



Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

ÍNDEX

1	INTRODUCCIÓ	5
2	OBJECTE DE L'ESTUDI.....	6
3	BLOC 1: ESTUDI COMPARATIU	7
3.1	CASOS MODEL INTERNACIONALS	7
3.2	ANÀLISI DELS CASOS.....	11
3.2.1	DISTRIBUCIÓ PER TECNOLOGIA	11
3.2.2	DISTRIBUCIÓ PER INFRAESTRUCTURA.....	11
3.2.3	DISTRIBUCIÓ PER PAÏSOS	12
3.3	CONCLUSIONS DE L'ESTUDI COMPARATIU	13
4	BLOC 2: MODEL D'IMPLANTACIÓ	14
4.1	TECNOLOGIES DE GENERACIÓ.....	14
4.1.1	GENERACIÓ FOTOVOLTAICA.....	14
4.1.2	GENERACIÓ EÒLICA.....	17
4.1.3	PIEZOELECTRICITAT I ALTRES TECNOLOGIES	17
4.1.4	MODEL DE TECNOLOGIA DE GENERACIÓ D'APLICACIÓ A L'ESTUDI	17
4.2	INFRAESTRUCTURES	18
4.2.1	XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT.....	18
4.2.2	FERROCARRILS	20
4.2.3	CANALS.....	22
4.2.4	EMBASSAMENTS	23
4.2.5	AEROPORTS, PORTS, ZONES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES	26
4.3	MODEL D'IMPLANTACIÓ DE DEL POTENCIAL RENOVABLE.....	26
5	BLOC 3: CÀLCUL DE LA SUPERFÍCIE DISPONIBLE	27
5.1	XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT I FERROCARRILS.....	27
5.1.1	DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UNA AUTOPISTA O AUTOVIA.....	27
5.1.2	DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UN FERROCARRIL	28
5.1.3	ZONES AMB POTENCIAL RENOVABLE I METODOLOGIA DE CÀLCUL	29
5.1.3.1	ANÀLISIS DELS CONDICIONANTS MITJANÇANT MODELS RÀSTER PER A CARRETERES I FERROCARRILS	32
5.1.4	RESULTATS OBTINGUTS PER A LA XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT I FERROCARRILS.....	37
5.2	CANALS	37

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

5.2.1	DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UN CANAL.....	37
5.2.2	ZONES AMB POTENCIAL RENOVABLE I METODOLOGIA DE CÀLCUL: CANALS	38
5.2.3	RESULTATS OBTINGUTS PER ALS CANALS	39
5.3	EMBASSAMENTS	40
5.3.1	DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UN EMBASSAMENT	40
5.3.2	ZONES AMB POTENCIAL RENOVABLE I METODOLOGIA PER A EMBASSAMENTS	41
5.4	AEROPORTS, PORTS, ZONES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES	47
5.4.1	AEROPORTS.....	47
5.4.2	PORTS	48
5.4.3	ZONES LOGÍSTIQUES.....	49
5.4.4	ALTRES INFRAESTRUCTURES	49
5.5	RESUM DE SUPERFÍCIES	50
6	BLOC 4: CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR.....	51
6.1	INFORMACIÓ BASE, RADIACIÓ EN EL CONJUNT TERRITORI DE CATALUNYA I METODOLOGIA DE CÀLCUL DE LA RADIACIÓ EN UNA ÀREA DETERMINADA	51
6.2	CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN CARRETERES I FERROCARRILS.....	53
6.2.1	RADIACIÓ EN SUPERFÍCIE HORITZONTAL	53
6.2.2	INCLINACIÓ MITJANA SEGONS L'ORIENTACIÓ AL SOL	54
6.2.2.1	ANÀLISI DE LES PENDENTS DE EL TERRENY EN GRAUS	54
6.2.3	RADIACIÓ EN SUPERFÍCIE INCLINADA.....	56
6.3	CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN CANALS.....	57
6.4	CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN EMBASSAMENTS.....	58
6.5	CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN AEROPORTS, PORTS, ÀREES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES	59
7	BLOC 5: ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE	61
7.1	ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN CARRETERES I FERROCARRILS	61
7.2	ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN CANALS	62
7.3	ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN EMBASSAMENTS	62
7.4	ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN AEROPORTS, PORTS, ÀREES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES	63
7.5	TOTAL POTENCIA INSTAL·LABLE	64
8	BLOC 6: AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC.....	66
8.1	AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN CARRETERES I FERROCARRILS.....	66

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

8.2	AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN CANALS	67
8.3	AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN EMBASSAMENTS	67
8.4	AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN AEROPORTS, PORTS, AREES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES	67
8.5	RESUM POTENCIAL RENOVABLE	68
9	ANÀLISIS DE LA VIABILITAT I POTENCIAL RENOVABLE A CURT/MIG TERMINI.....	70
9.1	VIABILITAT ECONÒMICA.....	70
9.2	ALTRES ASPECTES QUE AFECTEN LA VIABILITAT	74
9.3	POTENCIAL RENOVABLE DE LES INFRAESTRUCTURES DE CATALUNYA A CURT/MIG TERMINI	75
10	RECULL DE LA REGULACIÓ NORMATIVA.....	76
10.1	XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT	76
10.2	FERROCARRILS.....	77
10.3	CANALS	79
10.4	EMBASSAMENTS	79
11	CONCLUSIONS I RECOMANACIONS	80

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

1 INTRODUCCIÓ

L'emergència climàtica exigeix la transformació del sector de la producció de l'energia, per tal de reduir la dependència dels combustibles fòssils i reduir dràsticament l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle. Tanmateix, si bé la necessitat d'una transició energètica és generalment acceptada, l'aplicació real de les renovables sol topiar amb diverses resistències.

