Stone & Webster Environmental Technology & Services. 1994.
- DOE. *Pump and Treatment of Contaminated Groundwater at U.S. Department of Energy Kansas City Plant Kansas City, Missouri*, (Technology Application Analysis) prepared by Stone & Webster Environmental Technology & Services. 1994.
- DOE. *Pump and Treat of Contaminated Groundwater at U.S. Department of Energy, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore Site, Livermore, California*, (Technology Application Analysis), prepared by Stone & Webster Environmental Technology & Services. 1994.
- DOE. *Pump and Treatment System at Commencement Bay, South Tacoma Channel (Well 12 A) Phase 2, Tacoma, Washington*. (Technology Application Analysis) prepared by Stone & Webster Environmental Technology & Services. 1994.
- US EPA. *Performance of Pump-and-Treat Remediations*, EPA/540/4-89/005. 1989.
- US EPA. *A Guide to Pump and Treat Groundwater Remediation Technology*, EPA/540/2-90/018. 1990.
- US EPA. *Chemical Enhancements to Pump-and-Treat Remediation*, EPA/540/S-92/001; NTIS: PB92-180074. 1992.
- US EPA. *Surfactant-Enhanced DNAPL Remediation: Surfactant Selection, Hydraulic Efficiency, and Economic Factors*, EPA/600/S-96/002. 1996.

## 4. Fase anitzeko erauzketa (Bioslurping-a)

**Teknologia:**

Teknologia-mota:

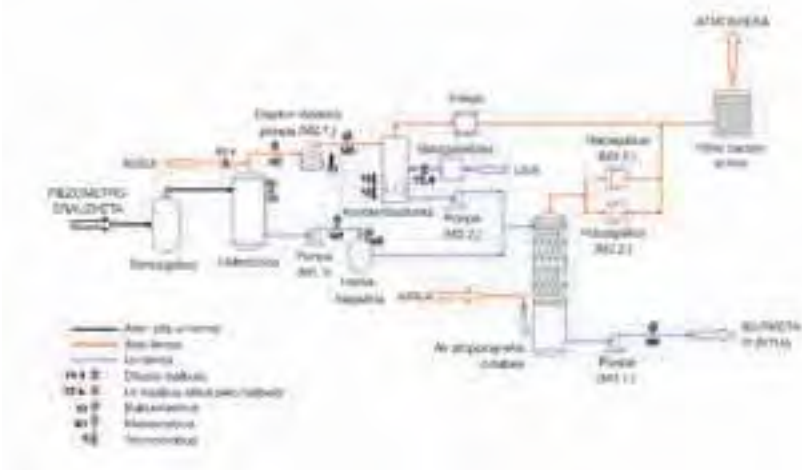
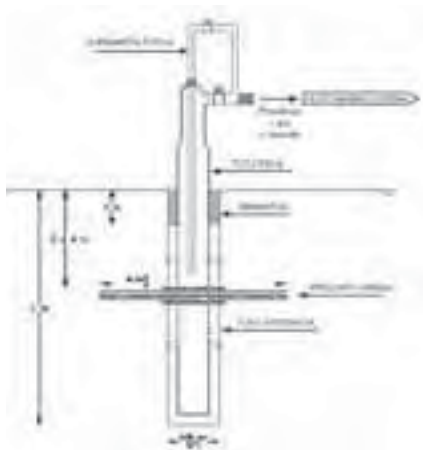
Aplikazioa:

**Fase anitzeko erauzketa (Bioslurping-a)**

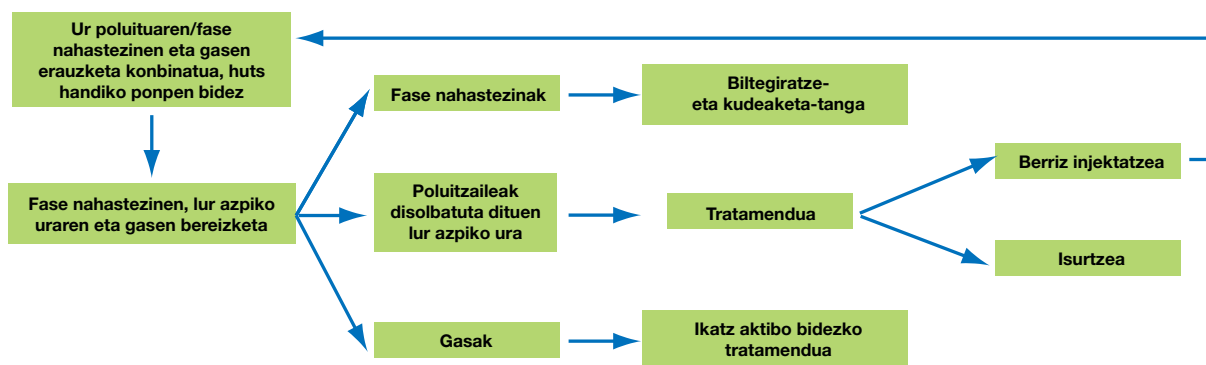
Deskontaminazioa

*In situ*

Eremu asetik (ura eta faseak) eta eremu asegabetik (gasak) huts handia eginez (gehienez -0,8 bar) gaiak erauzteko sistema konbinatua. Fluidoak erauztean, gainazalean, hainbat sistemaren edo prozesuren bidez trata daitezke (bereizketa, prozesu kimikoak, biologikoak, ikatz aktiboa). Lur azpiko ura tratatutakoan, berriz injekta daitezke isuri edo kaltetutako eremutik gorako uretan.



*Bio-slurping* bidez gasak eta fluidoak erauzteko eta, gero, *air-stripping* bidez tratatzeko adibide erreala



## 4. Fase anitzeko erauzketa (Bioslurping-a)

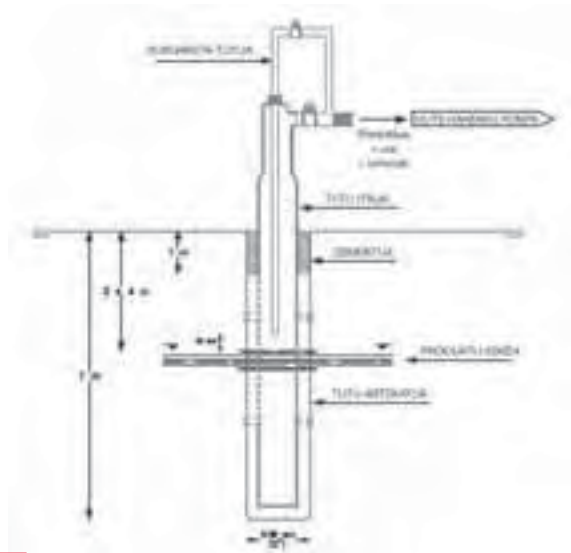
### Aplikatzeko aukerak

- Iragazkortasun txiki-handiko akuiferoak (lohiak eta legarrak).
- Nahiko eraginkorra da hondakin-asetasun handiko poluitzaileekin, sortzio-koefiziente altuak dituztenekin.
- Jarduera-erradioak ez du oso handia izan behar (ez da atxikitze beharrik aurreikusten).
- Eremu aseak eta asegabeak trata daitezke aldi berean.
- Obra zibila egiteko izan daitezkeen zailtasunak izan behar dira kontuan.

### Erabili beharreko ekipok

#### Jardueraren putzua

Ez da diametro handiko putzurik instalatu behar erauzketa-gaitasuna handitzeko.



