

3. GAIA

URAREN KUTSADURA

Uraren kutsadura honela definitzen da: “*Materia edo energia erak sartzea uretan, halako moldez non, zuzenean edo zeharka, uraren kalitatea kaltetu egiten baita ondorengo erabilerei edo uraren funtzio ekologikoei dagokienez*”.

1- URAREN KUTSADURA-MOTAK

Jatorriaren arabera uraren kutsadura-mota hauek bereizten dira:

- i) *Kutsadura naturala*: ur naturalak partikula solidoak eta atmosferako gasak, hosto lehorrak, landare-hondakinak eta abar eramaten ditu. Hondakin natural hauek urak autoarazketarako duen gaitasunari esker degradatu egiten dira prozesu kimiko eta biologikoak jarraituz.
- ii) *Hiriek eragindako kutsadura*: etxeetako, garbiketa publikoko, eta euri urak (eta arrastatzen dituzten partikulak) dira.
- iii) *Nekazaritza eta abeltzaintzako ura*: nekazaritzakoak pestizidak eta ongariak dauzka eta ur-ibilguetara arrastatzen dira, euria eta haizearen bidez. Abeltzaintzakoak materia organiko edukina altua dauka.
- iv) *Industriak eragindako kutsadura*: eraginik handiena sortzen duena da. Sortzen diren kutsatzaileak mota desberdinekoak dira:
 - Kutsatzaile fisikoak: industriako hozte-sistemetako zirkuituetako beroa.
 - Kutsatzaile organikoak: proteinak, animalien koipeak eta olioak, fenolak.
 - Kutsatzaile inorganikoak: kloruroak, metal astunak, azidoak.

Kutsatzaile hauek organikoak eta inorganikoak izan daitezke eta material disolbatuta edo partikula esekiak bezala agerdaitezke uretan.

2- URAREN KUTSATZAILEAK ETA ERAGINA

Kutsatzailearen nolakotasunaren arabera, kutsatzaile fisikoak, kimikoak (organikoak eta ez-organikoak) eta biologikotan sailka daitezke. Uraren kutsadura aztertzeko adierazleak edo kalitate-parametroak erabiltzen dira. Kalitate-parametroak bost taldetan sailkatzen dira: fisikoak, kimikoak ez-organikoak eta organikoak, erradiaktiboak eta mikrobiologikoak.

Uraren kalitatea erabileraren arabera definitzen da. Gutxieneko kalitate-maila eduki beharra dauka edateko, aisia-, industria- eta nekazaritza-jardueretarako erabiltzen den urak.

2.1- Adierazle fisikoak

a) Kolorea:

Espetro ikuskorraren erradiazio batzuk xurgatzeko ahalmena da. Bi eratakoa izan daiteke: itxurazkoa (ur gordinak duena) edo benetakoa (partikula esekiak kendu ondoren duena). Partikula esekiak eta disoluzioan dauden konposatuak eman dezakete kolorea: ioi metalikoak (burdinak kolore gorria ematen du eta manganesoak beltza), materia organikoa, industria eta hiriko isuriak ... Pt-Co unitateetan neurtzen da bi metalen disoluzio patroik batekin konparatuz.

b) Uhertasuna eta solido esekiak

Disolbatuta ez dagoen materiak eragiten du (partikula solido esekiak eta koloideak: buztinak, materia organikoa...). Disoluzioak gardenak dira baino partikula horiek argiaren transmisioa galarazten dute eta gardentasuna galtzen dute. Neurtzeko nefelometroak erabiltzen dira: argi-izpi batek partikula esekiak edo koloideak ukitzerakoan difraktatu egiten da eta difraktaturiko argiaren intentsitatea neurtzen da zelula fotoelektriko baten bidez. Unitate nefelometrikoetan edo mg silize/L-tan neurtzen da.

Solido esekiak eta disolbatuak neurtzeko hurrengo parametroak erabiltzen dira:

- Jalki daitezken solidoak (ml/L): kono batzuetan ura denbora batez uzten da eta jalki diren solidoen bolumena neurtzen da.

- Solido esekiak (MES, materia esekia): organikoak (animalien, landareen hondarrak eta konposatu sintetikoak) eta ez-organikoak (lohia, harea) izan daitezke eta bere jatorri nagusiak industriak eta meategiak dira. Ura uherragoa bihurtzen da eta honek fotosintesia kaltetu egiten du uraren gardentasuna murrizteak argiaren sartzea zaildu egiten baitu. Gainera, uraren propietate fisikoak, usaina, kolorea eta zaporea aldatzen dira.

MES neurtzeko ura iragazten da eta atxikituta gelditzen den solidoen pisua neurtzen da (mg/L=ppm).

- Hondakin lehorra 105 °C-tan edo disolbatutako guztizko solidoak: iragazi den ura berogailuan lehortzen da eta gelditzen den pisua neurtzen da (mg/L). 105 °C baino irakite-tenperatura txikiagoa duten disolbatuta edo koloide bezala dauden sustantziak kontutan hartzen ditu adierazle honek.

- Hondakin finkoa: Hondakin lehorra materia organiko osoa lurrundu arte berotzen da. Uretan disolbatuta dagoen materia minerala neurtzen du. Hondakin lehorra 105 °C-tan eta hondakin finkoaren arteko diferentzia disolbatuta dagoen materia organikoaren neurria ematen du.

c) Temperatura

Ura berotzen denean oxigenoaren solubilitatea jeitsi egiten da bere kontzentrazioa txikiagotuz eta uraren autoarazketarako duen gaitasuna jeitsiz. Gainera, materia organikoaren usteltze-prozesuaren abiadura handitu egiten da temperaturarekin eta ingurune hartzaileko arrain-bizitza aldatu egiten da. Temperatura: industria termikoa eta zentral nuklearreko hozte-zirkuitoetan erabiltzen diren ur-kantitate handiak ura berotzen dute. Horregatik, ura ibilgu hartzailera bidali aurretik hozte-dorreak edo erretentzio-aintzirak erabili behar dira.

d) Eroankortasun elektrikoa

Urak elektrizitatea eroateko duen ahalmena neurtzen du eta uretan ioiak daudela adierazten du. Ur purua ia ez da eroalea ioien kontzentrazioa baxua delako. Parametro honek uretan dauden gatz mineralen kontzentrazioaren estimazioa ematen du. Uraren eroankortasuna neurtzeko, bi elektrodoz osatutako zelula bat erabiltzen da (eroankortasun-neurgailua). Zeldak disoluzioan sartu ondoren, bi elektrodoen artean potentzial-diferentzia bat aplikatzen da eta disoluzioak korrante elektrikoaren garraioari aurkeztu dijon erresistentzia neurtzen da. Oso mineralizatuta dauden urak mS-etan neurtzen dira eta gutxi mineralizatuta daudenak $\mu\text{S}/\text{cm}$. Neurketa zelda 1 cm-koa denez $\mu\text{S}/\text{cm}$ edo mS/cm-tan neurtzen da.

Adierazle hau 105 °C-tan hondakin lehorrarekin erlazionatuta dago eta temperaturarekin aldatzen da.

2.2- Adierazle kimikoak

a) Gazitasuna: uraren edukiera ioniko (gatzak edukina) osoa ematen du.

Hurrengo faktoreak gazitasuna handitzen dute: industriako hondakin-urak, ureztatzeko erabiltzen diren urak, meategiko urak, elurteak daudenean gatz asko erabiltzea.

Gazitasuna handia duten urak ezin dira ureztatzeko erabili ezta edateko ere.

b) Gogortasuna

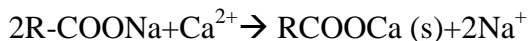
Ca^{2+} , Mg^{2+} , eta kasu batzuetan Fe^{2+} eta Mn^{2+} ioien kontzentrazio neurtzen du (mg/L). Zenbait arrisku dakar osasunarentzat, adibidez, giltzurrunetako harriak ugaritzea.

Hiru gogortasun-mota definitzen dira:

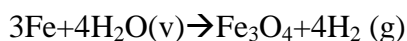
- *Guztizko gogortasuna*: Ca^{2+} eta Mg^{2+} ioien kontzentrazio osoa hartzen da kontutan.
- *Behin-behineko gogortasuna*: kaltzio eta magnesioaren hidrogenokarbonatoak hartzen dira kontutan ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ eta $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$). Hauek ura irakiten jarrita desagertu egiten dira karbonato bezala hauspeatzen direlako.
- *Gogortasun iraunkorra*: ura irakiten jarri ondoren gelditzen den gogortasuna da. Aurreko bi gogortasunen arteko kenketa da.

Uraren gogortasuna handia denean garbiketa-prozesuetan eta galdaratan eta berotzekatzaileetan arazoak eragiten ditu.

Garbiketa-prozesuetan gogortasuna sortzen duten katioiak detergenteekin erreakzionatzen dutenean konposatu ez-disolbagarriak ematen dituzte eta detergente gehiago behar da garbiketarako.



Gogortasuna sortzen duten konposatuak hodietan hauspeatzen diren sustantziak ematen dituzte (karbonatoak, sulfatoak). Galdaretan uraren gogortasuna arazo larriak eman ditzake zarakarrak sortzen dituelako. Ur gogorrek irakiten hasten denean karbonato eta sulfatozko zarakarrak sortzen dira (solubilitate txikia duten gatzak direlako: CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 ...). Konposatu hauek beroarentzako eroale txarra den zarakarra osatzen dute erregai-kontsumoa handituz eta galdarak eztanda egin dezake. Galdara gehiegi berotzen bada ur-lurrina dagoenez burdinaren korrosioa azeleratu egiten da:



Errakzio honetan sortzen den hidrogenoa sukoia da eta gainera galdararen presioa handitzen du.

c) pH

Uretan dauden H^+ ioien kontzentrazioa neurtzen du bere azidotasuna edo basikotasuna emanez:

$$pH = -\log[H^+] \quad pH > 7 \text{ basikoa} \quad pH < 7 \text{ azidoa}$$

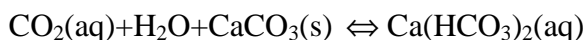
Ur naturalaren pH 6,5-7,9 bitartekoa izaten da eta uretan gertatzen diren erreakzio kimikoak eta biologikoak pH-aren arabera izaten dira. pH oso altua edo baxua denean kutsatzaileen eragina handitu egiten du. Adierazleak eta pH-neurgailuak erabiltzen dira pH-a neurtzeko.

Uraren pH azidoa bihurtzen dituzten iturriak naturalak eta antropogenikoak izan daitezke:

- *Iturri naturalak*: disolbatutako atmosferako CO_2 , landareen edo animalien materia organikoaren deskonposizioan sortzen diren azido organikoak.
- *Iturri antropogenikoak*: meategiko dreinatze-urak (azido sulfurikoa isurtzen da), industriako hondakin urak (batez ere, gainazal tratamenduetan).

CO_2 -ren kontzentrazioren arabera hurrengo arazoak gertatzen dira:

- CO_2 -ren kontzentrazioa handia denean ura oldarkorra dela esaten da. Kasu honetan urak kaltzio karbonatoa disolbatuko du (zementu edo hormigoizko hodiak, adibidez). Hau, hurrengo ekuazioan azaltzen da:



- CO_2 -ren kontzentrazioa txikia denean ura inkrustatzailea dela esaten da eta kaltzioa karbonato bezala hauspeatuko da.

pH-aren txikiagotzeak hurrengo arazoak sor ditzake:

- Uretan bizi diren organismoen hiltzea.
- Korrosioa: pH azidoa denean burdinaren korrosioa azeleratu egiten da itsaontziak, hodiak, egiturak ... suntsituz.
- Uztak kaltetzea: pH azidoa burdin, aluminio eta toxikoak diren beste metaleen solubilitatea handitzen du lurzoruan duten kontzentrazioa handituz eta landareak

kaltetuz. Bestalde, pH oso basikoa denean landareentzako beharrezkoak diren oligoelementuak ez dira disolbatuko.

d) Oxigenoa

Urak disolbatuta duen oxigeno kantitatea (mg/L) kalitatearen adierazle garrantzitsua da, bizitzako beharrezkoa delako. Oxigenoaren solubilitatea uretan Henry-ren legea jarraitzen du eta presioarekin handitu egiten da eta tenperaturarekin txikiagotu.

$$C_{O_2} = K_H \cdot P_A$$

Non: C_{O_2} oxigenoaren kontzentrazioa, P_A bere presio partziala eta K_H Henry-ren konstantea.

Oxigenoaren kontzentrazioa handitzen duten faktoreak: atmosferan dagoen oxigenoaren disoluzioa, fotosintesia eta irabiaketak eragiten duen berraireztapena.

