

MATERIAL DIDÀCTIC ENTORN EL VIDEOJOC SÈRIÓS DE L'AIGUA

Autoria: Lluís Corominas (ICRA), Xavier Garcia-Acosta (ICRA), Ariadna Martínez (BCASA), Maria José Chesa (BCASA), Mar Satorras (IERMB), Elena Domene (IERMB), Xabi Goenaga (GILAB), Antonio Rodriguez (GILAB), Imma Boada (GILAB)

Versió: número 1 (3 Juny 2022)



Aquest document és una referència pels dinamitzadors de l'activitat d'aprenentatge del cicle urbà de l'aigua, que té per motor principal un videojoc seriós. Primer es descriu l'activitat, les formes de jugar i finalment s'ofereix una explicació detallada dels fonaments teòrics darrera del videojoc en forma de càpsules.

1. DESCRIPCIÓ DE L'ACTIVITAT

El grup GILAB de la Universitat de Girona i l'Institut Català de Recerca (ICRA) han desenvolupat una plataforma web amb material didàctic per transmetre coneixements científics del cicle urbà de l'aigua a la societat. El punt central n'és un videojoc seriós. Els videojocs seriosos ofereixen un gran potencial per entendre problemes complexos. Els jocs seriosos poden implicar simulacions d'esdeveniments i de processos del món real i tenen com a objectiu desafiar els jugadors a resoldre els problemes de la societat actual; per tant, tenen una finalitat més enllà de l'entreteniment.

L'objectiu de l'activitat és transmetre coneixements entorn del cicle urbà de l'aigua; es pretén que els infants aprenguin com es contamina l'aigua a les nostres llars (generant les aigües residuals), com es recull i es transporta aquesta contaminació cap a fora de les nostres llars, com es netegen les aigües residuals i a on van a parar les aigües ja tractades. Es pretén conscienciar sobre bones pràctiques a les llars per contaminar el menys possible, i de les implicacions que pot tenir la contaminació de l'aigua pel medi ambient (rius i mars).

El joc de l'aigua està format per un conjunt de minijocs que permeten al jugador passar per diferents etapes del cicle de l'aigua en ciutats (llars, col·lectors, depuradora, riu). A cada etapa es plantegen diferents reptes al jugador que ajuden a adquirir coneixements. Les connexions entre els minijocs permeten veure les interconnexions entre diferents elements del cicle de l'aigua i establir el vincle entre activitats en ciutats que generen canvis en la qualitat de l'aigua i els seus efectes sobre el medi ambient (riu). El joc integra la figura d'un investigador que guien els infants i transmeten coneixement. El joc és gratuït i multiplataforma, i per tant es pot utilitzar en ordinadors, tauletes i mòbils. Està dissenyat per alumnes de 5è i 6è de primària.

En la pantalla inicial del videojoc l'infant té una visió general del cicle urbà de l'aigua (remarcar que faltaria la potabilitzadora); en la part superior hi ha un menú en vermell. En aquest menú s'hi pot observar el sistema de puntuació que té 2 elements principals: i) a l'esquerra tenim la qualitat de l'aigua (el 99% és el punt de partida, i s'associa a aigua neta, i aquesta qualitat disminuirà en el mini-joc 1, i anirà augmentant paulativament en els mini-jocs 3 a 6); ii) a la dreta tenim diners, una moneda anomenada Reciclos; les diferents accions de transport de les aigües residuals i de neteja tenen costos associats; la millora de la qualitat de l'aigua requereix de diners. En aquest mateix menú hi ha un triangle apuntant cap avall que desplega un menú de configuració que permet canviar l'idioma, ajustar el volum de la música i els efectes, i el més important definir el nivell de dificultat. El mode "Explicació" és el recomanat per fer sessions d'aprenentatge amb infants de 5è i 6è

de primària. Un cop els coneixements s'han assolit, els infants poden tornar a jugar amb dificultats incrementals.



El joc va acompanyat d'unes càpsules informatives que es poden consultar en tot moment tot apretant a l'icona d'un llibre.



