

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Contaminants emergents en la prioritització de les aportacions d'aigües residuals en una estació depuradora

Document: Memòria

Alumne: Emily-Rebecca Bartholomew

Directors: Narcís Clara Lloret; Manel Poch Espallargas

Departament: Informàtica, Matemàtica aplicada i estadística; Enginyeria química, agrària i tecnologia agroalimentària

Àrea: Matemàtica aplicada; Enginyeria química

Tutora: Marta Verdaguer Planas

Departament: EQATA

Àrea: Enginyeria química

Convocatòria (mes/any): Setembre 2015

ÍNDEX

1	Introducció i objectius.....	4
1.1	Antecedents	4
1.2	Objecte	4
1.3	Abast	5
2	Fonaments teòrics	6
2.1	Estació depuradora d'aigües residuals	6
2.1.1	Aigües residuals	6
2.1.2	Sistemes de sanejament d'aigües residuals.....	7
2.1.3	Limitacions legals.....	10
2.1.4	Cànon de l'aigua	12
2.2	Contaminants emergents.....	13
2.2.1	Classificació dels contaminants emergents	15
2.2.2	Efectes adversos	16
2.2.3	Composició de les aigües residuals urbanes	17
2.2.4	Tractament	18
2.3	Procés d'optimització combinatòria	19
2.3.1	Algoritmes ACO.....	19
2.3.2	<i>MAX-MIN</i> Ant System Algoritme	24
3	Metodologia	28
3.1	Escenaris d'estudi	28
3.1.1	Distribució de les zones	28
3.1.2	Escenari sense pluja	30
3.1.3	Escenari amb pluja	42
3.2	Simulació	54
3.2.1	Parametritzacions	54
3.2.2	Priorització dels abocaments	56

4	Resultats i discussió	58
4.1	Escenari sense pluja	58
4.1.1	Evolució dels paràmetres analitzats	63
4.2	Escenari amb pluja	73
4.2.1	Evolució dels paràmetres analitzats	79
5	Conclusions.....	89
5.1	Escenari sense pluja	89
5.2	Escenari amb pluja	90
6	Planificació del projecte	92
7	Pressupost	93
7.1	Material	93
7.2	Mà d'obra	93
7.3	Cost dels subministraments	94
7.4	Cost total del treball	95
8	Bibliografia.....	96
9	Annexos.....	99
9.1	Annex 1.....	99
9.2	Annex 2.....	108
9.3	Annex 3.....	117
9.4	Annex 4.....	127

1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

1.1 ANTECEDENTS

L'activitat de l'ésser humà, tant industrial com urbana, produeix l'abocament de contaminants als sistemes d'aigües residuals. Per tal de protegir el medi ambient, aquestes aigües són tractades en estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), amb l'objectiu bàsic de ser retornades a l'entorn en unes condicions adequades, les quals estan regulades per la normativa medi-ambiental vigent.

Segons la procedència, el govern ha establert limitacions en les composicions de les aigües d'entrada i sortida de les EDAR. El tractament d'aquestes aigües porta associat un cost. Els principals contaminants que es regulen al cànon de l'aigua de l'Agència Catalana de l'Aigua són: sòlids en suspensió, matèries oxidables, sals solubles, matèries inhibidores, nitrogen total i fòsfor total. No obstant això, les aigües d'entrada a les EDAR tenen una composició molt més àmplia. Poden contenir una diversitat molt extensa de contaminants, entre els quals es poden trobar per exemple metalls pesants, pesticides, etc.

En els darrers anys s'han detectat nous contaminants, anomenats contaminants emergents, que engloben un gran nombre de substàncies químiques. Aquests estan creant una gran preocupació respecte a la salut i benestar de la població i dels ecosistemes.

Atès al fet que, els sistemes de tractament de què disposen actualment les EDAR no han estat dissenyats per a l'eliminació efectiva d'aquests contaminants, els efectes que provoquen sobre els ecosistemes és cada vegada més evident.

1.2 OBJECTE

L'objectiu del treball és determinar la forma en què aquests contaminants no regulats es poden prioritzar, alhora tenint en compte els contaminants habituals (sòlids en suspensió, demanda biològica d'oxigen, demanda química d'oxigen, nitrogen total i fòsfor total), per a l'abocament d'aigües residuals a una estació depuradora sense

sobrepasar els límits que aquesta té establerts, en funció del seu disseny. A tal efecte, s'utilitzarà un procediment d'optimització combinatòria.

Així mateix, es vol efectuar aquesta prioritització, atenent a una variabilitat en les distàncies de recollida d'aigües residuals de les diferents zones d'estudi, que aporten aigua residual a l'EDAR.

Es realitzarà també el mateix estudi per un escenari amb episodi de pluja, en el que intervenen metalls pesants.

1.3 ABAST

Es crearan dos escenaris d'estudi hipotètics basats en dades bibliogràfiques, en les quals, es comptabilitzarà l'acumulació d'aigua i la concentració dels contaminants escollits. Un escenari correspondrà a l'aportació d'aigües d'origen domèstic, sense cap episodi de pluja. L'altre escenari contempla aigües procedents d'ús urbà i alhora les aigües provinents d'un episodi de pluja.

A part dels cinc contaminants regulats per la legislació vigent: sòlids en suspensió, demanda biològica d'oxigen, demanda química d'oxigen, nitrogen total i fòsfor total, s'analitzarà la influència de cinc contaminants addicionals. D'aquests tres són contaminants emergents, en la prioritització de les aportacions per a l'escenari sense pluja i dos metalls pesants, per a l'escenari amb pluja.

Es realitzaran una sèrie de simulacions per determinar l'optimització de les descàrregues provinents de les diferents zones, les quals es troben a distància variable respecte al sistema de tractament, i que constitueixen l'influent d'una única EDAR.

2 FONAMENTS TEÒRICS

2.1 ESTACIÓ DEPURADORA D'AIGÜES RESIDUALS

2.1.1 Aigües residuals

Es consideren aigües residuals el conjunt d'aigües procedents de zones residencials, comercials i industrials, que a causa de la seva composició han d'ésser tractades per ser retornades al medi amb unes condicions establertes per la normativa vigent. Els contaminants que es troben generalment en les aigües residuals són:

- substàncies que presenten demanda d'Oxigen: són substàncies que s'oxiden en l'aigua receptora reduint la concentració d'oxigen en aquesta. La determinació d'aquesta demanda es pot fer via química (DQO) o biològica (DBO₅),
- nutrients: especialment nitrogen i fòsfor. Són imprescindibles per la proliferació de la vida en sistemes aquàtics, però una concentració massa elevada pot provocar problemes en el medi ambient, com per exemple, l'eutrofització,
- ions en solució: poden ser sals o metalls pesants en dissolució, en quantitats elevades,
- patògens: bacteris, virus, protozous i cucs paràsits,
- pesticides: compostos utilitzats principalment en agricultura, els quals tenen efectes adversos en éssers vius (organoclorats o carbamats),
- compostos orgànics volàtils (VOC): generalment són dissolvents procedents de processos industrials,
- contaminants emergents: corresponen a un conjunt de compostos detectats en els darrers anys, que han demostrat tenir efectes adversos en els éssers vius. Els grups en els quals els classifica *Murray et al. (2010)* segons la seva procedència són: productes industrials (fenols, ftalats,...), pesticides (carbamats, organofosfats, ...) i productes de cura personal i farmacèutics (analgèsics, parabens, ...). Alguns d'aquests contaminants emergents, o els seus metabòlits, resulten ser disruptors endocrins.

2.1.2 Sistemes de sanejament d'aigües residuals

Les estacions depuradores d'aigües residuals, EDAR, tenen com a objectiu eliminar eficientment els components presents en les aigües residuals que poden causar perjudicis a la salut dels éssers vius i l'estat dels ecosistemes. Es requereix l'obtenció d'una aigua sanejada, apte per ser retornada al medi en les condicions que estableixi la reglamentació vigent.

El tractament de les aigües residuals consisteix en una combinació de processos físics, químics i/o biològics. La combinació d'aquests processos dependrà de les necessitats que genera la composició, característiques i volum de l'aigua a tractar. També cal tenir en compte la qualitat requerida de l'efluent.

Les EDAR, es dissenyen en funció dels límits de càrrega de contaminants i volum d'aigua a tractar. Per evitar sobrecàrregues que podrien suposar un tractament ineficient de les aigües, els gestors dels sistemes de sanejament estableixen normatives per regular els paràmetres fisico-químics i les concentracions de determinats compostos en els abocaments.

Generalment les EDAR presenten el següent recorregut de tractament d'aigües: Pretractament, Tractament Primari, Tractament Secundari i Tractament Terciari (EPA, 2004).

Pretractament

L'aigua d'entrada a la EDAR, l'influent, primerament és dirigida a través de reixes de desbast, per eliminar els sòlids de gran mida procedents d'usos urbans i industrials. Aquest procés preliminar té la funció d'evitar possibles obturacions posteriors.

Habitualment també es consideren com a pretractament operacions d'eliminació de sorres, mitjançant un procés de sedimentació; i escumes, olis i greixos, amb un procés de flotació. La separació es pot fer per densitat o mitjançant difusors d'aire.

Tractament Primari

Consisteix en la separació de les partícules presents en les aigües, mitjançant un decantador o sedimentador. Els sòlids, més pesants que l'aigua, sedimenten per acció de la densitat.

Segons *Balaguer et al. (2007)* es poden distingir quatre tipus de sedimentació segons la concentració de partícules en l'aigua i les interaccions entre elles: sedimentació de partícules discretes, sedimentació de partícules floculants, sedimentació destorbada i sedimentació en compressió. En les estacions depuradores habitualment es produeixen més d'un tipus de sedimentació alhora.

- Sedimentació de partícules discretes: se sol presentar per partícules relativament grosses i denses. Es produeix, sense interaccions significatives entre partícules en suspensió que es troben en concentracions baixes, i per tant poden sedimentar de manera individual.
- Sedimentació de partícules floculants: es produeix en suspensions diluïdes en les quals les partícules s'agreguen durant la sedimentació formant partícules de massa superior. Es pot realitzar aquest procés mitjançant l'addició de productes químics.
- Sedimentació destorbada: les forces exercides entre les mateixes partícules dificulten la sedimentació. Es produeix en suspensions de concentració intermèdia.
- Sedimentació amb compressió: es produeix en zones d'alta concentració de partícules, les quals han format una certa estructura que dificulta l'alliberament del líquid.

Tractament Secundari

Consisteix en un tractament de tipus biològic, en el qual la matèria orgànica de les aigües residuals es digereix per mitjà de l'activitat biològica dels microorganismes presents en l'aigua. En aquest procés també s'aconsegueix la reducció de les concentracions de nitrogen i fòsfor de l'aigua.

S'ha demostrat que els microorganismes presents en els fangs de depuradores segueixen la cinètica de Monod (1950) i, el creixement dels microorganismes es pot

associar al consum del substrat. En determinades condicions el creixement dels microorganismes segueix un creixement exponencial. Per això és molt necessari que els microorganismes disposin d'unes condicions òptimes de nutrients, temperatura, pH i oxigen per assegurar el creixement adequat.

Segons la mida dels microorganismes, aquest es poden classificar en tres grups:

- bacteris (0,5-3µm),
- protozous (30-80µm),
- rotífers (100-500µm).

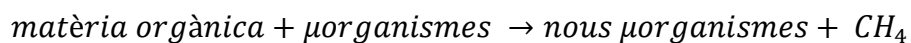
Estudiant la composició dels fangs es pot determinar si les condicions d'operació del reactor són les adequades pel tractament requerit.

Els reactors biològics on té lloc aquesta segona etapa de tractament poden funcionar amb cicles aerobis (amb presència d'oxigen), anòxics (sense presència d'oxigen) o una combinació dels dos cicles. Això permet una optimització de l'eficiència del tractament amb microorganismes.

- Els tractaments biològics aerobis principalment utilitzen tanc de llots actius amb difusors d'aire. Té lloc la següent reacció generalitzada



- Els tractaments biològics anòxics usen tancs de biometanització o tancs biològics anaerobis. Aquest tractament resulta en la formació de metà com a subproducte, el qual pot tenir valorització energètica. Aquest és el tractament menys comú en les depuradores urbanes, ja que generalment no disposen de tancs de biometanització a la línia d'aigua.



- Els tractaments biològics aerobis-anòxics poden ser de cicles de tanc, seqüències de zones en un tanc o de biomassa fixada, segons com es combinin els dos tipus de tractaments.

Tractament terciari

En aquesta etapa, l'aigua residual es pot sotmetre a diferents processos per eliminar els contaminants que puguin quedar i obtenir una aigua tractada amb les condicions requerides per ser tornada a la natura, segons les especificacions de la normativa vigent. Segons la composició d'aquesta aigua els tractaments terciaris poden ser variats.

Aquest tractament addicional no és habitual en les estacions depuradores. Seria més freqüent trobar aquestes instal·lacions, en indústries que requereixen una aigua amb unes especificacions concretes. A continuació es mostren alguns exemples de tractaments addicionals i els contaminants que eliminen.

Taula 2-1 Tractaments terciaris en la depuració d'aigües residuals

Tractament	Contaminant eliminat
Bescanvi iònic	Ions metàl·lics o sals dissoltes
Adsorció superficial (filtració amb carbó actiu)	Compostos orgànics: farmacèutics, clors, pesticides i trihalometans
Desinfecció (cloració, radiació UV i ozonització)	Microorganismes patògens
Oxidació	Matèria orgànica refractària i microorganismes patògens

2.1.3 Limitacions legals

Un cop l'aigua ha estat tractada i s'ha comprovat que la seva composició compleix amb els límits saludables és retornada al medi. L'Agència Catalana de l'Aigua segueix els programes de sanejament PSARI (2003), pel sanejaments d'aigües industrials, i PSARU (2005), pels sanejament d'aigües urbanes. També segueixen un programa de gestió dels fangs generats en els processos de depuració d'aigües residuals. Aquests programes de sanejaments, tenen com a objectiu principal la reducció de les càrregues de contaminants en les aigües residuals, per tal d'afavorir la protecció del medi ambient.

Les Directives Europees, han establert valors límit per als influents i efluents de les estacions depuradores d'aigües residuals, en funció de la seva procedència i també dels percentatges mínims de reducció que ha d'obtenir el seu sanejament.

A continuació es mostren valors de càrrega mitjana d'aigües residuals domèstiques als USA i els valors màxims de càrrega dels efluents i el percentatge de reducció mínima que han d'assolir per poder ser retornades al medi ambient, segons marca la Directiva Europea.

Taula 2-2 Nivell de concentració mitjana d'influents d'aigües residuals domèstiques. (Metcalf & Eddy, 1991)

Paràmetre contaminant	Concentració mitjana [mg/L]
SS (Sòlids en Suspensió)	220
DBO ₅ (Demanda Biològica d'Oxigen)	220
DQO (Demanda Química d'Oxigen)	500
NT (Nitrogen Total)	40
PT (Fòsfor Total)	8

Taula 2-3 Requeriments per als abocaments procedents de depuradores d'aigües residuals urbanes. (Directiva Europea 91/271/CEE)

Paràmetre contaminant	Concentració màxima [mg/L]	Percentatge mínim de reducció
SS (Sòlids en Suspensió)	35	90%
DBO ₅ (Demanda Biològica d'Oxigen)	25	70-90%
DQO (Demanda Química d'Oxigen)	125	75%
NT (Nitrogen Total)	15	70-80%
PT (Fòsfor Total)	2	80%

2.1.4 Cànon de l'aigua

La Declaració de l'Ús i la Contaminació de l'Aigua (DUCA) és la declaració pertinent al consum i a la qualitat de l'abocament d'aigües residuals que els usuaris industrials i assimilables, han de presentar davant l'Agència Catalana de l'Aigua. Conté totes les dades necessàries per a la determinació del cànon de l'aigua, un impost de naturalesa ecològica sobre l'ús i la càrrega contaminant abocada pels diferents usuaris de l'aigua (*Canal Empresa, GenCat*).

L'Agència Catalana de l'Aigua indica que el cànon de l'aigua s'obté de:

$$\text{Cànon de l'aigua}[\text{€}] = \text{base imposable} [\text{m}^3] \cdot \text{tipus de gravamen} [\text{€/m}^3]$$

La base imposable del cànon de l'aigua correspon al volum d'aigua consumit. Per als usos industrials i assimilables, el tipus de gravamen del cànon de l'aigua resulta de la suma d'un tipus de gravamen general, corresponent a l'ús; i un tipus de gravamen específic, corresponent a la contaminació. El tipus de gravamen pot ser

- ordinari: amb caràcter general,
- especial: individualitzat per a cada indústria.

La llei 1/2014, de 27 de gener, de pressupostos de la Generalitat de Catalunya per al 2014, ha establert els següents preus per consum i contaminació de l'aigua:

Taula 2-4 Import del cànon de l'aigua (*Agència Catalana de l'Aigua*)

1. Tipus general: 0,1606€/m³

2. Tipus específic:

Règim ordinari (DUCA abreujada): 0,6296€/m³

Règim especial (DUCA bàsica):

Paràmetres de contaminació	Preus paràmetres
SS (Sòlids en Suspensió)	0,4864€/kg
MO (Matèries oxidables)	0,9729€/kg
SOL (Sals Solubles)	7,7845€/Sm ³ /cm
MI (Matèries inhibidores)	11,5401€/Kequitox
NT (Nitrogen Total)	0,7387€/kg
PT (Fòsfor Total)	1,4775€/kg

2.2 CONTAMINANTS EMERGENTS

S'anomenen contaminants emergents un conjunt de substàncies que en els darrers anys estan sent detectats en les aigües. Els contaminants emergents comprenen un gran nombre de substàncies químiques, en particular compostos farmacèutics, drogues il·lícites i estimulants legals. També s'inclouen substàncies presents en productes de cura personal (sabons, detergents, tractaments dermatològics, fragàncies, cosmètics,...) i additius industrials variis.

La contaminació química de les aigües representa una amenaça per al medi aquàtic, amb efectes tals com la toxicitat aguda i crònica en organismes aquàtics, l'acumulació de contaminants en l'ecosistema i pèrdua d'hàbitats i biodiversitat, i també suposa un perill per la salut humana (*Directiva Europea 2013/39/UE*).

Els sistemes de tractament de les EDAR actuals no sempre són efectius pel que fa a l'eliminació d'aquests contaminants. Això, es deu a què les instal·lacions de les depuradores no han estat dissenyades pel seu tractament, atès que molts d'ells no han estat monitorats ni tenen (o han tingut) una regulació específica. Cal indicar que alguns contaminants emergents han estat inclosos recentment en llistes de substàncies prioritàries tant a la Unió Europea com als Estats Units, i que la Directiva 2008-105 del Parlament Europeu ja ha fixat límits per a alguns d'aquests contaminants en aigües superficials (Taula 2-5 i 2-6).

L'efectivitat d'eliminació d'aquests contaminants varia en un rang molt ampli, a causa de les grans diferències fisicoquímiques que presenten entre si, i l'adequació als diferents processos emprats en les estacions depuradores (*Petrie et al., 2014*). Degut a això, aquests contaminants s'estan alliberant al medi aquàtic, la qual cosa pot afectar al seu ecosistema i a diversos organismes vius.

Taula 2-5 Contaminants emergents inclosos en la Contaminant Candidate List (CCL3) de la USEPA

Compost	Aplicació
17-alfa-estradiol	Hormona estrogènica emprada en medicaments
Butil Hidroxianisol	Additiu alimentari
17-beta-estradiol	Hormona estrogènica emprada en medicaments
Estriol	Hormona estrogènica emprada en medicaments d'ús veterinari
Estrona	Hormona estrogènica emprada en medicaments d'ús veterinari i humà
Etinil estradiol (17-alfa estradiol)	Hormona estrogènica emprada en medicaments d'ús veterinari i humà
Mestranol	Hormona estrogènica emprada en medicaments d'ús veterinari i humà
N-metil-2-pirrolidona	Dissolvent en indústria química
N-nitrosodietilamina (NDEA)	Additiu en gasolina i lubricants, subproducte de desinfecció (DBP)
N-nitrosodimetilamina (NDEA)	Dissolvent industrial, antioxidant, DBP
N-nitroso-di-n-propilamina (NDPA)	DBP
N-nitrosodifenilamina	Reactiu química, DBP
Noretindrona (19-Noretisterona)	Hormona progesterònica emprada en medicaments
Àcid perfluorooctanosulfònic (PFOS)	Abans utilitzat en escumes antiincendis i surfactants
Àcid perfluorooctanoic (PFOA)	Emprat en la fabricació de fluoropolímers
Equilenina	Hormona estrogènica emprada en medicaments
Eguilina	Hormona estrogènica emprada en medicaments
Eritromicina	Antibiòtic

Taula 2-6 Contaminants emergents inclosos en la llista de substàncies prioritàries de la Directiva 2008-105 de la Unió Europea sobre aigües superficials

Compost	Mitjana anual (aigües continentals) [µg/L]	Mitjana anual (altres aigües) [µg/L]	Concentració màxima permesa (aigües cont.) [µg/L]	Concentració màxima permesa (altres aigües) [µg/L]
PBDE (Polybrominated diphenyl ether)	0,0005	0,0002	na	na
Cloroalcans C ₁₀ -C ₁₃	0,4	0,4	1,4	1,4
Ftalat de bis (2-etilhexil)	1,3	1,3	na	na
4-nonilfenol	0,3	0,3	2,0	2,0
Octifenol	0,1	0,01	na	na

2.2.1 Classificació dels contaminants emergents

Els contaminants emergents es poden dividir en tres grups principals (*Murray et al., 2010*):

- contaminants industrials,
- pesticides,
- farmacèutics i productes de cura personal.

Els contaminants industrials agrupen els components que s'utilitzen en processos de fabricació i producció. S'inclouen antioxidants, perfluorats, fenols i ftalats entre altres.

Els pesticides són tots aquells que estan destinats a matar a un paràsit. S'inclouen carbamats, organoclorats, organofosfats i triazines entre altres.

Els farmacèutics i productes de cura personal són tots aquells compostos que s'administren internament o externament als humans o animals. S'inclouen analgèsics,

antiepilèptics, antimicrobians, antiinflamatoris, hormones sintètiques i parabens entre altres. (Murray *et al.*, 2010)

2.2.2 Efectes adversos

La contaminació dels medis aquàtics, s'ha convertit en una gran preocupació d'ençà que es va descobrir la relació entre l'exposició a certs compostos químics i els efectes adversos que es produïen en la salut d'humans i altres éssers vius.

Aquests contaminants entren als sistemes d'aigua per diferents camins, que poden ser a través d'aigües residuals urbanes o industrials, escorrentia de carreteres o zones agrícoles o per la contaminació subterrània. S'ha determinat que la procedència majoritària de la contaminació és degut a la falta de tractament en les EDAR. Aquestes actualment no estan dissenyades per eliminar efectivament els contaminants emergents, fent que una gran quantitat d'aquests components o dels seus metabòlits arribin als medis aquàtics.

El perill més gran, és degut al fet que alguns d'aquests contaminants emergents es consideren disruptors endocrins. Això, implica que tenen un efecte sobre el sistema endocrí imitant, parant o pertorbant el funcionament hormonal dels éssers vius. Poden interferir amb les hormones malgrat presentar concentracions molt baixes. Això implica que, encara que aquests contaminants es trobin en els efluent en concentracions de traça, poden repercutir severament en els ecosistemes. La principal via d'exposició és per ingesta.

A continuació es mostren alguns dels contaminants emergents que es consideren disruptors endocrins i els efectes que provoquen sobre la salut.

Taula 2-7 Exemples d'efectes adversos d'alguns contaminants emergents que són disruptors endocrins. (Bolong *et al.*, 2009)

Compost disruptor endocrí	Efectes sobre la salut
Bisfenol A (BPA) - utilitzat en resines epoxi i plàstics policarbonats	S'ha determinat que té efectes hormonals en humans que augmenten el risc de desenvolupar càncer de pit.

Parabens - utilitzats com a conservants en cosmètics, sabons i rarament menjars	S'ha determinat una reducció de l'activitat estrogènica.
Ftalats - utilitzats com a plastificants	La exposició a concentracions elevades ha resultat amb avortaments naturals i complicacions durant l'embaràs.
Bifenil policlorat (PCB) - utilitzat en equipament electrònic com condensadors i transformadors	Els seus metabòlits poden imitar la hormona femenina estradiol i resultar cancerigen, també s'ha relacionat amb el retràs en el desenvolupament del cervell de nadons resultant en una IQ menor.

2.2.3 Composició de les aigües residuals urbanes

Respecte als contaminants emergents procedents de les aigües residuals urbanes s'han determinat una gran quantitat de farmacèutics com antiinflamatoris, reductors de pressió arterial, antidepressius i antiepilèptics. Això es pot explicar perquè aquests farmacèutics són els més prescrits, i es veu reflectit en la composició de les aigües residuals. Per tant, estudiant les aigües residuals d'una determinada zona es pot extreure informació sobre els hàbits i malalties de la població.

Les composicions dels compostos farmacèutics en les aigües residuals presenta una variabilitat espacial. Aquesta variabilitat, es pot observar analitzant l'evolució dels contaminants durant un període d'un dia, la variabilitat en diferents dies o per estacions.

Durant un dia, es produeixen pics de concentració de contaminants, per exemple d'antibiòtics, els quals mostren un pic elevat durant les primeres hores del matí atès que els compostos farmacèutics s'acumulen en l'organisme durant les hores de son. (*Petrie et al., 2014*)

Durant el període d'una setmana, es poden observar variacions significatives en les aigües residuals, per exemple en la concentració de drogues il·lícites. S'observa un pic de concentració durant els dies festius. (*Petrie et al., 2014*)

La variabilitat estacional, es mostra amb la variació dels compostos que es troben en les aigües en funció de l'època de l'any en el qual es troba. Per exemple durant la

primavera augmentarà la quantitat d'antihistamínics i durant l'època d'estiu augmentarà la concentració de parabens en les aigües a causa de la utilització de cremes protectores amb filtres UV. (Petrie et al., 2014)

2.2.4 Tractament

Les estacions depuradores van ésser dissenyades per eliminar efectivament els compostos coneguts i regulats. Però, l'aparició de compostos no esperats en els sistemes d'aigua, impliquen que els mètodes tradicionals per depurar aigua no són suficients per eliminar aquests contaminants.

Un estudi realitzat per Westerhoff et al. (2005) va demostrar que els mètodes de tractament fisicoquímics no són els més adients per a l'eliminació de contaminants emergents. Van realitzar proves mitjançant processos de coagulació, carbó activat, cloració i ozonització entre altres. Es va determinar que d'aquests el més efectiu és el tractament per ozonització.

El tractament biològic no és un mètode efectiu, ja que els fangs són capaços d'eliminar només una part de l'ampli rang de contaminants emergents presents en els efluents (Petrovic et al., 2003).

Pel que fa als mètodes físics, la filtració per membrana ha demostrat ser el més adient per eliminar els contaminants emergents. La filtració per osmosi inversa és més eficient que la nanofiltració, però el seu consum elèctric és molt superior fent que sigui desfavorable. (Yoon et al., 2006).

Bolong et al. (2009) van concloure que la millor opció per l'eliminació dels contaminants emergents seria una combinació dels diferents processos de carbó activat, ozonització i filtració per membrana, com per exemple nanofiltració i carbó activat. Però la majoria d'EDAR no disposen d'aquests processos de tractament, fent que aquests compostos arribin als sistemes d'aigües, creant efectes adversos en els medis aquàtics.

2.3 PROCÉS D'OPTIMITZACIÓ COMBINATÒRIA

La prioritització de les aportacions d'aigües residuals aplicada en aquest treball, es pot definir com un procés d'optimització combinatòria que s'assimila al problema computacional de la motxilla.

Aquest problema simula la necessitat d'omplir una motxilla amb objectes seleccionats d'una sèrie. La motxilla té una capacitat limitada de pes, i cada objecte té un pes propi i un valor econòmic assignat. Els objectes que se seleccionen per introduir en la motxilla contribueixen a un valor global màxim, sense sobrepassar la limitació de pes de la motxilla. Aplicant el problema a l'estudi realitzat, la motxilla correspon a l'EDAR i la limitació de pes correspon a la capacitat màxima disponible que té d'acceptar volums i càrregues contaminats. Els objectes a introduir en la motxilla corresponen a les possibles descàrregues d'aigua residual, en consideració del seu volum, concentració de contaminants i preu associat. És necessària la introducció de restriccions múltiples al procés d'optimització combinatòria del plantejament computacional, a causa de les estrictes capacitats d'admissió de volum i càrrega de contaminants. La principal diferència entre el model aplicat i el problema computacional, és la indivisibilitat dels objectes enfront de la possibilitat de fraccionar els influents, permetent plantejar un major nombre de combinacions de descàrregues volumètriques.

2.3.1 Algoritmes ACO

Els algoritmes ACO, Ant Colony Optimization, cerquen solucions a un problema d'optimització combinatòria basant-se en el comportament de les formigues reals. La idea principal del ACO, és utilitzar un equivalent al rastre de feromones que deixen les formigues com a mètode de comunicació, i aplicar-lo a una colònia de formigues artificials.

Les formigues, tot i tenir una visió molt reduïda, són capaces de trobar el camí òptim entre una font d'aliment i el seu niu. Aquesta ruta es forma per les feromones que dipositen les formigues al seu pas. Quan una formiga es troba amb una quantitat de feromona, té major tendència a seguir aquest rastre. Es crea un comportament auto

catalític, ja que com més individus segueixen una ruta, més atractiva és per la resta de formigues i es tendeix a la ruta òptima.

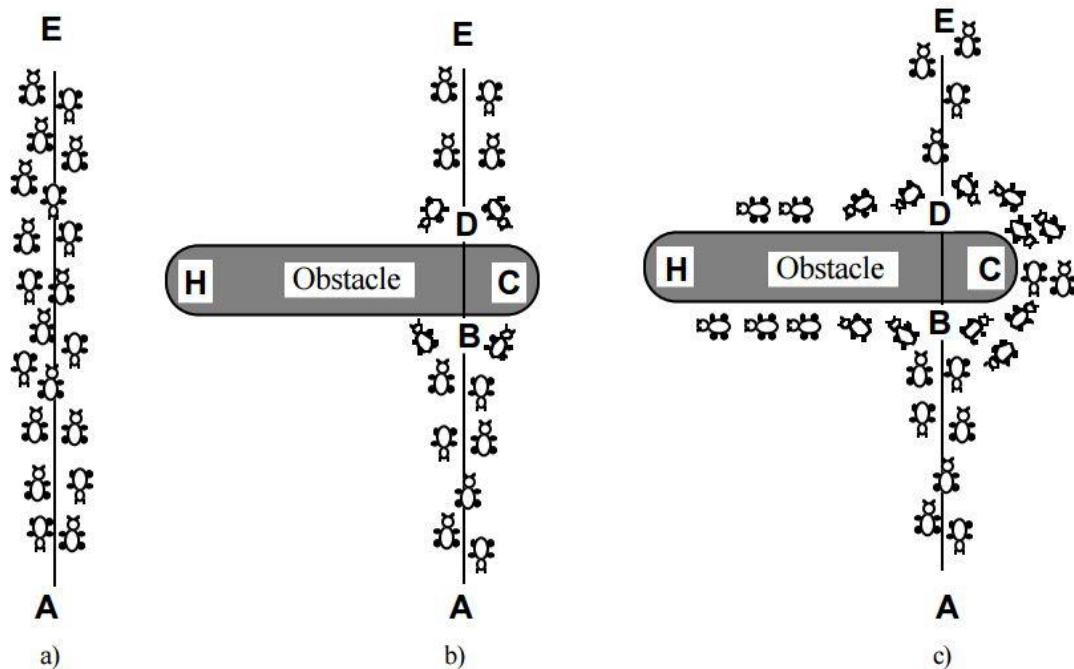


Figura 2-1 Exemple de la interacció de formigues reals. (Dorigo et al., 1996). a) Les formigues segueixen un camí entre A i E. b) Un obstacle s'interposa, les formigues poden escollir entre els dos camins amb igual probabilitat. c) Es diposita més feromona en el camí més curt, fent que aquesta sigui més atractiva.

Els ACO es basen en aquesta forma d'interacció de les formigues, anomenada estigmergia, per trobar solucions mitjançant les rutes de feromona creades per les formigues virtuals, i ajudant-se d'informació heurística específica del problema plantejat.

El procediment que segueixen tots els algoritmes ACO és iteratiu i probabilístic, la qual cosa implica que és un mètode basat en la repetició de cerca de solucions probabilístiques.

Característiques de la prioritització de les aportacions d'aigües residuals:

- El conjunt de components, N , format per les zones i possibles abocaments d'aigües residuals, és finit.
- El conjunt de connexions entre components, E , es defineix com les possibles descàrregues de cada zona.

- Els components N i les connexions E tenen assignats un conjunt de restriccions.
- Els estats del problema es poden definir com totes les possibles seqüències ordenades de la combinació de la indústria i la seva corresponent descàrrega. Existeix un conjunt amb totes les seqüències possibles i un subconjunt de les que compleixen les restriccions. Aquestes conformen els possibles estats factibles del problema.
- Una possible solució al problema és un element del subconjunt de totes les seqüències que compleixen les restriccions.
- A cada solució s'atribueix un cost.

La cerca de solucions al problema es basa en la construcció d'un recorregut en el graf $G = (N, E)$ que compleixi les restriccions imposades.

Un cop s'ha definit el problema d'optimització combinatoria, és necessari definir el conjunt de components mitjançant els quals s'obtindrà la solució, i els valors que constitueixen el model de feromona.

És un model probabilístic parametritzat iteratiu, que s'utilitza per obtenir solucions a partir d'un conjunt de components. Consta de dues etapes:

- 1) S'obtenen solucions candidates emprant el model de feromona, és a dir la distribució de probabilitats sobre l'espai de solucions.
- 2) Les solucions candidates obtingudes s'usen per rectificar els valors de feromona per tal de que la cerca en regions de l'espai s'orienti en l'obtenció de solucions d'alta qualitat.

2.3.1.1 Plantejament del problema

Es plantegen dos escenaris d'estudi, en les quals es comptabilitza l'acumulació d'aigua i la concentració dels contaminants escollits, per un mateix conjunt de zones. Un escenari correspon a l'aportació d'aigües d'origen domèstic, sense cap episodi de pluja. L'altre escenari contempla aigües procedents d'ús urbà i alhora les aigües plujanes.

Es defineix un sistema format per diferents zones. Totes les zones descarreguen a una mateixa EDAR. Cada zona disposa un dipòsit de retenció d'aigua residual, amb una previsió de volum L_i , situat a l'entrada de l'EDAR. Aquests tancs de retenció tenen la

finalitat d'acumular l'aigua arribada des de les diferents zones, en les quals per cada temps es determina el volum i les concentracions dels contaminants a estudiar.

Els tancs de retenció presenten la possibilitat de descarregar en porcions el seu volum $V_i^j, j \in \{0, \dots, l_i\}$. Per aquest treball s'ha considerat que aquestes porcions del volum han de ser múltiples de 100, de forma que $100j = V_i^j$ amb $100l_i = L_i$ (Verdaguer *et al.*, 2012). A l'aigua residual retinguda es determinen els contaminants assenyalats per la legislació vigent sobre la caracterització del flux de sortida de l'EDAR, sòlids en suspensió (SS), demanda bioquímica d'oxigen (DBO), demanda química d'oxigen (DQO), nitrogen total (NT) i fòsfor total (PT). A més a més per a l'escenari sense pluja, tres contaminants emergents: ibuprofè (*ibu*), amfetamina (*amf*) i metilparabè (*met*); mentre que per a l'escenari amb pluja s'inclouen dos metalls: plom (*Pb*) i ferro (*Fe*). Aquest conjunt de contaminants correspon a x_r amb (MES, DBO, DQO, NT, PT, *ibu*, *amf*, *met*) = $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8)$, en l'escenari sense pluja, i amb les corresponents concentracions $C_i^r = 1, \dots, 8$. Les descarregues componen l'influent total a l'EDAR, la qual presenta una limitació de volum total V i concentració de contaminants $C^r, r = 1, \dots, 8$. En el cas de l'escenari amb pluja, $r = 1, \dots, 7$ amb els valors de x_r corresponents a (MES, DBO, DQO, NT, PT, *Pb*, *Fe*) = $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$.

Assignació de variables:

L'assignació de variables és la mateixa emprada en el treball de Verdaguer *et al.* (2012) amb:

- a) Cost unitari P^r i un pes w^r per cada contaminant x_r , en funció de la metodologia de tractament que requereixen. Es consideren de forma individual i igual per a totes les zones.
- b) Un coeficient punta $T_i^r = f(C_i^r, X_i^r)$. X_i^r correspon al valor de concentració mitjana predeterminada per a cada zona. El resultat del coeficient C_i^r/X_i^r es dóna en forma d'interval, és a dir, per cada interval de valors del coeficient correspon un valor de T_i^r . Aquests valors es troben definits a la següent taula. Un augment en el valor de coeficient punta implica un augment del grau de sobrecàrrega dels contaminants en relació als valors mitjans esperats. Si alguna

concentració supera en 112% el valor mitjà esperat, el valor del coeficient punta augmenta el cost, de manera més pronunciada com major sigui la sobrecàrrega.

Taula 2-8 Valors del coeficient punta. (*Generalitat de Catalunya DOCG núm. 4015*)

C_i^r / X_i^r	0	1.12	1.26	1.51	1.76	2.01	3.01	4.01	> 5.00
T_i^r	- 1.11	- 1.25	- 1.50	- 1.75	- 2.00	- 3.00	- 4.00	- 5.00	
	1.0	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	$\min\left\{\frac{C_i^r}{X_i^r}, 10\right\}$

- c) Un coeficient K_i , que s'assigna a cada zona per considerar el grau de saturació de la seva descàrrega V_i^j en relació al volum admissible V a l'EDAR.

Funció objectiu:

Es maximitza una funció de cost Z , que segueix l'expressió del treball previ de *Verdaguer et al. (2012)*,

per l'escenari sense pluja, el qual inclou 8 contaminants:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^{l_i} y_i^j V_i^j \left(v + \psi k_i \sum_{r=1}^{r=8} C_i^r P^r T_i^r \right)$$

per l'escenari amb pluja, el qual inclou 7 contaminants:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^{l_i} y_i^j V_i^j \left(v + \psi k_i \sum_{r=1}^{r=7} C_i^r P^r T_i^r \right)$$

La solució de Z ens facilita la seqüència de descàrregues d'aigua residual que tenen de ser aportades, a partir de les diferents zones urbanes, per tal que es compleixin totes les restriccions de disseny de l'EDAR.

2.3.2 MAX-MIN Ant System Algoritme

Per obtenir el millor rendiment dels algoritmes ACO, és recomanable combinar la utilització d'un sistema que destaquí la utilització de la millor solució trobada en cada temps amb un mecanisme capaç d'evitar l'estancament de la cerca de solucions, la qual cosa podria provocar que la solució trobada no fos un òptim global, sinó que fàcilment podria ésser un òptim local.

El *MAX-MIN* Ant System (*MMAS*) té en compte les solucions obtingudes en les iteracions anteriors per afinar la solució.

Els trets més destacables de *MMAS* són:

- Els rastres de feromona que deixen les formigues a cada iteració, sempre estan entre un valor mínim i un màxim. D'aquesta forma s'aconsegueix que no es produeixin diferències molt notables entre els rastres de feromona, que podrien provocar l'estancament de la solució.
- Només la formiga que ha obtingut la millor solució addiciona feromona en cada iteració.

La primera iteració que s'executa amb *MMAS* s'inicialitza amb un valor màxim de feromona a totes les arestes del graf. Això, permet que tots els camins que tenen per explorar les formigues tingui la mateixa probabilitat d'ésser escollits.

A l'igual que tots els algorismes ACO, *MMAS* es desenvolupa basant-se en una regla de transició d'estat i una regla d'actualització de feromona, els quals es basen en l'adaptació presentada al treball de *Verdaguer et al. (2014)*.

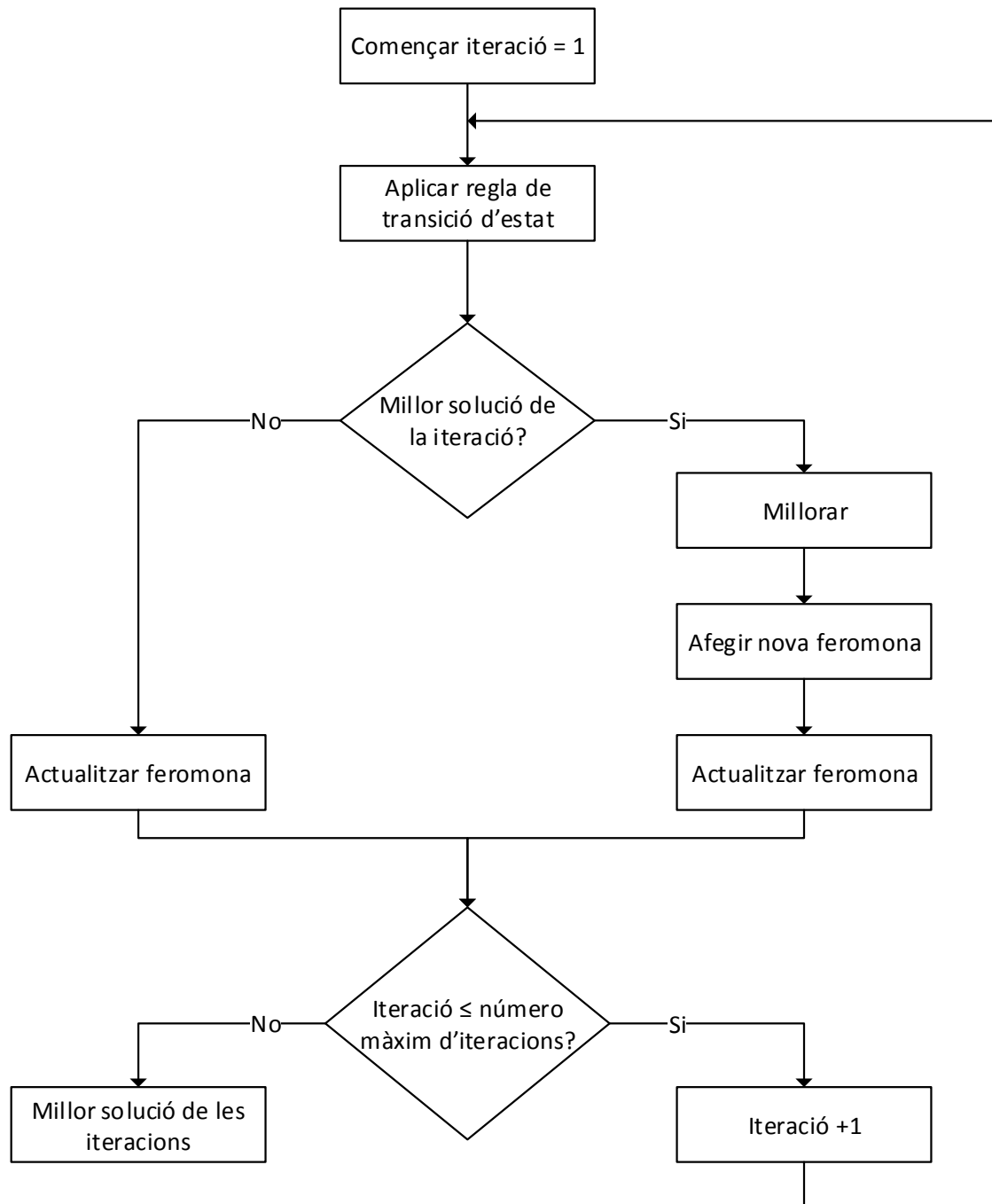


Figura 2-2 Procediment esquemàtic de la resolució d'un algorisme ACO aplicant MAX-MIN (Verdaguer et al., 2014)

2.3.2.1 Regla de transició d'estat

Cada formiga aplica una regla probabilística per tal d'arribar a una solució.