Oxigenoaren kontzentrazioa txikiagotzen duten faktoreak: izaki bizidunen arnasketa eta materia organikoaren oxidazioa. Faktore nagusia azkenekoa da eta uretan oxidazio biologikoaren bidez deskonposatzeko oxigenoa behar duten hondakinak daudenean gertatzen da. Oxidatzen diren konposatuak sustantzia inorganikoak izan daitezke (nitritoak, kloruroak, sulfuroak...) baino gehienak konposatu organiko biodegradagarriak dira.

e) Materia organikoaren adierazleak

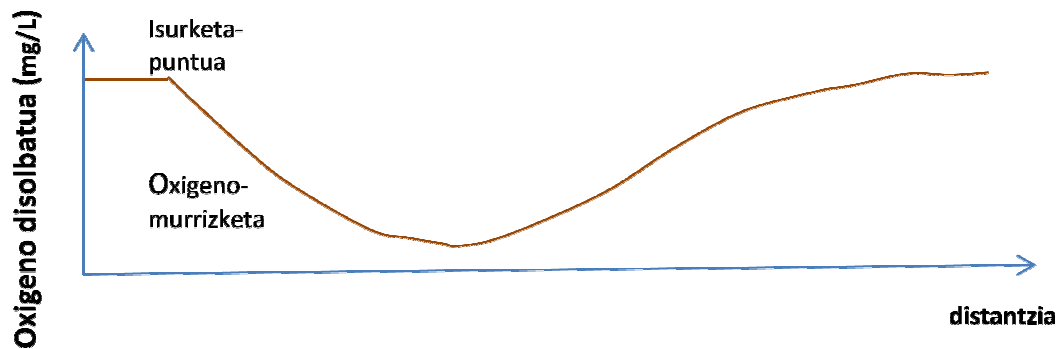
Materia organikoa biodegradagarria (uretan dauden mikroorganismoak deskonposatzen dutenean) edo ez-biodegradagarria izan daiteke. Orokorrean konposatu organikoak pisu molekularra handia dutenean eta alboko kateak ez dituztenean bere biodegradabilitatea handiagoa da. Konposatu organiko naturalak eta sintetiko batzuk biodegradatzearekiko oso erresistenteak direnez ez-biodegradagarriak edo iraunkorrak direla esaten da.

Oxidazio biologikoaren erreakzioa:

Materia organikoa+mantenugaiak (N,P)+O₂+mikroorganismoak → CO₂+H₂O+ NO₃⁻
+mikroorganismo berriak.

Hurrengo irudian materia organiko biodegradagarria isurtzen denean ibaiak jasaten duen disolbatutako oxigenoaren aldaketa azaltzen da. Isuriketa puntuan bakterioak disolbatuta dagoen oxigenoa kontsumitzen hasten dira eta aldi berean berroxigenazio-prozesu naturalak gertatzen hasten dira. Hasieran disolbatuta dagoen oxigenoaren kontzentrazioa minimo batetara iristen da baino gero hasierako baloreak berreskuratzen dira. Fenomeno honi **autoarazketa** deitzen zaio. Hasierako baloreak berreskuratzeko

behar den denbora edo distantzia isuritutako materia organikoa, ibilgu hartzailearen emaria eta inguruko baldintzen menpe dago.



Irudia 1. Ibilgu kutsatu bateko oxigenazioaren bilakaera, kutsadura-iturriaren distantziaren arabera.

Ibiaiak isurketa aurretik zuen oxigeno-kontzentrazioa berreskuratzeko gai ez bada (hondakin-uraren materia organiko edukina oso altua denean edo ibilgu hartzailearen emaria txikia bada), anoxia arazoak sortzen dira: usain txarrak (amoniakoa, sulfhidrikoa sortzen direlako) eta ibaiaren izaki bizidunen hiltzea gertatuko da.

Materia organikoak uretan hiru jatorri dauzka: hirikoa, nekazaritzakoa eta industriakoa. Hiriko eta nekazaritzako urak konposatu organiko biodegradagarrien portzentaia oso altua dute (detergenteak, etxeetako hondakinak, nekazal produktuen hondakinak). Industriako hondakin uretan plastiko, disolbatzaile, pintura,... bezala erabiltzen diren konposatu organiko sintetikoak agertzen dira: Konposatu hauek biodegradatzearekiko erresistenteak dira eta konposatu organiko erregogorak deitzen dira: zelulosa, taninoak, hidrokarburo aromatiko poliziklikoak, pestizidak, poliklorobifeniloak,... Hauek materia organikoa ez-biodegradagarria direnez denbora asko egon daitezke uretan deskonposatu gabe eta horrela izaki bizidunetan metatzen dira (biometatzea).

Materia organikoen presentziaren adierazleak oxigeno-eskari kimikoa, oxigeno-eskari biokimikoa eta guztizko karbono organikoa dira:

i) Guztizko karbono organikoa (GKO)

Guztizko karbono organikoa: uretan dauden konposatu organikoen guztizko karbono-edukina neurtzen du. Konposatu hauek finkoak, lurrunkorrak, naturalak eta sintetikoak izan daitezke (zelulosa, olioak ...). Errekuntza edo erradiazio ultramorearen bidez oxidatzen dira konposatu hauek eta guztizko karbono organikoa analisatzaile automatikoen bidez neurtzen da. Bere unitateak mg C/L dira.

ii) Oxigeno-eskari biokimikoa (OEB)

Oxigeno-eskari biokimikoak (OEB): materia organikoak biodegradatzeko (mikroorganismoen bidezko degradazioa) behar den oxigeno-kantitatea (mg/L) adierazten du. Gehien erabiltzen den metodoa bost eguneko inkubazio-aldiari dagokiona da, hau da, OEB₅. Balore handiak neurtzen direnean urak materia organiko biodegradagarriaren kontzentrazio altua duela esan nahi du.

c) Oxigeno-eskari kimikoa (OEK)

Oxidazio kimikoaren bidez deskonposatu daitezkeen materia organikoa eta ez-organikoa neurtzen du. Mikroorganismoak erabili beharrean oxidatzaile kimiko bat erabiltzen da (potasio dikromatoa edo permanganato potasikoa) ingurune azidoan. Uretan dauden materia oxidagarrien estimazioa da. OEK-ren neurketa materia organikoa edo minerala izan daiteke (burdin ferrosoa, nitritoak, amoniakoa, sulfuroak eta kloruroak). Oso baliagarria da batez ere araztegien funtzionamendua ikusteko.

OEB₅ eta OEK-ren arteko erlazioa uretan dauden konposatu organikoaren izaerari buruzko informazioa ematen dute:

- i) $OEB_5/OEK < 0,2$ kutsatzaile nagusiak organikoak ez-biodegradagarriak direla esan nahi du.
- ii) $OEB_5/OEK > 0,6$ kutsatzaile nagusiak organikoak biodegradagarriak direla esan nahi du.

2.3- Erradioaktibitate-adierazleak

Urak erradioaktibitate naturala izan dezake isotopo erradiaktibo naturalen presentziagatik (⁴⁰K, ⁸⁷Rb). Baina gaur egun jatorri industrialak edo farmazeutikoa duten jarduera nuklearrengatik uretako erradioaktibitatea kaltegarriak diren baloreraino igo egin daiteke. Erradiazio α eta β globala neurtzen dira (Bq/L).

2.4- Adierazle biologikoak

Uretako mikroorganismoak: etxeko edo araztegi-tako hondakin-uretatik datozen bakterioak, birusak, protistoak eta algak. Horien efektu nagusia gaixotasunak sortzea edo hedatzea da.

Mikroorganismo adierazleak erabiltzen dira: koliforme totalak, salmonella, estafilokoko...

3- BESTE KUTSATZAILE ESPEZIFIKOAK

3.1- Metalak astunak

Sustantzia hauen jatorriak honako hauek dira: meategia, metalgintza, gainazal-tratamenduak...

Metal astunak ez dira biodegradagarriak (honi **iraunkortasuna** deitzen zaio) eta izaki bizidunetan metatu egiten dira (**biometatzea**). Honek, **bioanplifikazio** fenomenoaren eragiten du: landareak metal astunak xurgatzen dituzte, gero animaliak landare horiekin elikatzen dira eta azkenean gizakietara kontzentrazioa handiagoan iristen da kutsadura hori bidean degradatu ez delako.

Metalen toxikotasuna bere izaera eta egoera kimikoaren arabera desberdina da.

Merkurioa (Hg): aparatu elektriko-ekoizpena eta pintura industriatan isurtzen da. Metal bezala edo konposatu organiko edo inorganiko bezala ager daiteke. Kutsagarrienak konposatu organikoak dira (alkil-Hg).

Beruna (Pb): iturri nagusiak ibilgailuentzako bateria-ekoizpena, pintura-industria dira. Anemia sor dezake eta giltzurrunetan eraginak izan ditzake.

3.2- Biomantenuagaiak

Nitrogeno edo fosforo duten konposatuak dira. Nitrogenozkoak inorganikoak (amonio duten konposatuak, nitritoak, nitratoak) edo organikoak (proteinak, aminoazidoak) izan daitezke. Fosforozkoak ere inorganikoak (fosfatoak) edo organofosforatuak izaten dira. Nitrogenozko konposatuen jatorri nagusia nekazal ur isurketa da eta fosforoarena detergente-erabilera.

Landareak elikatzeko konposatu hauek behar dituzte eta prozesu natural desberdinei esker uretara iristen dira biomantenuagaiak. Baina gaur egun, jarduera antropogenikoengatik konposatu hauek gehiegizko kantitatetan iristen dira uretara eutrofizazioa eraginez (uretako landarediaren gehiegizko hazkundera).

Ibaitan eta kostaldean eutrofizazioak landare makroskopikoen hazkundera eragiten du eta soberan dauden mantenuagaiak edo elikagaiak urak arrastatzen ditu. Baina laku eta urtegietan eutrofizazio arazo larriago da uraren berrikuntza mugatuagoa dagoelako. Azalera landare makrofitoen garatzea gertatzen da eta gainera era guztietako algak sortzen dira (landare mikroskopiak). Landare-materia gehiegi garatzen denez deskonposatu egiten denean disolbatuta dagoen oxigenoaren kontzentrazioa asko murrizten da eta ibilgu horretan dagoen materia bizidun guztia desagertzea gerta

daiteke. Oxigenoaren falta baldintza anaerobioak sortzen ditu, arrainak hil egiten dira, usain eta zapore gogaikagarriak sortzen dira eta uraren gardentasuna galtzen du fitoplakton asko sortzen delako.

Eutrofizazioa azaltzeko erabiltzen diren parametro fisiko-kimikoak: mantenugaiaren (N eta P) gehikuntza, disolbatuta dagoen oxigenoaren gutxitzea, kolorearen aldaketa, uhertasunaren handitzea.

3.3- Detergenteak

Hauen konposizioan emulsifikatzaileak eta laguntzaileak sartzen dira.

- i) Emulsifikatzaileak kate lipofiliko (organikoa) eta mutur hidrofílico (polar) batez osatutako konposatuak dira. Kate lipofiliko zikinkeriarri lotzen da eta zati hidrofílicoari esker uretan esekita gelditzen da. Gehien erabiltzen diren alkilbentzenosulfonatoak dira.

Konposatu hauek aparra sortzen dute biodegradarritasun baxua dutenez. Horregatik kate linealak dituzten emulsifikatzeak eta orduan, azkarrago biodegradatzen direnak erabiltzen dira. Hala ere, kutsatzaileak izaten jarraitzen dute degradatzeko oxigenoa kontsumitzen dutelako, OEK eta OEB handituz.

- ii) Laguntzaileak: uretan dauden Ca^{2+} eta Mg^{2+} ioekin lotzen dira eta horrela ioi hauek detergentearen eragina oztopa dezaketen gatzak ez dituzte hauspeatzen. Gehien erabiltzen direnak polifosfatoak dira $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ baino eutrofizazio-prozesua areagotzen dute. Hauen ordez sodio zitratoa erabili daiteke baino garestia da eta bere eraginkortasuna tenperatura altuetan baxua da.

3.4- Pestizidak

Nekazaritzan eta abelzaintzan sortzen diren izurriten kontra erabiltzen diren konposatu kimikoak dira. Gehien erabiltzen direnak organikoak dira: hidrokarburo kloratuak (DDT, Dieldrin), klorofenoxiazidoak, organofosforatuak eta karbamatoak (Paration). Urak duen pestiziden iturria nekazal jarduera eta kontrol gabeko fumigazioak dira. Ingurumenean arazo larriak sortzen dituzte: toxikotasuna, iraunkortasuna eta ingurumenean biometatzea:

- i) Toxikotasuna: DL_{50} erabiltzen da sustantzia baten toxikotasuna neurtzeko (espezie baten talde-erdia hilko duen dosia).

Toxikotasun-maila arabera pestizidak hiru taldetan sailkatzen dira: A (toxikotasun txikikoak), B (erdiko toxikotasuna dutenak) eta C (oso toxikoak).

ii) Iraupena: pestizida batek ingurumenarekiko duen aktibitatearen %95-a galtzeko behar duen denbora.

Pestizida batek jasaten duen degradazio-prozesuak biokimikoak (biodegradazioa), kimikoak (oxidazioa eta hidrolisia) eta fotokimikoak izan daitezke. Biodegradazioaren abiadura hurrengo faktoreen menpe dago:

- Egitura molekularra: konposatu aromatikoak eta halogenatuak erresistenteagoak dira eta biodegradazio-abiadura jeitsi egiten da pisu molekularra handitzerakoan eta pestizidak uretan duen solubilitatea jeisterakoan.
- Temperatura, pH-a eta mikroorganismoen kontzentrazioa.

iii) Biometatzea

Pestiziden solubilitatea uretan baxua da baino bere iraunkortasuna eta koipean duen solubilitate altua dira eta izaki bizidunen gantz-ehunean metatzen dira,

Pestizidak uretan dauden organismoetan kontzentratu egiten dira eta kontzentratzeko gaitasuna biometatze koefizienteen bitartez neurtzen da:

$$CB = \frac{\text{Ure tan dagoen organismoak duen pestizida - kontzentrazioa}}{\text{pestizida - kontzentrazioa uretan}}$$

Koefiziente hauek pestizidaren eta metatzen dituen organismoaren izaerarekin aldatu egiten dira.

