

**Títol del Treball:**

**Estudi dels consums d'aigua i energia en el pavelló  
municipal de Fontajau Girona**

**Situació actual i propostes de millora.**

Estudiant: Clara Soler i Fiol

Correu electrònic: solerfiolclara@gmail.com

Grau en Ciències Ambientals

Tutor: Joaquim Comas Matas

Correu electrònic: jcomas@icra.cat

Cotutor: Oriol Gutiérrez Garcia-Moreno

Correu electrònic: ogutierrez@icra.cat

Empresa/Institució: Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA)

Data de dipòsit de la memòria a través de la plataforma de TFG: 5/6/2023

## ÍNDEX

ÍNDEX.....	2
RESUM.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA .....	7
REFLEXIÓ SOBRE SOSTENIBILITAT .....	7
REFLEXIÓ SOBRE PERSPECTIVA DE GÈNERE .....	7
INTRODUCCIÓ.....	8
El desenvolupament sostenible i crisi climàtica .....	8
Impactes a nivell de Catalunya .....	8
Girona i el Pavelló de Fontajau.....	9
L'ICRA i el Bàsquet Girona.....	10
OBJECTIVES .....	10
METODOLOGIA .....	10
3.1. Consum d'aigua.....	10
3.2. Consum energètic.....	12
RESULTATS I DISCUSSIÓ .....	13
CONSUM AIGUA .....	13
Escala temporal mesos-anys .....	13
Escala temporal diària-setmanal.....	14
Consum d'aigua de la Canonada E2 WC's.....	14
Consum d'aigua de la Canonada E1 rentamans.....	16
MESURES DE MILLORA.....	17
Detecció de fuites i/o pèrdues .....	17
Mecanismes estalviadors d'aigua .....	18
Reutilització de les aigües grises .....	19
Aprofitament de les aigües pluvials .....	21
Taula potencial aplicació de mesures proposades .....	23
CONSUM ENERGÈTIC-ELECTRICITAT .....	24
Patró mensual-anual de consum elèctric .....	24
Patró setmanal de consum elèctric .....	25
Patró diari de consum elèctric.....	27
MESURES DE MILLORA .....	28
Auditories energètiques .....	28

Optimització de la potència contractada.....	29
L'ús de fonts renovables .....	30
Instal·lació de llums i aparells eficients energèticament .....	31
Taula potencial aplicació de mesures proposades .....	32
CONCLUSIONS.....	33
AGRAÏMENTS .....	33
REFERÈNCIES .....	34

## RESUM

Els pavellons esportius són instal·lacions claus en el desenvolupament de l'activitat física i de l'esport, però també representen un repte en termes de sostenibilitat. En aquest treball es desenvolupa una anàlisi sobre la sostenibilitat en el Pavelló Municipal de Fontajau a Girona, centrant-se en l'anàlisi dels consums d'electricitat i aigua. L'estudi s'ha realitzat a dues escales: una de més general que ha permès veure l'evolució del consum al llarg dels anys, i una altra de més detallada per analitzar els consums en cada hora.

En els consums d'aigua s'observa una disminució considerable des del 2019 a l'actualitat, provocada en un primer moment per la pandèmia covid-19. El 2021 hi ha un augment progressiu, fins a arribar als nivells actuals que estan entre els 250 m<sup>3</sup> i 400 m<sup>3</sup> mensuals. A una escala més detallada s'ha vist que tant el consum de les aixetes i dutxes com el de les cisternes de WC es concentra a les hores de dia i està entre 2 i 6 m<sup>3</sup> diaris. Així i tot, en dies amb força afluència de gent, com partits de bàsquet, el consum augmenta considerablement.

Pel que fa a l'electricitat, s'observa un patró que es repeteix anualment, on els màxims consums es registren durant l'hivern, per l'ús de la calefacció i partits. En canvi, els mínims consums es donen als mesos de l'estiu, ja que les activitats dins el pavelló es redueixen significativament. A una escala més detallada s'observa que tot i que el consum no arriba mai a ser 0, els majors consums i pics es concentren a les hores de dia. A més a diferència de l'aigua, el consum elèctric s'observa que no depèn tant de l'afluència de gent que hi hagi al pavelló, en canvi, està més influenciat per les activitats que s'hi duguin a terme, així com l'espai i durada que tinguin.

A partir d'aquesta anàlisi s'han plantejat recomanacions per millorar la gestió sostenible de les instal·lacions, tenint en compte tant el cost com l'estalvi d'aigua que suposarien. En el cas de l'aigua s'ha proposat les següents mesures: detecció de fuites i/o pèrdues, mecanismes estalviadors d'aigua, la reutilització de les aigües grises, i l'aprofitament de les aigües pluvials. Per altra banda, pel que fa a les mesures per millorar l'ús del recurs energia-electricitat en instal·lacions, s'ha proposat les següents: auditories energètiques i sistemes d'administració d'energia, l'ús de fonts renovables, i la instal·lació de llums i aparells eficients energèticament.

## RESUMEN

Los pabellones deportivos son instalaciones clave en el desarrollo de la actividad física y el deporte, pero también representan un desafío en términos de sostenibilidad. En este trabajo se desarrolla un análisis sobre la sostenibilidad en el Pabellón Municipal de Fontajau en Girona, centrándose en el análisis de los consumos de electricidad y agua. El estudio se ha realizado a dos escalas: una más general que ha permitido ver la evolución del consumo a lo largo de los años, y otra más detallada para analizar los consumos por hora.

En los consumos de agua se observa una disminución considerable desde 2019 hasta la actualidad, provocada inicialmente por la pandemia de covid-19. En 2021 ha habido un aumento progresivo, llegando a niveles actuales que oscilan entre 250 m<sup>3</sup> y 400 m<sup>3</sup> mensuales. A una escala más detallada se ha visto que tanto el consumo de grifos y duchas como el de las cisternas de WC se concentra durante las horas del día y se sitúa entre 2 y 6 m<sup>3</sup> diarios. Sin embargo, en días con gran afluencia de gente, como los partidos de baloncesto, el consumo aumenta considerablemente.

En cuanto a la electricidad, se observa un patrón que se repite anualmente, donde los máximos consumos se registran durante el invierno debido al uso de la calefacción y los partidos. En cambio, los consumos mínimos se dan en los meses de verano, ya que las actividades dentro del pabellón se reducen significativamente. A una escala más detallada se observa que, aunque el consumo nunca llega a ser 0, los mayores consumos y picos se concentran durante las horas del día. Además, a diferencia del agua, se observa que el consumo eléctrico no depende tanto de la afluencia de gente al pabellón, sino más bien de las actividades que se realicen, así como del espacio y la duración que tengan.

A partir de este análisis se han planteado recomendaciones para mejorar la gestión sostenible de las instalaciones, teniendo en cuenta tanto el costo como el ahorro de agua que supondrían. En el caso del agua se han propuesto las siguientes medidas: detección de fugas y/o pérdidas, mecanismos ahorradores de agua, reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales. Por otro lado, en cuanto a las medidas para mejorar el uso del recurso energía-eléctrica en las instalaciones, se han propuesto las siguientes: auditorías energéticas y sistemas de gestión de energía, uso de fuentes renovables e instalación de luces y aparatos eficientes energéticamente.

## ABSTRACT

Sports pavilions are key facilities for the development of physical activity and sports, but they also represent a challenge in terms of sustainability. This study focuses on analyzing the sustainability of the Municipal Pavilion of Fontajau in Girona, with a particular emphasis on the analysis of electricity and water consumption. The study has been conducted at two levels: a more general one that allows observing the consumption evolution over the years, and a more detailed one to analyze consumption patterns on an hourly basis.

In terms of water consumption, a significant decrease has been observed from 2019 to the present, initially caused by the COVID-19 pandemic. Since 2021, there has been a progressive increase, reaching current levels ranging between 250 m<sup>3</sup> and 400 m<sup>3</sup> per month. At a more detailed level, it has been observed that both tap and shower usage, as well as toilet tank consumption, are concentrated during daylight hours and range between 2 and 6 m<sup>3</sup> per day. However, on days with high attendance, such as basketball matches, consumption increases considerably.

Regarding electricity, an annual pattern is observed, where peak consumption occurs during winter due to heating usage and matches. Conversely, minimum consumption is observed during summer months when activities inside the pavilion significantly decrease. At a more detailed level, it is observed that although consumption never reaches zero, the highest consumption and peaks are concentrated during daylight hours. Unlike water, electric consumption is less dependent on the number of people in the pavilion and more influenced by the activities carried out, as well as the space and duration involved.

Based on this analysis, recommendations have been proposed to improve the sustainable management of the facilities, considering both cost and water savings. For water, the following measures have been suggested: leakage and loss detection, water-saving mechanisms, reuse of graywater, and utilization of rainwater. On the other hand, for enhancing the use of electricity resources in the facilities, the following measures have been proposed: energy audits and management systems, use of renewable sources, and installation of energy-efficient lighting and appliances.

## **REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA**

Els interessos dels investigadors i dels finançadors en la investigació científica és una qüestió complexa. És fonamental reconèixer la importància del finançament en el progrés científic i la realització de projectes de recerca. No obstant, cal tenir en compte el possible conflicte d'interessos que pot sorgir quan els investigadors depenen de finançadors externs, ja que pot influir en la direcció i els resultats de la recerca. Per garantir la integritat i la imparcialitat, és essencial establir mecanismes de control i transparència, i promoure la independència acadèmica dels investigadors.

## **REFLEXIÓ SOBRE SOSTENIBILITAT**

L'estudi dels consums d'aigua i energia en el pavelló municipal de Fontajau a Girona permet avaluar l'impacte ambiental de les instal·lacions esportives i identificar oportunitats per reduir el consum i millorar l'eficiència energètica i hídrica. Així doncs, és una oportunitat per abordar la sostenibilitat i la gestió eficient dels recursos. Mitjançant l'avaluació dels consums i la implementació de mesures per reduir-los, es pot contribuir a la preservació del medi ambient i a la construcció d'un futur més sostenible. No obstant això, també és important reconèixer que la reducció de l'impacte ambiental no sempre és fàcil o econòmicament viable, i que això pot plantejar un dilema ètic. En aquest sentit, seria necessari considerar si les propostes de millora són realistes i sostenibles, i si la seva implementació no tindrà conseqüències negatives no previstes.

## **REFLEXIÓ SOBRE PERSPECTIVA DE GÈNERE**

Aquest treball s'ha fet dins el conveni amb l'Institut Català de Recerca de l'Aigua. És per això que en aquest cas la reflexió va encarada a la seva organització. Cada vegada més institucions posen en el focus en aconseguir una major igualtat, per exemple l'ICRA des del 2015 compta amb un Pla d'Igualtat. Així i tot, encara hi ha desigualtats i de fet existeix una subrepresentació de dones en posicions de lideratge, com passa sovint en els camps de la ciència i tecnologia (Hill et al., 2010). En l'organigrama de l'ICRA s'observa que dels 8 membres dels quals està format el Patronat (l'òrgan màxim de Govern de l'ICRA) només dues són dones i ocupen posicions de vocals, i pel que fa a la direcció dels 4 integrants que la formen, tan sols 1 és dona. Les causes d'aquest fenomen són múltiples i influeixen factors com els estereotips de gènere, les expectatives culturals, la falta de models de rol femenins, la manca d'equilibri entre el treball i la vida personal (Schmidt i Cacace ,2017).

## **INTRODUCCIÓ**

### **El desenvolupament sostenible i crisi climàtica**

L'escalfament del sistema climàtic a causa de la influència humana des de mitjan segle xx i especialment les emissions de gasos d'efecte hivernacle (IPCC, 2013) estan provocant un augment de la temperatura en les prediccions futures, així com una disminució de les precipitacions a la conca del Mediterrani (MedECC, 2019).

En aquest context de crisi climàtica que s'està vivint actualment arreu del món, és clau prendre mesures per un desenvolupament més sostenible dels sistemes, que garanteixi "satisfer les necessitats de la generació actual sense comprometre la capacitat per satisfer les necessitats de les generacions futures" tal com ho definia l'Informe Brundtland (1987). Cal, per tant, reduir el màxim possible l'impacte antropogènic.

El 2015 les Nacions Unides va desenvolupar l'Agenda 2030 pel Desenvolupament Sostenible, un pla d'acció per promoure el desenvolupament sostenible des d'una visió social, econòmica i ambiental, i que integra un total de 17 objectius de desenvolupament sostenible (ODS) (United Nations, 2015).

Dins el marc global dels ODS, aquest treball posa èmfasi en dos d'aquests objectius: l'ODS 6 i l'ODS 7. En primer lloc, l'ODS6 està enfocat en "Garantir la disponibilitat i la gestió sostenible de l'aigua i el sanejament per a tots", el qual se centra a garantir l'excés d'aigua potable i sanejament adequat per a tothom, així com augmentar l'eficiència en l'ús de l'aigua (United Nations, 2015). Pel que fa a l'ODS 7, aquest promou accions per "Garantir l'accés assequible, fiable, sostenible i modern a l'energia per a tothom". L'ODS7 promociona l'accés a fonts d'energia renovables i modernes a tothom. A més inclou l'augment de la quota de les fonts d'energia renovable, així com la promoció d'una major eficiència energètica en el seu ús (United Nations, 2015).

