

# **FULL DE RUTA SOBRE L'ÚS DE L'HIDROGEN VERD A LES ILLES BALEARS — HORITZÓ 2050**

DOCUMENT DE SÍNTESI

Palma, GENER de 2025



**Govern de les Illes Balears**



## 1. Presentació del full de ruta

El full de ruta per al desenvolupament de l'hidrogen verd a les Illes Balears amb horitzó 2050 presenta un pla per al desplegament de la producció d'hidrogen renovable i la creació d'un ecosistema basat en aquest combustible en l'economia balear.

Es pretén crear una guia realista i pràctica fonamentada sobre la base d'informació sòlida, utilitzant distints estudis tecnoeconòmics i fent consultes públiques i amb les parts interessades. Aquesta guia ha de permetre identificar les aplicacions més eficients de l'hidrogen, i prioritzar-ne les que tinguin més potencial d'impacte econòmic i ambiental. També és fonamental projectar l'evolució de la demanda d'hidrogen en el temps, tenint en compte tant el creixement tecnològic com les necessitats futures del mercat.

A més, el document inclou una anàlisi exhaustiva del potencial de producció d'hidrogen a les illes, per tal de planificar adequadament la infraestructura necessària. Finalment, aquest full de ruta servirà per informar els diferents actors implicats, facilitarà el suport a les decisions polítiques i ajudarà a reduir els riscos d'inversió en aquest sector emergent. Amb això es pretén garantir una transició cap a una economia d'hidrogen sòlida i eficient a les Illes Balears.

## 2. Metodologia

El full de ruta de l'hidrogen per a les Illes Balears es basa en els estudis tecnoeconòmics desenvolupats en el marc del projecte Green Hysland, en el qual participen diversos equips de treball, incloent la Universitat de les Illes Balears, empreses del sector i consultores energètiques. Aquests estudis tenen com a objectiu analitzar les diferents aplicacions potencials de l'hidrogen i avaluar-ne el creixement futur de la producció. Això permetrà planificar amb precisió les necessitats d'infraestructura, i proporcionarà una base sòlida per predir la demanda futura d'aquest recurs a la regió.

Els estudis tecnoeconòmics emprats són els següents:

- Potencial de producció d'energia fotovoltaica i hidrogen verd a les Illes Balears.
- Escalada de les aplicacions energètiques basades en piles de combustible: indústria, transport per carretera, calefacció i refrigeració urbana i residencial, aplicacions comercials a menor escala.
- Descarbonització de les estacions de ferri marítim als ports de les Illes Balears: integració de l'energia fotovoltaica i sistemes de piles de combustible a les terminals marítimes.



- Implementació de mesclades de GNL/H<sub>2</sub> en embarcacions existents.
- Desenvolupament del *cold ironing* al port de Palma.

A més, el procés de creació d'aquest full de ruta inclou consultes públiques per assegurar la participació ciutadana en la presa de decisions, per tal de garantir el suport social a les agendes de transició energètica i al full de ruta de l'hidrogen, crucial per a l'èxit de la seva implementació.

També són fonamentals les consultes amb els actors clau implicats, incloent la comunitat empresarial. Per això, s'organitzaran reunions amb associacions empresarials i hoteleres de les Illes Balears, amb l'objectiu d'aconseguir-ne el suport i assegurar que les necessitats del teixit empresarial local estiguin alineades amb els objectius del full de ruta.

### 3. Context energètic a les Illes Balears

En desglossar el consum per sectors, queda clar que el transport emergeix com el major consumidor d'energia a l'arxipèlag. Aquest sector depèn en gran mesura de productes petrolífers d'alta intensitat de carboni que s'han d'importar, la qual cosa subratlla la importància d'abordar la transició cap a fonts d'energia lliures d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

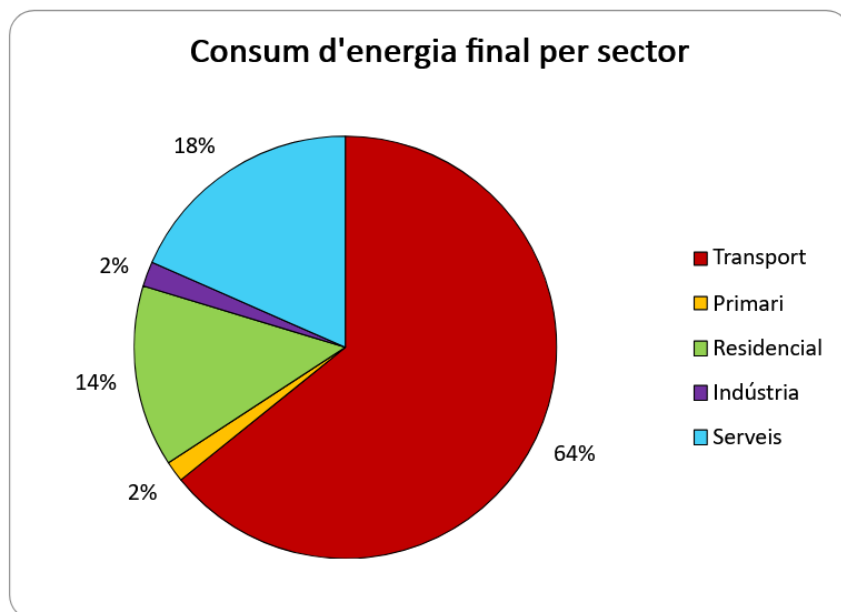


FIGURA 1. Gràfic del consum d'energia final per sector a les Illes Balears al 2022

Quant al sistema elèctric, el consum d'electricitat renovable va ser tan sols d'un 9 % el 2023, sense tenir en compte l'electricitat renovable importada de la Península Ibèrica a través de la interconnexió.



Tot i que el percentatge de generació d'electricitat procedent de fonts renovables a les Illes Balears el 2023 és notablement inferior al 57,6 % del sistema elèctric peninsular, la generació renovable local, principalment la fotovoltaica, està experimentant un creixement significatiu i consta que mostra una acceleració en els darrers anys. Entre el 2018 i el 2023 la generació renovable s'ha duplicat.

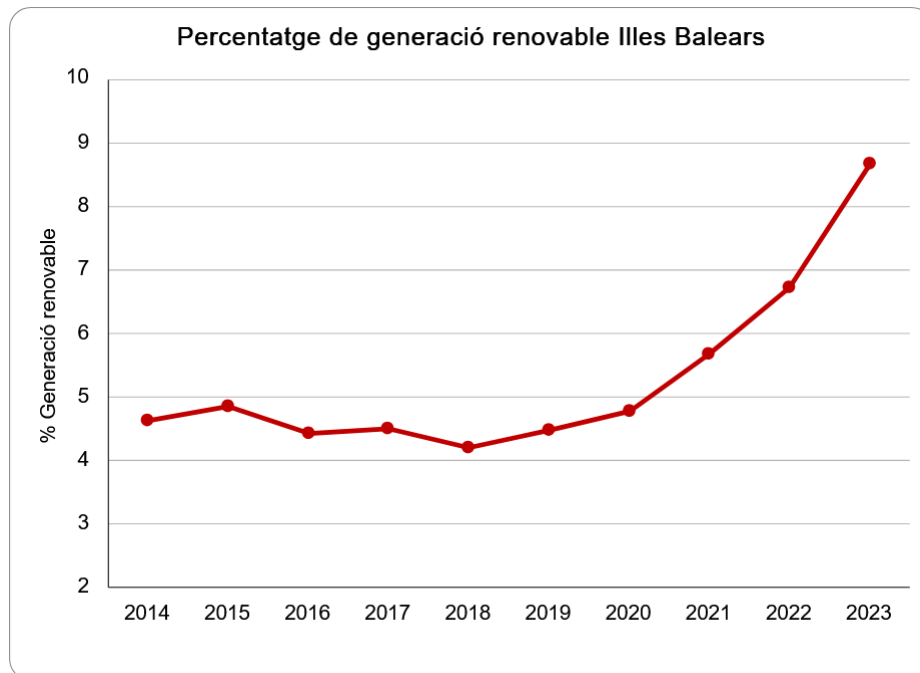


FIGURA 2. Gràfic de l'evolució del percentatge de generació elèctrica renovable a les Illes Balears

Davant d'aquesta situació, l'hidrogen verd es posiciona com un vector energètic altament versàtil, capaç no només de satisfer les demandes energètiques d'energia elèctrica, tèrmica i de combustible per al transport, sinó també de contribuir a descarbonitzar sectors en què l'electrificació no és una solució viable.

#### 4. Què és l'hidrogen verd? Concepte, usos i avantatges en la descarbonització

Davant les creixents necessitats d'eliminar les emissions de gasos d'efecte hivernacle en el context actual de canvi climàtic, l'hidrogen verd emergeix com una solució clau per assolir la neutralitat climàtica en sectors econòmics tradicionalment dependents dels combustibles fòssils. Aquest es produeix mitjançant el procés d'electròlisi, que consisteix en descompondre l'aigua en hidrogen i oxigen utilitzant electricitat procedent de fonts renovables, com l'energia solar. Així, s'obté un hidrogen de gran puresa que es pot utilitzar com a vector energètic en una àmplia varietat d'aplicacions. A diferència de l'hidrogen



convencional, produït a partir de fonts no renovables, l'hidrogen verd no genera emissions de gasos d'efecte hivernacle durant la producció ni durant l'ús.

L'hidrogen verd també pot jugar un paper crucial en la descarbonització de sectors de difícil electrificació directa o mitjançant bateries, com el transport de càrrega pesada, el transport marítim o la indústria pesada. A més, l'hidrogen pot ser utilitzat com a mitjà d'emmagatzematge d'energia a gran escala.

També ofereix beneficis en termes de seguretat energètica ja que, en ser produït localment, disminueix la dependència de la importació de combustibles fòssils i contribueix a la independència energètica de les Illes Balears. Això redueix la vulnerabilitat energètica de les illes i deriva en una major estabilitat i control sobre el subministrament d'energia, crucial per a la seguretat i estabilitat econòmica de l'arxipèlag a llarg termini.

Finalment, a més dels beneficis ambientals, estratègics i la versatilitat d'aquests, la creació d'un ecosistema basat en l'hidrogen verd permetrà crear nous models de negoci, la qual cosa contribuirà a la creació d'ocupació local de qualitat, al creixement econòmic i a la diversificació econòmica a les Illes Balears.

## **5. Context estratègic de l'hidrogen a nivell europeu i nacional**

Des de la Comissió Europea s'ha establert una aposta ferma pel desenvolupament d'una indústria basada en la producció d'hidrogen verd, per tal d'aconseguir la descarbonització de l'economia europea, millorar-ne la competitivitat i reforçar la seguretat energètica. El juliol de 2020 es va publicar l'Estratègia Europea de l'Hidrogen per a la neutralitat climàtica, que estableix una sèrie d'objectius en tres fases temporals:

- Fase inicial (2020 a 2024): instal·lació de 6 GW d'electrolitzadors a nivell europeu i producció d'1 milió de tones d'hidrogen verd.
- Segona fase (2025 a 2030): potència instal·lada d'electrolitzadors de 40 GW, amb una producció de 10 milions de tones d'hidrogen verd.
- Tercera fase (2030 a 2050): s'espera que les tecnologies d'hidrogen renovable arribin a la seva maduresa, es despleguin a gran escala i arribin a tots els sectors de difícil descarbonització.

En l'àmbit nacional, el Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic va llançar el 2020 la «Hoja de Ruta del Hidrógeno». L'objectiu principal és establir les bases per al desplegament de l'hidrogen verd. Se'n destaca el potencial com a emmagatzematge d'energia, la descarbonització de diversos sectors econòmics, especialment aquells amb més dificultats per electrificar-se, i posicionar Espanya



com a referent en aquesta tecnologia. Estableix els objectius següents per al 2030:

- Instal·lació d'almenys 4 GW de potència d'electrolitzadors.
- Cobrir el 25 % de la demanda d'hidrogen de refineries i la indústria química amb hidrogen verd.
- Emmagatzematge d'energia renovable excedentària a la xarxa elèctrica.
- Sector del transport:
  - Flota de 150-200 autobusos amb pila de combustible d'hidrogen.
  - 5.000-7.500 vehicles lleugers i pesants amb pila de combustible d'hidrogen per al transport de mercaderies.
  - Xarxa de 100-150 hidrogeneres d'accés públic.
  - Dues línies comercials de trens propulsats amb hidrogen verd.
  - Ús de maquinària amb piles de combustible d'hidrogen als principals ports i aeroports.