Pestizidak sortzen dituzten arazoak gerta ez daitezen hurrengo soluzioak proposatzen dira:

- Kontrol biologikoa: parasito naturalak erabiltzea.
- Insektu eta gaixotasunen aurrean erresistentzia handiagoa duten landareak garatzea.
- Intsektuak erakartzen dituzten teknikak erabili (feromonak, soinua, argia) gero tranpetan harrapatzeko.
- Kontrol genetikoa insektuak esterilizatuz.

- Bioingurumen-kontrola: nekazal praktikak erabiliz (ereinaldia atzeratuz, uzta ondoren gelditzen diren hondakinak kenduz...).

3.5- Poliklorobifeniloak eta dioxinak

Poliklorobifeniloak (PCB) konposatu organiko polihalogenatuak dira eta hurrengo propietateak dituzte: tenperatura altuetan egonkorak, ez dira sukoiak eroankortasun elektriko baxua dute, azido eta baseen aurrean erresistenteak dira eta uretan solubilitate baxua dute. Propietate hauengatik industrian erabilera asko dituzte: isolatzaile elektrikoak kondentsadoretan, fluido hidraulikoak, plastifikatzaileak polimeroetan...

Konposatu organiko erregogorak kontsideratzen dira oso egonkorak direlako eta bere biodegradazio-abiadura oso motela delako eta horregatik kate trofikoan biometatu egiten direlako.

Bere iturriak istripuak, baporizazio gune irikietan eta hondakinen kudeaketa desegokiak dira.

Dioxinak eta furanoak ere konposatu organiko polihalogenatuak dira eta kantzerigenoak, mutagenikoak eta teratogenikoak direla zehaztu da.

Konposatu hauek ez dira erabiltzen inongo prozesutan, hau da, hondakin bezala bakarrik agertzen dira ingurumenean:

- Kloro eta konposatu organiko aromatikoak erabiltzen dituzten prozesuen hondakinak izaten dira.

- Konposatu organokloratuak errausten direnean ere agertzen dira.

PCB-ak bezala ingurumenean iraunkortasun handia dute, koipetan disolbatzen dira eta biometatze-ahalmena handia dute. Biodegradazioarekiko erresistentzia kloro-edukinarekin handitu egiten da.

3.6- Beste kutsatzaileak

- Zianuroa (CN⁻): pH azidoan oso toxikoa da HCN sortzen delako.

- Arsenikoa: disolbatzen diren konposatu guztiak toxikoak dira. Pestizida bezala erabili ohi da.

- Nitritoak (NO₂⁻): nitratoen erabilera nekazaritzan da jatorri nagusia. Nitrosaminak sortzen dituzte (R₂N-NO) eta konposatu hauek urdaileko minbizia sortzen dute.

4- INDUSTRIAKO UR-HONDAKINEN EZAUGARRIAK

Industriako hondakin-uraren konposizioa industria-mota eta ekoizpen-metodoaren arabera izango da. Horregatik prozesu industrial bakoitzaren kasuan tratamendua espezifiko izango da.

Industriako efluenteak hiru motatakoak izan daitezke:

- a) Fabrikazio-prozesu orokorreko efluenteak: prozesu gehienak efluenteen kutsadura handitzen dute gas, likido eta solidoekin kontaktuan jartzen direlako. Efluenteak jarraiak edo ez-jarraiak izan daitezke. Batzuetan konposizio ez da aldatzen baino beste kasu batzuetan (industria kimikoa, medikamentu-industria...) efluenteen konposizioa asko aldatzen da denborarekin.
- b) Efluente espezifikoak: prozesu-espezifikoetatik ateratzen direnak (paper-industrietako kondentsatuak, gainazal-industrietako bainuak...).
- c) Aldizkako isurpenak: istripuz sortzen direnak.

Industriako hondakin likidoak osagaien nolakotasunaren arabera sailka daitezke:

- a) *Osagarri mineralak dituzten industriako hondakin likidoak*: gehienbat metalak, konposatu halogenatuak eta toxikotasun handia duten beste substantzia ez-organiko batzuk dituzten isuriak dira. Hondakin-ur hauek ematen dituzten industriak: metalurgia eta siderurgia, meatzaritza, industria petrokimikoko zenbait prozesu eta gainazal-tratamenduen industria.
- b) *Osagarri organikoak dituzten industriako hondakin likidoak*: karga organikoa oso ezberdina izan daiteke industriako jardueraren arabera. Sustantzia batzuk ez-biodegradagarriak dira: zelulosa, taninoak, sufre- eta kloro-konposatuak,... Hondakin-ur hauek isurtzen dituzten industriak: industria farmazeutikoa eta elikagai-industria.
- c) *Osagarri erradioaktiboak dituzten industriako hondakin likidoak*: hauek erreaktore-nuklearrak erabiltzen dituzten industrietan eta ikerketako laborategietan sortzen dira.
- d) *Kutsadura termikoa eragiten duten industriako hondakin likidoak*: hoztutako edozein

lurrin edo likidoren igorpena nahikoa da eremu hartzailean dauden flora eta fauna larriki kaltetzeko, ekosistemaren egoera termikoa aldatzen baita.

Orokorren industriako hondakin-uraren ezaugarriak:

- Jatorri sintetikoa duten sustantzia organiko ez biodegradagarriaz izango ditu
- Toxikotasun altuko sustantziak agertuko dira (organiko eta inorganikoak)
- pH oso aldakorra izango da
- Ez dira aurkituko bakterioak
- Partikula esekien edukina altua
- Temperatura altua

Honako hau kontutan hartuz industriako hondakin-uretan neurtu behar diren adierazle fisiko-kimiko eta biologikoak hurrengoak dira: OEK, OEB, olioak eta koipeak, pH, metal toxikoak, jalki daitezken solidoak eta solido esekiak.

5- INDUSTRIAKO HONDAKIN-UREN TRATAMENDUA

Industriako hondakin-urak bere erabileran konposizioa eraldatua dute eta honen ondorioz kalitate-galera jasan dutenez arazketa-prozesuaren beharra dute.

Industriako hondakin-urak tratatzeko hiru aukera daude:

- a) Hondakin-Uren Araztegi batean (HUA) araztea hiri hondakin-urekin batera. Hau industriako hondakin-uren ezaugarriak hiri hondakin-uren antzekoak direnean egin daiteke.
- b) IHUA Industriako Hondakin-Uren Araztegi (IHUA) batean araztea.
- c) Industria batean araztea.

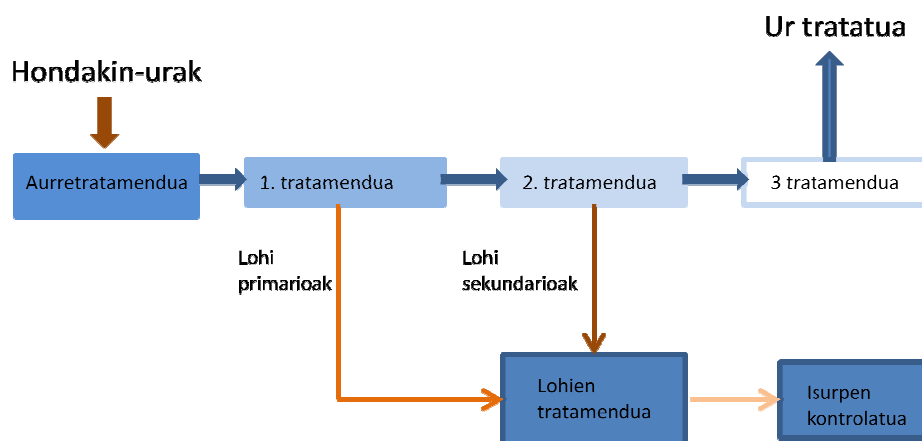
6- HONDAKIN-UREN ARAZTEGIA (HUA)

Ur naturalean autoarazketa prozesuak gertatzen dira non sedimentazioa eta prozesu kimiko eta biologikoen bidez ura birsortzen den. Baina industrian, hirian eta nekazaritzan sortzen diren hondakin urak araztu edo tratatu egin behar dira ibaiara isuri aurretik. Araztea erabiltzearen helburua urak daramatzan sustantzia guztiak kentzea da.

Hondakin uren araztegian (HUA) hondakin-uren arazte-bideak honela banatzen dira:

- a) Aurretratamendua: tamainu handiko hondakinak (egurrak, hostoak, paperak, plastikoak), olioak eta koipeak kentzen dira.

- b) Lehen tratamendua (primarioa): tratamendu fisikoen bidez solido esekiak kentzen dira.
- c) Bigarren tratamendua (sekundarioa edo biologikoa): materia organiko biodegradagarria arazten da mikroorganismoen bidez. Gainera lehenago kendu ez diren solido esekiak kendu egiten dira.
- d) Hirugarren tratamendua (tertzarioa): aurreko tratamenduekin kendu ez diren materia organikoa, nitrogenozko zein fosforozko konposatuak eta beste kutsatzaile espezifikoak arazten dira.



Irudia 2: Hondakin-uren tratamenduaren araztegiaren etapa nagusiak.

Tratamendu bakoitzetik irtetetzen den uraren kalitatea handituz doa. Arazten den hondakin-ura ibaiera isuri daiteke edo industrian berrerabili daiteke. Hondakin-urak jasaten dituen tratamenduak ibaiera isurtzeko araudia betetzen duela edo berrerabiltzeko kalitate minimoa duela, ziurtatu behar da.

Industriako hondakin-urak arazteko ez dira erabili behar tratamendu guztiak. Kasu bakoitzean dagokion tratamendua erabiliko da.

7- AURRETRATAMENDUA (TRATAMENDU FISIKOA)

Aurretratamenduan egiten diren prozesuak hurrengoak dira: homogeneizatzea, arbastatzea, baheketa, desondarketa, desoloztatzea. Eragiketa guztiak ez dira beti beharrezkoak.

7.1 Homogeneizatzea

Industria-isurpenetan ur-kalitate desberdinak upel batean nahasi egiten dira batera tratatzeko. Horrela, hurrengo eragiketaren funtzionamendu-baldintzek optimizatzen dira.

Instalazioak hiru motatakoak izan daitezke:

- i) Homogeneizatzeko putzua: zoruko zanga plastikozko material iragazgaiztua duena.
- ii) Metaleko homogeneizatze-upela irabiatua
- iii) Upela aireztatuak.

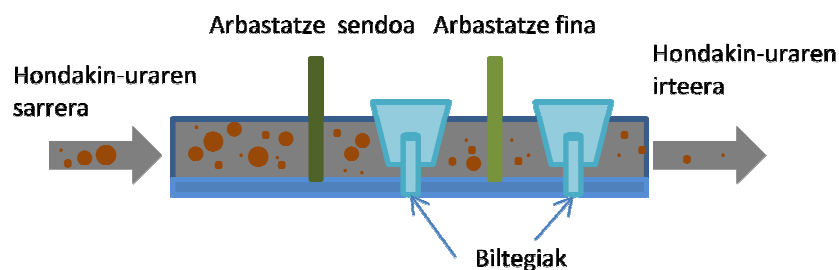
7.2 Arbastatzea

Aurretratamenduaren lehen prozesua da eta tratamendu honen barruan sartzen diren operazioen helburua solido lodiak kentzea da.

Ura lodiera ezberdineko burdinsareen artetik ponpatzen da (arbastatze sendoa eta fina) eta tamaina handiko solidoak geldiarazten dituzte. Hondakinak kendu, zapaldu eta hondakindegira eramaten dira.

Burdin sareak eskuz edo automatikoki (garbiketa-arrastelu baten bidez) garbi daitezke.

Diseinu-parametroak sare-kopurua, uraren abiadura eta ubidearen zabalera dira. Ubidean ez dira hareak eta beste materialak metatu behar. Horretarako ubidearen malda eta uraren sartze-abiadura kontrolatu behar dira. Abiadura ez da azkarregia izan behar gainekoan materiala burdin-sareen tartetik pasa daiteke.



Irudia 3. Hondakin-uren arastegiko arbastatze prozesua.

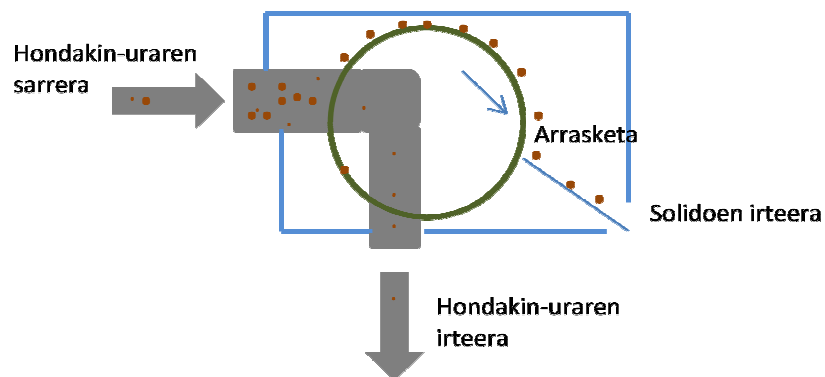
7.3 Baheketa

Operazio honen helburua tamainu txikiagoko partikulak kentzea da. Horretarako gai lodien putzua pasa ondoren ura oso finak diren saretxo batzuen zehar pasarazten da eta bereizketa arraspen bidez egiten da. Sistema hauek karga-galera handia ematen dute, burdin-sarearena baino askoz handiagoa.