La regla de transició està definida per l'equació (Dorigo et al., 1996)

$$p_{ij}^m(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l=0}^{l_i} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}$$

on $p_{ij}^m(t)$ és la probabilitat de què una formiga m esculli el volum de descàrrega corresponent a V_i^j , $\tau_{ij}(t)$ és el valor del rastre de feromona dipositada en el temps t , α és la importància de la feromona, η_{ij} és la informació heurística específica, i β és la importància de la informació heurística en l'equació.

La informació heurística és un ajut addicional per a les formigues en la cerca d'una solució. En el cas estudiat s'ha considerat que la prioritizació de les descàrregues ha de beneficiar la tendència de descarregar volums i càrregues elevades, amb una major urgència relativa. D'aquesta manera l'equació heurística (Verdaguer et al., 2012) pren la forma

$$\eta_{ij} = V_i^j \sum_{r=1}^r w^r C_i^r T_i^r$$

2.3.2.2 Regla d'actualització de feromona

En l'algoritme *MMAS*, només addiciona feromona la formiga que ha assolit la millor solució en cada iteració.

Suposant l'aresta (i, j) , la qual al començament de la iteració finalitzada disposava de $\tau_{ij}(t)$ quantitat de feromona, en el temps $t + 1$ d'una nova iteració la quantitat de feromona dipositada en l'aresta serà la que estableix l'equació

$$\tau_{ij}(t + 1) = \rho \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}^{best}$$

On $\Delta\tau_{ij}^{best}$ és la quantitat de feromona dipositada per la formiga que ha obtingut la millor solució en la iteració finalitzada, amb un valor

$$\Delta\tau_{ij}^{best} = Z^*$$

essent Z^* la millor solució trobada a la iteració realitzada al temps t (Verdaguer et al., 2014).

Per tal de reduir les diferències notables entre els rastres de feromona, que podrien provocar l'estancament de la solució, els rastres de feromona que deixen les formigues a qualsevol iteració han de complir que tinguin un valor $\tau_{ij}(t)$ tal que $\tau_{min} \leq \tau_{ij}(t) \leq \tau_{max}$. Per assegurar el compliment d'aquesta condició s'estableixen dues regles addicionals

- Si $\tau_{ij}(t) > \tau_{max}$, aleshores assigna $\tau_{ij}(t) = \tau_{max}$
- Si $\tau_{ij}(t) < \tau_{min}$, aleshores assigna $\tau_{ij}(t) = \tau_{min}$

3 METODOLOGIA

3.1 ESCENARIS D'ESTUDI

Per poder realitzar la prioritització dels abocaments de les aigües residuals, cal haver creat anteriorment un escenari hipotètic basat en dinàmiques de càrregues i volums a rebre per part de l'EDAR.

Per aquest treball s'han creat dos escenaris:

- El primer, amb només aigües residuals domèstiques amb la presència de tres contaminants emergents, concretament ibuprofè, amfetamina i metilparabè. El metilparabè és considerat un disruptor endocrí pels efectes adversos que provoca en l'activitat estrogènica (*Bolong et al., 2009*).
- El segon, correspon a una dinàmica de pluja juntament amb aportacions d'aigües residuals urbanes. Per aquest escenari es determina la influència de la presència de dos metalls en les aigües residuals, que corresponen a ferro i plom.

3.1.1 Distribució de les zones

Els escenaris que s'estudien en aquest treball corresponen a les aigües recollides en 9 zones destinades a un ús residencial, comercial i activitats de serveis. S'ha considerat la distribució de les zones i les seves característiques iguals pels dos escenaris, però les EDAR tenen limitacions diferents. Cada zona disposa d'un tanc de retenció a l'entrada de la EDAR. Els tancs de retenció són estructures que no aporten tractament per millorar la qualitat de les aigües, però algunes disposen de sistemes de filtració (*Verdaguer et al., 2014*). La finalitat dels tancs de retenció és acumular les aigües residuals no abocades en temps anteriors a causa de les limitacions de l'EDAR, com també acumular les aigües residuals recollides en la seva zona en l'interval de temps pertinent, segons la distància a la què es troba de la depuradora. D'aquests tancs de

retenció s'obtenen els valors de concentració dels contaminants que componen l'escenari, tal com es van generant en cada temps.

3.1.1.1 Abocament amb distància variable

Els escenaris d'estudi estan formats per 9 zones repartides en quatre distàncies diferents. Per cada escenari, les aigües residuals produïdes en cada zona, durant un període de temps establert, arriben a una mateixa EDAR. A l'entrada de l'EDAR se situen els tancs de retenció, TR_i , corresponents a cada zona. Per aquest treball s'ha considerat il·limitada la capacitat d'aquests tancs de retenció. Es suposa que la velocitat de l'aigua residual que s'aboca des de les zones a l'EDAR no depèn d'aquestes, sinó que és constant. Això implica que els temps en què les aigües arriben a l'EDAR són equidistants. D'aquesta manera l'aigua abocada des de la distància 2, trigarà el doble de temps en arribar a l'EDAR que l'aigua abocada en un mateix instant des de la distància 1. Es considera que cada recorregut entre distàncies equival a un interval de temps.

Els tancs de retenció de cadascuna de les 9 zones es troben a 4 distàncies diferents respecte de la EDAR distribuïdes de la següent manera: zona 1 i zona 2 a la distància 1, zona 3, zona 4 i zona 5 a la distància 2, zona 6 i zona 7 a la distància 3 i zona 8 i zona 9 a la distància 4.

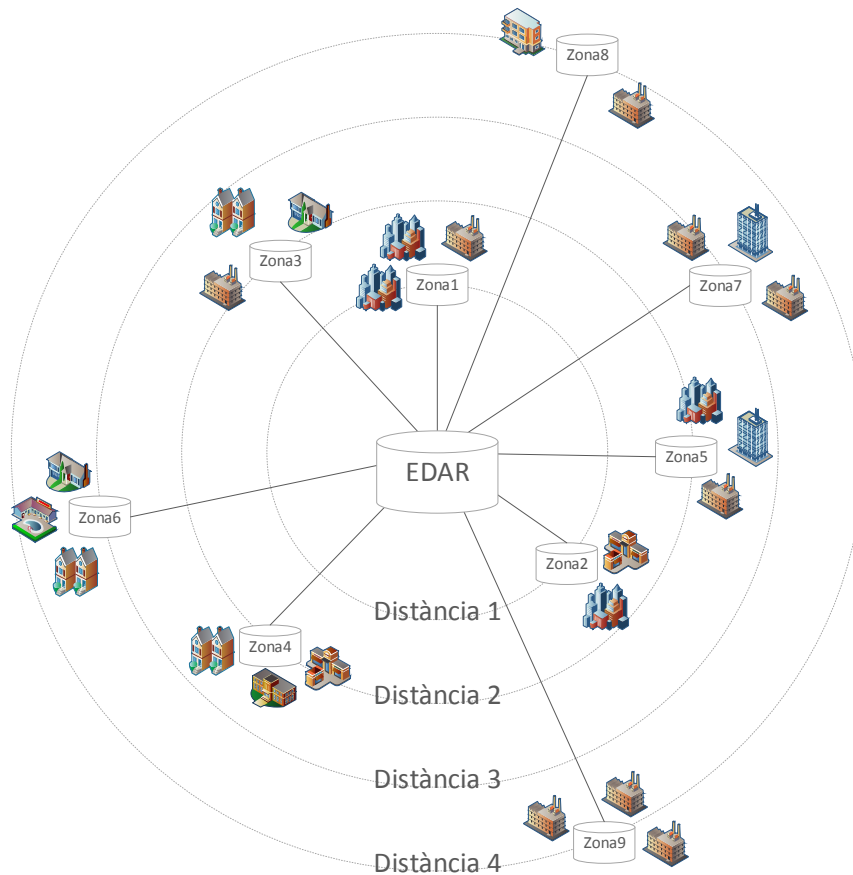


Figura 3-1 Representació de la distribució de les zones

3.1.2 Escenari sense pluja

3.1.2.1 Determinació dels volums

Per formar l'escenari d'estudi sense pluges s'han referenciat els valors a les dades de benchmark BSM1 per període sec. El benchmark és un model de referència de dades d'aigües d'EDAR obtingudes a partir de simulacions. Els valors del BSM1 es troben en m^3/dia i corresponents a l'acumulació en una zona amb 80000 habitants estimats (*International Water Association*).

Per cada zona s'ha estimat una superfície, una densitat de població i un coeficient d'escorrentia corresponent a zones residencials. El coeficient d'escorrentia és un valor

indicatiu de la relació entre la quantitat d'aigua caiguda en una superfície i la quantitat d'aigua que no és absorbida per aquesta superfície.

Taula 3-1 Dades emprades per la determinació dels volums de cada zona estudiada per l'escenari sense pluja

Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Superfície	50ha	Superfície	400ha	Superfície	310ha
Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	180habitants/ha
Habitants estimats	11000habitants	Habitants estimats	80000habitants	Habitants estimats	55800habitants
Coef. Escorrentia	0,60	Coef. Escorrentia	0,70	Coef. Escorrentia	0,65
Zona 4		Zona 5		Zona 6	
Superfície	450ha	Superfície	445ha	Superfície	90ha
Densitat població	210habitants/ha	Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	220habitants/ha
Habitants estimats	94500habitants	Habitants estimats	89000habitants	Habitants estimats	19800habitants
Coef. Escorrentia	0,60	Coef. Escorrentia	0,75	Coef. Escorrentia	0,62
Zona 7		Zona 8		Zona 9	
Superfície	250ha	Superfície	170ha	Superfície	350ha
Densitat població	230habitants/ha	Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	190habitants/ha
Habitants estimats	57500habitants	Habitants estimats	34000habitants	Habitants estimats	66500habitants
Coef. Escorrentia	0,70	Coef. Escorrentia	0,68	Coef. Escorrentia	0,74

Amb aquestes dades s'ha pogut determinar l'acumulació d'aigües residuals urbanes en cada zona per cada període de dues hores estudiat.

3.1.2.1.1 Procediment

Per determinar el valor d'aigua consumit en cada zona, durant els períodes de 2 hores estudiats, primerament cal passar els m^3/dia en el qual es troben els valors del BSM1 en període sec a $m^3/2h$. Llavors cal determinar els m^3 consumits per cada habitant en el període de dues hores, tenint en compte que els valors del BSM1 corresponen a 80000 habitants estimats. Un cop obtingut el valor de referència en $m^3/habitant \cdot 2h$, s'obté el volum consumit pel conjunt d'habitants de la zona en qüestió, aplicant també el coeficient d'escorrentia corresponent.

A continuació s'exemplifica aquest procediment per les zones 1, 2 i 3 i seguidament es mostren conjuntament les evolucions de les aigües residuals sense pluja de totes les zones.

Taula 3-2 Evolució del volum d'aigua residual urbana corresponent a la Zona 1

Zona 1				
Temps [h]	BSM1 sec [m ³ /dia]	BSM1 sec [m ³ /2h]	BSM1 sec [m ³ /habitant·2h]	Aigua residual urbana [m ³]
0	17451,00	1454,25	0,018178	119,98
2	18335,00	1527,92	0,019099	126,05
4	22018,00	1834,83	0,022935	151,37
6	23369,00	1947,42	0,024343	160,66
8	23270,00	1939,17	0,024240	159,98
10	25050,00	2087,50	0,026094	172,22
12	21540,00	1795,00	0,022438	148,09
14	19321,00	1610,08	0,020126	132,83
16	21190,00	1765,83	0,022073	145,68
18	26591,00	2215,92	0,027699	182,81
20	24225,00	2018,75	0,025234	166,55
22	23902,00	1991,83	0,024898	164,33

Taula 3-3 Evolució del volum d'aigua residual urbana corresponent a la Zona 2

Zona 2				
Temps [h]	BSM1 sec [m ³ /dia]	BSM1 sec [m ³ /2h]	BSM1 sec [m ³ /habitant·2h]	Aigua residual urbana [m ³]
0	17451,00	1454,25	0,018178	1017,98
2	18335,00	1527,92	0,019099	1069,54
4	22018,00	1834,83	0,022935	1284,38
6	23369,00	1947,42	0,024343	1363,19
8	23270,00	1939,17	0,024240	1357,42
10	25050,00	2087,50	0,026094	1461,25
12	21540,00	1795,00	0,022438	1256,50
14	19321,00	1610,08	0,020126	1127,06
16	21190,00	1765,83	0,022073	1236,08
18	26591,00	2215,92	0,027699	1551,14
20	24225,00	2018,75	0,025234	1413,13
22	23902,00	1991,83	0,024898	1394,28

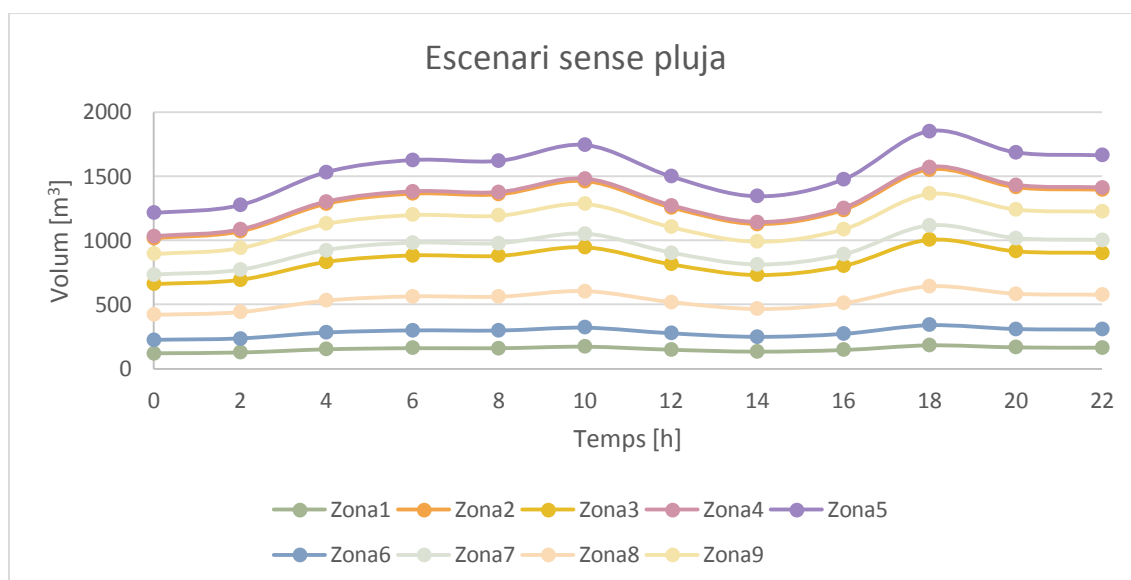
Taula 3-4 Evolució del volum d'aigua residual urbana corresponent a la Zona 3

Zona 3				
Temps [h]	BSM1 sec [m ³ /dia]	BSM1 sec [m ³ /2h]	BSM1 sec [m ³ /habitant·2h]	Aigua residual urbana [m ³]
0	17451,00	1454,25	0,018178	659,32
2	18335,00	1527,92	0,019099	692,72
4	22018,00	1834,83	0,022935	831,87
6	23369,00	1947,42	0,024343	882,91
8	23270,00	1939,17	0,024240	879,17
10	25050,00	2087,50	0,026094	946,42
12	21540,00	1795,00	0,022438	813,81
14	19321,00	1610,08	0,020126	729,97
16	21190,00	1765,83	0,022073	800,58
18	26591,00	2215,92	0,027699	1004,64
20	24225,00	2018,75	0,025234	915,25
22	23902,00	1991,83	0,024898	903,05

Taula 3-5 Evolució de l'aigua residual urbana generada per totes les zones en l'escenari sense pluja

Temps [h]	Aigua residual en escenari sense pluja [m ³]								
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6	Zona7	Zona8	Zona9
0	119,98	1017,98	659,32	1030,70	1213,39	223,15	731,67	420,28	894,55
2	126,05	1069,54	692,72	1082,91	1274,86	234,46	768,73	441,57	939,86
4	151,37	1284,38	831,87	1300,44	1530,94	281,56	923,15	530,27	1128,65
6	160,66	1363,19	882,91	1380,23	1624,88	298,83	979,79	562,80	1197,90
8	159,98	1357,42	879,17	1374,38	1617,99	297,57	975,64	560,42	1192,83
10	172,22	1461,25	946,42	1479,52	1741,76	320,33	1050,27	603,29	1284,07
12	148,09	1256,50	813,81	1272,21	1497,70	275,44	903,11	518,76	1104,15
14	132,83	1127,06	729,97	1141,15	1343,41	247,07	810,07	465,31	990,40
16	145,68	1236,08	800,58	1251,53	1473,37	270,97	888,43	510,33	1086,21
18	182,81	1551,14	1004,64	1570,53	1848,91	340,03	1114,88	640,40	1363,07
20	166,55	1413,13	915,25	1430,79	1684,39	309,78	1015,68	583,42	1241,78
22	164,33	1394,28	903,05	1411,71	1661,94	305,65	1002,14	575,64	1225,23

Els escenaris de totes les zones presenten una mateixa tendència en l'evolució del volum d'aigües residuals generades, a causa del fet que totes estan basades en els mateixos valors del BSM1. Les diferències que presenten entre si, són degudes a les característiques de l'escenari, la superfície, els habitants estimats i el coeficient d'escorrentia que presenta el terreny.

**Figura 3-2** Evolució de l'escenari sense pluja durant el període estudiat de totes les zones

Per poder realitzar posteriorment les simulacions, tenint en consideració la distància a la qual es troba cada zona de l'EDAR, s'han hagut d'afegir intervals de temps d'estudi a les zones de distància 1, 2 i 3 seguint la mateixa tendència. Això es fa perquè per quan arribi l'última descàrrega dels tancs a distància 4, segueixin arribant descàrregues de les altres zones. D'aquesta manera s'han afegit 3 intervals de temps a les zones 1 i 2, a distància 1, 2 intervals de temps a les zones 3, 4 i 5, a distància 2, i 1 interval de temps a les zones 6 i 7, a distància 3.

3.1.2.2 Determinació de la concentració de contaminants

Per cada zona s'ha creat un escenari corresponent a l'evolució de les concentracions dels contaminants a estudiar, segons la generació d'aigües residuals en cada interval de temps. Per l'escenari sense pluja s'ha considerat els següents cinc contaminants habituals i tres contaminants emergents:

- sòlids en suspensió (SS),
- demanda biològica d'oxigen (DBO₅),
- demanda química d'oxigen (DQO),
- nitrogen total (NT),
- fòsfor total (PT),
- ibuprofè,
- amfetamina,
- metilparabè.

S'han escollit aquests contaminants emergents, d'entre un ampli conjunt de compostos, per pertànyer a tres subgrups diferents. L'ibuprofè s'inclou en el subgrup dels farmacèutics, l'amfetamina en el subgrup de drogues il·lícites i estimulants legals, i el metilparabè en el subgrup de productes de cura personal. A continuació es mostra la informació de cada un d'aquests contaminants.

Taula 3-6 Informació dels contaminants emergents estudiats (*Petrie et al., 2014*)

Contaminant emergent	Subgrup	Família / ús	Influent [ng/L]	Eliminació [%]	Efluent final [ng/L]
Ibuprofè	Farmacèutics	NSAID	1681-33764	>80%	143-4239
Amfetamina	Drogues il·lícites i estimulants legals	Estimulant	77-5236	>80%	2-201
Metilparabè	Productes de cura personal	Conservant	2642-11601	>80%	<3-50

*NSAID: droga antiinflamatori no esteroïdal.

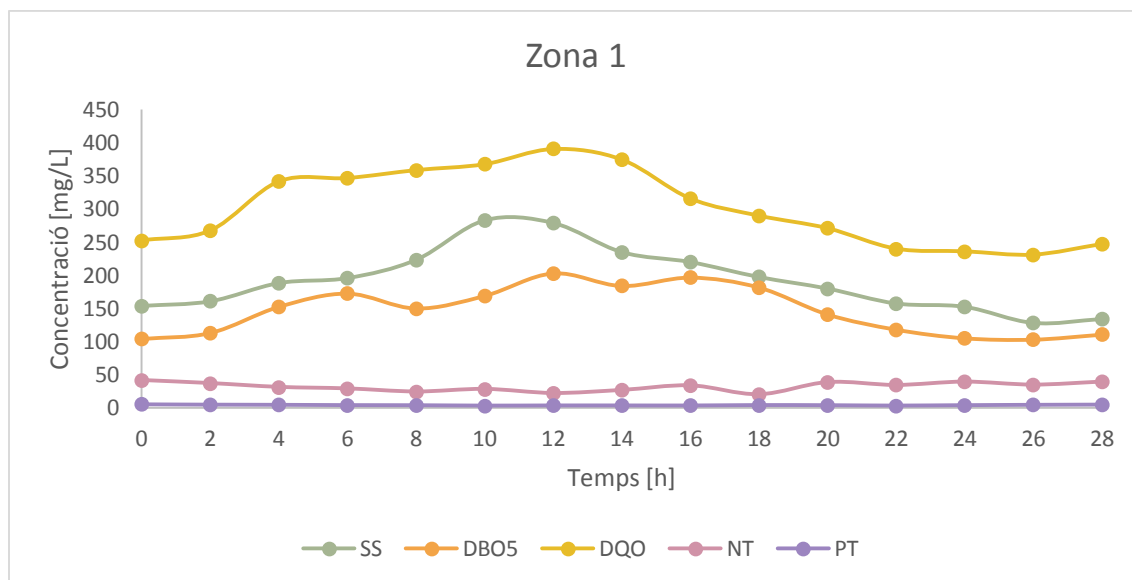
El rang de concentracions dels altres cinc contaminants s'ha referenciat als valors presents en els escenaris de *Verdaguer et al. (2014)*.

L'evolució de les concentracions dels contaminants emergents presenta un pic en les primeres hores del matí, és degut a l'acumulació d'aquests contaminants en l'organisme durant les hores de son, o en el cas del metilparabè correspon a l'aportació a les aigües residuals procedent de la neteja diària.

A continuació es mostren els escenaris dels contaminats de les zones 1, 2 i 3 i la representació de l'evolució d'aquestes. Els escenaris de la resta de les zones es troben a l'Annex 1. Com que els contaminants emergents es troben a una escala molt inferior als contaminants habituals, aquests s'han representat en una gràfica a part per poder apreciar la seva evolució.

Taula 3-7 Escenari de concentracions del contaminants sense pluja en la Zona 1

Zona 1									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	119,98	154	104	253	41	5	0,015658	0,000126	0,002799
2	126,05	161	113	268	37	4	0,018884	0,000573	0,004485
4	151,37	188	153	342	31	4	0,021916	0,000814	0,005176
6	160,66	196	173	347	29	4	0,022768	0,001481	0,006611
8	159,98	223	150	359	24	3	0,024147	0,002498	0,007532
10	172,22	283	169	368	28	3	0,025204	0,003800	0,008146
12	148,09	279	203	391	22	3	0,021917	0,001965	0,006842
14	132,83	235	184	375	26	3	0,021368	0,001425	0,005833
16	145,68	220	197	316	33	3	0,020625	0,000435	0,004787
18	182,81	198	182	290	20	4	0,020271	0,000269	0,004486
20	166,55	180	141	271	38	4	0,016561	0,000104	0,003265
22	164,33	158	118	240	34	3	0,013539	0,000095	0,003125
24	162,50	153	105	236	39	4	0,012658	0,000084	0,003078
26	157,34	128	103	231	35	4	0,011389	0,000081	0,002785
28	154,80	134	110	247	39	5	0,010245	0,000078	0,002697

**Figura 3-3** Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 1 en escenari sense pluja

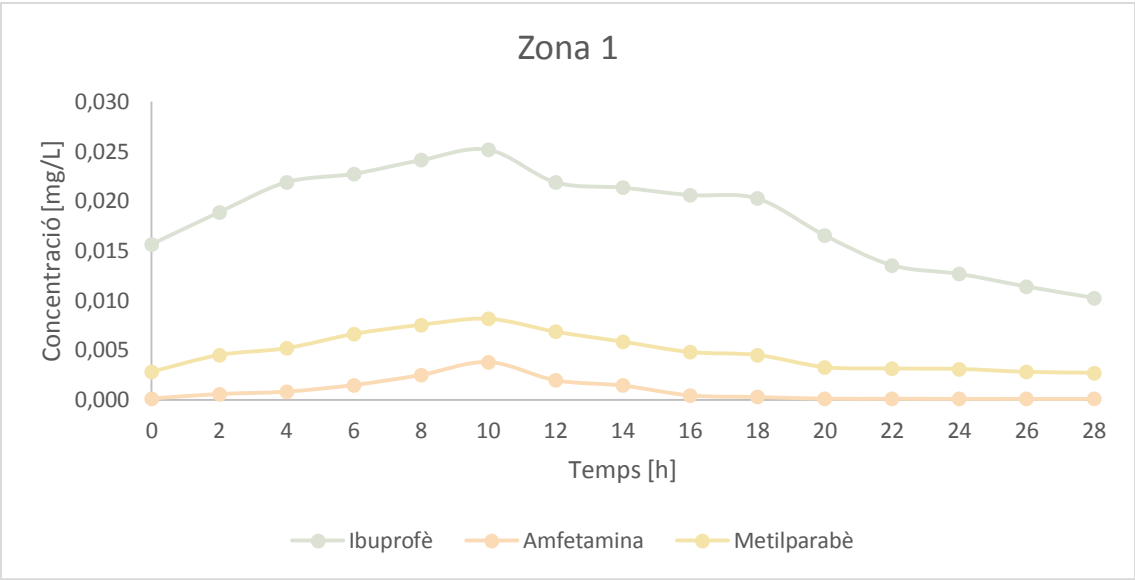


Figura 3-4 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 1 en escenari sense pluja

Taula 3-8 Escenari de concentracions del contaminants sense pluja en la Zona 2

Zona 2									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	1017,98	204	157	485	38	5	0,020469	0,000165	0,003658
2	1069,54	241	136	491	33	5	0,024685	0,000749	0,005863
4	1284,38	195	162	483	29	4	0,028648	0,001065	0,006766
6	1363,19	207	189	496	26	4	0,029762	0,001936	0,008642
8	1357,42	248	218	534	30	4	0,031565	0,003265	0,009846
10	1461,25	276	253	587	35	3	0,032946	0,004968	0,010649
12	1256,50	285	264	607	38	3	0,028649	0,002568	0,008943
14	1127,06	256	231	555	39	5	0,027931	0,001862	0,007625
16	1236,08	245	223	540	36	3	0,026961	0,000568	0,006258
18	1551,14	239	204	487	32	4	0,026499	0,000352	0,005864
20	1413,13	208	172	472	39	4	0,021648	0,000136	0,004268
22	1394,28	219	159	482	38	4	0,017698	0,000080	0,003164
24	1236,84	249	194	451	33	4	0,014570	0,000055	0,002128
26	1028,67	231	146	418	30	3	0,011442	0,000030	0,001092
28	932,78	187	123	407	37	3	0,008314	0,000005	0,000056

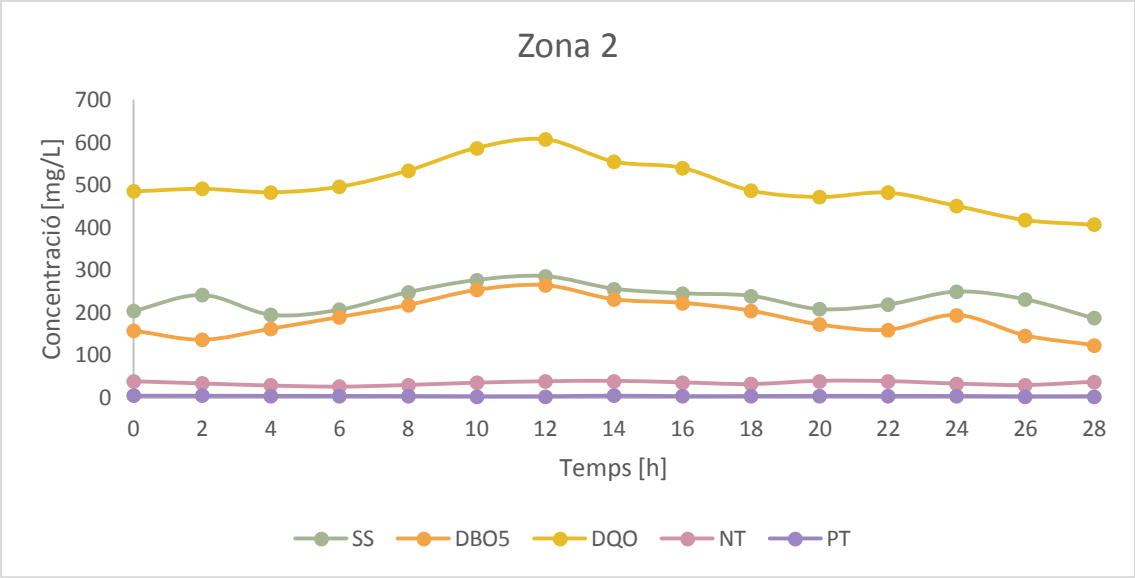


Figura 3-5 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 2 en escenari sense pluja

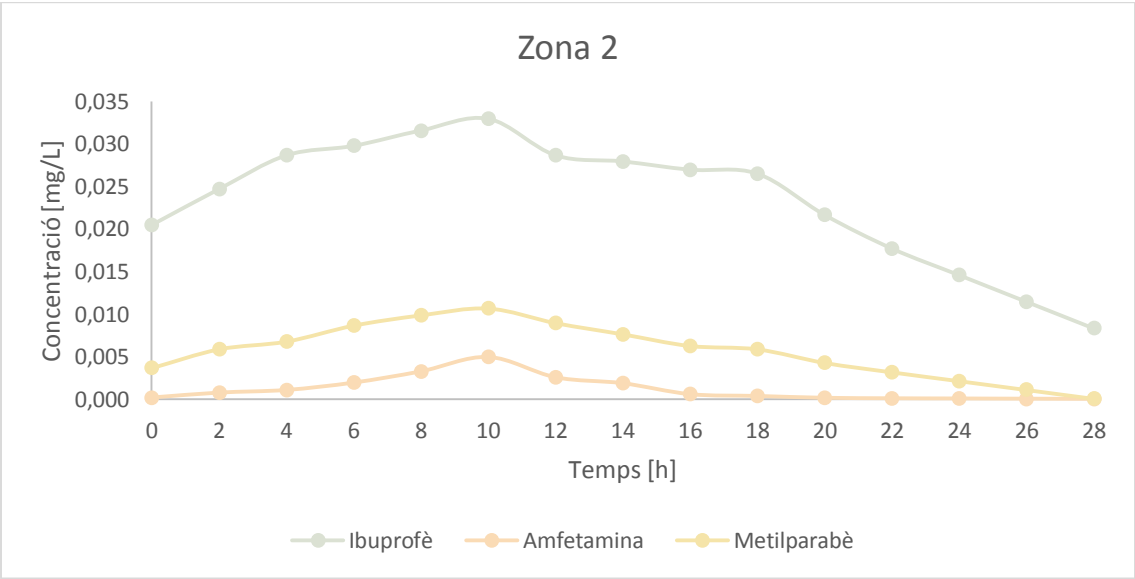


Figura 3-6 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 2 en escenari sense pluja

Taula 3-9 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 3

Zona 3									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	659,32	198	110	493	39	5	0,017930	0,000145	0,003658
2	692,72	205	119	486	35	5	0,021624	0,000656	0,005863
4	831,87	262	147	509	30	4	0,025096	0,000933	0,006766
6	882,91	288	162	514	41	4	0,026071	0,001696	0,008642
8	879,17	287	198	575	41	3	0,027651	0,002860	0,009846
10	946,42	321	227	610	38	3	0,028861	0,004352	0,010649
12	813,81	284	214	615	43	3	0,025097	0,002250	0,008943
14	729,97	267	201	528	44	5	0,024468	0,001631	0,007625
16	800,58	295	183	499	41	5	0,023618	0,000498	0,006258
18	1004,64	278	168	482	37	3	0,023213	0,000308	0,005864
20	915,25	234	193	444	35	3	0,018964	0,000119	0,004268
22	903,05	255	185	395	38	4	0,015504	0,000102	0,003164
24	845,36	249	170	401	33	6	0,012764	0,000097	0,002128
26	806,95	223	152	394	36	5	0,010024	0,000082	0,001092

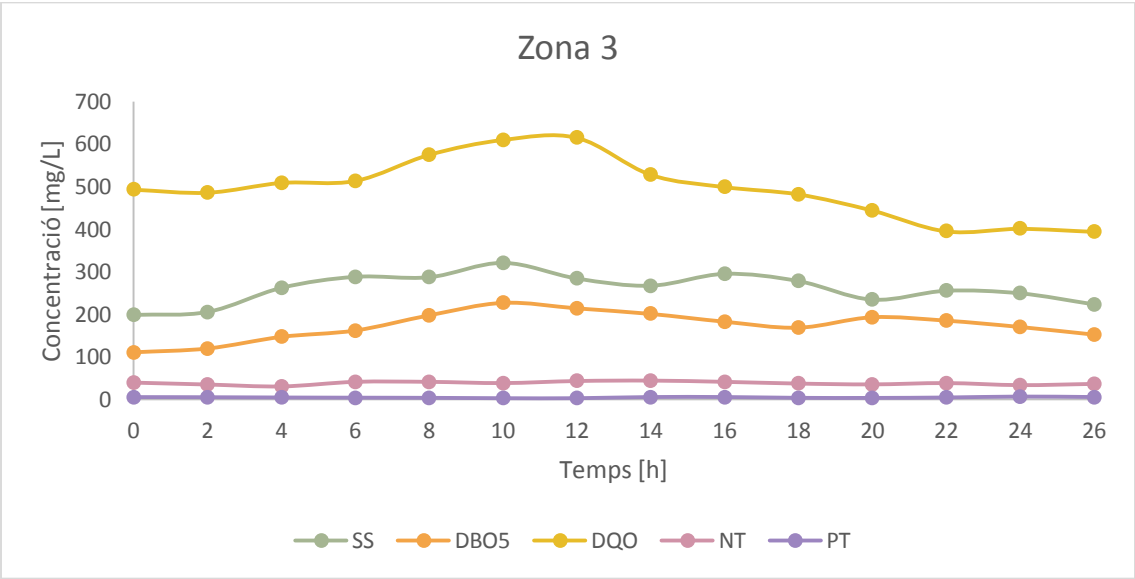


Figura 3-7 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 3 en escenari sense pluja

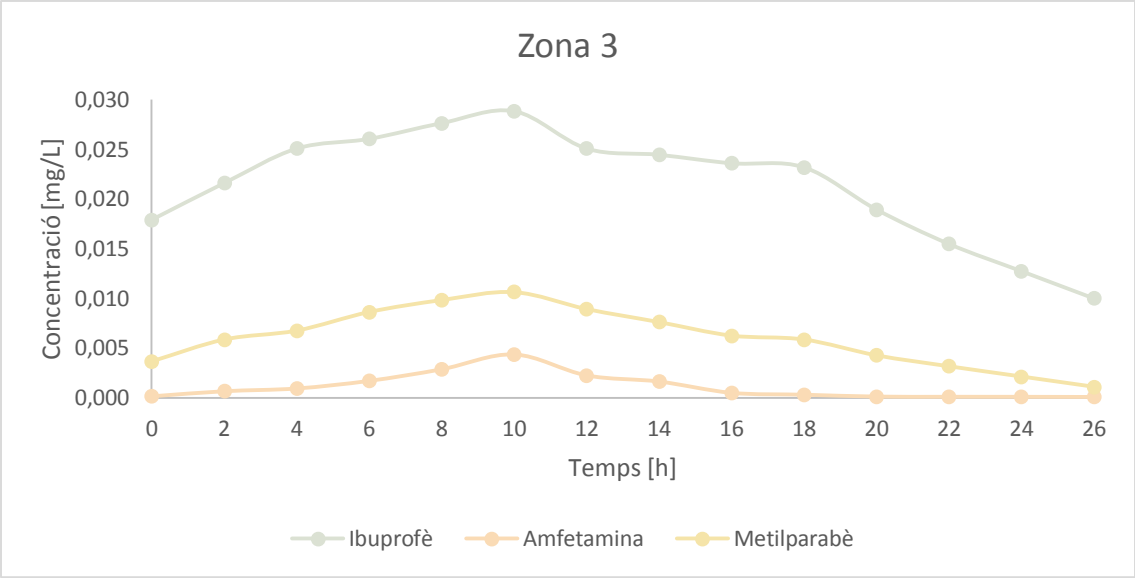


Figura 3-8 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 3 en escenari sense pluja

3.1.3 Escenari amb pluja

3.1.3.1 Determinació dels volums

S'ha suposat un episodi de pluja igual per a totes les zones, les dades han sigut preses del BSM1 en període de tempesta.

Per formar l'escenari d'estudi amb pluges, s'han referenciat els valors a les dades de benchmark BSM1 per període de tempesta, juntament amb els valors de BSM1 per període sec.

S'ha emprat els mateixos valors que per l'escenari sense pluja de superfície, densitat de població, coeficient d'escorrentia per zones residencials i consum d'aigua. En addició, s'ha assignat un valor de coeficient d'escorrentia corresponent a carrers per poder determinar la influència de l'aigua de pluja en els volums aportats a l'EDAR.

Taula 3-10 Dades emprades per la determinació dels volums de cada zona estudiada per l'escenari amb pluja

Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Superfície	50ha	Superfície	400ha	Superfície	310ha
Coef. Escorrentia - carrers	0,70	Coef. Escorrentia - carrers	0,80	Coef. Escorrentia - carrers	0,90
Superfície activa	35ha	Superfície activa	320ha	Superfície activa	279ha
Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	180habitants/ha
Habitants estimats	11000habitants	Habitants estimats	80000habitants	Habitants estimats	55800habitants
Coef. Escorrentia - residencial	0,60	Coef. Escorrentia - residencial	0,70	Coef. Escorrentia - residencial	0,65

Zona 4		Zona 5		Zona 6	
Superfície	450ha	Superfície	445ha	Superfície	90ha
Coef. Escorrentia - carrers	0,75	Coef. Escorrentia - carrers	0,85	Coef. Escorrentia - carrers	0,95
Superfície activa	337,5ha	Superfície activa	378,25ha	Superfície activa	85,5ha
Densitat població	210habitants/ha	Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	220habitants/ha
Habitants estimats	94500habitants	Habitants estimats	89000habitants	Habitants estimats	19800habitants
Coef. Escorrentia - residencial	0,60	Coef. Escorrentia - residencial	0,75	Coef. Escorrentia - residencial	0,62
Zona 7		Zona 8		Zona 9	
Superfície	250ha	Superfície	170ha	Superfície	350ha
Coef. Escorrentia - carrers	0,70	Coef. Escorrentia - carrers	0,80	Coef. Escorrentia - carrers	0,90
Superfície activa	230ha	Superfície activa	136ha	Superfície activa	315ha
Densitat població	230habitants/ha	Densitat població	200habitants/ha	Densitat població	190habitants/ha
Habitants estimats	57500habitants	Habitants estimats	34000habitants	Habitants estimats	66500habitants
Coef. Escorrentia - residencial	0,70	Coef. Escorrentia - residencial	0,68	Coef. Escorrentia - residencial	0,74

3.1.3.1.1 Procediment

Per determinar el valor d'aigua acumulat en cada zona, durant els períodes de 15 minuts estudiats, primerament cal restar els m^3/dia corresponents al BSM1 sense pluja, que s'han emprat per determinar l'escenari sense pluja, dels m^3/dia corresponents al BSM1 d'episodi de tempesta. D'aquesta manera es determina els m^3/dia del BSM1 que només corresponen a la pluja caiguda. Seguidament, es

divideixen els valors per la superfície activa de cada zona i es passen el m^3/dia en el qual es troben els valors de BSM1 a $m^3/15min$, obtenint els m^3 caiguts per hectàrea en un interval de 15 minuts. Els valors de superfície activa s'aconsegueixen aplicant el factor d'escorrentia a la superfície de cada zona. Els $m^3/15min$ d'aigua residual corresponent a la pluja s'aconsegueixen multiplicant el valor obtingut per les hectàrees que formen cada zona. Per obtenir l'aigua residual total formada, cal sumar el valor d'aigua corresponent a la pluja amb el volum procedent d'ús urbà, aquest s'obté aplicant el procediment de l'escenari sense pluja però per un interval de 15 minuts, en comptes de 2 hores.