A més, en l'actualització del Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima (PNIEC 2023-2030), s'han augmentat les previsions de producció d'hidrogen verd. Es preveu arribar als 12 GW d'electrolitzadors el 2030 a nivell nacional, triplicant l'objectiu inicial de 4 GW establert al full de ruta nacional.

## **6. Projecte Green Hysland Mallorca**

Aquest full de ruta es desenvolupa dins el marc del projecte europeu Green Hysland. L'objectiu d'aquesta iniciativa és la descarbonització de regions insulars mitjançant la creació d'un ecosistema basat en l'hidrogen verd.

El projecte Green Hysland Mallorca pretén demostrar la capacitat de l'hidrogen verd per descarbonitzar les illes europees, maximitzant la integració de fonts d'energia renovable, i facilitant la integració generalitzada de l'hidrogen verd al sistema energètic de Mallorca, que es convertiria en el primer centre integrat d'hidrogen a gran escala al sud d'Europa. A més, es preveu replicar el projecte a cinc illes més de la UE: Tenerife, Illes Gregues, Madeira (Portugal), Aran (Irlanda) i Ameland (Països Baixos), així com a Xile i el Marroc.

Un altre dels objectius és reindustrialitzar el municipi de Lloseta, amb la ubicació de les instal·lacions de producció d'hidrogen devora la clausurada cimentera de CEMEX. L'hidrogen es produeix a través d'un electrolitzador de membrana d'intercanvi de protons (PEM) amb una potència inicial de 2,5 MW, que es poden expandir fins a 7,5 MW en les pròximes fases, la qual cosa suposaria una producció inicial de 330 tones d'H<sub>2</sub> per any, que pot augmentar fins a 1.000 tones per any. Aquesta producció anual inicial permet reduir les emissions de CO<sub>2</sub> de



Mallorca fins a 20.700 tones anuals. L'energia necessària per al procés d'electròlisi és subministrada per les plantes fotovoltaïques de Lloseta i Petra, mentre que l'aigua utilitzada prové dels pous d'aigua subterrània de Lloseta, explotats anteriorment per la cimentera.

Aquest projecte suposa el punt de partida per al desplegament de l'hidrogen verd a l'economia balear i per a la creació d'un ecosistema d'hidrogen a les illes. Els primers usos planificats per l'hidrogen produït a Lloseta són les següents:

- Injecció d'hidrogen a la xarxa de gas natural de Mallorca i desenvolupament d'un hidroducte.
- Integració de 5 autobusos d'hidrogen a la flota de l'EMT de Palma.
- El sistema cogeneració de calor i electricitat (CHP) de 50 kW a l'hotel Iberostar Bahía de Palma, que cobrirà part de la seva demanda energètica.
- La pila de combustible de 100 kW que subministrarà electricitat a les estacions marítimes del Port de Palma.
- Incorporació de vehicles d'hidrogen a flotes logístiques i de lloguer.

## **7. Sectors d'aplicació de l'hidrogen a les Illes Balears**

### **7.1. Transport terrestre**

El sector del transport terrestre és un dels majors emissors de gasos d'efecte hivernacle de les illes, representant un 32 % del total d'emissions locals. Per això, la seva descarbonització és un dels principals objectius per assolir la neutralitat de carboni a la regió. Fins ara, la principal manera de reduir les emissions ha estat la implementació de vehicles elèctrics i la instal·lació de punts de càrrega. Tot i que s'espera que els vehicles elèctrics de bateria dominin el mercat de vehicles lleugers sense emissions, els vehicles elèctrics de piles de combustible impulsats per hidrogen podrien ocupar una part considerable del mercat d'altres modes de transport per carretera, com ara autobusos, camions, furgonetes o maquinària aeroportuària i industrial.

#### **7.1.1. Flota de busos públics i privats**

Pel que fa als autobusos públics impulsats per hidrogen, dins el projecte Green Hysland s'han incorporat 5 unitats a la flota de l'Empresa Municipal de Transport de Palma (EMT), en funcionament des de 2024. Aquesta experiència ha permès superar obstacles tècnics i s'espera que una part significativa de les futures unitats utilitzi aquesta tecnologia. Els autobusos d'hidrogen ofereixen avantatges en autonomia, calefacció i rendiment en rutes amb pendents pronunciades.



Tanmateix, tant l'EMT com el TIB, l'altre operador de transport públic, han renovat recentment les flotes, i han limitat el nombre d'autobusos de hidrogen que poden entrar en servei fins al 2030 a aproximadament 20 unitats. La flota de TIB, que cobreix rutes interurbanes més llargues, també podria beneficiar-se de l'hidrogen.

A més, degut a l'activitat turística, la flota d'autobusos privats és considerable, ja que arribava a 2.411 unitats el 2022. Aquesta flota inclou minibusos, que consumirien menys hidrogen, de 7 a 9 kg per dipòsit aproximadament, mentre que els autobusos més grans poden superar els 20 kg. Es preveu que per al 2030 hi hagi una oferta significativa de minibusos d'hidrogen, però a curt termini pot haver-hi dificultats per aconseguir un nombre considerable d'unitats, ja que el seu desenvolupament encara es troba en fases inicials.

### **7.1.2. Transport de càrrega pesada i mitjana**

A les Illes Balears hi ha registrats un total de 2.145 camions articulats dièsel i 7.789 vehicles de càrrega pesada i mitjana, com camions de recol·lecció o maquinària de construcció. La descarbonització d'aquests vehicles pot ser més viable mitjançant hidrogen que no pas amb electrificació per bateries, a causa de la seva alta demanda energètica.

Els vehicles més pesants poden consumir uns 25 kg d'hidrogen al dia, de manera que un petit nombre podria necessitar quantitats significatives de combustible. Actualment, la planta de producció d'hidrogen de Lloseta té una capacitat de 300 tones a l'any; per exemple, 50 d'aquests vehicles que consumeixen 25 kg al dia durant 273 dies utilitzarien tota la capacitat de la planta.

En relació amb els vehicles de càrrega mitjana, com ara camions i furgonetes, que requereixen menys hidrogen per vehicle, hi ha un mercat potencial molt més gran amb 124.291 unitats dièsel registrades. S'espera que la descarbonització d'aquests es faci mitjançant una estratègia mixta de bateries i hidrogen, en què es prioritzarà el reemplaçament dels vehicles més lleugers amb models elèctrics, mentre que les versions més pesades probablement utilitzaran hidrogen.

A més, els vehicles que operen en ports i aeroports també són importants per a aquesta conversió, ja que la seva transició cap a l'hidrogen permetrà expandir el coneixement sobre aquest combustible en els sectors de l'aviació i marítim, i en prepararà la introducció en vaixells i avions en les pròximes dècades.

### **7.1.3. Flotes d'alta operativitat, lloguer de vehicles i taxis**



L'experiència dels primers projectes de valls d'hidrogen al nord d'Europa ha demostrat que les flotes amb operacions contínues, com les de logística, són ideals per a vehicles d'hidrogen, ja que no poden permetre's aturar les seves activitats durant llargs períodes. A les Illes Balears, on l'experiència amb hidrogen és limitada, és probable que les empreses locals prefereixin una substitució gradual dels seus vehicles per aconseguir experiència abans d'un reemplaçament generalitzat. Un arrendador de vehicles d'hidrogen podria facilitar aquest procés, fet que eliminaria el risc de compra per als operadors de flotes.

La flota de vehicles de lloguer a les Illes Balears arriba a unes 100.000 unitats durant la temporada alta, la qual cosa representa el 13 % dels turismes i el 9 % del total de vehicles. Es preveu que la majoria d'aquests vehicles lleugers es converteixin a alternatives elèctriques, amb una petita proporció, inferior a l'1 %, que podria ser de vehicles d'hidrogen. Dins el projecte Green Hysland, l'empresa Record Go introduirà deu vehicles lleugers d'hidrogen per permetre l'experiència amb aquesta tecnologia en el sector de lloguer de vehicles.

El sector del taxi, amb 2.942 vehicles a les Illes Balears, també es podria beneficiar de l'hidrogen, especialment per als que necessiten operar constantment. Només un reemplaçament parcial de la flota de taxis representaria una demanda significativa d'hidrogen.

## **7.2. Transport marítim**

El transport marítim és una via important per a l'arribada de béns i persones a les illes, amb diversos ferris operant diàriament als ports de les Illes Balears. Aquest moviment constant genera emissions significatives i va representar el 2 % del consum total d'energia a l'arxipèlag el 2022. En els darrers anys, el nombre de vaixells que arriben als ports ha augmentat, i ha incrementat el consum de combustibles fòssils.

Per escometre aquesta situació i descarbonitzar el sector, els vaixells que ja utilitzen gas natural com a combustible podrien reduir-ne el consum substituint part d'aquest gas per hidrogen verd, la qual cosa ajudaria a disminuir les emissions dels vaixells. Per assolir la descarbonització completa del sector també s'obre la possibilitat d'utilitzar combustibles lliures de carboni basats en l'hidrogen verd, com l'amoníac i el metanol verd.

### **7.2.1. Mescla de GNL i H<sub>2</sub> a embarcacions existents**

A causa de les futures regulacions sobre la limitació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, els fabricants de motors estan treballant en el desenvolupament de nous motors i en la conversió dels motors existents per



utilitzar nous combustibles. L'hidrogen ha estat considerat com a combustible directe per cremar als motors. Tot i això, el maneig de l'hidrogen és complex, especialment al sector marítim, per les seves característiques inflamables. Una solució parcial és la mescla d'hidrogen amb gas natural, amb una proporció màxima provada del 25 % en volum. Aquestes mescles exigeixen la revisió de les instal·lacions de Gas Natural Liquefiet (GNL) i ajustaments als sistemes de bord.

Per analitzar l'ús d'hidrogen mesclat amb GNL al transport marítim de les Illes Balears, s'ha seleccionat el ferri *Hypatia de Alejandría*, que ja funciona amb GNL i opera en la ruta Palma - València. Una de les limitacions és l'espai per a l'emmagatzematge d'H<sub>2</sub>, que ha de ser dedicat exclusivament a aquest propòsit, i el qual es col·locaria a la coberta 5, destinada a vehicles. Es consideraria l'ús de cilindres mòbils d'H<sub>2</sub> a 300 bars, amb un sistema de reducció de pressió a bord per subministrar-lo als motors. Amb la capacitat màxima d'emmagatzematge, es podria assolir una mescla del 9 % d'H<sub>2</sub> per al viatge complet, i fins a un 17 % si el subministrament es fes tant a Palma com a València.

L'ús de mescles de GNL i H<sub>2</sub> permetrà descarbonitzar parcialment el transport marítim i evitar les penalitzacions per emissions de la UE fins al 2035, projectant un estalvi de 50 milions d'euros en penalitzacions fins al 2050 amb una mescla del 17 %, o de 28 milions amb una mescla del 9 %. La implementació del nou sistema no oferirà beneficis econòmics directes, però els estalvis a llarg termini seran considerables gràcies a la reducció de les penalitzacions imposades per les regulacions europees.

### **7.2.2. Amoníac verd i metanol verd per al transport marítim**

Una solució prometedora a llarg termini per aconseguir la descarbonització total del sector marítim és l'ús de l'amoníac com a combustible. Es produeix combinant hidrogen verd amb nitrogen atmosfèric, que s'extreu de l'aire mitjançant energies renovables. L'amoníac verd, amb un contingut del 17,6 % d'hidrogen en massa, ofereix diversos avantatges en comparació amb les mescles de gas natural amb hidrogen.

El seu transport i emmagatzematge en estat líquid és més econòmic i senzill ja que requereix condicions menys extremes. A més, l'amoníac té una densitat energètica més alta que l'hidrogen, la qual cosa permet emmagatzemar-lo en un volum més petit i, per tant, requereix menys espai disponible.

Tot i el seu potencial per descarbonitzar el transport marítim, amb l'amoníac no es poden aprofitar els motors dels vaixells actuals, i es necessitarien nous sistemes de propulsió. A més, es requereix infraestructura addicional perquè es pugui produir, la qual cosa representa un repte perquè s'implementi a gran escala.



L'ús de metanol verd com a combustible és una altra opció per a la descarbonització del transport marítim, mantenint avantatges logístiques. El metanol verd es produeix a partir d'hidrogen verd i CO<sub>2</sub> capturat de l'atmosfera o provinent de fonts industrials, amb un contingut d'hidrogen en massa del 12,6 %. Es pot emmagatzemar en estat líquid a temperatura ambient i pressió atmosfèrica, la qual cosa elimina la necessitat d'infraestructures complexes i costoses. A més, és compatible amb molts motors marítics existents dissenyats per operar amb combustibles líquids, principalment dièsel.

