

INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***DRAINATZE SAREKO URAREN KALITATEA
HOBETZEKO HIRI-DRAINATZE JASANGARRIEN
AZTERLANA LEIOAKO CAMPUSEAN (UPV/EHU).***

I. ERANSKINA – HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIAK

Ikaslea: González Pérez, Ander

Zuzendaria: Madrazo Uribeetxebarria, Eneko

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko uztailaren 23an



BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO

Aurkibidea

Irudien aurkibidea	3
1. Hiri-drainatze sistema jasangarriak	1
1.1. Sarrera.....	1
1.2. Mota nagusiak.....	1
1.2.1. Bio-erretentzio sistemak.....	1
1.2.2. Infiltrazio zangak eta putzuak	3
1.2.3. Zoladura iragazkorak	5
1.2.4. Txorko estrukturalak	7
1.2.5. Sare-formako biltegiak.....	8
1.2.6. Areka begetatua.....	8
1.2.7. Teilatu begetatua	9

Irudien aurkibidea

1. Irudia. Bio-erretentzio zelula. Iturria: London Borough of Haringey (2018).....	2
2. Irudia. Bio-erretentzio sistema Seattle-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: biocycle.net.....	3
3. Irudia. Bio-erretentzio sistema Raleigh-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: deeproot.com.....	3
4. Irudia. Infiltrazio zangak eta putzuak. Iturria: Minnesota Pollution Control Agency (2019)	3
5. Irudia. Infiltrazio-zanga Plymouth-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: malvern.org	4
6. Irudia. Infiltrazio-zanga Lancaster-ren, Erresuma Batua. Iturria: cityoflancasterpa.com.....	4
7. Irudia. A motatako zoladura iragazkorra. Iturria: The SUDS Manual (2015).	5
8. Irudia. B motatako zoladura iragazkorra. Iturria: The SUDS Manual (2015).	5
9. Irudia. C motatako zoladura iragazkorra. Iturria: The SUDS Manual (2015).	6
10. Irudia. Zoladura iragazkorak. Iturria: University of Cincinnati (2016)	6
11. Irudia. Zoladura iragazkorra Oregon-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: portlandoregon.gov ...	7
12. Irudia. Zoladura iragazkorra Johannesburgo-n, Sudafrika. Iturria: bft-international.com	7
13. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: City of Burlington (2018)	7
14. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: swanwatersolutions.com	7
15. Irudia. Sare-formako biltegiak. Iturria: University of Cincinnati (2016).....	8
16. Irudia. Sare-formako biltegiak Bétera-n, Espainia. Iturria: Green Blue Management.....	8
17. Irudia. Areka begetatuak. Iturria: Clean Water Services (2016)	8
18. Irudia. Areka begetatua Massachusetts-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: megamannual.geosyntec.com	9
19. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: NHBC Foundation (2010).....	9
20. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: frontbuildingproducts.com	9

1. Hiri-drainatze sistema jasangarriak

1.1. Sarrera

Hiri-drainatze sistema jasangarriak edo SUDS-ak (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible gaztelaniaz edo Sustainable Urban Drainage Systems ingelesez) hiri drainatze sistema konbentzionalak ez bezala, drainatze sarearen diseinuan ziklo hidrokologiko naturala errepikatzean datza. SUDS-ak naturan oinarritutako soluzioak garatzen ditu, garapen urbanistikoaren aurretik zeuden prozesu hidrokologikoetara itzuliz; horretarako, gainazaleko isurpena txikitzen du, bai bere jatorrian, baita garraio eta helmugan ere.

Euren helburu nagusia infiltrazioa handitzea da, horrela punta-emarien laminazioa ez ezik, kalitatearen hobekuntza ere lor daiteke. Sistema konbentzionalekin alderatuta, ura baliabide natural bat bezala kontsideratzen du, ez hondakin bat bezala, beraz ekonomia zirkularraren parte kontsideratu daiteke.