Bahe birakari eta estatikoen bidez solidoak kendu, torloju amaigabea edo zinta garraiatzailearen baten bidez solido horiek garraiatu eta azkenean zapaltzeko torloju baten bidez zapaldu egiten dira hondakindegira eramateko.

Bahe estatikoetan presiopeko uraz dutxa emanez kentzen dira solidoak.

Bahe birakariak danbor-egiturako barne-ganbera dute. Hutsa erabiliz materia solidoa atxikitzen da eta gero gain-presioaren eraginpean materia kanporatzen da.



Irudia 4. Hondakin-uren araztegiko baheketa prozesua.

7.4 Desondarketa

Eragiketa honen helburua ura baino pisuagoak diren partikulak kentzea da, batez ere harea. Gainera, materia organikoaren zati bat partikulekin banatzen da.

Harea kentzeko bi motatakoak izan daitezke:

- a) Fluxu horizontalekoak: aurretratamenduaren ubidea zabaldu egiten da uraren abiadura txikiagoa egiteko eta horrela partikulak hondora joaten dira grabitatearengatik. Hareak arrasketa edo palen bitartez jaso egiten dira eta ekipo garbitzailetara ponpatzen dira.

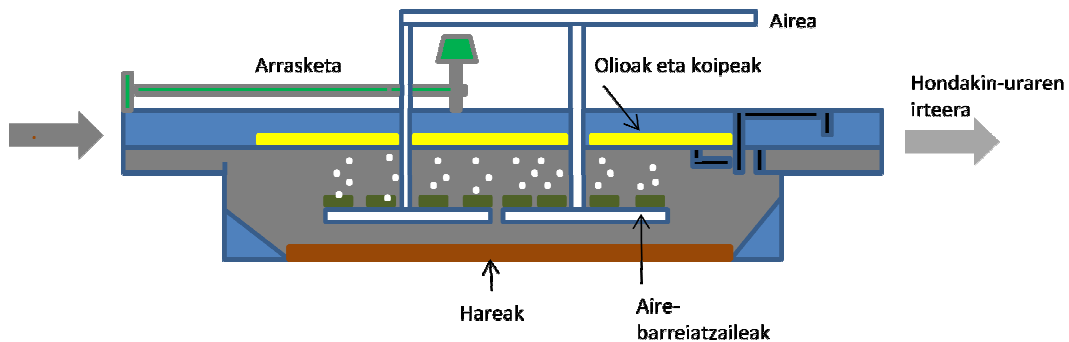
Eraginkortasuna ubidearen gainazal eta partikulen erorketa-abiaduraren menpe dago. Instalazio honek zabalera handiko ubideak behar ditu eta garestia da.

b) Aireztatuak: hondar-partikulen flotazioa gauzatzen da aire-injekzioaren bidez ura ubidetik pasatzen den bitartean.

Instalazio honek ubide txikiagoak behar ditu baino bere energia-kontsumoa handia da.

7.5 Desolioztatzea

Desondarketa egiteko erabiltzen diren ekipoa olioak eta koipeak kentzeko erabil daitezke. Ur-azalean sortutako olio-geruza kentzen da gainazal-arrasketa edo palen bitartez. Uretatik ateratzen diren koipeak berreskuratu edo erraustu egiten dira.



Irudia 5. Hondakin-uren araztegi desondarketa eta desolioztatze prozesua.

8- TRATAMENDU PRIMARIOA (TRATAMENDU FISIKO-KIMIKOA)

Tratamendu honetan aurretik kendu ez diren solido eseki jalkigarriak bereizi egiten dira. Horretarako prozesu fisikoak eta kimikoak erabiltzen dira. Erabiltzen diren prozesuak: jalkitzea edo dekantazioa, malutapena, flotazioa, iragazpena eta neutralizazioa.

8.1 Dekantazioa

Aurretratamendua egin ondoren urak lehen mailako dekantazio (edo jalkitze) prozesura sartzen da, Hemen, hondakin-urak azalera handia duen dekantagailura (dekantazio-ontzia) iristen da eta jalkitzen uzten da. Dekantazio-prozesuan uraren abiadura moteldu egiten da eta grabitatearen ondorioz partikula esekiak (ura baino astunagoak direnez) hondoratu egiten dira. Jalkitze-prozesua partikularen tamaina, pisu espezifikoaren eta morfologiaren arabera da.

Behealdean gelditzen diren solidoak (jalkipena) lehen mailako lohia sortzen dute eta hondoa ekortzen duen arrasketa sistema baten bidez kontzentratu eta urpeko ponpen

bidez ateratzen dira gero tratatzeko. Kirats handiko lokatz grisaxka sortzen da, oso ustelgarria, eta hori egonkortu egin behar da beste tratamendua erabiliz. Ur garbiak (ur iragazia) dekantagailuaren goikaldetik gainezka egiten du eta bigarren tratamendura joaten da.

Partikula esekiak jalkitzerakoan materia organikoa adsorbitzen dute eta bere erortze-prozesuan behealdera arrastatzen dute OEB murriztuz.

Dekantazio-ontziak biribilak, angeluzuzenak edo lamelarrak izan daitezke. Tamaina handiko ekipamenduak dira, eta zubi mugigarriak izan ditzakete.

Dekantazio-tanga biribilak hondakin-uraren andelak oinarri biribila eta zilindro-forma ditu, eta behean kono-formako sekzioa. *Dekantazio-tanga angeluzuzenak* hondakin-uren edukiontziak oinarri angeluzuzeneko geometria prismatikoa du.

Dekantazio-ontziak lamelarrak: dekantazio-azalera handiagoa dute. Lamelak (orriak) dituzten sakonera txikiko ontziak dira. Lamelatik ura gorantz pasarazten da eta behean partikulak biltzen dira.

8.2 Koagulazio-Malutapena

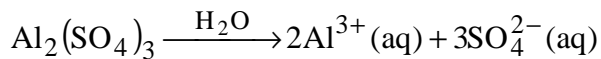
Partikula esekiak txikiak badira (10^{-6} - 10^{-9} m) koloideak deitzen dira eta dispersio koloidalak osatzen dituzte. Hauek oso egonkorak izaten dira partikulen artean elkarrekintza elektrostatisak daudelako. Honen ondorioz bere jalkitze-abiadura oso txikia da eta prozesu kimikoa erabili behar da partikula hauek uretatik kentzeko. Prozesu kimikoan partikulen karga elektrikoak ezegonkorak bihurtzen dira eta partikulak taldekatu egiten dira.

Prozesuan produktu kimikoak gehitzen dira koagulazioa eta malutapena gerta daitezen:

- a) Koagulazioa: gehitzen diren produktu kimikoak partikulen arteko bereizketa-indarrak murriztu egiten dituzte eta partikulak ezegonkorak bihurtzea lortzen da.
- b) Malutapena: partikula txikien eransketa gertatzen da eta jalkitzeko adinako tamaina eta pisua duen maluta sortzen da.

Koagulazio lortzeko urari koagulatzaileak gehitzen zaizkio: sustantzia hauek koloideen kargak neutralizatu egiten dituzte mikromalutak edo koaguluak osatuz. Prozesu hau paleten bidez irabiatutako andel batean egiten da, horrela koagulazioa errazten da.

Gehien erabiltzen diren koagulatzaileak: burdin eta aluminio-gatzak ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3).



Kontrolatu beherreko parametroak koagulatzaile-dosia eta pH-a dira. Prozesuan bi mekanismo ematen dira:

- a) Kargen neutralizazioa eta hauspeatzea: koagulatzaileen kargak koloideenak neutralizatzen dituzte. Horrela partikula koloidalak desegonkortu egiten dira mikromalutak osatuz.
- b) Adsortzioa hidroxido partikuletan: $\text{Al}(\text{OH})_3$ eta $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -ren hauspeatzea gertatzen da eta mikromalutak arrastatu egiten dituzte partikula handiagoak sortuz.

Malutapenean koagulazioan lortutako mikromalutak malutatzaileen bidez elkartu egiten dira eta tamainu handiagoko partikulak lortzen dira (malutak) grabitatearen ondorioz jalkitzen direnak. Hau lortzeko malutatzaileak (polielektrolitoak) gehitzen dira eta hauek mikromaluten artean zubiak eratzen dituzte partikula handiagoak sortuz. Agitazio moteleko beste andel batean egiten da.

Malutatzaileak ez-ionikoak (polietilen oxidoa), anionikoak (azido poliakrilikoaren gatzak) eta kationikoak (polibinil aminak) izan daitezke.

8.3 Flotazioa

Flotazioa naturala edo mekanikoa izan daiteke. *Flotazio naturala* dentsitate-diferentziaren ondorioa da. *Flotazio mekanikoan* azpitik airea injektatzen da. Horrela, olio eta koipe-tantak aire-burbuiletan itsasi egiten dira ur-azalera joanez. Ondoren, ur-azalean sortutako olio-geruza kentzen da gainazal-arrasketa edo palen bitartez.

Eragiketa honetan solidoak eta likidoak dentsitate-diferentziaz bereizten dira. Urarena baino dentsitate handiagoa duten solidoak bereizteko flotazio behartua erabiltzen da.

Aire-burbuilak sartzen dira eta solido-partikuletara itsasten dira biak gainazalera igoz. Bi flotazio sistema erabiltzen dira.

- *Airea disolbatuz flotatzea*: andel presurizatuan ponpa baten bidez airea presiopean sartzen da. Airea barreiatzen da eta burbuila txikiak eratzen ditu. Gainazalera igotzen direnean itsasita partikulak eramaten dituzte.
- *Aire-injektatzearen bidezko flotazioa*: airea zuzenean injektatzen da flotazio-andelean. Horretarako barreiatzaleak edo turbinak erabiltzen dira. Aurreko metodoarekin konparatuz burbuilak handiagoak dira eta denbora gutxiago behar dute gainazalera iristeko eta bere eragina partikulen gainean txikiagoa da.

Eragiketa hau birfindegi, elikagai-industria, pintura,... industrietako hondakin-ura arazteko erabiltzen da.

8.4 Iragazpena

Eragiketa honetan hondakin-ura materiale porotsu batetik zehar pasarazten da partikula txikiak kentzeko. Materiale porotsua altuera aldakorra dun hondar-ohantzea izaten da. Partikula-tamainu desberdina duten geruzaz osatuta dago ohantzea. Aurreko eragiketetan kendu ez diren partikula esekiak kentzeko erabiltzen da.

Hainbat iragazpen-mota daude:

- i) Grabitate bidezko iragazpena: atmosferako presioan dagoen sistema irekia da. Ura bertikalki sartzen da, grabitatez pasatzen da eta azpitik ateratzen da solido-esekirik gabe. Denboran zehar, geruzak garbitu egin behar dira, solidoak gelditzen direnez, iragazpen-ahalmena galtzen baitute; gainera, solido horiek usteldu egin daitezke.
- ii) Presio bidezko iragazpena: sistema itxia da eta ura presiopean pasarazten da.

8.5 Neutralizazioa

Bigarren mailako tratamendura bidali aurretik uraren pH zuzendu egiten da, mikroorganismoak behar duen pH-tara egokitzeko.

Ur azidoak neutralizatzeko Na_2CO_3 edo NaOH erabiltzen dira

Ur basikoak neutralizatzeko H_2SO_4 gehitzen da.

Eragiketa hau egiterakoan hurrengo arazoak hartu behar dira kontuta:

- Erreakzio gasak askatu daitezke.
- Erreakzioa exotermikoa izan daiteke.
- Sortzen den gatza disolbaezina bada kendu egin behar da.

9- TRATAMENDU SEKUNDARIOA (TRATAMENDU BIOLOGIKOA EDO OXIDAZIO BIOLOGIKOA)

Tratamendu honen helburua aurretik urari kendu ez zaion materia organikoa mikroorganismoen bidez kentzea da. Horretarako, lehendabizi prozesu biologikoa egiten da eta gero dekantazio sekundarioa osatzen den lohia kentzeko. Gainera nitrogeno, fosforo eta patogenoen kontzentrazioa jeitsi egin daiteke.

Sistema biologikoan lohiak sortzen dira eta solido hauek uretatik kendu behar dira. Hau lortzeko prozesu dekantazio sekundarioa erabiltzen da.

Mikroorganismoak materia organikoa elikagai bezala erabiltzen dute, zelula berriak sortuz, bizitzeko behar duten energia lortuz eta materia organikoa ezabatuz. Tratamendu biologikoan mikroorganismoak materia organiko disolbagarraia eta koloidala metabolizatu egiten dute OEB eta OEK murriztuz. Prozesu honetan ur naturaletan gertatzen den autoarazketa kopiatzen da baino erabiltzen diren baldintzarekin prozesua bizkorragoa izatea lortzen da.

Mikroorganismo ezberdinak erabil daitezke prozesuan: bakterioak, onddoak (prozesu industrialetan), algak...