Tot i que la seva producció requereix infraestructura addicional, com l'associada a la captura de carboni, la transició cap al metanol verd es considera més ràpida i econòmica que altres alternatives degut al fet que la seva adopció per la indústria marítima i la seva infraestructura global d'emmagatzematge i distribució està més desenvolupada.

### **7.2.3. Subministrament elèctric al port**

Una part de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector marítim es produeixen quan les embarcacions estan al port utilitzant els seus motors auxiliars per subministrar energia als sistemes que romanen en funcionament. Segons un informe de la Comissió Europea, es calcula que aproximadament un 6 % de les emissions totals del sector marítim entre 2018 i 2021 es van produir mentre les embarcacions estaven amarrades al port.

El subministrament elèctric al port, conegut com a *cold ironing*, consisteix a connectar els vaixells amarrats a la xarxa elèctrica terrestre per proporcionar-los l'energia necessària. Això permet apagar els motors auxiliars de bord, fet que redueix les emissions de gasos d'efecte hivernacle, la contaminació acústica i altres contaminants atmosfèrics. D'aquesta manera, es millora l'eficiència energètica i es redueix la petjada de carboni del sector, i també es millora la qualitat de l'aire a les zones properes als ports.

Ports de les Illes Balears ha realitzat un estudi per implementar el *cold ironing* al port de Palma, fent ús de piles de combustible d'hidrogen per subministrar energia als vaixells. L'estudi se centra en el dic de l'Oest, atesa la seva versatilitat i la gran varietat de vaixells que hi amarren; més concretament en els ferris, que representen més del 90 % de les escales anuals al port, amb una durada mitjana d'escala de 5 hores. El sistema proposat ofereix una potència de 2.000 kW subministrat per la xarxa elèctrica, i una pila de combustible d'hidrogen que proporciona 374 kW addicionals quan es necessiti més potència, la qual cosa permet alimentar almenys dos vaixells alhora.



Un major requeriment de potència només seria necessari 4 dies a l'any, quan hi ha més de dues embarcacions atracades que fan que la demanda pugui augmentar fins a 2.374 kW. La majoria de dies, 292 dies a l'any, hi ha dos vaixells atracats amb una demanda de 2.000 kW; mentre que la resta del temps, aproximadament 44 dies a l'any, s'ha estimat una demanda de 1.374 kW.

<i>Demanda de potència (kWh)</i>	<i>Subministrament elèctric pila de combustible H<sub>2</sub> (kWh)</i>	<i>Subministrament de la xarxa elèctrica (kWh)</i>	<i>% funcionament (340 dies/any)</i>	<i>Hores en funcionament (hores/any)</i>
2.374	374	2.000	1 % (4 dies)	24
2.000	374	1.626	86 % (292 dies)	1.752
1.374	374	1.000	13 % (44 dies)	264

TAULA 1. Escenaris de demanda i subministrament de potència elèctrica a les embarcacions atracades

Assumint que la pila de combustible funciona durant 6 hores diàries, 340 dies a l'any, el consum diari seria de 150 kg d'hidrogen, mentre que el consum anual seria de 51 tones. Per cobrir els requeriments hídrics d'aquesta cel·la de combustible, el consum d'aigua seria de 490 litres al dia o 166.000 litres a l'any.

Amb aquest sistema combinat en què la pila de combustible funciona diàriament, la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle esperada és del 58 %, la qual cosa evitaria l'emissió de 1.800 tones de CO<sub>2</sub> a l'any i 48.000 tones fins al 2050. Mitjançant aquest sistema, la pila de combustible proporcionaria el 8 % de les reduccions. En el cas de no utilitzar cel·les de combustible per a la connexió de les embarcacions, s'aconseguirien unes reduccions del 50 % respecte de les emissions actuals, tenint en compte que s'ha considerat un factor d'emissions de 0,32 t CO<sub>2</sub>/MWh per a l'electricitat consumida al port de Palma.

<i>Generadors de bord</i>	<i>Només subministrament elèctric al port</i>	<i>Subministrament elèctric al port + pila de combustible d'hidrogen</i>
3.105	1.545	1.302

TAULA 2. Escenaris d'emissions de CO<sub>2</sub> anuals en tones de les embarcacions atracades al dic de l'Oest al port de Palma

### 7.3. Mescla d'hidrogen a la xarxa de gas natural



Aquesta aplicació, també coneguda com a *blending*, consisteix en mesclar l'hidrogen verd amb gas natural en diferents proporcions, utilitzant la infraestructura de gas existent sense necessitat de construir noves xarxes específiques per a l'hidrogen, cosa que suposa un estalvi en costos i inversió. D'aquesta manera, la mescla permet reduir el consum de gas natural i disminuir les emissions de CO<sub>2</sub> associades. Tot i que actualment a les Illes Balears només es permet una mescla d'un 2 % d'hidrogen a la xarxa de gas, es preveu que pugui assolir un màxim del 10 % per al 2030.

L'estudi que analitza aquesta aplicació a Mallorca revela que incorporar un 2 % d'hidrogen a la xarxa de gas natural generaria una demanda anual d'uns 2.730 tones d'H<sub>2</sub>. Amb una reducció del 23 % en la demanda de gas natural i mantenint la mescla en un 2 % per al 2030, la demanda d'hidrogen seria de 2.100 tones anuals, set vegades la capacitat de producció actual del projecte Green Hysland.

2030			
	Percentatge de mescla	Demanda potencial d'H <sub>2</sub> (MWh)	Demanda potencial d'H <sub>2</sub> (tones)
Baix	2 %	69.993	2.100
Mitjà	3,5 %	123.321	3.700
Alt	10 %	416.625	12.500

TAULA 3. Escenaris de nivell baix, mitjà i alt de mescla d'hidrogen a la xarxa de gas i demanda potencial al 2030

Amb l'augment de la capacitat productiva d'hidrogen, les Illes Balears podrien mantenir els nivells actuals de demanda de gas, substituint-lo per hidrogen. S'espera que la demanda de gas es reduirà fins a un 40 % per al 2050, segons la llei de canvi climàtic de les Illes Balears, i es podria arribar a reduccions del 75-80 % gràcies a les solucions elèctriques i l'ús d'energies renovables. En aquest escenari, l'hidrogen serà clau per descarbonitzar la demanda restant.

2050				
	Reducció de la demanda de la xarxa de gas	Percentatge de mescla	Demanda potencial d'H <sub>2</sub> (MWh)	Demanda potencial d'H <sub>2</sub> (tones)
Baix	40 %	50 %	1.333.200	40.000
Baix	40 %	100 %	2.666.400	80.000
Mitjà	60 %	50 %	889.911	26.700
Mitjà	60 %	100 %	1.779.822	53.400



Alt	80 %	50 %	443.289	13.300
Alt	80 %	100 %	886.578	26.600

TAULA 4. Escenaris de nivell baix, mitjà i alt de mescla d'hidrogen a la xarxa de gas i demanda potencial el 2050

Per al 2050, la xarxa de gas seguiria sent un dels principals consumidors d'hidrogen, comparable als escenaris més ambiciosos de mobilitat amb hidrogen. La demanda d'hidrogen a la xarxa de gas servirà com a base per ampliar la producció d'H<sub>2</sub> fins que altres sectors com la mobilitat o la calefacció urbana siguin més eficients i rendibles. Tanmateix, la viabilitat a llarg termini d'aquesta mescla es podria veure afectada pel creixent ús de solucions elèctriques, com les bombes de calor.

Un aspecte clau que cal considerar és la possibilitat d'importar hidrogen verd des de la Península Ibèrica, aprofitant el gasoducte que transporta gas natural des de Dénia fins a les Illes Balears. Aquesta infraestructura permetria la mescla d'hidrogen amb el gas natural en origen, abans de ser transportat a les illes. Gràcies al gran potencial de producció d'hidrogen verd a la península i la possible importació d'aquest a través del gasoducte, es podria cobrir la demanda total d'hidrogen de les Illes Balears per a la mescla amb gas natural a la xarxa, la qual cosa permetria destinar la producció local a altres usos.

#### 7.4. Indústria

A les Illes Balears, on el turisme és la principal activitat econòmica, l'activitat industrial té un pes relativament reduït. Aquest sector representa el 2 % del consum total d'energia de l'arxipèlag, la qual cosa en demostra el petit pes en comparació amb altres regions d'Espanya.

A Mallorca, el sector ceràmic constitueix una de les principals activitats industrials, centrat en la producció de materials com maons, teules i altres elements de construcció. Actualment, aquest sector depèn majoritàriament del gas natural com a font d'energia, la qual cosa el fa vulnerable als alts preus d'aquest recurs i a les creixents exigències quant a la reducció d'emissions. En aquest context, l'hidrogen verd emergeix com una alternativa viable per reemplaçar el gas natural.

Les fàbriques de ceràmica a Mallorca estan ubicades principalment a municipis com Campos, Manacor, Petra i Felanitx, tot i que el 2020, només quatre fàbriques de teules operaven a plena capacitat. Per cobrir les necessitats energètiques, aquestes instal·lacions requeririen tecnologies d'electròlisi amb capacitats que oscil·lin entre 1 i 10 MW.



A més, els fabricants de ceràmica podrien optar per sistemes de subministrament basats en el transport per carretera mitjançant remolcs tubulars, o bé instal·lar els seus propis sistemes d'electròlisi. Els interessats a instal·lar electrolitzadors exclusivament per a ús industrial podrien beneficiar-se d'unitats d'alta eficiència que operin a altes temperatures, amb la qual cosa se n'optimitzaria el rendiment i es reduirien els costos energètics. La incorporació d'aquestes tecnologies en els processos menys modernitzats de Mallorca podria presentar desafiaments significatius.

## **7.5. Ús d'hidrogen a edificis**

### **7.5.1. Hotels**

L'ús d'hidrogen com a font d'energia per al subministrament elèctric i tèrmic en hotels permet reduir les emissions del sector turístic i maximitzar l'aprofitament energètic en instal·lacions hoteleres ja que produeix energia i calor, i s'adapta a les demandes creixents dels viatgers per destinacions més sostenibles i a normatives mediambientals més estrictes.

Per a instal·lar un sistema de subministrament combinat d'energia, refrigeració i calor mitjançant piles de combustible d'hidrogen a un hotel, és necessari complir una sèrie de criteris per assegurar-ne la viabilitat tècnica. A causa de la complexitat de la instal·lació d'aquests sistemes en determinades ubicacions i els seus costos associats, és possible que dos o més hotels comparteixin les instal·lacions per complir amb aquests requisits tècnics. Els aspectes que s'han de complir són els següents:

- Accés directe a carreteres principals, necessari per rebre subministraments d'hidrogen mitjançant camions cisterna.
- Espai suficient disponible per a la instal·lació del sistema d'emmagatzematge d'hidrogen, la pila de combustible i l'àrea de descàrrega.
- Minimització d'interferències en el procés de descàrrega de l'hidrogen.
- Proximitat a la infraestructura elèctrica i de calefacció. Els serveis elèctrics i les línies del col·lector de la caldera han d'estar a prop del lloc d'instal·lació per facilitar la integració.

La ubicació seleccionada per a instal·lar el primer sistema d'aquest tipus és l'Iberostar Waves Bahía de Palma, situat a la Platja de Palma. L'objectiu és subministrar electricitat, refrigeració i calor a l'hotel mitjançant l'hidrogen verd produït a Lloseta, la qual cosa contribuirà a la descarbonització del seu consum energètic.



Aquesta primera instal·lació consta d'una pila de combustible de 70 kW, que funciona a una potència normal constant de 50 kW per garantir la viabilitat econòmica i allargar la vida útil dels components, evitant condicions operatives extremes. Aquesta cèl·lula de combustible té un consum d'hidrogen de 1,3 g/s en operació estable i una taxa màxima de flux de 1,5 g/s. Anualment, s'espera un consum total de 25 tones d'hidrogen.

### **7.5.2. Sistemes centralitzats de calefacció i refrigeració**

Els sistemes centralitzats de calefacció i refrigeració són una alternativa eficient per subministrar calefacció, refrigeració i energia a múltiples edificis des d'un únic sistema, la qual cosa redueix la demanda d'energia primària i facilita la integració d'energia renovable a través de l'hidrogen.

A zones amb alta concentració d'edificis plurifamiliars i hotels, com els principals nuclis urbans de les Illes Balears, aquests sistemes poden resultar més viables que la implementació de bombes de calor, ja que la instal·lació de les bombes pot ser menys adequada que a zones residencials unifamiliars.