A continuació s'exemplifica aquest procediment per les zones 1, 2 i 3 i seguidament es mostren conjuntament tots els escenaris d'evolució de les aigües residuals sense pluja.

Taula 3-11 Evolució del volum d'aigua residual en escenari de pluja corresponent a la zona 1

Zona 1						
Temps [min]	BSM1 tempesta [m ³ /dia]	BSM1 pluja [m ³ /dia]	BSM1 pluja [m ³ /ha·15min]	Aigua residual pluja [m ³ /15min]	Aigua residual urbana [m ³ /15min]	Aigua residual total [m ³ /15min]
0	17451,0	0,0	0,00	0,00	15,00	15,00
15	28091,0	9756,0	2,90	145,18	15,76	160,94
30	38720,0	16702,0	4,97	248,54	18,92	267,46
45	49360,0	25991,0	7,74	386,77	20,08	406,85
60	60000,0	36730,0	10,93	546,58	20,00	566,58
75	60000,0	34950,0	10,40	520,09	21,53	541,62
90	60000,0	38460,0	11,45	572,32	18,51	590,83
105	60000,0	40679,0	12,11	605,34	16,60	621,95
120	60000,0	38810,0	11,55	577,53	18,21	595,74
135	51083,0	24492,0	7,29	364,46	22,85	387,32
150	42165,0	17940,0	5,34	266,96	20,82	287,78
165	33308,0	9406,0	2,80	139,97	20,54	160,51

Taula 3-12 Evolució del volum d'aigua residual en escenari de pluja corresponent a la zona 2

Zona 2						
Temps [min]	BSM1 tempesta [m ³ /dia]	BSM1 pluja [m ³ /dia]	BSM1 pluja [m ³ /ha·15min]	Aigua residual pluja [m ³ /15min]	Aigua residual urbana [m ³ /15min]	Aigua residual total [m ³ /15min]
0	17451,0	0,0	0,00	0,00	127,25	127,25
15	28091,0	9756,0	0,32	127,03	133,69	260,72
30	38720,0	16702,0	0,54	217,47	160,55	378,02
45	49360,0	25991,0	0,85	338,42	170,40	508,82
60	60000,0	36730,0	1,20	478,26	169,68	647,93
75	60000,0	34950,0	1,14	455,08	182,66	637,73
90	60000,0	38460,0	1,25	500,78	157,06	657,84
105	60000,0	40679,0	1,32	529,67	140,88	670,56
120	60000,0	38810,0	1,26	505,34	154,51	659,85
135	51083,0	24492,0	0,80	318,91	193,89	512,80
150	42165,0	17940,0	0,58	233,59	176,64	410,23
165	33308,0	9406,0	0,31	122,47	174,29	296,76

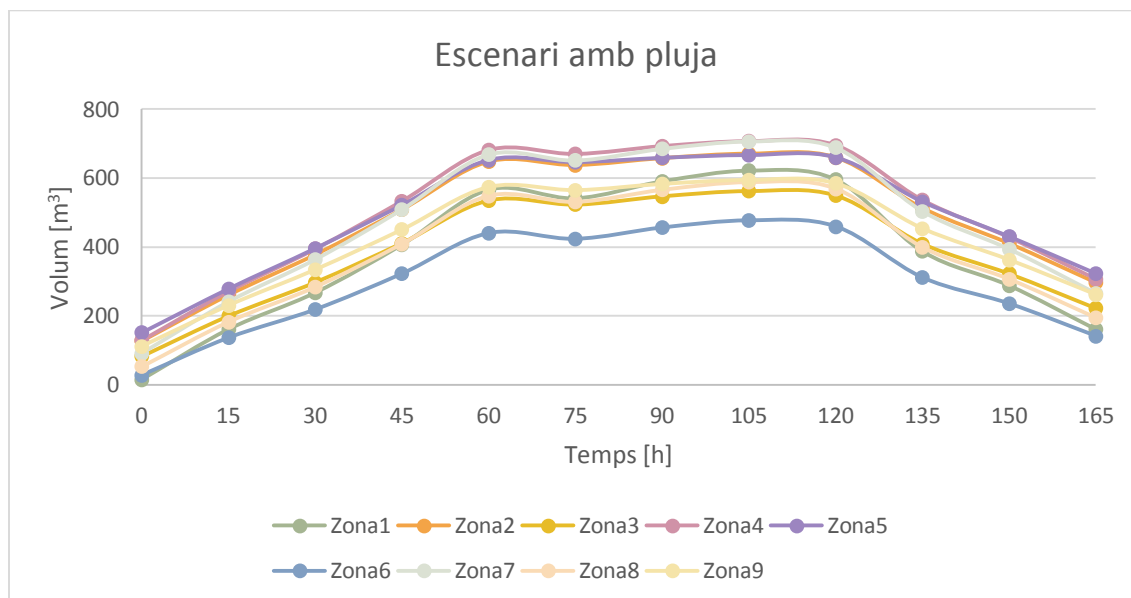
Taula 3-13 Evolució del volum d'aigua residual en escenari de pluja corresponent a la zona 3

Zona 3						
Temps [min]	BSM1 tempesta [m ³ /dia]	BSM1 pluja [m ³ /dia]	BSM1 pluja [m ³ /ha·15min]	Aigua residual pluja [m ³ /15min]	Aigua residual urbana [m ³ /15min]	Aigua residual total [m ³]
0	17451,0	0,0	0,00	0,00	82,42	82,42
15	28091,0	9756,0	0,36	112,92	86,59	199,51
30	38720,0	16702,0	0,62	193,31	103,98	297,29
45	49360,0	25991,0	0,97	300,82	110,36	411,19
60	60000,0	36730,0	1,37	425,12	109,90	535,01
75	60000,0	34950,0	1,30	404,51	118,30	522,82
90	60000,0	38460,0	1,44	445,14	101,73	546,86
105	60000,0	40679,0	1,52	470,82	91,25	562,07
120	60000,0	38810,0	1,45	449,19	100,07	549,26
135	51083,0	24492,0	0,91	283,47	125,58	409,05
150	42165,0	17940,0	0,67	207,64	114,41	322,05
165	33308,0	9406,0	0,35	108,87	112,88	221,75

Taula 3-14 Evolució de l'aigua residual generada per totes les zones en l'escenari amb pluja

Temps [min]	Aigua residual en escenari amb pluja [m ³]								
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6	Zona7	Zona8	Zona9
0	15,00	127,25	82,42	128,84	151,67	27,89	91,46	52,53	111,82
15	160,94	260,72	199,51	270,86	278,92	136,28	241,27	182,23	230,40
30	267,46	378,02	297,29	394,53	396,05	218,33	363,94	283,76	334,39
45	406,85	508,82	411,19	533,52	521,63	322,34	509,25	408,77	450,56
60	566,58	647,93	535,01	681,94	652,37	439,94	668,53	548,31	574,22
75	541,62	637,73	522,82	670,36	646,03	423,26	651,37	530,49	565,02
90	590,83	657,84	546,86	693,19	658,54	456,14	685,21	565,63	583,16
105	621,95	670,56	562,07	707,63	666,44	476,93	706,60	587,84	594,62
120	595,74	659,85	549,26	695,47	659,78	459,42	688,58	569,13	584,97
135	387,32	512,80	409,05	536,48	531,26	311,06	503,82	398,96	453,86
150	287,78	410,23	322,05	428,02	430,40	235,43	393,92	306,52	362,86
165	160,51	296,76	221,75	307,10	323,01	141,34	265,24	194,43	262,02

Els escenaris de totes les zones presenten una tendència similar en l'evolució del volum d'aigües residuals generades, ja que totes estan basades en els valors del BSM1. Les diferències que presenten entre si, són degudes a les característiques de l'escenari, la superfície, els habitants estimats i el coeficient d'escorrentia que presenta el terreny.

**Figura 3-9** Evolució de l'escenari amb pluja durant el període estudiat de totes les zones

Igual que per l'escenari sense pluja, s'ha hagut d'afegir intervals de temps per poder realitzar correctament la simulació. En aquest cas al tractar-se d'escenari amb pluja, els temps afegits corresponen només a aigües residuals urbanes, ja que es considera acabada l'episodi de pluja. Com en l'escenari anterior s'ha afegit 3 intervals de temps a les zones 1 i 2, a distància 1, 2 intervals de temps a les zones 3, 4 i 5, a distància 2, i 1 interval de temps a les zones 6 i 7, a distància 3.

3.1.3.2 Determinació de la concentració de contaminants

Per cada zona s'ha creat un escenari corresponent a l'evolució de les concentracions dels contaminants a estudiar, segons la generació d'aigües residuals en cada interval de temps. Per l'escenari amb pluja s'han considerat els següents cinc contaminants habituals i dos metalls pesants:

- sòlids en suspensió (SS),
- demanda biològica d'oxigen (DBO₅),
- demanda química d'oxigen (DQO),
- nitrogen total (NT),
- fòsfor total (PT),
- plom (Pb),
- ferro (Fe).

S'han escollit aquests metalls pesants perquè són molt habituals en la composició d'aigües residuals en períodes de pluja, a causa de l'escorrentia. Els rangs de concentracions emprats es mostren en la següent taula:

Taula 3-15 Rangs de concentració dels metalls pesants en els influents (Lee et al., 2000)

Contaminant emergent	Influent [mg/L]
Pb	0,002-0,129
Fe	0,128-0,340

El rang de concentracions dels cinc contaminants habituals s'ha referenciat als valors presents en els escenaris de Verdaguer et al. (2014).

S'observa que tots els escenaris segueixen una mateixa tendència, en el qual es produeix un pic de concentració en els temps posteriors a l'inici de la tempesta. Aquest fet s'explica amb l'efecte first flush.

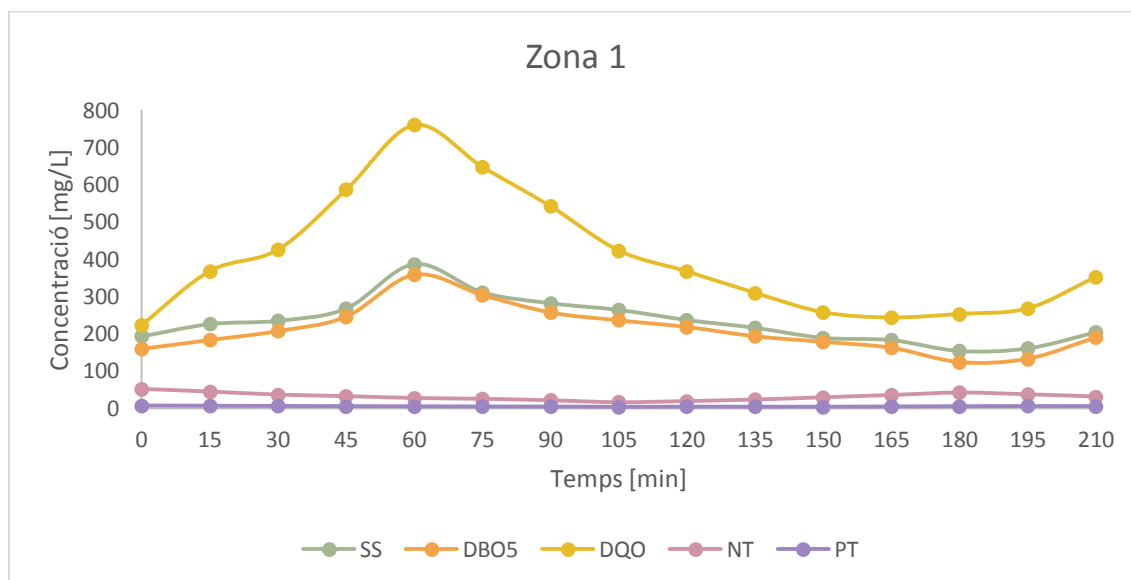
3.1.3.2.1 Efecte first flush

El fenomen d'efecte first flush, correspon al període inicial d'un episodi de pluja en el que la concentració dels contaminants en les aigües d'escorrentia és substancialment més elevada que les concentracions en períodes posteriors (*Lee et al., 2002*). Sovint aquest efecte causa desbordaments i sobrecàrregues a les EDAR, reduint la qualitat dels influents per culpa dels contaminants presents, i conseqüentment disminuint l'efectivitat del tractament de les aigües. L'efecte first flush generalment es caracteritza per un increment de sòlids en suspensió (SS), demanda biològica d'oxigen (DBO₅) i demanda química d'oxigen (DQO) (*Verdaguer et al., 2014*). Les concentracions de metalls pesants també experimenten un augment brusc durant el període d'efecte first flush, això és degut a que la procedència general d'aquests metalls és de l'escorrentia de carreteres.

A continuació es mostren els escenaris de contaminants de les zones 1, 2 i 3 i la representació de l'evolució d'aquestes. Els escenaris de la resta de les zones es troben a l'Annex 2. Degut a que els metalls pesants es troben a una escala inferior als contaminants habituals, aquests s'han representat en una gràfica a part per poder apreciar la seva evolució.

Taula 3-16 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 1

Zona 1								
Temps [min]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	15,00	193	159	223	51	7	0,009	0,153
15	160,94	226	183	368	44	6	0,026	0,176
30	267,46	235	207	426	36	6	0,067	0,207
45	406,85	268	246	587	32	5	0,092	0,243
60	566,58	387	359	761	27	5	0,119	0,290
75	541,62	311	304	648	25	4	0,112	0,286
90	590,83	282	257	542	21	4	0,103	0,261
105	621,95	264	236	423	16	3	0,089	0,227
120	595,74	237	218	367	19	4	0,061	0,196
135	387,32	216	193	309	23	4	0,047	0,170
150	287,78	189	178	257	29	4	0,029	0,152
165	160,51	183	162	243	35	4	0,004	0,136
180	15,00	154	124	253	41	5	0,004	0,131
195	15,76	161	133	268	37	5	0,006	0,138
210	18,92	204	190	352	31	5	0,007	0,152

**Figura 3-10** Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 1 en escenari amb pluja

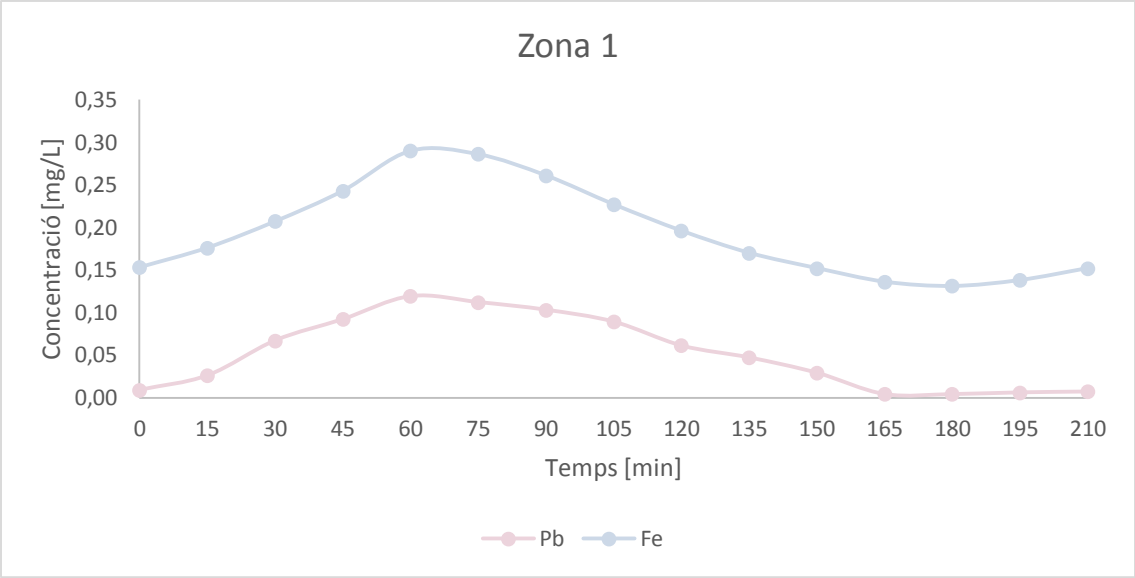


Figura 3-11 Evolució dels metalls pesants en la Zona 1 en escenari amb pluja

Taula 3-17 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 2

Zona 2								
Temps [min]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	127,25	197	163	237	58	7	0,024	0,129
15	260,72	234	194	394	43	7	0,043	0,131
30	378,02	248	227	502	37	6	0,057	0,135
45	508,82	297	261	764	29	5	0,086	0,276
60	647,93	451	354	835	25	5	0,122	0,328
75	637,73	342	326	584	23	5	0,118	0,304
90	657,84	307	301	496	20	4	0,107	0,276
105	670,56	294	267	450	18	3	0,096	0,240
120	659,85	287	231	397	19	3	0,071	0,216
135	512,80	250	206	351	24	3	0,067	0,196
150	410,23	226	191	297	31	4	0,048	0,163
165	296,76	179	173	271	37	4	0,034	0,137
180	127,25	157	127	269	43	5	0,019	0,125
195	133,69	164	136	284	33	5	0,031	0,142
210	160,55	195	162	473	29	4	0,029	0,134

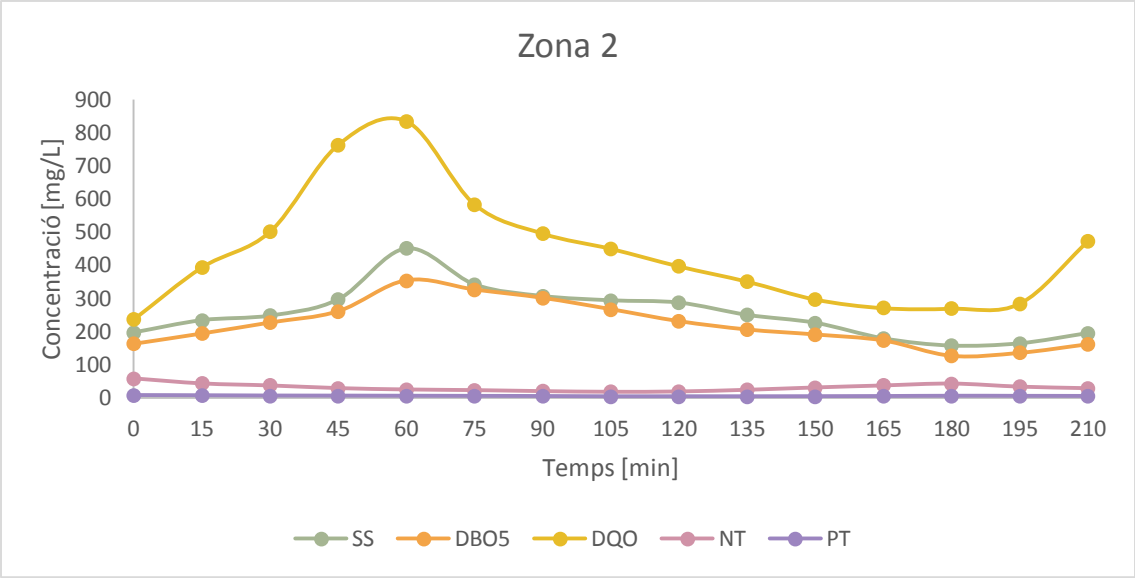


Figura 3-12 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 2 en escenari amb pluja

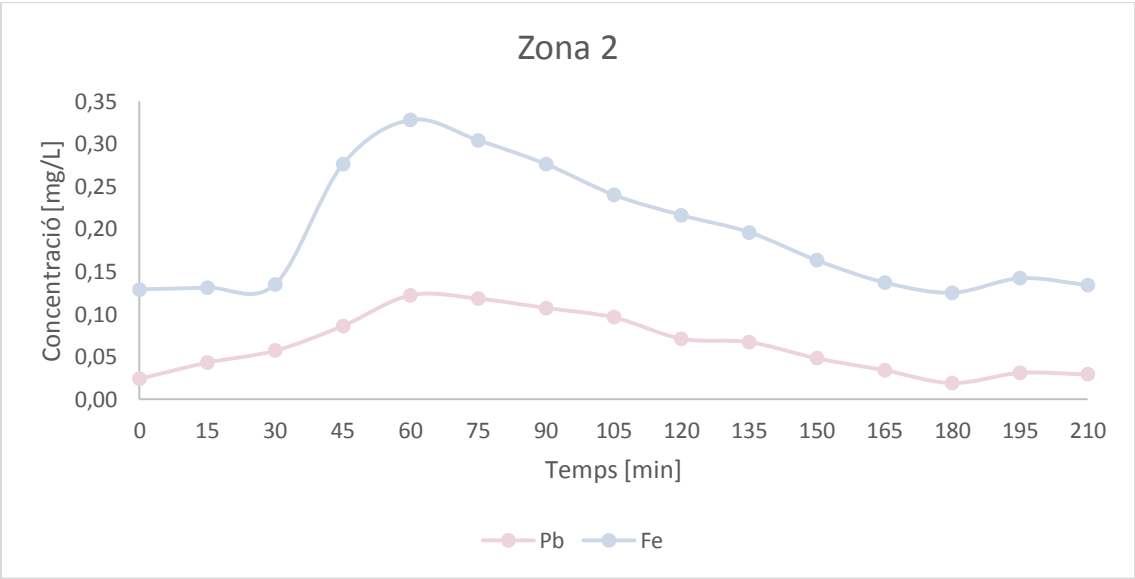
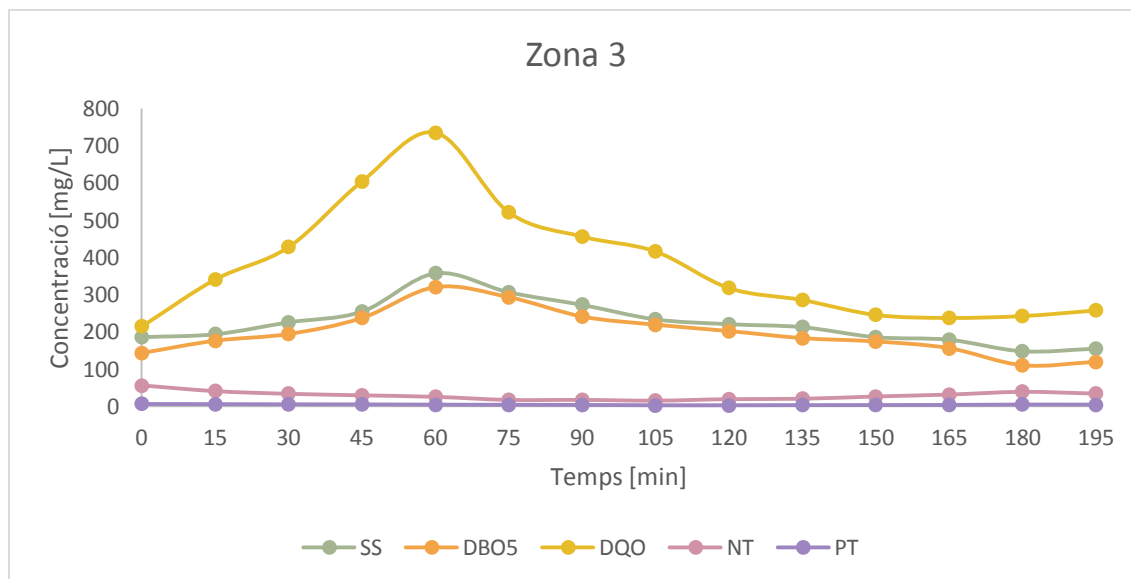


Figura 3-13 Evolució dels metalls pesants en la Zona 2 en escenari amb pluja

Taula 3-18 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 3

Zona 3								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	82,42	186	143	215	56	7	0,009	0,206
15	199,51	194	176	341	41	6	0,026	0,215
30	297,29	226	194	428	34	6	0,048	0,236
45	411,19	255	237	604	30	5	0,069	0,257
60	535,01	358	320	735	26	5	0,103	0,284
75	522,82	307	293	521	18	4	0,094	0,271
90	546,86	273	241	456	18	4	0,076	0,250
105	562,07	234	219	416	16	3	0,059	0,239
120	549,26	221	202	318	20	3	0,038	0,225
135	409,05	213	183	286	21	3	0,024	0,196
150	322,05	186	174	246	27	3	0,021	0,187
165	221,75	179	156	238	32	4	0,013	0,173
180	82,42	148	110	243	39	5	0,008	0,153
195	86,59	155	119	258	35	5	0,011	0,145

**Figura 3-14** Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 3 en escenari amb pluja

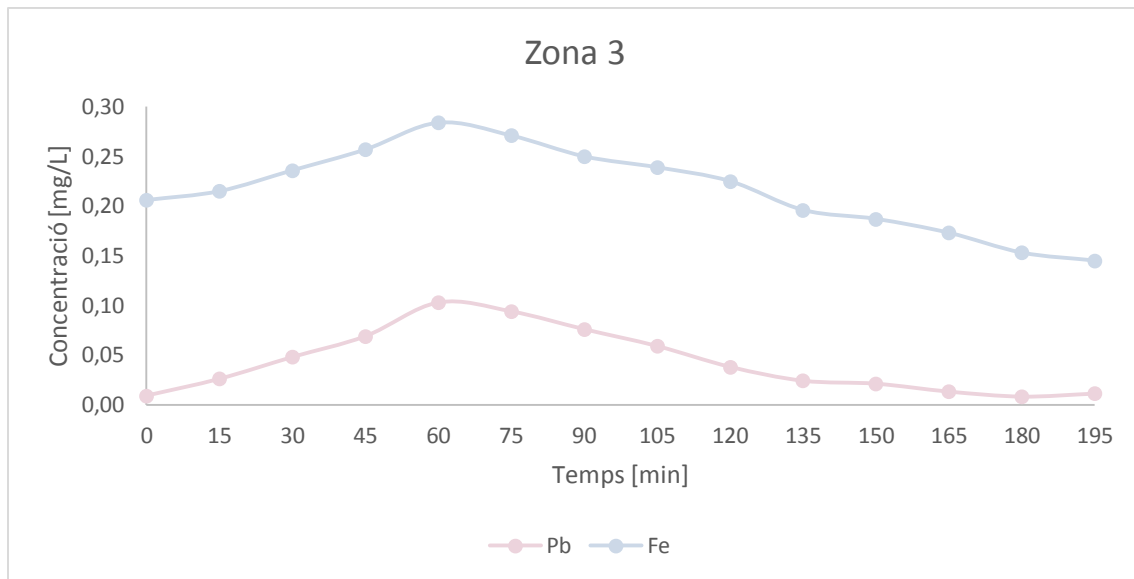


Figura 3-15 Evolució dels metalls pesants en la Zona 3 en escenari amb pluja

3.2 SIMULACIÓ

Per realitzar la prioritització de les aportacions d'aigües residuals a l'EDAR, s'ha utilitzat un programa de simulació per determinar la combinació òptima de descàrregues, amb l'objectiu de maximitzar el cost. Aquest programa es basa en el procés d'optimització combinatòria explicat en l'apartat 2.3. Ja que cada contaminant té associat un cost en €/Kg, la maximització del cost implicarà una major descàrrega de contaminants. Per tant les simulacions que obtinguin un cost màxim, sempre respectant els límits establerts per l'EDAR, resultarà amb la combinació òptima de descàrregues.

Per cada interval de temps a estudiar, s'introdueixen en el programa les dades de concentracions de contaminants i volum acumulat en els tancs de retenció corresponents a cada zona, obtinguts dels escenaris creats. A causa del fet que el programa realitza l'optimització amb descàrregues múltiples de 100, els escenaris de volums creats s'arrodoneixen al centenar. Amb aquests valors es realitza la simulació per tal de determinar la combinació d'abocaments procedents dels 9 tancs de retenció, que correspongui al cost màxim, sense sobrepassar les limitacions de l'EDAR.

Ja que no necessàriament és possible abocar la totalitat del volum acumulat en els tancs de retenció, per les limitacions de l'EDAR, cal realitzar balanços de matèria en els tancs, per cada interval de temps, per poder conèixer la composició de les aigües acumulades. Aquests balanços de matèria es realitzen amb l'aigua arribada al tanc de retenció en l'interval de temps a estudiar, i l'aigua que no s'ha abocat corresponent al temps anterior.

3.2.1 Parametritzacions

Per aquest estudi s'han realitzat les simulacions amb 100 formigues artificials, s'ha aplicat l'algoritme 10 vegades i per cada repetició de l'algoritme s'han realitzat 500 iteracions.

Cada repetició de l'algoritme, resulta amb la combinació dels volums de descàrrega dels diferents tancs de retenció que ha obtingut el cost més gran per les 500 iteracions realitzades. Els volums de descàrrega de cada tanc que es consideren òptims per

aquella simulació, i per tant corresponents a les descàrregues aplicades, resulten de la mitjana dels resultats de les 10 repeticions de l'algoritme.

Els paràmetres introduïts, per tal de realitzar la simulació, són concentració màxima admissible, concentració mitjana, preu i pes en el procés combinatori de cada contaminant, el volum màxim admissible a l'EDAR i l'import del cànon de l'aigua de tipus general.

L'import del cànon de l'aigua ve definit per l'Agència Catalana de l'Aigua. Per determinar la limitació de volum a cada EDAR s'ha suposat un valor corresponent al 70% del sumatori de volums recollits en l'instant de màxim consum o pluja, segons l'escenari.

Taula 3-19 Paràmetres de preu d'aigua i volum màxim per cada escenari

Escenari sense pluja		Escenari amb pluja	
Preu de l'aigua [€]	Limitació de volum [m ³]	Preu de l'aigua [€]	Limitació de volum [m ³]
0,1606	7000	0,1606	4000

Els paràmetres referits als contaminants habituals són iguals per als dos escenaris estudiats. Els valors de concentració màxima s'han extret de l'article de *Verdaguer et al. (2014)*, els valors de concentració mitjana del *Metcalf & Eddy (1991)* i els valors de preu i pes s'han obtingut de l'Agència Catalana de l'Aigua.

Taula 3-20 Paràmetres dels contaminants habituals emprats per realitzar les simulacions

	SS	DBO ₅	DQO	NT	PT
Concentració màxima [mg/L]	350	350	750	60	10
Concentració mitjana [mg/L]	220	220	500	40	8
Preu [€/g]	0,0004864	0,0005000	0,00145935	0,0007387	0,0014775
Pes	0,08	0,11	0,11	0,10	0,10

Les parametritzacions dels contaminants emergents i dels metalls pesants són hipotètiques, ja que aquests no es troben legislades. La concentració màxima en els dos casos s'ha considerat el 70% del rang de concentracions de cada contaminant emprats per crear els escenaris. En el cas de l'escenari sense pluja, el rang es troba publicat en *Petrie et al. (2014)*, i per l'escenari amb pluja, es troba publicat en *Lee et al. (2000)*. La concentració mitjana correspon al valor mitjà del rang esmentat. Els preus

s'han considerat d'un valor similar als especificats per l'ACA, però aplicant un factor per assimilar el preu a l'ordre de la concentració dels contaminants, en comparació als habituals, per tant 1000 vegades superior per els contaminants emergents i 10 vegades superior per als metalls pesants.

Per determinar el pes dels contaminants, es van realitzar simulacions de calibratge per determinar quin pes resultava amb un cost màxim. Per cada escenari es va emprar les dades corresponents als de l'instant de màxim volum acumulat per cada zona. Es van realitzar les simulacions modificant en casa cas la variable de pes dels contaminants. Els pesos estudiats van ser 0,01, 0,1, 1, 10, 100, 1000, 10000 i 100000. Els dos escenaris van resultar amb el mateix cost per totes les proves realitzades respectivament. Pel fet que no es va obtenir diferències en la variació del pes, es va considerar el pes de 100 per als contaminants emergents, aplicant el factor de 1000, i el pes d'1 per als metalls pesants, aplicant el factor de 10.

Taula 3-21 Paràmetres dels contaminants emergents emprats per realitzar les simulacions

	Ibuprofè	Amfetamina	Metilparabè
Concentració màxima [mg/L]	0,0241391	0,0036883	0,0089133
Concentració mitjana [mg/L]	0,0180	0,0027	0,0070
Preu [€/g]	0,7954	0,9462	0,8643
Pes	100,00	100,00	100,00

Taula 3-22 Paràmetres dels metalls pesants emprats per realitzar les simulacions

	Plom	Ferro
Concentració màxima [mg/L]	0,0909	0,2764
Concentració mitjana [mg/L]	0,058	0,208
Preu [€/g]	0,007243	0,009216
Pes	1,00	1,00

3.2.2 Priorització dels abocaments

Un cop determinats tots els paràmetres, es pot procedir a realitzar les simulacions per cada interval de temps. Per realitzar-les, cal tenir present la distància a la qual es troba

cada zona de l'EDAR, i conseqüentment, el temps que els volums d'aquests trigaran a arribar als tancs de retenció corresponents.

S'ha suposat que l'EDAR estava treballant en estat estacionari amb el primer interval de temps estudiat. D'aquesta manera, en el primer temps a simular, només arriben als tancs de retenció els volums acumulats en primer interval de temps procedents de les zones 1 i 2, que es troben a distància 1. Això és pel fet que s'ha considerat cada distància equivalent a un interval de temps.

Un cop realitzat la simulació, s'obtenen els resultats òptims d'abocament de cada tanc, que corresponen al cost màxim. Es procedeix a determinar els volums i concentracions acumulats en els tancs en el temps 2. Per aquest temps cal realitzar un balanç de matèria per al volum no abocat dels tancs de retenció 1 i 2, procedents del primer interval de temps i el volum que ha arribat a l'EDAR de les zones 1 i 2 durant el segon interval de temps. A l'EDAR també haurà arribat en el temps 2, el volum procedent de les zones 2, 3 i 4 acumulat durant el primer interval de temps, ja que aquestes es troben a distància 2, i per tant triguen un interval de temps més en arribar a l'EDAR que els abocaments de les zones a distància 1. S'introdueixen els valors de volum i concentració calculats en el programa i es procedeix a la simulació del temps 2.

Amb els resultats obtinguts, es realitza el mateix procediment, però amb l'addició de l'arribada del volum procedent de les zones 6 i 7 acumulat en el primer interval de temps.

Fins a la simulació del temps 4 no s'haurà descarregat aigua residual en tots els tancs de retenció. En aquest temps hi haurà

- TR1 i TR2: nova entrada d'aigües acumulades durant l'interval de temps 4 i les aigües no abocades de temps anteriors,
- TR3, TR4 i TR5: nova entrada d'aigües acumulades durant l'interval de temps 3 i les aigües no abocades de temps anteriors,
- TR6 i TR7: nova entrada d'aigües acumulades durant l'interval de temps 2 i les aigües no abocades del període del temps anterior,
- TR8 i TR9: entrada d'aigües acumulades durant l'interval de temps 1.

Aquest mateix procediment es segueix per la resta d'interval de temps fins acabar el període estudiat.

4 RESULTATS I DISCUSSIÓ

4.1 ESCENARI SENSE PLUJA

A continuació es mostren les dades de concentracions i volums dels tancs de retenció, pels temps representatius, corresponents a l'escenari sense pluja. Aquests valors són resultat dels balanços de matèria de les aigües noves arribades de cada zona, i les aigües no abocades dels temps anteriors, a causa de les limitacions establertes a l'EDAR. Seguidament es mostren les gràfiques comparatives de volum acumulat en cada tanc i el volum abocat per cada temps.

Taula 4-1 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 1

TEMPS 1									
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	100	154	104	253	41	5	0,015658	0,000126	0,002799
TR2	1000	204	157	485	38	5	0,020469	0,000165	0,003658

Com s'ha comentat anteriorment, en el temps 1 tan sols hi ha aigües en els tancs de retenció corresponent a les zones que es troben a distància 1. Aquestes aigües corresponen a les recollides durant el primer interval de temps en aquestes zones. Com que el volum i les càrregues de contaminants són menors als límits permesos per l'EDAR, s'aboca la totalitat de les aigües residuals dels dos tancs.

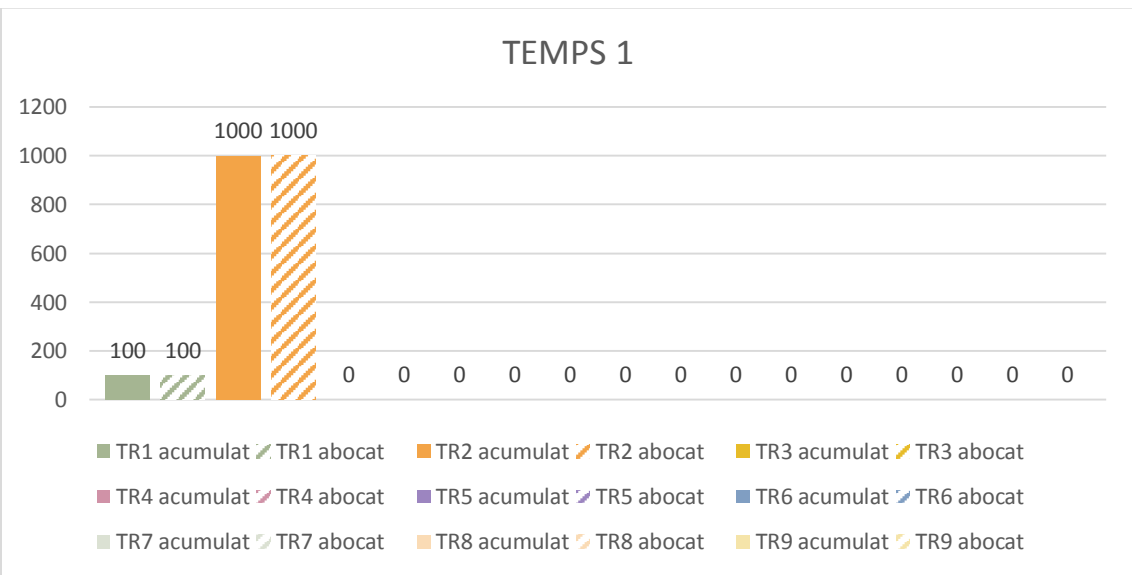
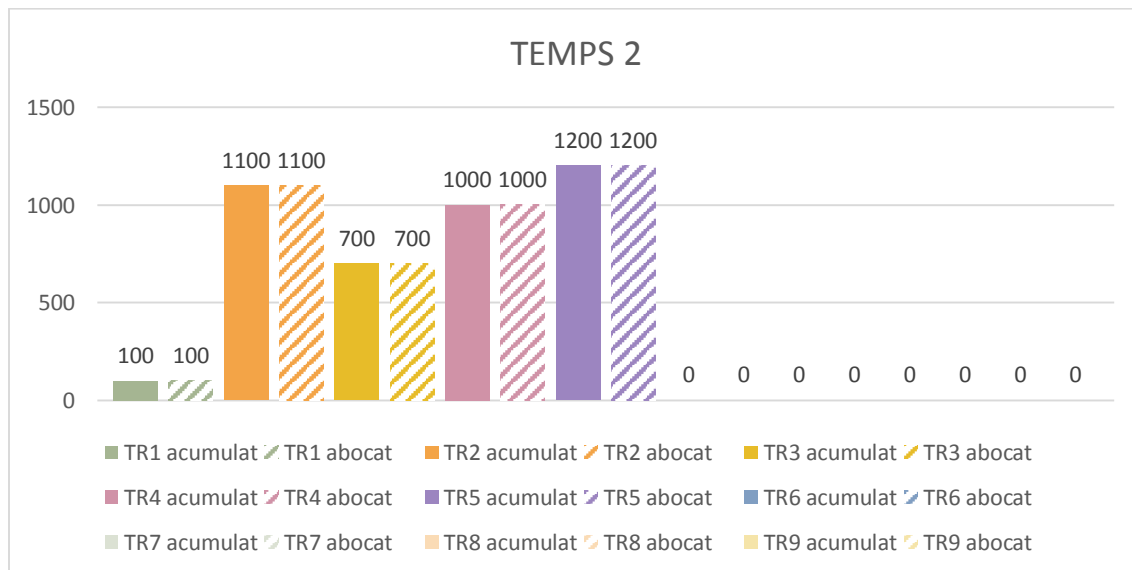


Figura 4-1 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 1

Taula 4-2 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 2

TEMPS 2									
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	100	161	113	268	37	4	0,018884	0,000573	0,004485
TR2	1100	241	136	491	33	5	0,024685	0,000749	0,005863
TR3	700	198	110	493	39	5	0,017930	0,000145	0,003205
TR4	1000	273	190	532	46	4	0,018970	0,000153	0,003390
TR5	1200	240	219	644	39	5	0,019977	0,000161	0,003570

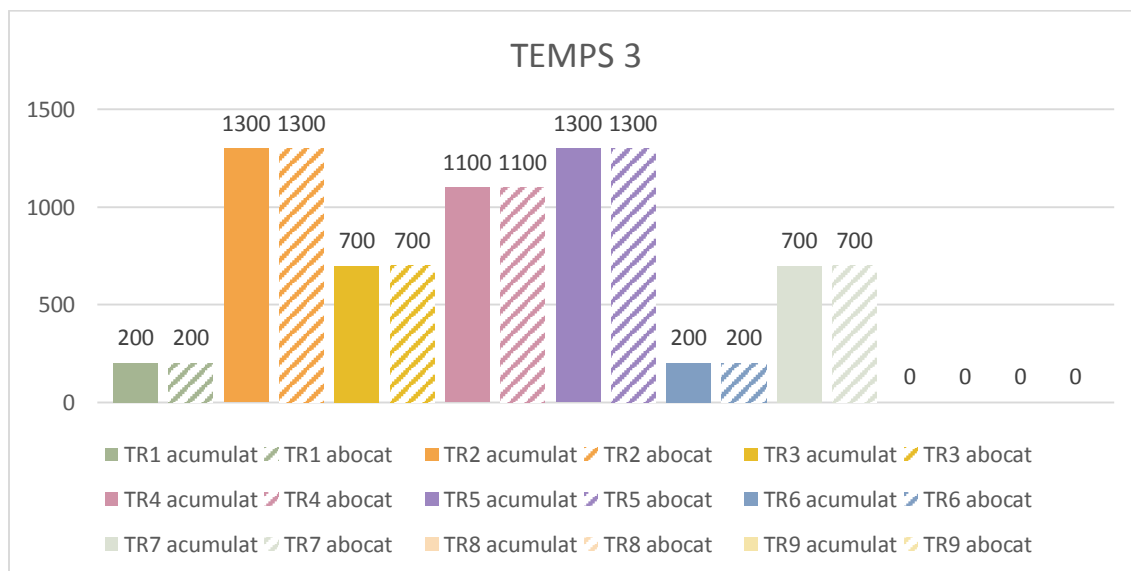
A causa del fet que en el temps anterior els tancs de retenció TR1 i TR2 van descarregar completament, no ha sigut necessari realitzar balanç de matèria per determinar la composició dels tancs. En aquest temps hi ha aigües residuals en els tancs corresponents a les zones que es troben a distància 1 i 2. Els TR de les zones que es troben a distància 1 han acumulat les aigües recollides durant el segon interval de temps, però, els TR de les zones que es troben a distància 2 han acumulat les aigües recollides en el primer interval de temps de les seves zones corresponents. A conseqüència del fet que la càrrega i el volum no supera els límits de l'EDAR en aquest temps, també s'aboquen els tancs de retenció en la seva totalitat.