Per altra banda, es genera un registre de puntuacions entre els diferents infants que juguen, que es pot consultar en l'icona del trofeu.



El punt de partida és el minijoc a l'ICRA, on hi ha un primer mini-joc d'aprenentatge dels contaminants, associat a les accions a les llars que els generen. En aquest primer mini-joc s'aconsegueixen diners (moneda anomenada Reciclos). No es pot jugar a la resta de jocs si l'infant no ha aconseguit diners. En el mini-joc 1 l'infant aprendrà com les diferents accions cotidianes a les llars contribueixen a contaminar l'aigua. En el mini-joc 2 aprendrà com les aigües residuals es transporten i quins problemes poden

estar associats a aquest transport. En els mini-joc 3,4 i 5 aprendrà com es neteja l'aigua a les estacions depuradores d'aigües residuals, i en el mini-joc 6 aprendrà que el destí final d'aquestes aigües tractades son els rius (i en últim lloc els mars), i que els rius poden contribuir a eliminar restes de contaminació si es fan actuacions adequades.

El professor que ens guia en l'aprenentatge a través del videojoc es diu Gustaf Olsson. És un professor jubilat per la Universitat de Lund (Suècia), que és molt actiu en transferir els seus coneixements cap a la societat; és un referent en la recerca relacionada amb el tractament de les aigües residuals.



2. FORMES DE JUGAR AL VIDEOJOC SERIÓS

Per tal de jugar cal tenir un usuari i una contrasenya.

SESSIÓ COMPLETA EDUCATIVA. Adreçada a activitats per escoles. Per tal de fer la sessió completa (càpsules, enquesta prèvia, videojoc, enquesta posterior) cal que un administrador (en aquest cas l'ICRA) munti una sessió determinada per l'escola, generant usuaris i contrasenyes per cada alumn@. Llavors cada alumn@ ha de prémer el botó "Log-in" i entrar l'usuari i la contrasenya que se li hagi assignat.

SESSIÓ DE LLEURE. Adreçada al públic en general. És possible jugar al videojoc però cal registrar-se. En aquest cas, és molt senzill, cal prémer el botó "Sign-up" i qualsevol persona es pot registrar, definir un usuari i contrasenya i utilitzar-los en la pantalla de benvinguda després de de prémer el botó de Jugar.

3. GUIÓ RESUMIT DE L'ACTIVITAT

Títol: Coneix la ciència del cicle urbà de l'aigua jugant!

Presentació: El grup GILAB de la UdG conjuntament amb ICRA han desenvolupat un videojoc seriós sobre el cicle urbà de l'aigua per transmetre coneixements científics a la societat.

Objectius: Aprendre els elements cicle urbà de l'aigua; conèixer els principals contaminants de l'aigua, com es generen a les llars i com es transporten i transformen al llarg del cicle urbà de l'aigua.

Públic a qui va dirigit: 5è i 6è de primària

Participació: Individual

Durada: 1,5h

Dinàmica:

1. Presentació de l'activitat 2. Assignació d'usuaris i contrassenyes, i altres qüestions tècniques. 2. Enquesta prèvia - Qüestionari web: característiques personals i preguntes prèvies sobre el cicle de l'aigua). 3. Jugar al joc seriós, 4. Enquesta posterior - Qüestionari web (preguntes sobre el cicle de l'aigua després del joc). 4. Puntuacions i classificació. 5. Conclusions

Material necessari: Tauletes o ordinador (una per alumne/a)

Resum de recursos: La web inclou els següents recursos didàctics: 1) càpsules informatives per docents; 2) càpsules informatives pels infants; 3) videojoc; 4) enquestes prèvies i posteriors que permeten avaluar l'aprenentatge.

4. CAPSULES.

CAPSULA 1. Els romans varen inventar les clavegueres i els vàters (a part dels aqüeductes, és clar).