Tratamendu sekundarioan materia organikoa oxidatu egiten da eta elektroiak hartzen dituen elementuaren arabera hiru sistema definitu daitezke:

- i) Sistema aerobioak: O_2 da elektroien hartzailea eta horregatik sistema hauek erabiltzeko oxigenoaren solubilitatea urean txikia dela kontutan hartu behar da. Bakterio aerobikoen hazkundea handia denez lohi asko sortzen da.
- ii) Sistema anaerobioak: elektroien hartzailea CO_2 da CH_4 emanaz. Sistema hauen abantaila nagusia erregai-gasa lortzen dela da.
- iii) Sistema anoxikoak: O_2 -rik ez dago eta NO_3^- dagoenez berak hartzen ditu elektroiak N_2 -a sortuz. Prozesu honi desnitrifikazioa deitzen zaio.

9.1- Tratamendu biologiko aerobioak

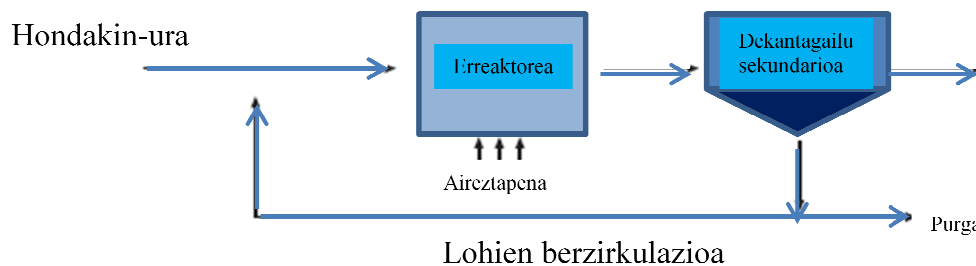
Tratamendua egiteko posibilitate hauek daude:

- i) Biomasa esekiko sistemak: lohi-aktibatuak da gehien erabiltzen den sistema.
- ii) Biomasa finkoko sistemak: mikroorganismoak euskarri solido baten gainean finkatzen dira (iragazki biologikoak).

9.1.1- Lohi aktibatuak.

Prozesu aerobioa da non tratamendu primariotik datorren ura andel handi batean bildu eta 10-12 ordutan mantentzen da kontaktuan biomasarekin (mikroorganismoak) eta oxigenoarekin agitazioaren bitartez. Mikroorganismoek materia organikoa deskonposatu egiten dute OEB gutxituz eta malutak osatuz (bakterio-multzoak).

Gero jalkitze-prozesu baten bidez lohia osatzen duen materia zelularra uretatik kendu daiteke. Horretarako, errektorean nahiko denbora igaro ondoren bigarren etapa gertatzen da non malutadun efluenta dekantagailu sekundariotara pasatzen den. Jalkitzen diren lohien zati bat errektorerara itzultzen da, behar den biomasa-kontzentrazioari eusteko.



Irudia 6. Lohi aktibatuen prozesua.

Prozesua deskribatzen duen erreakzio orokorra honako hau da:

Materia organikoa+mikroorganismoak+ mantenugaiak (N,P)+O₂ → mikroorganismo berriak+ CO₂ + H₂O+energia

Prozesuan bi erreakzio-mota gertatzen dira: sintesia (anabolismoa) eta oxidazioa (katabolismoa).

Sintesia edo asimilazioa: erreakzio honetan materia organikoaren zati bat mikroorganismo berrien hazkunderako erabiltzen da. Materia organikoaren beste zatia energia sortzeko erabiltzen da:

Materia organikoa+mikroorganismoak+energia+O₂-→ Mikroorganismo berriak

Oxidazioan CO₂ eta ura sortzen dira.

Erreaktore biologikoan gertatzen diren erreakzioetan eragina duten faktoreak hurrengoak dira:

- a) Elikaduraren karga organikoa eta mikroorganismoen kantitate arteko erlazioa (intensitate-karga). Diseinuaren oinarritzko parametroa da eta balore optimoa 0,3-0,6 da.
- b) Mantenu gaiak: prozesuaren garapenerako beharrezkoak dira. Materia organikoan C, H eta O daude, baina mikroorganismoak N, P, K eta Na mantenu gaiak ere behar dituzte hazitzeko. Horregatik dosi kontrolatuan nitratoak, fosfatoak... sar daitezke.
- c) Oxigenoa: beharrezkoa da sistema aerobikoa mantentzeko. Oxigenoaren solubilitatea uretan baxua da horregatik aireztazaile mekanikoak (turbina bertikalen edo erroto horizontalen bitartez irabiatzen da ura) edo intsuflatzaileak (aire-konpresoreak) erabiltzen dira oxigenoa sartzeko.
- d) Tenperatura: igotzen bada oxidazio-erreakzioak azkarragoak dira baino 37 °C iristen denan erreakzioak gelditu egiten dira protoplasma zelularren proteinak degradatu egiten direlako.
- e) Salinitatea: gatz disolbatuen edukina 3-5 g/L baino txikiagoa bada ez ditu arazorik ematen. Baina bat-batean handitzen bada arazo larriak sor ditzake erreaktoreko sistemak egokitzeko denborarik ez duelako.
- f) Toxikoak: sustantzia hauek prozesu biologikoak eragozten dutenak dira (sintesi-erreakzioak kontrolatzen dituzten entzimek erasotzen diete). Organiko eta ez-organikoak izan daitezke.
- g) Lohien indize bolumetrikoa (VSI): 1 g lohi okupatzen duen bolumena da eta lohiaren jalkitze-gaitasuna neurtzeko erabiltzen da.

$$VSI(\text{mg} / \text{L}) = \text{Jalki daitezken lohiaren bolumena (ml/L)} / \text{Gutzizko solidoen kontzentrazio (g/L)}$$

Prozesua bi eratan egin daiteke:

- **Fluxu-pistoia:** ura etengabe errektorea zeharkatzen du eta airearekin nahasten da. Aire irabiaketa mekanikoaren bidez sar daiteke.

- **Nahaste osoa:** irabiatutako etengabeko andela erabiltzen da.

Lohi-aktibatuen tratamenduan mikroorganismoak nitrifikazio prozesuaren bidez nitrogeno konposatuak transformatu egiten dituzte. Nitrifikazioan amonioa (NH_4) nitritora (NO_2^-) oxidatzen da eta hau nitratora (NO_3^-).

Prozesuan arazoak sor daitezke: bulking (lokatza asko puztea errektorea betez), rising (lokatza berriz igotzea), malutak desegitea, aparra eratzea.

9.1.2- Biomasa finkoko tratamendu biologikoak

a) Iragazki biologikoak

Mikroorganismoen kontzentrazio egokia lortzeko hauek euskarri baten gainean haziarazi egin daitezke. Sistema hauetan aireztapena oso garrantzitsua da eta likidoaren banaketa edo sistemaren mugimenduaren bidez lor daiteke.

Sistema hauen abantailak honako hauek dira:

- Likidoa eta biomasa erraz bereizten dira.
- Eragile toxikoarekiko eta mikroorganismoen inhibitzailearekiko erresistentzia handiagoa dute.

Iragazki biologikoak industrian biomasa finkoko gehien erabiltzen diren sistemak dira. Euskarria diametro handiko ohantze finkoa da, harri edo plastiko edo zeramikazko piezaz beteta daudena, horrela azalera handia lortuz. Gainazalean biomasa geruza eratzen da, eta hortik hondakin-ura pasaratzen da. Hondakin-ura betegarrian behera jaitsi ahala, gorako airearen korrontarekin eta mikroorganismoekin jartzen da kontaktuan.

Biogeruza edo biofilma horretan zehar prozesu bikoitza gauzatzen da:

- Materia organiko disolbatua eta O_2 uretatik biogeruzara igarotzen dira. Ura arazi egiten da, materia organiko horretako mikrobio-metabolizatzearen eraginez.

- Mikroorganismoek sortutako CO₂ eta metabolitoak biogeruzatik uretara bideratzen dira.

Biomasa hazitzen denez zati bat gainazalatik erortzen da horregatik jalkitze prozesura eraman behar da.

Betegarria diseinu biribileko erreaktorean instalatzen da. Ura banatzeko sistema birakaria da, ihintzaturazkoa.

b) Biodiskoak

Biodiskoak ardatz horizontalaren gainean biratzen duten (ur-fluxuaren noranzkoan) disko paralelo multzo batez osatuta daude. Diskoen %40 urperatzen da ur-fluxuan. Mikroorganismoak diskoetan atxikitzen dira, eta biogeruza eratzen dute. Biratzerakoan diskoaren zati bat busti egiten da disolbaturiko kutsatzaile organikoak absorbituz eta gero airearekin kontaktuan jartzen da materia organikoa degradatuz.

Diskoen abiadura aldatuz prozesuaren abiadura kontrola daiteke.

Sistema honek dituen desabantailak:

- Sistemaren energia-eskaera handia da.
- Diskoen gainean biomasa hazten denean bere pisua igotzen da arazo mekanikoak sortuz (batez ere ardatz-sistema ez badago prest karga-aldaketari aurre egiteko).

Sistema honetan ere biogeruzaren zatiak askatu egiten dira jakineko pisua dutenean, eta jalkitzailean bereizten dira.

9.2- Tratamendu biologiko anaerobioak (hartzidura edo digestio anaerobioa)

Hondakin-uraren karga organikoa handia denean tratamendu aerobioak oso garestiak dira oxigenoa etengabe sartu behar delako sisteman. Orduan tratamendu anaerobioak aukera ona dira. Adibidez, elikagai-industriek eragindako kutsaduraren ondoriozko arazoak eta industria horiek gero eta energia gehiago behar dutela ikusita, digestio anaerobikoa konponbide egokia da, aldi berean arazi eta energia sortzen duen sistema delako.

Gertatzen den erreakzioa hurrengo da:

Materia organikoa + mikroorganismoak \rightarrow mikroorganismo berriak + alkoholak + aldehidoak + azidoak + CO_2 + energia+...

Tratamendu anaerobioan metanoz (%60-80%) eta karbono dioxidoaz (%40-20) osatutako biogasa lortzen da. Biogas hau bero-energia eta energia elektrikoa lortzeko erabili daiteke. Gainera prozesu aerobioetan OEK-aren %50-70 bakterioak lortzeko erabiltzen da eta anaerobioetan berriz, bakarrik %5-10, lohi-kantitatea txikiagoa lortuz. Gainera, lortzen diren lohiak tratamendu aerobioetakoak baino egonkorraoak dira eta ongarri bezala erabil daitezke.

Prozesuaren etapak hurrengoak dira:

- *Hidrolisia*: molekula handiak (gluzidoak, lipidoak, ...) hautsi egiten dira zelulan sar daitezken molekula txikiak lortuz.
- *Azidogenesia eta azetatogenesia*: aurreko etapan sortutako molekula txikiak kate motzeko azido organikoak, hidrogeno eta karbono dioxidoa ematen dute. Etapa honetako bakterioak oso erresistenteak dira pH aldaketaren aurrean.
- *Metanogenesia*: hainbat bakterioek metanoa eta karbono dioxidoa sortzen dituzte. Hau da prozesu osoaren etapa kritikoa, bakterioak baldintzetarekiko sentikorrek direlako eta etapa astiroena delako. Digestio anaerobioa bakterio metanogenikoak ondo funtziona dezaten baldintzetan egin behar da.

Sistema hauek hondakin-uraren karga aldaketa arazorik gabe jasaten dute.

Bere desabantailak aerobioak baino patogenoak arazteko eraginkortasuna txikiagoa dute, usai txarrak ematen dituzte eta martxan jartzeko denbora luzeak dituzte.

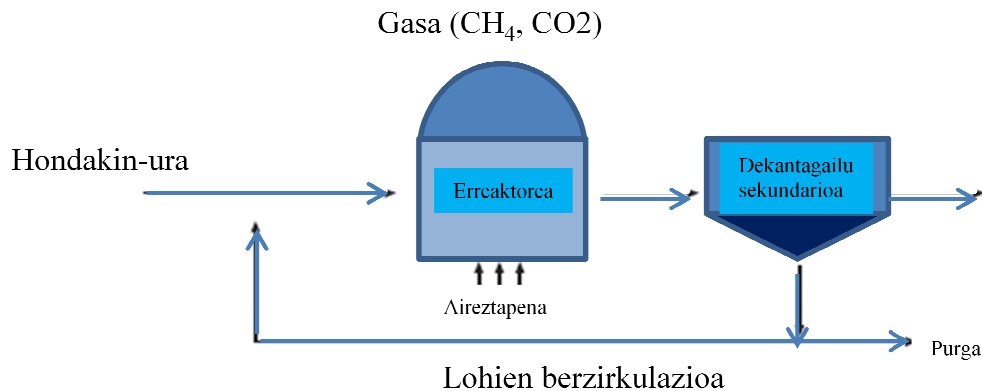
Prozesuren ondoren lohia dekantagailu sekundariotara eramaten da eta zati bat errektore anaerobiora berziklatzen da.

Prozesuan kontrolatu beharreko faktoreak temperatura, pH-a eta mantenugaiak dira. Nahasketa ona lortzea era garrantzi handia dauka batera metagenikoak inhibitu ez daitezken.

Metanogenesiaren abiadura oso motela denez mikroorganismo-kontzentrazio altua duten errektore edo digestoreak diseinatu behar dira errektore oso handiak ez erabiltzeko.