**Figura 4-2** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 2

Taula 4-3 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 3

TEMPS 3									
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	200	188	153	342	31	4	0,021916	0,000814	0,005176
TR2	1300	195	162	483	29	4	0,028648	0,001065	0,006766
TR3	700	205	119	486	35	5	0,021624	0,000656	0,005136
TR4	1100	280	169	517	40	5	0,022878	0,000695	0,005434
TR5	1300	247	228	659	31	4	0,024093	0,000731	0,005722
TR6	200	202	126	466	45	6	0,020550	0,000166	0,003673
TR7	700	232	166	563	34	4	0,017767	0,000160	0,003175

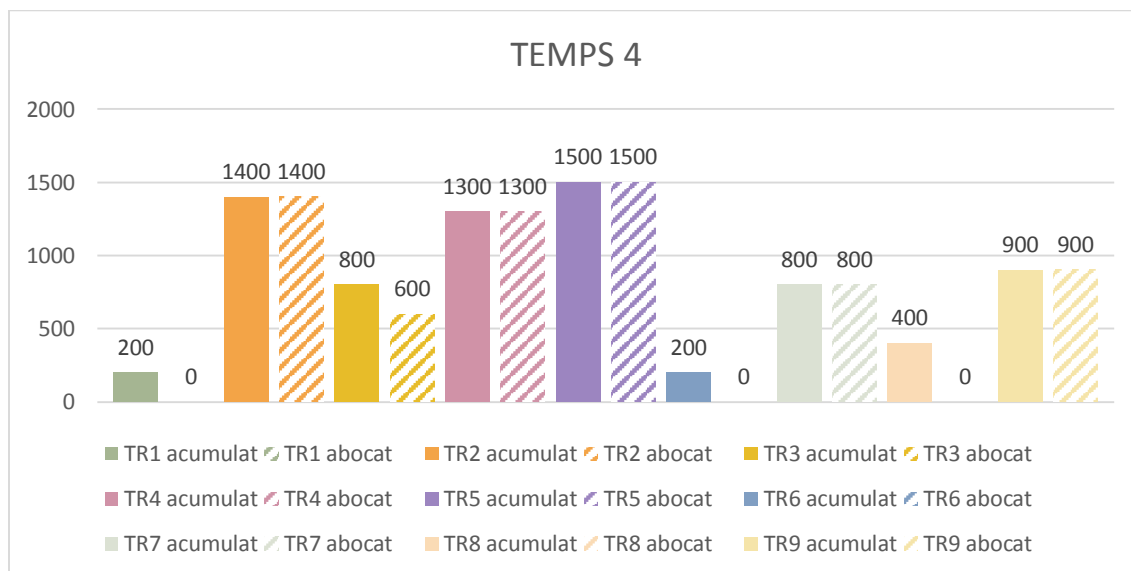
En aquest cas tampoc ha sigut necessari realitzar un balanç de matèria per determinar la composició dels tancs de retenció en aquest temps. S'observa que han acumulat aigües residuals els tancs corresponents a les zones que es troben a distància 3. Aquestes aigües, corresponen a les recollides durant el primer interval de temps d'aquestes zones. Les aigües dels tancs procedents de distància 1 són les recollides en el tercer interval de temps de les seves zones, i les aigües de distància 2 corresponen a les recollides durant el segon interval de temps de les seves zones. Per aquest temps tots els tancs també aboquen la seva totalitat, gràcies al fet que no superen els límits de volum i càrrega de l'EDAR.

**Figura 4-3** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 3

Taula 4-4 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 4

TEMPS 4									
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	200	196	173	347	29	4	0,022768	0,001481	0,006611
TR2	1400	207	189	496	26	4	0,029762	0,001936	0,008642
TR3	800	262	147	509	30	4	0,025096	0,000933	0,005927
TR4	1300	252	178	497	37	5	0,026552	0,000987	0,006271
TR5	1500	274	250	689	26	4	0,027961	0,001039	0,006603
TR6	200	199	135	481	40	5	0,024784	0,000752	0,005887
TR7	800	239	175	578	31	5	0,021427	0,000725	0,005089
TR8	400	212	151	378	53	5	0,020387	0,000164	0,003644
TR9	900	281	220	699	47	6	0,020612	0,000166	0,003684

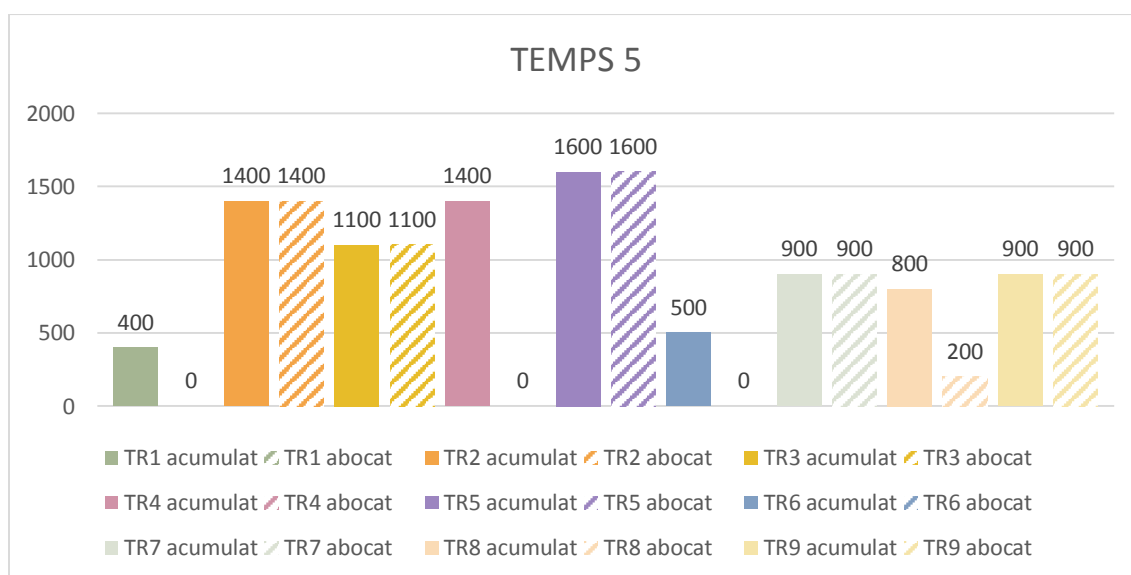
En aquest temps tots els tancs de retenció han acumulat aigües residuals. Corresponen a les aigües recollides en les seves zones en l'interval de temps que correspongui, segons la distància a la qual es troben. Per aquest temps la totalitat de les aigües dels 9 tancs supera alguna de les limitacions de l'EDAR. Per aquest motiu, no s'aboca l'aigua residual acumulada en els TR corresponents a les zones 1, 6 i 8 i el tanc de retenció 3 no aboca la seva totalitat.

**Figura 4-4** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 4

Taula 4-5 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 5

TEMPS 5									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	400	210	162	353	27	4	0,023458	0,001990	0,007072
TR2	1400	248	218	534	30	4	0,031565	0,003265	0,009846
TR3	1100	283	159	513	39	4	0,025894	0,001557	0,007272
TR4	1400	249	200	539	41	7	0,027583	0,001795	0,008010
TR5	1600	287	267	677	23	4	0,029048	0,001890	0,008435
TR6	500	204	151	464	38	5	0,027171	0,000942	0,006431
TR7	900	261	157	579	26	4	0,024867	0,001031	0,005873
TR8	800	216	156	386	49	6	0,022487	0,000455	0,004742
TR9	900	294	238	694	41	5	0,024858	0,000755	0,005904

Ja que no s'ha abocat totalment el volum d'aigües acumulades de tots els tancs de retenció en el temps anterior, cal realitzar balanços de matèria per determinar la composició d'aquests tancs. En aquest temps els tancs de retenció 1, 4 i 6 no aboquen i el tanc corresponent a la zona 8 no aboca la totalitat de les aigües residuals acumulades.

**Figura 4-5** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 5

A partir d'aquest temps s'observa que totes les simulacions resulten seguint la mateixa tendència, l'abocament de les aigües residuals acumulades no es completa a causa de les limitacions de l'EDAR. Les taules i composicions dels temps no mostrats a continuació es troben a l'Annex 3.

4.1.1 Evolució dels paràmetres analitzats

A continuació es realitza una anàlisi de les evolucions del volum, de les càrregues i del cost obtingut com a resultats de les simulacions realitzades durant el període estudiat.

S'analitzen les evolucions a partir del temps 4, el temps a partir del qual no s'aboca la totalitat de les aigües residuals acumulades en els tancs de retenció.

El fet que en els tres primers temps s'aboca la totalitat de les aigües acumulades en els tancs de retenció, s'explica amb la disponibilitat de l'EDAR en el primer temps i amb l'abocament a distància variable, fent que les aigües residuals arribin esglaonadament. Això implica que les limitacions de l'EDAR no se superin fins a un temps posterior, que en aquest cas correspon al temps 4.

La línia contínua de les gràfiques correspon a la limitació de l'EDAR.

4.1.1.1 Volum total

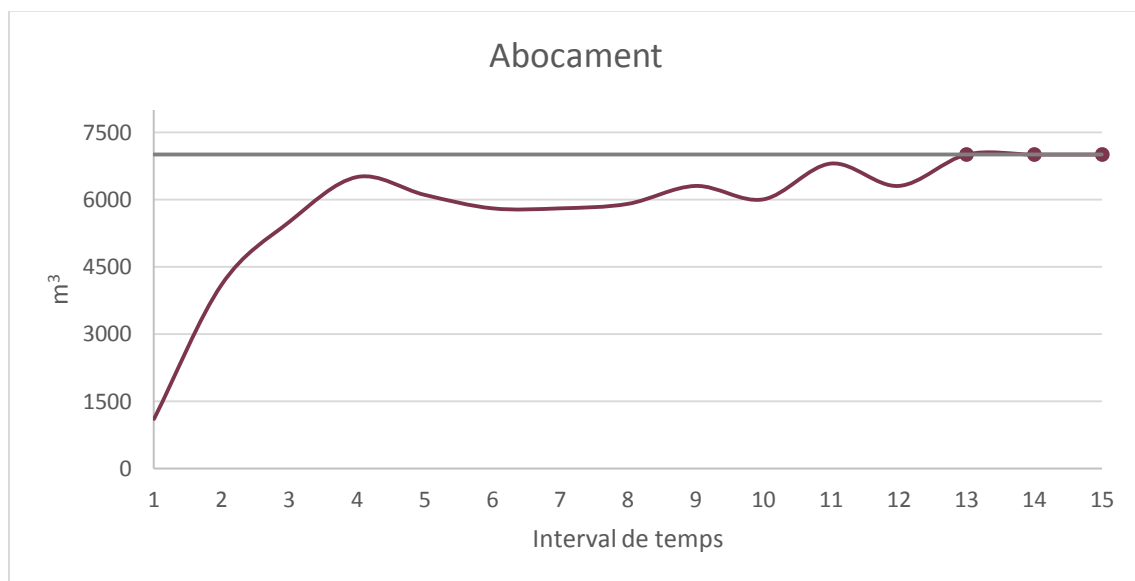


Figura 4-6 Variació del volum total abocat en l'escenari sense pluja

Entre el temps 4 i 12 els volums de descàrrega són elevats, però no arriben a la limitació establerta en l'EDAR, per tant en aquests temps un altre paràmetre és el limitant.

En els temps 13, 14 i 15 el volum abocat correspon amb el màxim permès per l'EDAR, 7000 m³. En aquests temps el paràmetre limitant és el volum.

4.1.1.2 Sòlids en suspensió

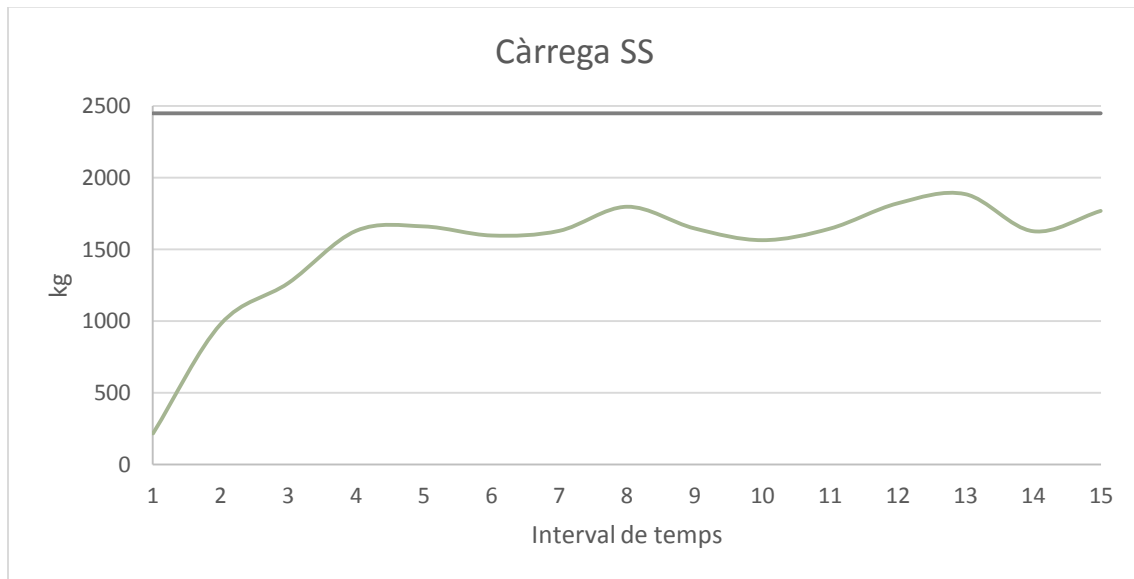


Figura 4-7 Variació de la càrrega total abocada de SS en l'escenari sense pluja

Per aquest escenari, es pot observar que els sòlids en suspensió no intervenen en la limitació de l'abocament de les aigües residuals dels tancs de retenció. Presenta una evolució amb poca variabilitat, d'aproximadament 500 kg, i valors inferiors a la càrrega límit de l'EDAR, 2450 kg.

4.1.1.3 Demanda biològica d'oxigen

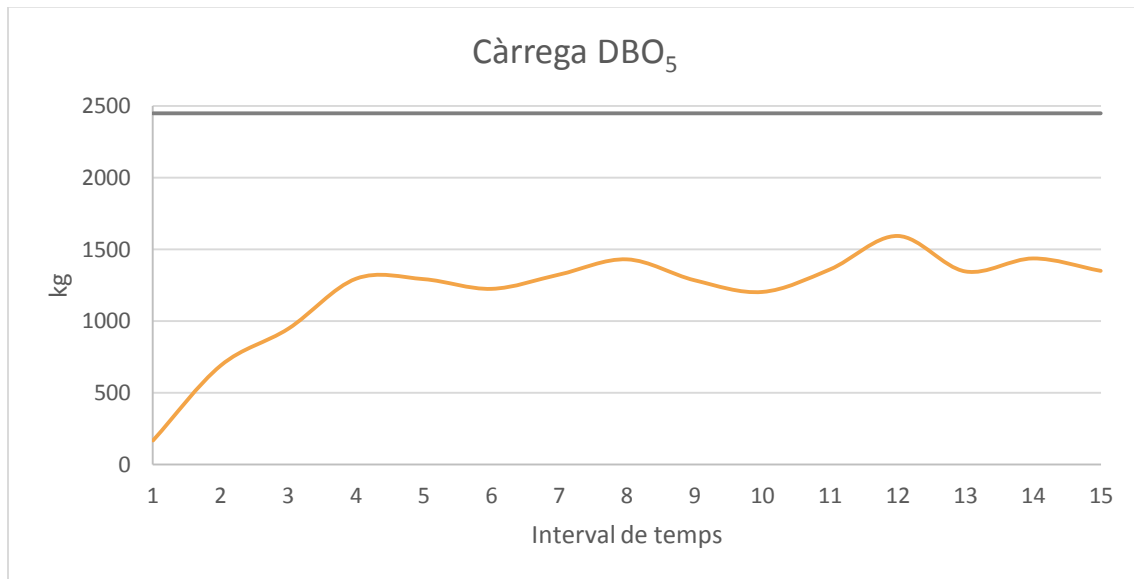


Figura 4-8 Variació de la càrrega total abocada de DBO₅ en l'escenari sense pluja

La demanda biològica d'oxigen no és un paràmetre limitant en l'abocament dels tancs. Presenta una variabilitat en l'evolució, amb una variació d'aproximadament 500 kg, i valors significativament menors a la limitació de càrrega de l'EDAR, 2450 kg.

4.1.1.4 Demanda química d'oxigen

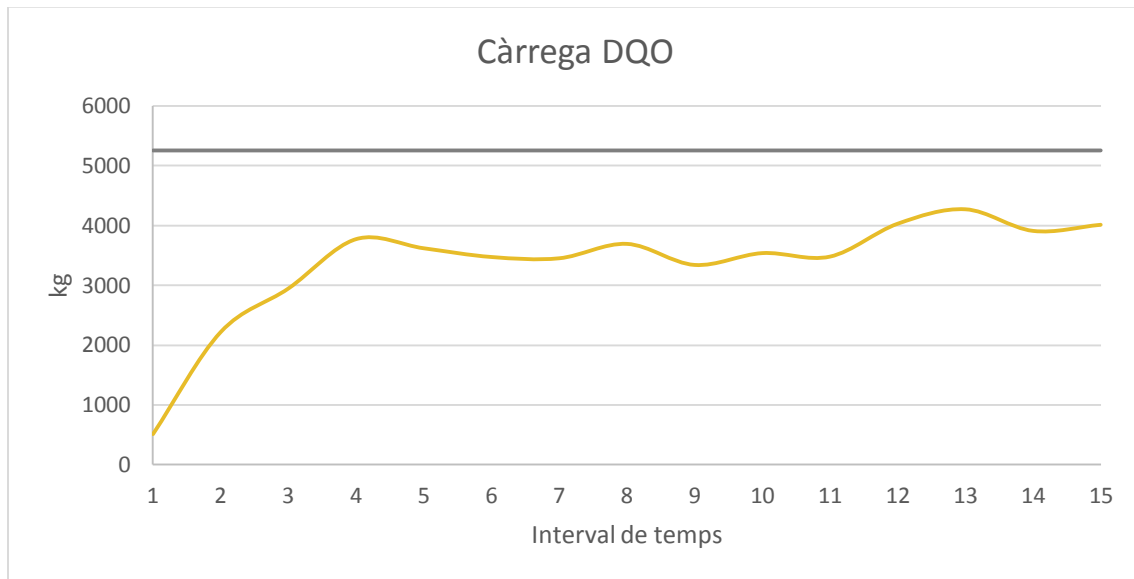


Figura 4-9 Variació de la càrrega total abocada de DQO en l'escenari sense pluja

La demanda química d'oxigen tampoc és un paràmetre limitant en l'abocament. La seva evolució durant el període estudiat resulta suavitzada, amb una variació de 1000 kg, i amb valors menors a la limitació de l'EDAR, 5250 kg.

4.1.1.5 Nitrogen total

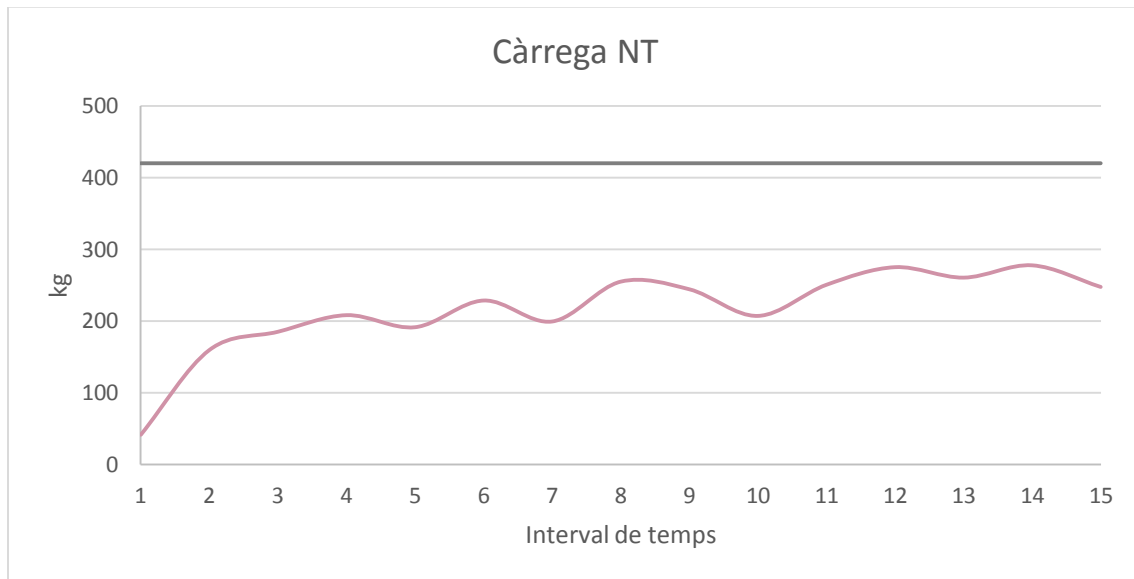


Figura 4-10 Variació de la càrrega total abocada de NT en l'escenari sense pluja

El nitrogen total no intervé en la limitació de les descàrregues dels tancs de retenció. La seva evolució presenta una variació petita, d'aproximadament 100 kg, i amb valors menors a la càrrega màxima admesa per l'EDAR, 420 kg.

4.1.1.6 Fòsfor total

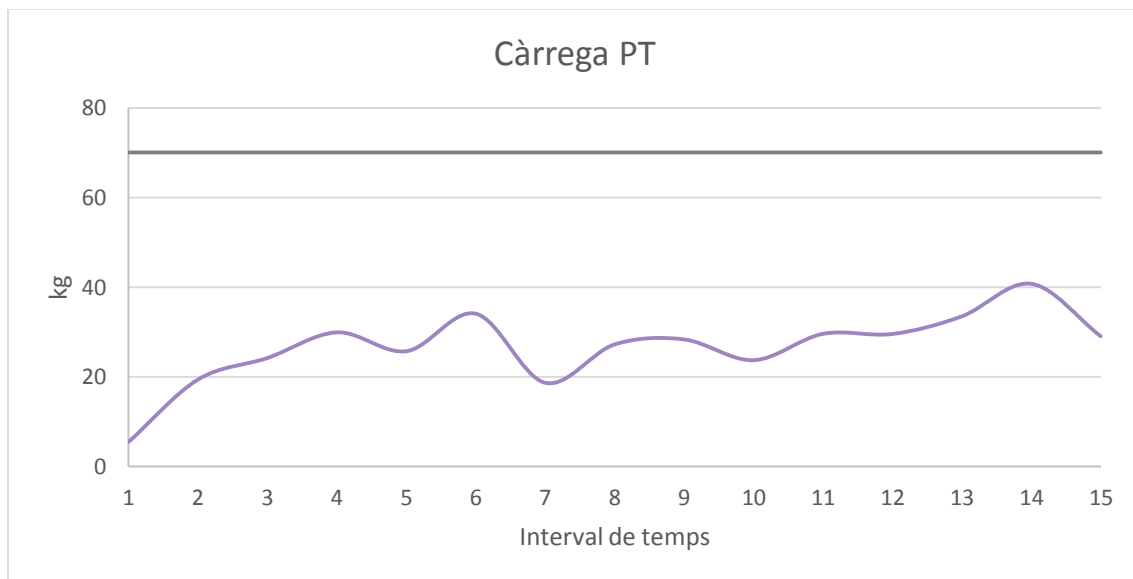


Figura 4-11 Variació de la càrrega total abocada de PT en l'escenari sense pluja

El fòsfor total no és un paràmetre limitant en l'abocament de les aigües residuals. La seva evolució presenta variacions, però compresos entre un rang de càrregues petita d'aproximadament 20 kg. Els valors de càrrega són menors a la màxima permesa de l'EDAR, 70 kg.

4.1.1.7 Ibuprofè

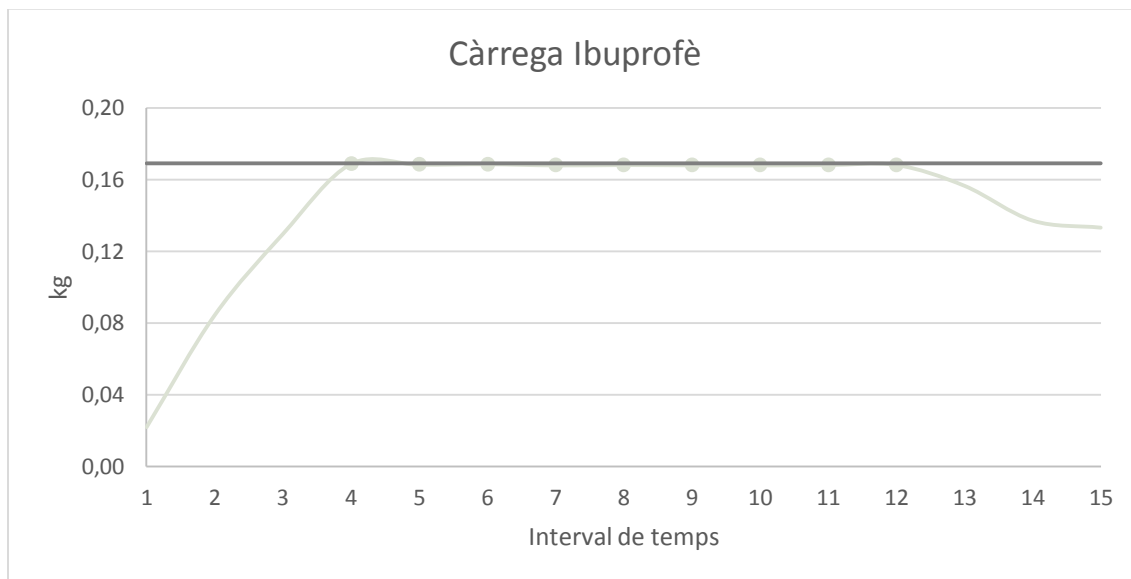


Figura 4-12 Variació de la càrrega total abocada d'ibuprofè en l'escenari sense pluja

Es pot observar que l'ibuprofè és el paràmetre limitant durant els temps 4 fins al 12, abocant càrregues molt properes al valor màxim acceptat per l'EDAR, 0,168974 kg. Això és degut al pic de concentració que presenten els contaminants emergents, que es produeix en l'interval de temps 6 de cada zona. A causa del fet que aquest pic de contaminant arriba a l'EDAR en diferents temps, segons la distància a la qual es troba cada zona, la quantitat d'ibuprofè present en les aigües residuals acumulades en els tancs és elevat durant un període extens. També, a conseqüència del fet que no s'aboca la totalitat de les aigües, la concentració es manté elevada durant diversos temps posteriors al pic en realitzar els balanços de matèria pertinents.

Tot i no ser el paràmetre limitant en els últims tres temps, la càrrega abocada a l'EDAR és proper al valor màxim admès.

4.1.1.8 Anfetamina

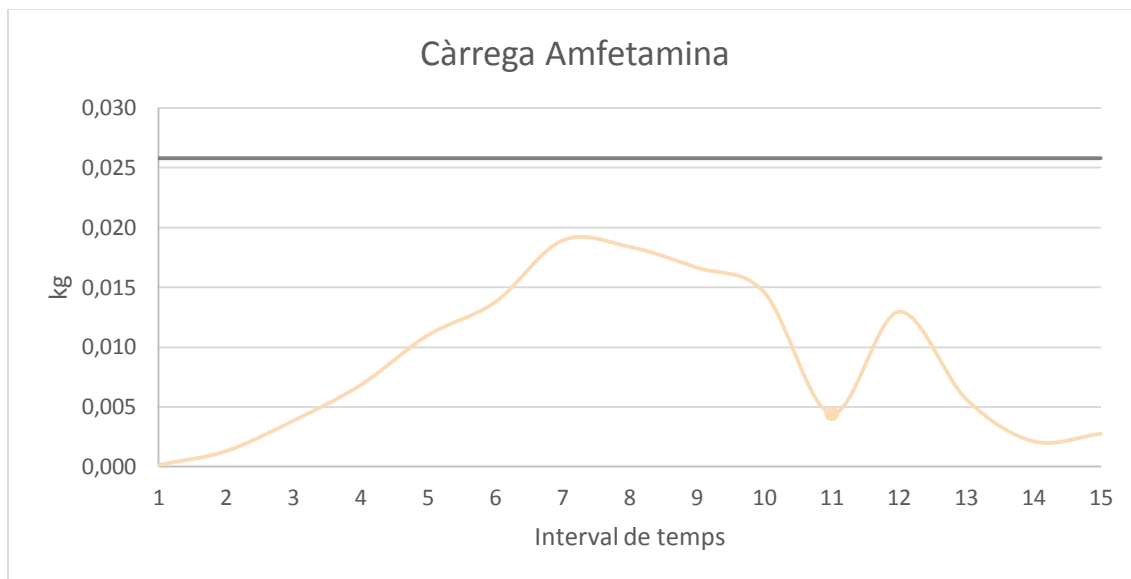


Figura 4-13 Variació de la càrrega total abocada d'anfetamina en l'escenari sense pluja

L'anfetamina no és un paràmetre limitant en l'abocament de les aigües residuals. S'observa que la seva evolució presenta gran variabilitat, això és degut al pic de contaminant esmentant anteriorment. S'observa que en el temps 11 la càrrega d'anfetamina abocada a l'EDAR es redueix dràsticament, això és pel fet que en aquest temps, s'aboca majoritàriament les aigües residuals acumulades en el tanc de retenció 2, el qual presenta una concentració baixa, de 0.000524 mg/L. En el següent temps, la càrrega torna a tenir un valor més elevat, a causa del fet que la descàrrega màxima en aquest temps és del tanc de retenció 9, amb una concentració de 0.002862 mg/L.

4.1.1.9 Metilparabè

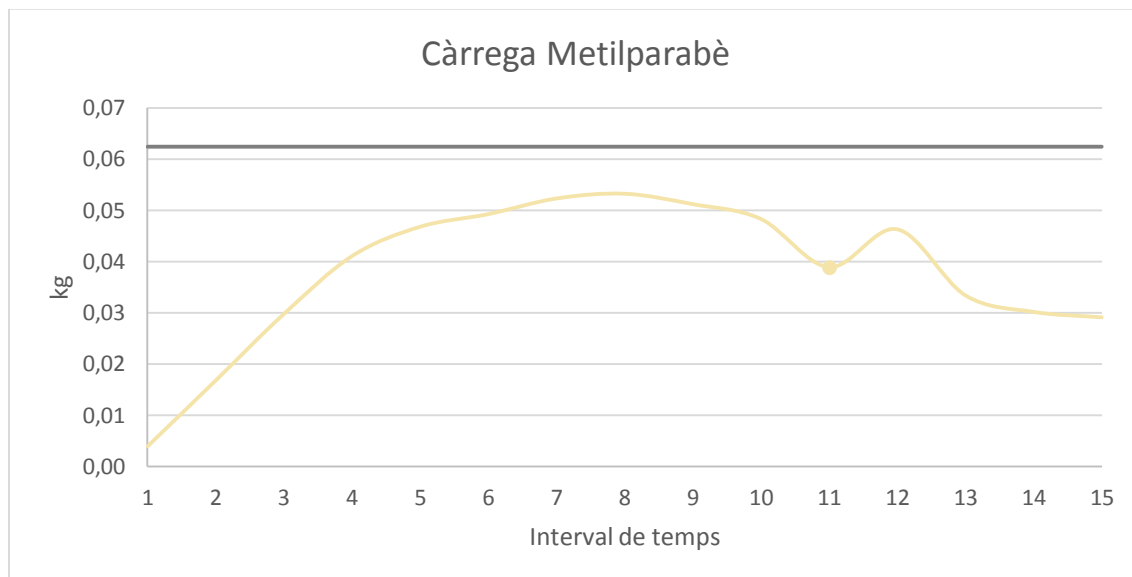


Figura 4-14 Variació de la càrrega total abocada de metilparabè en l'escenari sense pluja

El metilparabè tampoc és un paràmetre limitant en la descàrrega dels tancs de retenció. S'observa que aquest contaminant segueix la mateixa tendència que els altres contaminants emergents estudiats, a causa del pic de concentració en el temps 6 a cada zona. En aquest cas també es produeix un descens en la càrrega abocada en el temps 11 degut, en aquest cas, pel no abocament de les aigües acumulades en els tancs de retenció 6, 8 i 9, els quals presenten les concentracions més elevades per aquest temps.

4.1.1.10 Cost

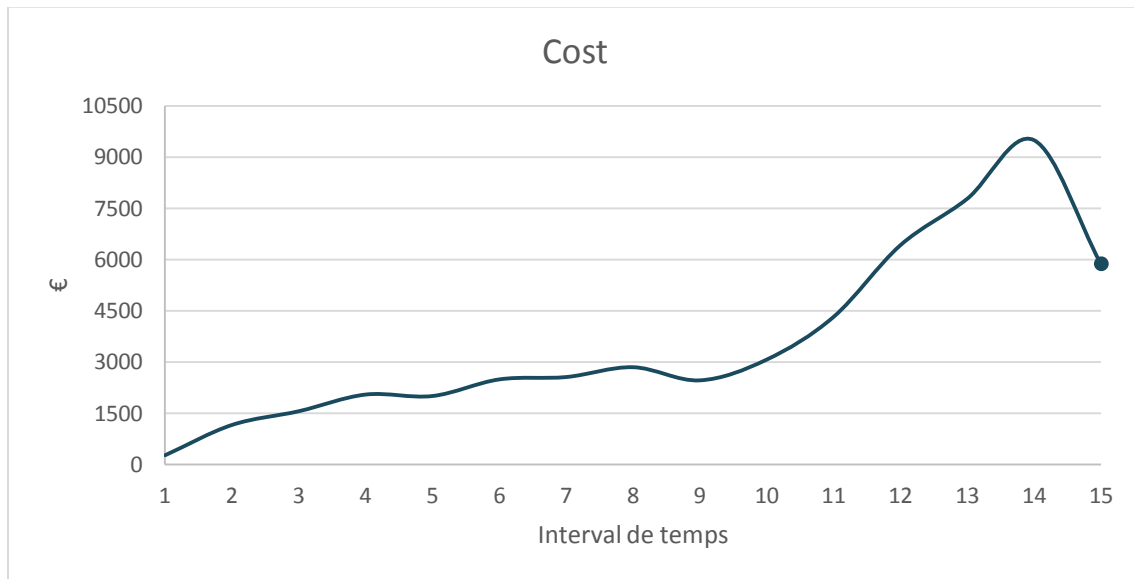


Figura 4-15 Variació del cost en l'escenari sense pluja

El cost optimitzat de les descàrregues presenta una evolució ascendent. L'augment evolutiu del cost, es deu a l'acumulació de les aigües que presenten un increment en la concentració, sobretot degut a l'augment en la concentració dels contaminants emergents. En el temps 15 es produeix un descens en el cost, això és a causa de la descàrrega total del tanc de retenció 7, 4900 m³, el qual presenta concentracions baixes. També en aquest temps, gran part de les aigües corresponents al pic de concentració dels contaminants emergents ja han estat tractades, per tant presenten concentracions inferiors, i conseqüentment un cost inferior.

4.2 ESCENARI AMB PLUJA

Com per l'escenari anterior, a continuació es mostren les dades de concentracions i volums dels tancs de retenció pels temps representatius, corresponents a l'escenari amb pluja. Aquests valors són resultat dels balanços de matèria de les aigües noves arribades de cada zona, i les aigües no abocades dels temps anteriors a causa de les limitacions establertes a l'EDAR. Seguidament, es mostren les gràfiques comparatives de volum acumulat en cada tanc i el volum òptim a abocar, resultat de les simulacions, per cada temps. Les dades de concentració i volum com les gràfiques comparatives dels temps que no es mostren a continuació es troben recopilats en l'Annex 4.

Taula 4-6 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 1

TEMPS 1								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	100	193	159	223	51	7	0,009	0,153
TR2	100	197	163	237	58	7	0,024	0,129

Per la simulació del temps 1, només intervenen les aigües recollides en les zones que es troben a distància 1. Aquestes aigües corresponen a les recollides durant el primer interval de temps en aquestes zones. S'aboca la totalitat de les aigües acumulades gràcies al fet que els paràmetres no superen les limitacions de l'EDAR.

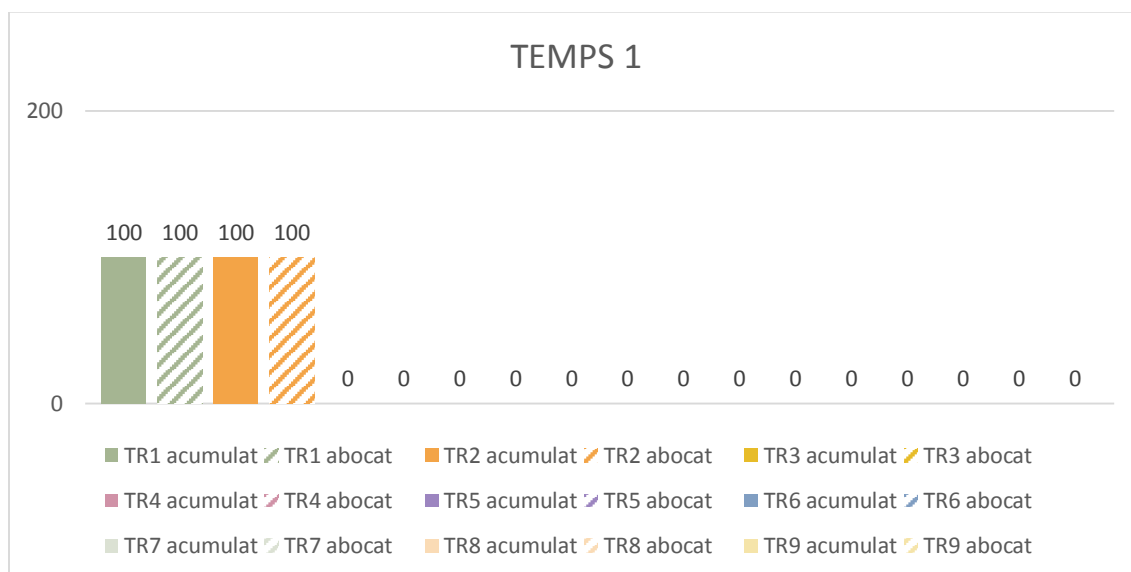
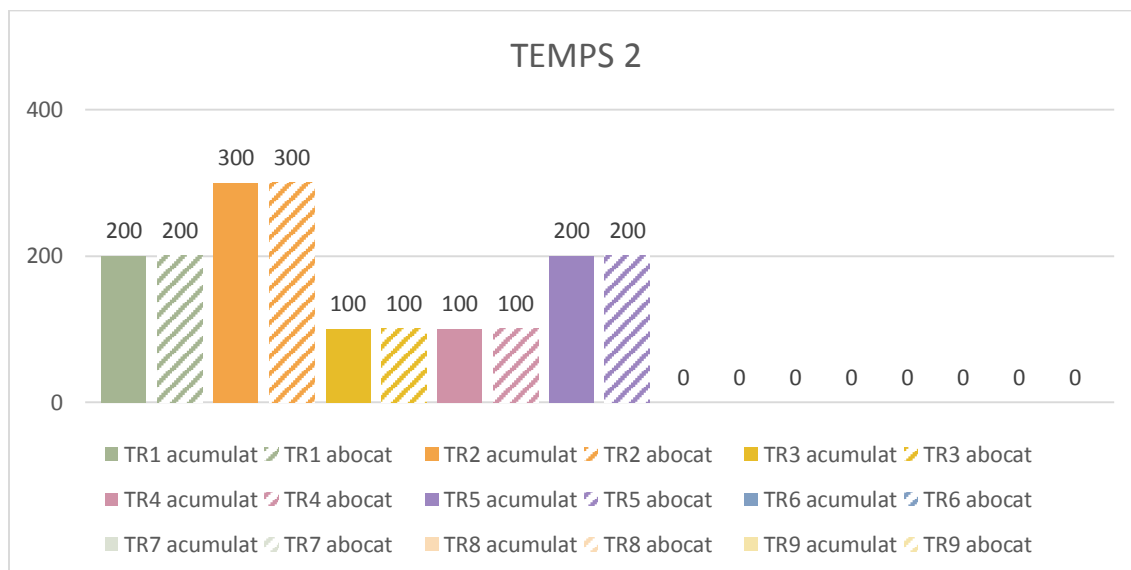


Figura 4-16 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 1

Taula 4-7 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 2

TEMPS 2								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	200	226	183	368	44	6	0,026	0,176
TR2	300	234	194	394	43	7	0,043	0,131
TR3	100	186	143	215	56	7	0,009	0,206
TR4	100	216	179	289	62	8	0,082	0,136
TR5	200	176	153	216	43	7	0,015	0,218

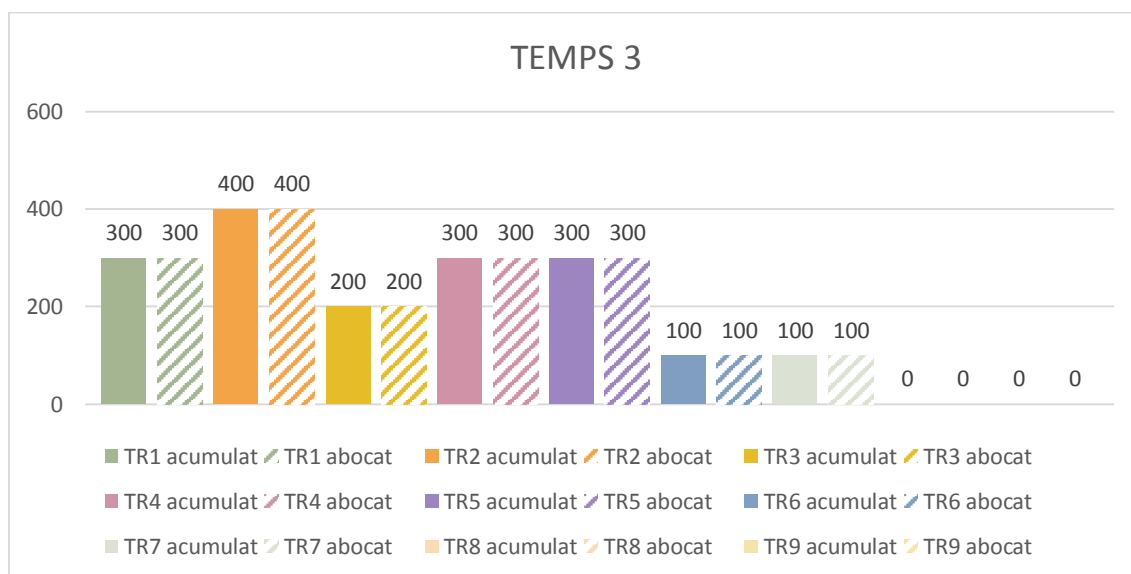
Pel temps 2, hi ha acumulades en els tancs de retenció les aigües procedents de les zones que es troben a distància 1 i 2. Ja que s'ha abocat la totalitat de les aigües acumulades en el temps anterior, no ha sigut necessari realitzar balanços de matèria per determinar la composició de les aigües dels TR 1 i 2, aquestes corresponen a les recollides en el segon interval de temps en les seves zones pertinents. Les aigües acumulades en els tancs 2, 3 i 4 corresponen a les aigües acumulades durant el primer interval de temps de les seves zones. Novament, com que no es superen els límits de l'EDAR, s'aboca la totalitat de les aigües acumulades.