Entre les grans invencions dels Romans (500 anys abans de crist) tenim els aqüeductes que es van construir per transportar aigua neta cap a les grans ciutats i també la construcció de les clavegueres per evacuar les aigües brutes (aigües residuals) generades a les llars i carrers cap als afores de les ciutats. També van inventar els vàters, que en aquell moment eren públics (compartits) i facilitaven l'evacuació de la femta i l'orina. Encara avui es conserven en funcionament algunes de les clavegueres construïdes llavors, com per exemple la *Cloaca Maxima*, una galeria de sis-cents metres de llargada i quatre de llum. Després dels romans no es van tornar a construir clavegueres fins el segle XII a petita escala. El concepte de les clavegueres tal i com el coneixem avui en dia no es va imposar a les grans ciutats fins el segle XIX.



Foto d'un aqüeducte.



Esquerra: Foto de cloaca maxima de Roma. Credits foto: Elisabetta Bianchi and Luca Antognoli; Dreta: foto de col·lector Romà de Barcelona (barri gòtic) (font: BCASA)



Foto de les antigues letrines (vàters) de Roma.

Vinyeta per infants:

- Els romans, que eren molt espavilats, van ser els primers a tenir clavegueres a les seves ciutats
- També van inventar els vàters, que no estaven a les cases, sinó a llocs públics i eren compartits

CAPSULA 2. Els diferents usos d'aigua que es fan a les llars en canvien la seva composició química i microbiològica (la contaminen).

És habitual en els països de renda mitja-alta disposar d'aixetes a les llars. L'aigua que en brolla és aigua potable, aigua que prové de rius i embassaments i que ha passat per un procés de neteja (potabilització en llenguatge tècnic) abans d'arribar a les nostres llars perquè no ens pugui fer mal. En utilitzar l'aigua a les nostres llars, l'anem contaminant de mica en mica ja que li canviem la seva composició química i microbiològica, generant les aigües residuals. Aquestes són una barreja de les aigües negres i les aigües grises. Les aigües negres estan relacionades amb el vàter i contenen orina i femta. Les aigües grises son les relacionades amb la neteja d'objectes (roba, plats) i persones (dutxa, pica del lavabo). Per exemple, l'orina conté nitrogen i fòsfor que son compostos químics que si arriben al riu o al mar amb elevades concentracions poden promoure el creixement d'algues que perjudiquen la salut els organismes que hi viuen (per exemple els peixos). Els sabons que utilitzem contenen surfactants que poden ser tòxics pels organismes. Els medicaments que ens prenem quan estem malalts també poden tenir efectes nocius pels organismes que viuen als rius i als mars. Les restes de menjar i beguda contenen matèria orgànica (molècules de carboni), que si arriba als rius i als mars en elevades concentracions

poden perjudicar la salut dels organismes; en aquest cas, la presència de matèria orgànica està relacionada amb la disminució de la concentració d'oxigen en l'aigua que és tan necessari pels peixos. Per altra banda, la femta conté molts bacteris i virus, molts dels quals poden ser patògens. Si aquests patògens arriben als rius i als mars poden afectar els organismes que hi viuen de forma negativa i fins i tot a les persones que hi realitzen activitats lúdiques. Cal dir que els patògens no els veureu en el videojoc seriós; els bacteris que veureu al mini-joc de l'estació depuradora d'aigües residuals són "bons", doncs tenen un rol clau per eliminar la contaminació de les aigües.

A continuació es presenta una Taula que relaciona les accions a les llars que impliquen l'ús de l'aigua amb els contaminants potencials que generen.

Acció	Contaminant potencial
Fer caca	carboni
Fer caca (persona malalta que ha consumit un medicament)	carboni + ibuprofè
Fer pipi	Amoni
Desmaquillar-se	PCP
Dutxar-se	Carboni + Surfactant
Dutxar-se després d'haver-se posat cremes	Carboni + Surfactant + Crema solar + PCP
Llençar oli per la pica	Oli
Rentar-se les dents	Carboni + Surfactant
Rentar-se les mans després d'haver-se post cremes	Carboni + Surfactant + PCP
Rentar plats	Carboni + Surfactant
Rentar plats amb restes d'oli	Carboni + Surfactant + Oli
Rentar roba amb detergent o suavitzant	Carboni + Surfactant
Llençar tovallolletes al vàter	Tovallolletes
Llençar tovallolletes al vàter amb restes de caca	Tovallolletes + Carboni

A continuació es presenten imatges d'accions a les llars que poden embrutar (contaminar) les aigües.