Actualment, a la Comunitat Autònoma només hi ha un sistema local de calefacció i refrigeració urbana, que funciona amb gas natural i biomassa. Aquesta planta de trigeneració, situada al Parc Bit, subministra 2,9 MW d'electricitat, 6,2 MW de calor i 7,8 MW de refrigeració a la UIB, el parc empresarial i dues escoles.

L'ampliació i modernització d'aquesta planta per funcionar amb hidrogen verd i subministrar energia a més infraestructures d'alta demanda energètica és una oportunitat per integrar l'hidrogen en aquest sistema. L'ampliació podria abastir infraestructures al nord de Palma, com l'hospital de Son Espases, la presó, el centre comercial Carrefour i barris amb molta població, i oferiria una alternativa a la descarbonització mitjançant l'electrificació.

Un dels principals obstacles és la manca d'experiència en sistemes centralitzats de calefacció i refrigeració a les Illes Balears, el que suposa un repte tècnic i regulador. Un projecte de demostració en els propers 10 anys seria necessari per superar aquestes barreres i avançar cap a la descarbonització mitjançant sistemes centralitzats amb piles de combustible d'hidrogen.

### **7.5.3. Implementació d'hidrogen a les estacions marítimes**

Amb l'objectiu de descarbonitzar les estacions marítimes de les Illes Balears, Energy BV i Ports de les Illes Balears han dut a terme un estudi sobre la incorporació d'energies renovables i l'ús d'hidrogen per generar electricitat i augmentar l'autonomia energètica al menor cost.



L'estudi, centrat en la descarbonització de les terminals de ferris avalua la viabilitat d'utilitzar cèl·lules de combustible i emmagatzematge d'hidrogen en aquests edificis. Les terminals avaluades inclouen les estacions marítimes 2, 3 i 4 del port de Palma (EM2, EM3 i EM4), la terminal de Botafoc a Eivissa, i una nova terminal a Maó.

Per a aquests sistemes, es prioritza l'autoconsum d'energia fotovoltaica a les estacions que disposin d'aquestes instal·lacions. La següent tecnologia en l'ordre de prioritat és el sistema de piles de combustible d'hidrogen, seguit de la xarxa elèctrica.

L'objectiu és que les terminals assoleixin una autonomia energètica mínima del 80 % respecte de la xarxa elèctrica, amb el menor cost d'electricitat possible. D'aquesta manera, l'hidrogen s'utilitzarà quan l'autoconsum fotovoltaic no sigui suficient per cobrir la demanda, mentre que la xarxa elèctrica subministrarà energia quan la combinació d'autoconsum i hidrogen no sigui suficient.

S'han avaluat diferents configuracions de piles de combustible per subministrar energia a diversos edificis, amb l'objectiu d'assolir la màxima autonomia energètica possible i dependre menys de la xarxa elèctrica. En la majoria dels casos, maximitzar aquesta autonomia resulta en costos més elevats d'instal·lació i operació.

Per exemple, en el cas de l'edifici de Maó, s'ha observat que augmentar l'autonomia energètica a més del 80 % requeriria una cel·la de combustible molt més gran i costosa, però només oferiria una petita millora en la independència de la xarxa. Un cas similar passa a l'edifici de Botafoc, on la major demanda d'energia també fa que maximitzar l'autonomia sigui costós i poc rentable.

D'altra banda, combinar sistemes d'energia solar amb cel·les de combustible pot ser una solució més eficient. Això s'ha estudiat per a les estacions marítimes 2, 3 i 4 del port de Palma, on l'energia solar i l'ús d'hidrogen permeten assolir una major independència energètica amb menors costos operatius. A més, la producció solar és més alta a l'estiu, que és quan les terminals tenen més activitat, fet que resulta en un ús més eficient dels recursos.

D'aquesta manera, encara que el cost més baix de l'electricitat no sempre coincideix amb la major independència de la xarxa elèctrica, les configuracions que combinen energia solar i piles de combustible ofereixen un bon equilibri entre cost i eficiència.



Per als edificis analitzats, s'estima que la demanda anual d'hidrogen verd oscil·larà entre 160 i 215 tones anuals, mentre que la reducció estimada de CO<sub>2</sub> se situarà entre 700 i 910 tones al llarg de la seva vida útil de 20 anys.

## 7.6. Emmagatzematge d'energia

L'emmagatzematge d'energia és crucial per gestionar la variabilitat en la producció d'energies renovables al llarg de l'any, especialment en un territori amb una alta producció solar com les Illes Balears. Aquesta variabilitat representa un repte per mantenir l'equilibri entre l'oferta i la demanda d'electricitat.

Els mesos d'estiu concentren la major demanda energètica, impulsada principalment pel sector turístic, coincidint amb un pic de producció fotovoltaica. En canvi, a la primavera es produeix un desajustament entre la demanda i la producció, amb una demanda baixa i una producció solar elevada, el que implica que es poden generar excedents a la xarxa elèctrica que no es consumeixen immediatament. Durant l'hivern la demanda pot arribar a ser quasi la meitat que a l'època estival, però la producció solar es redueix notablement.

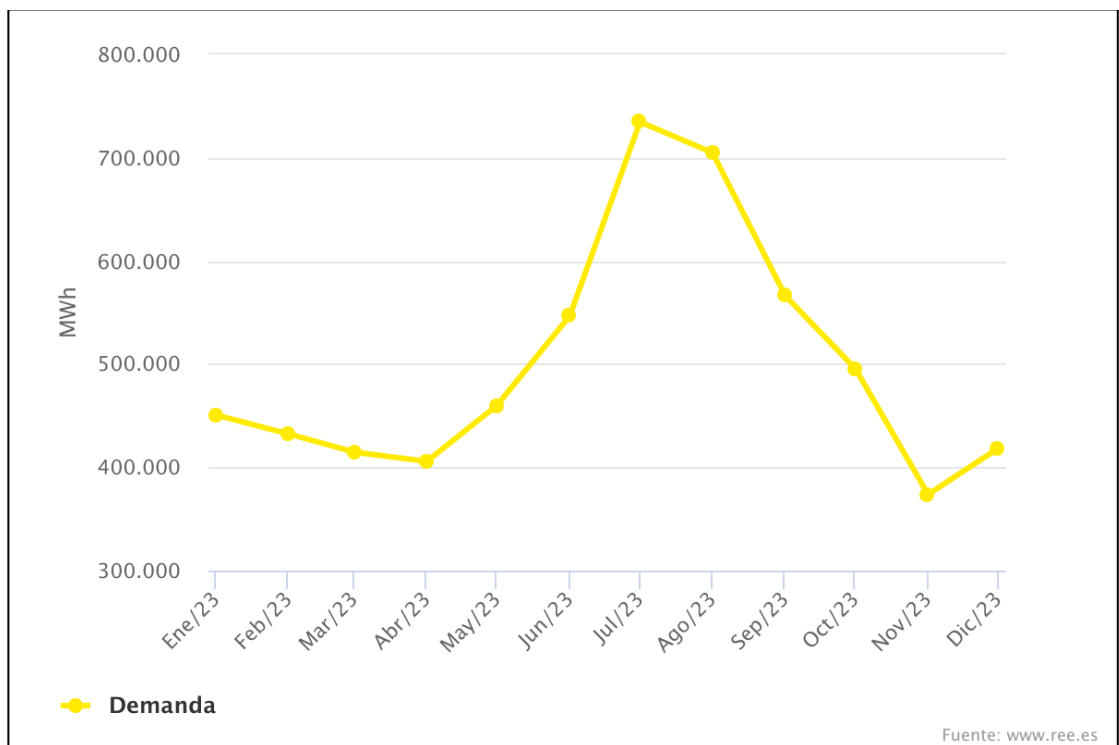


FIGURA 3. Gràfic de la demanda elèctrica mensual del 2023 a les Illes Balears (Red Eléctrica de España)

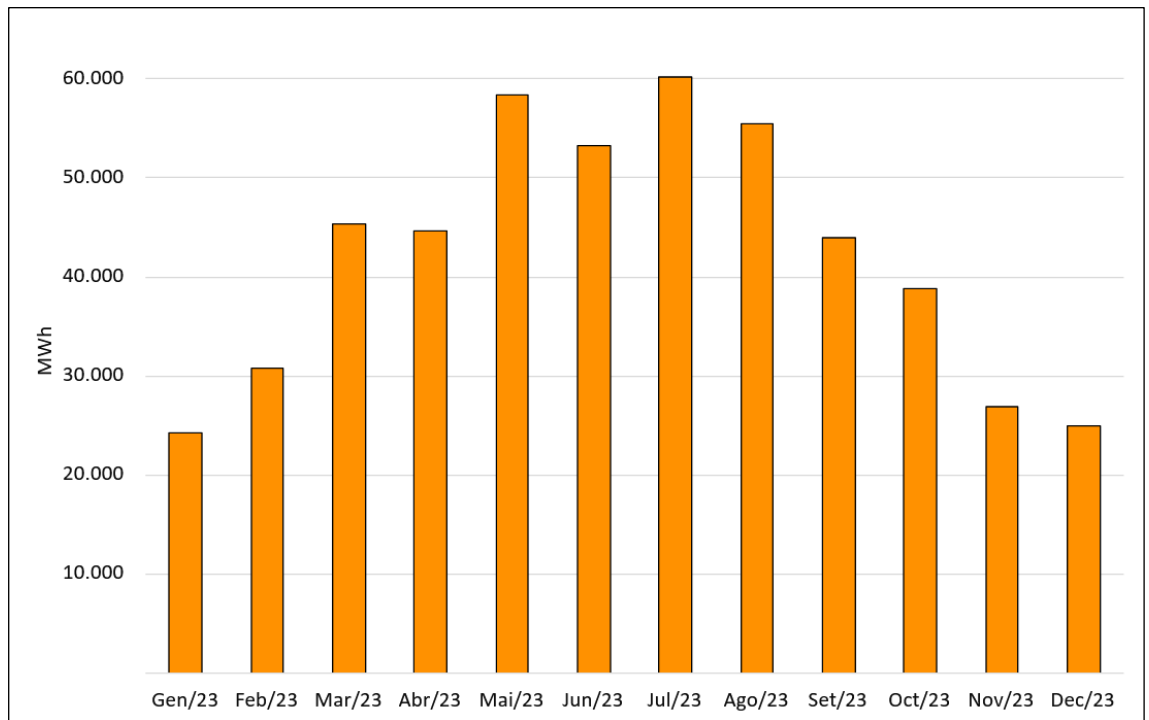


FIGURA 4. Gràfic de la generació fotovoltaica mensual del 2024 a les Illes Balears (Red Eléctrica de España)

En el context de l'emmagatzematge d'energia solar excedentària a la xarxa elèctrica balear, tant l'hidrogen com les bateries d'ions de liti presenten avantatges i desavantatges, depenent de la durada de l'emmagatzematge requerit i l'eficiència general del sistema. La selecció entre aquestes tecnologies ha de considerar aspectes clau com l'eficiència energètica, els cicles de producció d'energia renovable i els requisits específics d'emmagatzematge estacional i de curta durada.

L'emmagatzematge a curt termini és essencial per gestionar la variabilitat diària de la producció solar. Així, l'excés d'energia generada durant el dia es pot emmagatzemar per al seu ús nocturn, la qual cosa optimitza la utilització de l'energia renovable i millora l'estabilitat de la xarxa.

Les bateries d'ions de liti s'han posicionat com una opció prometedora per a l'emmagatzematge a nivell de xarxa, especialment a curt termini, gràcies a la seva capacitat de proporcionar energia quasi immediatament i als seus costos, que han disminuït notablement, la qual cosa les fa una opció competitiva per a l'emmagatzematge d'energia.

Però les bateries no són idònies per a l'emmagatzematge estacional, ja que tendeixen a autodescarregar-se i la seva densitat energètica és molt menor que la de l'hidrogen. En canvi, l'hidrogen ofereix múltiples avantatges per a



l'emmagatzematge estacional, ja que es pot emmagatzemar durant llargs períodes sense perdre capacitat i té una gran densitat energètica; això permet emmagatzemar una gran quantitat d'energia en una massa reduïda.

D'aquesta manera, a la primavera l'excés d'energia solar pot utilitzar-se per produir hidrogen mitjançant electròlisi, el qual es pot emmagatzemar per ser aprofitat durant l'hivern, quan la producció d'hidrogen sigui insuficient. Això permet equilibrar la variabilitat estacional i reduir la dependència de fonts d'energia fòssils.

En canvi, l'hidrogen no és ideal per a l'emmagatzematge a curt termini a causa de la seva baixa eficiència energètica i els seus temps de resposta més lents. Les bateries són més adequades per a aquesta finalitat, ja que ofereixen una alta eficiència, una resposta ràpida i uns costos més reduïts.