9.2.1- Nahasate-osoko erreaktore anaerobioak

Lohi-aktibatuen prozesu aerobioaren antzekoa da. Helizeen bidez irabiatutako erreaktore itxietan egiten da prozesua. Erreaktoreak sarrera bat dauka hondakin-urarentzako eta bi irteera (biogasentzako eta efluentarako). Efluenta dekantagailu batetara eramaten da eta zati bat berziklatu egiten da. Prozesuak bi arazo nagusiak dauzka: berziklatu beharra eta jalkitze ona lortu beharra.



Irudia 7. Nahaste-osoko erreaktore anaerobio.

9.2.2- Lokatz-ohantzea (UASB-Upflow Anaerobic Sludge Blanket, goranzko fluxua duten lokatzen mantua)

Hondakin-urarekin kontaktuan jartzen den biomasa-pikorrez osatutako ohantze bat dute. Hondakin-ura azpitik sartzen da eta bere gorako bidean biomasa-ohantzearekin kontaktuan jartzen da biogasa sortuz. Gasak eta partikulek gora egiten dute. Partikulak berriz erortzen dira.

Erreaktore hauen arazo nagusia nahasketa ona lortzea da, horregatik batzuetan lortutako gasaren zati bat berziklatu egiten da lokatz-ohantzea zabaltzea lortuz.

9.2.3-Iragazki anaerobioak

Mikroorganismo anaerobioak euskarri solido baten gainean garatzen dira lodiera aldakorra duen biogeruza sortuz. Euskarria zutabe batean kokatzen da eta hondakin-ura euskarritik pasaratzen da goranzko edo beheranko fluxuarekin biogeruzarekin kontaktuan jarritz.

Oso sistema erabilgarria da karga organiko altua duten urak tratatzeko.

9.2.4- Ohantze fluidotuak

Erreaktorea partikula solido porotsuaz beteta dago (hondarra...). Partikula hauen gainean biogerruza garatzen da eta fluidotuak mantentzeko likidoa berziklatu egiten da partikuletan zeharreko goranzko fluxuan.

Iragazki anaerobioak eta goranzko fluxua duten lokatzen mantuko erreaktoreak baino eraginkorragoak izanik ere, gutxiago erabiltzen dira, oso ustiapen-kostu altua dutelako.

Prozesu anaerobioetan hurrengo parametroak hartu behar dira kontutan:

- Oxigenoa: bakterio anaerobioak hil egiten ditu eta horregatik digestoretan ez da oxigenorik egon behar.
- Temperatura: zenbat eta altuagoa orduan digestioa azkarragoa izango da.
- pH: 6-8 tartean mantendu behar da.
- Inhibitzaileak: metal astunak eta beste sustantzia batzuk (konposatu organokloratuak) kontrolatu egin behar dira prozesua gelditzen dutelako.
- Mantenuak: behar den N eta P kantitatea prozesu aerobioetan baino 10 aldiz txikiagoa da biomasa gutxiago sortzen delako.

9.3- Tratamendu biologiko naturalak

Koste baxuko tratamenduak dira eta prozesu naturalak erabiliz materia organiko biodegradagarrien edukina txikiagoa izatea lortzen da. Ekipamendu hauek lursail handiak behar dituzte, gainera tokiko klimak asko eragiten die. Gehien erabiltzen diren sistemak aireztapen-urmaelak, iragazki berdeak eta zohikatz-ohantzeak dira.

9.3.1- Aireztapen-urmaelak

Zoruan sakonera gutxiko aintzira egiten da eta erreaktore biologiko bezala erabiltzen da.

Oxigenoa izatearen edo ez izatearen arabera, honela sailkatzen dira aintzirak:

- i) *Aintzira aerobikoa*: sakonera txikia dutenez (0,5 m) oxigenoa modu naturalean hartzen da, airetik eta landareen fotosintetik.
- ii) *Aintzira anaerobikoa*: sakonera handiagoa da (3-4 m-koa) eta baldintzak anaerobikoak direnez H₂S eta CH₄ sortzen dira.

- iii) *Aukerako aintzira*: aerobia baino sakonera handiagoa dauka baino anaerobioa baino txikiagoa. Goiko geruza aerobikoa eta beheko geruza anaerobikoa ditu.

Sistema honen abantailak honako hauek dira:

- Merkea eta instalatzeko erraza da.
- Energia gutxi kontsumitzen du.

Eta desabantailak:

- Denbora luzez iraun behar du hondakin-urak materia organikoa degradatzeko.
- Lurra behar bezala iragazgaiztu behar da.

9.3.2- Iragazki-berdeak

Soroetako hondakin-urak aplikatzen zaizkie. Landareak eta lurzoruan dauden mikroorganismoak ura araztu egiten dute. Ur-gainean bizi diren landareak erabiltzen dira (ur-hiazintoak, lezka hostoestuak ...).

9.3.3- Zohikatz-ohantzeak

Zohikatza landare-materia oxigeno falta eta ura soberan dagoenean gertatzen den degradazio biologikoan sortzen den ikatza da. Gainazal handia duen materiala denez disolbatuta dauden sustantziak eta koloideak adsorbitzen ditu. Ohantzeak legarraz osatutako geruza bat dauka, gainean beste hondar-geruza eta bukatzeko zohikarageruza. Hondakin-ura ohantzetik pasatzen da eta behean biltzen da. Hondakin-uraren arazketa lortzeko mekanismo desberdinak konbinatzen dira: iragazketa, zohikatzarekiko adsortzioa eta biodegradagarritasuna (ohantzearen gainean bakterio geruza bat garatzen da).

9.4- Lohien tratamendua

Hondakin-uren araztegiaren erabiltzen den tratamenduaren helburu nagusia ibilgu hartzailera isuri aurretik urari kutsadura kentzea da. Prozesu honetan lohioak deitzen diren azpiproduktuak osatzen dira. Lohietan urari kendutako kutsadura kontzentratu egiten da eta bere tratamenduak eta desagerrarazteak arazoak eman ditzake.

Lohiak batez ere tratamendu primario eta sekundarioan osatzen dira. Dekantagailu primario eta sekundarioen ondotik jasotzen diren jalkitako solidoak, lohia izenarekin ezagutzen den eta usai eta kolore karakteristikoa duen nahaste akuosoak dira.

HUA-n lortutako lohiak honako ezaugarriak dituzte:

- Ur kantitate handia dutenez (%95-99) bolumen handia dute eta honek bere erabilera zailtzen du.
- Materia organiko asko dute eta usteldu egiten da usai txarrak emanez.
- Ingurumen-arazoak sor ditzakete metal astunen edukia altua delako eta lurpeko ura kutsa dezakete.
- Gaixotasunak eragin ditzaketen organismo patogeno asko dituzte.

Lohi hauen tratamenduak hiru fase dauzka eta bere helburua aurretik aipatutako arazoak murriztea da:

- a) Loditzea, hau da, ur edukia murriztea bolumena txikiagoa izan dadin.
- b) Egonkortzea edo materia organikoen digestioa hartzidura eta ustelketa arazoak sahiesteko.
- c) Deshidratazioa, prozesu fisikoak erabiliz ahal den ur gehiena kentzea, lohiak arazorik gabe garraiatu eta erabiltzeko.
- d) Desagerraraztea.

Tratamendu hauek HUA-n lohi-lerroan egiten dira.

9.4.1- Loditzea

Lokatzen hezetasuna minimizatzeko eta bolumena murrizteko kontzentrazio-prozesua da. Loditzea prozesu fisikoen bidez lortzen da: grabitatea, flotazioa, zentrifugazioa eta grabitateko bandairagazkia.

- a) Grabitatearen bidezko loditzea: lohiak dekantazio andelera (dekantagailua) eramaten dira. Upel zilindrikoak erabiltzen dira. Elikatutako lohiaren ura goialdean gelditzen da, solidoak hondora doaz eta errasketa batekin jaso egiten dira. Batzutan dekantazio-andelak lohia poliki irabiatzen duten barra bertikalak ditu, horrela ura errazago ateratzen da eta dentsifikazioa errazten da.

b) Flotazioaren bidezko loditzea: flotagailu batera eramaten da lohia eta azpitik airea sartuz, lohiak flotatu eta gainazalean geratzen dira.

c) Zentrifugazioa: indar zentrifugoen bitartez lohien partikulak jalkitzen dira. Bi zentrifuga mota erabiltzen dira: alkondara-zentrifuga eta saski-zentrifuga. Alkondara-zentrifuga tronkokonikoa da eta horizontalki kokatzen da. Lohia jarraian elikatzen da eta kanpoaldera mugitzen dira solidoak torloju birakari bati esker.

Saski-zentrifuga ez-jarraian egiten du lana. Lohia ardatz bertikal baten inguruan bira egiten duen saski batean sartzen da. Solidoak saskiaren paretan metatzen dira. Saskiaren atxikitze ahalmena lortzen denean biraketa-abiadura jeitsi egiten da eta errasketa baten bidez lohia ateratzen da. Sistema hau lohia oso biguna denean edo solidoak oso finak eta iragazteko zailak direnean erabiltzen da.

d) Grabitatezko bandairagazkia: motor baten bidez mugitzen den banda amaigabea erabiltzen da iragazle bezala. Bandaren poroak lohien solido-tamainuaren arabera dira.

9.4.2- Egonkortzea edo digestioa

Helburua lohiari patogenoak eta usain txarrak kentzea da. Hau lortzeko materia lurrunkorra eta mikroorganismoak kendu egin behar dira. Erabiltzen diren metodoak honako hauek dira:

- a) *Karea gehitzea*: $\text{pH} > 12$ lortzeko karea gehitzen zaio lohiari. Mikroorganismo guztiak hil egiten dira pH honetan. Paleta-nahasgailuan lohia eta karea (CaO), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ edo zementu-hautsa nahasi egiten dira.
- b) *Tratamendu termikoa*: prozesu honetan lohia presiopean dagoen andel batean berotu egiten da ($260\text{ }^\circ\text{C}$ -raino) denbora motzean (30 min). Prozesu honetan ez dira errektibo kimikoak erabiltzen. Lohia presio altuetan berotzen denean solidoak lotuta duen ura galtzen dute eta koagulatu egiten dira. Gainera materia organikoa degradatu egiten da (disolbagarri diren konposatu organiko eta amoniako duten konposatuen hidrolisia ematen da).
- c) *Egonkortze anaerobikoa*: ainerik gabe bakterioak material organikoa degradatu egiten dute produktu aseptiko bat lortuz. Prozesuari digestioa deitzen zaio eta

materia organikoa materia inertearen bihurtzen da gasak askatuz. Andel edo upel itxietan (hartzigailuak) egiten da prozesua.

Egonkortze anaerobikoa abantaila asko dauzka biogasa erregai gisa eta azken-
produktua ongarri bezala erabil daitezkelako. Lohi digerituak duen materia
organikoa eta pH kontrolatuz gasak duen metano edukia kontrola daiteke eta
horrekin gasaren errendimendua (etekina ona izan dela gasen % 65 –70 metanoa
denean esaten da).

Prozesua kontrolatzeko, temperatura, pH eta inhibitzaileez gain beste faktoreak
hartu behar dira kontutan:

- Karga-dentsitatea: erreaktorean sartzen den materia organikoa bolumen
eta denbora unitateko.
- Egoitza denbora:

i) Egoitza-denbora hidraulikoa (HRT): lohiak-urak
digestorean mantentzen den denbora da:

$$\text{HRT} = \frac{\text{digestorearen bolumena}}{\text{efluentearen bolumena.denbora}}$$

ii) Solidoen egoitza-denbora (SRT): biomasa digestorean
mantentzen den denbora da.

d) *Egonkortze aerobikoa*: lohiak duen materia organikoa mikroorganismo
aerobikoen bidez oxidatzen da. Horretarako, lehendabizi lohiak aireztatu egiten
da. Prozesu hau garestia denez instalazio txikitik erabiltzen da.

9.4.3- Deshidratatzea eta lehortzea

Eragiketa hauetan lohiari ura kentzen zaio azkeneko fasera iritsi aurretik.

a) *Lohiak deshidratatzea*: metodo fisikoak erabiliz ur gehiena kentzen zaio produktu
erdisolidoa lortuz. Deshidratatzeko bi bide erabiltzen dira: iragazketa eta zentrifugazioa.

a.1) Iragazketa.

i) *Lehortze-larrainak*: legarraz osatutako euskarri baten gainean hondar-ohantzea jartzen
da eta gainera lohia zabaltzen da. Lohiak ura galtzen du iragazi egiten delako. Lohia
metro bateko geruzatan zabaltzen da eta lehortu ondoren eskuz biltzen da.

ii) *Prentsa-iragazkia*: plaka-iragazleaz osatuta dago eta presioaren bidez bereizten ditu lohien ura eta solidoak. Prozesu ez-jarraia da eta iragazkiak polimerozkoak dira. Lehendabizi plakak lohiez betetzen dira eta presioa ezartzen zaie. Gero plakak bereizi egiten dira eta iragazi den solidoa biltzen da. Bukaeran iragazkiak garbitu egin behar dira.

iii) *Banda-iragazkia*: Lohia bi banda porotsuen artean estutu egiten da presioa mekanikoki aplikatuz. Instalazio hauetan lohi-opilak sortu eta hondakindegira eramaten dira.

iv) *Hutsen bidezko iragazketa*: sektoreak dituen danbor birakaria erabiltzen da. Danborraren zati bat lohian sartuta dago eta sektoreak hiru faseetatik igarotzen dira: lohiarekin kontaktuan dagoen sektorean ponpa baten bidez hutsa aplikatuz lohia atxikutita gelditzen da. Gero, lehortu egiten da hutsaren bidez baino fase honetan sektorea ez dago ia lohiarekin kontaktuan. Bukatzeko ez da hutsa aplikatzen eta lohia-opila erori egiten da. Danborraren sektore guztiak fase hauetatik igarotzen dira bata bestearen ondoren.

a.2) Zentrifugazioaren bidezko deshidratatzea:

Lohiari indar zentrifugoak aplikatuz ura eta solidoa dentsitate desberdina dutenez banatu egiten dira. Erabiltzen den sistema bukaeragabeko torlojua da. Torloju honen gainean sartzen da lohia eta hau biratzen hasten denean indar zentrifugoak solidoak paretaren kontra bidaltzen ditu.