Vinyeta per nens:

- Quan usem l'aigua a les nostres cases, per exemple, per tirar de la cadena, o rentar la roba, malauradament la contaminem.
- Com contaminem l'aigua depèn de l'ús que en fem, és a dir, cada ús contamina de manera diferent.

Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc introductori, el de l'ICRA):

L'objectiu és conèixer les accions a les llars que impliquen l'ús d'aigua i per cada acció entendre els elements contaminants implicats (carboni, surfactants, amoni, PCP, Oli, tovalloletes, fàrmac com l'ibuprofè o un antibiòtic). Aquest mini-joc permet aconseguir diners; el fet de relacionar correctament les accions amb els elements permet aconseguir diners. Aquests diners s'utilitzaran posteriorment en els altres mini-jocs. Si el jugador es gasta tots els diners haurà de tornar a aquest mini-joc per aconseguir-ne més.

CAPSULA 3. Cal evitar llençar tovalloletes pel vàter i olis per la pica

A les llars entra aigua potabilitzada (apta pel consum). No obstant les activitats a les llars que impliquen l'ús d'aigua la contaminen (càpsula 2). A les llars tenim elements que permeten l'evacuació de les aigües residuals; tenim per una banda les piques de la cuina i dels lavabos i per l'altra tenim els vàters per evacuar l'orina i la femta (que van inventar els romans, càpsula 1). Cada llar connecta les piques, els lavabos i també les rentadores i rentavaixelles a un tub de sortida (canonada) que desguassa les aigües contaminades. Aquestes canonades (tècnicament anomenades claveguerons) tenen la funció d'evacuar l'orina, la femta, l'aigua de les piques i de les rentadores, etc. Encara que puguin contenir elements químics i microbiològics que canvien les propietats de l'aigua (la contaminen) els claveguerons estan pensats precisament per evacuar aquestes aigües residuals i transportar-les mitjançant conductes de diàmetre més gran (col·lectors) i netejar-les a les estacions depuradores d'aigües residuals abans de retornar l'aigua tractada als rius i als mars (o de ser reutilitzada). No obstant, hi ha accions a les llars que no estan permeses. Per exemple, no s'haurien de llençar tovalloletes al vàter, ni tampoc compreses, ni bastonets de les orelles ni bolquers ni cap objecte sòlid (el que es coneixen com objectes impropis del clavegueram). Tampoc no es pot llençar l'oli usat de cuinar per la pica de la cuina. Totes aquestes accions provoquen grans obturacions en el tub de transport de les aigües residuals. Arriben a formar unes masses sòlides anomenades "fatberg" molt difícils i costosos d'eliminar.



Imatge d'una tovallola humida que es llença al vàter (acció no desitjable)
Font: Istock



Imatge de l'abocament d'oli usat de cuina a la pica (acció no desitjable). Font:
<https://blogdelagua.com/tematica/medio-ambiente/un-litro-de-aceite-contamina-el-agua-que-una-persona-usa-durante-un-ano/>



Imatge d'una obturació d'un col·lector causada per olis, greixos, tovallolletes i impropis (fatberg). Font: <https://desatascozaragoza.com/por-que-los-fatberg-atascan-las-tuberias/>



Image d'impropis (majoritàriament tovallolletes humides) extrets d'un col·lector i que poden causar grans obturacions. Font: Diario Público

Vinyeta per nens:

- Quan usem l'aigua a les cases la contaminem amb químics i microbis que són dolents pel medi ambient
- No obstant això, podem ajudar a no contaminar tant fent accions molt simples com no tirar tovallolletes humides pel vàter, ni l'oli usat de cuinar per la pica