## 8. Potencial de producció

L'equip d'investigació de la UIB ha fet les projeccions de generació d'energia fotovoltaica amb l'objectiu de determinar la producció potencial d'hidrogen a partir d'excedents d'energia solar a la xarxa elèctrica. L'estimació per la generació fotovoltaica a les Illes Balears fins el 2050 s'ha fet mitjançant una projecció lineal a partir de la potència instal·lada el 2022 i l'objectiu establert pel Govern de les Illes Balears d'1,1 GW de potència renovable instal·lada per al 2030; arribant d'aquesta manera fins als 3,1 GW el 2050.

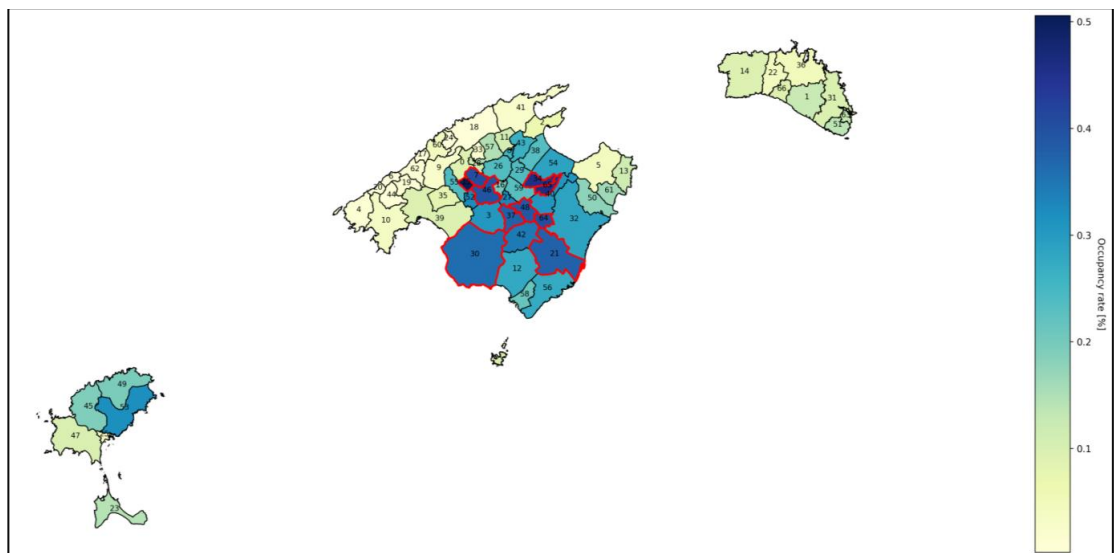


FIGURA 5. Mapa del percentatge de la superfície ocupada per instal·lacions fotovoltaïques el 2030 per municipis (Vidal & Canals, 2024)



El desplegament fotovoltaic a les Illes Balears per al 2030 estarà liderat per Mallorca, on es destinaran 7,29 km<sup>2</sup> a instal·lacions fotovoltaïques, equivalent al 0,2 % de la superfície de l'illa. Aquestes instal·lacions es concentraran als municipis de les comarques d'es Pla, Migjorn i Raiguer.

A les Pitiüses, la implantació es focalitzarà al nord d'Eivissa, a municipis com Santa Eulària des Riu, Sant Joan de Labritja i Sant Antoni de Portmany, amb 1,24 km<sup>2</sup> destinats a instal·lacions fotovoltaïques, cosa que representa el 0,19 % de la superfície total de les illes. A Eivissa, aquesta proporció serà del 0,2 %, mentre que a Formentera serà del 0,14 %.

A Menorca, el desplegament serà més limitat a causa de la menor disponibilitat de terrenys aptes i una demanda elèctrica inferior. La superfície total destinada serà de 0,6 km<sup>2</sup>, que suposa el 0,09 % de la superfície de l'illa.

Per tant, la major part de les instal·lacions se situaran al centre i al sud de Mallorca, zones amb més potencial per generar excedents elèctrics, posicionant-les com a estratègiques per a la producció d'hidrogen a partir d'energia solar.

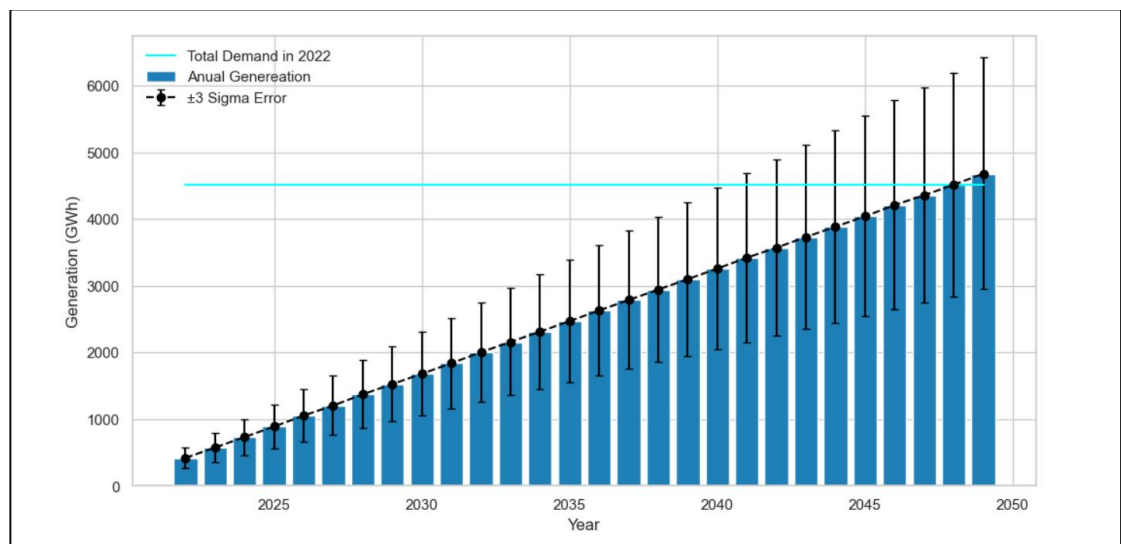


FIGURA 6. Gràfic de la evolució de la generació fotovoltaica anual a les Illes Balears (Vidal & Canals, 2024)

Analitzant l'evolució de la generació horària fotovoltaica i la demanda elèctrica horària, a partir del 2027 es podrien començar a produir excedents d'energia solar durant algunes hores del dia, especialment en dies de forta insolació i baixa demanda. Aquest fenomen esdevindrà més comú, encara que no es donaran excedents significatius fins el 2035.

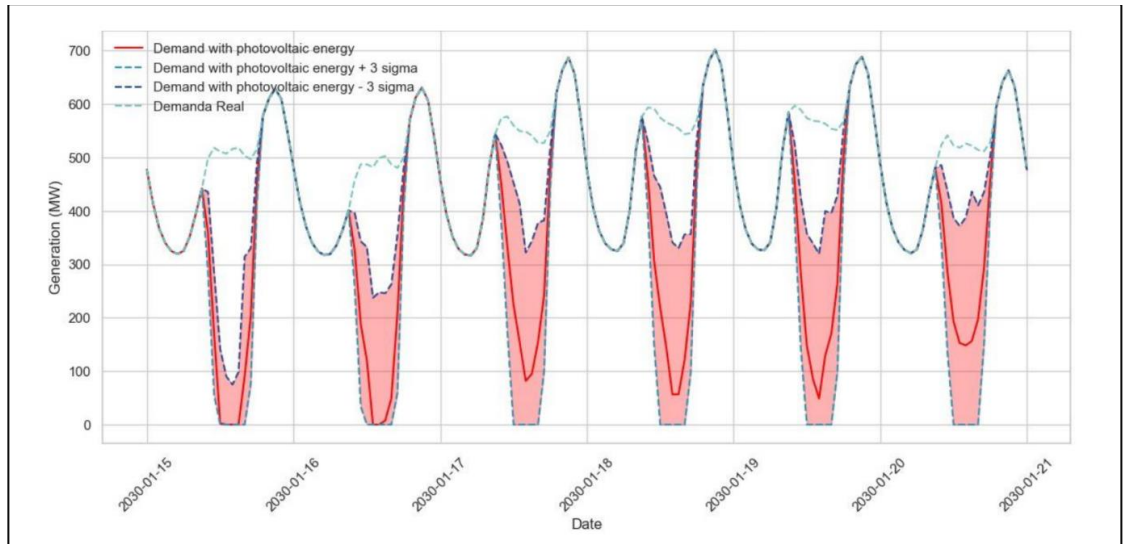


FIGURA 7. Gràfic de la generació fotovoltaica i la demanda horària en 2030 (Vidal & Canals, 2024)

L'hidrogen verd, que es planteja com una solució clau per aprofitar els excedents d'energia derivats de l'augment de la producció fotovoltaica que no poden ser absorbits per la demanda elèctrica i evitar que es malbarati energia. Així, quan hi hagi excedents de producció solar, aquests es podran utilitzar per produir hidrogen mitjançant l'electròlisi per ser utilitzat com a vector energètic i descarbonitzar sectors de difícil electrificació, com el transport terrestre pesant, el transport marítim o altres aplicacions energètiques.

D'aquesta manera, per a l'any 2030, es donarien 1.059 hores amb excedents a la xarxa elèctrica, la qual cosa possibilitaria una producció de 1.570 tones. Amb el temps, tot i que el nombre d'hores amb excedents es mantindria entorn de les 3.200 hores anuals, amb una major generació fotovoltaica durant el dia, la producció d'hidrogen hauria de créixer dins aquest mateix interval; així doncs, tant la capacitat de producció com la xarxa de distribució d'hidrogen necessitarien ser ampliades.

Si tota la producció d'hidrogen verd a partir d'excedents es destinàs a descarbonitzar la flota total d'autobusos, s'assoliria la descarbonització d'un 11,7 % de la flota el 2030. Es preveu que per al 2040 el 100 % de la flota podria funcionar amb hidrogen, gràcies a una producció de 13.677 tones anuals.

Cal destacar que la producció d'hidrogen variaria al llarg de l'any. La primavera seria el moment amb major potencial de producció, degut a la baixa demanda energètica coincidint amb la major producció fotovoltaica d'aquesta època. En canvi, a l'estiu, tot i la major producció solar, l'increment de la demanda elèctrica, principalment per l'activitat turística, limitaria la producció d'hidrogen.

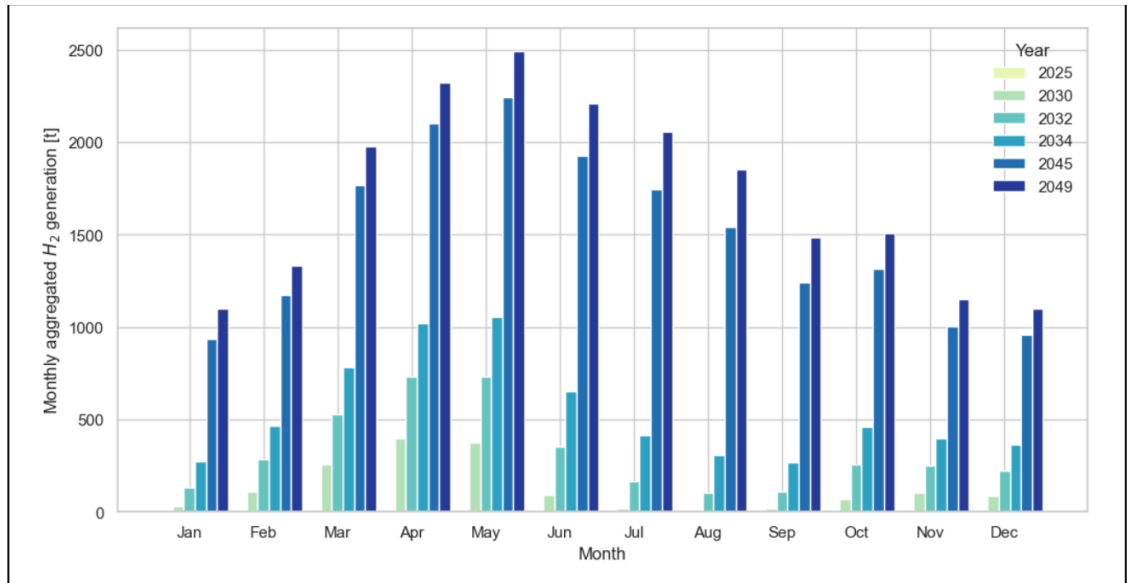


FIGURA 8. Gràfic de la evolució de la generació mensual d'hidrogen de 2025 a 2049 (Vidal & Canals, 2024)

## 9. Impacte de l'augment de la potència d'interconnexió elèctrica amb la Península en la producció d'hidrogen verd

El 2026 està prevista l'entrada en funcionament de la segona interconnexió elèctrica entre la Península Ibèrica i les Illes Balears, que duplicarà la capacitat de connexió amb 400 MW addicionals. Aquesta infraestructura permetrà cobrir el 65 % de la demanda elèctrica anual de les illes amb energia importada de la Península.