Kontutan hartu beharreko parametroak danborraren dimentsioak, biraketa-abiadura eta lohien kontzentrazioa dira.

b) *Lehortzea*: tenperaturaren bidez lohiri ura kentzen zaio. Lohia 150 °C-ko tenperaturaraino berotu behar da.

Prozesu honetan labeak erabiltzen dira:

- i) Aldiuneko berotze-labeak: lohiak hodi luze batean sartzen dira eta gas bero baten korrontea pasaraziz lehortzen dira.
- ii) Labe birakariak: labea biratzen duen hodi bat da eta inklinazioa dauka. Alde altuenetatik lohiak sartzen dira eta kontrakorrontean aire beroarekin lehortzen dira.

9.4.5- Desagerraraztea

Azken tratamendua: lortutako lohia hondakina konsideratzen bada hondakindegira bidali behar da. Ongarri organiko gisa erabil daiteke edo herri-lanetako betegarri moduan. Tenperatura altuan labe batean erraustu egin daiteke erraustsak, gasa eta energia lortuz.

Azkeneko tratamendua lohia ezaugarrien, garraio-prezioaren, inguruko baldintzaren eta araudiaren arabera da.

- a) *Hondakindegira* eramaten da beste modura aprobetxatu ezin bada. Lohia analizatu behar da arriskutsua edo ez-arriskutsua bezala sailkatzeko. Arriskutsua bada segurtasunezko biltegi batetara eraman behar da. Ez-arriskutsua bada hiri-hondakin solidoetako hondakindegira batetara eramango da. Aukera honek arazoak dauzka: garraio-kostu altua da eta lixibatuen eraginez, lurzorua eta urak kutsatzen dira.

Utzita dauden meategi eta obra-hondakindegiko lursailak bete eta trinkotzeko erabili daitezke.

- b) *Nekazaritzako erabiltzea*: lohia ongarri bezala erabiltzen da. Lohiak materia organikoa dutenez edukin gutxia duten lurzoruetan erabil daitezke eta gainera elikagaiak (N eta P) eta mikroelikagaiak (metalak) dituzte.

Industriako lohiek metal astuna izan dezakete eta baita ere beste konposatu toxikoak eta mikroorganismo patogenoak. Horregatik nekazaritzan erabiltzeko lohiek araudiak eskatzen dituen neurriak bete behar dituzte.

- c) *Erredukzio termikoa*: tenperatura altuetan erre egiten da CO₂, H₂O eta energia lortuz. Gehienezko bolumen-murrizketa ematen du eta patogenoak suntsitu egiten dira. Baina eragiketa-kostuak altuak dira isuriketa kontrolatu behar dira gas-kutsatzaileak ez igortzeko.

Metodo desberdinak erabil daitezke:

- Erraustea edo erreketak osoa: airea soberan erabiltzen da materia organikoaren oxidazio osoa lortzeko CO₂, H₂O eta N₂ lortuz. Kasu batzuetan erregaia gehitu behar da erreketak osoa lortzeko
- Pirolisia edo oxigeno gabeko erreketak: erregai bezala erabil daitezken hiru frakzio lortzen dira. Frakzio gaseosoa (H₂, CH₄, CO₂, CO), giro

temperaturan likidua den frakzioa (olioa eta brea) eta ikatzaz osatutako frakzio solidoa.

- Bide hezeko oxidazioa: aire konprimatuaren bidez presiopean dagoen ontzian lohi likidua tenperatura altuetan erre egiten da. Erreketa ez da osoa eta produktuetan amoniako eta materia organikoa lortzen da.

10- TRATAMENDU TERTZIARIOA

Tratamendu honek, bi helburu dauzka:

- i) Lehenago kendu ez den materia organikoa, materia organiko ez-biodegradagarria eta mantenugaiak kentzea.
- ii) Industrian kutsatzaile espezifikoak kentzeko erabiltzen da eta kasu batzuetan erabili behar den tratamendu bakarra da.

10.1-Mantenugaiak kentzeko prozesu biologikoak

Tratamendu biologikoak mantenugaiak (nitrogeno eta fosforo duten konposatuak) uratik kentzeko ere erabili daitezke.

10.1.1- Nitrogeno duten konposatuen tratamendua

Nitrifikazio-desnitrifikazio prozesua egiten da konposatu organikoetan dagoen nitrogenoa N_2 -n bihurtzeko.

- *Nitrifikazioa*: Nitrosomonas eta Nitrobacter bakterioak oxigenoa erabiliz konposatu organikoko nitrogenoa NO_3^- -n bihurtzen dute.



- *Desnitrifikazioa*: baldintza anoxikoetan gertatzen da eta NO_3^- N_2 -an bihurtzen da.

Bi erreaktoreko sistema erabiltzen da: lehena aerobikoa da eta nitrifikazioa gertatzen da. Bigarren erreaktorea anoxikoa da eta bertan desnitrifikazioa ematen da. Erreaktoreak lohi-aktibatuen sisteman erabiltzen den antzekoak dira.

Gaur egun, materia organikoa eta nitrogeno duten konposatuak batera kentzeko metodoak erabiltzen dira:

- a) Ura lehendabizi errektore anoxiko batean sartzen da desnitrifikazioa gertatzen eta gero errektore aerobio batera eramaten da materia organikoa eta nitrifikazioa lortzeko. Errektore honen irteera-korrontearen zati bat lehenengo errektorerara berzirkulatzen da.
- b) Oxidazio-kanalak duen errektore bat erabil daiteke materia organikoa eta nitrogeno duten konposatuak uretik batera kentzeko. Errektore hauetan airea sartzeko erabiltzen den puntua eta hondakin-uraren sarrera puntua era estrategikoan kokatuz oxigenoa duten eta ez duten guneak lortzen dira.

10.1.2- Fosforoa duten konposatuen tratamendua

Kasu gehienetan burdin eta aluminio-metalak sartzen dira uretan, fosfatoarekin gatz disolbaezinak sortzeko; gero, hauspeatu eta lohian gelditzen dira.

Tratamendu biologikoak ere fosforo duten konposatuak kentzeko erabil daitezke. Acinetobacter bakterioak ingurune anaerobioetan ez dute fosforoa duten konposatuak degradatzen, baino ondoren ingurune aerobioan sartzen badira oso azkar degradatzen dituzte konposatu horiek. Horregatik, materia organikoa, fosforo eta nitrogeno duten konposatuak tratatzeko Bardenpho metodoa erabiltzen da. Errektorea baltsa luzea da eta ingurune desberdinak dauzka (anaerobio, anoxikoa, aerobioa) aipatutako konposatu guztiak kentzeko.

10.2- Ur edo lurrunezko arrastea

Prozesu honi stripping ere deitzen zaio eta konposatu organiko lurrunkorrak eta kutsatzaile gaseosoak kentzeko erabiltzen da.

Aireko arrasteak kutsatzailearen kontzentrazioa uretan baxua denean erabiltzen da. Bestalde, kontzentrazioa altua denean lurrunezko arrastea erabiltzen da eta gainera temperatura altuagotan erabiltzen denez ezabatze-portzentai altuagoak lortzen dira.

Prozesua betegarri-dorretan egiten da hondakin-ura eta aire edo lurrun korronteak kontrakorrontean jarriz. Likido-gas ukipen-azalera handiagoa izateko ura ihintzatu egin daiteke.

Kutsatzailea duen airea edo lurruna gero tratatu egin behar da.

Metodo hau birfindegietan erabiltzen da amoniako eta hidrogeno sulfuroa uretatik kentzeko. Paper-industrian ere erabiltzen da konposatu fenolikoak eta organokloratuak kentzeko.

10.3- Mintz-prozesuak

a) Alderantzizko osmosia

Kontzentrazio desberdineko bi disoluzio mintz edirragazkorraz bitartez banatuta badaude, mintzak disolbatzaileari igarotzen utziko dio baino ez solutuari. Horrela, disolbatzailea diluzio handieneko disoluziotik kontzentrazio handienekora igaroko da bi kontzentrazioak berdindu arte. Prozesu honetan mintzaren gain eragindako presioa handitu egiten da eta presio honi presio osmotikoa deritzo (π).

Alderantzizko osmosian disoluzio kontzentratuari π baino handiagoa den presioa ezartzen zaio eta disolbatzailea fase kontzentratutik diluitura igarotzen da. Horrela urari, batez ere, gatzak kentzen zaizkio.

Zenbat eta presio handiagoa erabili orduan trataturiko ur-bolumena handiagoa da baino baita ere prozesuaren kostua.

Erabiltzen diren mintzak mota desberdinekoak izan daitezke:

- Zelulosa azetatoa

- Poliamida: erresistenteagoak dira eta gehiago irauten dute.

Metodo honek dituen abantailak: energia-kontsumoa baxua da, bakterioak eta birusak bereizten ditu eta desinfektatzaile bezala erabil daiteke, mintzak arazoak sortzen dituzte zikindu egiten direlako.

Alderantzizko osmosiaren bitartez, materia organiko disolbatua eta ioi ez-organikoak ere bereizten dira. Paper-industriaren hondakin-urak tratatzeko erabiltzen da eta balio handia duten metalak berreskuratzen.

b) Mikroiragazpena, ultrairagazpena eta nanoiragazpena.

Prozesu hauek alderantzizko osmosiaren prozesu bera dira, baino tamainu txikiago partikulak bereizten dituzten iragazkiak erabiltzen dira.

- *Mikroiragazpena*: partikula esekiak, olio-emultsioak, koloide handiak, makromolekulak, bakterioak bereizteko erabiltzen da. Gainazal-tratamenduaren industrian erabiltzen da hauspeatutako metalak kentzeko eta garbiketa-industrian partikula esekiak, olio eta koipeak kentzeko eta OBE murrizteko.
- *Ultrairagazpena*: bakterioak, birusak, proteinak, makromolekulak, pisu molekular ertaineko konposatu organikoak bereizteko erabiltzen da. Hondakin-uretatik pigmento eta pinturak berreskuratzeko erabiltzen da.
- *Nanoiragazpena*: pisu molekular baxuko konposatu organikoak, ioiak kentzen dira. Hondakin-uretatik antibiotikoak kentzeko erabiltzen da.

Bereizitako partikulak disoluzio kontzentratuan edo baztertuan geratzen dira. Bestaldean lortzen den fase diluitua iragazia deritzo.

Mintzen tratamenduak (mikroiragazpena, ultrairagazpena, nanoiragazpena eta alderantzizko osmosia) garestiak izaten dira beti, energia asko kontsumitzen dute eta teknologia konplexuak eskatzen dituzte.

c) Elektrodialisia

Ioi asko duen efluente bati potentzial-diferentzia aplikatzen zaio. Katioiak katodorantz eta anioiak anodorantz joaten dira eta beraien artean dialisi-mintz selektiboak sartzen dira. Mintz hauetatik batzuk katioiarekiko selektiboak dira eta besteak anioiarekiko. Horrela, alde batetik ioi-kontzentrazio altua duen ura lortzen da eta bestaldetik ur purua.

Ekipamendua hau da: katioi- zein anioi-trukaketako (katioietarako bakarrik dira iragazkorak, eta anioietarako bakarrik dira iragazkorak, hurrenez hurren) mintzen multzoa; konpartimentu banatan diren bi elektrodoren artean daude txandaka.

Erabiltzen diren mintzak poliestirenozko xafla lauak anionikoak edo kationikoak izaten dira.

Metal astunak kentzeko eta uraren gazitasuna murrizteko erabiltzen da tratamendu hau.

10.4- Ioi-trukaketa

Erretxina deitzen diren substantzia disolbaezinez osatutako perlatxoak erabiltzen dira. Beste disoluzioetako ioiak hartzen dituzte eta trukean beren ioien kantitate berdina

ematen dute, ezaugarri fisikoak aldatu gabe. Trukaketa hori karga elektriko bereko ioien artean gauzatzen da (katioiak katioien truke eta anioiak anioien truke).

Erretxinek egiturazko ioiak hondakin-uretako ioiekin ordezkatzeko dituzte:

- Anioi-erretxinak: anioiak trukatzeko dituzte.

- Katioi-erretxinak: katioiak trukatzeko dituzte.

Prozesu honetan erretxinak andel batean sartzen dira ohantzea eratuz. Hortik araztu behar den ura igarotzen da dagokion ontzian (anionikoa edo kationikoa).

Ioi-trukaketan gertatzen diren erreakzioak hurrengoak dira:

Azidotzea: katioiak H^+ taldeengatik aldatzea.

Adibidez: $H-RN + NaCl \rightarrow Na-R + HCl$

Desazidotzea: anioiak OH^- taldeengatik aldatzea.