Naturan oinarritutako soluzio hauek ez dituzte sistema konbentzionalak guztiz ordezkatzen: hauekin lan egiten dute, jadanik dauden egituren lan-karga txikituz eta sistema eraginkorrakoak sustatuz. SUDS-ak sistema deszentralizatuak kontsideratzen dira: arazoaren jatorrian bertan jarduten dute. Gainera, beste onura batzuk ere badituzte: biodibertsitatearen garapena, erabilera anitzeko eta paisaia-balio altuko inguruneen sorkuntza...

1.2. Mota nagusiak

SUDS-en sailkapena hainbat irizpide jarraituz burutu daiteke; izan ere, neurri estrukturalak (drainatze sisteman esku-hartze konkretua suposatzen dutenak) bakarrik aztertuko dira. Jarraian tipologia nagusiak azalduko dira.

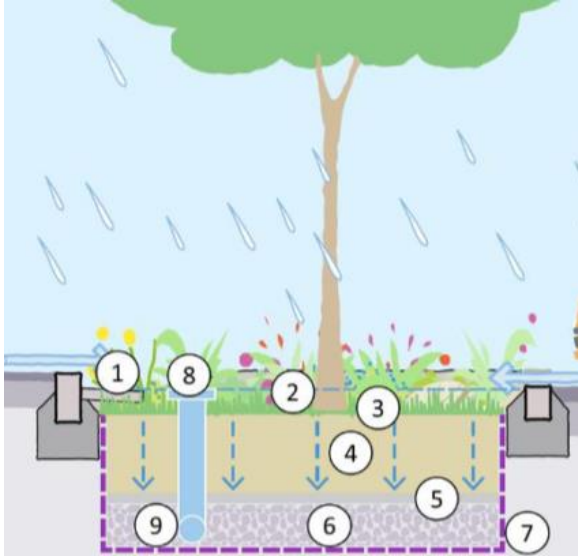
1.2.1. Bio-erretentzio sistemak

Bio-erretentzio sistemak sakonera gutxiko elementuak dira, alboko eremuetan sorturiko isurketak jasotzeko erabiliak; bertan ematen diren prezipitazioen isurketek sorturiko ur bolumenak, punta-emariak eta elementu kutsakorren kontzentrazioak era efizientean txikitzeko ahalmen handia dutelarik. Aldi berean, fauna eta florarentzako habitata suposatu eta urbanizaturiko zonaldeetan sorturiko mikroklimen epeltasuna bermatzen dute ebapotranspirazioaren bitartez, hori guztia inguruneke estetika mantenduz.

Euren izaera dela eta, ingurune askotara moldatu daitekeen tipologia da, diseinua bete beharreko helburuetara egokitu behar delarik. Orokorki, honako eskema hau jarraitu ohi dute:

- Lurrustela. Beste gainontzeko geruzak higaduratik babestu eta landaredia haztea ahalbidetzen du.
- Baliabide iragazlea. Urak daraman elementu kutsakorrak iragazi eta xurgatzea du funtzio nagusi gisa. Gainazal honen lodieraren arabera bi azpimota ezberdindu daitezke:
 - Euri lorategia (JL gaztelaniaz). Kutsatzaile kantitate txikiak tratatzeko erabiliak. Gainazalaren lodiera 0'3-0'5m ingurukoak dira.
 - Bio-erretentzio zelulak. Kutsatzaile kantitate handiak tratatzeko erabiliak. Gainazalaren lodiera 0'8-1m ingurukoak dira.

- Trantsizio gainazala. Geotextil batez osatuak daude. Euren helburu nagusia baliabide iragazlea eta drainatze-gainazala osatzen duten materialen nahasketa eragozte da.
- Drainatze-gainazala. Gainazal hau bere inguruko lurra iragazkortasun nahikorik ez badu bakarrik erabiltzen da eta ur biltegitratze bezala erabil daiteke. Hemen kokatuta egongo litzateke drainatze-tutua, hau beharrezkoa izatekotan.



1. Berma.
2. Gainazaleko biltegitratzea.
3. Lurrustela.
4. Baliabide iragazlea.
5. Trantsizio-gainazala
6. Drainatze-gainazala edo biltegitratzea.
7. Geotextila edo geomenbrana. (Behar izatekotan)
8. Gainezkabidea.
9. Drainatze-tutua.