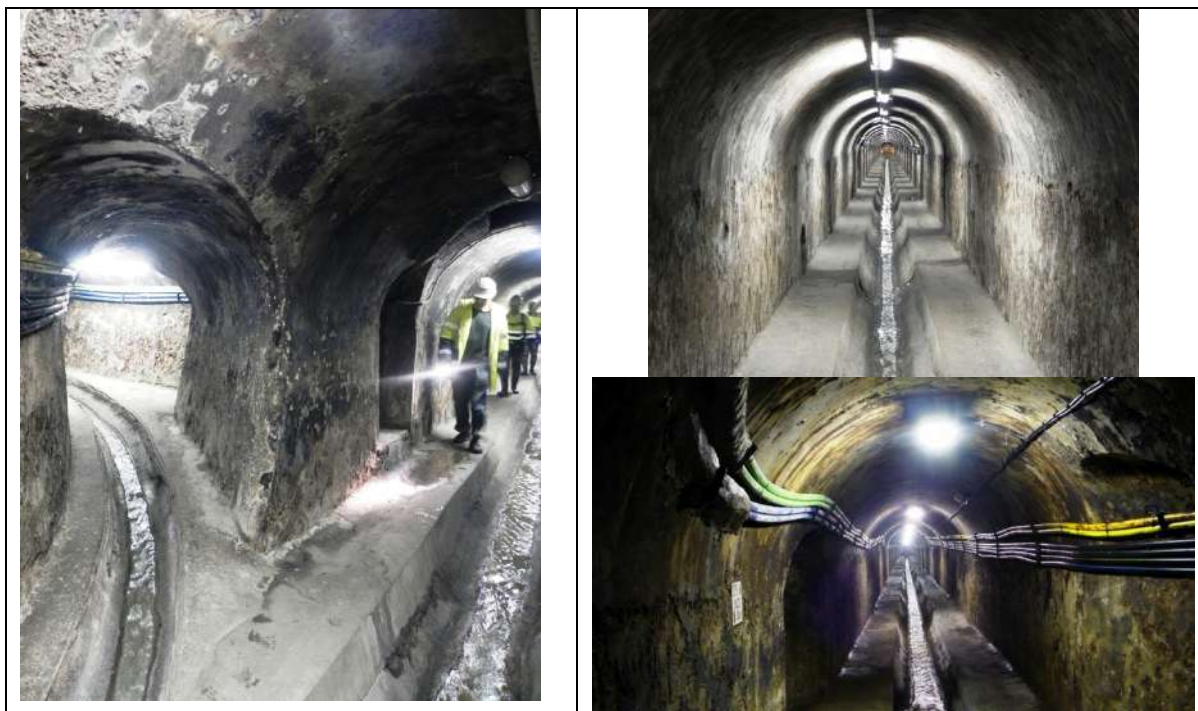
Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc 1, el de la llar):

L'objectiu és entendre que les activitats a les llars que impliquen l'ús d'aigua la contaminen. La puresa inevitablement baixarà del 99%. Hi ha contaminació que no podem evitar. Tot i això, si recicles l'oli, separen els medicaments i tires les tovallolletes a la paperera contaminaràs menys l'aigua (contaminació evitada) (no arribaràs al 0% i la puresa es mantindrà sempre més propera al 99%). Si l'acció es queda a la cinta, hi haurà una penalització econòmica (vol dir que et saltes el cicle urbà de l'aigua i hi

haurà una incidència directa al medi ambient). Si t'equivoques en situar 6 accions no passes el joc.