### **Impactes a nivell de Catalunya**

El canvi climàtic està afectant les precipitacions i el règim hidrològic de Catalunya, i es preveu que en el futur hi hagi més episodis de sequera i inundacions (MedECC, 2019). A més Catalunya es troba en una zona semiàrida, per la qual cosa les reduccions pluviomètriques que apunten les prediccions sobre la conca mediterrània, prenen important rellevància, i poden portar greus problemes d'escassetat d'aigua. De fet, el territori català porta des de l'octubre del 2021 dins del Pla de Sequera, el qual té per objectiu gestionar de manera més eficient els recursos hídrics disponibles i garantir que l'ús de l'aigua sigui sostenible en un context de menor disponibilitat. Aquest ha requerit la implantació de mesures i restriccions en l'ús de l'aigua.

Pel que fa a nivell energètic Catalunya també s'enfronta a diversos reptes. En primer lloc, cal tenir en compte que Catalunya té una elevada dependència de les importacions d'energia, ja que no té un accés abundant a recursos energètics fòssils. Això fa que sigui important diversificar les fonts d'energia i promoure la transició cap a fonts més sostenibles i renovables, que a la vegada permetin reduir les emissions de CO<sub>2</sub>. El 2011 es va crear el Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020, que tenia per objectiu implementar un model



intensiu en eficiència energètica i baix en emissions de carboni, actuant sobre la demanda i l'oferta, i l'ús de les energies renovables (Generalitat de Catalunya, 2016). A nivell Espanyol també s'estan generant esforços cap a un canvi de model energètic, i el 2020 sortia el Real Decreto-Llei 23/2020, el qual fomenta les energies renovables (Reial Decret 23/2020, de 23 de juny, pel que s'aproven les mesures en matèria d'energia i en altres àmbits per la reactivació econòmica).

## Girona i el Pavelló de Fontajau

A una escala local-municipal, és important que s'intentin aplicar millores de gestió de recursos a tots els nivells possibles. En aquest sentit, les instal·lacions com els pavellons esportius plantegen un repte en termes de sostenibilitat. A la vegada que són consumidores de grans quantitats d'energia, aigua i altres recursos, generen una quantitat considerable de residus, el que pot generar un impacte negatiu en el medi ambient. És per això que cal aplicar mesures sostenibles en els pavellons esportius municipals i així contribuir a la protecció del medi ambient i la lluita contra el canvi climàtic.

El Pavelló Municipal Girona-Fontajau, a Girona, és un equipament esportiu municipal construït entre el 1991 i 1993, que acull tota mena d'organitzacions i esdeveniments (figura 1). Per una banda, acull les oficines del Bàsquet Girona, així com els entrenaments i partit del seu equip de la lliga ACB. També és la pista on juga l'equip Uni Girona Club de Bàsquet de la lliga femenina Endesa. Per altra banda, també s'hi troben algunes de les oficines de l'Ajuntament de Girona, i s'hi fan entrenaments de taekwondo, ping-pong i patinatge, i d'altres esdeveniments puntuals. El seu horari és de 8:00 h a 23:00 h durant cada dia de la setmana.

Les instal·lacions tenen una capacitat per a 5.500 espectadors i inclouen una pista principal de 40x20 m, una sala d'activitats dirigides i una sala de musculació, a més dels vestidors, la sala de premsa i sala de reunions i oficines. En termes de sostenibilitat, l'Ajuntament de Girona ja ha treballat en diverses accions per convertir el pavelló en més ecològic. Les mesures més destacables són la instal·lació de 100 m<sup>2</sup> de plaques termosolars a la teulada de l'edifici l'any 2010, i, d'altra banda, el canvi d'aixetes manuals per unes de polsador el 2022 (informació proporcionada pels tècnics de l'Ajuntament).



**Figura 1.** Imatges i localització del pavelló de Fontajau. Font: Bàsquet Girona i elaboració pròpia a través del Vissir3 de ICGC.

## **L'ICRA i el Bàsquet Girona**

El treball s'ha dut a terme dins el marc del conveni de col·laboració entre l'Institut Català de Recerca de l'Aigua, ICRA, i el Bàsquet Girona 2014 formalitzat a finals de 2022. L'ICRA és un centre de recerca reconegut per la Generalitat de Catalunya que té per missió la recerca en el cicle integral de l'aigua (ODS 6). Els àmbits d'estudi d'ICRA inclouen noves tecnologies de tractament i aprofitament dels recursos hídrics, l'estat dels ecosistemes, l'impacte de nous productes en el cicle urbà i natural de l'aigua. Per la seva banda, el Club Bàsquet Girona 2014 té com a objectiu ser un centre esportiu referent a les comarques gironines, implicat en accions en favor de millorar la qualitat de vida dels infants i joves en les línies d'educació, acció comunitària, salut i benestar emocional, així com la implementació d'accions de millora de desenvolupament sostenible. L'acord de col·laboració entre ambdues entitats té com a objectiu la implementació d'accions de millora de sostenibilitat i aplicació de tecnologies en l'àmbit de la gestió-aprofitament local de l'aigua i els recursos que porta associats.

El Bàsquet Girona 2014 està duent a terme accions per millorar la sostenibilitat de les instal·lacions on desenvolupa la seva activitat. Com a usuari del pavelló de Girona-Fontajau, de titularitat municipal i amb col·laboració amb l'Ajuntament de Girona, s'ha dut a terme aquest treball.

## **OBJECTIVES**

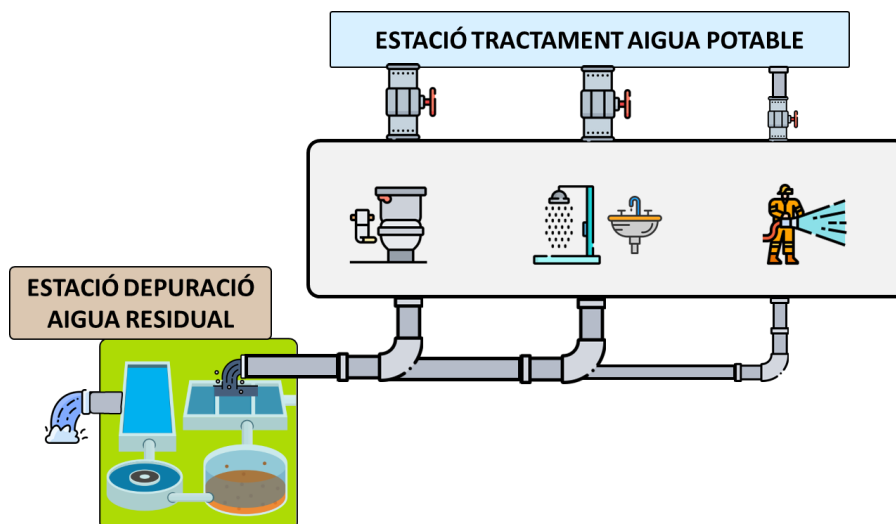
The main objective of this TFG is to analyze the water and electricity consumption of the Fontajau Pavilion in Girona and propose measures to improve the sustainability of the municipal facilities in terms of these two resources.

## **METODOLOGIA**

Per a una millor comprensió dels consums d'aigua i electricitat, així com de les seves dinàmiques, és essencial recopilar i analitzar dades en diferents escales temporals. En aquest estudi, hem recopilat i utilitzat dades tant a llarg termini (mensuals i anuals) com a curt termini (diaris i setmanals) per tal de comprendre l'evolució dels consums en aquestes dues dimensions temporals. Les dades a llarg termini ens proporcionen una visió global, més general i ens permeten identificar tendències i evolucions a llarg termini. D'altra banda, les dades diàries i setmanals ens permeten realitzar una anàlisi més detallada i entendre els consums en moments temporals específics.

### **3.1. Consum d'aigua**

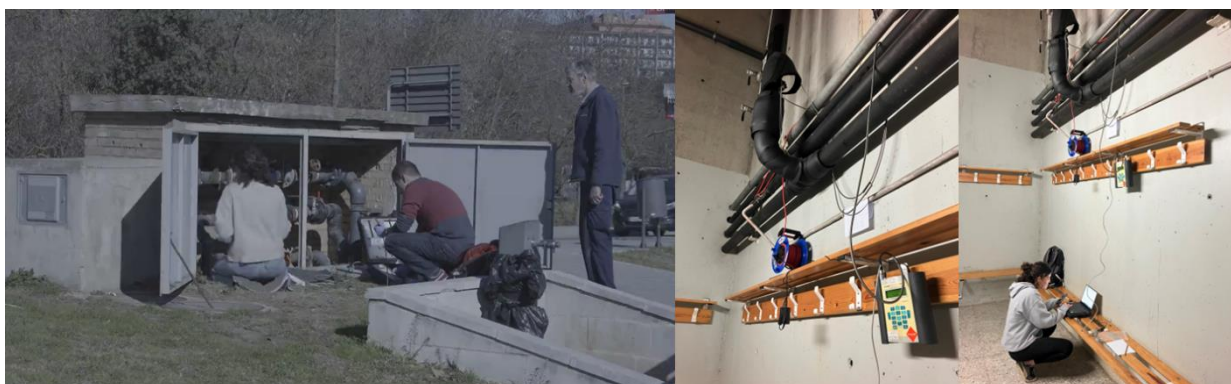
La connexió a la xarxa de distribució d'aigües en el pavelló està dividida en tres canonades d'entrada d'aigua (Figura 2). D'una banda, hi ha una canonada per on passa l'aigua que s'usa per les descàrregues dels WC (Entrada 1), per altra banda, hi ha una segona canonada corresponent a l'escomesa d'aigua per l'ús en rentamans i dutxes (Entrada 2), i finalment hi ha una tercera canonada destinada al sistema contra d'incendi (Entrada 3).



**Figura 2.** Esquema de la xarxa de distribució d'aigües en el pavelló Fontajau: E1= Entrada 1, xarxa per WC; E2 = Entrada 2, xarxa per rentamans i piques; E3= Entrada 3, xarxa per al sistema contra incendis. Font: elaboració pròpia.

L'obtenció de les dades de consums d'aigua es va dur a terme mitjançant dues vies. Per una banda, l'Ajuntament de Girona va cedir les dades mensuals-anuals des del 2019 fins a l'actualitat. Aquestes han servit per fer una anàlisi més general a gran escala de la situació, així com una comparació entre els diferents anys. Les dades indicaven el consum mensual en metres cúbics de cada entrada així com la facturació corresponent. D'aquesta manera es va poder obtenir el consum desglossat per les diferents entrades i, mitjançant la seva suma, el consum total mensual.

Per obtenir les dades de consum d'aigua diàries-setmanals es va instal·lar un cabalímetre en les canonades d'entrada d'aigua potable (figura 3). Es va instal·lar un cabalímetre ultrasònic per líquids de la marca FLEXIM, model Fluxus F601. Aquest aparell funciona mitjançant la lectura de la velocitat del flux del fluid de dos transductors, i a partir d'aquesta se'n deriva la mesura del cabal volumètric que circula.



**Figura 3.** Instal·lació del cabalímetre Flexim Fluxus en els tubs d'entrada d'aigua al pavelló. Font: Bàsquet Girona i imatges pròpies.

El cabalímetre Fluxus es va configurar de manera que enregistrés el cabal de la canonada cada minut, i es va instal·lar de manera alternativa a la canonada de la xarxa de l'aigua per WC (del 26 de febrer al 9 de març) i dues setmanes a la canonada de la xarxa d'aigua de

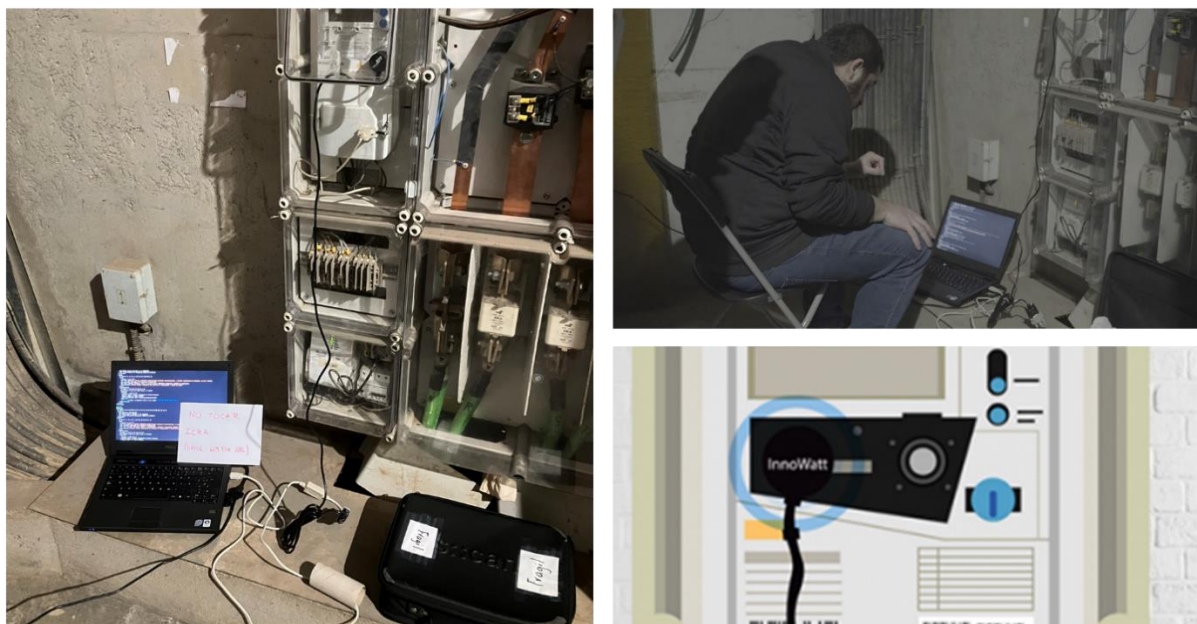
duxes i rentamans (el 31 de març al 14 d'abril). Una vegada passat aquest període de temps es van descarregar les dades mitjançant el programa FluxDiag Reader el qual permet obtenir el registre del cabal volumètric amb la freqüència d'1 minut. Posteriorment, aquestes dades es van tractar amb Excel per poder analitzar-ne el comportament.