1. Irudia. Bio-erretentzio zelula. Iturria: London Borough of Haringey (2018)

Euren funtzionamenduak honako eskema jarraitzen du:

1. Isuritako ura gainazalean biltegitratzen da bermaren altueraren arabera. Hemen ebapotranspirazioaren bidez ura garbiketa (batez ere sedimentuen kentzea emango da filtrazioaren bidez) eta bolumen txikitzea emango da.
2. Lurrusteletik eta baliabide iragazletik ura filtratuz joango da. Erabilitako lur-nahasketak baliabide iragazle bezala inpaktu handia izango du uraren garbiketaren efizientzian. Hemengo elementu kutsakorren kentzea bai infiltrazio baita absortzioaren bitartez emango da.
3. Ura poliki-poliki drainatze gainazalean biltegitratuz joango da.
4. Urak hemen bi bide hartuko ditu:
 - a. Inguruko luraren izaeraren arabera lur naturalean infiltratuko da.
 - b. Ura drainatze tututik bideratuko da.

Nahiz eta aukera oso ona izan, kolmatazioagatik hutsegitea nahiko altua da eta mantenu-lan konstantea behar dute. Euren erabilera iragazkortasun altuko zonaldeetan mugatua dago eta malda handiko zonaldeetan ez dago batere gomendatua.



2. Irudia. Bio-erretentzio sistema Seattle-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: biocycle.net



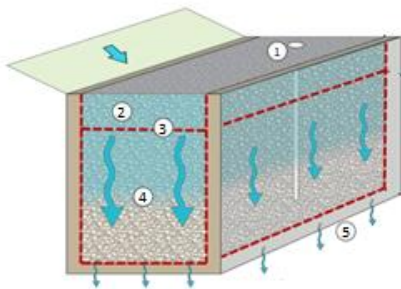
3. Irudia. Bio-erretentzio sistema Raleigh-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: deeproot.com

1.2.2. Infiltrazio zangak eta putzuak

Lurrean egindako eta material drainatzailez beteriko zuloak dira, gainazaleko isurketaren leunketa, transmisioa eta filtratzea ahalbidetzen duen behin-behineko biltegitratzea suposatuz; material hau bai granularra baita sintetikoa izan daiteke.

Infiltrazio-elementu hauek alboetako gainazal iragazkorretatik edo gainazaletik jasotzen dute ura. Iragazte-sistemara heldu aurretik nolabaiteko filtrazioa egitea komeni da, materialaren kolmatazioa saihesteko, horretarako iragazki begetatuak edo geotextilak erabili ohi dira. Beraz, bi infiltrazio-elementu azpimota ezberdindu daitezke:

- Infiltrazio-zangak. Hauetan begetazioa egon ohi da goiko aldean, eta geratzen den zonaldean hareak edo legarrak elementu drainatzaile gisa erabili ohi dira.
- Infiltrazio-putzuak. Bi azpimota ezberdindu daitezke:
 - Gaineztatu gabeko putzuak. Hustutako zonaldea zuzenean material drainatzailearekin betetzen da.
 - Putzu gaineztatuak. Zuloaren paretak gaineztatzen dira teknika ezberdinekin. Erabilienak adreilu arruntez osatuak daude; lurrazpiko isurketa ahalbidetzeko adreiluetan kokatzen diren zuloak jarioaren paralelo ipini ohi dira.



4. Irudia. Infiltrazio zangak eta putzuak. Iturria: Minnesota Pollution Control Agency (2019)

1. Irekidura ikuskapenak egiteko.
2. Legarrak. Estetika mantentzeko.
3. Gainazaleko geotextila mantentze-lanak errazteko.
4. Legarrak edo drainatze-material sintetikoa.
5. Infiltrazioa inguruko lurretara.