**Figura 4-17** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 2

Taula 4-8 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 3

TEMPS 3								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	300	235	207	426	36	6	0,067	0,207
TR2	400	248	227	502	37	6	0,057	0,135
TR3	200	194	176	341	41	6	0,026	0,215
TR4	300	249	213	356	49	7	0,095	0,168
TR5	300	209	180	324	39	6	0,029	0,234
TR6	100	203	162	234	53	8	0,068	0,135
TR7	100	167	126	232	43	6	0,008	0,186

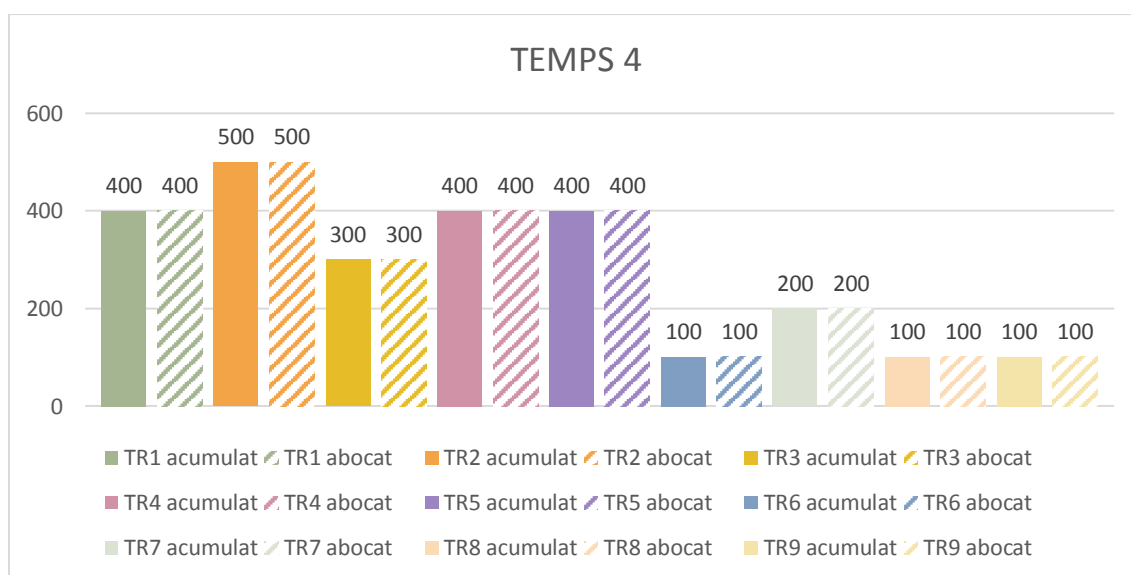
Per aquest temps s'han acumulat les aigües de les zones que es troben a distància 1, 2 i 3, recollides en l'interval de temps que li pertorqui. No ha calgut realitzar balanços de matèria. L'abocament ha sigut total perquè no se superen els valors màxims de volum i càrrega de l'EDAR.

**Figura 4-18** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 3

Taula 4-9 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 4

TEMPS 4								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	400	268	246	587	32	5	0,092	0,243
TR2	500	297	261	764	29	5	0,086	0,276
TR3	300	226	194	428	34	6	0,048	0,236
TR4	400	263	240	441	40	6	0,106	0,179
TR5	400	224	216	489	34	5	0,042	0,259
TR6	100	238	194	368	48	7	0,083	0,162
TR7	200	193	164	316	38	6	0,019	0,197
TR8	100	251	192	311	56	8	0,057	0,203
TR9	100	225	214	345	61	8	0,005	0,135

En aquest temps tots els tancs de retenció han acumulat aigües residuals. Corresponen a les aigües recollides en les seves zones en l'interval de temps que correspongui, segons la distància a què es troben. Tot i haver recollit les aigües de totes les zones, els valors de volum i càrrega de contaminants no supera les limitacions de l'EDAR, per tant novament s'aboca la totalitat de tots els tancs de retenció.

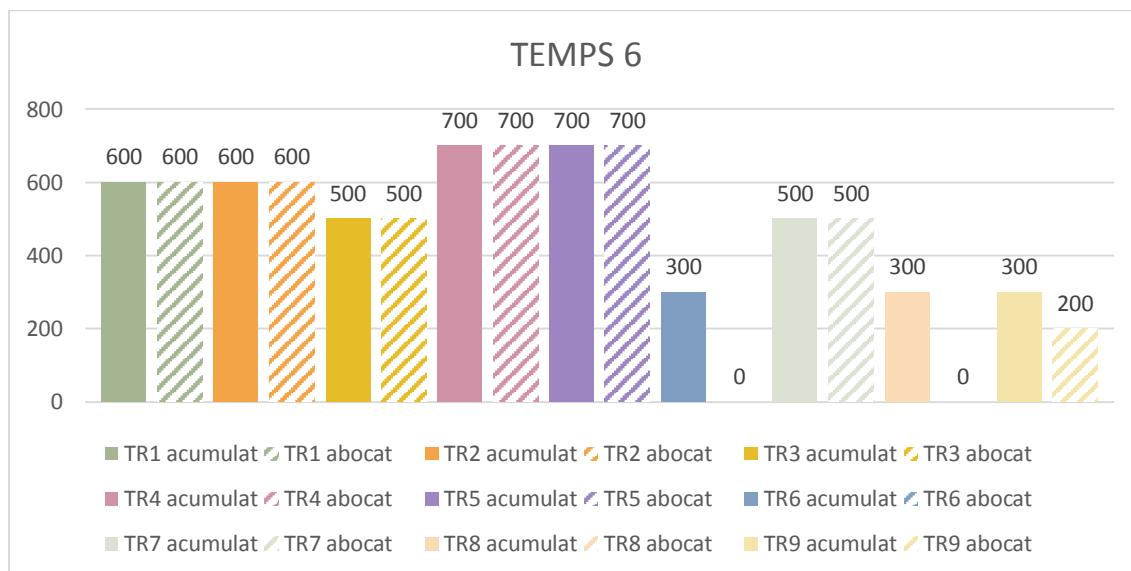
**Figura 4-19** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 4

El temps 5 té un mateix comportament que el temps 4, arriben les aigües procedents de totes les zones, les quals han estat recollides en l'interval corresponent segons la seva distància. L'abocament és total perquè els valors de càrrega i volum són inferiors als paràmetres límit de l'EDAR.

Taula 4-10 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 6

TEMPS 6								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	600	311	304	648	25	4	0,112	0,286
TR2	600	342	326	584	23	5	0,118	0,304
TR3	500	358	320	735	26	5	0,103	0,284
TR4	700	444	364	658	32	5	0,124	0,208
TR5	700	426	368	763	23	5	0,073	0,316
TR6	300	317	239	624	35	6	0,107	0,193
TR7	500	254	229	574	27	5	0,048	0,225
TR8	300	284	267	467	46	7	0,091	0,246
TR9	300	357	327	615	41	6	0,031	0,184

En aquest temps, tots els tancs de retenció han acumulat aigües residuals procedents de les aigües urbanes i de l'episodi de pluja, recollides en les seves zones. No ha sigut necessari realitzar balanç de matèria gràcies a que en el temps anterior s'ha descarregat la totalitat de tots els tancs. Per aquest temps la totalitat de les aigües dels 9 tancs supera alguna de les limitacions de l'EDAR. Per aquest motiu no s'aboca l'aigua residual acumulada en els TR corresponents a les zones 6 i 8.

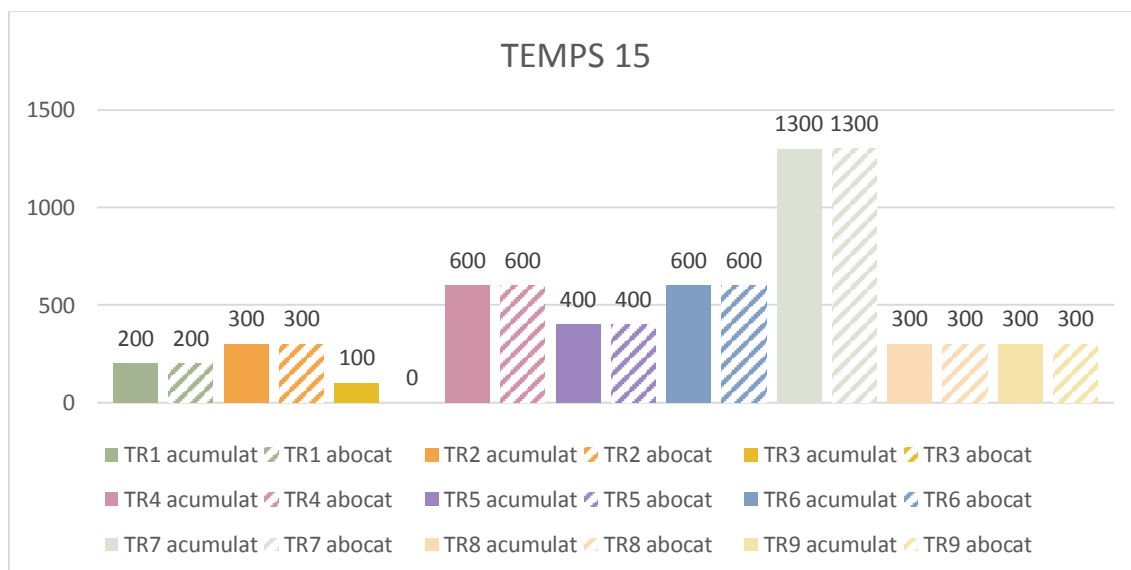
**Figura 4-20** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 6

A partir d'aquest temps s'observa que totes les simulacions resulten seguint la mateixa tendència, l'abocament de les aigües residuals acumulades no es completa a causa de les limitacions de l'EDAR.

Taula 4-11 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 15

TEMPS 15								
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	200	183	162	310	34	5	0,007	0,145
TR2	300	194	164	410	31	4	0,032	0,138
TR3	100	155	119	258	35	5	0,011	0,145
TR4	600	221	197	365	35	5	0,037	0,137
TR5	400	154	139	252	35	5	0,010	0,151
TR6	600	220	191	362	32	5	0,061	0,134
TR7	1300	179	158	229	25	4	0,010	0,170
TR8	300	242	212	368	39	6	0,051	0,194
TR9	300	285	272	399	39	4	0,005	0,129

El temps 15 correspon a l'últim temps estudiat, en el que ja ha arribat l'aigua procedent de l'episodi de pluja de totes les zones. En aquest temps, les aigües residuals que s'han acumulat en els tancs de retenció a l'entrada de l'EDAR, durant el període de 15 minuts, corresponen solament a aigües residuals urbanes. Aquesta reducció de volum i càrrega de contaminants acumulats, resulta en l'abocament quasi complet de les aigües residuals acumulades. Tan sols no s'aboquen els 100 m³ acumulats en el TR3.

**Figura 4-21** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 15

A partir d'aquest temps s'esperaria observar una tendència a abocar la totalitat de les aigües residuals acumulades. Això és degut al fet que els valors de volum i càrrega tendirien a disminuir, a conseqüència de què les aigües acumulades només correspondrien a les d'ús urbà.

4.2.1 Evolució dels paràmetres analitzats

A continuació es realitza una anàlisi de les evolucions del volum, de les càrregues i del cost obtingut com a resultats de les simulacions realitzades durant el període estudiat.

Per aquest escenari s'analitzen les evolucions a partir del temps 6, el temps a partir del qual no s'aboca la totalitat de les aigües residuals acumulades en els tancs de retenció.

La causa de què en els cinc primers temps s'aboqui la totalitat de les aigües residuals, es pot explicar amb la disponibilitat de l'EDAR en el primer temps i amb l'abocament a distància variable, fent que les aigües residuals arribin esglaonadament. També, en tractar-se d'un escenari amb episodi de pluja, el màxim volum d'aigua recollida en cada zona no es produeix fins a un temps posterior, i aquests arriben en diferents temps segons la distància a la qual es trobi cada zona de l'EDAR. Això implica que les limitacions de l'EDAR no se superin fins a un temps posterior, que en aquest cas correspon al temps 6.

La línia contínua de les gràfiques correspon a la limitació de l'EDAR.

4.2.1.1 Volum total

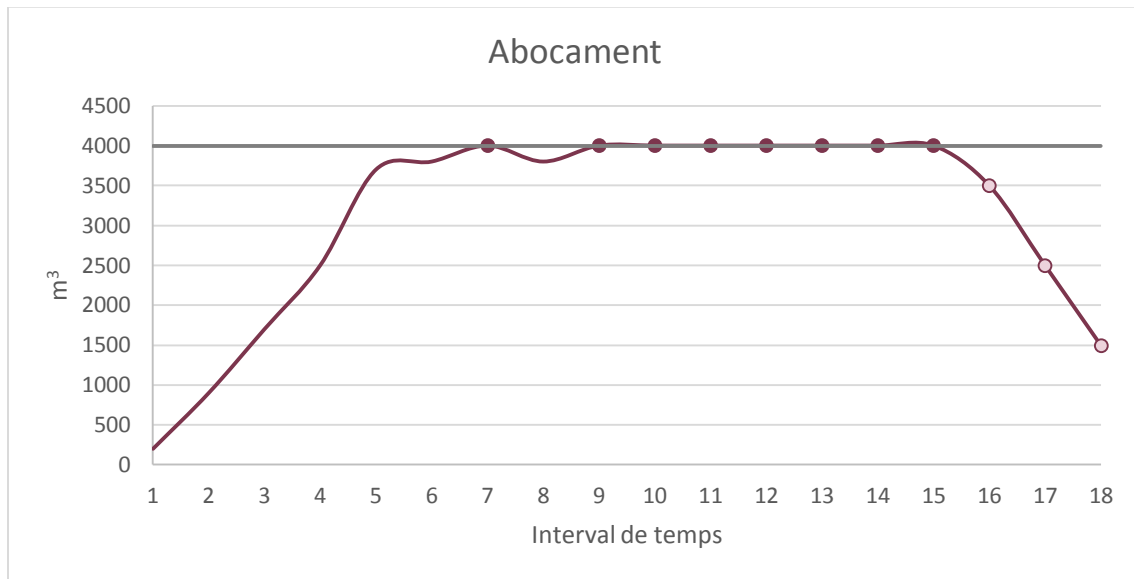


Figura 4-22 Variació del volum total abocat en l'escenari amb pluja

Per representar millor la tendència que segueix l'abocament, s'han afegit tres temps addicionals hipotètics, representats amb color més clar. D'aquesta manera s'observa que un cop arribada la totalitat de les aigües residuals corresponents a l'episodi de pluja, el volum abocat disminuiria, a conseqüència de la reducció en el volum acumulat.

El volum és el paràmetre limitant predominant en aquest escenari. S'aboca el màxim volum admissible, 4000 m³, en quasi tots els temps analitzats. Tan sols en els temps 6 i 8 el volum no és el paràmetre limitant.

4.2.1.2 Sòlids en suspensió

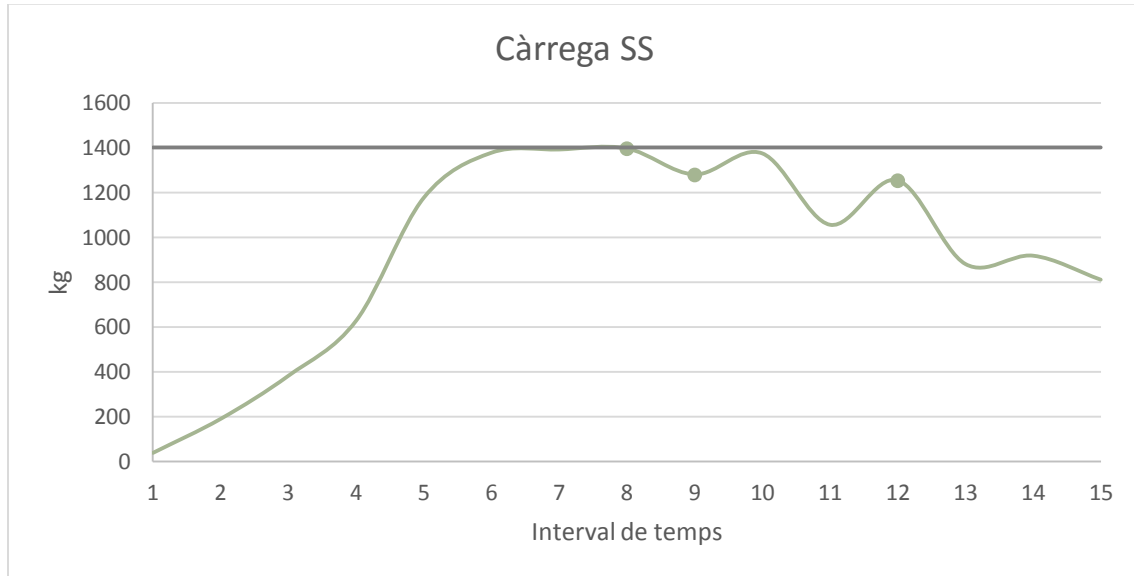


Figura 4-23 Variació de la càrrega total abocada de SS en l'escenari amb pluja

La càrrega de sòlids en suspensió és el paràmetre limitant en el temps 8. L'abocament és proper al valor màxim, 1400 kg, en diversos temps. L'evolució concorda amb l'efecte first flush, exceptuant el temps 12, en el qual s'observa un augment de la càrrega abocada. Això és degut al fet que en aquest temps es descarreguen només tres tancs de retenció, TR6, TR8 i TR9, els quals presenten la concentració més gran de sòlids en suspensió. En el temps 9 també es produeix un descens moderat respecte a la càrrega esperada.

4.2.1.3 Demanda biològica d'oxigen

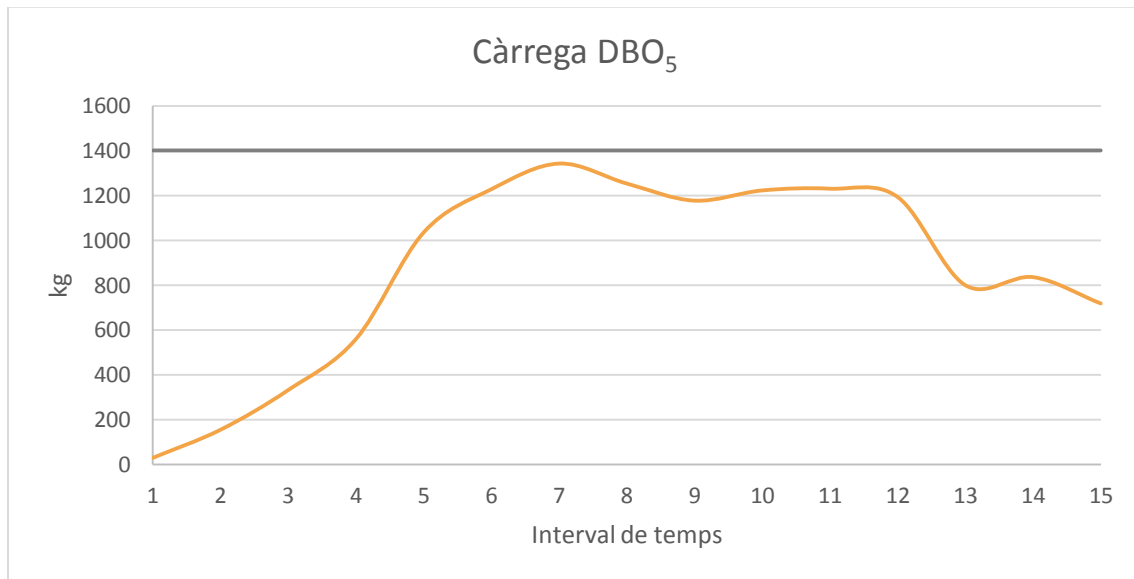


Figura 4-24 Variació de la càrrega total abocada de DBO₅ en l'escenari amb pluja

La demanda biològica d'oxigen no és un paràmetre limitant en l'abocament dels tancs de retenció. S'observa que l'evolució concorda amb l'efecte first flush, amb la presència de petites variacions en alguns temps. Els valors més elevats aboquen càrregues molt propers al límit de l'EDAR, 1400 kg.

4.2.1.4 Demanda química d'oxigen

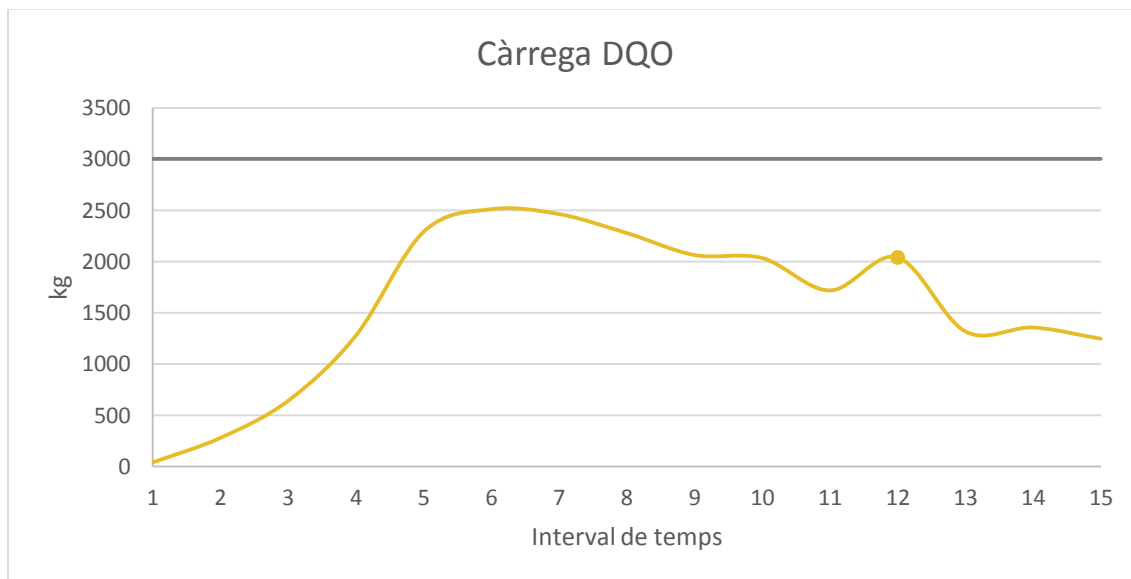


Figura 4-25 Variació de la càrrega total abocada de DQO en l'escenari amb pluja

Per aquest escenari es pot observar que la demanda química d'oxigen no intervé en la limitació de l'abocament de les aigües residuals dels tancs de retenció. Presenta una evolució esperada, excepte en el temps 12, el qual presenta un pic. És degut a l'abocament dels tancs de retenció que presenten la concentració més gran de DQO. El valor de descàrrega màxima és considerablement menor al límit permès per l'EDAR, 3000 kg.

4.2.1.5 Nitrogen total

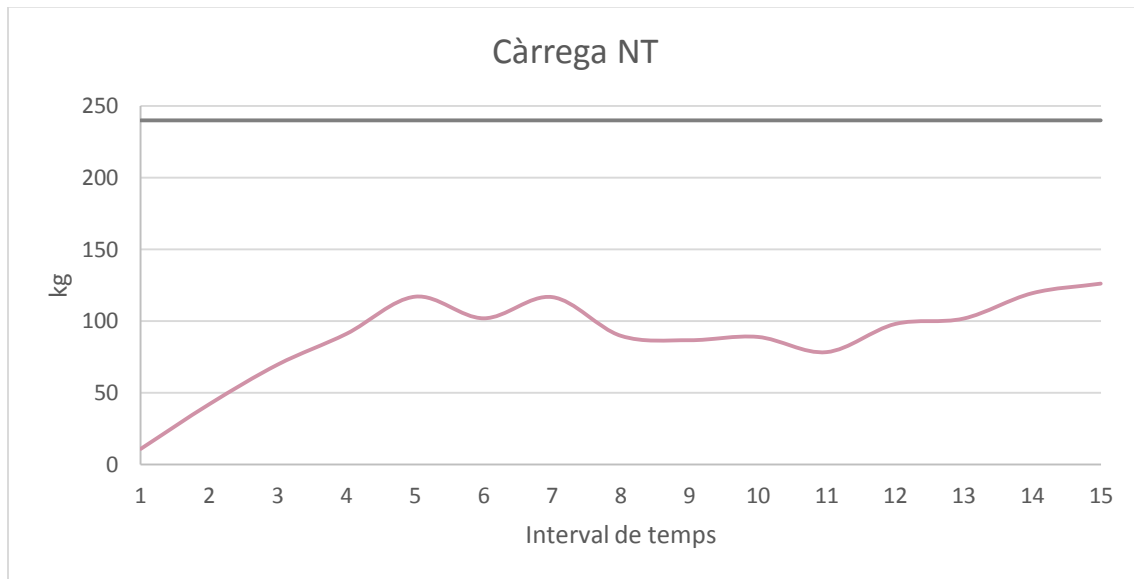


Figura 4-26 Variació de la càrrega total abocada de NT en l'escenari amb pluja

El nitrogen total no intervé en la limitació de les descàrregues dels tancs de retenció. S'observa que aquest contaminant no segueix la mateixa tendència que els altres contaminants, es deu al fet que el nitrogen total no experimenta un augment durant l'efecte first flush. Les descàrregues són molt menors a la limitació de l'EDAR, 240 kg.

4.2.1.6 Fòsfor total

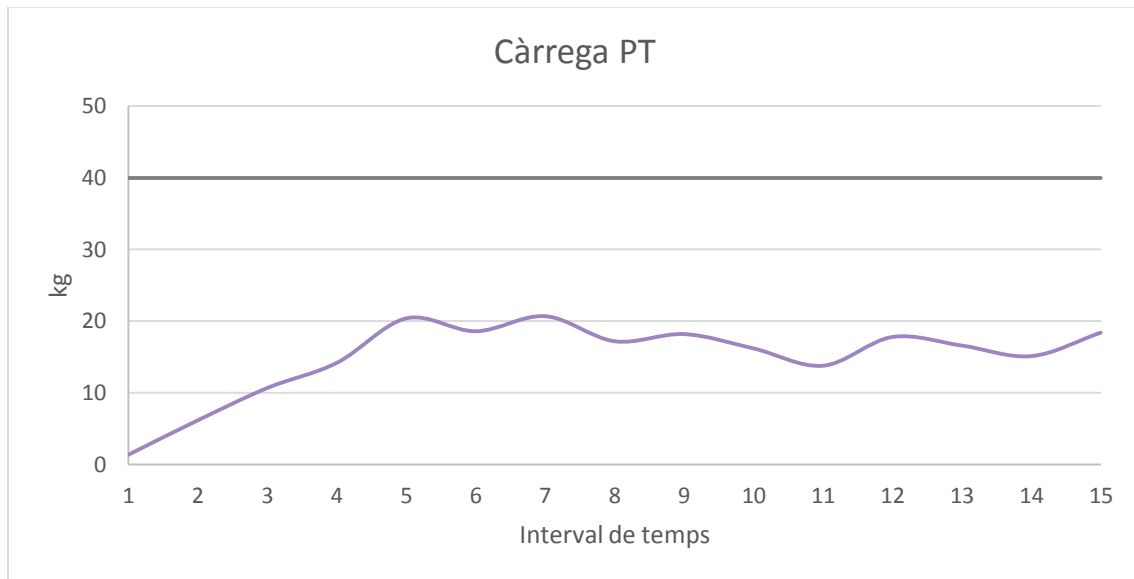


Figura 4-27 Variació de la càrrega total abocada de PT en l'escenari amb pluja

El fòsfor total no és un paràmetre limitant en l'abocament de les aigües residuals. La seva evolució tampoc segueix la mateixa tendència que els altres contaminants, a causa del fet que tampoc experimenta un pic de concentració durant l'efecte first flush. Els valors descarregats són significativament menors al màxim permès per l'EDAR, 40 kg.

4.2.1.7 Plom

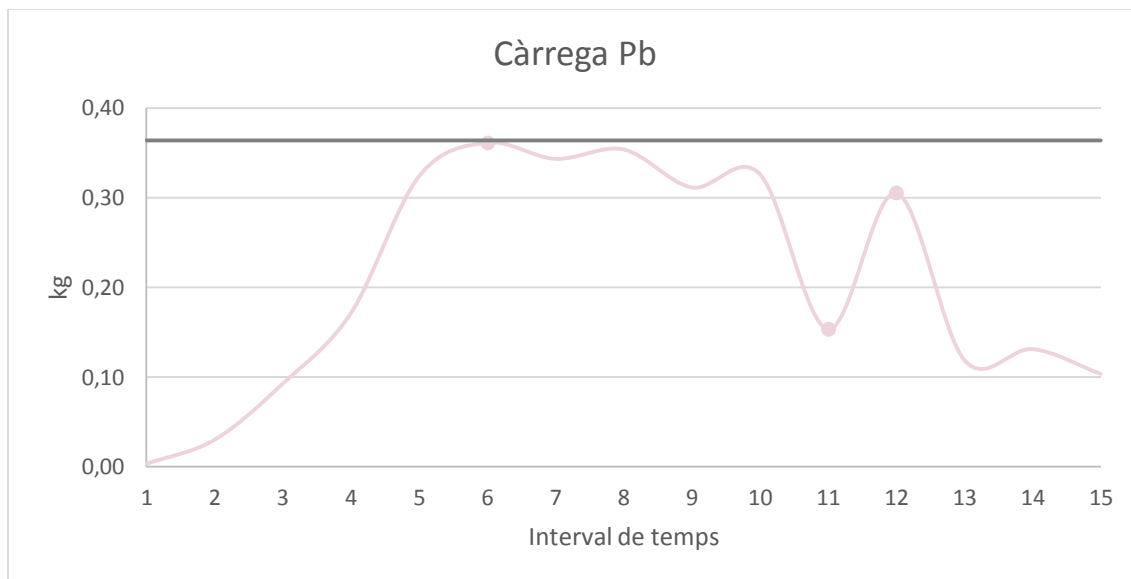


Figura 4-28 Variació de la càrrega total abocada de Pb en l'escenari amb pluja

La càrrega de plom és el paràmetre limitant en el temps 6. A partir d'aquest temps tot i no ser el paràmetre limitant té una descàrrega molt propera al valor límit que permet l'EDAR, 0.3636 kg. S'observa que el plom segueix la tendència esperada per la presència d'efecte first flush, exceptuant el temps 11 i 12. El temps 11 presenta una descàrrega molt menor, això es deu a què per aquest temps el volum més gran de descàrrega correspon al tanc de retenció 7, que té una concentració baixa de plom. La descàrrega del temps 12 és superior al valor esperat pel fet que el tanc de màxima descàrrega, TR8, té una concentració molt elevada de plom.

4.2.1.8 Ferro

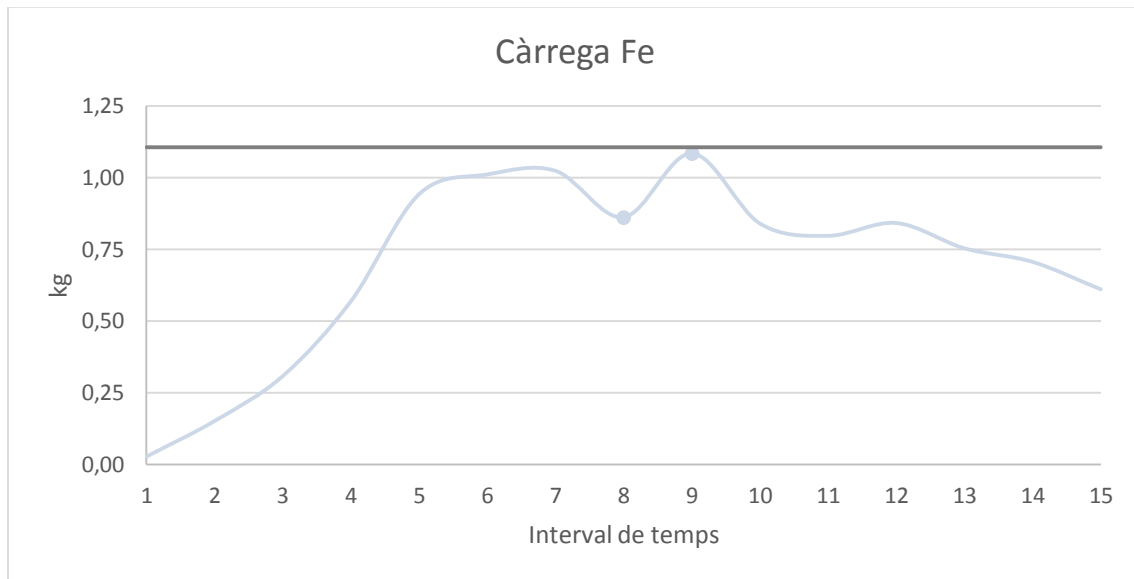


Figura 4-29 Variació de la càrrega total abocada de Fe en l'escenari amb pluja

La concentració de ferro no limita la descàrrega en cap temps de l'escenari estudiat, tot i descarregar valors molt propers al límit de l'EDAR, 1.1056 kg. La descàrrega del ferro concorda amb la tendència que segueixen els contaminants que presenten efecte first flush, exceptuant les descàrregues del temps 8 i 9 que varien moderadament respecte a el valor esperat, a causa de les concentracions de les aigües residuals abocades.

4.2.1.9 Cost

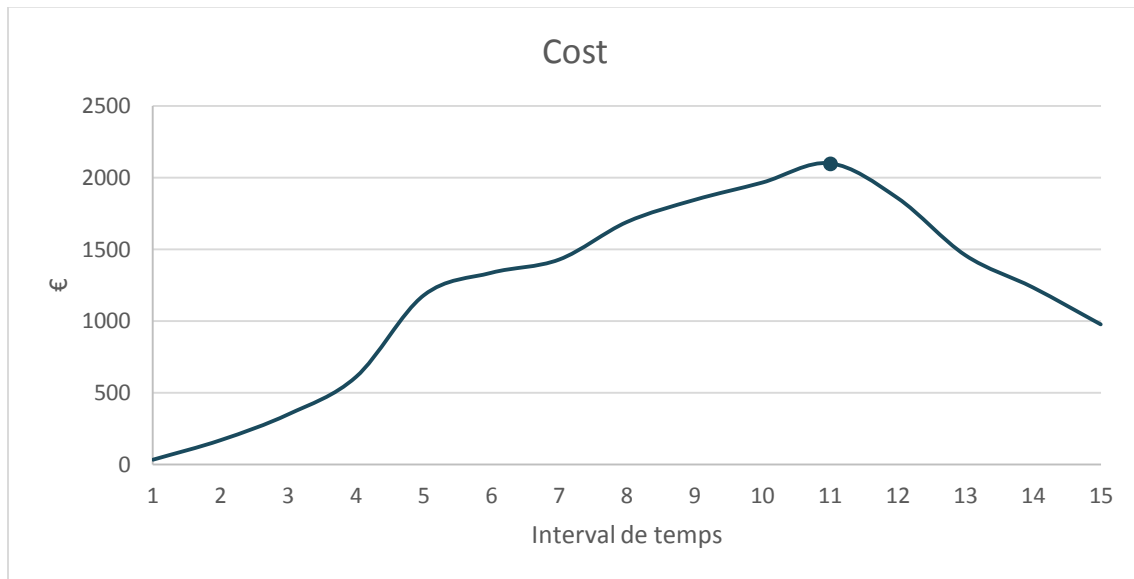


Figura 4-30 Variació del cost en l'escenari amb pluja

L'evolució del cost concorda amb la presència de l'efecte first flush en la majoria dels contaminants que formen l'escenari estudiat. L'augment de la concentració dels tancs de retenció, a causa de l'acumulació d'aigües residuals, fa que el cost augmenti per un mateix volum d'aigua descarregat. A partir del temps 11 s'observa que el cost disminueix, això és degut a la reducció de les concentracions de les aigües acumulades en els tancs de retenció. És un temps posterior a l'arribada de totes les aigües procedents de l'episodi de pluja en què té lloc el pic de concentració de l'efecte first flush.

5 CONCLUSIONS

S'ha determinat que el programa d'optimització combinatòria, emprat per realitzar les prioritzacions de les descàrregues d'aigües residuals, és efectiu amb la incorporació de contaminants emergents i metalls pesants.

La metodologia seguida en aquest treball és efectiva en la prioritzzació de descàrregues. Però, cal remarcar que els resultats obtinguts podrien variar per un altre escenari d'estudi. Els paràmetres que han resultat ser limitant en els escenaris analitzats en aquest projecte, no necessàriament es mantindrien en variar les condicions de les aigües residuals.

La variabilitat de les distàncies de les zones respecte de l'EDAR, ha resultat amb diferències dels resultats que s'esperarien per abocaments a distància constant. Per una simulació amb zones a distància constant, es veurien reflectides les variacions de contaminants en les zones, amb la mateixa tendència en les aigües d'entrada a l'EDAR. Per tant, en produir-se un pic de concentració en les aigües recollides en cada zona, es produiria un pic similar en les aigües acumulades en tots els tancs de retenció en un mateix temps. Ara bé, amb zones a distància variable, aquest pic de contaminant es veu allargat durant més períodes de temps, segons arriben les aigües residuals de les zones a major distància.

Considerant la gran diferència dels resultats entre els dos escenaris estudiats, s'ha pogut determinar la importància d'una correcta anàlisi de les aigües residuals a tractar per poder obtenir una prioritzzació efectiva de les aportacions a una EDAR. També, la importància de dimensionar correctament l'EDAR, per tal de què les limitacions de càrrega i volum no siguin massa restrictives, la qual cosa suposaria una acumulació excessiva en els tancs de retenció.

5.1 ESCENARI SENSE PLUJA

Es pot concloure que els contaminants habituals, presenten una evolució de descàrrega bastant costant. És degut al fet que les concentracions de les aigües recollides en els intervals de temps de cada zona, també presentaven una variabilitat

limitada, a conseqüència de ser un escenari sense pluja, en el que les aigües generalment mostren unes mateixes condicions.

Els contaminants emergents presenten variabilitat en l'evolució de descàrrega, degut al fet que es produeix un pic de concentració en les aigües residuals, a causa de l'acumulació del contaminant en l'organisme durant les hores de son o procedent de la neteja diària. Aquests pics de concentració es manifesten en l'augment de càrrega a l'EDAR durant un període extens, a causa de la variació entre les distàncies a les quals es troben les zones.

S'ha determinat que es pot optimitzar les descàrregues de les aigües residuals a l'EDAR en funció dels contaminants emergents. Això, s'aconsegueix aplicant un preu elevat pel seu tractament per la baixa concentració que presenten en les aigües, en comparació amb els contaminants habituals regulats per la legislació.

El paràmetre limitant que ha predominat en la priorització dels abocaments d'aquest escenari ha estat l'ibuprofè. Es creu que la raó és per l'alta concentració, en comparació amb els dos altres contaminants emergents estudiats, tot i no tenir el preu de tractament més elevat dels tres. D'aquesta manera, la priorització de l'ibuprofè obté un major cost, ja que s'aboquen càrregues molt properes al límit admès per l'EDAR.

5.2 ESCENARI AMB PLUJA

Es pot concloure que l'augment de la concentració dels contaminants a causa de l'efecte first flush, té una gran incidència en la priorització dels abocaments. L'augment considerable de concentració en els tancs de retenció durant els períodes seguits a l'arribada de les aigües de l'efecte first flush, fa que les limitacions de l'EDAR es puguin superar fàcilment.

El nitrogen i el fòsfor total no segueixen la mateixa evolució que els altres contaminants, degut al fet que la concentració d'aquest no es veu alterada per l'efecte first flush. Presenten una evolució amb poca variabilitat. Això és a conseqüència de què l'evolució de les concentracions en les aigües recollides en cada zona, també mostra poca variabilitat.