### 3.2. Consum energètic

De la mateixa manera que es va fer amb el consum d'aigua, el consum energètic també s'ha analitzat des de dos punts de vista quant a escala temporal, mensual-anual i diària-setmanal.

Per l'anàlisi mensual-anual s'ha utilitzat les dades de consums mensuals des del 2019 fins a l'actualitat, cedides per l'Ajuntament de Girona. Aquestes mostren el consum energètic en kilowatts hora de cada mes així com el rebut econòmic.

Per altra banda, per tal d'obtenir unes dades detallades (escala de temps reduïda) es va usar l'eina InnoWatt, dissenyada per l'ICRA ([innowatt.icra.cat/](http://innowatt.icra.cat/)). InnoWatt neix dins el marc del projecte Europeu R3water, dins el qual ICRA va desenvolupar tecnologia de codi de forma lliure i gratuïta per reduir consums energètics en depuradores i s'aplica per primer cop en una instal·lació esportiva. L'eina InnoWatt permet fer una lectura dels comptadors d'electricitat, enregistrant el consum elèctric dels últims sis mesos descarregar dades de potència, analitzar-les i fer una optimització de la potència contractada. Per fer-ho es va connectar un cable òptic-serial RS232 al comptador intel·ligent del pavelló i el programari InnoWatt (figura 4). Mitjançant el codi de pregunta-resposta del programari, es van poder extreure els consum elèctrics de cada hora des del juny del 2022 al desembre del 2023. Aquestes dades es van passar a format Excel per tal de fer-ne una anàlisi.



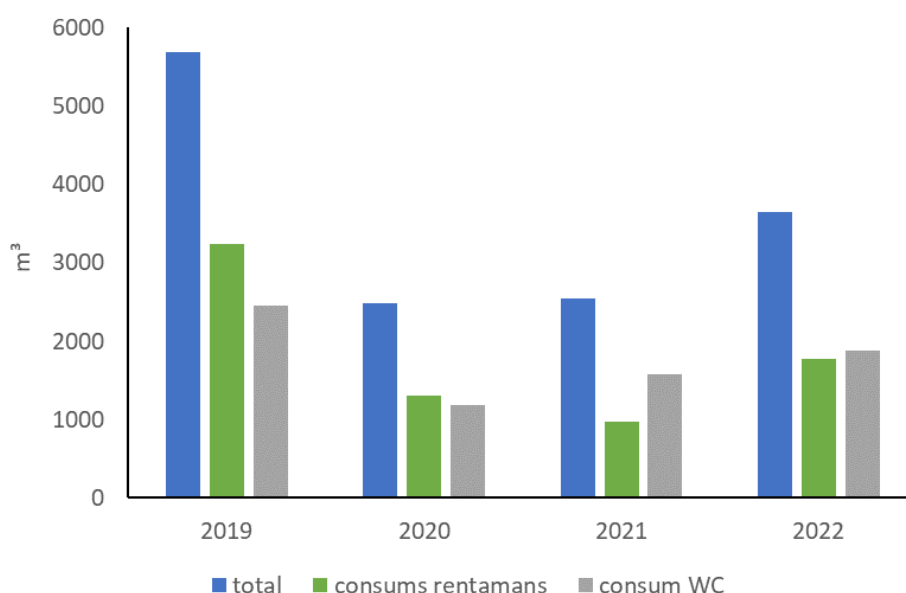
**Figura 4.** Instal·lació de l'aplicació InnoWatt en els comptadors elèctrics del Pavelló de Fontajau.  
Font: Bàsquet Girona i imatges pròpies.

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

### CONSUM AIGUA

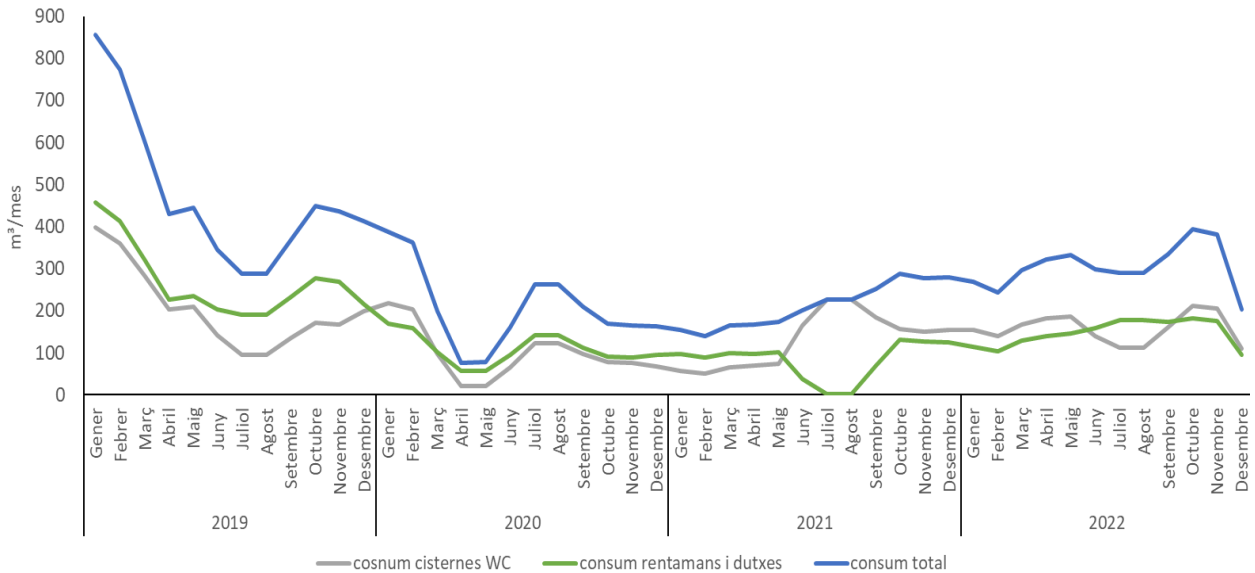
#### Escala temporal mesos-anys

En la figura 5 es presenten els consums anuals d'aigua des de 2019 fins al 2022. S'observa que del 2019 fins al present el consum de l'aigua sanitària en el pavelló de Fontajau s'ha reduït significativament. En els últims cinc anys, el 2019 és on es registra el major consum amb un total de 5.696 m<sup>3</sup>. Aquesta xifra contrasta amb el consum del següent any de 2.491 m<sup>3</sup>, el qual es tracta del consum més baix durant els últims cinc anys. El 2021, tot i que puja lleugerament el consum, segueix amb valors similars i és el 2022 on hi ha un augment del consum més significatiu arribant als gairebé 3.700 m<sup>3</sup>.



**Figura 5.** Consums anuals d'aigua del Pavelló Fontajau, del 2019 al 2022. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona.

En la figura 6 es presenten els cabals disgregats a escala mensual pel mateix període 2019-2022, cosa que permet veure les variacions generals de manera més precisa. S'observa que l'any 2019 s'inicia amb un consum de gairebé 900 m<sup>3</sup> mensuals que es va reduint de manera progressiva, fins a arribar el març del 2020, on hi ha una davallada sobtada del consum. Durant el març, abril i maig del 2020 s'arriba a nivells mínims amb gairebé menys de 100 m<sup>3</sup> mensuals. Aquest fet coincideix amb la pandèmia Covid-19 i el confinament total de la població que es va viure durant aquests mesos, per la qual cosa el pavelló va romandre tancat. A partir del maig-juny del 2020 es recupera l'activitat al pavelló i, per tant, el consum d'aigua augmenta moderadament. Durant la resta del 2020 i mitjans del 2021 els nivells de consum són força estables i es mantenen entre els 100 m<sup>3</sup> i 250 m<sup>3</sup> mensuals. A partir del juliol del 2021 hi ha un augment progressiu que durant el 2022 va variant entre els 250 m<sup>3</sup> i gairebé 400 m<sup>3</sup> mensuals.



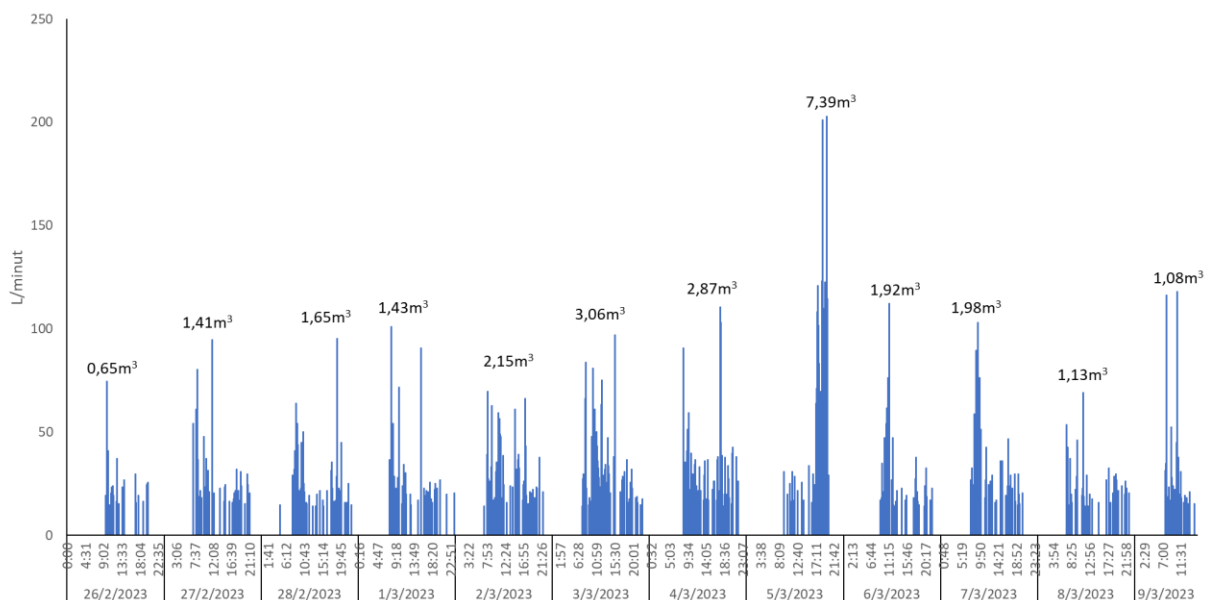
**Figura 6.** Consums mensuals d'aigua al pavelló de Fontajau del 2019 al 2022. Font: elaboració pròpia.

Pel que fa al consum, per separat, d'aigua de l'entrada 1 (WC's) i l'entrada 2 (Rentamans+dutxes), s'observa que, en general, segueixen una mateixa dinàmica de baixades i pujades de consum. Del 2019 a mitjans del 2021 el consum de les cisternes de WC està lleugerament per sota del de les aixetes i dutxes (figura 6). Però aquesta dinàmica s'inverteix a partir de l'agost del 2021, i es manté de manera general fins a l'actualitat tret d'alguns mesos puntuals. Aquest canvi de dinàmica no se sap a què es podria atribuir, ja que el canvi d'aixetes per unes de polsador més eficients es va dur a terme el gener del 2022, on no es registra cap canvi en la dinàmica.

### Escala temporal diària-setmanal.

#### Consum d'aigua de la Canonada E2 WC's

A continuació es presenten els resultats de l'anàlisi de consums d'aigua dels WC a una escala diària-setmanal (figura 7). L'estudi correspon a les setmanes del 26 al 9 de març, les quals s'ha considerat que serien prou representatives del període d'activitat del pavelló.



**Figura 7.** Consums diaris d'aigua Entrada 1 (WCs i urinaris). Font: elaboració pròpia

Durant els dies 26 i 9 de març, el consum d'aigua de les cisternes dels WC mostra certa variabilitat en el consum diari. En general, el consum diari no supera els 2.000 litres, però cal destacar un pic significatiu el 5 de març, els qual excedeix aquesta quantitat.

En una anàlisi més detallada a escala diària, també es pot observar una variabilitat notable. No obstant això, hi ha alguns patrons de comportament que es repeteixen amb regularitat. En primer lloc, el consum d'aigua es produeix exclusivament durant les hores diürnes. Es pot observar que a partir de les 21:00-22:00 h fins a prop de les 7:00-8:00 h no hi ha cap consum. A partir de les 8:00 h, el consum comença a augmentar i sol produir-se un pic cap a les 9:30-10:00 h. Durant la resta del dia, el consum no segueix un patró tant clar.

El consum d'aigua a través del tub E1, utilitzat per a les cisternes dels WC, és d'esperar que només es produeixi quan hi ha activitat i presència de persones al pavelló. Per tant, durant les hores nocturnes, si no hi ha ningú, no hi ha consum d'aigua. No obstant això, durant el dia, quan hi ha més activitat i afluència de persones, es registra un consum més elevat. D'aquesta manera, podem establir una relació directa entre el consum d'aigua de les cisternes dels WC i la presència de persones al pavelló.

Si es té en compte aquesta relació, s'espera que els dies amb esdeveniments públics al pavelló, com ara partits de Bàsquet-Girona o Spar-Girona, hi hagi un major consum d'aigua a través de les cisternes. Aquests esdeveniments atrauen un nombre més gran d'espectadors i, per tant, el consum d'aigua augmenta en conseqüència.