Euren funtzionamendua honako eskema jarraitzen du:

1. Isuritako ura gainazalean biltegitzen da berma-altueraren arabera.
2. Legardun materialetik urak lehenengo filtrazioa jasango du. Erabilitako materialak perkolazioa era egokian gertatzea ahalbidetzen du, elementu kutsakorren iragaztea eta uraren ibilbidea oztopatu gabe.
3. Ura poliki-poliki geotextiletik pasatuko da, sedimentuen eta lohien iragazketa egokia egiteko.
4. Legardun edo drainatze-material sintetikotik pasatuko da. Hemengo materialen izaeraren arabera infiltrazio-elementuak izango duen biltegitatze-ahalmena aldatuko da: hutsuneen ehuneko altuak biltegitatze ahalmen handiagoa suposatuko du.
5. Urak hemen bi bide hartuko ditu:
 - a. Inguruko luraren izaeraren arabera lur naturalean infiltratuko da.
 - b. Ura drainatze tututik bideratuko da.

Infiltrazio-elementuak bi modutan leuntzen dituzte punta-emariak: alde batetik baliabide iragazlearen partikula-tamainak uraren filtratze-abiadurari zuzenki proportzionala da, bestaldetik elementu hauek behin-behineko biltegitatze-elementu bezala jokatzeko dute; drainatze-tutueriaren dimentsionaketaren bitartez irtetze-emariaren kontrola gauzatu daiteke.

Orokorrean tipologia honek ez du eraginkortasun oso altua elementu-kutsakorrak kentzeari dagokionez, geotextilen erabilera ezinbestekoa delarik sedimentuen eta lohien iragazketa gauzatzeko. Elementu honen eta barruko legarren kontrol eta garbitze erregularrak derrigorrezkoak dira, kolmatazioagatiko hutsegitea gerta ez dadin.

Nahiz eta bera bakarrik ondo funtzionatu, bestelako SUDS-ekin taldean lan eginez gero euren eraginkortasuna handitzen da, puntako-emariaren isurketak era seguruan biltegitatu eta bideratuz. Infiltrazio zangak ondo diseinatzen badira, saneamendu-tutueria konbentzionalen lekua har dezakete transmisio-sistema bezala, aurretik azaldu den elementu kutsakorren iragazketa ahalmena gehituz.

Aparkalekuen, errepideen edota urbanizaturiko zonaldeen alboetan kokatzea da ohikoena; oso espazio txikiak hartu ohi dituzte, euren errendimendu handiarekin jarraituz, inpaktu bisuala minimizatuz eta eremu publiko irekien estetika aldatu barik.



5. Irudia. Infiltrazio-zanga Plymouth-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: malvern.org



6. Irudia. Infiltrazio-zanga Lancaster-ren, Erresuma Batua. Iturria: cityoflancasterpa.com

1.2.3. Zoladura iragazkorrak

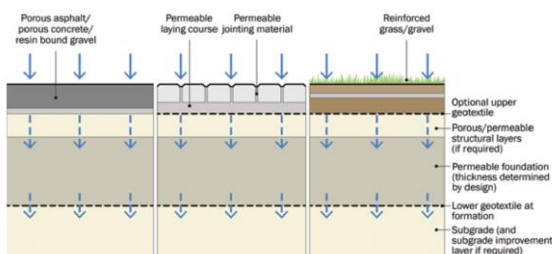
Zoladura iragazkorrak ibilgailuen edota oinezkoen trafikoa ahalbidetzen dute eta aldi berean zoladura azpiko gainazalera prezipitazioek sorturiko isurpenak infiltratzeko gaitasuna duten zoladura-sekzioak dira. Beheko geruzetan ura biltegitratua geratzen da, inguruko lurretara infiltratuz edota ur-drainatze sarera bideratuz era kontrolatu batean. Gainazal iragazkorraren izaeraren arabera bi azpimota ezberdinu daitezke:

- Zoladura porotsua. Ura iragazten da bere gainazal osoan zehar. Asfaltoa eta hormigoi iragazkorra dira mota honetakoak.
- Juntengatiko zoladura iragazkorrak juntura iragazkorrekin. Gainazala iragazkorra da, baina instalatzen denean hutsuneak uzten dira ura bertatik filtra dadin. Unitate estrukturalak dira, hormigoizko galtzada-harriak adibidez, euren barnean material iragazkorrak sartzen direlarik: begetazioa, harea edota legarra erabili ohi dira. Honek guztiak sedimentu eta elementu kutsakor guztiak iragazten laguntzen du.