En l'escenari estudiat, el paràmetre limitant que ha predominat en les descàrregues ha estat el volum. Això és deu al fet que durant els intervals de temps d'acumulació de les aigües provinents de l'episodi de pluja, hi ha un augment considerable tant de volum com de concentració. Per tant, l'òptim és descarregar el màxim de volum sense sobrepassar els límits de concentració, per obtenir el cost més gran. Això s'aconsegueix en aquest escenari, ja que la combinació de les descàrregues dels diferents tancs de retenció no arriba a superar el límit establert per l'EDAR, descarregant el màxim volum possible.

Un cop tota l'aigua procedent de l'episodi de pluja ha arribat a l'EDAR, es produeix una reducció dràstica en les càrregues aportades a l'EDAR. Això és degut a la reducció significativa del volum d'aigües residuals a tractar. Per aquests temps, les aigües residuals provenen solament d'ús urbà, fent que tant la concentració com el volum disminueixin. D'aquesta manera, l'EDAR és capaç de tractar la majoria de les aigües residuals arribades, fent que no es produeixi acumulació en els tancs de retenció procedents de temps anteriors.

6 PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE

A continuació es mostra la planificació del projecte.

Taula 6-1 Distribució de la planificació del projecte

TASCA	DURADA	COMENÇAMENT	FINAL	TREBALL
<i>Treball Final de Grau</i>	<i>131 dies</i>	<i>23/02/15</i>	<i>24/08/15</i>	<i>750 hores</i>
Definició dels paràmetres del projecte	15 dies	23/02/15	13/03/15	36 hores
Determinació de la metodologia a aplicar	15 dies	16/03/15	03/04/15	36 hores
Creació dels escenaris	45 dies	06/04/15	05/06/15	192 hores
Escenari sense pluja	15 dies	06/04/15	24/04/15	96 hores
Escenari amb pluja	30 dies	27/04/15	05/06/15	96 hores
Realització de les simulacions	53 dies	27/04/15	08/07/15	268 hores
Escenari sense pluja	33 dies	27/04/15	10/06/15	132 hores
Escenari amb pluja	20 dies	11/06/15	08/07/15	136 hores
Anàlisi dels resultats	20 dies	09/07/15	05/08/15	32 hores
Redacció de la memòria	31 dies	13/07/15	24/08/15	186 hores

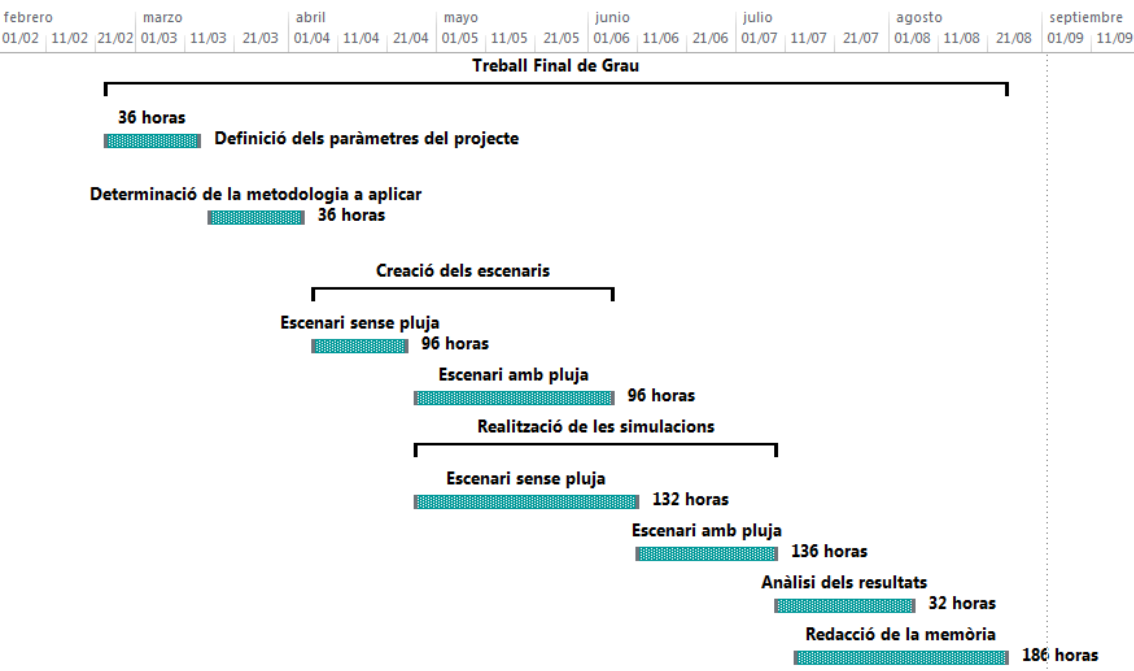


Figura 6-1 Representació de la planificació del projecte

7 PRESSUPOST

A continuació es presenta un pressupost estimat del cost que ha tingut la realització d'aquest treball.

7.1 MATERIAL

Per tal de dur a terme aquest treball ha sigut necessari l'ús d'un ordinador per poder realitzar les simulacions, la qual ha tingut una inversió inicial d'aproximadament 900 €.

Suposant que la vida útil d'aquest equip és de 8 anys el cost anual és de 112,5 €/any.

Ja que la durada d'aquest treball ha estat de 6 mesos, el cost associat a l'ús del material és de 56,25 €

Taula 7-1 Desglossament del cost de material

AMIDAMENT	VALOR	COST
0,5 anys	112,5 €/any	56,25 €

7.2 MÀ D'OBRA

A continuació es mostra el desglossament del cost de la mà d'obra realitzada. S'ha emprat la planificació del projecte per determinar el treball realitzat, aplicant un preu de 18 €/h per determinar el cost. Amb 750 hores de treball realitzades el cost de la mà d'obra ascendeix a 13500 €.

Taula 7-2 Desglossament del cost de mà d'obra

TASCA	TREBALL	COST
<i>Treball Final de Grau</i>	<i>750 hores</i>	<i>13.500,00 €</i>
Definició dels paràmetres del projecte	36 hores	648,00 €
Determinació de la metodologia a aplicar	36 hores	648,00 €
Creació dels escenaris	192 hores	3.456,00 €
Escenari sense pluja	96 hores	1.728,00 €
Escenari amb pluja	96 hores	1.728,00 €
Realització de les simulacions	268 hores	4.824,00 €
Escenari sense pluja	132 hores	2.376,00 €
Escenari amb pluja	136 hores	2.448,00 €
Anàlisi dels resultats	32 hores	576,00 €
Redacció de la memòria	186 hores	3.348,00 €

7.3 COST DELS SUBMINISTRAMENTS

El cost de subministraments es refereix al cost que genera la realització de l'activitat, costs d'electricitat i aigua principalment. Es considera un 15% del cost de mà d'obra. Per tant el cost de subministraments ascendeix a 2025 €.

7.4 COST TOTAL DEL TREBALL

El cost total del projecte ascendeix a 15581,25 €.

Taula 7-3 Desglossament del cost total del treball

	COST
Material	56,25 €
Mà d'obra	13500,00 €
Subministraments	2025,00 €
TOTAL	15581,25 €

8 BIBLIOGRAFIA

Balaguer M., Puig M., Salgot M., Sànchez-Marrè M., Turon C. *Gestió i tractament d'aigües residuals*. Universitat de Girona. 2007; Ed. 1

Bolong N., Ismail A.F., Salim M.R., Matsuura T. *A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal*. ScienceDirect. 2009; 239: 229-246

Directiva 2013/39/UE del Parlament Europeu i del Consell de 12 d'agost de 2013

Dorigo M., Maniezzo V., Coloni A. *The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents*. IEEE transactions on systems, Man, and cybernetics. 1996; Part B, Vol. 26, No. 1, pp. 1-13

Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management. *Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems*. 2004; EPA 832-R-04-001

Generalitat de Catalunya, Canal Empresa. 2015. *Declaració de l'Ús i la Contaminació de l'Aigua (DUCA)*.

<http://canalempresaweb.gencat.cat/ca/integraciodepartamentaltramit/tramit/PerTemes/Declaracio-de-lUs-i-la-Contaminacio-de-lAigua-DUCA>

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat. 2015. *Agència Catalana de l'aigua*. <https://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca/>

International Water Association. 2007. *IWA Task Group on Benchmarking of Control Strategies for WWTPs*. <http://apps.ensic.inpl-nancy.fr/benchmarkWWTP/>

Lee J., Bang K. *Characterization of urban stormwater runoff*. Water Research. 2000; Vol. 34, No. 6, pp. 1773-1780

Lee J., Bang K., Ketchum L., Choe J., Yu M. *First flush analysis of urban storm runoff*. The science of the Total Environment. 2002; 293: 163-175

Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill. 1991.

Mountain Empire. 2015. *Values of Runoff Coefficient (C) for Rational Formula*. <http://water.me.vccs.edu/courses/CIV246/table2b.htm>

Murray K., Thomas S., Bodour A. *Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment*. Environmental Pollution. 2010; 158: 3462-3471

Petrie B., et al. *A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring*. Water Research (2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.053>

Petrovic M., Gonzales S., Barcelo D. *Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water*. Trends in Analytical Chemistry. 2003; 22(10): 685-696

Stützle T., Hoos H. *MAX-MIN Ant System*. Elsevier Science. 1999; 1-39

Verdaguer M., Clara N., Poch M. *Ant colony optimization-based method for managing industrial influents in wastewater systems*. AIChE Journal. 2012; 58(10): 3070-3078.

Verdaguer M., Clara N., Gutiérrez O., Poch M. *Application of ant-colony-optimization algorithm for improved management of first flush effects in urban wastewater systems*. Science of the Total Environment. 2014; 485-486: 143-152

Westerhoff P., Yoon Y., Snyder S., Wert E. *Fate of endocrine-disrupter, pharmaceuticals and personal care product chemical during simulated drinking water treatment process*. Environmental Science & Technology. 2005; 39: 6649-6663

Yoon Y., Westerhoff P., Snyder S., Wert E. *Nanofiltration and ultrafiltration of endocrine disrupting compounds, pharmaceuticals and personal care products*. Journal of Membrane Science. 2006; 270: 88-100

9 ANNEXOS

9.1 ANNEX 1

Taula 9-1 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 4

Temps [h]	m ³ recollits	Zona 4							
		SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	1030,70	273	190	532	46	4	0,018970	0,000153	0,003390
2	1082,91	280	169	517	40	5	0,022878	0,000695	0,005434
4	1300,44	252	178	497	37	5	0,026552	0,000987	0,006271
6	1380,23	249	200	539	41	7	0,027583	0,001795	0,008010
8	1374,38	283	233	567	42	7	0,029254	0,003026	0,009125
10	1479,52	354	224	623	44	5	0,030535	0,004604	0,009869
12	1272,21	310	283	616	46	5	0,026552	0,002380	0,008289
14	1141,15	284	257	635	40	4	0,025887	0,001726	0,007067
16	1251,53	263	245	599	36	4	0,024988	0,000527	0,005800
18	1570,53	244	223	557	45	9	0,024559	0,000326	0,005435
20	1430,79	228	203	570	43	7	0,020064	0,000126	0,003956
22	1411,71	193	180	540	40	4	0,016403	0,000108	0,003327
24	1325,89	231	195	570	37	7	0,013504	0,000103	0,003200
26	1136,54	244	203	598	39	6	0,010605	0,000087	0,003012

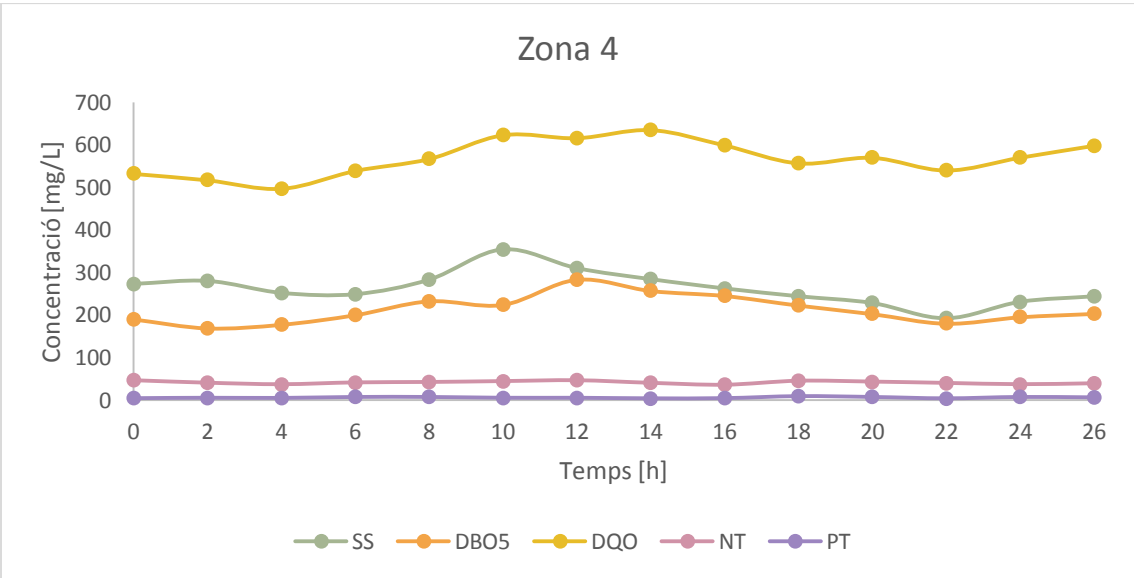


Figura 9-1 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 4 en escenari sense pluja

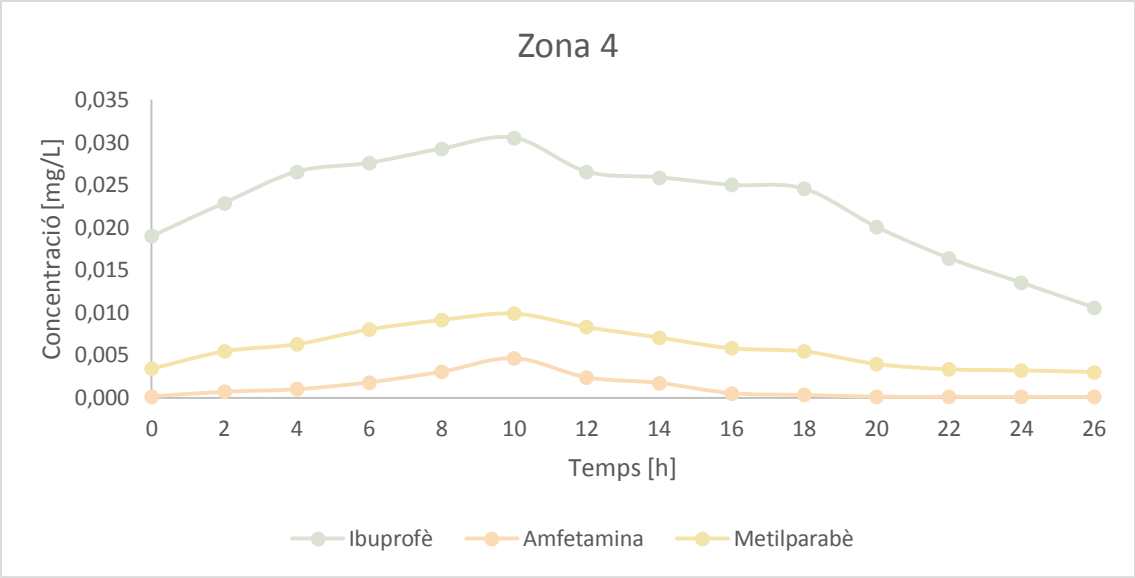


Figura 9-2 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 4 en escenari sense pluja

Taula 9-2 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 5

Zona 5									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	1213,39	240	219	644	39	5	0,019977	0,000161	0,003570
2	1274,86	247	228	659	31	4	0,024093	0,000731	0,005722
4	1530,94	274	250	689	26	4	0,027961	0,001039	0,006603
6	1624,88	287	267	677	23	4	0,029048	0,001890	0,008435
8	1617,99	273	208	637	30	5	0,030807	0,003186	0,009610
10	1741,76	294	207	616	38	5	0,032155	0,004848	0,010393
12	1497,70	280	195	628	32	6	0,027962	0,002506	0,008729
14	1343,41	251	201	583	35	3	0,027261	0,001818	0,007442
16	1473,37	230	209	579	33	3	0,026314	0,000554	0,006108
18	1848,91	248	188	603	39	4	0,025863	0,000343	0,005723
20	1684,39	291	192	592	37	4	0,021129	0,000132	0,004166
22	1661,94	262	153	638	34	6	0,017274	0,000094	0,003088
24	1436,84	225	179	614	31	5	0,014221	0,000079	0,002954
26	1255,69	256	199	623	33	5	0,011168	0,000077	0,002756

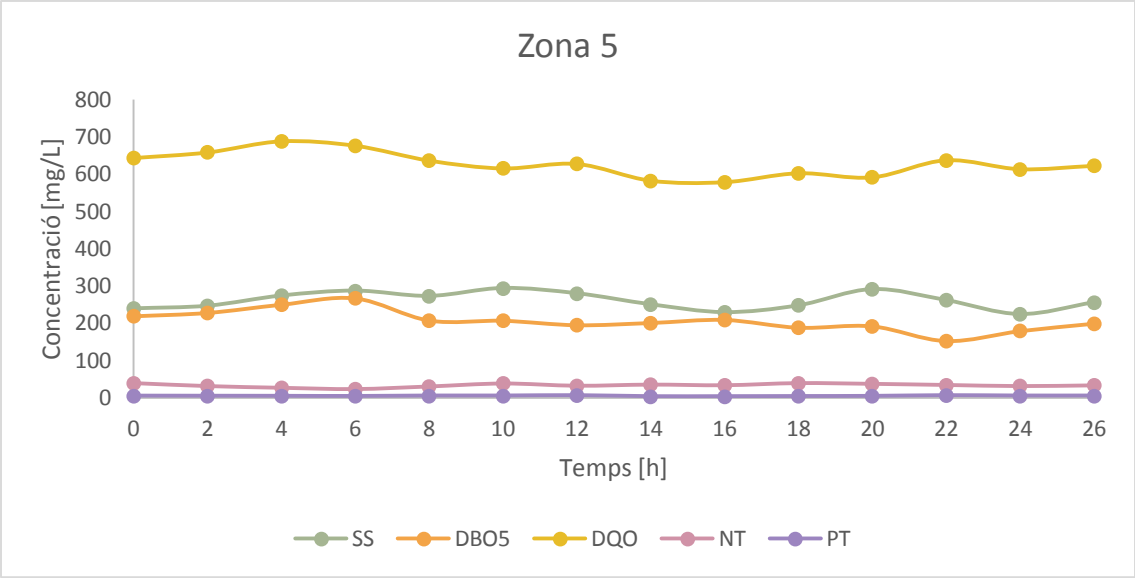


Figura 9-3 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 5 en escenari sense pluja

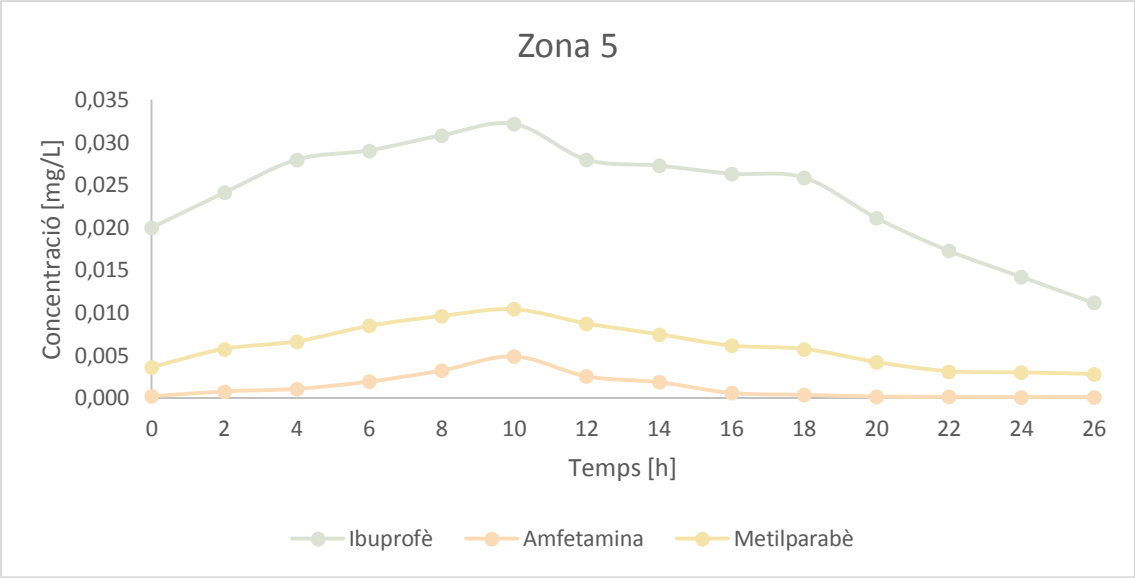
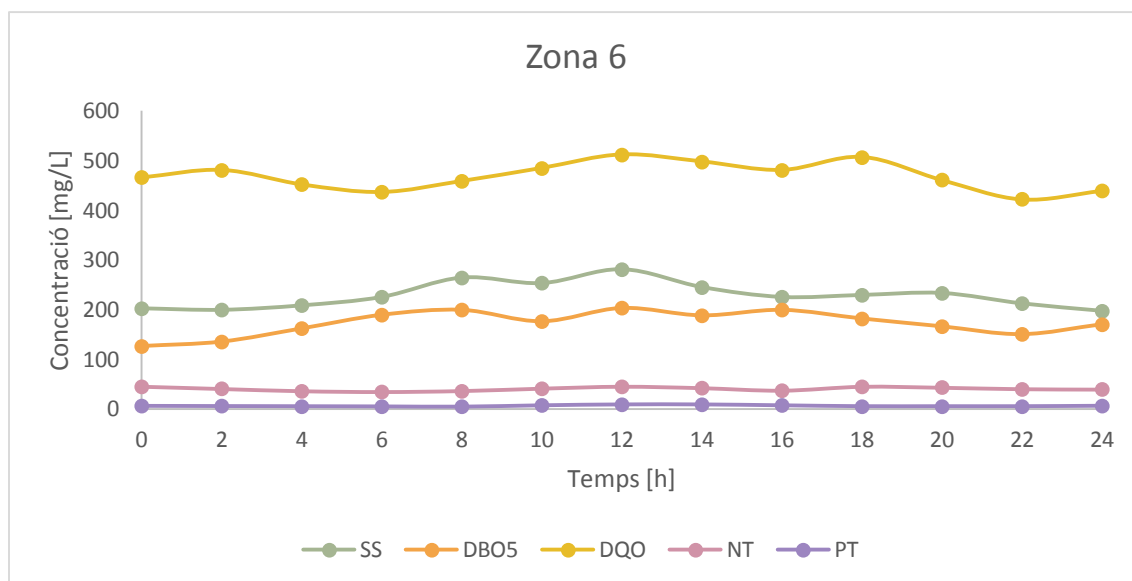


Figura 9-4 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 5 en escenari sense pluja

Taula 9-3 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 6

Zona 6									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	223,15	202	126	466	45	6	0,020550	0,000166	0,003673
2	234,46	199	135	481	40	5	0,024784	0,000752	0,005887
4	281,56	208	162	452	36	5	0,028763	0,001069	0,006793
6	298,83	225	189	437	34	5	0,029881	0,001944	0,008677
8	297,57	264	199	459	36	4	0,031691	0,003278	0,009885
10	320,33	253	176	485	41	7	0,033078	0,004987	0,010691
12	275,44	281	203	512	45	9	0,028764	0,002578	0,008979
14	247,07	245	188	498	42	9	0,028043	0,001870	0,007656
16	270,97	225	199	481	37	7	0,027069	0,000570	0,006283
18	340,03	229	182	507	45	5	0,026604	0,000353	0,005887
20	309,78	233	166	461	43	5	0,021735	0,000136	0,004285
22	305,65	212	150	422	40	5	0,017769	0,000080	0,003177
24	245,67	197	170	439	39	6	0,014629	0,000078	0,002584

**Figura 9-5** Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 6 en escenari sense pluja

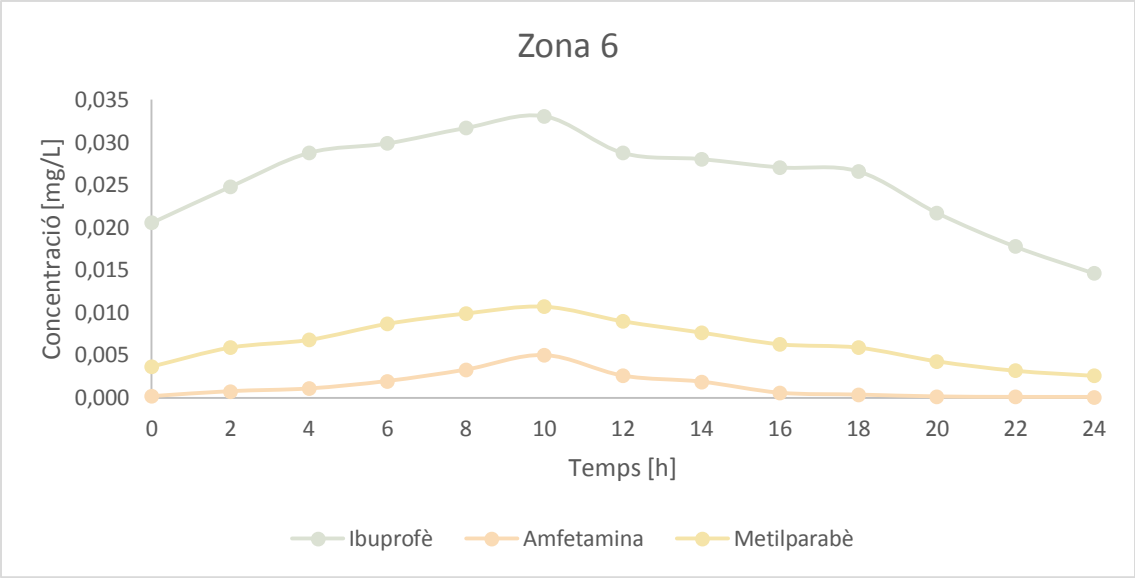


Figura 9-6 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 6 en escenari sense pluja

Taula 9-4 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 7

Zona 7									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	731,67	232	166	563	34	4	0,017767	0,000160	0,003175
2	768,73	239	175	578	31	5	0,021427	0,000725	0,005089
4	923,15	261	157	579	26	4	0,024867	0,001031	0,005873
6	979,79	272	153	552	29	3	0,025833	0,001874	0,007502
8	975,64	277	222	619	29	3	0,027398	0,003160	0,008546
10	1050,27	290	230	636	32	5	0,028597	0,004809	0,009243
12	903,11	275	213	613	31	5	0,024868	0,002486	0,007763
14	810,07	239	189	570	33	4	0,024244	0,001803	0,006619
16	888,43	233	172	584	36	3	0,023402	0,000550	0,005432
18	1114,88	245	182	589	33	3	0,023001	0,000341	0,005090
20	1015,68	270	183	592	35	4	0,018791	0,000131	0,003705
22	1002,14	254	196	565	31	5	0,015362	0,000094	0,002747
24	867,21	241	180	548	32	4	0,012647	0,000085	0,002698

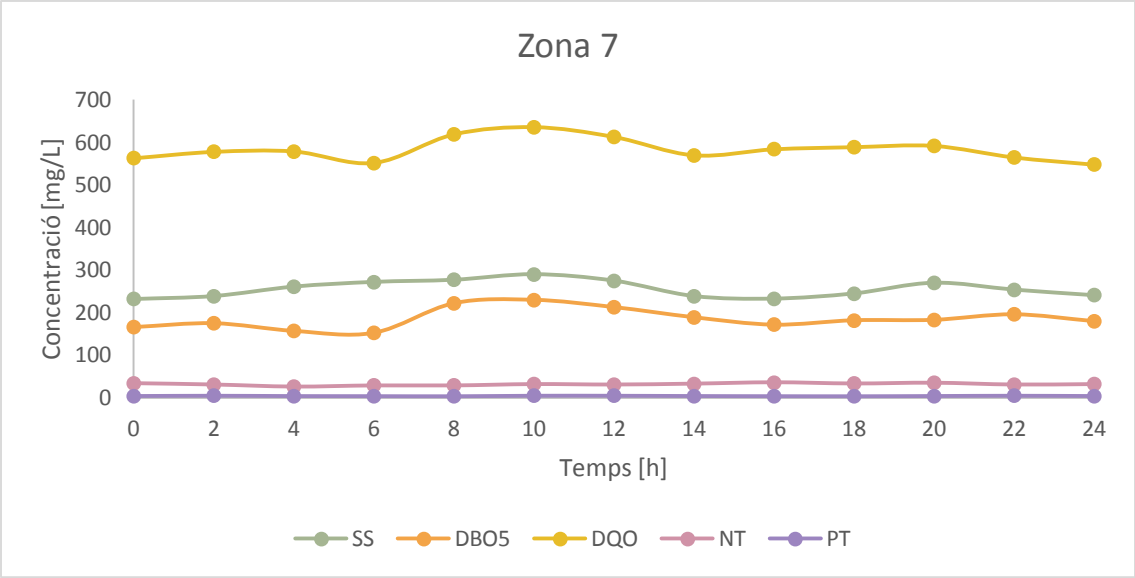


Figura 9-7 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 7 en escenari sense pluja

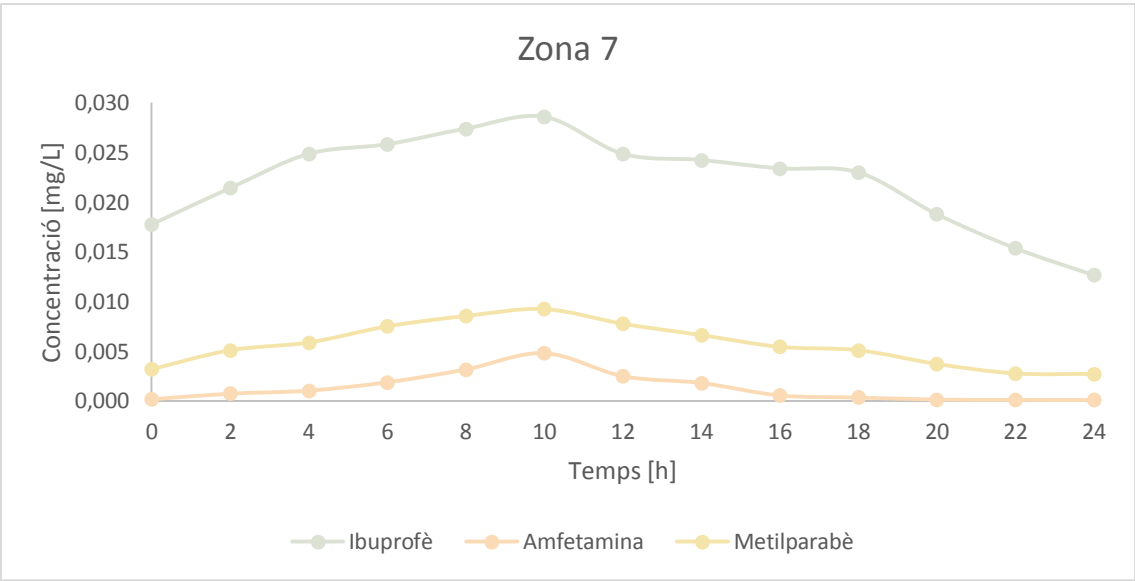


Figura 9-8 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 7 en escenari sense pluja

Taula 9-5 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 8

Zona 8									
Temps [h]	m ³ recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	420,28	212	151	378	53	5	0,020387	0,000164	0,003644
2	441,57	219	160	393	45	6	0,024586	0,000746	0,005840
4	530,27	228	196	450	40	5	0,028534	0,001060	0,006739
6	562,80	237	173	460	47	5	0,029643	0,001929	0,008608
8	560,42	268	185	440	51	5	0,031438	0,003252	0,009807
10	603,29	288	188	456	48	4	0,032814	0,004948	0,010606
12	518,76	279	205	460	43	5	0,028535	0,002558	0,008907
14	465,31	280	196	441	46	5	0,027820	0,001855	0,007595
16	510,33	278	173	425	46	5	0,026853	0,000566	0,006233
18	640,40	255	189	398	47	5	0,026393	0,000350	0,005840
20	583,42	236	168	403	49	5	0,021562	0,000135	0,004251
22	575,64	229	165	394	47	5	0,017628	0,000079	0,003152

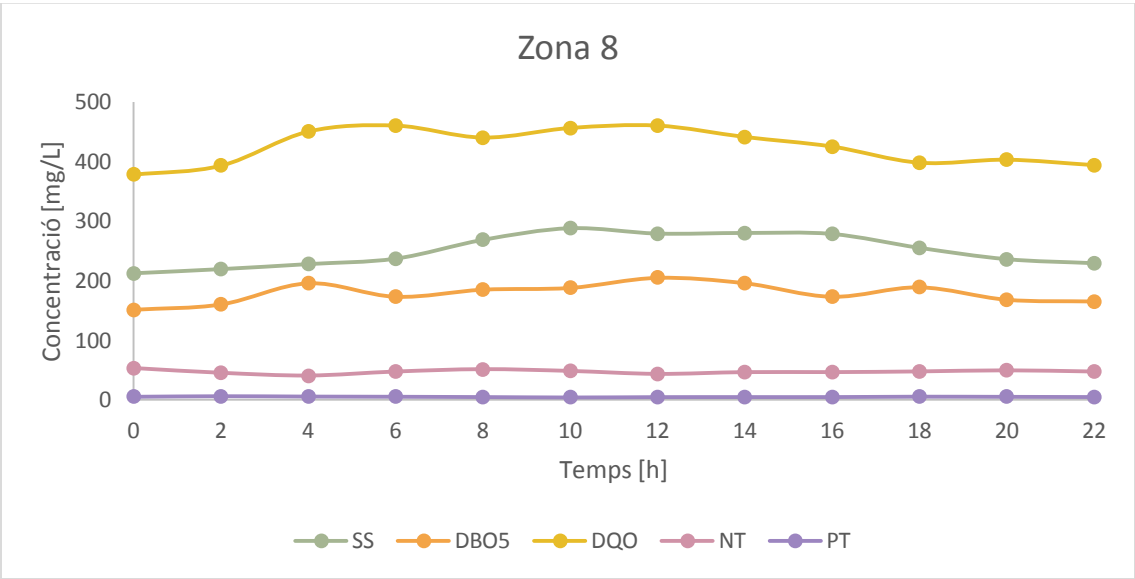


Figura 9-9 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 8 en escenari sense pluja

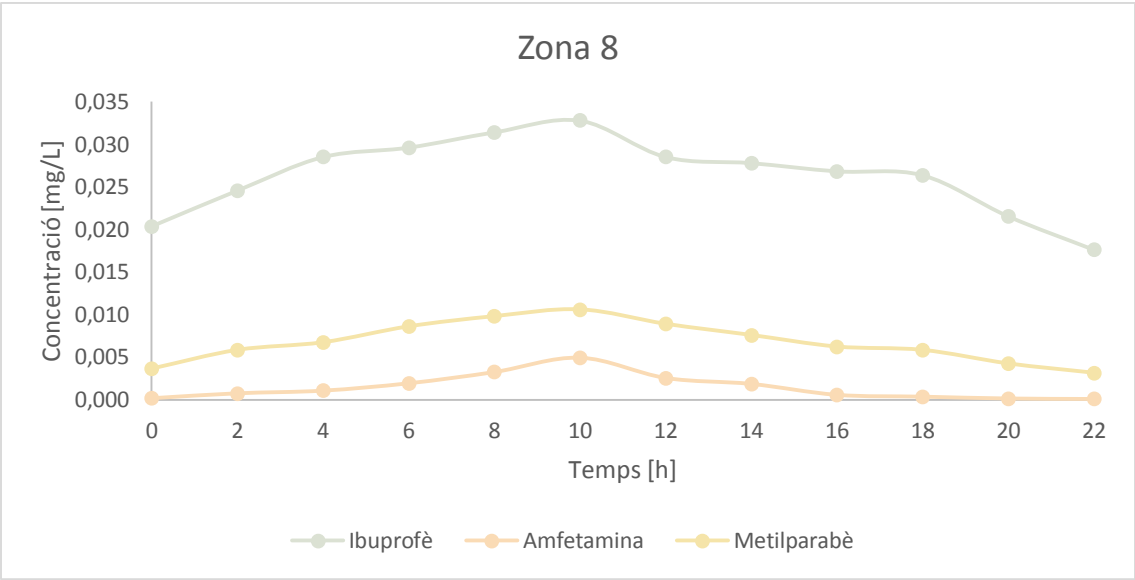


Figura 9-10 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 8 en escenari sense pluja

Taula 9-6 Escenari de concentracions de contaminants sense pluja en la Zona 9

Zona 9									
Temps [h]	m³ recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
0	894,55	281	220	699	47	6	0,020612	0,000166	0,003684
2	939,86	294	238	694	41	5	0,024858	0,000755	0,005904
4	1128,65	302	209	671	47	5	0,028849	0,001072	0,006813
6	1197,90	298	263	708	45	6	0,029970	0,001950	0,008703
8	1192,83	295	265	712	48	4	0,031786	0,003288	0,009915
10	1284,07	317	290	725	48	5	0,033177	0,005002	0,010723
12	1104,15	309	283	697	46	5	0,028850	0,002586	0,009006
14	990,40	323	295	736	47	5	0,028127	0,001875	0,007678
16	1086,21	316	291	688	49	6	0,027150	0,000572	0,006302
18	1363,07	305	278	692	45	4	0,026684	0,000354	0,005905
20	1241,78	293	254	660	47	4	0,021800	0,000137	0,004298
22	1225,23	295	260	667	48	5	0,017822	0,000080	0,003186

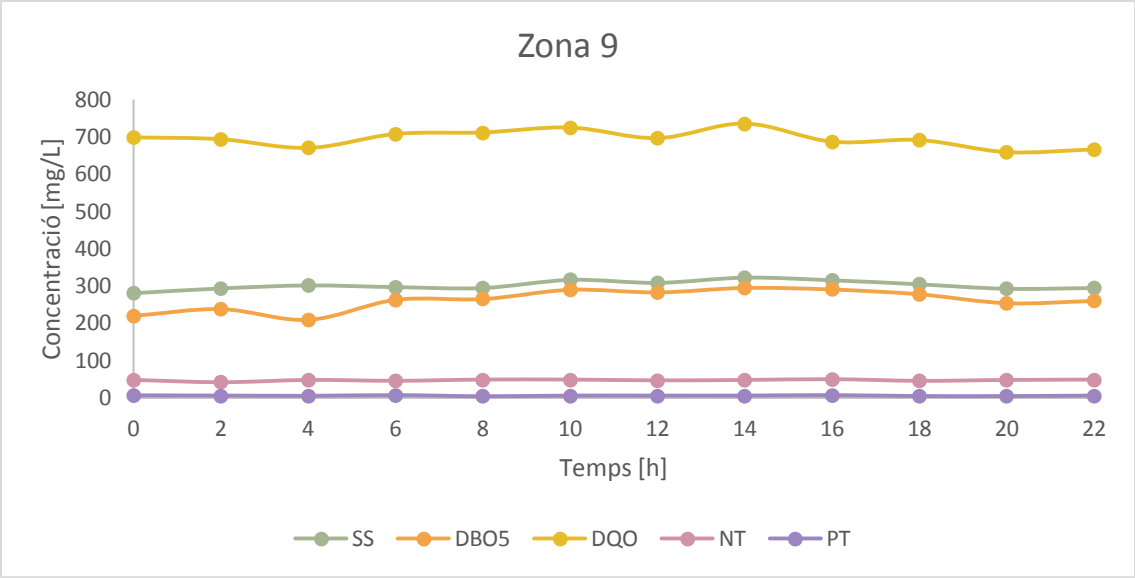


Figura 9-11 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 9 en escenari sense pluja

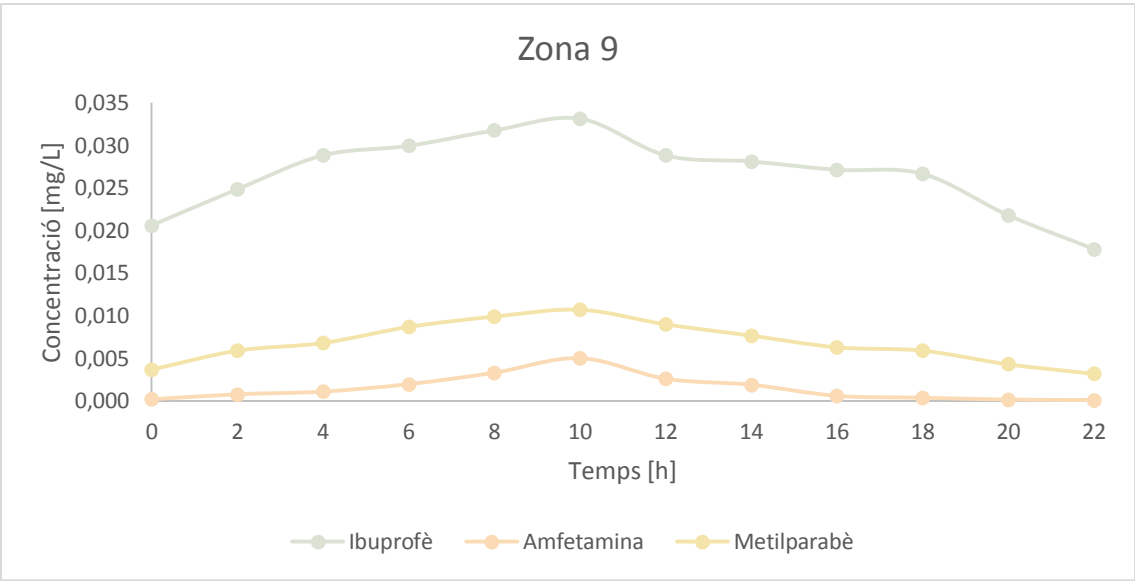


Figura 9-12 Evolució dels contaminants emergents en la Zona 9 en escenari sense pluja