#### Erabileraren sistema

Putzuaren burua. PVC edo kobrezko erauzketa-tutuak, diametro txikikoak, maila piezometrikoaren altueran bertan jarrita:

- Lehertzeko arriskurik gabe.
- Emari ertainak.
- Ez du faserik bereizten.



## 4. Fase anitzeko erauzketa (Bioslurping-a)

Huts handiko ponpa eta iragazkiak:

- Edukiontzi aireztatueta, leherkortasuna neurtzeko gailuak dituztenetan eta intsonorizatutakoetan instalatzen da normalean.
- Tratamendu-sistema edukiontzian sartuta egon daiteke.



### **Er uzit ko fluido k et g s k tr t t zeko et bereizteko sistem**

Tratamendu-sistema edukiontzian sartuta egon daiteke, eta osagai hauek izan ditzake:

- Hidrokarburo-bereizgailuak.
- Hidrozikloia (gasa/ura bereiztea).
- Ikatz aktiboko iragazkiak.
- Stripping dorreak.





## 4. Fase anitzeko erauzketa (Bioslurping-a)

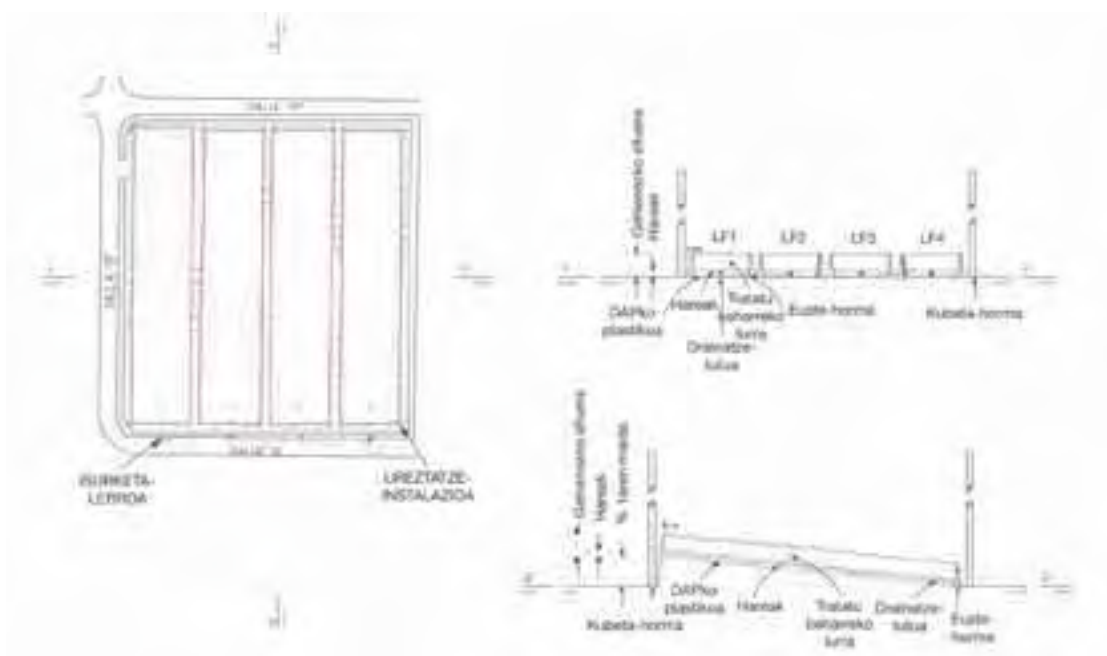
### Erreferentziak eta bibliografia

- American Petroleum Institute. *A Guide to the Assessment and Remediation of Underground Petroleum Releases*, Publication 1628, API, Washington, DC, pp.81. 1989.
- Baker, R.S. and J.Bierschenk. “*Bioslurping LNAPL contamination*”. *Pollution Engineering*, March, pp.38-40. 1996.
- *Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America*, 2nd Edition
- Miller, R.R. Bioslurping, GWRTAC, TO-96-05. 1996.
- USAF. *Technology Profile: Vacuum-Mediated LNAPL Free Product Recovery/ Bioremediation (Bioslurper)*, Air Force Center for Environmental Excellence (AFCEE), Brooks AFB, TX. March. 1994.
- USAF. *Draft: Test Plan and Technical Protocol for Bioslurping*, USAF, Air Force Center for Environmental Excellence, Brooks AFB, TX. January 1995.
- US EPA. *Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (ASR)*, Tenth Edition, EPA 542-R-01-004.
- US EPA. *Analysis of Selected Enhancements for Soil Vapor Extraction*, EPA OSWER, EPA/542/R-97/007. 1997.
- US EPA. *Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version*, October, 1998, EPA 542-B-98-007. 1998.
- US EPA. *Abstracts of Remediation Case Studies*, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006. 2000.
- US Navy. *Restoration Development Branch: Bioslurping*, USN, Naval Facilities Engineering Service Center, Port Hueneme, CA. 1996.
- Wickramanayake, G.B., et al. “*Best Practices Manual for Bioslurping*”, *Technical Memorandum*, Naval Facilities Engineering Service Center, TM-2192-ENV. 1996.

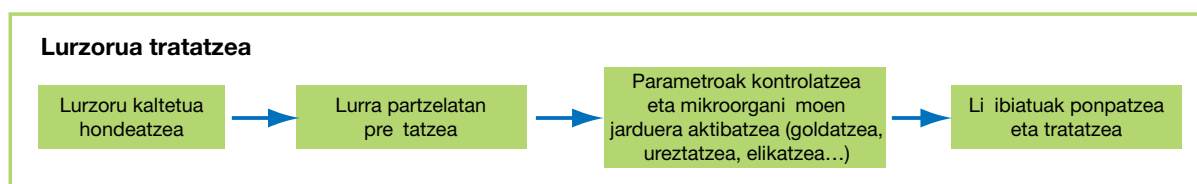
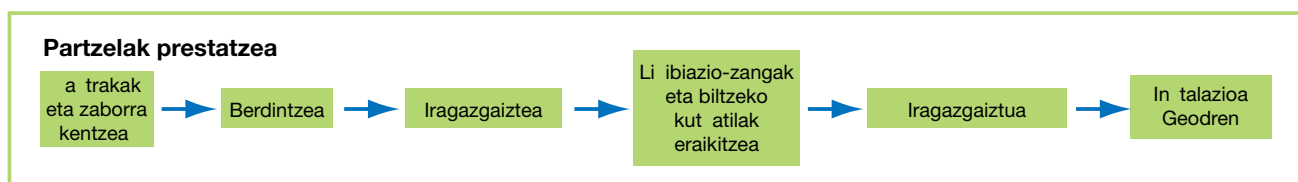
## 5. Landfarming-a / Konpostajea

<b>Teknologia:</b>	<b>Landfarming-a / Konpostajea</b>
Teknologia-mota:	Deskontaminazioa
Aplikazioa:	<i>Ex situ</i>

**Landfarming** - *Ex situ* aplikatzen den tratamendu honekin, lurzoruko konposatu organiko degradagarrien kontzentrazioa murriztu daiteke, lurzoruko mikroorganismoen jarduera bultzatuz. Horretarako, lurzoru poluituak hondeatu eta partzelak iragazgaitu handietan ezarri behar dira, tratatzeko: laborantzaren bidez, elikagaiak gehituz, hezetasuna emanez, etab.