L'increment de l'electricitat importada reduirà la dependència dels combustibles fòssils i augmentarà la disponibilitat d'energia al sistema balear, la qual cosa afavorirà la producció d'hidrogen verd. Això serà possible perquè es podran alliberar excedents d'energia solar local que, en lloc de ser emmagatzemats per regular la xarxa, es destinaran a la producció d'hidrogen verd durant els moments de màxima generació solar.

A més, la interconnexió permetrà importar energia renovable de la Península, com l'energia eòlica i hidroelèctrica, cosa que obrirà la possibilitat per produir hidrogen durant la nit o en períodes de baixa generació local. Aquest subministrament addicional permetrà ajustar la producció d'hidrogen segons les tarifes elèctriques, utilitzant l'energia més econòmica i reduir els períodes d'inactivitat dels equips de producció. D'aquesta manera, s'augmentarà l'eficiència i la productivitat del procés de producció d'hidrogen, es reduiran els costos i millorarà la rendibilitat del projecte.



## 10. Previsions de consum d'hidrogen per sector

En aquest apartat s'analitzen les previsions de consum d'hidrogen per a cadascuna de les possibles aplicacions a les Illes Balears i l'evolució temporal, des de 2025 fins a 2050, amb l'elaboració de tres escenaris segons el nivell d'adopció de la tecnologia de l'hidrogen a l'arxipèlag: baix, mitjà i alt.

Al gràfic següent es compara el consum previst d'hidrogen per sectors segons el nivell d'adopció tecnològica a les Illes Balears, juntament amb el potencial de producció local sense importacions.

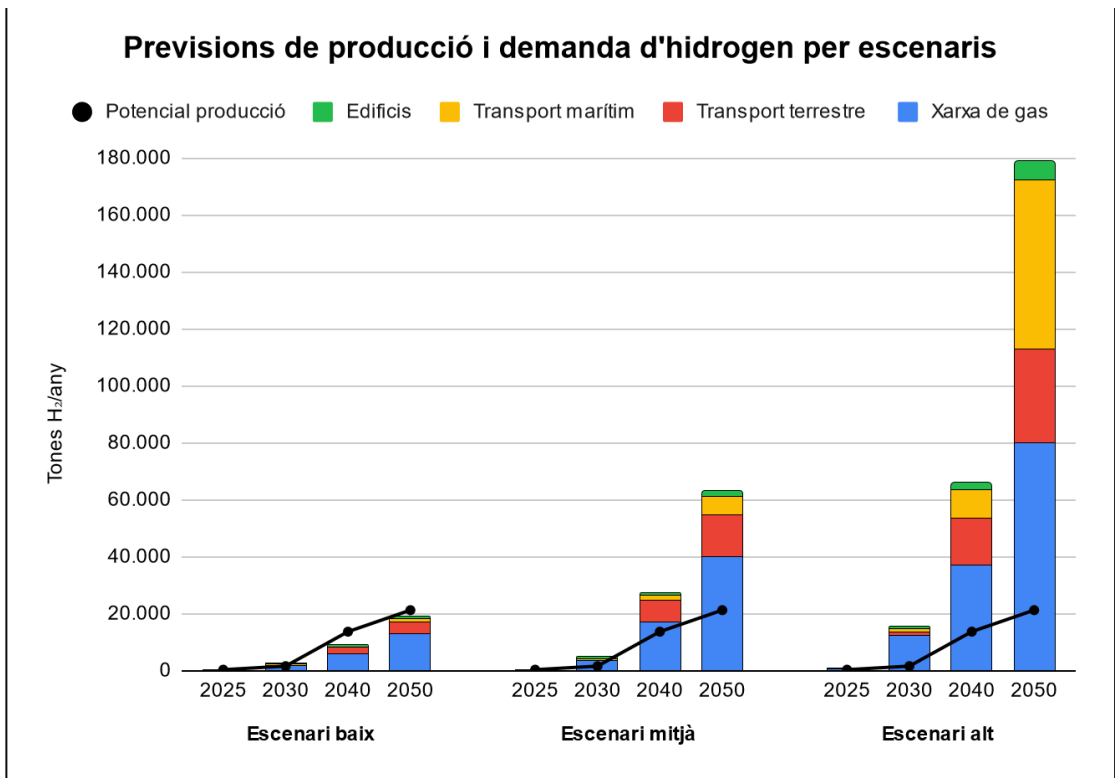


FIGURA 9. Previsió de la demanda d'hidrogen per escenaris i potencial de producció sense importacions

L'escenari de baixa demanda preveu un ús limitat de l'hidrogen, principalment en la xarxa de gas i el transport terrestre, amb un creixement gradual en el temps, cosa que permetria que la producció local d'hidrogen cobrís la demanda projectada fins al 2040 i 2050.

En l'escenari mitjà s'assumeix una major expansió de l'hidrogen en diversos sectors, amb un augment de la demanda que requereix una major producció. En aquest escenari s'arribaria a un nivell en què, per al 2050, només es podria cobrir la demanda esperada del transport terrestre i marítim.



L'escenari alt representa el màxim ús projectat, amb una alta demanda en la xarxa de gas i el transport marítim, incloent fins a 50 ferris propulsats amb amoníac. En aquest cas la producció local d'hidrogen no seria suficient per cobrir la demanda dels principals sectors el 2050.

En tots els escenaris analitzats, el principal consumidor d'hidrogen és el *blending* en la xarxa de gas, seguit pel transport terrestre, el transport marítim i les aplicacions en edificis. La producció local d'hidrogen projectada a les Illes Balears no arriba a cobrir els escenaris mitjà i alt, i només és suficient únicament en l'escenari baix, excepte el 2030, quan no es podria cobrir la demanda en cap dels casos plantejats. Això posa de manifest la necessitat d'augmentar la instal·lació de potència fotovoltaica per satisfer les necessitats de demanda futura o, alternativament, de cobrir part de la demanda a través d'importacions d'hidrogen.

### **10.1. Previsions de consum d'hidrogen per sectors amb importacions**

Aquest apartat presenta una previsió del consum d'hidrogen considerant la possibilitat d'importar hidrogen des de la Península Ibèrica a través del gasoducte Dènia – Eivissa - Mallorca, mesclant l'hidrogen amb el gas natural a l'origen. L'hidrogen importat a través del gasoducte permetria abastir el sector amb major consum, com és la injecció a la xarxa de gas, cosa que facilitaria la distribució de la producció local d'hidrogen a altres usos.

La infraestructura espanyola de transport d'hidrogen prevista per al 2030 inclou la construcció d'un Eix de Llevant, que passa per Dènia, des d'on seria possible connectar i dur a terme la injecció d'hidrogen amb el gasoducte cap a les Illes Balears.



FIGURA 10. Mapa de la infraestructura española de transporte d'hidrogen prevista per al 2030 (Enagás).

A continuació, es presenten les previsions de consum d'hidrogen per a cadascuna de les aplicacions i l'evolució temporal, amb l'elaboració de tres escenaris segons el nivell d'adopció de la tecnologia de l'hidrogen a l'arxipèlag: baix, mitjà i alt. En aquest cas s'afegeix al potencial de producció local les importacions d'hidrogen necessàries per cobrir la demanda projectada de la xarxa de gas.

En els gràfics que es mostren a continuació, es representa el consum previst per sectors segons el nivell d'adopció de la tecnologia de l'hidrogen i la comparació amb el potencial de producció local, afegint-hi les possibles importacions d'hidrogen.

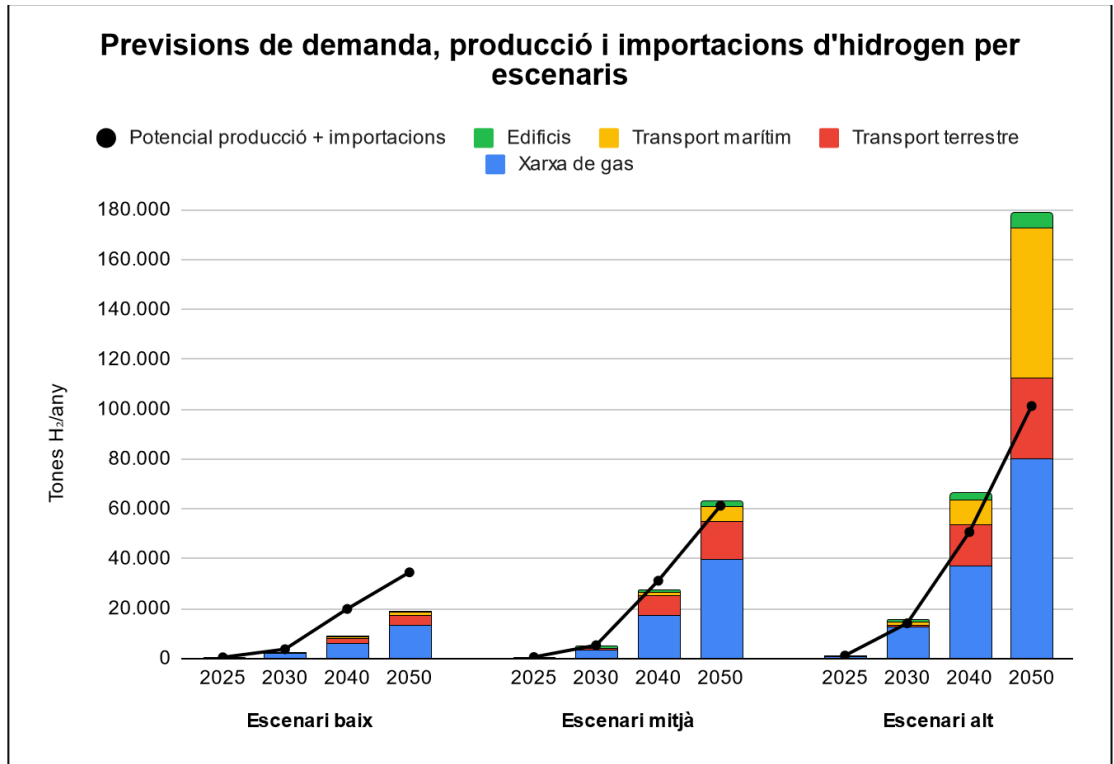


FIGURA 11. Previsió de la demanda d'hidrogen per escenaris i potencial de producció amb importacions

S'observa que, quan s'incorporen importacions d'hidrogen, la quantitat d'hidrogen disponible a les illes augmenta considerablement en els tres casos plantejats.

Davant d'un escenari de baixa incorporació d'hidrogen, no seria necessari dur a terme importacions, ja que es superaria àmpliament la demanda total i la producció local seria suficient per cobrir el consum en aquest escenari.

Per a l'escenari mitjà, a diferència de la previsió sense importacions, gràcies a les importacions des de la Península, la quantitat d'hidrogen disponible permetria cobrir el total dels requeriments d'hidrogen per aquests nivells de demanda.

Tot i que en l'escenari mitjà es pugui cobrir la totalitat de la demanda mitjançant producció local i importacions, degut a les fluctuacions estacionals en la producció d'hidrogen a partir de fotovoltaica, part de l'hidrogen produït a les Illes Balears durant les èpoques de l'any amb més excedents haurà de ser emmagatzemat per poder utilitzar-lo en els períodes de menor producció solar.

Malgrat l'increment en la disponibilitat d'hidrogen, en l'escenari de màxim consum, l'hidrogen disponible no seria suficient per cobrir la demanda total esperada. El gràfic de la figura 12 mostra quina proporció de l'hidrogen que es consumiria en cada escenari seria produïda localment a les Illes Balears i quina



proporció podria ser importada per cobrir la demanda d'hidrogen injectat a la xarxa de gas balear.