9.2 ANNEX 2

Taula 9-7 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 4

Zona 4								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	128,84	216	179	289	62	8	0,082	0,136
15	270,86	249	213	356	49	7	0,095	0,168
30	394,53	263	240	441	40	6	0,106	0,179
45	533,52	304	279	514	35	6	0,118	0,183
60	681,94	444	364	658	32	5	0,124	0,208
75	670,36	372	351	624	27	5	0,119	0,193
90	693,19	341	308	574	25	5	0,105	0,184
105	707,63	315	294	503	21	4	0,096	0,179
120	695,47	293	267	464	23	5	0,086	0,154
135	536,48	274	243	392	26	4	0,069	0,148
150	428,02	231	216	367	31	5	0,054	0,132
165	307,10	206	186	308	39	5	0,030	0,130
180	128,84	173	140	332	46	5	0,024	0,128
195	135,36	180	149	347	40	5	0,021	0,131

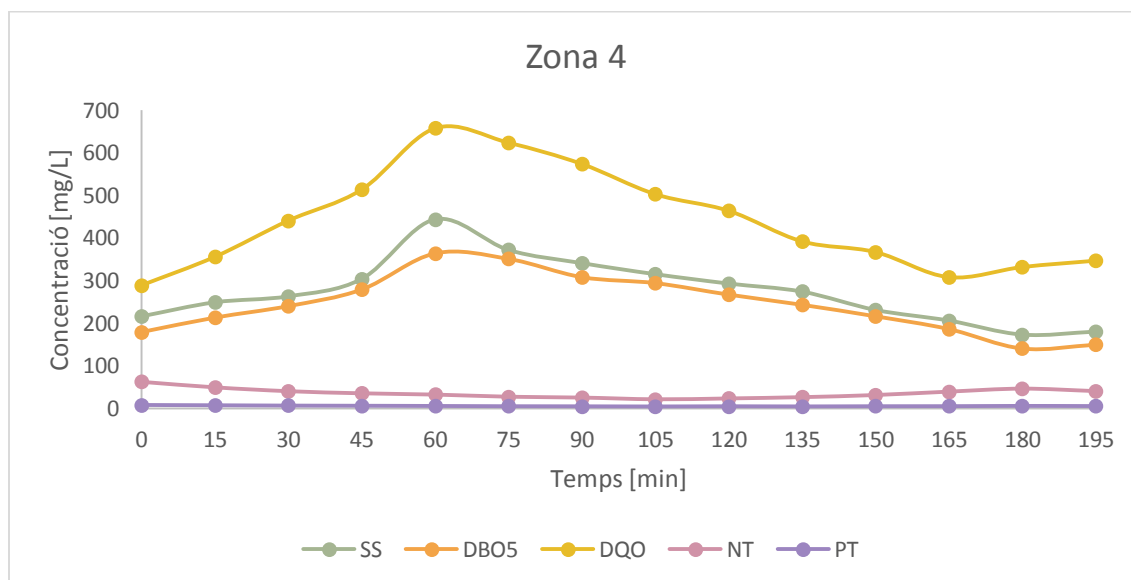


Figura 9-13 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 4 en escenari amb pluja

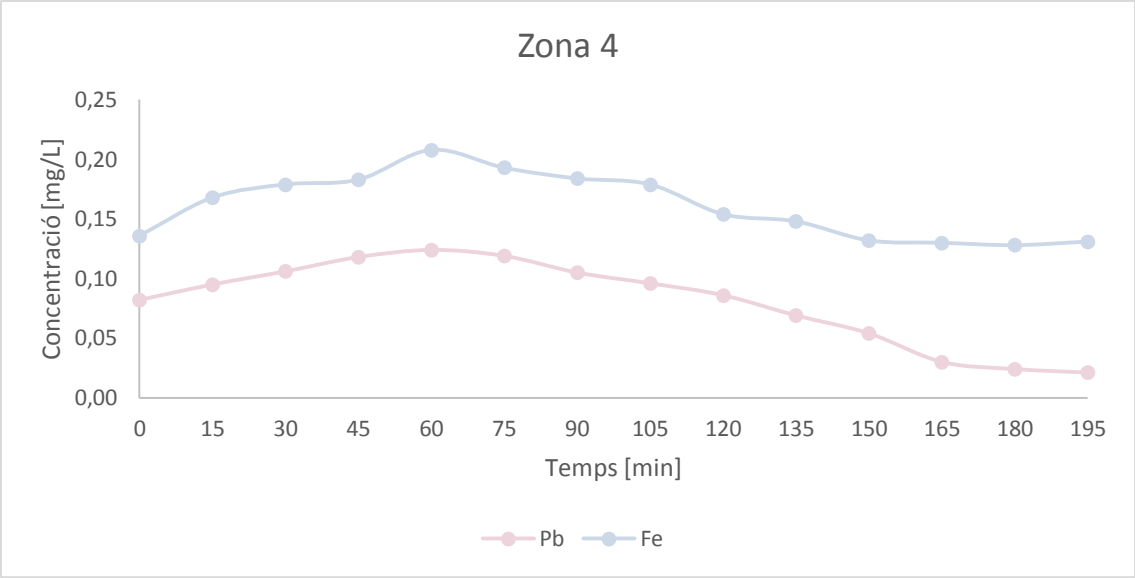


Figura 9-14 Evolució dels metalls pesants en la Zona 4 en escenari amb pluja

Taula 9-8 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 5

Zona 5								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	151,67	176	153	216	43	7	0,015	0,218
15	278,92	209	180	324	39	6	0,029	0,234
30	396,05	224	216	489	34	5	0,042	0,259
45	521,63	267	249	612	27	5	0,059	0,297
60	652,37	426	368	763	23	5	0,073	0,316
75	646,03	354	342	572	20	4	0,062	0,304
90	658,54	301	294	486	17	4	0,054	0,289
105	666,44	276	251	441	16	4	0,038	0,273
120	659,78	243	226	386	19	4	0,021	0,249
135	531,26	229	194	327	22	4	0,013	0,219
150	430,40	194	183	257	29	4	0,009	0,198
165	323,01	186	167	301	34	4	0,005	0,183
180	151,67	140	119	244	39	5	0,007	0,154
195	159,36	167	158	259	31	5	0,013	0,147

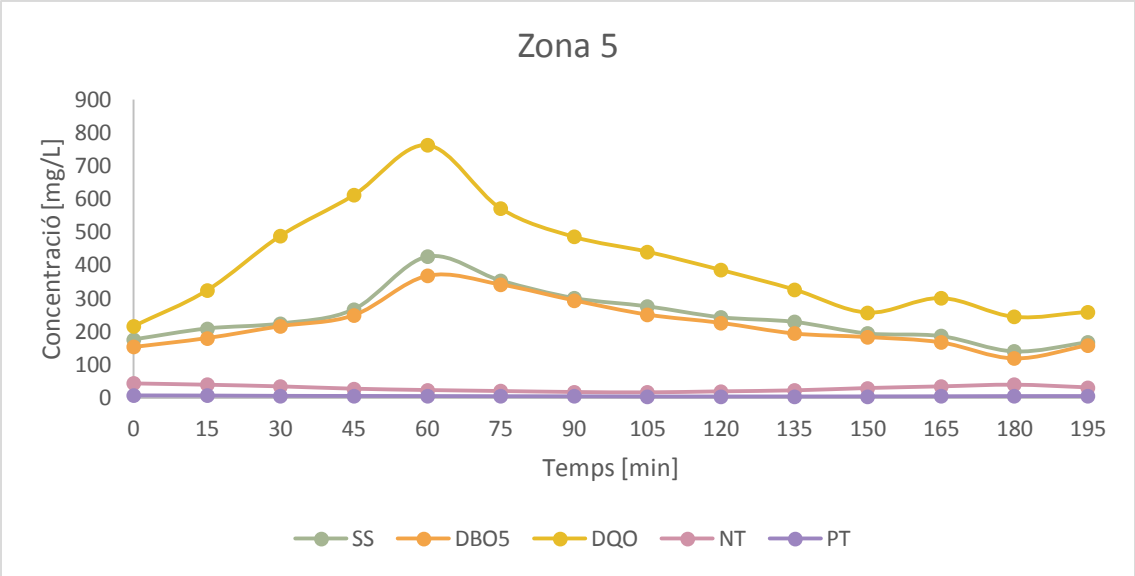


Figura 9-15 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 5 en escenari amb pluja

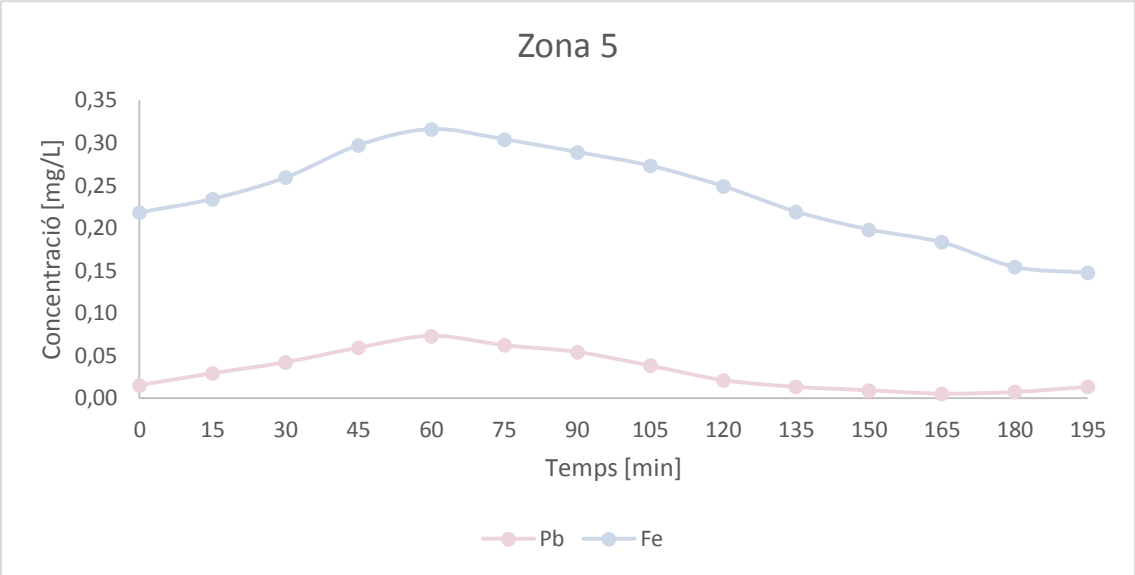
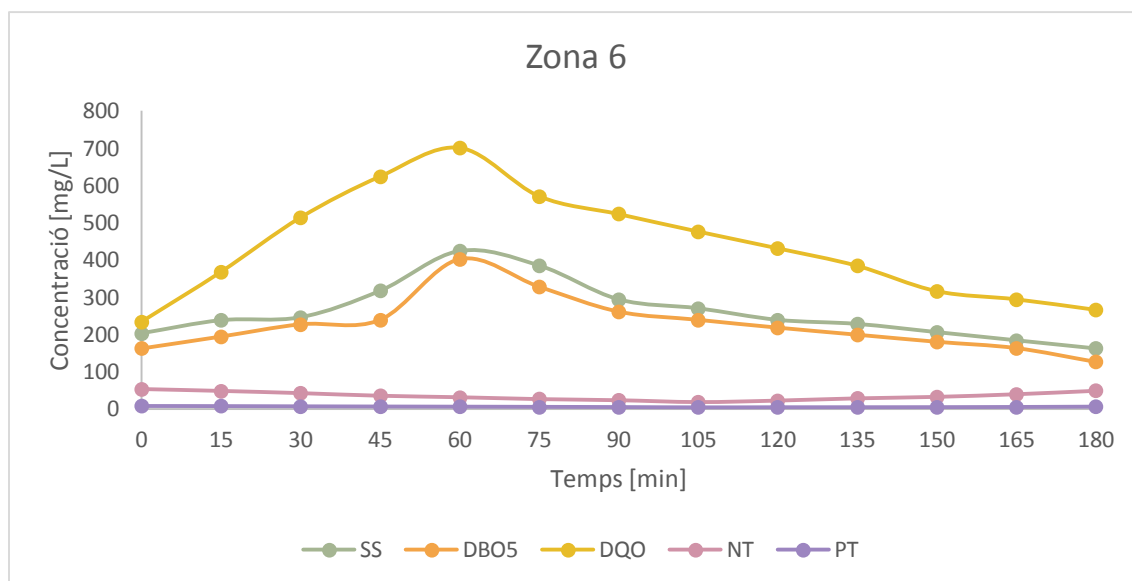


Figura 9-16 Evolució dels metalls pesants en la Zona 5 en escenari amb pluja

Taula 9-9 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 6

Zona 6								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	27,89	203	162	234	53	8	0,068	0,135
15	136,28	238	194	368	48	7	0,083	0,162
30	218,33	246	227	514	42	7	0,099	0,179
45	322,34	317	239	624	35	6	0,107	0,193
60	439,94	424	402	701	31	6	0,124	0,207
75	423,26	385	328	571	26	5	0,119	0,190
90	456,14	294	261	523	23	5	0,101	0,178
105	476,93	270	239	476	18	4	0,096	0,164
120	459,42	239	218	431	22	4	0,073	0,152
135	311,06	228	199	384	28	4	0,064	0,139
150	235,43	206	180	316	32	4	0,059	0,121
165	141,34	184	163	294	39	5	0,042	0,116
180	27,89	162	126	266	48	6	0,025	0,108

**Figura 9-17** Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 6 en escenari amb pluja

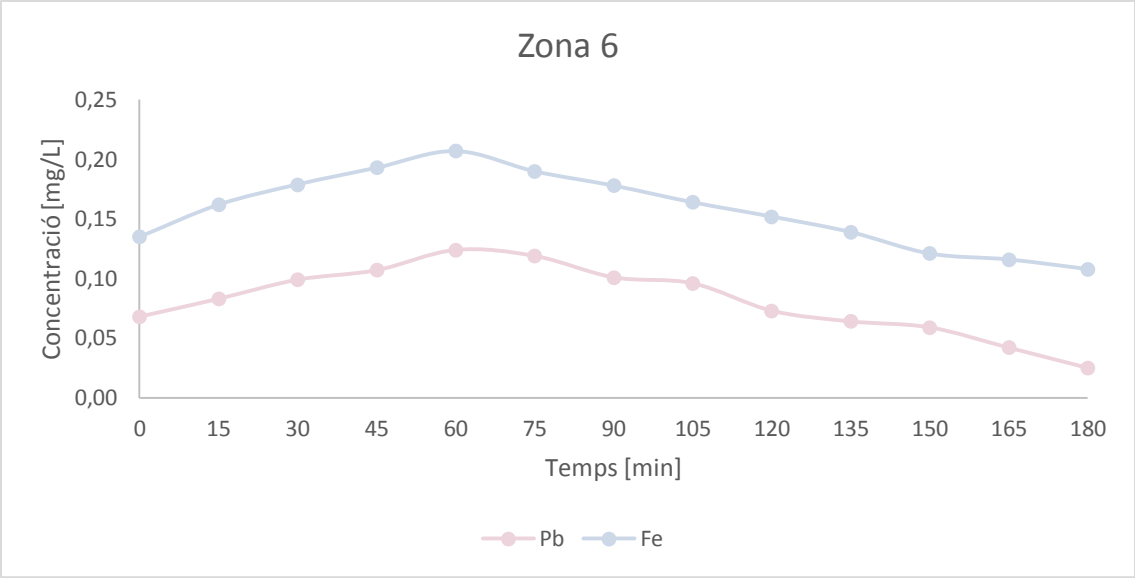


Figura 9-18 Evolució dels metalls pesants en la Zona 6 en escenari amb pluja

Taula 9-10 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 7

Zona 7								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	91,46	167	126	232	43	6	0,008	0,186
15	241,27	193	164	316	38	6	0,019	0,197
30	363,94	206	183	435	31	5	0,032	0,209
45	509,25	254	229	574	27	5	0,048	0,225
60	668,53	409	348	697	23	4	0,067	0,294
75	651,37	332	315	511	19	4	0,054	0,276
90	685,21	251	227	475	17	4	0,043	0,247
105	706,60	243	206	403	15	3	0,035	0,213
120	688,58	210	194	324	18	3	0,021	0,202
135	503,82	204	171	243	20	3	0,011	0,186
150	393,92	173	163	221	24	4	0,008	0,173
165	265,24	162	148	207	29	4	0,004	0,161
180	91,46	132	106	263	36	4	0,025	0,108

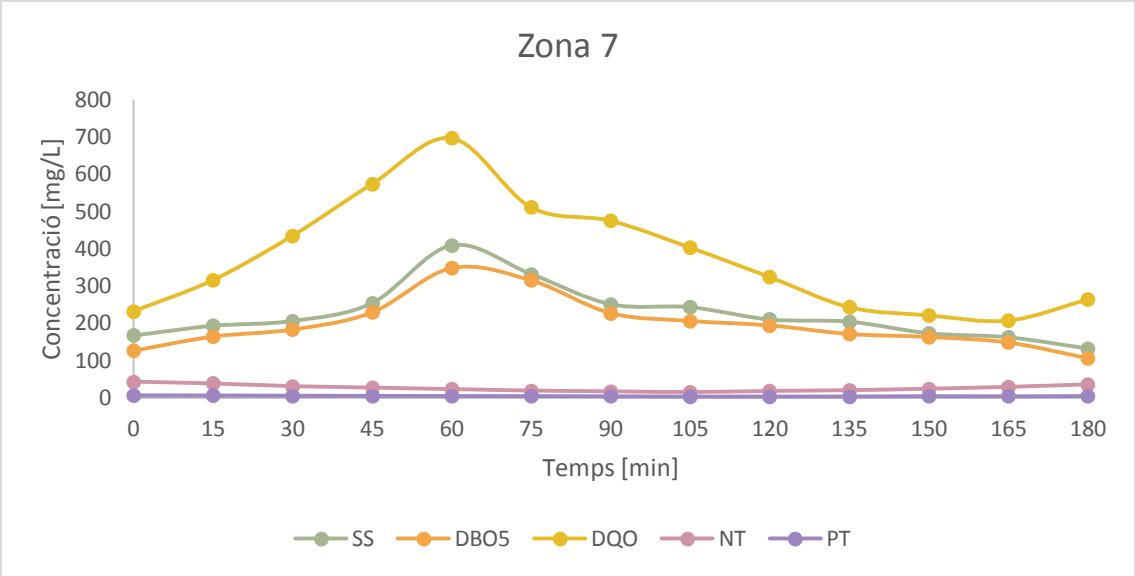


Figura 9-19 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 7 en escenari amb pluja

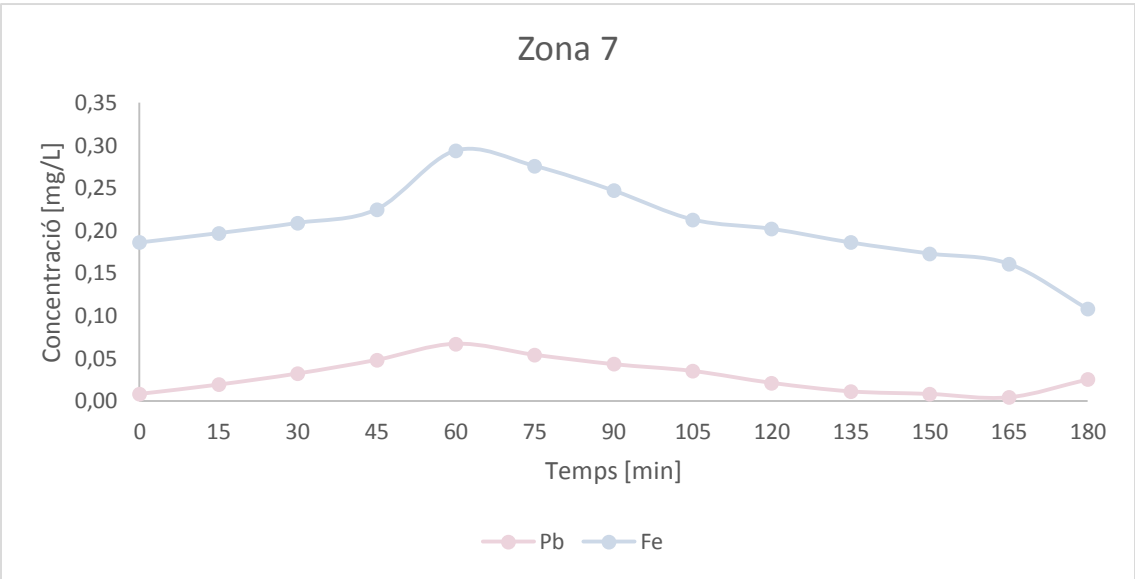
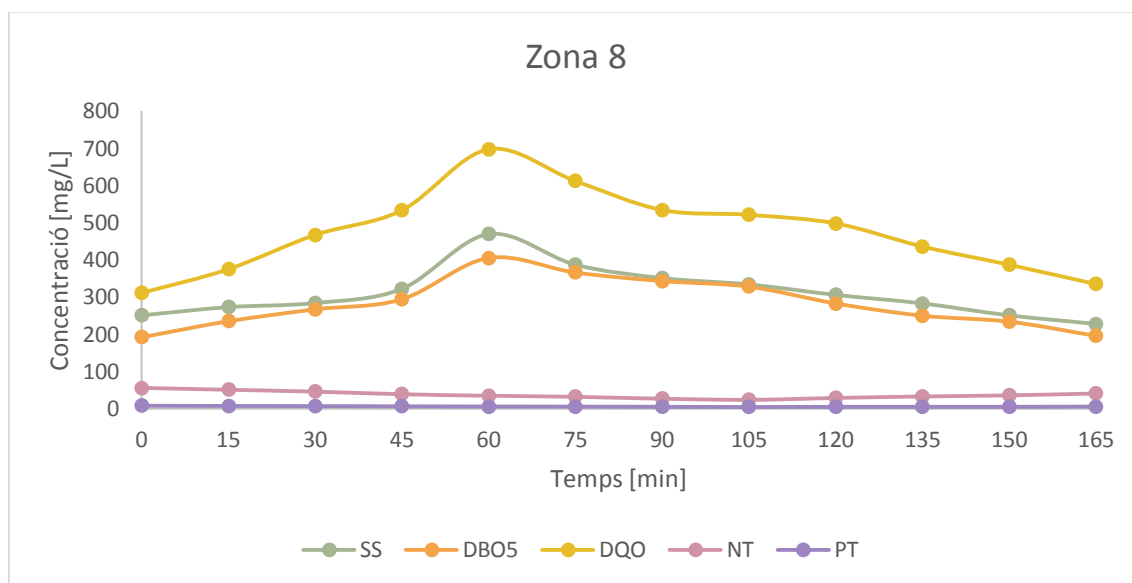


Figura 9-20 Evolució dels metalls pesants en la Zona 7 en escenari amb pluja

Taula 9-11 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 8

Zona 8								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	52,53	251	192	311	56	8	0,057	0,203
15	182,23	273	235	375	51	8	0,076	0,227
30	283,76	284	267	467	46	7	0,091	0,246
45	408,77	322	294	533	39	7	0,104	0,268
60	548,31	469	405	697	35	6	0,126	0,291
75	530,49	387	366	612	32	6	0,113	0,284
90	565,63	351	343	534	27	5	0,109	0,271
105	587,84	334	328	521	24	5	0,091	0,253
120	569,13	306	283	498	29	5	0,078	0,230
135	398,96	283	250	436	33	5	0,063	0,219
150	306,52	251	234	387	36	5	0,051	0,201
165	194,43	228	196	335	41	6	0,047	0,186

**Figura 9-21** Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 8 en escenari amb pluja

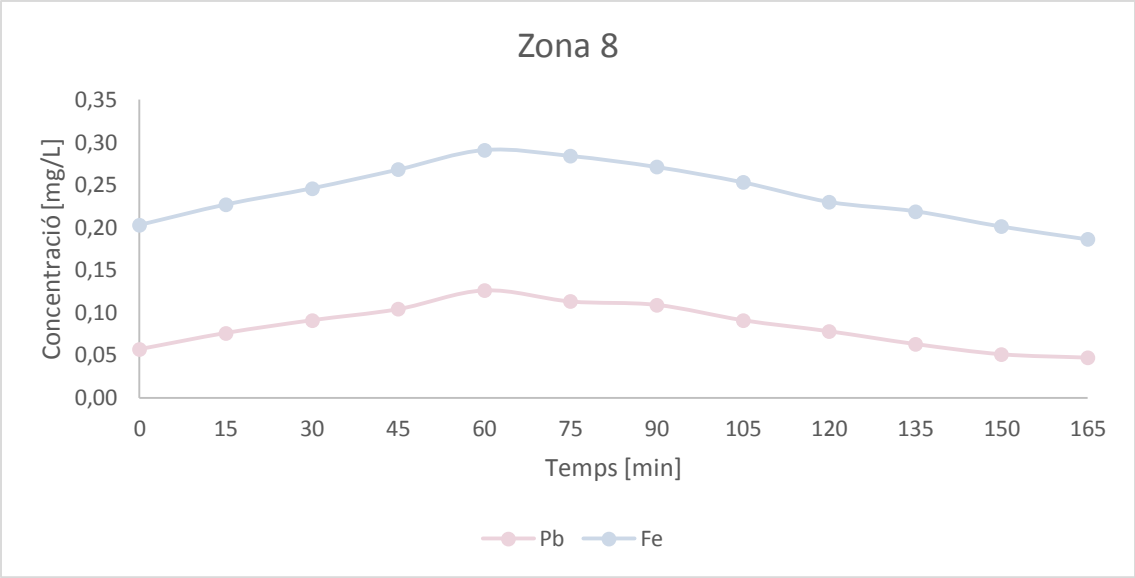


Figura 9-22 Evolució dels metalls pesants en la Zona 8 en escenari amb pluja

Taula 9-12 Escenari de concentracions del contaminants amb pluja en la Zona 9

Zona 9								
Temps [min]	m3 recollits	SS [mg/L]	DBO5 [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
0	111,82	225	214	345	61	8	0,005	0,135
15	230,40	279	251	476	47	7	0,019	0,161
30	334,39	357	327	615	41	6	0,031	0,184
45	450,56	474	426	804	36	6	0,062	0,206
60	574,22	618	513	923	32	5	0,083	0,233
75	565,02	503	472	725	28	5	0,072	0,228
90	583,16	436	405	613	24	4	0,068	0,213
105	594,62	355	349	573	21	3	0,054	0,201
120	584,97	307	298	518	23	4	0,037	0,186
135	453,86	291	281	467	28	4	0,021	0,164
150	362,86	282	277	381	34	4	0,017	0,132
165	262,02	285	272	399	39	4	0,005	0,129

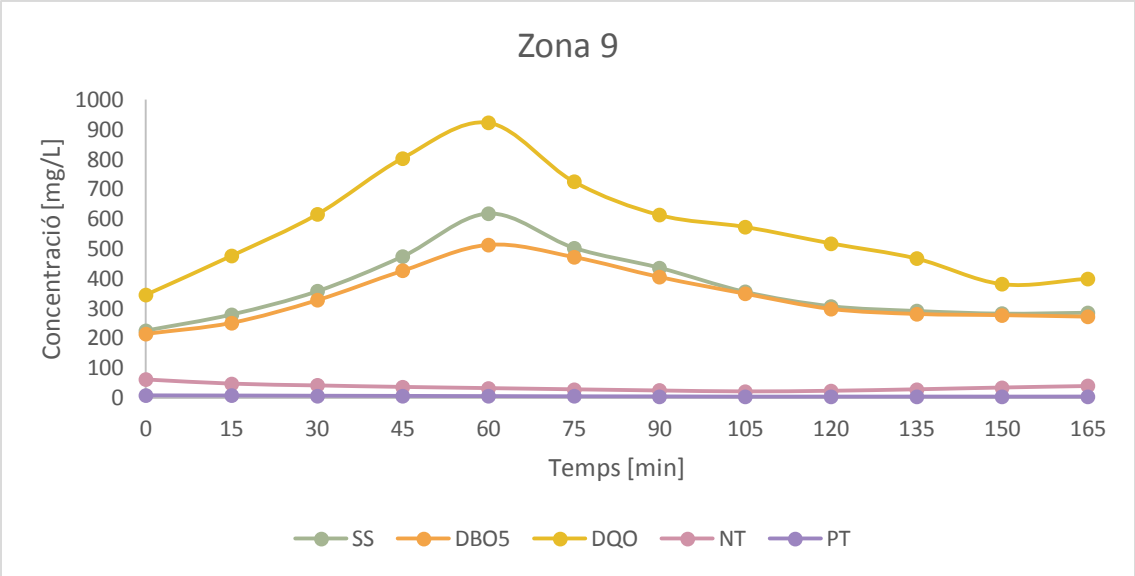


Figura 9-23 Evolució dels cinc contaminants habituals en la Zona 9 en escenari amb pluja

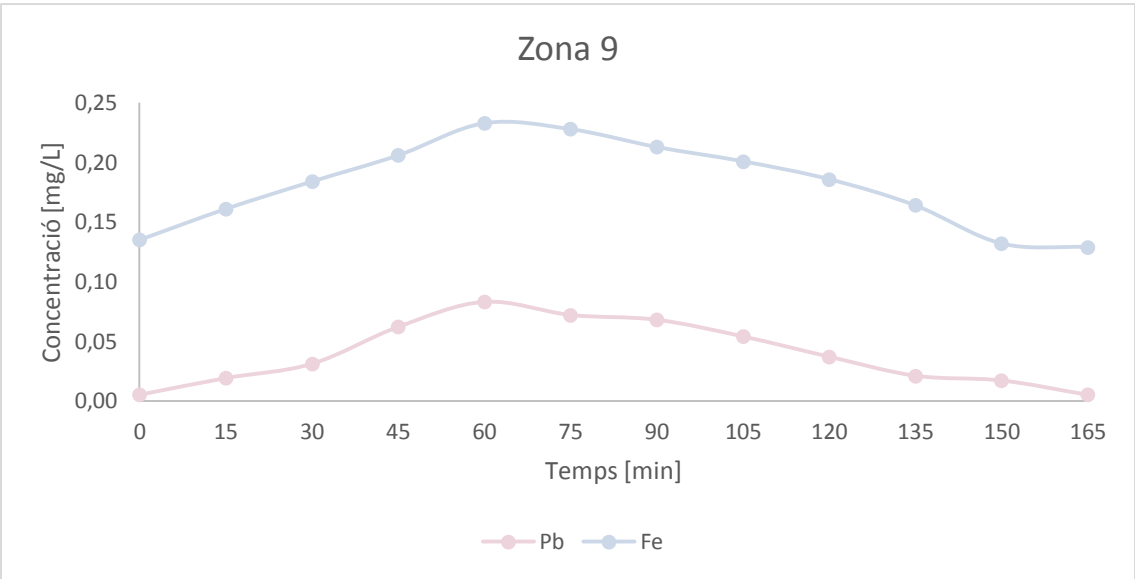


Figura 9-24 Evolució dels metalls pesants en la Zona 9 en escenari amb pluja

9.3 ANNEX 3

Taula 9-13 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 6

TEMPS 6									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	600	234	164	358	27	3	0,024040	0,002593	0,007430
TR2	1500	276	253	587	35	3	0,032946	0,004968	0,010649
TR3	900	287	198	575	41	3	0,027651	0,002860	0,008625
TR4	2800	266	217	553	42	7	0,028419	0,002411	0,008568
TR5	1600	273	208	637	30	5	0,030807	0,003186	0,009610
TR6	800	212	165	454	36	5	0,028188	0,001318	0,007273
TR7	1000	272	153	552	29	3	0,025833	0,001874	0,007502
TR8	1100	221	174	415	45	5	0,025235	0,000730	0,005650
TR9	1100	302	209	671	47	5	0,028849	0,001072	0,006813

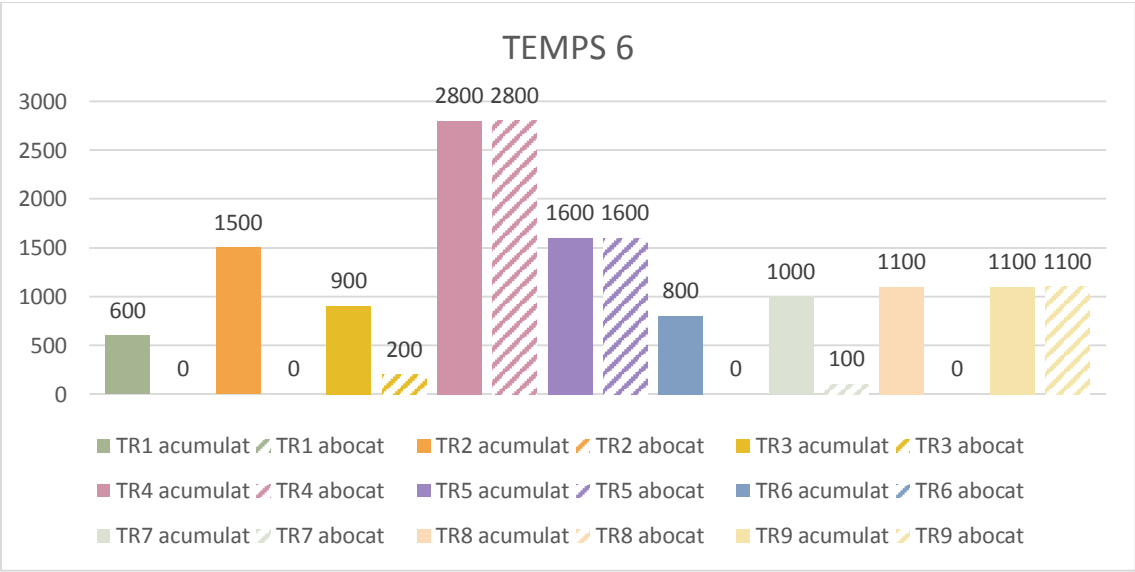
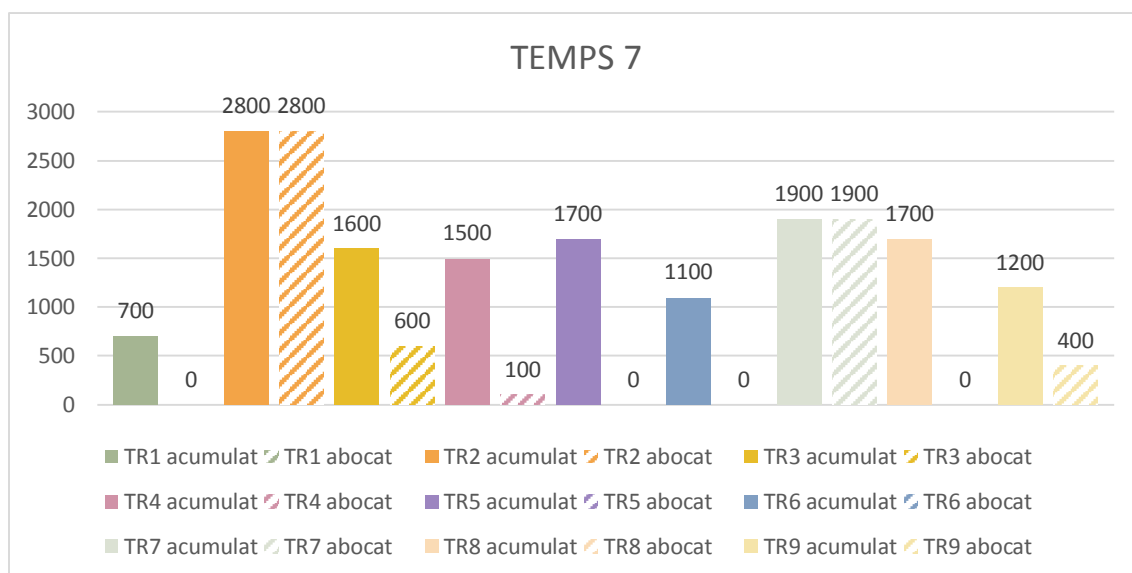


Figura 9-25 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 6

Taula 9-14 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 7

TEMPS 7									
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	700	240	170	363	26	3	0,023736	0,002503	0,007346
TR2	2800	280	258	596	36	3	0,030951	0,003854	0,009857
TR3	1600	306	214	595	39	3	0,028332	0,003699	0,009020
TR4	1500	354	224	623	44	5	0,030535	0,004604	0,009869
TR5	1700	294	207	616	38	5	0,032155	0,004848	0,010393
TR6	1100	226	175	455	36	5	0,029143	0,001852	0,007985
TR7	1900	275	189	587	29	3	0,026657	0,002551	0,008051
TR8	1700	227	174	431	46	5	0,026791	0,001153	0,006694
TR9	1200	298	263	708	45	6	0,029970	0,001950	0,008703

**Figura 9-26** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 7

Taula 9-15 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 8

TEMPS 8									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	800	240	171	364	26	3	0,023440	0,002369	0,007157
TR2	1100	256	231	555	39	5	0,027931	0,001862	0,007625
TR3	1800	296	214	604	41	3	0,026894	0,003055	0,008493
TR4	2700	333	252	620	45	5	0,028617	0,003533	0,009108
TR5	3200	287	201	622	35	5	0,030190	0,003750	0,009613
TR6	1400	232	175	462	37	5	0,029986	0,002524	0,008565
TR7	1100	290	230	636	32	5	0,028597	0,004809	0,009243
TR8	2300	238	177	433	47	5	0,028003	0,001701	0,007506
TR9	2000	296	264	710	47	5	0,031060	0,002753	0,008971

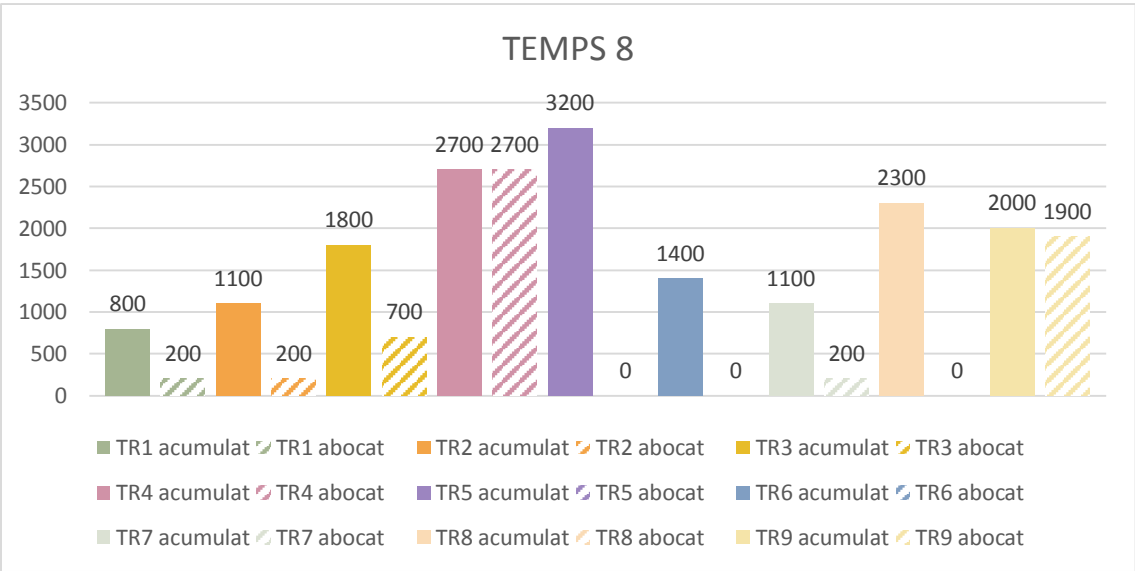


Figura 9-27 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 8

Taula 9-16 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 9

TEMPS 9									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	700	237	175	357	27	3	0,023038	0,002092	0,006818
TR2	2100	250	226	546	37	4	0,027377	0,001123	0,006844
TR3	1800	285	209	574	42	4	0,025951	0,002501	0,007788
TR4	1100	284	257	635	40	4	0,025887	0,001726	0,007067
TR5	4500	277	201	610	35	5	0,029344	0,003192	0,008986
TR6	1700	241	180	470	39	6	0,029771	0,002534	0,008638
TR7	1800	283	222	625	32	5	0,026733	0,003648	0,008503
TR8	2900	248	179	438	47	5	0,028999	0,002373	0,008147
TR9	1400	316	288	724	48	5	0,033026	0,004841	0,010598

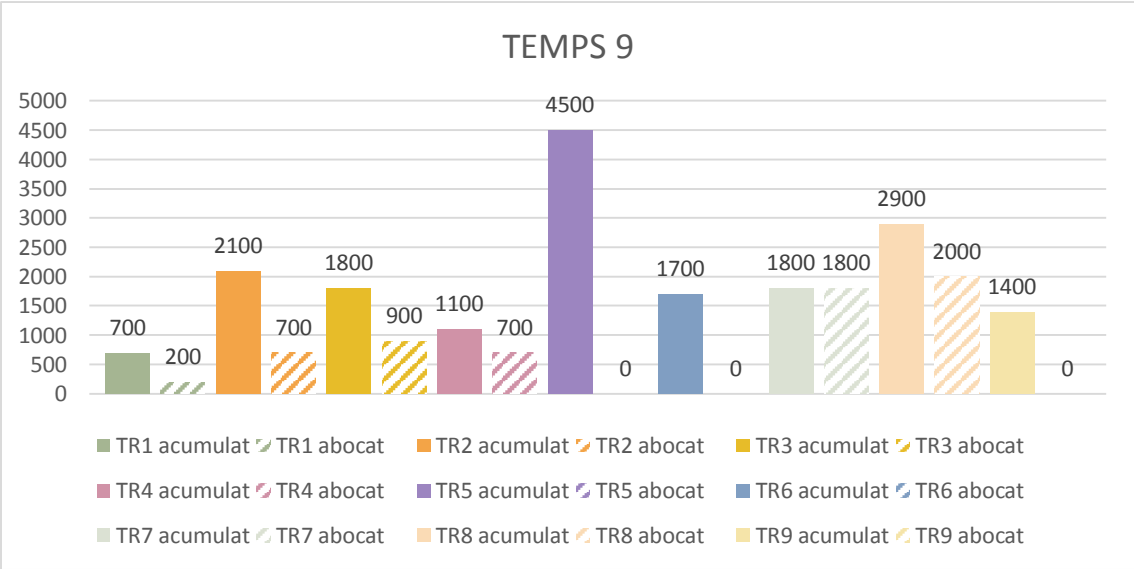


Figura 9-28 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 9

Taula 9-17 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 10

TEMPS 10									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	700	226	177	338	25	3	0,022248	0,001571	0,006152
TR2	3000	244	214	515	34	4	0,026909	0,000712	0,006321
TR3	1700	290	197	539	42	4	0,024853	0,001559	0,006703
TR4	1700	268	248	607	37	4	0,025200	0,000809	0,006098
TR5	6000	265	203	603	35	4	0,028586	0,002533	0,008266
TR6	1900	241	181	473	39	6	0,029589	0,002464	0,008535
TR7	800	239	189	570	33	4	0,024244	0,001803	0,006619
TR8	1400	259	188	446	46	5	0,028833	0,002439	0,008419
TR9	2500	313	286	712	47	5	0,031188	0,003849	0,009897