Lurzoruak *landfarming*-ez tratatzeko adibide erreala



## 5. Landfarming-a / Konpostajea

### Aplikatzeko aukerak

- Petroliotik eratorritako ia hidrokarburo guztietarako aproposa da.
- Jarduera mikrobiologikoari eragiten dioten lurzoruaren hainbat ezaugarri kontu handiz kontrolatu behar dira: pH-a, tenperatura, hezetasuna, elikagai-edukia, bakterio-populazioak, etab.
- Lurzoruak ahalik eta egitura homogeenoa izan behar du.
- Azalera handia tratatu behar da.
- Sei hil eta bi urte bitarteko denbora-tartea behar da, poluitzaile-motaren eta kontzentrazioaren arabera.
- Ez da eraginkorra petroliotik eratorritako hidrokarburoen 50.000 ppm-tik gorako kontzentrazioetarako, ez eta metal astunen 2.500 ppm-tik gorakoetarako ere.
- Sor daitezkeen lixibiatuak jasotzeko eta gero tratatzeko (bereiztea, kudeatzea, etab.) azpiegiturak behar dira.

### Erabili beharreko ekipok

#### Partzelak

Toki asko eta makina egokiak izan behar dira.

Partzelak iragazgaiztu egin behar dira, eta sor daitezkeen lixibiatuetarako geodren bat izan behar dute.

Lixibiatuak atxikitzeko zangak eraiki behar dira.



## 5. Landfarming-a / Konpostajea

### Parametro kontroltzeko sistemak

Hauek kontrolatzea: pH-a, temperatura, elikagaiak, hezetasuna, jarduera biologikoa (guztizko bakterio aerobikoak kalkulatzeko), poluitzaile-kontzentrazioen bilakaera, etab. Baliteke ureztatzeko instalazio bat behar izatea.



**Konpostajea** - Konpostajearen teknika ex situ gauzatu behar da, eta *landfarming*-aren antzekoa da. Hona hemen bien arteko desberdintasunak:

- Konpostajearen teknikan, medeatze organikoaren bitartez hornitzen dira elikagaiak (alegia, oro har, materia organikoa, hondar begetalak, egur birrinduak, etab.); beraz, tratatu beharreko materialaren bolumena asko handitzen da.
- Oso tenperatura altuetan degradatzen dira (55-65 °C), eta materia organikoaren hartidura-prozesuen ondorioz sortzen da tenperatura hori.
- Tratatu beharreko materialean karga poluitzaile handiagoa izan daiteke.

## 5. Landfarming-a / Konpostajea

### Erreferentziak eta bibliografia

- American Petroleum Institute. *A Guide to the Assessment and Remediation of Underground Petroleum Releases*, Publication 1628, API, Washington, DC, pp.81. 1989.
- *Innovative Remediation Technologies. Field Scale Demonstration Project in North America*, 2nd Edition
- Minnesota Pollution Control Agency - *Leaking Petroleum Storage Tanks. The facts about composting petroleum contaminated soil*. Fact sheet #3.41. February 2001.
- US EPA. *How to Evaluate alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites*. Chapter 5. EPA 510-B-95-007. May 1995.
- US EPA. *Analysis of Selected Enhancements for Soil Vapor Extraction*, EPA OSWER, EPA/542/R-97/007. 1997.
- US EPA. *Innovative Uses of Compost. Composting of Soils Contaminated by Explosives*. EPA530-F-97-045. October 1997.
- US EPA. *Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version*, October, EPA 542-B-98-007. 1998.
- US EPA. *Annual Status Report (ASR), Tenth Edition, (Treatment Technologies for Site Cleanup)* 542-R-01-004
- US EPA. *Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4*, 542-R-00-006. June 2000.

## 6. Biopilak

**Teknologia:**

**Teknologia-mota:**

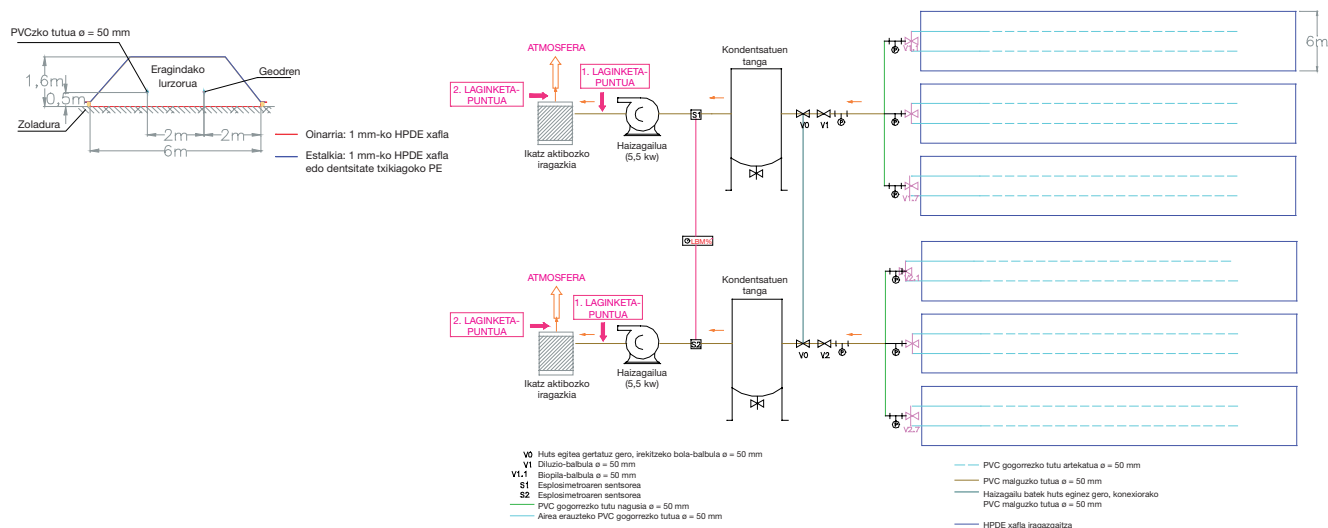
**Aplikazioa:**

**Biopilak**

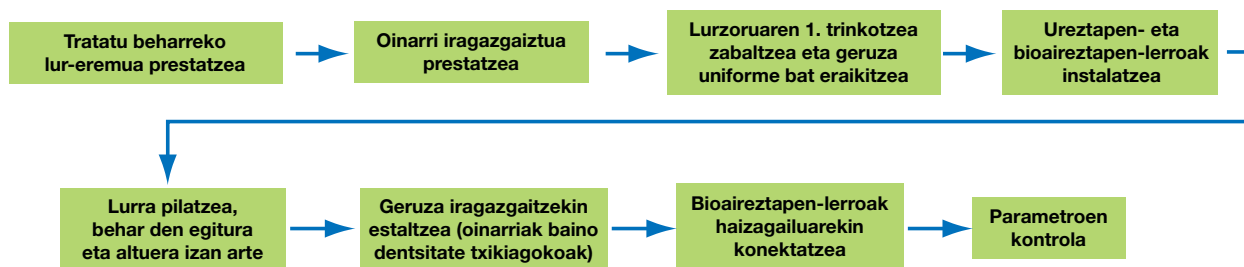
**Deskontaminazioa**

*Ex situ*

Tratamendu hau *ex situ* aplikatu behar da, eta lurzoruko konposatu organiko degradagarrien kontzentrazioa murrizteko balio du. Lurzoruko mikroorganismoen jardura bultzatzen da eta konposatu lurrunkorrenak aireztapen bidez erauzten dira. Horretarako, lurzoru poluituenak hondeatu eta tratamendu-piloetan ipini behar dira; oinarria iragazgaituta, bioaireztapen-lerroak eta plastikozko estaldura izan behar dituzte.