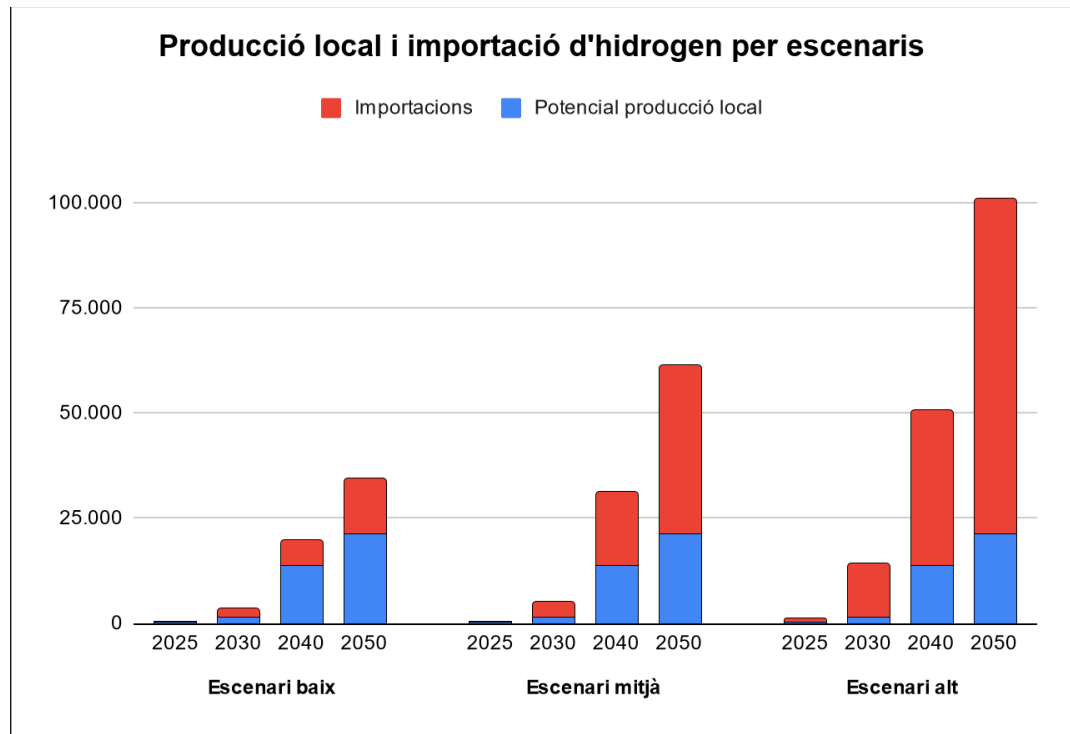


FIGURA 12. Previsió de la producció local i les importacions d'hidrogen per escenaris

Aquest gràfic mostra quina proporció de l'hidrogen disponible en cada escenari seria produïda localment a les Illes Balears i la proporció que hauria de ser importada per cobrir la demanda d'hidrogen injectat a la xarxa de gas.

En l'escenari baix, s'observa que la producció local cobreix una part significativa de la demanda durant els primers anys i, a partir del 2040, les importacions podrien augmentar amb l'increment de la demanda de la xarxa de gas. No obstant això, aquestes importacions serien prescindibles, ja que la producció local seria suficient per cobrir el total de la demanda per a aquest nivell d'adopció. En els escenaris de demanda mitjana i alta, la producció local resulta clarament insuficient des de l'inici, a causa de l'elevada demanda de la xarxa de gas, i l'hidrogen importat representa la major part del consum total.

## 11. Potència d'electrolitzadors requerida

Per assolir el potencial de producció segons els objectius de potència renovable instal·lada, caldria augmentar la potència d'electrolitzadors a 12 MW per al 2030, un increment del 60 % respecte a la planta de Lloseta en la seva futura fase ampliada de 7,5 MW. Per al 2040, es necessitarien 103 MW, i per al 2050, es



requeririen 159 MW per produir 21.230 tones d'hidrogen anuals, equivalents a 21 plantes de 7,5 MW.

<i>Any</i>	<i>Potencial de producció</i>	<i>Electrolitzador (MW)</i>	<i>Plantes productores necessàries 7,5 MW</i>
2025	330	2,5	0,3
2030	1.571	11,8	1,6
2040	13.677	102,6	13,7
2050	21.230	159,2	21,2

TAULA 5. Potència i plantes productores de 7,5 MW requerides per assolir el potencial de producció d'hidrogen per anys

<i>Escenari</i>	<i>Any</i>	<i>Plantes necessàries sense importacions</i>	<i>Plantes necessàries amb importacions</i>
Baix	2025	0,2	0,1
	2030	2,5	0,4
	2040	8,8	2,7
	2050	19,0	5,7
Mitjà	2025	0,3	0,1
	2030	4,6	0,9
	2040	27,2	9,7
	2050	63,1	23,1
Alt	2025	1,0	0,2
	2030	15,7	3,2
	2040	66,1	29,1
	2050	178,8	98,8

TAULA 6. Plantes productores de 7,5 MW requerides per cobrir la demanda potencial d'hidrogen per escenaris

La taula 6 mostra el nombre de plantes productores d'hidrogen necessàries per satisfer la demanda per als diferents escenaris i amb dues opcions: amb importacions i sense importacions d'hidrogen. Això permet comparar com la necessitat de plantes pot variar depenent de la capacitat d'importació d'hidrogen des de fora de les Illes Balears.

En l'escenari de demanda baixa, el nombre de plantes requerides és reduït. Per exemple, l'any 2050, sense importacions, es necessitarien 19 plantes, mentre que amb importacions la necessitat es redueix a 6 plantes.



En l'escenari mitjà, el nombre de plantes necessàries augmenta significativament. L'any 2050, es requeririen fins a 63 plantes sense importacions o 23 plantes amb suport d'importacions.

Per a l'escenari de demanda alta, la infraestructura necessària és més extensa. Per al 2050, sense importacions es requeririen 179 plantes. Amb importacions, la xifra es redueix a 99 plantes per cobrir la demanda màxima projectada.

Aquests escenaris mostren que les importacions d'hidrogen tenen la capacitat de reduir significativament el nombre de plantes necessàries per cobrir la demanda esperada, especialment en els escenaris de demanda mitjana i alta.

## 12. Consum d'aigua

La producció d'hidrogen té impactes ambientals rellevants, com el consum d'aigua. Per obtenir 1 kg d'hidrogen es necessiten 13,6 litres d'aigua. A escala industrial, això podria generar tensions en zones amb escassetat hídrica, com les Illes Balears. Es preveu que la planta de Lloseta consumeixi uns 4.500 m<sup>3</sup> anuals per produir 330 t d'hidrogen, xifra molt inferior als 36.354 m<sup>3</sup> autoritzats a l'antiga cimentera. Per al 2030, amb 1.571 t d'hidrogen, el consum seria de 21.400 m<sup>3</sup>, i per al 2050, amb 289.500 m<sup>3</sup>, la qual cosa representaria un 0,26 % del consum total d'aigua a les Balears el 2022. El consum d'aigua de la planta de Lloseta al 2025 seria similar al de centrals de producció d'energia elèctrica com Cas Tresorer o Maó, i per al 2050 doblaria el de Son Reus.

Sector		Consum d'aigua (milers de m <sup>3</sup> )	% sobre el total subministrat
Xarxa pública	Total d'aigua subministrada	110.449	100
	Pèrdues d'aigua	24.947	22,6
	Producció d'aigua dessalinitzada	27.160	24,6
Centrals tèrmiques	Central de cicle combinat Cas Tresorer	5,05	0,005
	Central de cicle combinat Son Reus	135,5	0,12
	Central tèrmica d'Eivissa	37,5	0,03
	Central tèrmica de Maó	3,9	0,004
	Central tèrmica de Formentera	0,047	0,00004
Producció d'hidrogen	Planta d'hidrogen de Lloseta (2025)	4,5	0,004
	Previsió de producció d'hidrogen (2030)	21,4	0,019



	Previsió de producció d'hidrogen (2050)	289,5	0,26
--	---	-------	------

TAULA 7. Comparació del volum d'aigua subministrat per grans grups d'usuaris el 2022, el consum anual de les principals instal·lacions de generació elèctrica a les Illes Balears el 2022 i el consum d'aigua anual per a la producció d'hidrogen

En comparació, el 2022 es van produir 27 hm<sup>3</sup> d'aigua dessalinitzada a les Illes Balears, el 25 % del subministrament total. Per cobrir la demanda hídrica de l'hidrogen del 2050, caldria augmentar un 1 % la producció d'aigua dessalada respecte al 2022.

Per reduir la dependència de la dessalinització o dels pous, en un futur es podria utilitzar aigua depurada tractada amb processos com la desionització o l'osmosi inversa per complir els requisits de puresa de l'aigua. No obstant això, aquesta opció requereix superar reptes tècnics i de costos vinculats al tractament i a la infraestructura necessària.

### 13. Anàlisi DAFO del desenvolupament de l'hidrogen a les Illes Balears

Debilitats:

- *Manca de coneixements tècnics:* la tecnologia de l'hidrogen verd, especialment en l'emmagatzematge, el transport i l'ús, és poc coneguda en l'àmbit empresarial regional, fet que en pot dificultar-ne la implantació.
- *Infraestructura insuficient de recàrrega:* no hi ha una xarxa d'hidrogeneres per a vehicles i aquest fet en limita l'ús per al sector de transport. Només existeix infraestructura per als 5 autobusos d'hidrogen de l'EMT.
- *Infraestructura de transport poc desenvolupat:* l'únic hidroducte connecta la planta de Lloseta amb el punt d'injecció a la xarxa de gas a Cas Tresorer. Serà necessari ampliar hidroductes i augmentar el nombre de camions de transport d'hidrogen a mesura que augmenti la producció i el consum.
- *Requisits de purificació d'aigua:* la producció d'hidrogen requereix aigua purificada, fet que comporta infraestructures addicionals i un increment dels costos operatius.
- *Preu elevat de l'hidrogen verd:* és menys competitiu que l'hidrogen produït a partir de combustibles fòssils a causa dels costos d'infraestructura, la manca de cadena de subministrament madura i l'absència d'economies d'escala. Això dificulta la seva adopció a gran escala a curt i mitjà termini.



- *Competència en l'ús d'excedents:* part dels excedents solars que es podrien usar per produir hidrogen es podrien destinar a bateries per estabilitzar la xarxa durant les hores sense radiació solar, fet que reduiria la disponibilitat d'energia per generar hidrogen.
- *Absència d'infraestructura per a amoníac i metanol verd:* tot i ser opcions clau per descarbonitzar el transport marítim, no hi ha instal·lacions a les Illes Balears per produir aquests combustibles a partir d'hidrogen.

#### Amenaces:

- *Desafiaments en la integració:* per assolir els nivells de producció potencial serà necessari desplegar noves plantes d'hidrogen distribuïdes per tot el territori balear, pròximes als centres de producció d'energies renovables. Aquesta integració amb la xarxa de transport i consumidors pot suposar un repte logístic important.
- *Costos del transport:* la creació d'una xarxa d'hidroductes per distribuir l'hidrogen entre els centres productors i els consumidors és essencial per millorar l'eficiència i reduir costos. En absència d'hidroductes, s'haurien d'utilitzar camions, una opció menys eficient que pot afectar la competitivitat del combustible.
- *Dependència de l'augment de potència renovable:* escalar la producció d'hidrogen verd requereix incrementar la capacitat de generació renovable a les Illes Balears. Això pot ser un repte si la instal·lació de noves plantes fotovoltaïques s'alenteix per factors com l'oposició ciutadana, sovint basada en percepcions errònies sobre els seus impactes.
- *Alt cost dels vehicles d'hidrogen:* els vehicles de cel·les de combustible, com autobusos i camions, tenen un cost d'adquisició elevat, fet que pot limitar la inversió per part d'empreses i administracions públiques en aquest tipus de tecnologies.
- *Consum d'aigua:* la producció d'hidrogen requereix aigua purificada, un recurs limitat a les Illes Balears, especialment a l'estiu. Això pot generar impactes ambientals i oposició ciutadana, i dificultar la construcció de noves plantes d'hidrogen.
- *Competència amb altres solucions de descarbonització:* tecnologies com les bateries d'ió de liti i la mobilitat elèctrica per transport de càrrega mitjana estan guanyant terreny pel seu menor cost, major infraestructura de recàrrega i eficiència. A més, en sectors com la calefacció urbana, opcions



com les bombes de calor són alternatives més consolidades, eficients i menys complexes tècnicament. Aquesta competència pot limitar el creixement de l'hidrogen en sectors clau.

- *Dependència d'importacions d'hidrogen:* per satisfer la futura demanda d'hidrogen de tots els sectors, caldrà dependre de les importacions des de la Península, la qual cosa limita l'autonomia energètica de les Illes. A més, la importació d'hidrogen des de la Península a través del gasoducte pot ser vulnerable a factors externs i afectar la seguretat del subministrament a les Illes.