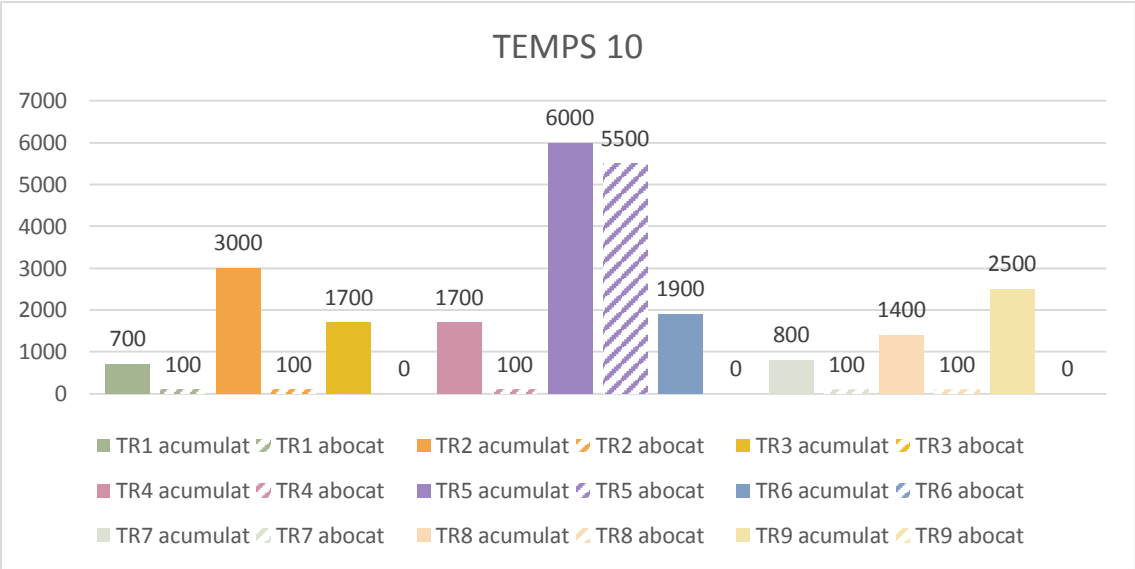
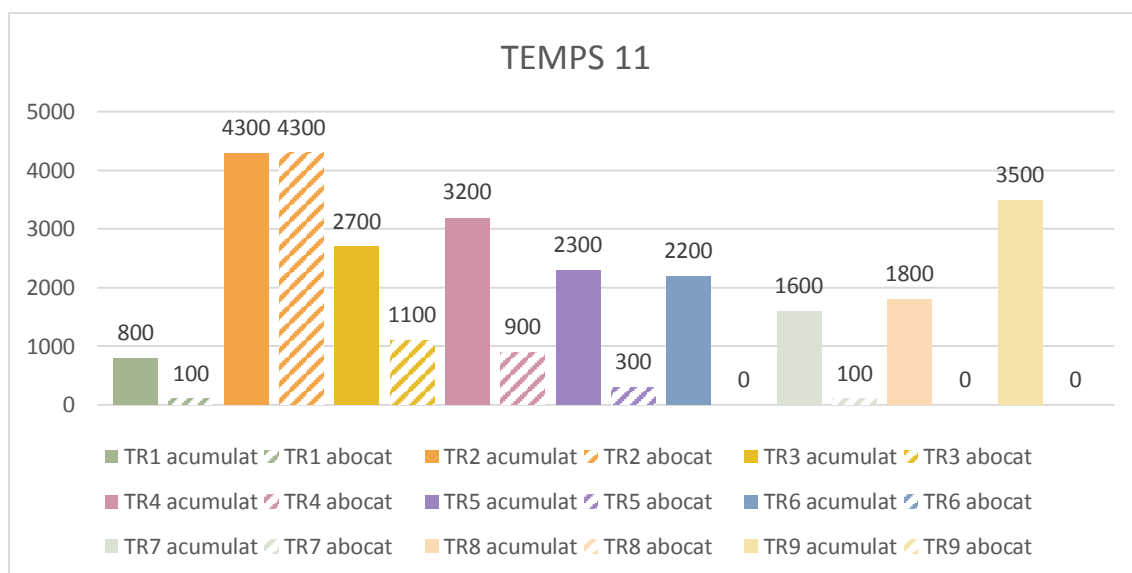


Figura 9-29 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 10

Taula 9-18 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 11

TEMPS 11									
	Acumulació [m ³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	800	214	168	321	28	4	0,020826	0,001205	0,005430
TR2	4300	232	201	501	36	4	0,025196	0,000524	0,005653
TR3	2700	285	186	518	40	4	0,024246	0,001095	0,006123
TR4	3200	256	235	582	41	7	0,024879	0,000568	0,005767
TR5	2300	252	191	603	38	4	0,026455	0,000819	0,006276
TR6	2200	239	183	474	39	6	0,029245	0,002206	0,008220
TR7	1600	236	179	578	35	3	0,023770	0,001098	0,005951
TR8	1800	265	190	444	46	5	0,028552	0,002277	0,008190
TR9	3500	316	288	719	47	5	0,030314	0,003285	0,009263

**Figura 9-30** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 11

Taula 9-19 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 12

TEMPS 12									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	900	202	157	303	30	3	0,019207	0,000958	0,004918
TR2	1400	219	159	482	38	4	0,017698	0,000080	0,003164
TR3	2500	267	189	491	38	4	0,022344	0,000744	0,005265
TR4	3700	245	223	578	42	7	0,023057	0,000400	0,005081
TR5	3700	270	192	598	38	4	0,024008	0,000503	0,005306
TR6	2500	238	183	478	39	6	0,028928	0,001983	0,007940
TR7	2600	240	181	583	34	3	0,023445	0,000778	0,005587
TR8	2300	268	187	440	46	5	0,028182	0,001905	0,007764
TR9	4500	316	289	712	47	5	0,029611	0,002682	0,008605

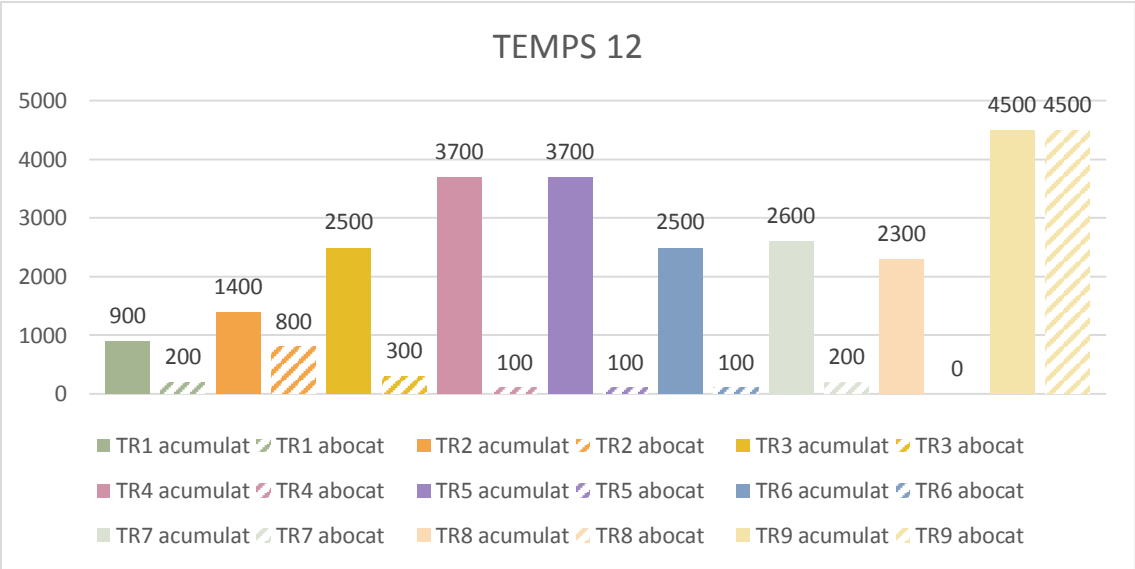


Figura 9-31 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 12

Taula 9-20 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 13

TEMPS 13									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	900	191	145	236	32	4	0,017751	0,000764	0,004509
TR2	1800	239	182	461	35	4	0,015613	0,000063	0,002473
TR3	3100	263	188	463	38	4	0,020358	0,000558	0,004649
TR4	5000	231	211	567	41	6	0,021194	0,000319	0,004590
TR5	5300	267	179	611	36	5	0,021848	0,000372	0,004595
TR6	2700	237	181	476	40	6	0,028129	0,001778	0,007534
TR7	3400	249	181	585	34	3	0,022076	0,000588	0,005033
TR8	2900	265	187	431	46	5	0,027812	0,001583	0,007366
TR9	1400	305	278	692	45	4	0,026684	0,000354	0,005905

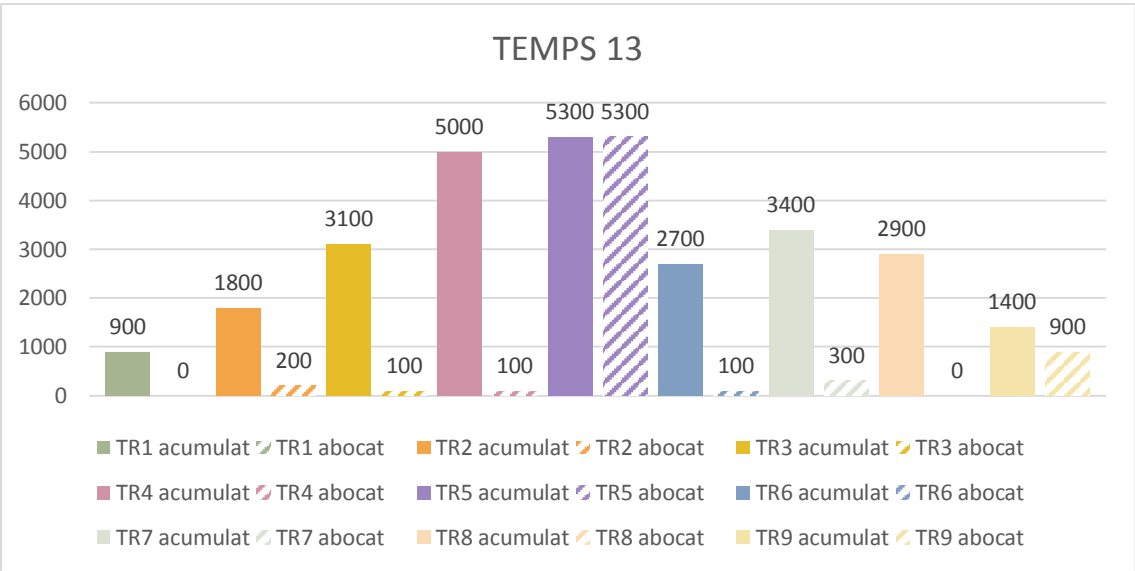


Figura 9-32 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 13

Taula 9-21 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 14

TEMPS 14									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	1100	180	138	235	32	4	0,016595	0,000640	0,004196
TR2	2600	236	168	445	33	4	0,014009	0,000051	0,001942
TR3	3800	260	184	450	37	4	0,018760	0,000461	0,004307
TR4	6200	231	208	568	40	6	0,019582	0,000273	0,004299
TR5	1400	225	179	614	31	5	0,014221	0,000079	0,002954
TR6	2900	235	178	471	40	6	0,027057	0,001602	0,007083
TR7	4100	250	185	580	33	4	0,020439	0,000467	0,004476
TR8	3500	260	184	427	47	5	0,026741	0,001335	0,006832
TR9	1700	297	261	669	46	4	0,023236	0,000201	0,004771

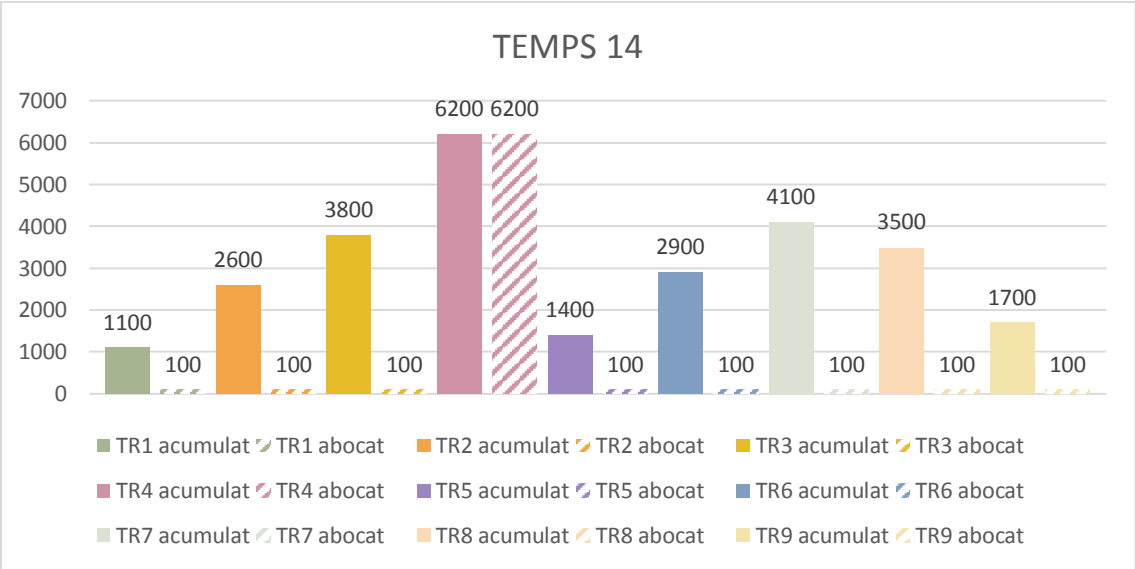


Figura 9-33 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 14

Taula 9-22 Composició i volum dels TR en l'escenari sense pluja en Temps 15

TEMPS 15									
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Ibuprofè [mg/L]	Amfetamina [mg/L]	Metilparabè [mg/L]
TR1	1200	172	133	237	33	4	0,015536	0,000546	0,003946
TR2	3400	223	156	435	34	3	0,012501	0,000038	0,001443
TR3	4500	254	178	440	37	4	0,017207	0,000393	0,004048
TR4	1100	244	203	598	39	6	0,010605	0,000087	0,003012
TR5	2600	241	189	619	32	5	0,012695	0,000078	0,002855
TR6	3000	232	177	469	40	6	0,026229	0,001501	0,006783
TR7	4900	248	184	574	33	4	0,019007	0,000397	0,004149
TR8	4000	255	181	422	47	5	0,025374	0,001146	0,006280
TR9	2800	296	261	668	47	4	0,020916	0,000149	0,004092

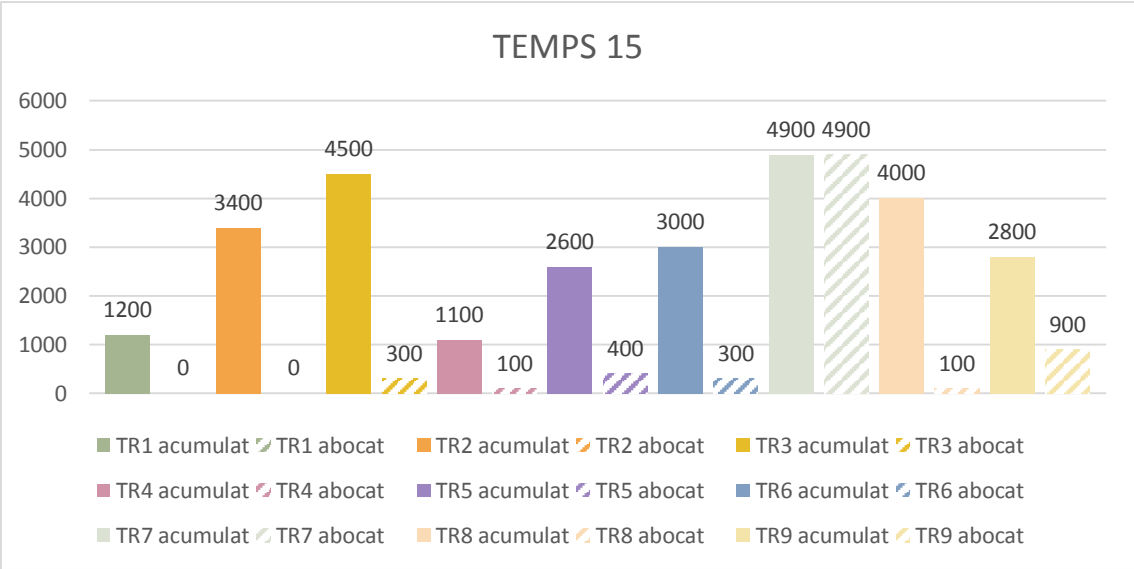


Figura 9-34 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari sense pluja en Temps 15

9.4 ANNEX 4

Taula 9-23 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 5

TEMPS 5								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	600	387	359	761	27	5	0,119	0,290
TR2	700	451	354	835	25	5	0,122	0,328
TR3	400	255	237	604	30	5	0,069	0,257
TR4	500	304	279	514	35	6	0,118	0,183
TR5	500	267	249	612	27	5	0,059	0,297
TR6	200	246	227	514	42	7	0,099	0,179
TR7	400	206	183	435	31	5	0,032	0,209
TR8	200	273	235	375	51	8	0,076	0,227
TR9	200	279	251	476	47	7	0,019	0,161

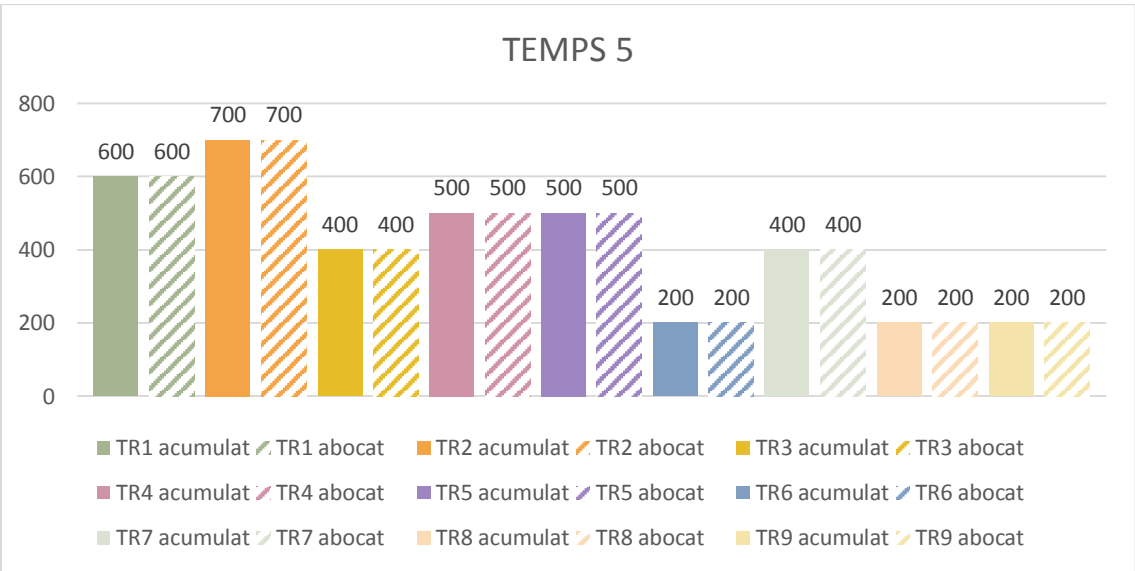


Figura 9-35 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 5

Taula 9-24 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 7

TEMPS 7								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	600	282	257	542	21	4	0,103	0,261
TR2	700	307	301	496	20	4	0,107	0,276
TR3	500	307	293	521	18	4	0,094	0,271
TR4	700	372	351	624	27	5	0,119	0,193
TR5	600	354	342	572	20	4	0,062	0,304
TR6	700	274	345	668	33	6	0,117	0,201
TR7	700	409	348	697	23	4	0,067	0,294
TR8	700	306	282	505	42	7	0,098	0,259
TR9	600	455	410	773	37	6	0,057	0,202

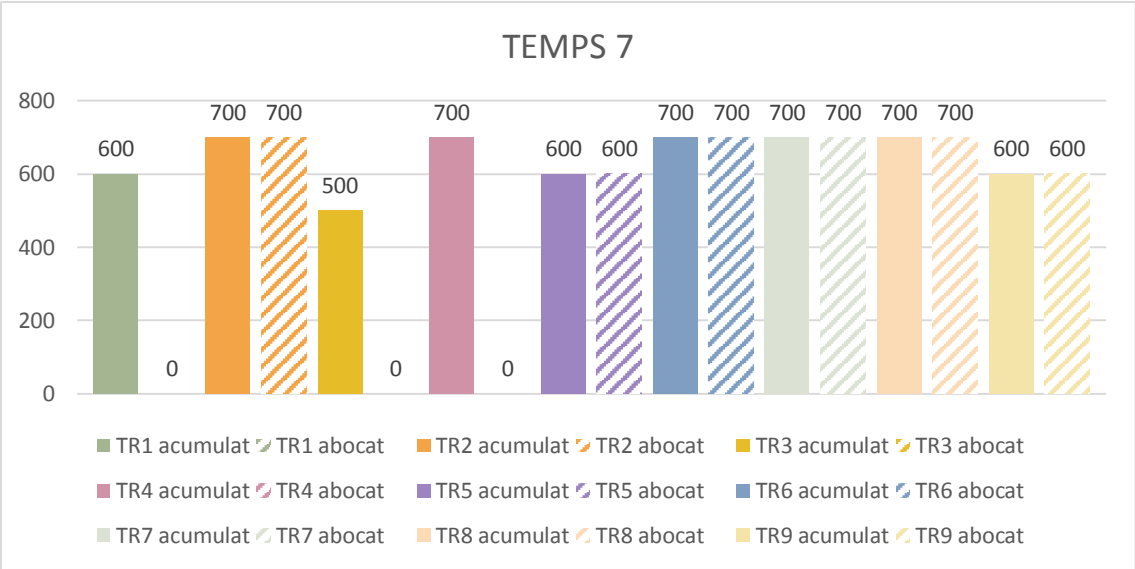
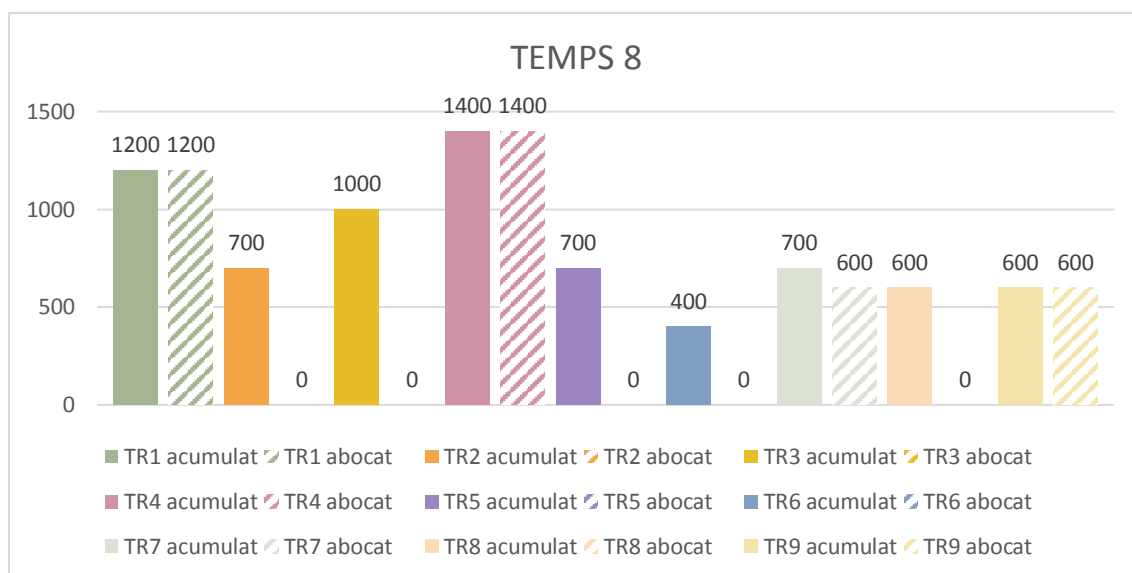


Figura 9-36 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 7

Taula 9-25 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 8

TEMPS 8								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	1200	273	247	483	19	4	0,096	0,244
TR2	700	294	267	450	18	3	0,096	0,240
TR3	1000	290	267	489	18	4	0,085	0,261
TR4	1400	357	330	599	26	5	0,112	0,189
TR5	700	301	294	486	17	4	0,054	0,289
TR6	400	385	328	571	26	5	0,119	0,190
TR7	700	332	315	511	19	4	0,054	0,276
TR8	600	469	405	697	35	6	0,126	0,291
TR9	600	618	513	923	32	5	0,083	0,233

**Figura 9-37** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 8

Taula 9-26 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 9

TEMPS 9								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	600	237	218	367	19	4	0,061	0,196
TR2	1400	291	249	424	19	3	0,084	0,228
TR3	1600	269	249	461	17	4	0,075	0,252
TR4	700	315	294	503	21	4	0,096	0,179
TR5	1400	289	273	464	17	4	0,046	0,281
TR6	900	334	291	544	24	5	0,109	0,183
TR7	800	261	238	480	17	4	0,044	0,251
TR8	1100	432	387	658	34	6	0,120	0,288
TR9	600	503	472	725	28	5	0,072	0,228

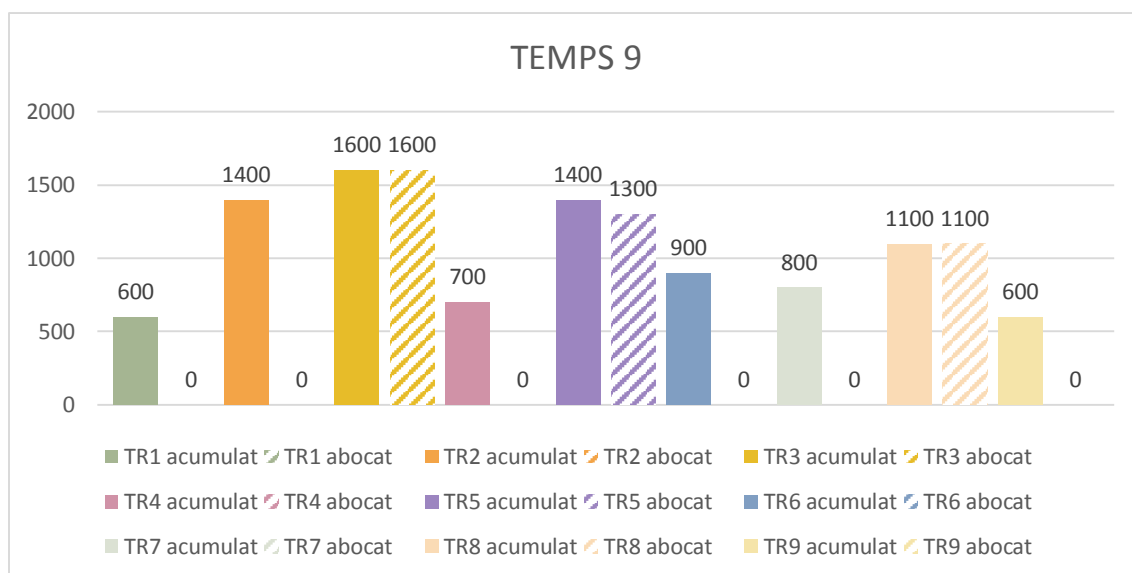
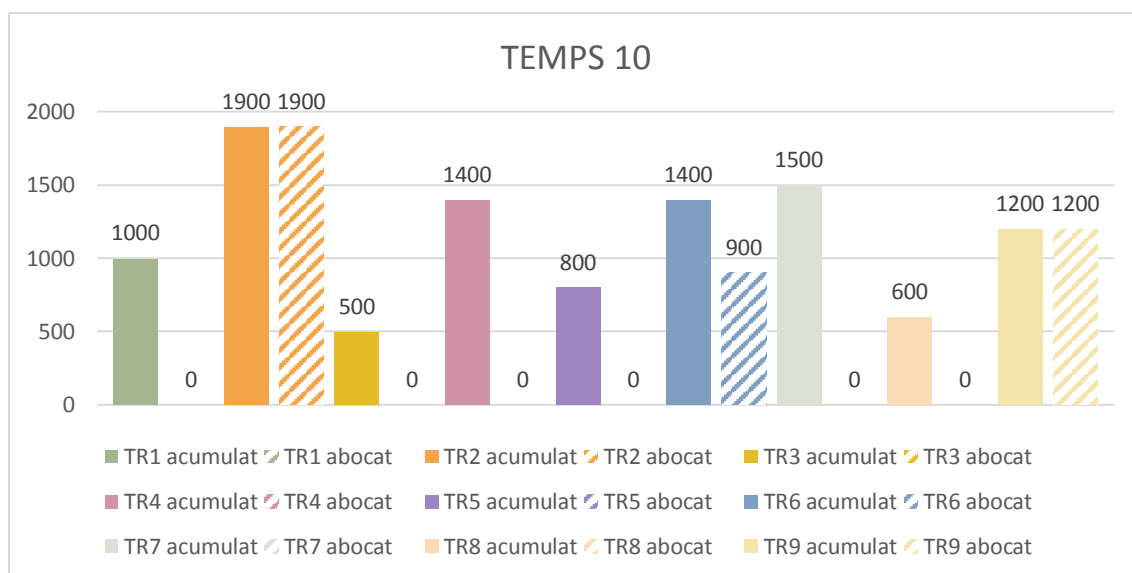


Figura 9-38 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 9

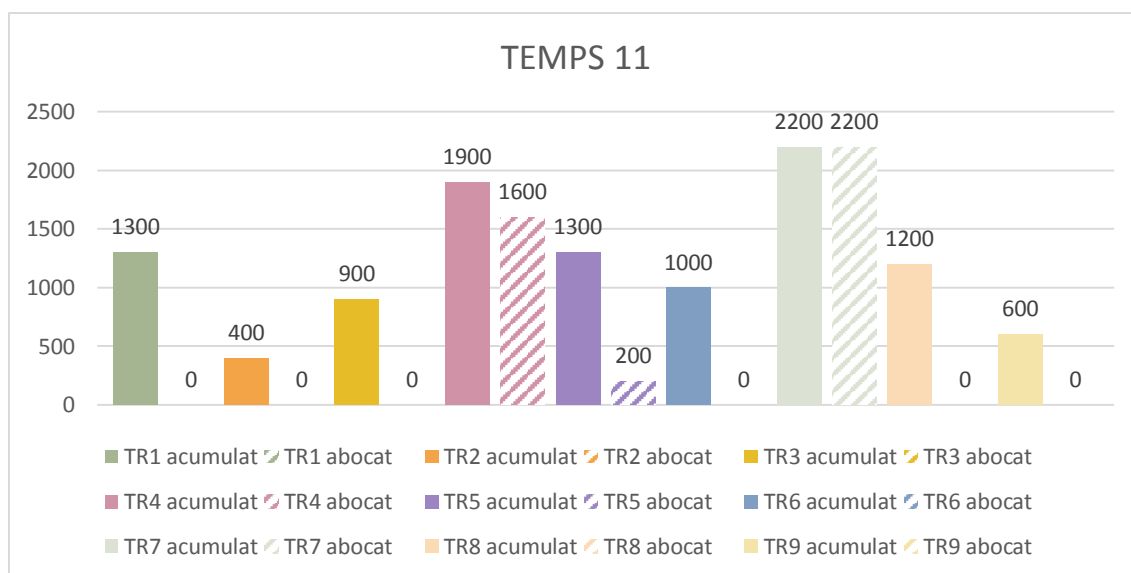
Taula 9-27 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 10

TEMPS 10								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	1000	229	208	344	21	4	0,055	0,186
TR2	1900	280	238	404	20	3	0,079	0,220
TR3	500	221	202	318	20	3	0,038	0,225
TR4	1400	304	281	484	22	5	0,091	0,167
TR5	800	249	232	396	19	4	0,024	0,253
TR6	1400	311	272	520	22	5	0,104	0,176
TR7	1500	253	223	444	16	4	0,040	0,233
TR8	600	351	343	534	27	5	0,109	0,271
TR9	1200	470	439	669	26	5	0,070	0,221

**Figura 9-39** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 10

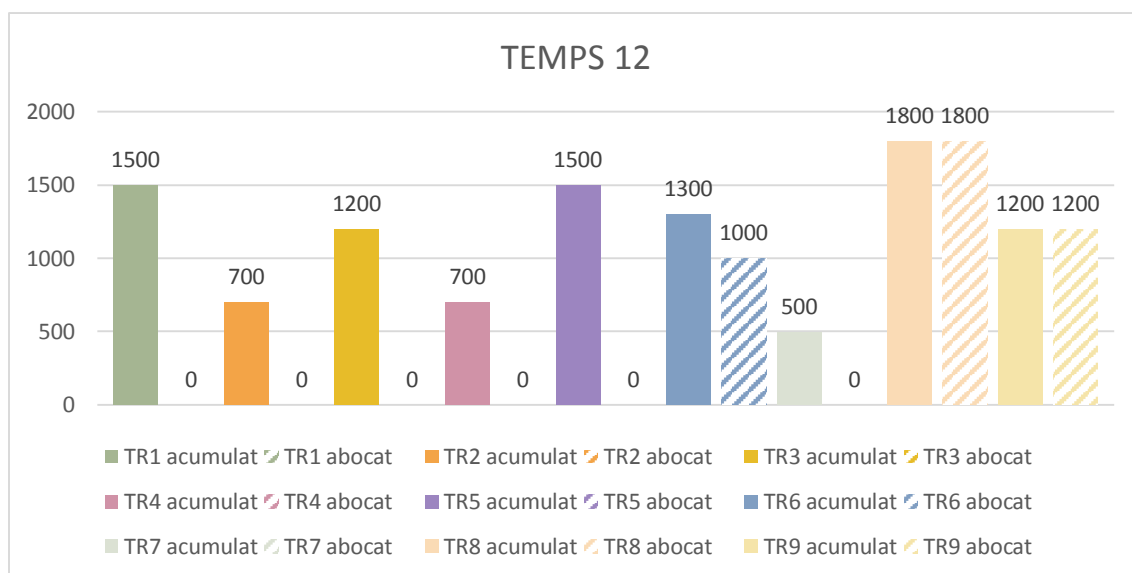
Taula 9-28 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 11

TEMPS 11								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	1300	219	201	324	23	4	0,049	0,178
TR2	400	226	191	297	31	4	0,048	0,163
TR3	900	217	194	304	20	3	0,032	0,212
TR4	1900	298	273	464	23	4	0,045	0,163
TR5	1300	241	217	369	20	4	0,020	0,240
TR6	1000	275	245	475	22	4	0,089	0,164
TR7	2200	239	214	406	17	3	0,034	0,223
TR8	1200	343	336	528	26	5	0,100	0,262
TR9	600	355	349	573	21	3	0,054	0,201

**Figura 9-40** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 11

Taula 9-29 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 12

TEMPS 12								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	1500	215	196	313	24	4	0,043	0,172
TR2	700	206	183	286	34	4	0,042	0,152
TR3	1200	210	189	289	22	3	0,029	0,206
TR4	700	260	240	409	28	5	0,050	0,145
TR5	1500	229	208	339	22	4	0,017	0,229
TR6	1300	264	234	454	23	4	0,083	0,158
TR7	500	204	171	243	20	3	0,011	0,186
TR8	1800	330	318	518	27	5	0,093	0,251
TR9	1200	331	324	546	22	4	0,046	0,194

**Figura 9-41** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 12

Taula 9-30 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 13

TEMPS 13								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	1600	211	191	309	25	4	0,041	0,170
TR2	800	200	176	284	35	4	0,039	0,149
TR3	1400	205	184	282	24	3	0,027	0,201
TR4	1000	244	224	378	31	5	0,044	0,141
TR5	1800	221	201	333	24	4	0,015	0,221
TR6	500	241	213	399	27	4	0,073	0,143
TR7	900	190	167	233	22	3	0,010	0,180
TR8	400	283	250	436	33	5	0,063	0,219
TR9	500	291	281	467	28	4	0,021	0,164

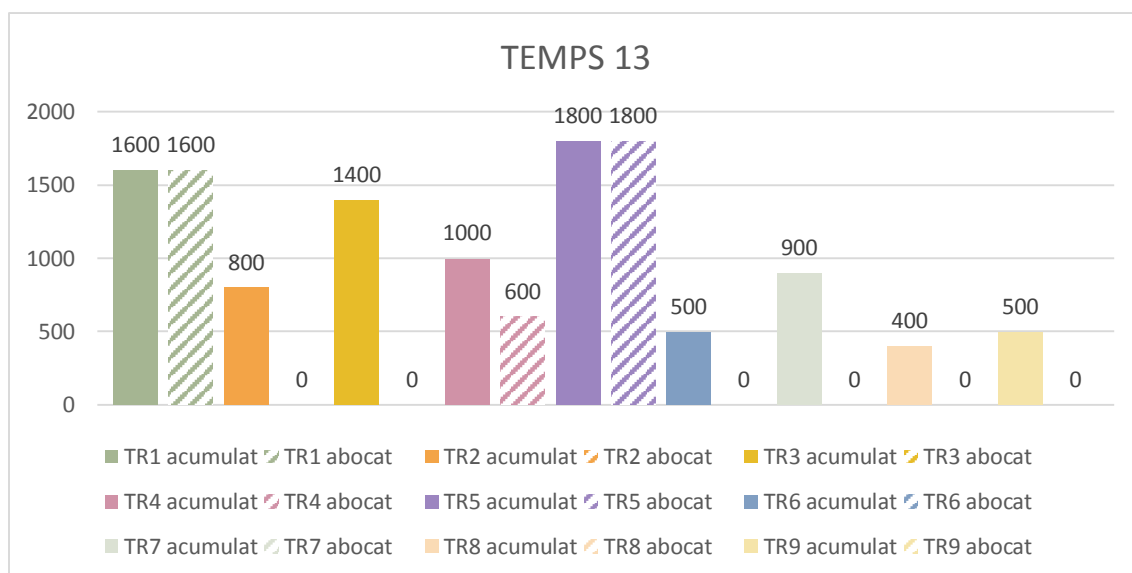
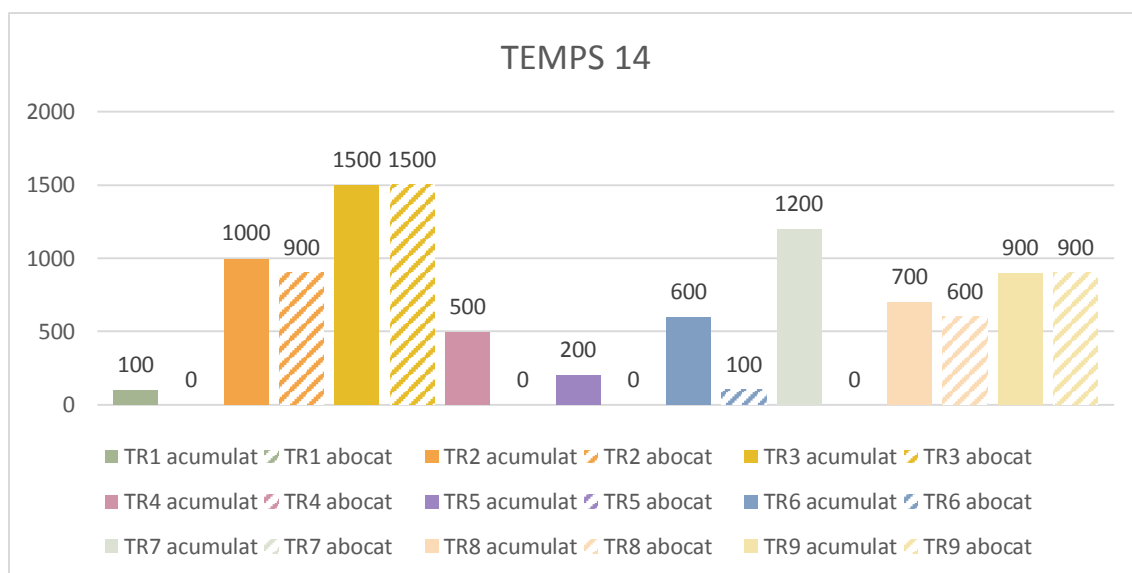


Figura 9-42 Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 13

Taula 9-31 Composició i volum dels TR en l'escenari amb pluja en Temps 14

TEMPS 14								
	Acumulació [m³]	SS [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	NT [mg/L]	PT [mg/L]	Pb [mg/L]	Fe [mg/L]
TR1	100	161	133	268	37	5	0,006	0,138
TR2	1000	193	168	284	34	4	0,038	0,147
TR3	1500	201	179	279	25	3	0,026	0,198
TR4	500	229	207	369	34	5	0,040	0,138
TR5	200	140	119	244	39	5	0,007	0,154
TR6	600	231	204	382	29	4	0,068	0,139
TR7	1200	183	163	227	24	4	0,008	0,175
TR8	700	269	243	433	34	5	0,058	0,211
TR9	900	287	279	429	31	4	0,019	0,150

**Figura 9-43** Comparativa entre el volum acumulat i abocat per cada TR en l'escenari amb pluja en Temps 14