### Lurzorua biopilekin tratatzeko adibide erreal



## 6. Biopilak

### Aplikatzeko aukerak

- Petroliotik eratorritako ia hidrokarburu guztietarako aproposa da, batez ere lurrunkorrenetarako.
- Jarduera mikrobiologikoari eragiten dioten lurzorua hainbat ezaugarri kontu handiz kontrolatu behar dira: pH-a, tenperatura, hezetasuna, elikagai-edukia, bakterio-populazioak, etab.
- Lurzoruak ahalik eta egitura homogeenoa izan behar du.
- *Landfarming*-ak baino tratamendu-azalera txikiagoa behar du.
- Aireztapen-ekipoak behar ditu (lerroak, haizagailua, etab.)
- Sei hil eta bi urte bitarteko denbora-epea behar da, poluitzaile-motaren eta kontzentrazioaren arabera.

### Erabili beharreko ekipoak

#### Biopilak

Nahiko toki eta makina egokiak izan behar dira. Biopilaren neurria eskura dauden makina-moten arabera izango da. Biopilen oinarriak iragazgaitza izan behar du eta dentsitate txikiagoko plastikoz estali behar dira (pisu gehiegi izan ez dezaten).



#### Bio ireztapen-lerroak

Lehenbiziko trinkotzearen ondoren, bioaireztapen-lerroak ipini behar dira: geotextil batekin estalitako tutu artekatuz osatuta daude (lohiz bete ez daitezten). Lerro horien bidez airea zabalduko da metatutako lurrian zehar eta konposatu lurrunkorak erauziko ditu. Lurraren ezaugarrien arabera, baliteke, horiez gain, ureztatze-lerroak behar izatea.



## 6. Biopilak

### Kondentsatuak biltzeko sistema

Xurgatze-mailan kondentsatuak biltzeko sistema. Fase likidoak haizagailuaren motorrera sartzea eragozten du.



### Hizgarritu

Motor elektrikoa eta turbina. Kondizioen arabera potentzia espezifikoak.

### Protektzio kontrol sistema

Hau kontrolatzea: pH-a, tenperatura, elikagaiak, hezetasuna, jardura biologikoa (guztizko bakterio aerobikoak kalkulatu), poluitzaile-kontzentrazioen bilakaera, etab.





## 6. Biopilak

### Erreferentziak eta bibliografia

- American Petroleum Institute. *A Guide to the Assessment and Remediation of Underground Petroleum Releases*, Publication 1628, API, Washington, DC, pp.81. 1989.
- Batelle and NFESC. *Biopile design and construction manual*. Technical Memorandum TM-2189-ENV. June 1996.
- *Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version*, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- *Innovative Remediation Technologies. Field Scale Demonstration Project in North America*, 2nd Edition.
- US EPA. *Analysis of Selected Enhancements for Soil Vapor Extraction*, EPA OSWER, EPA/542/R-97/007. 1997.
- US EPA. *Annual Status Report (ASR), Tenth Edition, (Treatment Technologies for Site Cleanup)* EPA 542-R-01-004
- US EPA *How to Evaluate alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites. Chapter 4*. EPA 510-B-95-007. May 1995.
- US EPA. *Biopile operations and maintenance manual*. Technical Memorandum TM-2190-ENV. Batelle and NFESC. June 1996.
- US EPA. *Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4*, June, 2000, EPA 542-R-00-006. 2000.

## 7. Desortzio termikoa

**Teknologia:**

**Konposatu organikoen tenperatura altuko desortzioa**

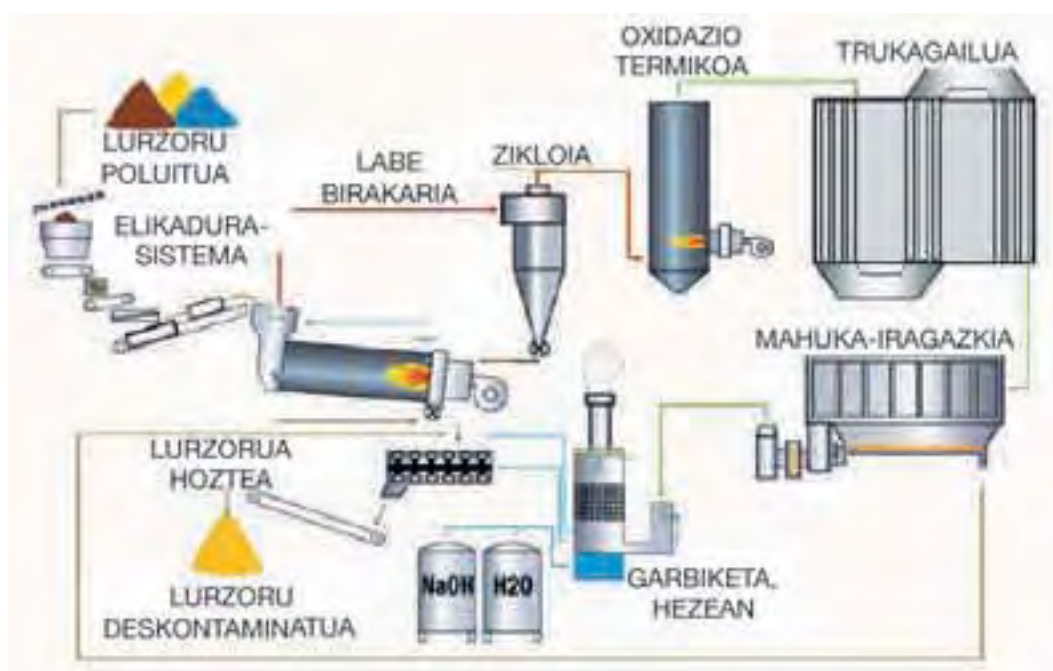
**Teknologia-mota:**

Deskontaminazioa

**Aplikazioa:**

*In situ/Ex situ*

*Ex situ* aplikatu beharreko tratamendu hau konposatu organiko asko dituzten lurzoruetarako erabiltzea komeni da. Lurzoru poluituak labe batean sartzen dira (normalean, birakaria), 450-550 °C bitartean, eta oxigenorik gabe (ingurune anaerobioa), 8-20 minutuz. Hala, poluzio organikoa lurretik gas-fasera aldatzen da. Sortzen diren gasak kondentsazioz edo oxidazio termikoz (850-1.200 °C) tratatzen dira, eta, gero, beste zenbait tratamendu egiten zaizkie.



“Desortzio termikoaren” prozesu-diagrama

## 7. Desortzio termikoa

### Aplikatzeko aukerak

- Tratamendu-sistemak gauzatzeko, aurrez homogeneizatzeko eta granulometria-egokitzapenak egin behar dira, instalazioan sartzen diren partikulen tamaina mugatzeko.
- Poluitzaile organikoak tratatu behar dira: organiko halogenatuak eta ez-halogenatuak, hidrokarburo alifatikoak eta aromatikoak, pestizidak, zianuroak, PCBak eta beste zenbait.
- Metal astunak dituzten lurzoruen kasuan, metodo hau ez da eraginkorra, ezin baitira desorbatu.

### Erabili beharreko ekipoa

#### Temperatura-aldaketarako desortzio-gailuak

- Elikadura-sistema.
- Desortzio-labea oxigeno gabeziarekin.
- Lurzoru desorbatua hozteko sistema.