En el calendari d'activitats del pavelló pel període entre el 26 de febrer al 9 de març hi havia programats els següents esdeveniments (taula 1).

**Taula 1.** Esdeveniments programats entre els dies 23 de febrer i 9 de març del 2023 al Pavelló De Fontajau.

Data	Hora	Esdeveniment
5 de març del 2023	12:00	Rehagirona - Bàsquet Girona vs Discaesports (Mallorca)
5 de març del 2023	18:00	Spar Girona vs Hozono Global Jairis

Així doncs s'observa que el consum enregistrat el 5 de març del 2023 entre les 18h i les 21h coincideix amb quan es va jugar el partit entre *Spar Girona contra Hozono Global Jairis*. De manera que el pic es podria relacionar amb una major aflluència de gent, que venien a veure el partit.

#### Consum d'aigua de la Canonada E1 rentamans

A continuació es presenten els resultats de l'anàlisi detallada del consum d'aigua dels rentamans i dutxes. La figura 8 mostra les dades recopilades del 31 de març al 14 d'abril, les quals s'han considerat prou representatives.

A escala diària, s'observa una notable variabilitat en el consum d'aigua de rentamans i dutxes, sense seguir cap patró clar. En general, els consums oscil·len entre 2 i 3 m<sup>3</sup>. No obstant això, hi ha alguns pics destacats que superen els 4 m<sup>3</sup>/dia. Això és evident en els dies 2, 8 i 11 d'abril. De la mateixa manera, també hi ha dies amb consums baixos, com ara el dia 7 d'abril, i especialment el dia 10 d'abril.

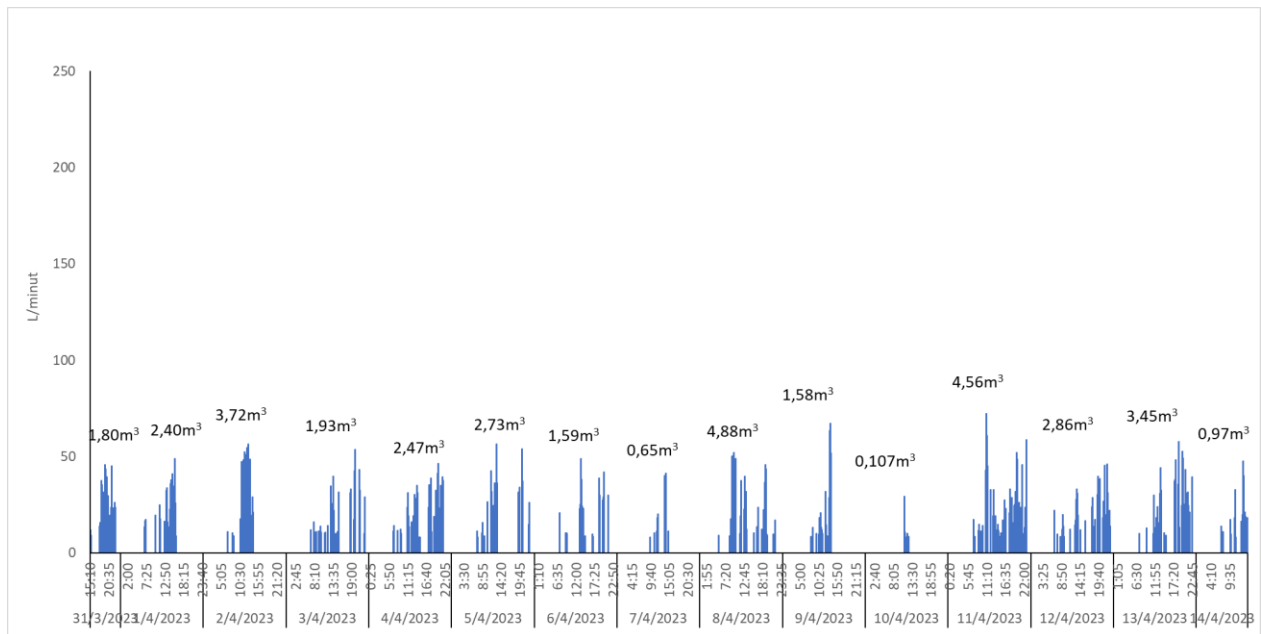
En el calendari d'activitats del pavelló pel període entre el 31 de març i 14 d'abril hi havia programats els esdeveniments de la taula 2.

**Taula 2.** Esdeveniments programats entre els dies 31 de març i 14 d'abril al Pavelló De Fontajau.

Data	Hora	Esdeveniment
8 d'abril del 2023	18:10	Spar Girona vs Innova TSN Leganés
9 d'abril del 2023	12:30	Basquet Girona vs Fuenlabrada

Si es compara el consum d'aigua amb el calendari dels esdeveniments celebrats al pavelló, es pot observar que no tots els pics de consum d'aigua coincideixen amb els dies en què es van realitzar esdeveniments. Aquesta situació difereix de la relació entre el consum d'aigua dels vàters i els esdeveniments, on sí que es nota una correlació. Això pot ser a causa que el consum d'aigua de les aixetes és inferior al dels vàters, de manera que no és tan evident si hi ha una gran aflluència d'ús. A més, durant els dies de partit, que normalment coincideixen amb els caps de setmana, no hi ha entrenaments, i és precisament durant aquests últims quan es pot produir un major consum per l'ús de les dutxes.





**Figura 8.** Consums diaris d'aigua Entrada 2 (Rentamans i dutxes). Font: elaboració pròpia.

## MESURES DE MILLORA

De manera general hi ha varis tipus de mesures per millorar l'ús del recurs aigua en instal·lacions. Aquestes poden anar des de promoure un ús més eficient, fins a buscar noves fonts alternatives d'aigua. Es poden dividir en 4 categories:

- La detecció de fuites i/o pèrdues.
- Mecanismes estalviadors d'aigua.
- La reutilització de les aigües grises.
- L'aprofitament de les aigües pluvials.

En la secció a continuació es descriuran quines tenen més potencial d'aplicació en la instal·lació de Girona Fontajau.

### Detecció de fuites i/o pèrdues

Les instal·lacions de les canonades del pavelló són propenses a deteriorar-se amb el pas del temps, i això pot provocar petites pèrdues o fuites. Aquest problema també pot afectar les cisternes dels WC, les piques i les dutxes. Per aquest motiu, és crucial realitzar revisions i inspeccions periòdiques per prevenir aquestes fuites. Un retard en detectar una fuita pot generar un consum d'aigua elevat en un curt període de temps, amb un impacte significatiu. En el cas del Pavelló, les revisions es realitzen amb regularitat i els operaris de Fontajau s'encarreguen de controlar-les. Tot i que el cost d'aquestes mesures no està quantificat, l'Ajuntament assegura que és baix i que ja està inclòs en les tasques recurrents de manteniment que duen a terme.

## Mecanismes estalviadors d'aigua

Els mecanismes estalviadors d'aigua són dispositius o instal·lacions que permeten reduir el consum d'aigua sense comprometre la funcionalitat dels aparells convencionals. Aquests mecanismes poden classificar-se segons els aparells als quals afecten, com ara aixetes, dutxes i WC's.

Cal destacar que l'Ajuntament ja està prenent mesures per millorar l'eficiència del consum d'aigua a les instal·lacions del pavelló. Segons la informació proporcionada pels tècnics municipals, s'han planificat tres actuacions per aconseguir aquest objectiu. La primera d'aquestes actuacions ja es va dur a terme durant el 2022, consistint en la substitució de totes les aixetes convencionals per aixetes amb polsador i amb una limitació del cabal d'aigua. La segona fase, que s'iniciarà en un futur pròxim, té com a objectiu intervenir en els capçals temporitzats dels urinaris. Finalment, la tercera fase se centrarà a reduir la pressió de les descàrregues dels WC. Pel que fa a les dutxes, actualment s'utilitza un model antivandàlic que funciona correctament i té un consum moderat d'aigua, per la qual cosa, de moment, no s'ha contemplat cap canvi addicional en aquest aspecte.

En relació amb els sistemes estalviadors d'aigua per a les aixetes, com s'ha mencionat anteriorment, s'han pres mesures per millorar-ne l'eficiència. El gener del 2022 es va implementar un sistema limitador de cabal, mitjançant l'ús d'un airejador que redueix el cabal a 1,75 l/minut (informació proporcionada per l'empresa Ramon Soler). Els sistemes airejadors funcionen per la barreja d'aigua i aire de manera que aparentment no sembla que hi hagi una reducció del cabal. A més aquests sistemes presenten l'avantatge principal que són força econòmics i de fàcil instal·lació, mentre que permeten una disminució significativa del consum d'aigua. En el cas de les aixetes per exemple, s'ha observat que si es redueix el cabal a 1,75 litres/minut, aquestes passen a consum una 1/5 part del que es consumia abans, i per tant hi ha un estalvi del 80% (informació proporcionada per l'empresa Ramon Soler).

Per altra banda, en el cas de les dutxes en comptes d'un airejador es pot utilitzar un reductor de cabal que disminueixi la secció de pas del tub, amb el qual es poden aconseguir estalvis d'entre el 30-60% (Agència Catalana de l'Aigua, 2023). És per això que igual que s'ha fet amb les aixetes, es proposa aplicar sistemes individuals de reducció de cabals també en les dutxes.

En el cas específic de Fontajau, si s'implementés aquesta mesura de reducció del cabal de les dutxes en un 40% durant el 2022, i considerant que el 50% del consum d'aigua a l'entrada 2 correspon al consum de les dutxes (amb un consum registrat de 1.770 m<sup>3</sup>, que equivaldria a un consum de les dutxes de 885 m<sup>3</sup>), es podrien haver estalviat aproximadament 354 m<sup>3</sup> d'aigua.

En relació al cost associat a aquesta mesura, s'ha realitzat un estudi de mercat per determinar el preu dels limitadors de cabal per a les dutxes. Segons aquest estudi, s'ha observat que el preu d'aquests limitadors oscil·la entre 10 i 15 euros. Tenint en compte que hi ha un total de 32 dutxes a les instal·lacions de Fontajau, el cost total per implementar els limitadors de cabal seria d'aproximadament 480 euros.

Per tal de millorar l'eficiència dels WC a les instal·lacions de Fontajau, es pot centrar en dos aspectes principals: la capacitat de la cisterna i el tipus de polsador utilitzat. Actualment, el pavelló utilitza polsadors de cisterna simple (figura 9), que no ofereixen cap mesura d'estalvi d'aigua. Per tant, es proposa implementar un polsador de cisterna irrompible o un polsador de doble descàrrega.



**Figura 9.** Airejadors d'aigua en aixetes i polsadors de cisterna simple. Font: imatge pròpia

El polsador de cisterna irrompible permet als usuaris aturar la descàrrega quan ho desitgen, mentre que el polsador de doble descàrrega ofereix la possibilitat de seleccionar una descàrrega total o parcial. Ambdós sistemes permeten un estalvi d'aigua d'aproximadament el 50% (segons l'Agència Catalana de l'Aigua, 2023) i no suposen una despesa econòmica significativa. Aquesta proposta és similar a l'actuació 2 que planteja l'Ajuntament, però aquesta únicament pretén actuar en el temps de descàrrega dels urinaris, i no de tots els lavabos del pavelló.

Com a mesura addicional, es pot considerar la reducció de la capacitat de les cisternes o la disminució de la pressió de descàrrega. Les cisternes convencionals tenen una capacitat de 4,5 o 9 litres, o bé de 3 o 6 litres, però actualment hi ha models de cisternes amb capacitat de 2 o 4 litres que ofereixen un estalvi considerable en cada ús. A les instal·lacions de Fontajau, els lavabos no funcionen amb cisternes individuals, sinó que es controlen des de l'entrada d'aigua E1. Per tant, només caldria aplicar un mecanisme de control de cabal d'aigua en aquesta entrada.

Si bé no s'ha quantificat el cost d'aquesta mesura específica, es pot afirmar que no implicaria una despesa elevada, ja que l'Ajuntament ja està considerant la implementació de mesures similars i la substitució dels mecanismes existents. És important realitzar un estudi detallat per determinar el millor pla de millora i seleccionar els dispositius més eficients i econòmics per a les cisternes i els polsadors.

## **Reutilització de les aigües grises**

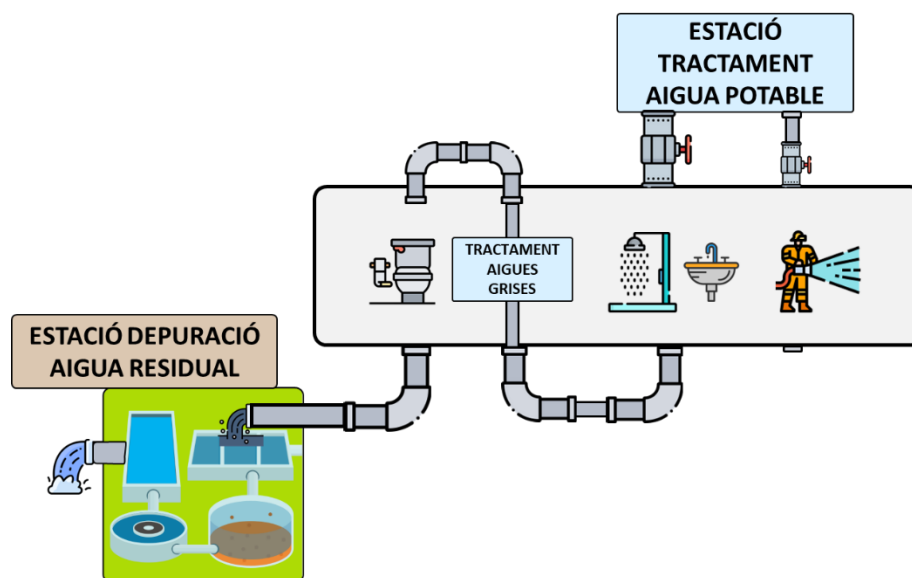
Les aigües grises són les aigües residuals que provenen de les piques, rentadores, banyeres i dutxes. Contenen nivells baixos de contaminació, cosa que fa que sigui més fàcil de tractar i processar (Casanova et al. 2001). La seva composició pot variar depenent de la zona i/o

activitats que s'hi practiquen, però sempre tenen una baixa càrrega de patògens (Oteng-Peprah et al. 2018).