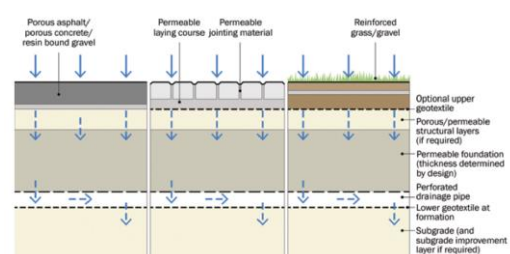
Gainazaleko isurketaren kontrola bere iturburutik gertu kontrolatzea ahalbidetzen du, euren kapazitateari esker eta era egokian diseinatuz, gainean jauzitako prezipitazioak ez ezik, ingurunean sorturiko isurketak ere tratatzeko gai dira. Zoladura iragazkorrak oso erraz egokitu daitezke ingurune ezberdinetara, haiek eraikitzeo materialen aniztasuna dela eta; izan ere, hiru irizpide dira nagusi hautaketa egiteko: trafikoak sortuko dituen kargak, lortu nahi den arintze-efektua uretan bai kuantitatiboki baita kualitatiboki eta estetika edo inpaktu bisuala.

Ura kudeatzeko sistemaren arabera hiru mota ezberdinu daitezke:

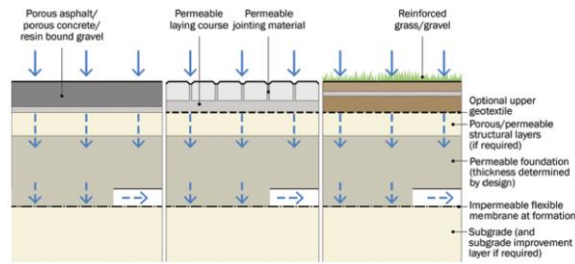
- A Mota. Prezipitaturiko ur guztia zuzenean beheko geruzetara infiltratzen da, aldi baterako biltegitratuz eta poliki-poliki inguruko lurretara infiltratuz. Mota honek ez du bestelako drainatze-tutu gehigarriarik, bakarrik punta-egoeretan gerta daitezkeen gainezkatzeak saihesteko elementuak.
- B Mota. Prezipitazioek sistemaren infiltrazio ahalmena gainditzen dute; kasu honetan beheko geruzetara bideratu ez den ura zuzenean drainatze-sistema orokorrera joango da.
- C Mota. Sistema geomenbrana malgu eta iragazgaitz batez inguratua egon ohi da. Behin ura zoladuraren oinarritik infiltratu denean zuzenean drainatze-sistemara bideratzen da drainatze-tutuen bitartez.



7. Irudia. A motatako zoladura iragazkorra. Iturria: *The SUDS Manual (2015)*.



8. Irudia. B motatako zoladura iragazkorra. Iturria: *The SUDS Manual (2015)*.



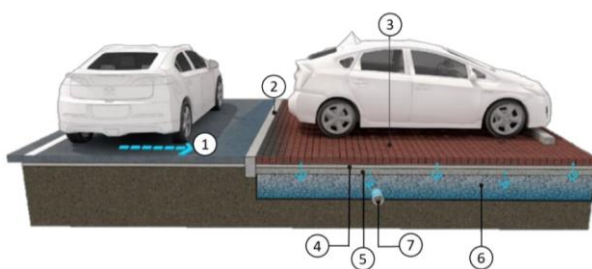
9. Irudia. C motatako zoladura iragazkorra. Iturria: *The SUDS Manual* (2015).

Urak hainbat garbitze-prozesu jasango ditu egituraren gainazalean, infiltrazioa ahalbidetzen duen beheko lur geruzetan eta geotextilean:

- Lohien edota hauei erantsitako elementu kutsakorren filtrazioa gainazaleko blokeen arteko juntura materialetan.
- Zoladuran elementu kutsakor organikoen biodegradazioa eman ohi da.
- Lurrak elementuen absortzioa gauzatzen du.
- Solidoen sedimentazio eta erretentzio-prozesuak beheko gainazaletan.