#### Gasak tratatzeko sistemak

Oxidazio termikoz:

- Partikula lodiak atxikitze zikloia.
- Partikula finak ezabatzeko mahuka-iragazkia.
- Oxidazio kimikoko ganbera (850-1.200 °C).
- Gasak hezean garbitzea eta NaOHrekin neutralizatzea.

Kondentsazioz:

- Partikulak biltzeko zikloia (guztizkoaren % 50 gehienez).
- *Prescrubber* eta *venturi scrubber*. Gainerako partikulak erauzi eta gasak hoztu egiten ditu.
- Bereizgailua, demister-a eta sifoia. Kondentsatuak, partikulak eta ura ezabatzen ditu.
- Kondentsadorea/*chiller*-a. Kondentsa daitezkeen guztiak erauzten ditu.
- Ura tratatzeko unitatea (ur-olioaren erauzgailua eta hozte-dorrea, xafla bidezko trukagailua).

## 7. Desortzio termikoa

### Erreferentziak eta bibliografia

- Baker, R.S. And M. Kuhlman. “*A Description of the Mechanisms of In-Situ Thermal Destruction (ISTD) Reactions.*” In: H.Al-Ekabi (Ed.), *Current Practices in Oxidation and Reduction Technologies for Soil and Groundwater. Presented at the 2<sup>nd</sup> International Conf. On Oxidation and Reduction Technologies for Soil and Groundwater, ORTs-2, Toronto, Ontario, Canada. Nov. 17-21, 2002.*
- Conley, D.M., and C.M. Lonie. “*Field Scale Implementation of In Situ Thermal Desorption Thermal Well Technology.*” pp. 175-182. In Wickramanayake and A.R. Gavaskar (eds.) *Physical and Thermal Technologies: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds.* Battelle Press, Columbus, OH. 2000.
- Conley, D.M., et al. “*In Situ Thermal Desorption of Refined Petroleum Hydrocarbons from Saturated Soil*”. pp. 197-206. In Wickramanayake and A.R. Gavaskar (eds.) *Physical and Thermal Technologies: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds.* Battelle Press, Columbus, OH. 2000.
- Naval Facilities Engineering Service Center. Tech. Data Sheet: *A Demonstration of In-Situ Thermal Desorption.* TDS-2051-ENV. Port Hueneme, CA. Marzo 1998.
- US EPA. *A Citizen’s Guide to Thermal Desorption.* Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office. EPA/542/F-92/0036, PB92-232396. Julio 1996.
- US EPA. *Combustion Emissions Technical Resource Document (CETRED). Draft.* Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC. EPA 530/R94/014. Mayo 1994.
- US EPA. *Contaminants and Remedial Options at Wood Preserving Sites.* Office of Research & Development, Cincinnati, OH. EPA/600/R-92/182, PB92-23222. Octubre 1992.
- US EPA. *Estimation of Air Impacts for Thermal Desorption Units used at Superfund Sites.* Air/Superfund National Technical Guidance Study Series. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC. EPA/451/R-93/005, PB93-215630. Abril 1993.
- US EPA. *Innovative Site Remediation Technology, Vol 6, Thermal Desorption.* Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office. EPA/542/B-93/011. November 1993.
- US EPA. *Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vitrification.* Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office. EPA-542-R-95-005, PB95-182945. Marzo 1995.
- US EPA. *Thermal Desorption Remedy Selection Guide for Conducting Treatability Studies under CERCLA.* Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC. EPA 540-R-92-074A. Septiembre 1992.
- US EPA. *Thermal Desorption Treatment: Engineering Bulletin.* Office of Research & Development, Cincinnati, OH. EPA 540-S-94-501. Febrero 1994.
- US EPA. *XTRAX Model 200 Thermal Desorption System, OHM Remediation Services Corporation: SITE Demonstration Bulletin.* Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC. EPA 540-MR-93-502. Mayo 1993.



## 8. Hesi hidraulikoak

**Teknologia:**

**Teknologia-mota:**

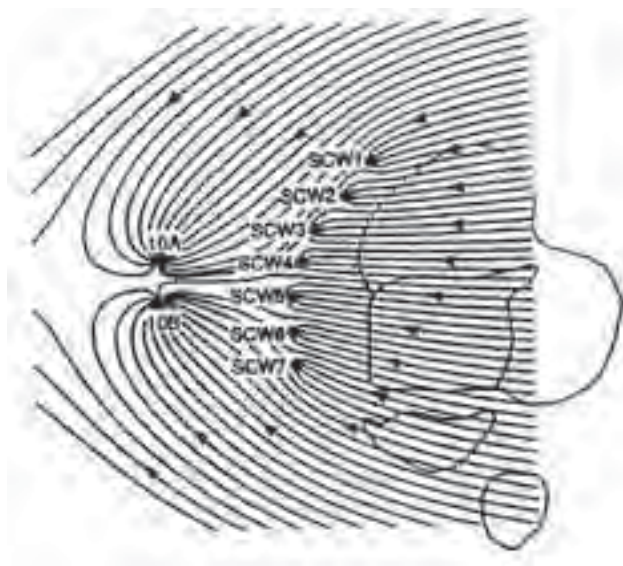
**Aplikazioa:**

**Hesi hidraulikoak**

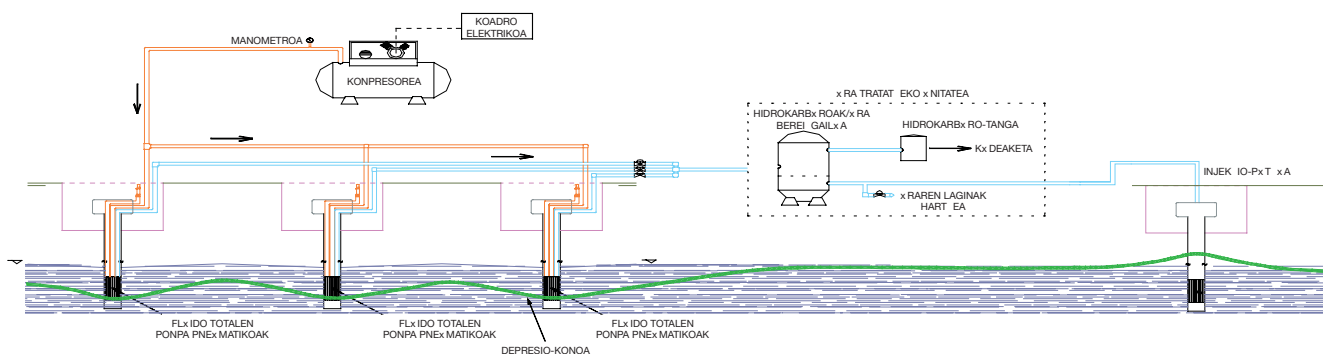
**Deskontaminazioa**

*In situ*

Poluzio-mototsek aurrera egin dezaten saihesteko aukera ematen du teknika honek. Horretarako, putzu-bateria bat (edo oso iragazkorak ez diren zanga drainatzaileak) ipini behar da. Aurrez modelizazio bat egin behar da, teknikaren eraginkortasuna ebaluatu ahal izateko eta lortu nahi ez diren eragin sekundarioak aurrez ahal izateko.