Els sistemes de reutilització d'aigües grises consisteixen en la recollida i tractament de les aigües procedents de piques i dutxes per tal d'alimentar les cisternes dels vàters o bé per jardineria. Tot i així abans de poder-ne fer una reutilització cal aplicar alguns tractaments. Aquests varien en complexitat depenent dels contaminants que contingui l'aigua.

De manera general és necessari primerament una filtració, ja sigui amb filtres de sorra o amb altres tractaments més avançats. Aquesta etapa té com a objectiu eliminar partícules i sediments presents en l'aigua gris. A vegades depèn de la composició de l'aigua cal realitzar un tractament biològic amb la finalitat d'eliminar els contaminants orgànics. Aquest procés es pot realitzar amb l'ús de biofiltres. Per últim, és necessari una desinfecció per eliminar els microorganismes patògens. Això es pot aconseguir mitjançant mètodes com la cloració, l'ozonització o la radiació ultraviolada (López, J. et al., 2012).

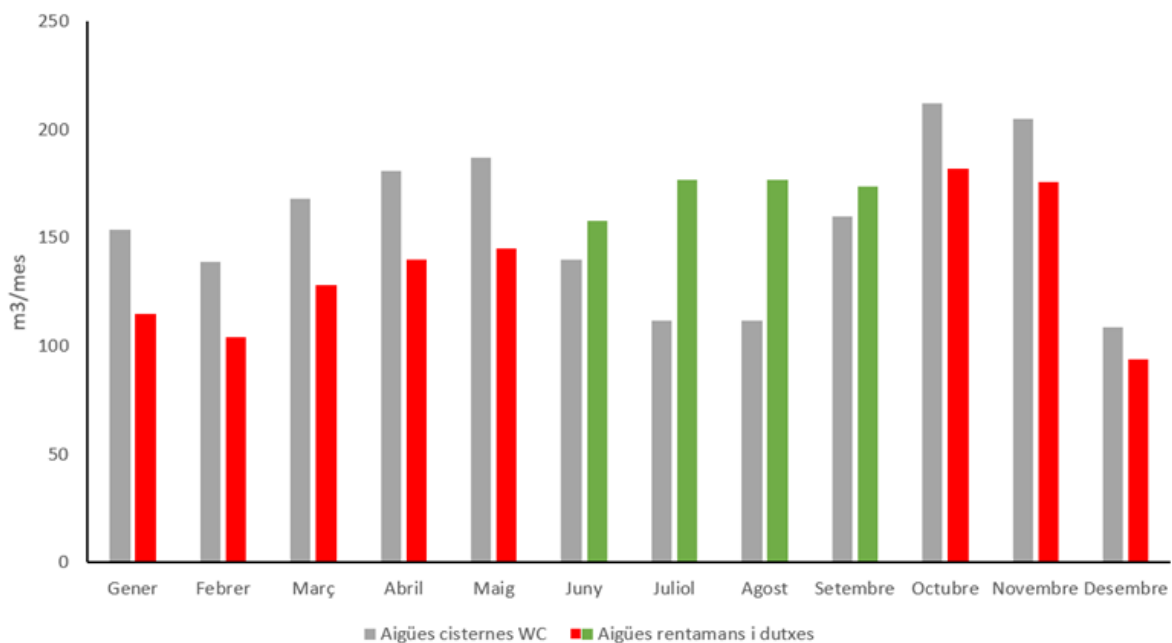
En el cas del pavelló de Fontajau les instal·lacions ja compten amb doble circuit de canonades d'entrada, un per aigua de boca-dutxes (E2) i l'altre per l'aigua dels de WC (E1). Aquesta configuració facilitaria la implementació d'un sistema de reutilització d'aigües grises de l'E2 en el qual es recollirien i emmagatzemin les aigües grises en un dipòsit i després de tractar-les, es connectaria en el tub d'entrada E1 per la seva utilització en els cisternes dels serveis (figura 10).



**Figura 10.** Proposta de redirecció aigües grises a Fontajau. Font: elaboració pròpia.

Així doncs, tenint en compte que ja es hi ha una part del doble circuit, s'ha calculat un pressupost del que suposaria la implementació d'aquest sistema. Mitjançant la informació de l'empresa ABM s'ha obtingut un pressupost de 22.000 €. Per fer el càlcul d'aquest s'ha tingut en compte els costos d'un dipòsit de 35 m<sup>3</sup>, bomba, tractaments, i l'obra civil per tal de connectar el dipòsit d'aigua amb l'entrada E1, i per la recollida de les aigües grises de l'entrada E2.

Tenint en compte els consums mensuals del 2022, s'observa que durant 4 mesos es podria satisfer completament la demanda de l'aigua dels vàters, mitjançant la reutilització de les aigües de piques i dutxes (figura 11). La resta de mesos, s'observa que tot i que la demanda no es podria satisfer el 100%, com a mínim el 74% es podria satisfer únicament amb l'aigua grisa procedent de rentamans i dutxes. A més, cal tenir en compte que aquesta aigua es podria emmagatzemar, i que, per tant, en els casos on hi ha un major consum d'aigua de dutxes i rentamans, l'excés es podria utilitzar per al següent mes. D'aquesta manera fent l'anàlisi anual pel 2022, s'observa que es podria cobrir un 94% de l'aigua de les cisternes únicament amb la reutilització de les aigües grises. Així doncs aquesta mesura podria suposar un gran estalvi d'aigua. Tenint en compte aquestes dades, només el 2022 es podria haver estalviat 1.700 m<sup>3</sup> d'aigua.



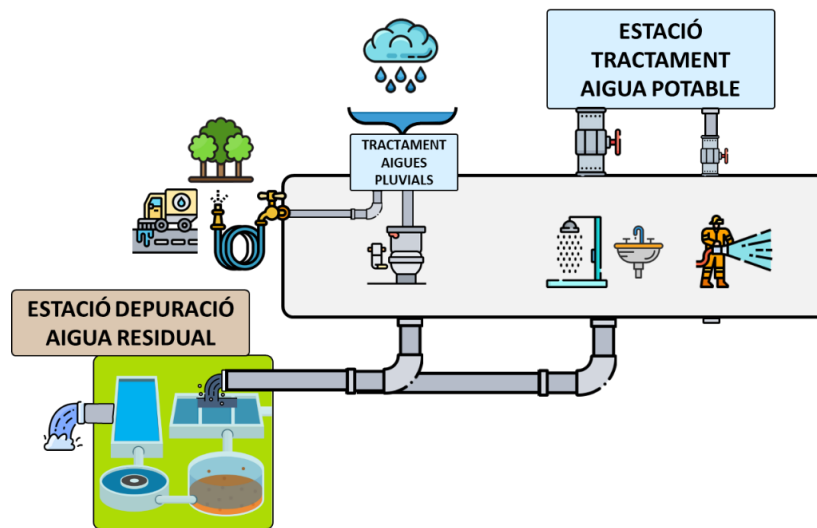
**Figura 11.** Consum d'aigua mensual 2022 Cisternes serveis i Rentamans-dutxes. Verd indica un excedent d'aigua reutilitzada respecte al consum i vermell un dèficit d'aigua reutilitzada respecte al consum. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona.

### Aprofitament de les aigües pluvials

Una altra mesura per a la reducció de la demanda d'aigua, i per tant per a la sostenibilitat en les instal·lacions seria l'aprofitament de les aigües pluvials. Aquest procés consisteix en la recollida, emmagatzematge i ús de l'aigua de pluja per a diferents fins. Mitjançant un sistema de recollida de l'aigua al terrat i el seu emmagatzematge aquesta es podria utilitzar per alimentar les cisternes de WC o per regar o fer tasques de neteja en els exteriors del pavelló (figura 12).

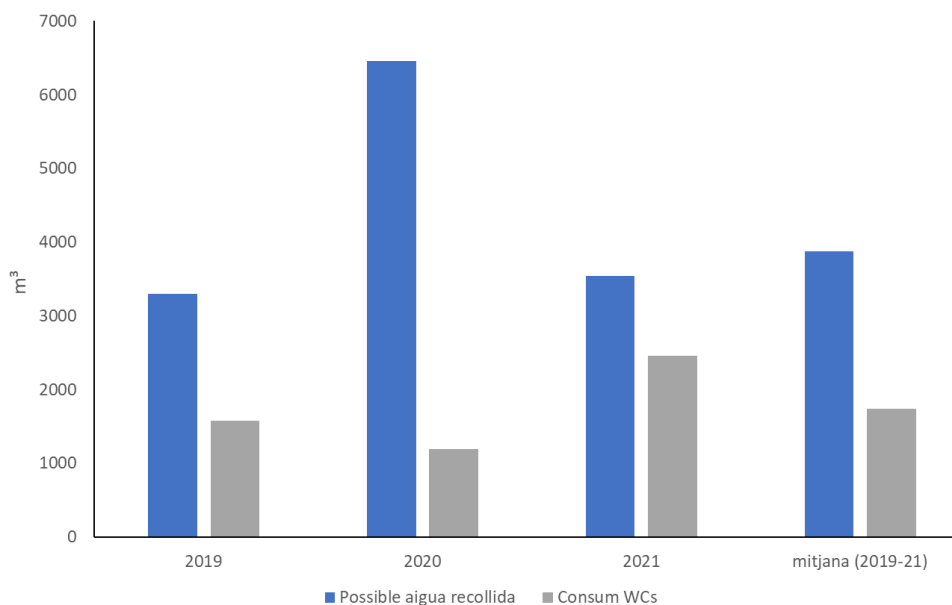
Tot i que l'aigua de pluja generalment no presenten una gran contaminació, és necessari un tractament mínim per assegurar una bona qualitat. Aquest tractament consisteix, en primer lloc, en una filtració mecànica (llum de filtració entre 0,1 i 1 mm) prèvia al dipòsit on s'emmagatzemarà (ABM Serveis d'Enginyeria i Consulting SL, 2019). Per altra banda, també

cal una desinfecció, que elimini la possible presència de patògens (E.coli i altres). Aquesta es pot fer amb un dipòsit previ que permeti el contacte entre hipoclorit de sodi i l'aigua o bé làmpades de rajos UV (ABM Serveis d'Enginyeria i Consulting SL, 2019).



**Figura 12.** Proposta d'aprofitament d'aigües pluvials a Fontajau. Font: elaboració pròpia.

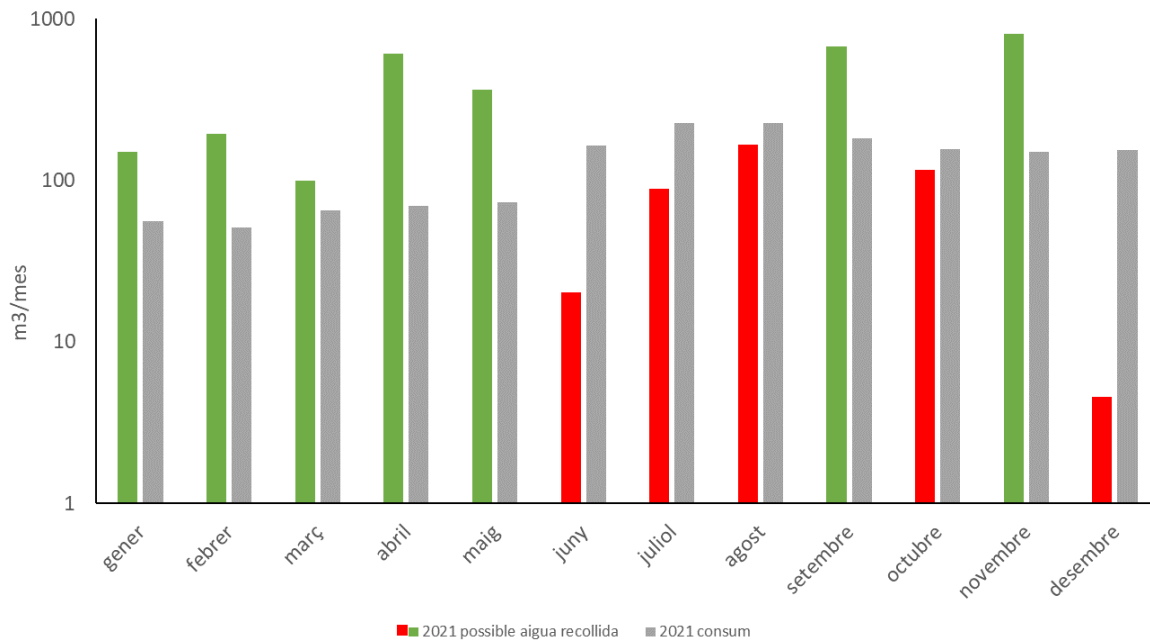
Tenint en compte que la teulada de les instal·lacions fa 6.561 m<sup>2</sup> aproximadament i la precipitació dels últims tres anys (del 2021 al 2019) ha sigut de 590,90 mm<sup>1</sup>, de mitjana es podria haver recollit uns 3.877 m<sup>3</sup> anualment (figura 13). Una xifra més de dues vegades superior al consum de les cisternes de WC. Així doncs, tal com s'observa a la figura 13 el consum d'aigua de les cisternes de WC es podria cobrir totalment amb la recollida de pluja.