CAPSULA 4. Els claveguerons, la xarxa de col·lectors

Els claveguerons son conductes subterrànies que connecten els baixants particulars de cada edifici. Els claveguerons connecten després amb la xarxa de col·lectors, que son ja conductes de diàmetres més grans que els claveguerons i que transporten les aigües residuals cap a les depuradores. En molts casos, els claveguerons i els col·lectors també recullen i transporten l'aigua de pluja que cau en pobles i ciutats. La funció dels claveguerons i la xarxa de col·lectors és transportar les aigües residuals (i l'aigua de pluja en el cas de xarxes unitàries; en les xarxes separatives les aigües de pluja van per conductes separats de les aigües residuals) a les depuradores abans de retornar als rius i als mars. En la majoria de casos es construeixen seguint la pendent dels carrers i per tant l'aigua hi circula per gravetat. En l'actualitat se solen construir de ciment i de plàstic. Els claveguerons i col·lectors poden patir esquerdes per moviments de terres o per problemes de corrosió que els malmeten. Per altra banda, tots els elements no permesos que sovint es llencen pel vàter o per la pica de la cuina (veure càpsula 3) causen obturacions. Arriben a formar unes masses sòlides anomenades "fatberg" molt difícils d'eliminar. L'escorrentia de l'aigua de pluja pels carrers arrossega residus sòlids que acaben entrant als col·lectors a través dels embornals dels carrers (per exemple ampolles de plàstic o burilles de cigarretes). Si s'obturen els conductes, l'aigua no pot circular correctament i poc arribar a vessar en els carrers de les ciutats per les tapes i en les rieres i platges pels sobreixidors dels col·lectors, fet que provoca molt males olors i pot provocar problemes de salut pels patògens de la femta. Així doncs, els claveguerons i els col·lectors s'han de netejar de forma regular per minimitzar els efectes de les obturacions. Per tal de minimitzar els costos d'aquesta neteja és important solucionar el problema en origen, és a dir, no llençar els impropis (tovallolletes, compreses, bastonets, etc.) pel vàter i l'oli usat per les piques.



Imatge del clavegueram de Barcelona (font: BCASA)

Vinyeta per nens:

- Els claveguerons recullen totes les aigües contaminades (residuals) que generem a les nostres cases, i les porten a tractar a les depuradores, abans de retornar als rius
- Amb el temps aquests claveguerons es fan malbé, i cal fer-hi reparacions per no tenir fugues que contaminin el medi ambient.
- Com que no tothom fa el correcte, aquests claveguerons es tapen amb coses que hi llancem, cal també treure aquests taps per evitar problemes

Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc 2, el dels col·lectors):

El jugador ha d'aconseguir tapar les esquerdes de les parets dels col·lectors utilitzant la paleta i la pasta. La utilització de la paleta implica gastar diners. Per tant es tracta de tapar les esquerdes utilitzant el mínim de càrregues de la paleta. Per altra banda, quan les tovallletes i els olis provoquen obturacions, el jugador ha d'utilitzar la manguera per desfer-les. Com més aigua s'utilitza més diners es gasten. Assumim en aquest videojoc que la contaminació de l'aigua no varia durant el transport.

CAPSULA 5. La depuradora: les reixes

Al final de la xarxa de col·lectors trobem la depuradora. La depuradora té la funció d'eliminar la contaminació de les aigües residuals, i retornar l'aigua neta als rius, al mar, o ser reutilitzada. La depuradora té diferents etapes seqüencials, necessàries

per eliminar els contaminants de forma progressiva. La primera etapa és el pretractament i consisteix en fer passar l'aigua residual que porten els col·lectors per una sèrie reixes i tamisos de llum de pas cada vegada més fi, per tal d'atrapar els residus sòlids grans (com les ampolles de plàstic, pedres, branques, llaunes, etc.). Les reixes son normalment mecàniques i consumeixen energia per funcionar. Tanmateix, els residus que s'atrapen van a un contenidor i d'aquest a un abocador; cal pagar una taxa per tona de residu que es porta a un abocador.

Vinyeta per nens:

- A les depuradores hi arriba de tot! (ampolles de plàstic, pedres, branques, llaunes, tovallolletes, etc.).
- Allò que podríem treure amb les nostres mans, les depuradores ho treuen de manera automàtica amb unes reixes mecàniques.

Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc 3, el de les reixes de la depuradora):

El jugador ha de capturar els residus sòlids mitjançant les reixes utilitzant el mínim consum energètic possible. La gestió dels residus en un abocador implica també el pagament d'una taxa. Tot i així, com més residus atrapem, més millorarà la puresa de l'aigua. Assumim que en aquesta etapa es pot millorar un 10% de la puresa de l'aigua residual com a màxim.



Imatge d'unes Reixes a l'entrada de la depuradora.