**1. irudia:** Ponpaketa-putzuetarako fluxu-lerroen modelizazioaren irudikapena



**2. irudia:** Hesi hidrauliko baten eta akuiferoaren portaeraren irudikapena. Ponpaketa-sistema pneumatikoa da, eta ura tratatzeko sistemak eta berriz injektatzeko putzuek osatzen dute

## 8. Hesi hidraulikoak

### Aplikatzeko aukerak

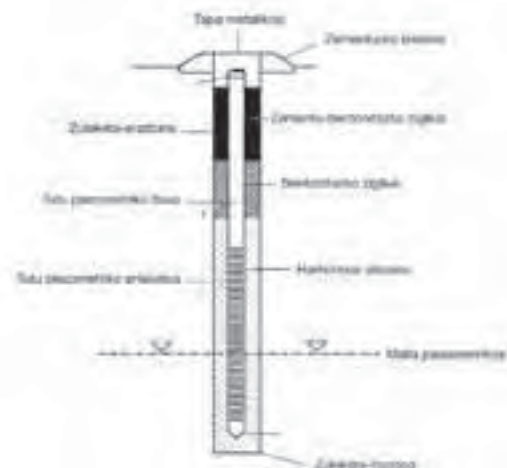
- Edozein lurzoru-mota. Lurzoru harritsuak izan ezik.
- Eutsi behar zaion mototsetik uretan behera jarri behar da hesia.
- Funtsezkoa da alboko putzuek sortutako depresio-konoak elkarrekin gainezartzea, poluitzaileak hesia gaindi ez dezan.
- Arazoa: ur-bolumen handia kudeatu behar da.
- Ez du fokua tratatzen, babestu nahi diren eremuetarantz mugi ez dadin saihestu besterik ez du egiten.
- Beste teknika batzuekin batera erabili ohi da.



### Erabili beharreko ekipoa

#### Ponp tzeko putzu k

De cara a mejorar la eficacia de la barrera se requiere la instalación de pozos de bombeo de gran diámetro, con sistemas de bombeo y tratamiento. Es necesario la instalación de piezómetros de control para monitorizar el comportamiento del acuífero. La instalación de la tubería en los pozos tiene que realizarse con centradores para garantizar su correcta ejecución.



## 8. Hesi hidraulikoak

### Er uzket -ponp k

Deflagrazioaren aurkako ponpa murgilduak:

- Leherketak gertatzeko arriskua dagoen eremuak,
- Emari txikia (10 l/min),
- Ez du faserik bereizten.



Ponpa elektriko murgilgarriak:

- Emari nahiko handiak.
- Ez du faserik bereizten.



### Er uzket -ponp k

Erauzitako ur-bolumena tratatzeko, uretan disolbatuta dauden konposatuen berri izan behar da. Hala, tratamendu-mota eta tratamenduei dagozkien ekipoa hautatu ahal izango dira. Besteak beste, ekipoa hauek erabil daitezke:

- Dekantagailuak.
- Hidrokarbuo-bereizgailuak.
- *Stripping* dorreak.
- Ikatz aktiboko iragazkiak.
- Osmosi-instalazioak.





## 8. Hesi hidraulikoak

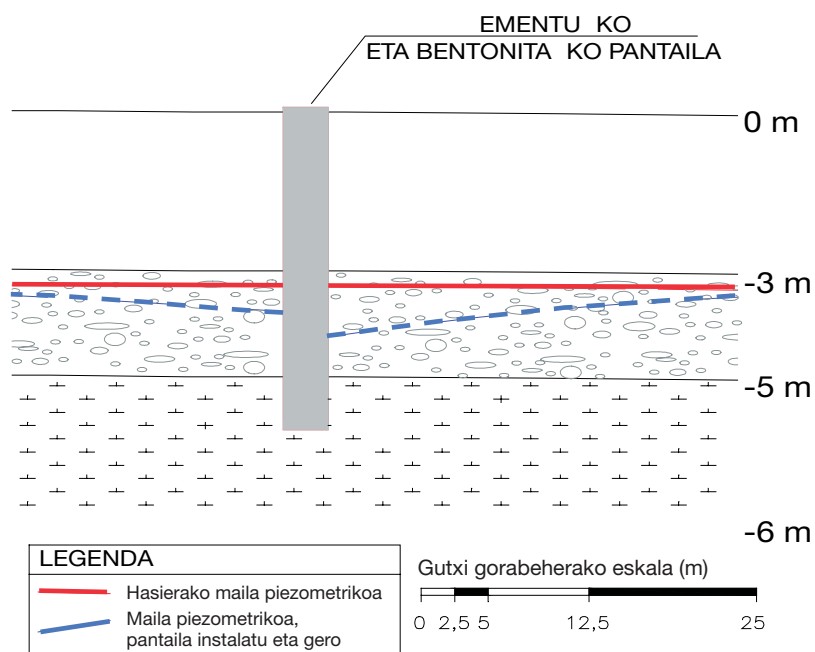
### Erreferentziak eta bibliografia

- Atwood, D.F., and S.M. Gorelick, “*Hydraulic Gradient Control for Groundwater Contaminant Removal*,” *Journal of Hydrology*, Vol. 76, pp.85-108, 1985.
- Baer, J., and A. Verruit, *Modeling Groundwater Flow and Pollution*, Reidel Publ., 1987.
- Ben-Zvi, M., B. Berkowitz, and S. Kesler, “*Pre-posterior Analysis as a Tool for Data Evaluation: Application to Aquifer Contamination*,” *Water Resources Mangement*, Vol, 2, pp. 11-20, 1988.
- Gorelick, S. M. , “*A review of Distributed Parameter Groundwater Management Modelling Methods*,” *Water Resources Research*, Vol. 19, No. 2, 1983.
- Gorelick, S.M., and B.J. Wagner, “*Evaluating Strategies for Groundwater Contaminant Plume Stabilization and Removal*,” *Selected Papers in the Hydrologic Sciences*, U.S. Geological Survey Water Supply Series 2290, pp. 81-89, 1986.
- Javandel, I. And C.F. Tsand, “*Capture-Zone Type Curves: A Tool for Aquifer Cleanup*,” *Ground Water*, Vol. 24 pp. 616-625, 1986.
- Keely, J.F. And C.F. Tsang, “*Velocity Plots and Capture Zones of Pumping Centres for Groundwater Investigations*,” *Ground Water*, Vol. 21, pp. 701-714, 1983.
- McDonald, M.G., and A.W. Harbaugh, *A Modular Three Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model*, U.S. Geological Survey, 1984.
- Steven M. Gorelick, R. Allan Freeze, David Donohue, Joseph F. Keely: *Groundwater Contamination. Optimal Capture and Containment*. Lewis Publishers, 1993.
- Trescott, P.C., G.F. Pinder, and S.P. Larson, *Finite-Difference Model for Aquifer Simulation in Two Dimensions With Results of Numerical Experiments*, U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations, Book 7, Chapter, C1, 1976.
- Wang, H.F. And Mary P. Anderson, *Introduction to Groundwater Modeling*, W.H. Freeman, 1982.

## 9. Euste-pantailak

<b>Teknologia:</b>	<b>Euste-pantailak</b>
Teknologia-mota:	Euste-teknologiak
Aplikazioa:	<i>In situ</i>

*In situ* aplikatzen den teknika honekin, lur azpiko ur poluituaren mototsa batek edo produktu libreak aurrera egin dezan saihestu daitezke. Kasu gehienetan, maila freatikoa lortzeko hondeatutako zementu-bentonitazko pantailak izaten dira. Lurzoruaren bereizketa ere erabil daitezke teknika gisa; nahasi eta partzialki zementazio-hautsekin ordeztuta (normalean, zementua).