Gainera, beharrezkoa izatekotan konglomeratu konbentzionalak erabili beharrean absortzio kapazitate handiagoa duten lur hobetuak ere erabil daitezke. Elementu kutsakorren iragaztea erabiliko den zoladura iragazkorraren tipologia eta materialarekin erlazio zuzena izango du.

Trafiko bolumen eta abiadura gutxiko errepideetan, aparkalekuetan eta trafikorik ez duten bestelako gainazaletan erabiltzea komeni da, gehiegizko kargengatiko hutsegitea saihesteko. Kolmatazioagatiko hutsegitea da arriskutsuena SUDS tipologia honetan: finen kontzentrazio handiko arroetan, zoladurarik gabeko zonaldeetan edo landaredia kantitate handiko zonaldeetan tipologia hau erabiltzea ez dago gomendatua.



1. Inguruko zonaldeetako isurketa.
2. Berma.
3. Zoladura iragazkorra.
4. Zoladuraren sostengua gauzatzen duen txintxorra.
5. Trantsizio gainazala. Tamaina ertaineko legarrez osatua.
6. Biltegitratze-gunea. Tamaina handiko legarrez osatua.
7. Drainatze-tutua.

10. Irudia. Zoladura iragazkorra. Iturria: *University of Cincinnati* (2016)



11. Irudia. Zoladura iragazkorra Oregon-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: portlandoregon.gov

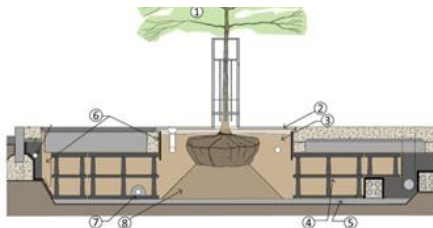


12. Irudia. Zoladura iragazkorra Johannesburgo-n, Sudafrika. Iturria: bft-international.com

1.2.4. Txorko estrukturalak

Bi elementu nagusiz osatua dago: zuhaitza landatzen den zuloa eta betetze-lur estrukturala. Erabilitako lurrak ezaugarri bereziak izan behar ditu: prezipitazioek sortutako isurketa biltegitzen uzten utzi behar du. Lurzoruaren izaeraren arabera bi azpimota ezberdindu daitezke:

- Txorkoa material granularrekin. Erabilitako lurra material granularrez eta lur begetalez osatuta dago. Trinkotzen denean bere euste-ahalmena handiagoa da.
- Txorkoa polipropilenoazko material geozelularrekin. Kasu honetan euste-ahalmena egitura zelularrak ahalbidetzen du, eta horren ondorioz lekua aurreztu eta lur begetal gehiago sar daitezke.



1. Zuhaitza.
2. Zuhaitza babesteko sareta.
3. Lur begetatua
4. Material granularrez beteriko egitura geozelularra.
5. Legarrak.
6. Sustraien aurkako hesia.
7. Drainatze-tutua.
8. Sustraien garapenerako zonaldea.

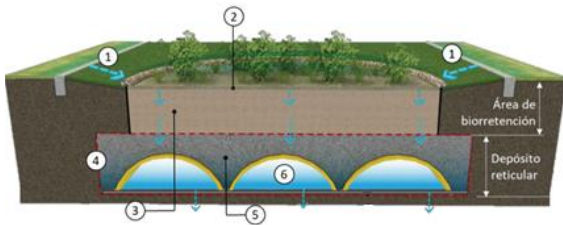
13. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: City of Burlington (2018)



14. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: swanwatersolutions.com

1.2.5. Sare-formako biltegiak

Lurrazpiko biltegitratze-egiturak dira; inguruan dauden zonalde iragazkorren isurketak jasotzen dituzte, hauek denbora jakin baterako eutsiz, geroago ura infiltratu eta laminatu dadin. Polipropilenoazko sare-formako egituraz osatuta daude, euste-ahalmen altua eta zulo-indize handia dutelarik.



1. Gainazaleko isurketa.
2. Lur begetatua.
3. Baliabide iragazkorra.
4. Geotextila.
5. Legarrak.
6. Polipropilenoazko sare-formako egitura.