Adibidez: $R-OH + HCl \rightarrow R-Cl + H_2O$

Erretxinak dituen ioi guztiak uretako ioiengatik ordezkatu dituztenean erretxinak agortu egiten dira trukaketa-potentzial guztia garatu bait dute. Orduan, leheneratu egin behar dira, eta horretarako disoluzio espezifikoan garbitu egiten dira.

10.5- Ikatz aktiboko iragazkiak

Iragazki hauetatik ura igarotzen da eta ikatz aktiboak gainazalean atxikitzen ditu kutsatzaileak mekanismo fisiko edo kimikoen bitartez.

Industria farmazeutikoan hondakin-urak tratatzeko erabiltzen da eta paper-industrian klorofenolak eta ligninak kentzeko. Ikatz aktiboak materia organikoa eta metala, sulfuroak... atxikitzen ditu.

Prozedura etena edo jarraitua izan daiteke:

- i) Prozedura etena: adsorbatze-zutabeen goitik ikatz-aktiboa hauts mehe gisa sartzen da hondakin-ura aurka duela. Ikatz-aktiboa adsorbitu dituen

kutsatzaileekin jalkitzen uzten da eta ura iragazten da gehiegizko ikatza kentzeko.

Prozedura honetan ikatz aktiboa ez da berriz erabiltzen eta bota egiten da.

- ii) Prozedura jarraitua: ohantze finkoko edo ohantze higikorreko zutabeak erabiltzen dira.
- Ohantze finkoko zutabea: ur-fluxua beheranzkoa da.
 - Ohantze higikorreko zutabea: ikatz-aktiboa urarekin duen kontaktua hobetu egiten da ura behetik sartzerakoan ohantzea hedatzen delako.

Ikatz aktiboa asetu egiten da eta leheneratu behar da tenperatura altuko labe batean sartuz. Prozedura ez gelditzeko zutabe iragazle bat baino gehiago erabiltzen da, horrela zutabe bat leheneratzen ari denean erreserbako zutabea erabiltzen da.

10.6- Oxidazio prozesuak

Materia organikoa (fenolak, aminak, organohalogenatuak,...), oxidatzen den materia organikoa (zianuroak, sulfuroak) eta mikroorganismo patogenoak kentzeko erabiltzen da.

Erabiltzen diren oxidazio-prozesu nagusiak hurrengoak dira:

- *Oxidazio-prozesu arruntak*: oxidatzaile bezala ozono (O_3), hidrogeno peroxidoa (H_2O_2), potasio permanganatoa ($KMnO_4$), sodio hipokloritoa ($NaClO$), kloro (Cl_2) eta oxigeno (O_2) erabiltzen dira.

- *Oxidazio-prozesu aurreratuak*: oxidatzaileen konbinaketa erabiltzen da (O_3+UV argia, $O_3+H_2O_2$, H_2O_2+UV argia). Kasu haueta oxidatzaileen konbinaketak oxidatzaile bortizak diren OH^\cdot erradikalak sortuz.

- *Tenperatura eta presio altuko prozesuak*: aire hezea erabiliz.

- Eguzkiaren bidezko detoxifikazioa: UV argia katalisatzaileekin, titanio dioxidoa (TiO_2).

10.7- Hauspeatze kimikoa

Erreakzio kimikoak erabiltzen dira solubilitate oso txikia duten konposatuak lortzeko. Kutsatzailea hauspeatuz gero jalkitze edo iragazketaren bidez kendu egin daiteke.

Disoluzioko metalak kentzeko erabiltzen da (kolorea eragiten duten konposatu disolbagarriak kentzeko). Gainera, uretako fluorra ken daiteke karea gehituz eta disolbagaitzak diren gatz kaltzikoak lortuz.

11- INDUSTRIAKO URAREN KALITATEA

Industrian erabiltzen den ura hurrengo erabilerak ditu:

- i) Energia-ekoizpena edo galderetako ura
- ii) Bero-transferentzia edo hozte-ura
- iii) Prozesuetarako ura:
 - Lehengaia (farmazia industrian,...)
 - Erreakzio ingurunea industria kimikoan
 - Produktuen garbiketa (gainazal-tratamenduaren industria)
 - Gasen garbiketa

Lehenengo bi erabilerak gehienengo industrian erabiltzen dira. Urari aplikatu behar zaion tratamendua behar den kalitateari araberakoa izango da.

11.1- Galderako eta hozte ura

Erabilera hauetan zarakarrak sortzea, materiale metalikoen korrosioa, bakterio, onddo eta algak haztea eta lohia metatzea galarazi behar da.

Zarakarrak hauspeatu eta gainazal metaliko eta hodiedan metatzen diren sustantzia solidoak dira. Bere iturria era askotakoak izan daiteke:

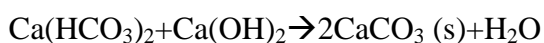
- Ur gogorra: karbonatoak, sulfatoak..
- Silizioak: silikatoak sortzen ditu.
- Burdina eta kobrea: metalen korrosioan sortzen dira eta hidroxido disolbaezinak ematen dituzte.

Erabili daitezken tratamenduak:

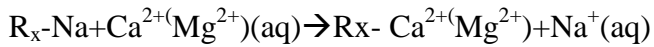
a) Biguntzea: gogortasuna txikiagoa izateko

Bapore-galdaretan eta hozte-sistemetan erabiltzen den urari aplikatu behar zaio tratamendu hau.

Karea-sosa metodoa: urari karea gehitzen zaio eta $\text{pH} > 10$ izango da hidrogenokarbonato disolbagarriak karbonato disolbagaitzetan bihurtuz.



loi-trukatze erretxinak: ur gogorra Na^+ katioiak dituen erretxina batetik zehar pasarazten da. Ca^{2+} eta Mg^{2+} erretxinaren Na^+ -ekin trukutzen dira erretxinara atxikituta geldituz. Gertatzen den prozesua honako hau da.



Erretxina silize-gel eta polimero organiko batez osatzen da. Polimeroak katioiak trukutzen dituzten taldeak dauzka (adibidez: azido karboxilikoak).

Kelatzaileak ere erabil daitezke. Ca^{2+} eta Mg^{2+} katioiak bahitzen dituzte, horrela ez dira hauspeatzen karbonato bezala eta ez dute erreakzionatzen detergenteekin.

b) Desmineralizazioa: soberan dauden gatzak kentzeko.

Aurretratamendu bat eginez lortzen da (koagulazio-malutapena, jalkitzea eta iragazketa).

c) Korrosioaren kontrola

Metalen korrosioa eragiten duten faktoreak hurrengoak dira:

- Gas azidoen edukina (CO_2 , H_2S): korrosioa azeleratzen dute.
- pH baxua
- Konduktibitate altua.
- Partikula esekiak: erosioa handitzen dute.
- Mikroorganismoak haztea.
- Uraren tenperatura altua

Urak eragiten duen korrosioa kontrolatzeko hurrengo neurriak erabili daitezke:

- Gas azidoak hutsaren edo aireztapenaren bidez kentzea.
- Uraren gogortasuna kontrolatzea: karea edo sosa gehituz.
- pH kontrolatzea: karea gehituz pH baxua ez izateko.
- Tenperatura oso altuak ez erabiltzea.
- Korrosioa inhibitzen duten konposatuak erabiltzea: silikatoak eta kaltzio ortofosfatoak erabiltzen dira (metala babesten dituzten geruzak sortzen dituzte). Gatz disolbaezinen hauspeatzea galarazten dituzten polifosfatoak ere erabili daitezke

d) Kontrol mikrobiologikoa

Hozte-prozesuetan erabiltzen den uraren baldintzak mikroorganismoen hazkunde errazten dute. Bakterio, onddo eta algen koloniak sortzen dira korrosio arazoak sortuz.

Bakterioen garapena zailtzeko biozidak erabiltzen dira, batez ere ozonoa, kloroa eta bere deribatuak.

11.2- Ura-desinfektatzea

Desinfekzioan uretako bakterioek eta birus patogenoek kendu egiten dira osasun-arazorik eragin ez dezaten. Hainbat prozesu erabiltzen dira: klorazioa eta ozonizazioa.

Desinfektatzaileak organismo patogenoak denbora laburrean inaktibatu egin behar ditu. Dosi baxuak erabili behar dira, eta ez da azpiproduktu kaltegarriak sortu behar.

Bi motatako eragile desinfektatzaileak daude:

i) Desinfektatzaile kimikoak: kloroa (eta bere konposatuak) eta ozonoa

ii) Desinfektatzaile fisikoak: izpi ultramoreak

a) Kloratzea

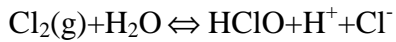
Kloroa (Cl_2) gehien erabiltzen den desinfektatzailea da erginkorra eta praktikoa delako. Zelulen metabolismoko funtsezko entzimak inhibitzen ditu zelulen osagaiak suntsituz. Desinfektatzaile iraunkorra da banaketa-sisteman hondakin bat gelditzen delako. Usain eta zapora txarrak ematen dituzten konposatuak suntsitzen ditu, eta burdina manganeso eta H_2S oxidatzen ditu. Bere desabantaila nagusia materia organikoekin erreakzionatzen duela toxikoak diren konposatu kloratuak sortuz.

Kloroaren eraginkortasuna honako faktoreen menpean dago:

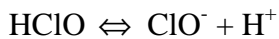
- Dosia: patogenoak aktibatzeke adina izan behar du.
- Kontaktu-denbora: patogenoak desaktibatzeke kloroa kontaktuan egon behar du denbora batez.
- Uhertasuna: kloroa patogenoarekin kontaktuan jartzea oztopatu egiten du.
- Beste sustantzia erreaktiboak: kloroarekin erreakzionatu dezakete desinfektatzeke erabilgarri dagoen kloro-kontzentrazioa jeitsiz.
- pH: kloroa $\text{pH} < 7,5$ denean eraginkortasun maximoa dauka.
- Uraren tenperatura: igotzen denean desinfektatze-abiadura handiagoa da baino kloroa ezengonkorragoa da.

Desinfektatzailea Cl₂ (gas) edo sodio hipoklorittoa (NaClO) izan daiteke.

Cl₂-k uretan hurrengo erreakzioa ematen du:



Gero, azido hipoklorosoa ionizatu egiten da:



Kloroa eta bere konposatuak materia organikoarekin erreakzionatzen dute toxikoak diren kloraminak osatuz.

Kloratzea eraginkorra izateko soberan gehitu behar da:

Kloro dosia=kloro-eskaera+hondakin kloro askeaa

Kloro-eskaera: uretan dauden eta oxidatu edo kloratu daitezken substantzia guztiak behar duten kloro kantitatea.

Hondakin-kloro askea (HKA): uretan diren hipokloritooaren eta azido hipoklorosooaren kontzentrazioen batura.

$$\text{HKA} = [\text{ClO}^-] + [\text{HClO}]$$

b) Ozonizazioa

Ozonoa (O₃) oso gas ezegonkorra denez erabiliko den tokian bertan sortu behar da, eta kloroa baino garestiagoa da.

Oso oxidatzaile indartsua da, eta konposatu organikoak sunsitzeko erabil daiteke uraren zapora eta usaina hobetuz. Ez du hondakin-desinfekziorik uzten; horregatik, urak tratatu eta gero kutsadura geratzen da. Hau gerta ez dadin, kloroaren jakineko kantitate bat gehitu behar da.

c) Erradiazio ultramorea

Izpi ultramoreek azido nukleikoak erasotzen dituzte, eta bakterioak hiltzen. Metodo honek ez ditu hondakinak uzten, gainera ez dira produktu kimikoak gehitzen eta ez ditu

zapora eta usain arraroak uzten. Sistema honen desabantaila oso garestia dela eta uretan sartzeko gaitasun txikia dutela. Gainera, ez da erabilgarria emari handietarako.

Uretan UV lanparak sartuz egiten da tratamendua.

12- UR EDANGARRIEN TRATAMENDUA.

Jatorrizko uraren kalitatearen arabera hurrengo etapak jarraitzen dira:

- a) Arbastatzea: burdinsareak erabiliz solidoak kentzen dira.
- b) Aireztapena: eragiketa honen helburuak hurrengoak dira:
 - Zapora eta usain txarrak sortzen dituen H_2S kentzea.
 - CO_2 gutxitzea ura korrosiboa ez izateko.
 - O_2 -ren kontzentrazioa altuagoa izan dadin zapora hobetuz.
 - Burdina eta manganeso dituzten urak kolorea dute (burdinak gorria eta manganeso beltza) eta honek materialak zikindu ditzake. Gainera ur hauek zapora metalikoa dute. Aireztapenak burdin eta manganesoa hauspeatzea eragiten du.

Mekanikoki airea sartuz (aireztapena) egiten da.

- c) Koagulazio-malutapena: materia koloidalak kentzeko.
- d) Jalkitze eta iragazketa: koloideak eta partikula esekiak kentzen dira.
- e) Desinfekzioa: mikroorganismo patogenoak kontrolatzeko.
- f) Lohien tratamendua

Hautazko tratamenduak:

- g) Gezatzea: disolbatutako gatzak kentzeko (mintz-prozesuak edo ioi-trukaketa erabili daiteke).
- h) Biguntzea: uraren gogortasuna murrizteko.
- i) Adsortzioa: ikatz aktiboa erabiliz materia organiko kentzeko.
- j) Korrosioaren prebentzioa.