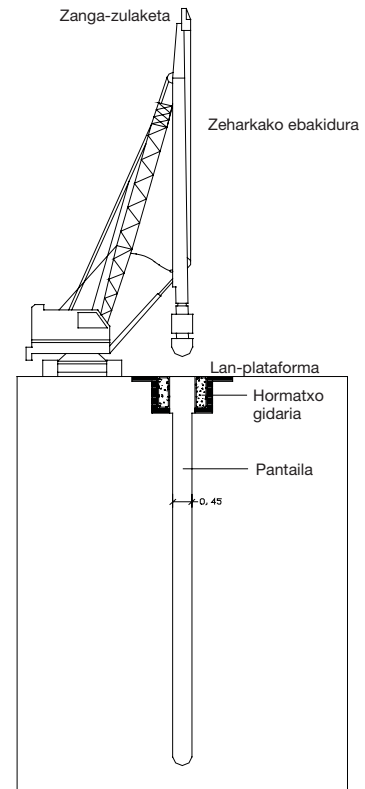


**Hidrokarburoak dauden eremu bat isolatzeko zementu-bentonitazko pantaila erabiltzeko adibide erreala**

## 9. Euste-pantailak

### Aplikatzeko aukerak

- Edozein lurzoru-mota. Lurzoru harritsuak izan ezik.
- Sakoneraren muga: gehienez, 15-20 m, egungo hondeaketa- eta gauzatze-tekniken arabera.
- Poluitzailearen arabera pantailaren ezaugarriak nola alda daitezkeen aztertu nahi da.
- Beste teknika batzuekin batera erabiltzen da teknologia hau.
- Kasuen arabera, ponpaketa-sistema bat ezarri behar da mugatutako barrutian, inguruneko piezometria ez aldatzeko.



### Erabili beharreko ekipoa

#### Honde tze-sistemak

Makina pisutsuak erabili behar dira, hala nola pantailak egitekoak, koilara bibalbioekin edo injekzioak egiteko zulaketa-makinekin.

Lan horiek guztiak egin aurretik, zuinketak egin behar dira; zementu-bentonitazko pantailen kasuan murrugidari bat eraiki behar da.

Pantaila osatzen duten materialen nahasteak egiteko, dosifikatzeko eta nahasteko makinak behar dira. Gero, nahastea dagokion tokiraino (batache-a edo hondeaketa-puntua) bultzatu behar da.



## 9. Euste-pantailak

### Ponpuzeko putzuak

Teknika hori lur azpiko ponpaketaekin konbinatzen bada, diametro handiko ponpaketa-putzuak instalatzen dira, ponpaketa- eta tratamendu-sistemekin. Kontrol-piezometroak instalatu behar dira, akuiferoaren portaera monitorizatzeko. Tutua putzuetan instalatzeko zentragailuak erabili behar dira, ongi egiten dela bermatzeko.



### Nahasketaren presio fisikoak

Pantaila osatzen duen material-nahastearen plastikotasuna, likatasuna eta dentsitatea *in situ* ebaluatzeko aukera ematen duten ekipoak eta dentsimetroak. Behar bezala gauzatzen dela eta diseinu-ezaugarri egokiak dituela bermatzeko.



## 9. Euste-pantailak

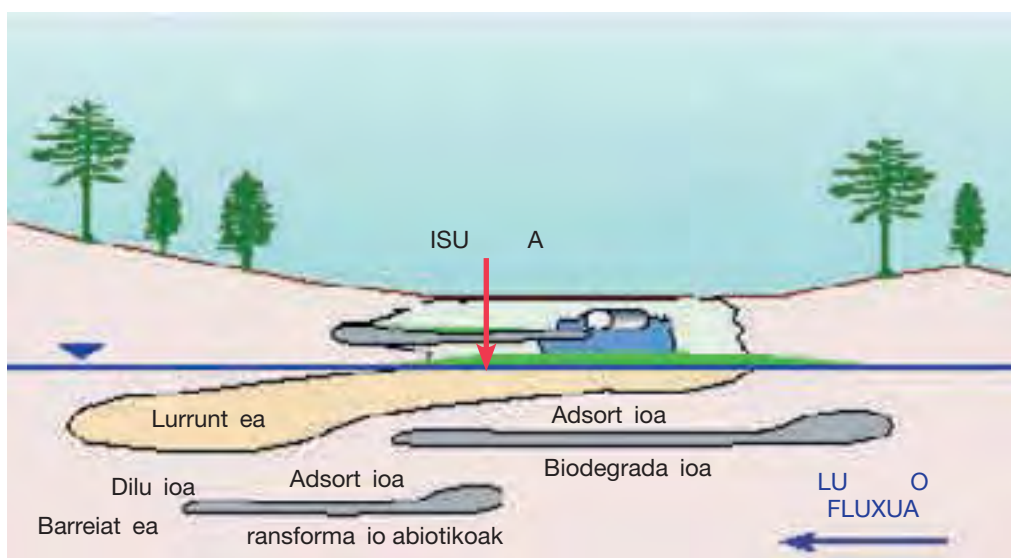
### Erreferentziak eta bibliografia

- Cañizo, Luis: *Las pantallas impermeabilizantes de bentonita-cemento. Boletín del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo*, 110. zk. Madril, 1975eko uztaila-abuztua.
- Cañizo, Luis; Eraso, Adolfo; Aguado, Julián: *La bentonita-cemento y sus aplicaciones. Revista de Obras Públicas*. Madril, 1976ko otsaila.
- De Juan García, Miguel Ángel: *Confinamiento de dos vertederos de lindano mediante pantallas de bentonita-cemento. Ingurumen Geotekniari buruzko sinposioa - Lurzoruen Mekanikako eta Ingeniaritza Geoteknikoko Sozietate Espainiarraren 8. sinposioa*. 1. saioa. Valentzia, 2004ko urriaren 6tik 8ra..
- IHOBE, *Utzitako hondakindegietan ekintza-planak egiteko gidaliburu teknikoa*. 1999.
- Pons Salvador, María Eugenia: *Propiedades y comportamiento de mezclas de bentonita-cemento en pantallas de contaminación de presas de tierra*. E.T.S.I.C.C.P. doktore-tesia. Madril, 1996.
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND980794432.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND980794432.htm)
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND064703200.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND064703200.htm)
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND980607360.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND980607360.htm)
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND016360265.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND016360265.htm)
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND048989479.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/indiana/IND048989479.htm)
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/michigan/MID980506281.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/michigan/MID980506281.htm)
- [Http://www.epa.gov/R5Super/npl/michigan/MID067340711.htm](http://www.epa.gov/R5Super/npl/michigan/MID067340711.htm)
- [Http://www.epa.gov/region8/superfund/sites/ut/rosepark.html](http://www.epa.gov/region8/superfund/sites/ut/rosepark.html)
- [Http://www.epa.gov/superfund/sites/npl/nar577.htm](http://www.epa.gov/superfund/sites/npl/nar577.htm)
- [Http://www.epa.gov/superfund/sites/npl/nar45.htm](http://www.epa.gov/superfund/sites/npl/nar45.htm)

## 10. Indargabetze natural monitorizatua / Biorremediazio estimulatua

<b>Teknologia:</b>	<b>Indargabetze natural monitorizatua</b>
Teknologia-mota:	Besteak
Aplikazioa:	<i>In situ</i>

**Indargabetze natural monitorizatua:** Garbitzeko sistema pasibo honetan lurpean gertatzen diren prozesu naturalak aprobetxatzen dira (diluzioa, lurruntzea, adsortzioa, biodegradazioa, eraldaketa kimikoa, etab.), poluitzaileak maila onargarrietaraino gutxitzea lortzeko.