CAPSULA 6. La depuradora: el dessorrador i desgreixador

El dessorrador i desgreixador consisteix en un tanc allargat on les aigües residuals s'hi estan entre 1 i 2 hores. S'injecta aire per la part inferior que permet dues coses. Primer, permet arrossegar els olis i greixos cap a la superfície. A la superfície hi ha una pala que permet recollir i treure del tanc els olis i greixos. L'aire permet també reduir la densitat de l'aigua, de manera que ajuda a que les sorres decantin al fons del tanc. Al fons hi ha una pala que permet també recollir les sorres i eliminar-les.

Vinyeta per nens:

- Ja hem tret allò més gros, ara toca treure les sorres i els greixos!
- Amb l'aire que injectem, les sorres cauen per gravetat al fons del tanc i les recollim amb una pala mecànica especial
- L'aire injectat també fa flotar els greixos que també recollirem amb una pala mecànica.

Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc 4, el del dessorrador/desgreixador):

El jugador ha d'aconseguir mantenir l'aportació d'aire en un rang determinat. Injectar poc oxigen o injectar-ne massa provoca una reducció de l'eficiència del procés. La injecció d'aire consumeix energia, així com la utilització de les pales. Per tant, l'aport d'aire i la utilització de les pales va lligat a gastar diners que el jugador ha acumulat. Per altra banda, la qualitat de l'aigua millora, així que la puresa augmenta. Assumim que en aquesta etapa es pot millorar un 20% de la puresa de l'aigua residual.



Imatge d'un dessorrador-desgreixador d'una depuradora.

CAPSULA 7. La depuradora: el reactor biològic

El reactor biològic és la part més important de la depuradora. És on s'eliminen els elements dissolts en les aigües residuals, com l'amoni o la matèria orgànica dissolta. El temps de contacte és entre 5 i 24 hores. S'eliminen mitjançant l'activitat de bacteris que utilitzen els elements contaminants com a font d'energia i de carboni i nutrients per créixer, i acaben transformant els contaminants dissolts en elements gasosos. Recordeu que la matèria no es crea ni es destrueix sinó que es transforma. En el cas de l'amoni, s'acaba transformant a nitrogen gas, present en grans concentracions en l'aire de l'atmosfera. En el cas de la matèria orgànica s'acaba transformant en diòxid de carboni, també un gas present en l'atmosfera. Els reactors biològics són tancs de grans dimensions que tenen diferents compartiments. Normalment hi ha un compartiment on s'injecta aire, que permet l'activitat de bacteris (tipus A) que transformen carboni, surfactants, PCPs, etc. a diòxid de carboni. També hi ha uns altres bacteris (tipus B) que permeten oxidar l'amoni a nitrats. Per altra banda hi ha un tanc anòxic. En aquest tanc anòxic és on els bacteris tipus A poden transformar els nitrats a nitrogen gas. Les reaccions que es fan amb els bacteris tenen diferents proporcions dels elements que es necessiten. Per exemple, mentre que l'oxidació del carboni requereix la presència d'una molècula d'oxigen, l'oxidació de l'amoni en requereix 2 (són aproximacions il·lustratives, no exactes). La transformació del nitrat a nitrogen gas, requereix d'una molècula de carboni i 3 de nitrat. En els reactors cal mantenir una presència òptima de bacteris A i B. Pocs bacteris o massa bacteris són perjudicials pel procés. Tanmateix, la injecció d'aire costa molts diners, és el major cost d'una depuradora. Per tant, és essencial utilitzar la quantitat justa d'aire (oxigen) en els reactors biològics. L'etapa final de la depuradora són els decantadors (no hi ha mini-joc de decantadors). Són estructures normalment circulars on l'aigua s'hi està entre 1 i 3 hores sense moure, permetent la decantació dels bacteris que es recirculen altre cop al reactor biològic. L'excedent de bacteris s'ha d'extreure del reactor per tal de mantenir una comunitat de bacteris ni massa jove ni massa vella. L'aigua neta (ja decantada) es pot descarregar al riu.