**Figura 13.** Consum anual d'aigua dels WC's i potencial aigua de pluja 7recollida al Pavelló de Fontajau a Girona. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona i les dades de precipitació de Institut d'Estadística de Catalunya.

<sup>1</sup> Cal tenir en compte que per fer el càlcul de la mitjana no s'ha tingut en compte la precipitació del mes de Gener del 2020, ja que el temporal Glòria va dur una quantitat atípica d'aigua,

Si es fa una anàlisi més detallada del 2021, s'observa que en la majoria dels mesos es pot cobrir el 100% la demanda d'aigua per les cisternes (figura 14). Tot i això, alguns mesos no es podria cobrir el total de la demanda, especialment en els mesos d'estiu. De totes maneres, tot i tenir en compte els mesos on no es pot cobrir la demanda, només el 2021 es podria haver estalviat 1.086 m<sup>3</sup> d'aigua. A més per tal d'augmentar la quantitat d'aigua estalviada es pot posar un dipòsit amb més o menys capacitat d'emmagatzematge.



**Figura 14.** Balanç entre aigua potencialment recollida de pluja i consum d'aigua a 2021 al Pavelló Fontajau. Verd indica un excedent d'aigua de pluja respecte al consum i vermell un dèficit d'aigua recollida respecte al consum. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona i les dades de precipitació de Institut d'Estadística de Catalunya.

Així doncs, la instal·lació podria suposar un estalvi considerable d'aigua. Tot i així, també cal tenir en compte que es tracta d'una instal·lació costosa. Per tal de calcular el pressupost s'ha realitzat, de nou, amb la informació de l'empresa ABM Serveis d'Enginyeria i Consulting SL i ha sortit d'uns 15.000 euros. S'ha tingut en compte, el cost del dipòsit, també de 35 m<sup>3</sup>, el dipòsit d'hipoclorit de sodi, la bomba, i l'obra civil per connectar el dipòsit amb la xarxa d'aigües per les cisternes de WC.

### Taula potencial aplicació de mesures proposades

A continuació, es presenta una taula comparativa (Taula 3) que analitza les diferents mesures proposades, tenint en compte el seu cost aproximat i l'estalvi d'aigua que suposarien. Cal destacar que les mesures 1 i 2 ja s'estan duent a terme per part de l'Ajuntament. La detecció de fuites i pèrdues, és la mesura més econòmica, tot i que suposa un estalvi d'aigua més modest quan el sistema està funcionant correctament. D'altra banda, l'aplicació de mecanismes estalviadors implica un estalvi considerable d'aigua i el seu cost és relativament baix-moderat. D'altra banda, tant la reutilització d'aigües grises com pluvials requereixen una inversió més gran, però també ofereixen un major estalvi d'aigua. És important tenir en compte que el càlcul de l'estalvi d'aigua i els costos d'aplicació són només una primera aproximació, i si es desitgés implementar aquestes mesures, seria necessari desenvolupar un pla tècnic

detallat i considerar altres factors, com la durabilitat, costos d'operació, el manteniment i la viabilitat econòmica a llarg termini.

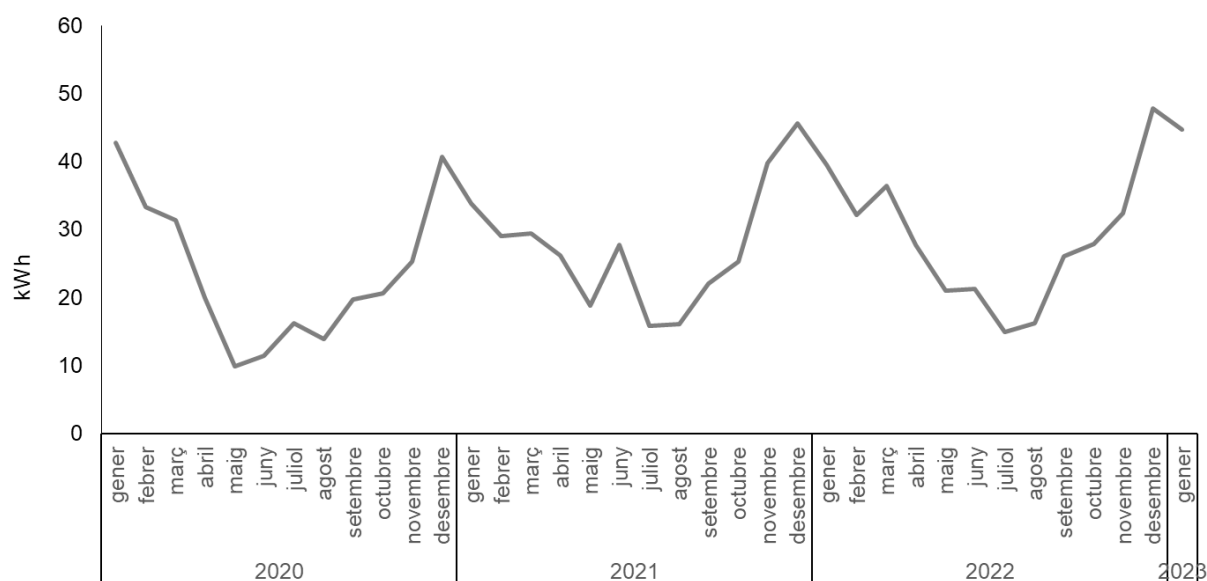
**Taula 3.** Taula comparativa de les diferents mesures que es proposen aplicar al pavelló Fontajau, tenint en compte costos i estalvi d'aigua que suposarien (l'estalvi d'aigua de l'aprofitament de les aigües pluvials està calculat sobre les dades del 2021, i la reutilització de les aigües grises amb les dades del 2021)

Mesura	Estalvi aigua	Costos Aplicació
Detecció de fuites i/o pèrdues	0 m <sup>3</sup>	≈ 0.0 € (baix)
Mecanismes estalviadors d'aigua -Airejadors dutxes	354 m <sup>3</sup>	≈ 480 €
Reutilització de les aigües grises	1.700 m <sup>3</sup> /anuals	≈ 22.000 €
Aprofitament de les aigües pluvials	1.086 m <sup>3</sup> /anuals	≈ 15.000 €

## CONSUM ENERGÈTIC-ELECTRICITAT

### Patrò mensual-anual de consum elèctric

Amb les dades recollides en l'escala temporal mesos anys, s'observa que el consum d'electricitat segueix un patró que més o menys es repeteix cada any (figura 15). Els mesos d'hivern presenten un major consum, arribant al seu màxim durant el mes de desembre. En canvi els consums més baixos es donen durant els mesos d'estiu.



**Figura 15.** Consums mensuals d'electricitat al pavelló de Fontajau a Girona del 2020 al gener del 2023. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona.

La variabilitat de consums entre els diferents mesos, es pot explicar per el nombre d'activitats que es realitzen. Els mesos d'estiu és quan hi ha un menor numero d'esdeveniments pel que

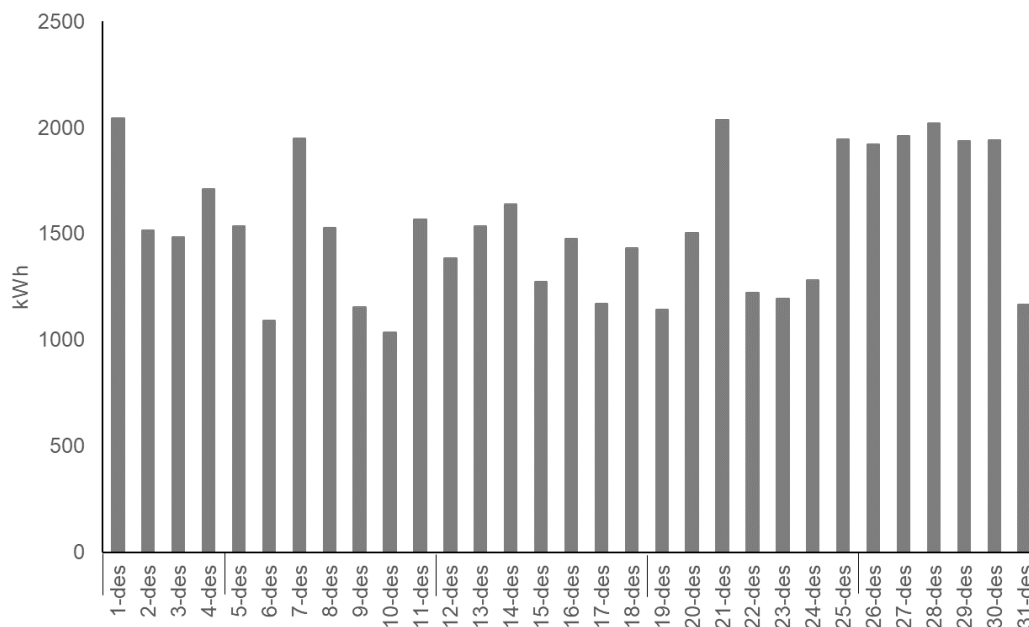


el consum és menor. Per exemple a partir del juny no hi ha ni entrenaments ni partits de la lliga ACB i per tant no cal encendre els focus de la pista. També cal tenir en compte l'ús de la calefacció durant els mesos de fred. La calefacció funciona amb caldera però el sistema de distribució i ventilació d'aquesta per tot el pavelló és elèctric el qual provoca un major consum durant els mesos que se'n fa un ús. Al pavelló de Fontajau la calefacció s'acostuma a encendre a finals d'octubre o principis de novembre, i s'apaga al voltant de setmana santa (Informació proporcionada pels tècnics de l'Ajuntament). Això es reflexa en la gràfica, on s'observa que els pics d'alt consum coincideixen amb els mesos de novembre, desembre, gener, febrer i març

### Patró setmanal de consum elèctric

A continuació es presenten els resultats de l'anàlisi de consums d'energia a escala setmanal. Com a períodes representatius, s'han seleccionat el mes de desembre 2022, que és el mes amb un major consum i força representatiu dels mesos freds, i el mes de juliol 2022 que és el mes amb menor consum i representatiu dels mesos calorosos.

La figura 16 mostra el consum diari durant tot el mes de desembre. S'observa que no hi ha un patró clar que es repeteixi al llarg de les setmanes. De totes maneres durant les tres primeres setmanes s'observa que els dimecres és quan hi ha un major consum arribant als gairebé 2.000 kWh diaris, i, en canvi, els diumenges acostuma a ser el dia amb un menor consum. L'última setmana de desembre en aquest cas no compleix amb aquests trets i s'observen consums força elevats durant el període entre els dies 26 i 30.



**Figura 16.** Consum elèctric (KWh) durant el més de desembre del 2022 al Pavelló de Fontajau a Girona. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona.

En el calendari d'activitats del pavelló del mes de desembre (Taula 4), es pot observar que del 26 al 30 de desembre es va celebrar el Gran Circ de Nadal de Girona, el que podria explicar l'elevat consum durant aquests dies. Cal tenir en compte que, tot i que alguns dels

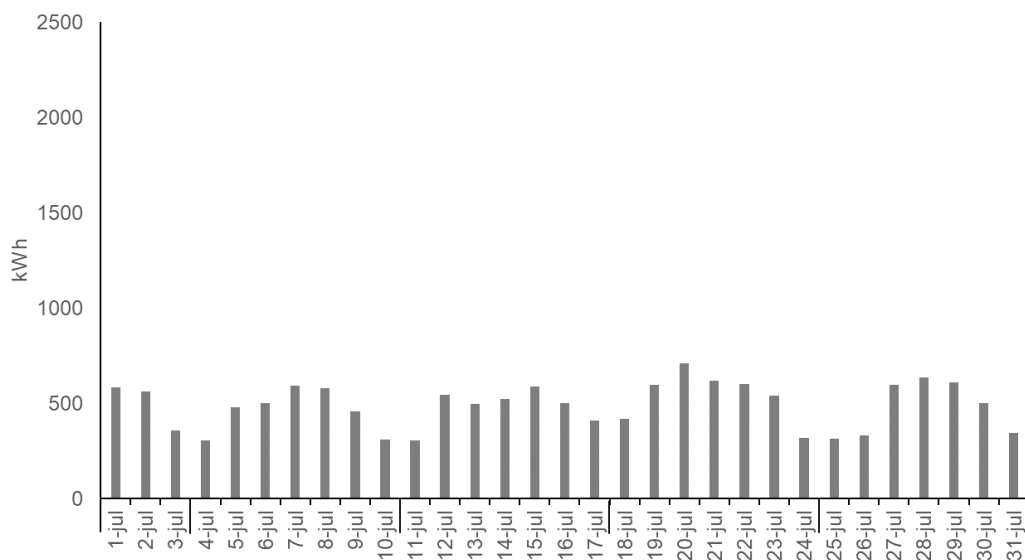
dies amb major consum coincideixen amb els partits programats, com és el cas de l'1 i 21 de desembre, no tots els dies amb un consum elevat hi havia una activitat programada. Aquest fet s'explica pel fet que en el calendari no es reflecteixen els entrenaments, on també hi ha un consum considerable.