15. Irudia. Sare-formako biltegiak. Iturria: University of Cincinnati (2016)

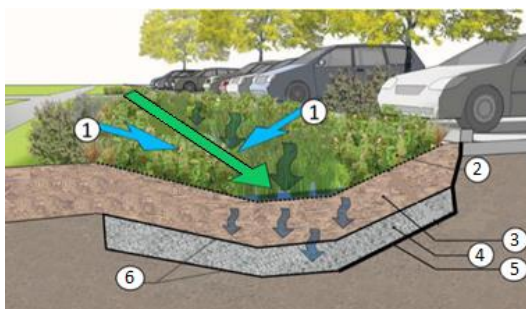


16. Irudia. Sare-formako biltegiak Bétera-n, Espainia. Iturria: Green Blue Management.

1.2.6. Areka begetatua

Sakonera txikiko egitura linealak dira, hauen gainean landaredia kokatzen delarik. Landaredia honek sedimentazio, filtrazio, ebatopotranspirazio eta azkenengo lurrazpiko filtrazioaz baliatuz elementu kutsakorren kontzentrazioak eta punta-emariak txikitzen laguntzen dute.

Beste SUDS-ekin aldaratuz, hauek garraio funtzioa dute, beraz tutueria konbentzionalen ordezkot bezala erabil daitezke.



1. Gainazaleko isurketa.
2. Landaredia.
3. Baliabide iragazkorra.
4. Drainatze-gainazala.
5. Geomembrana.
6. Geotextila.

17. Irudia. Areka begetatuak. Iturria: Clean Water Services (2016)

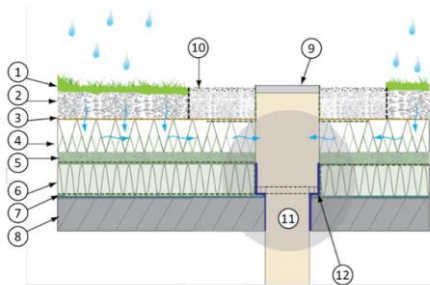


18. Irudia. Areka begetatua Massachusetts-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: megamanual.geosyntec.com

1.2.7. Teilatu begetatua

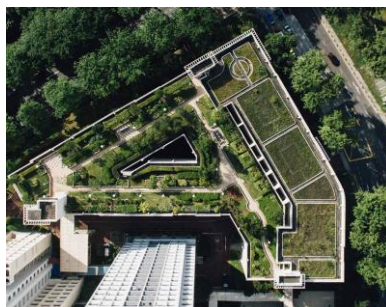
Teilatuaren gainean kokatzen diren geruzak dira, baita landareak ere. Isurketa landareetatik pasatu eta gero substratuan atxikita geratu eta drainatze-sisteman biltegitratzen da. Azkenik zorrotzetatik bideratzen da sistema orokorrera ailegatu arte. Bi teilatu begetatu azpimota ezberdintzen dira:

- Teilatu begetatu estensiboa. Azpimota hauek landaredia dentsitate txikia izan ohi dute eta ez dira ibiltzeko modukoak. Erabiltzen den substratua mehea da (3-20cm) beraz ez diote karga handirik transmititzen eraikinari.
- Teilatu begetatu intensiboa. Azpimota hauek landaredia dentsitate handia izan ohi dute eta ibiltzeko modukoak dira. Erabiltzen den substratua lodia da (20cm baino gehiagokoak) beraz kontuan hartu beharreko karga handiak transmititzen dizkiote eraikinari. Hauen erabileraz baliatuz hiri barruko ingurune berdeak eraiki daitezke.



1. Landaredia.
2. Substratua.
3. Geotextil iragazkorra.
4. Drainatze-sistema eta behin-behineko ur-biltegia.
5. Sustraien aurkako hesia.
6. Isolamendu termikoa.
7. Mintz iragazgaitza.
8. Eraikinaren egitura.
9. Estolda-zuloa.
10. Legarrak.
11. Zorrotena.
12. Zorrotenaren babesa.

19. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: NHBC Foundation (2010)



20. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: frontbuildingproducts.com