Fortaleses:

- *Infraestructura de gas existent:* Mallorca i Eivissa ja disposen d'una xarxa de gas que es pot adaptar per integrar hidrogen verd, el que facilitaria la transició cap a l'hidrogen aprofitant els actius existents.
- *Potencial renovable:* l'alta radiació solar de les Illes Balears, especialment a l'estiu i primavera, situa l'arxipèlag en una posició favorable per a la producció d'hidrogen a partir d'energia fotovoltaica, aprofitant la proximitat als centres de producció d'energia renovable.
- *Projecte pilot a Lloseta:* el projecte Green Hysland ha generat interès empresarial i ha permès diversificar l'ús de l'hidrogen en diversos sectors. A més, proporciona experiència pràctica i coneixements tècnics essencials per al desenvolupament d'un ecosistema d'hidrogen.
- *Descarbonització de sectors difícils d'electrificar:* l'hidrogen verd pot descarbonitzar sectors clau per a l'economia balear com el transport de càrrega pesant i el marítim, reduint una part important de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.
- *Aprofitament d'excedents fotovoltaics:* la transició cap a l'hidrogen permetria aprofitar l'energia fotovoltaica sobrant en les hores de menor demanda elèctrica, la qual cosa optimitzaria la gestió de la xarxa i maximitzaria l'ús de recursos renovables locals.
- *Reducció de la dependència de combustibles fòssils:* l'hidrogen verd, produït a partir d'energia solar local, reduiria la importació de combustibles fòssils, enfortiria l'autonomia energètica de les Illes Balears, i disminuiria la seva vulnerabilitat a fluctuacions en els preus o interrupcions en el subministrament.



- *Proximitat dels consumidors als centres de producció:* la geografia insular de les Illes Balears facilita un transport d'hidrogen eficient i econòmic, la qual cosa n'optimitza la logística i millora la viabilitat de l'hidrogen a la regió.

#### Oportunitats:

- *Generació d'ocupació i desenvolupament econòmic:* el desenvolupament d'una indústria de l'hidrogen crearà noves oportunitats laborals, incloent-hi llocs de treball en la construcció, operació i manteniment de plantes d'hidrogen, i en la distribució i els usos finals. Això compensarà la pèrdua de llocs de feina pel tancament d'infraestructures vinculades als combustibles fòssils. A més, la innovació tecnològica atraurà inversions i fomentarà la diversificació industrial, la qual cosa reforçarà l'economia local.
- *Expansió del mercat de l'hidrogen:* la diversitat de projectes proposats per utilitzar l'hidrogen com a combustible ofereix un ampli ventall d'aplicacions i demanda potencial, el que permetrà maximitzar els nivells de producció a les Illes.
- *Economies d'escala:* amb l'augment de la producció i el desenvolupament de la cadena de valor, es poden aconseguir economies d'escala que permetin obtenir preus més competitius enfront d'altres fonts d'energia.
- *Finançament per al desenvolupament de l'hidrogen:* els plans europeus, nacionals i regionals per a la transició energètica impulsen un augment del suport financer per a projectes d'hidrogen verd. Els fons de recuperació europeus i nacionals també destinen recursos importants per fomentar la investigació i la implementació de tecnologies d'hidrogen.
- *Possibilitat d'importar hidrogen:* el gasoducte existent entre la Península Ibèrica i les Illes Balears permet utilitzar aquesta infraestructura per importar hidrogen mesclat amb gas natural, la qual cosa facilitarà el subministrament al *blending* a la xarxa de gas, el major consumidor d'hidrogen, i augmentarà la disponibilitat d'hidrogen a les Illes.
- *Avanços tecnològics:* les perspectives d'avanços en la reducció dels costos de producció i emmagatzematge, la millora de l'eficiència dels electrolitzadors i les innovacions en el transport augmenten la viabilitat tècnica i econòmica de l'hidrogen verd com a combustible. Aquest fet en facilita l'adopció a gran escala.
- *Desenvolupament d'infraestructura de proveïment de combustible:* el desplegament d'una infraestructura integral de proveïment de combustible



per a vehicles de càrrega pesant i transport públic serà clau per afavorir l'adopció de tecnologies d'hidrogen, amb la millora de l'accessibilitat i l'impuls del mercat de l'hidrogen.

- *Demanda emergent*: el projecte Green Hysland ha generat una demanda inicial d'hidrogen a la regió, amb la planta de producció de Lloseta, el que ha afavorit la viabilitat econòmica de noves infraestructures.
- *Posicionar les Illes Balears com a líder en l'ús de l'hidrogen*: desenvolupar un ecosistema d'hidrogen a les Illes Balears posicionarà la regió com a pionera en aquest àmbit. El projecte Green Hysland és especialment important perquè és el primer d'hidrogen verd en una illa mediterrània, amb l'objectiu de replicar-lo a altres illes d'Europa.
- *Nova interconnexió elèctrica*: la construcció d'un segon cable submarí amb la Península Ibèrica el 2026 incrementarà la disponibilitat energètica a les Illes Balears, i augmentarà el potencial de producció d'hidrogen a partir d'excedents renovables.

#### **14. Conclusió**

L'hidrogen verd ofereix una oportunitat clau per avançar en la transició energètica de les Illes Balears. Aquesta tecnologia permet descarbonitzar sectors en els quals l'electrificació directa és inviable, com el transport pesant i marítim, reduir la dependència dels combustibles fòssils, diversificar l'economia i posicionar l'arxipèlag com un referent en sostenibilitat i innovació. A més, la producció d'hidrogen permet aprofitar els excedents d'energia solar generats durant les hores de baixa demanda, fet que maximitza l'ús dels recursos renovables i millora la gestió de la xarxa elèctrica.

Les Illes Balears compten amb condicions favorables per integrar l'hidrogen a l'economia local. Un clar exemple és l'actual infraestructura gasista, que es pot adaptar per utilitzar hidrogen mitjançant *blending*, el que reduiria així els costos inicials i n'acceleraria la implementació. Paral·lelament, la nova interconnexió elèctrica amb la Península garantirà un subministrament més estable d'energia renovable, farà possible una operació més contínua dels electrolitzadors i en reduirà els costos.

A més, la connexió amb Dènia mitjançant un gasoducte ofereix una oportunitat única: la possibilitat d'importar hidrogen produït a la Península Ibèrica, injectat a través del gasoducte, per cobrir la demanda d'hidrogen de la xarxa de gas de les illes i reservar la producció local per a sectors crítics com el transport.



El projecte pilot Green Hysland, amb la planta d'hidrogen de Lloseta, ha estat un pas decisiu. Aquest projecte ha generat una primera demanda d'hidrogen, ha desenvolupat infraestructures i ha proporcionat experiència pràctica a les empreses locals. També ha demostrat la viabilitat d'aquesta tecnologia i ha establert les bases per crear un ecosistema d'hidrogen a gran escala, preparant el camí per a futurs desenvolupaments en aquesta direcció.

El desplegament a gran escala de l'hidrogen verd a les Illes Balears fa front a desafiaments tècnics, logístics i econòmics que requereixen una estratègia clara per garantir la seva integració efectiva en l'economia insular.

Actualment, la infraestructura és insuficient, i seria necessari incrementar significativament la capacitat de producció per satisfer les previsions de demanda. Aquest creixement està estretament vinculat a l'expansió de la capacitat de generació d'energia renovable. Per exemple, l'estancament en el nombre d'hores anuals amb excedents fotovoltaics (fins a un màxim de 3.200 hores solars) evidencia la necessitat d'electrolitzadors més potents i d'una ampliació substancial de la capacitat instal·lada.

Això permetria concentrar la producció dins les hores de radiació solar i aprofitar millor els excedents energètics.

Per al 2050, es calcula que serien necessaris fins a 159 MW de potència instal·lada en electrolitzadors per assolir el potencial de producció, una xifra que equival a construir 21 plantes com la de Lloseta en la seva fase ampliada de 7,5 MW. Sense importar hidrogen, aquesta necessitat augmentaria de manera significativa: per a un escenari intermig d'adopció, caldrien 63 plantes productores per cobrir tota la demanda prevista amb producció local. En canvi, si s'importés hidrogen des de la Península, aquesta xifra es reduiria a 23 plantes.

La xarxa de recàrrega i transport d'hidrogen a les Illes Balears és actualment molt limitada. La manca d'una xarxa d'hidrogeneres restringeix l'ús de vehicles d'hidrogen a un nombre molt reduït d'unitats. Per això, serà imprescindible desenvolupar una xarxa de càrrega per a vehicles i una xarxa d'hidroductes, complementada amb camions especialitzats, a mesura que creixin els consumidors i la capacitat de producció, garantint així una distribució eficient i fiable del combustible.

D'altra banda, la manca de coneixements tècnics en l'àmbit empresarial és una barrera crítica per desplegar l'hidrogen verd més enllà de la seva producció. La falta d'experiència en l'emmagatzematge, transport i ús de l'hidrogen en dificulta el desenvolupament de la infraestructura i les aplicacions en sectors clau. Per això, és necessari establir programes de formació i transferir el coneixement adquirit en projectes pioners com Green Hysland.



L'alt cost de l'hidrogen verd i les tecnologies associades continua sent una barrera significativa perquè s'adopti. En el sector del transport, el preu elevat dels vehicles d'hidrogen, com els autobusos públics, representa un obstacle addicional. Mentre que un autobús d'hidrogen pot costar al voltant d'un milió d'euros, les alternatives elèctriques o de combustió són molt més econòmiques. Això dificulta la integració de l'hidrogen en flotes públiques i privades sense ajuts econòmics. Per això, serà necessari implementar incentius i promoure la inversió tecnològica per reduir costos i millorar-ne la competitivitat.

En les primeres etapes, la xarxa de gas pot absorbir tota la producció d'hidrogen, consolidant-se com el principal consumidor. Aquesta situació, que es mantindria fins i tot en etapes més avançades, quan s'incrementin els nivells de producció i es diversifiquin les aplicacions, representa un avantatge a curt termini. Comptar amb un consumidor rellevant com la xarxa de gas permet maximitzar la producció inicial, assolir economies d'escala i reduir costos en absència de demanda en altres sectors. Tanmateix, mantenir aquesta estratègia a llarg termini podria limitar el potencial de l'hidrogen per desenvolupar un ecosistema diversificat i reduir-ne l'ús a un nombre limitat d'aplicacions. A més, el *blending* d'hidrogen a la xarxa de gas, que consumeix una part significativa de l'hidrogen en tots els escenaris analitzats, aporta beneficis limitats en termes de descarbonització, ja que molts dels usos actuals del gas són electrificables.

Per maximitzar l'impacte de l'hidrogen verd, és essencial prioritzar-ne l'aplicació en funció de l'eficiència energètica i la viabilitat tècnica. Inicialment, l'hidrogen verd s'hauria de destinar a sectors en què l'electrificació no és viable, com el transport pesant, el marítim i certes indústries. Un cop consolidats aquests usos, se'n podrà ampliar l'aplicació a altres sectors menys prioritaris, com el *blending* amb gas natural o els usos residencials.

Tot i les limitacions actuals, l'hidrogen verd té un alt potencial per contribuir a la transició energètica a les Illes Balears. Per assolir aquest potencial, caldrà prioritzar els usos més eficients i crítics, complementar la producció local amb importacions i millorar la infraestructura per augmentar la capacitat de producció, emmagatzematge i transport. L'hidrogen verd és clau per descarbonitzar sectors difícils d'electrificar, com el transport de càrrega pesant i el marítim, que són responsables d'una part important de les emissions de l'arxipèlag. La implementació en aquests sectors suposaria un gran pas endavant per assolir els objectius climàtics i consolidaria l'hidrogen com un element essencial de la transició energètica.

A més, el desenvolupament de la indústria de l'hidrogen verd impulsarà l'economia local. Es crearan llocs de treball en la construcció, operació i



manteniment d'infraestructures d'hidrogen, així com en la distribució i ús final. També es fomentarà la innovació tecnològica, atraient inversions i diversificant l'economia balear. Això ajudarà a compensar possibles pèrdues laborals derivades del tancament d'infraestructures relacionades amb els combustibles fòssils.

## 15. Referències

ENAGÁS (2024). *Infraestructuras de hidrógeno en España*, <https://www.enagas.es/es/transicion-energetica/red-hidrogeno/infraestructuras-hidrogeno-espana/>

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2024). *Demanda*, <https://www.ree.es/es/datos/demanda>

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2024). *Estructura de la generación*, <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion>

VIDAL, J., & CANALS GUINAND, V. J. (2024). *Study of the photovoltaic energy and green hydrogen production potential in Mallorca*, Universitat de les Illes Balears.