La pista central del pavelló disposa de 3 nivells d'il·luminació: el nivell 1 per a entrenaments, amb 11 projectors de 1.000 W encès; el nivell 2 per a partits, amb 24 projectors de 1.000 W encès; i el nivell 3 per a partits televisats, amb 27 projectors de 2.000 W encès (Informació proporcionada pels tècnics de l'Ajuntament). Així doncs, els pics de consum no només es poden explicar pels partits, sinó també pels entrenaments. Per tant, es pot suposar que el consum elèctric està més influït per les activitats que s'hi desenvolupen, així com per l'espai i la seva durada, i no tant per l'afluència de gent.

**Taula 4.** Esdeveniments programats pel desembre del 2022 al Pavelló de Fontajau a Girona.

Data	Hora	Esdeveniment
1 de desembre del 2022	20:00	Spar Girona vs Kutxabank Araski
3 de desembre del 2022	16:00	Rehagirona Bàsquet Girona vs CE Costa Daurada
4 de desembre del 2022	12:30	Bàsquet Girona vs Río Breogán
8 de desembre del 2022	18:00	Spar Girona vs DTKK HUN THERM
11 de desembre del 2022	18:00	Spar Girona vs Perfumerias Avenida
17 de desembre del 2022	20:00	Rehagirona Bàsquet Girona vs Adein Tenerife
18 de desembre del 2022	12:30	Basquet Girona vs Casademon Zaragoza
21 de desembre del 2022	19:00	Spar Girona vs Perfumerias Avenida
22 de desembre del 2022	-	Festival Internacional de Circ
26-30 de desembre 2022	-	Gran Circ de Nadal de Girona

Per altra banda, a continuació es mostra el consum diari durant tot el mes de juliol (figura 17). S'observa, que a diferència del desembre el consum és molt menor i no arriba ni el consum mínim diari del mes de desembre de 2.000 kWh. A més en aquest cas sembla que hi ha un patró més clar que es repeteixi al llarg de les setmanes, on dilluns i diumenge es redueix el consum i, en canvi, dimarts dimecres i dijous augmenta. En aquest cas en el calendari d'esdeveniments únicament hi ha registrat "La festa del xai" el dia 7 de juliol.

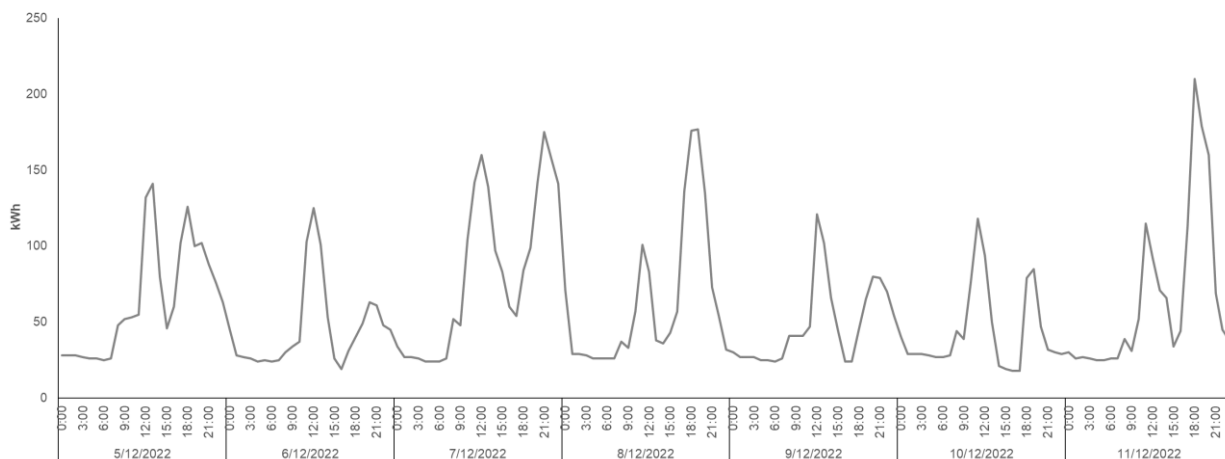


**Figura 17.** Consum elèctric (KWh) durant el més de juliol del 2022 al Pavelló de Fontajau a Girona. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades de consum cedides per l'Ajuntament de Girona.

### Patró diari de consum elèctric

A continuació es presenten els resultats de l'anàlisi de consums d'energia escala diària. Com a períodes representatius, s'ha seleccionat la setmana del 5 a l'11 de desembre i la setmana del 18 al 24 de juliol.

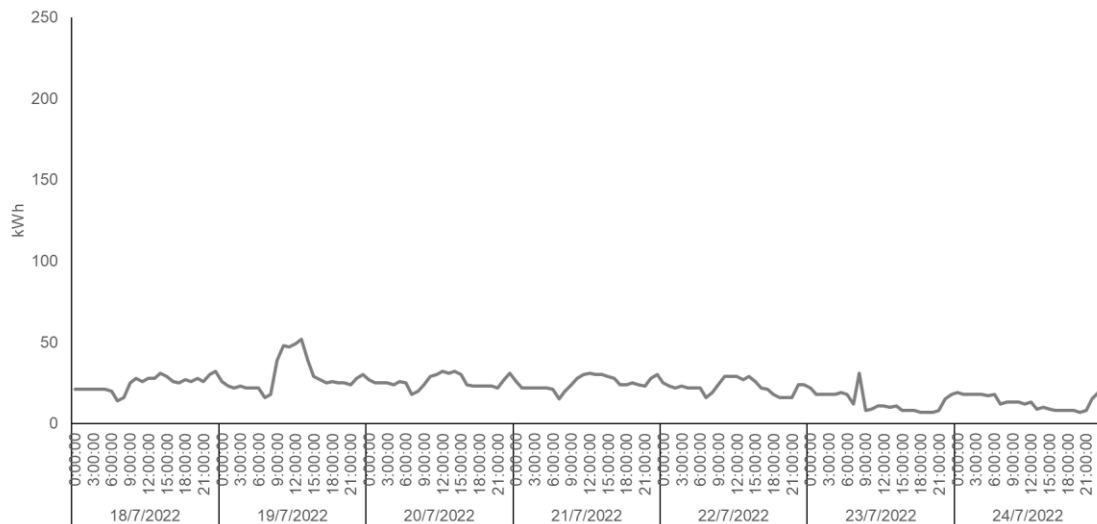
Pel que fa a l'anàlisi a nivell diari de la setmana del 5 a l'11 de desembre (figura 18), és registra un consum més elevat durant el dia, i, en canvi, una reducció durant la nit. Durant el dia el pavelló acull tota mena d'activitats, des d'entrenaments a activitats d'oficina de l'Ajuntament i del bàsquet-Girona, UniGirona, per la qual cosa l'ús d'electricitat (llums, endolls...) és més elevat. En canvi, durant la nit en general no hi ha activitat pel que, per exemple, la majoria dels llums romanen tancades i, per tant, no hi ha tant consum elèctric. Cal destacar a més que els pics de consum, majoritàriament es poden atribuir a hores d'entrenament al desembre, on es donen pics significatius de consum que corresponen a entrenaments o partits.



**Figura 18.** Consum elèctric (KWh) durant la setmana del 5 al 11 de desembre del 2022 al Pavelló de Fontajau a Girona. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades descarregades amb l'eina Innodat.

Si s'observa el consum a escala diària per una setmana del juliol (figura 19) s'observa que la diferència entre dia i nit no és tan significativa. A més el consum durant aquest mes és molt més estable i no hi ha tantes variacions i pics com el mes de desembre. Això pot ser degut al fet que a l'estiu com que no hi ha partits ni entrenaments no s'utilitzen les llums de la pista central les quals suposen un consum força significatiu.

Per altra banda, cal destacar que el consum elèctric no arriba mai a 0. En el cas del desembre arriba a un consum mínim de 20 kWh, i, en canvi, al juliol al voltant de 10 kWh. Aquests consums es donen pels diferents aparells, com neveres o llums d'emergència, que a la nit segueixen en funcionament.



**Figura 19.** Consum elèctric (kWh) durant la setmana del 18 al 24 de juliol del 2022 al Pavelló de Fontajau a Girona. Font: elaboració pròpia mitjançant les dades descarregades amb l'eina Innowatt.

## MESURES DE MILLORA

De manera general hi ha varis tipus de mesures per millorar l'ús del recurs energia-electricitat en instal·lacions. Aquestes inclouen els següents tipus:

- Auditories energètiques i sistemes d'administració d'energia.
- L'ús de fonts renovables.
- La instal·lació de llums i aparells energèticament eficients.

En la secció a continuació es descriuran quines tenen més potencial d'aplicació en la instal·lació de Girona Fontajau. Al final es farà una classificació sobre la possible implementació d'aquestes mesures.

### Auditories energètiques

Les auditories energètiques són anàlisis detallades sobre el consum energètic d'una instal·lació de manera que permeten conèixer i tenir un control del consum elèctric, i identificar aquells factors que influeixen més el consum, així com pics de consum innecessaris. A més

també, inclouen des d'una avaluació dels sistemes d'il·luminació i els sistemes de HVCA (calefacció, ventilació i aire condicionat) com una anàlisi de les característiques pròpies de l'edifici com l'aïllament tèrmic de l'edifici.

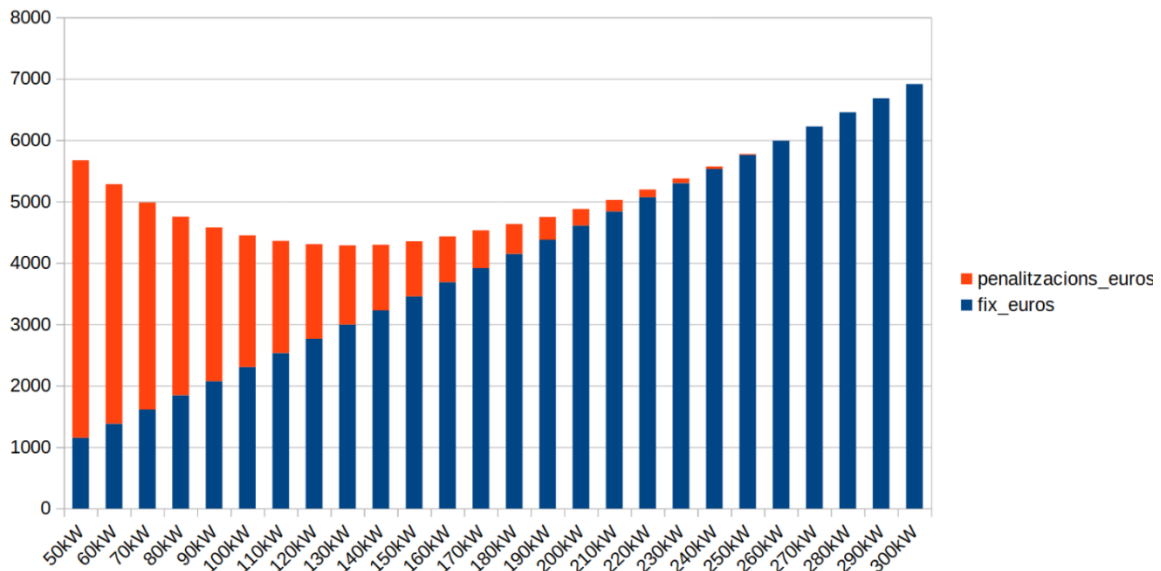
A partir d'aquesta anàlisi es poden desenvolupar estratègies per una optimització del consum, i per tant una major eficiència tant energètica com econòmica. Tot i que en aquest treball no s'ha dut a terme una auditoria energètica, sí que s'ha fet la part de l'estudi del consum energètic i gràcies a l'eina Innowatt s'ha pogut fer un càlcul d'optimització de la potència contractada.

### **Optimització de la potència contractada**

La optimització de la potència contractada a Fontajau es va dur a terme amb l'eina Innowatt. InnoWatt neix dins el marc del projecte Europeu R3water, dins el qual ICRA va desenvolupar una tecnologia per reduir consum energètic en estacions depuradores d'aigua residual. El pas previ a proposar estratègies de reducció del consum energètic era fer una correcta monitorització de la potència consumida. InnoWatt permet descarregar les dades de consums energètics, analitzar-les i fer una optimització de la potència contractada. En aquest estudi i per primer cop, s'aplica l'eina InnoWatt en una instal·lació esportiva. Mitjançant un codi d'optimització de la potència contractada, s'ha obtingut la potència ideal a contractar, tenint en compte les penalitzacions en cas de potència baixa o ve el terme fix elevat en cas de potència alta. En aquest cas, s'ha calculat pel període comprès entre el juliol del 2022 al gener del 2023, ja que era el període on es tenien els consums elèctrics de cada hora.

El codi InnoWatt permet fer un seguit de simulacions de potències contractades començant a 50 kW fins a 300 kW, i fent salts de 10 kW. En total s'han fet unes 736281 combinacions provades, i el resultat de la potència ideal a contractar seria de 130 kW pels períodes de P1 a P5 i 200 kW pel període P6. Tal com mostra la figura 20, tot i tenir penalitzacions, aquesta combinació és l'opció més econòmica pel pavelló de Fontajau.

Tenint en compte que la potència contractada actual és de 250 W per a tots els períodes, segons el codi també es pot realitzar un càlcul de l'estalvi que suposaria si es contractés la potència òptima. En total, s'obté un estalvi de 1.903,94 €.



**Figura 20.** Variació del terme de potència en funció de la potència contractada aplicant els preus del 2022 i 2023 al Pavelló Fontajau.