Vinyeta per nens:

- A les depuradores, concretament als reactors biològics, hi ha bacteris bons que ajuden a eliminar la contaminació dissolta a l'aigua
- Diferents bacteris "es mengen" els diferents tipus de contaminants que hi ha a l'aigua, sempre que es donin les condicions adients per gaudir de l'àpat

Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc 5, el del reactor biològic):

Assumim que en aquesta etapa es pot millorar un 60% de la puresa de l'aigua residual. El consum d'aire implica gastar diners. Els costos d'aireació en una depuradora impliquen el 50-60 % del consum energètic total de la depuradora. El creixement dels bacteris dins els reactors també implica costos. Cal mantenir un

nombre relativament constant de bacteris; a mesura que van reproduint-se cal anar extraient l'excident. L'excident té forma i textura d'un fang que es purga del sistema mitjançant bombes. Aquest fang se li treu la major quantitat d'aigua i es transporta fora de les depuradores amb diferents destinacions possibles: abocadors, incineració, agricultura. La disposició dels fangs té un cost associat.



Imatge d'un reactor biològic buit



Imatge d'un reactor biològic ple d'aigües residuals i bacteris

CAPSULA 8. El riu

Els rius per si sols, no poden eliminar tota la contaminació de les aigües residuals que generem a les llars o als carrers, necessita l'ajuda de les depuradores. Un cop l'aigua s'ha tractat a les depuradores es condueix cap als rius. Encara que les depuradores eliminen més del 90% de la contaminació sempre queden residus. Però els rius també tenen bacteris (com els de les depuradores) que viuen sota les roques, en les arrels, en els sòls, i que poden també eliminar la contaminació dissolta en aigua (carboni, surfactants, PCPs, nitrogen, etc). Si no s'elimina la contaminació en les depuradores i de forma natural als rius, els peixos (i altres organismes vius que hi viuen) poden morir, i aquesta contaminació pot arribar al mar i fer mal als organismes marins. En episodis de pluja, els col·lectors transporten aigua d'escorrentia, i arrossegueu residus dels carrers, com ampolles de plàstic. Les xarxes de col·lectors no són completament tancades fins les depuradores, sinó que tenen uns conductes que van directament al riu, només quan s'excedeix la capacitat màxima de transport (en grans pluges). És per això, que cal també eliminar residus sòlids en els rius.

Vinyeta per nens:

- Les depuradores eliminen la major part de la contaminació, però no tota.
- Els bacteris que viuen en els rius poden donar un cop de mà i acabar d'eliminar-la
- També s'ha de passar que als rius hi arriba aigua contaminada que no ha passat per una depuradora. Cal netejar el riu dels residus que hi arriben.

Lligam amb el videojoc seriós de l'aigua (lligam amb el mini-joc 6, el del riu):

El jugador ha de protegir els peixos del riu fomentant l'eliminació dels elements dissolts. L'eliminació es realitza mitjançant actuacions de restauració dels rius que impliquen la utilització de pedres, de troncs o d'arbres de ribera. Aquests elements són claus per mantenir les comunitats de bacteris que eliminen la contaminació. Els arbres i les algues contribueixen a l'eliminació del carboni i de l'amoni. Els troncs i les pedres permeten eliminar la resta de contaminants. El jugador també ha d'eliminar residus sòlids en els rius. Aquestes activitats de restauració tenen costos; per tant, cada vegada que els elements permeten l'eliminació de contaminants es gasten diners. Per altra banda, el fet d'eliminar els contaminants implica una millora de la puresa de l'aigua.



Foto d'un riu en condicions normals amb la descàrrega d'aigua tractada en depuradores.



Foto d'un riu amb descàrrega de col·lector unitari després d'un episodi especial de vessament d'aigües residuals dels col·lectors durant una forta pluja



Foto de la brutícia en el mar després d'un episodi especial de vessament d'aigües residuals dels col·lectors durant una forta pluja

Assumim que en aquesta etapa es pot millorar un 8% de la puresa de l'aigua residual. La suma dels 10%, 20%, 60% i 8%, conforma el 98% d'eliminació dels contaminants de les aigües residuals. No obstant, mai s'assoleix un 100% i part de la contaminació (estimada aquí en un 2%) va a parar als mars i oceans.