**Lurpean gertatzen diren prozesu fisikoak, kimikoak eta biologikoak, ingurumeneko poluitzaileen kontzentrazioak murrizten laguntzen dutenak**

**Biorremediazio estimulatua:** Indargabetze naturalen prozesuak azkartu egiten dira, poluitzaileak in situ biodegradatzen laguntzen duten jardueren bidez. Elikagaiak (N, P) edo bestelako aditiboak gehituta –hala nola, poluitzaileak degradatu ezin diren hazkuntza espezifikoak– lor daitezke prozesua azkartzea. Gai horiek gehitukoan, aldizka kontrolatu egin behar da, eta biodegradazioa motetara bada aditibo gehiago injektatu behar dira.

## 10. Indargabetze natural monitorizatu / Biorremediazio estimulatua

### Aplikatzeko aukerak

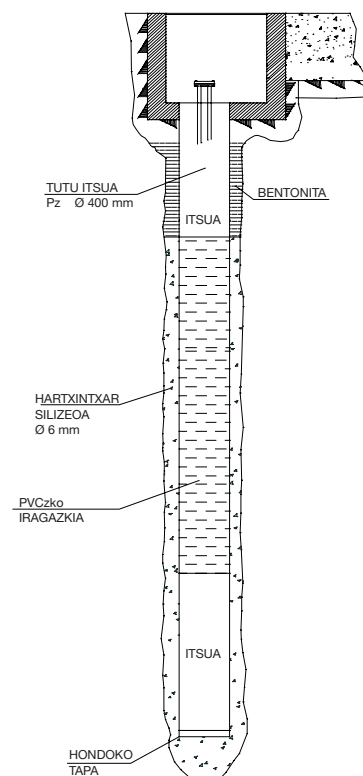
- Produkturik ez dago fase librean
- Hartzaile sentikorrik edo arriskutsurik ez dago.
- Konposatu organiko lurrunkorretarako eta erdilurrunkorretarako eraginkorra. Lurrunkortasun txikiko konposatuetan ez da hain eraginkorra.
- Konposatu organiko biodegradagarriak.
- Elektroi-hartzaileak (oxigenoa, nitratoak, burdina, sulfatoak, etab.) dituen ingurune hidrogeologikoa.
- Fauna eta flora mikrobakteriologiko autoktono egokia behar du, kopuru jakin batean.
- Ingurune geologikoa, hidrogeologikoa eta hidrogeokimikoa ongi ezagutu behar da.
- Prozesu fisiko egokiak –poluitzaileen diluzioa, dispersioa, sortzioa, lurruntzea, eraldatzea edo deuseztapen kimikoa– gertatzen diren ingurune hidrogeologikoak.

### Behar diren ekipoak eta azpiegiturak

#### Kontrol tzeko piezometro k

Kontrolatzeko putzuen edo piezometroen sare osoa, behar bezala eraikita, izan behar da; hala, laginak hartu eta parametro ezegonkorrak landan bertan neurtu ahal izango dira, baita hainbat saiakuntza hidrogeologiko egin ere:

- Iturritik gorako uretan.
- Iturriaren eremuan.
- Iturritik beherako uretan.
- Garabi-besoaren ardatzaren alboko posizioetan.



Kontrolatzeko piezometro baten eskemaren adibidea (kaleko taparen argazkia)

## 10. Indargabetze natural monitorizatua / Biorremediazio estimulatua

### Parametro ezegonkorren indar naturalen neurtzeko ekipamendua

pHmetroa, konduktibimetroa, disolbatutako oxigenoaren neurgailua, ERREDOX potentzialaren neurgailua, termometroa, alkalinitasuna landan bertan neurtzeko kitak, etab.



Hainbat laginketarako ekipamendu: erabili eta botatzeko lagin-hargailuak, ponpa peristaltikoa eta maila diferentzialen lagin-hargailuak

### Neurtzeko eta saiakuntza hidrojologikoak egiteko ekipamendua eta bestelakoak

Uraren maila neurtzeko zundak, ponpaketa-saiakuntzak egiteko ponpak, limnigrafoak, gas-neurgailuak, landako fotoionizatzaileak, etab.



Konposatu organiko lurrunkorrak landan neurtzeko fotoionizatzaileak

### Laginketarako materialak

Purgatzeko ponpa peristaltikoa, erabili eta botatzeko lagin-hargailuak, laginketarako ekipamendua garbitzeko materiala, laginak kontserbatzeko ontziak, hozkailu eramangarria, etab.



Parametro ezegonkorren neurtzeko ekipamendua: konduktibimetroa, disolbatutako oxigenoa, ORP eta neurketak landan egiteko kit osoa



## 10. Indargabetze natural monitorizatua / Biorremediazio estimulatua

### Erreferentziak eta bibliografia

- AFCEE. *Technical Protocol for Implementing Intrinsic Remediation with Long-Term Monitoring for Natural Attenuation of Fuel Contamination Dissolved in Groundwater*. US Air Force Center for Environmental Excellence, San Antonio, Texas. 1995.
- AFCEE. *Technical Protocol for Evaluating Natural Attenuation of Chlorinated Solvents in Groundwater, Draft - Revision 1*; Air Force Center for Environmental Excellence, San Antonio, Texas. 1997.
- AFCEE. *Designing Monitoring Programs to Effectively Evaluate the Performance of Natural Attenuation*: Air Force Center for Environmental Excellence, San Antonio, Texas. 2000.
- Amoco. *Natural Attenuation as a Remedial Alternative Technical Guidance*. 1995.
- ASTM (American Society of Testing and Materials), *ASTM Guide for Remediation by Natural Attenuation at Petroleum Release Sites*. 1998.
- Chevron Research and Technology Company. *Protocol for Monitoring Intrinsic Bioremediation in Groundwater*. 1995.
- McAllister, P. M. and Chiang, C. Y. *A Practical Approach to Evaluating Natural Attenuation of Contaminants in Groundwater*, *Groundwater Monitoring Review*, p. 161-173. 1994.
- MPCA (Minnesota Pollution Control Agency), *Assessment of Natural Attenuation at Petroleum Tank Release Sites*, Agency Guidance. 1995.
- USEPA, *Monitored Natural Attenuation for Groundwater*: EPA/625/K-98/001. 1998b.
- USEPA, *Symposium on Intrinsic Bioremediation of Groundwater*, August 30 - September 1, 1994, Denver, CO, EPA/540/R-94/515. 1994a.
- USEPA, 1996, *Symposium on Natural Attenuation of Chlorinated Organics in Groundwater*, September 11 - 13, Dallas, TX, EPA/540/R-96/509. 1996.
- US EPA, *Technical Protocol for Evaluating Natural Attenuation of Chlorinated Solvents in Groundwater*: EPA/600/R-98/128. 1998.
- USEPA, *Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action, and Underground Storage Tank Sites*: USEPA Office of Solid Waste and Emergency Response Directive 9200.4-17P. 1999.
- Wiedemeier, T.H., Rifai, H.S., Newell, C.J., and Wilson, J.T., *Natural Attenuation of Fuels and Chlorinated Solvents in the Subsurface*: John Wiley & Sons, New York, New York, 617 p. 1999.
- Wiedemeier, T.H., and Chapelle, F.H., *Technical Guidelines for Evaluating Monitored Natural Attenuation of Petroleum Hydrocarbons and Chlorinated Solvents in Groundwater at Naval and Marine Corps Facilities – Revision 1*: US Department of the Navy. 2000.