Finalment, com a conclusió sobre aquesta optimització es podria dir que actualment, la potència actual contractada és adequada, tot i que hi ha un petit marge de millora. A més cal destacar que aquest exercici millora el cost econòmic de l'electricitat contractada, però no redueix el consum elèctric en si. Per tant, caldria completar-lo amb altres mesures d'estalvi energètic.

### L'ús de fonts renovables

L'ús de fonts renovables és una mesura que permet reduir la dependència amb les energies fòssils i, per tant, contribueix a la reducció de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle. En el cas del pavelló Fontajau, en tractar-se d'una zona de clima mediterrani amb alta radiació solar una de les fonts renovables més adient seria l'energia solar. De fet, el pavelló des del 2017 ja compta amb la instal·lació de 100 m<sup>2</sup> de plaques termosolars que permeten escalfar entre el 50% i 70% de l'aigua del pavelló.

Una proposta per augmentar l'estalvi energètic que podria complementar les plaques termosolars que ja hi ha instal·lades, seria l'ús de plaques fotovoltaïques a la teulada. Per determinar la quantitat d'energia solar que es podria generar mitjançant plaques solars fotovoltaïques cal tenir en compte que hi ha amb una superfície de la teulada aproximada de 6000 m<sup>2</sup>. Actualment 100 m<sup>2</sup> estan ocupats per les plaques termosolars, i cal deixar un espai lliure de pas. Així doncs, tenint en compte que no cal ocupar tota la superfície lliure, s'ha considerat una superfície per a les plaques de 4000 m<sup>2</sup>. Un altre factor que influeix en el càlcul és la radiació solar incident. A Girona, la radiació solar mitjana anual pot variar, però es prendrà el valor mitjà de radiació solar incident de 4 kWh/m<sup>2</sup> al dia. Finalment, per fer el càlcul s'ha assumit una eficiència de les plaques solars del 15%, i una eficiència de l'inversor i del regulador de càrrega del 90% i 97% respectivament.

Per saber l'energia generada per les plaques solars, es fa mitjançant el producte de l'àrea del teulat, l'eficiència de les plaques solars i l'inversor, i la radiació solar incident mitjana:

*Eq1) Energia generada plaques solars = 4000 m<sup>2</sup> x 0,15 x 4 x 0,95 x 0,97= 2.211,6 kWh/dia*

De manera que amb la instal·lació de plaques solars es podria aconseguir 2.211,6 kWh al dia, que és una xifra que s'aproxima a la demanda màxima que va haver-hi al pavelló el 2022. Cal afegir que aquesta és una estimació aproximada i pot haver-hi variacions depenent de factors addicionals com ara les ombres o els dies de nuvolositat, així com l'eficiència real de les plaques solars i l'inversor. Malgrat aquestes limitacions, és una mesura que permet estalviar energia i reduir la dependència de fonts d'energia convencionals.

Pel que fa als costos d'instal·lació caldria tenir en compte el preu de les pròpies plaques solars, els inversors, el regulador de càrrega, estructures de muntatge, cables, equips auxiliars i la mà d'obra per a la instal·lació. També s'ha de tenir en compte la necessitat de permisos, tràmits administratius i altres despeses relacionades. Així doncs es pot suposar que la inversió que caldria fer és força alta, tot i que en aquest moment hi ha disponibles ajudes i subvencions per afrontar els costos d'inversió en aquestes instal·lacions.

### **Instal·lació de llums i aparells eficients energèticament**

Els aparells i llums eficients energèticament són sistemes que ofereixen el mateix rendiment que els aparells convencionals, però tenen un menor consum energètic. Un exemple d'aparell eficient energèticament és l'ús dels sistemes d'il·luminació LED (díodes emissors de llum). Aquests converteixen una major proporció de l'energia elèctrica en llum, en lloc de generar calor com les bombetes incandescents i a més tenen una major vida útil que les llums de primera, segona i tercera generació (Bessho i Shimizu, 2012). Així doncs, els llums LED tenen un menor consum energètic que els sistemes convencionals, pel que suposa un estalvi econòmic i una reducció de l'impacte ambiental.

Tenint en compte que els pics de major consum es donaven sobretot en partits i entrenaments per l'ús de la il·luminació de la pista, es proposa actuar únicament en els projectors de les pistes.

Actualment, al pavelló s'utilitzen llums del tipus HM (informació proporcionada pels tècnics de l'Ajuntament), que formen part de la família de les HIM (High Intensity Discharge). En general, els LEDs tenen una eficiència energètica considerablement superior a les llums HID, i poden arribar a suposar un 60% de reducció en el consum (Hermoso i Andres-Diaz, 2014). Cal tenir en compte que aquest percentatge pot variar depenent de la tipologia de LED, és per això que per tal de fer el càlcul que suposaria s'ha optat per fer-ho amb una reducció del 50% en comptes del 60%. Així doncs s'ha calculat l'estalvi energètic que suposaria reemplaçar els llums HM pels LED, pels tres nivells d'encesa de la pista (taula 5). Per tant per els entrenaments l'estalvi podria arribar a ser de fins a 4.500 W, i 10.500 W i 27.000 W pels partits sense retransmissió i pels televisats respectivament.

**Taula 5.** Nivells d'encesa al pavelló de Fontajau amb el consum de les HM comparat amb les llums LED.

NIVELL	Ús	Nº de projectors usats	Potència total	Potència amb LED
Nivell 1	Entrenaments	11 de 1.000 W	11.000 W	5.500 W
Nivell 2	Partits	24 de 1.000 W	24.000 W	13.500 W
Nivell 3	Partits televisats	27 de 2.000 W	54.000 W	27.000 W

Per tant per els entrenaments l'estalvi podria arribar a ser de fins a 4.500 W, i 10.500 W i 27.000 W pels partits sense retransmissió i pels televisats respectivament.

Com a desavantatge que presenta la il·luminació LED és el cost elevat comparat amb les altres tecnologies, però també cal tenir en compte que tenen una vida útil més llarga. És difícil donar un preu exacte per una llum LED, ja que aquest pot variar segons el tipus d'ampolla, la potència i altres factors. Si es fa un estudi de mercat, s'observa que el preu d'una llum LED de 1.000 W i una de 2.000 W en general, solen tenir un rang de preus ampli, que oscil·la entre els 100 i els 500 euros i 200 i 1.000 euros respectivament. Fins i tot més, depenent de les característiques i especificacions addicionals. En aquest cas si es té en compte el cost més alt, per calcular la inversió que caldria fer s'hauria de multiplicar el cost unitari pel nombre de projectors. En aquest cas: 24 de 1.000 W i 27 de 2.000 W. Així doncs, la inversió total seria de 25.500 €, 12.000 € per als projectors de 1.000 W i 13.500 € pels de 2.000 W.

### Taula potencial aplicació de mesures proposades

A continuació, es presenta una taula (Taula 6) que analitza les diferents mesures proposades, tenint en compte el seu cost aproximat i l'estalvi energètic o econòmic que suposarien. Per una banda, en relació amb les auditories energètiques, el seu cost és incert ja que depèn del grau d'exhaustivitat amb què es realitzin. Malgrat això, en el cas de l'optimització de la potència, encara que no afecta directament l'estalvi energètic, sí que té un impacte en l'estalvi econòmic. Per altra banda, la instal·lació de LED i fonts renovables suposa una inversió considerable, però l'estalvi que es pot aconseguir amb les dues mesures és significatiu.

**Taula 6.** Taula comparativa de les diferents mesures que es proposen aplicar al pavelló Fontajau, tenint en compte costos i estalvi d'aigua que suposarien.

Mesura	Estalvi energètic/econòmic	Costos Aplicació
Auditories energètiques -optimització	? 1.903 €/ juliol 2022 a gener 2023	- baix
Ús de fonts renovables	2.211,6 kWh al dia	alts
Instal·lació aparells energèticament eficients (LEDS)	4.500 W/ entrenament 10.500 W/ partit 27.000 W/ partit televisat	25.500€



## **CONCLUSIONS**

As final conclusions of the study, the following can be highlighted:

At a general level it is observed that in Fontajau, water consumption has significantly decreased over the years and has shown some recovery after the COVID-19 lockdown. In detail, it can be observed that the water consumption of toilets is highly influenced by the influx of people, resulting in consumption peaks on game days. However, the consumption of sinks and showers is not directly correlated with game days.

On the other hand, electricity consumption is clearly influenced by the use of artificial lighting and heating for the activities carried out in the facility. During winter, when there are more training sessions and games and the heating is in operation, higher consumption is recorded compared to the summer months. At a more detailed level, it can be observed that, unlike water consumption, electricity consumption is not determined by the influx of people to the facility, but rather by the activities that take place.

## **AGRAÏMENTS**

Primerament, m'agradaria donar les gràcies al meu tutor, Oriol Gutiérrez, per la seva guia, dedicació i paciència al llarg d'aquest projecte. També m'agradaria agrair a l'ICRA i en Lluís Corominas per proporcionar-me l'eina de l'InnoWatt, i especialment en Lluís Bosch per la seva gran ajuda en les lectures del consum elèctric i el càlcul d'optimització de l'energia.

També vull donar les gràcies a la gent del Bàsquet Girona 2014 i a l'Ajuntament de Girona per haver acceptat col·laborar amb nosaltres, especialment en Xavier Agustí, la Clàudia Batlle, i el Ramon Masegur pel seu temps, i en tot moment haver-me proporcionat la informació que he necessitat.

Així mateix agrair també a l'empresa ABM i Ramon Soler, per proporcionar-me informació orientativa sobre els costos i preus de les obres i productes.

Per últim agrair a la família i amistats, especialment la Marina Tous i l'Eulàlia Pons qui m'han donat suport i ajudat en tot moment.

## REFERÈNCIES

Agència Catalana de l'Aigua. (2023). Mecanismes estalviadors d'aigua. Agència Catalana de l'Aigua. [https://aca.gencat.cat/web/.content/10\\_ACA/J\\_Publicacions/03-guies/24-Mecanismes-estalviadors-aigua-Guia.pdf](https://aca.gencat.cat/web/.content/10_ACA/J_Publicacions/03-guies/24-Mecanismes-estalviadors-aigua-Guia.pdf)

Bessho, M. and Shimizu, K. (2012). Latest trends in LED lighting. *Electronics and Communications in Japan*, 95(1), 1-7. <https://doi.org/10.1002/ecj.10394>

Brundtland, G. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. United Nations General Assembly document A/42/427.

Casanova, L. M., Gerba, C. P., Karpiscak, M. (2001). Chemical and microbial characterization of household greywater. *Journal of environmental science and health, Part A. Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 34, 395–401.

Cherif, S., Cramer, W., Giupponi, C., Guiot, J., Lionello, P., Marini, K., Snoussi, M., Toreti, A., Xoplaki, E. i Mohamed, A. (2021). CLIMATE AND ENVIRONMENTAL CHANGE IN THE MEDITERRANEAN BASIN Current situation and risks for the future. First Mediterranean Assessment Report by MedECC (Mediterranean Experts on Climate and environmental Change).

Hermoso-Orzáez, M., De Andres-Diaz, J. (2014). Analisis comparativo y justificativo para el cambio a LEDS en instalaciones con lamparas de halogenuro metálico. Un paso más hacia la eficiencia energética en iluminación urbana. *DYNA*, 89(2), 165-171. <https://doi.org/10.6036/5803>

He, Z., Li, Y. & Qi, B. (2022). Recent insights into greywater treatment: a comprehensive review on characteristics, treatment technologies, and pollutant removal mechanisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 54025-54044. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21070-8>

Hill, C., Corbett, C., i St Rose, A. (2010). Why So Few? Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Washington DC: American Association of University Women.

Generalitat de Catalunya (2016). Informe de seguiment del Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020. [https://icaen.gencat.cat/web/.content/30\\_Plans\\_programes/31\\_PlaEnergiaCanviClimatic\\_PECAC/arxius/20170112\\_SeguimentPECAC\\_Juny2016.pdf](https://icaen.gencat.cat/web/.content/30_Plans_programes/31_PlaEnergiaCanviClimatic_PECAC/arxius/20170112_SeguimentPECAC_Juny2016.pdf)

ICRA. *Innowatt*. <https://innowatt.icra.cat/>

Institut Català d'Estadística. Pluviometria. Precipitació mensual. Comarques i Aran. (<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15195>)

IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, doi:[10.1017/9781009325844.001](https://doi.org/10.1017/9781009325844.001).

López, J., Burgos, A., Cambeses, H., Sánchez, D., & Rodríguez, P. (2012). El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural. *Río Mandeo, cuenca fluvial y desarrollo sostenible*. págs. 265-284. ISBN 978-84-9812-174-2

Oteng-Peprah, M., Acheampong, M.A. & deVries, N.K. (2018). Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. *Water Air Soil Pollut* 229, 255. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>

Reial Decret 23/2020, de 23 de juny, pel que s'aproven les mesures en matèria d'energia i en altres àmbits per la reactivació econòmica. *Butellí Oficial de l'Estat*, 175, de 24 de juny del <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/06/23/23/dof/spa/pdf>

Schmidt K. i Cacace M. (2017). Addressing gender inequality in science: the multifaceted challenge of assessing impact, *Research Evaluation*, Volum 26, Pàgines 102–114. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvx003>

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development.

Vivanco-Díaz, C. F., Mora-Melia, D., Ballesteros-Perez, P., & Gutierrez-Bahamondes, J. H. (2022). Aplicación del Procedimiento Analítico Jerárquico (AHP) a la determinación de prioridades en la implementación de dispositivos hidroeeficientes en Chile. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3212>