Una de les controvèrsies en la implantació d'energies renovables és l'elevat consum de sòl que requereixen, així com l'impacte paisatgístic que se'n deriva. L'aprofitament de les infraestructures preexistents presenta, entre d'altres, nombroses oportunitats:

- la titularitat pública dels sòls en pot facilitar la gestió, l'impuls i l'execució;
- la millora en la integració paisatgística de les instal·lacions renovables, atès que aquestes s'implantarien en elements ja construïts;
- la viabilitat en la connexió de les instal·lacions a la xarxa.

Alhora, però, existeixen dificultats competencials, tecnològiques i normatives en la implantació d'aquest tipus d'elements en les infraestructures preexistents.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

2 OBJECTE DE L'ESTUDI

L'objecte del present estudi és l'anàlisi del potencial de generació d'energies renovables a la xarxa actual d'infraestructures de Catalunya.

L'estudi té un primer bloc consistent en un estudi comparatiu (benchmarking) a partir de l'anàlisi de casos i projectes concrets internacionals. L'objectiu d'aquest primer bloc és concloure el grau d'implantació de les diverses tecnologies de generació d'energia amb fonts renovables a les infraestructures, així com identificar tendències internacionals en la seva aplicació.

En un segon bloc, l'estudi avalua les diverses tecnologies de generació d'energia amb fonts renovables que són d'aplicació a l'àmbit de les infraestructures. S'hi detallen les infraestructures més rellevants de Catalunya amb l'objectiu de proposar un model d'implantació de tecnologia renovable.

En un tercer bloc, s'avalua la superfície disponible per a les infraestructures catalanes.

En el quart, cinquè i sisè blocs del present document es calcula la radiació, la potència instal·lable i el potencial energètic del model d'implantació proposat, infraestructura a infraestructura.

Finalment, es detallen aspectes referents a la viabilitat del model d'implantació proposat, incloent-hi els econòmics i normatius.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

3 BLOC 1: ESTUDI COMPARATIU

3.1 CASOS MODEL INTERNACIONALS

La gran quantitat de casos model internacionals en l'aplicació de les energies renovables a les infraestructures fa impossible treballar una llista exhaustiva del mateixos. Per aquest motiu, a la següent taula s'ha treballat un llistat suficientment representatiu i divers, tant per tipus d'infraestructures com per tipus de tecnologies renovables, a partir dels quals poder extreure les principals conclusions de l'estudi comparatiu. A l'ANNEX I del present estudi es pot igualment trobar una fitxa descriptiva per a cada projecte de la taula. Cal destacar la presència de casos model en territori català.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Infraestructura	Tecnologia	Ubicació	Títol	Descripció
Xarxa viària Alta Capacitat	FV	França	Carretera solar	A Normandia es va inagurar la primera carretera solar del món amb uns 1000 km coberts amb casi 3000 plaques fotovoltaïques suficient per alimentar una ciutat de uns 5 mil habitants
				Fracàs de la primera carretera solar
		Alemanya	Sostre solar a les autopistes	Possibilitat d'incorporar un sostre solar transparent per a la generació d'energia i aprofitament de l'espai
		EEUU	Projecte Solar 'Serpents in Paradise'	A la carretera de Santa Mónica de Los Angeles hi ha el projecte de construir un sostre solar que recobreixi la carretera i d'aquesta manera es genera energia
		Xina	Carretera solar	A la autopista de Jinan, Shandong s'ha recobert 1 km amb panells solars coberts de plàstic que aguanta la pressió dels cotxes que hi passen.
		Holanda	Panatalles acústiques solars	Instal·lació de pantalles acústiques i solars a la carretera A50, prop de la ciutat de Uden.
		Corea del Sud	Cobriments de vies ciclables, fan ombra i energia	Autopista entre Daejeon i Sejong, té un carril bici a la mitjana entre els dos sentits. Els 30km estan coberts de plaques solars Futur amb cotxes elèctrics, problema de contaminació a mínims
	Eòlica	Turquia	Turbines verticals en autopista	Turbina vertical que gira pel pas de bussos per les carreteres/autopistes de Istanbul, també disposa de una petita placa solar a la part més alta per aprofitar la energia del sol
		EEUU	Turbines eòliques horizontals en autopista	Un nuevo diseño de de turbinas eólicas que permite aprovechar al máximo el viento generado por los coches en movimiento i utilizarlo para la generación de energia
		EEUU	Projecte "Turbine light"	Incorporar a les lluminàries de les carreteres i autopistes una turbina eòlica vertical que serveixi per alimentar les propies lluminàries
		Xile	Turbines verticals en autopista	Incorporar turbines verticals a la mitjanera de la autopista que giren gràcies al pas dels cotxes
		Espanya	Projecte 'PAINPER'	Incorporació de una turbina eòlica vertical en les arcades de un viaducte, concretament el viaducte del Barranco del Juncal
	Paviment piezoelèctric	Corea del Sud	Pavimento productor de energia	Instal·lació de dispositius piezoelèctrics a carreteres. Aquests dispositius són capaços de generar un diferencial de tensió en ser deformats (pes vehicles) i per tant produir energia

Taula 1 - Casos model internacional d'energies renovables a infraestructures (1/3)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Vies ferroviàries	FV	Bèlgica	Túnel solar	La línia ferroviària que passa per Ambers té un tram amb túnel de 3 km que s'ha aprofitat per cobrir-lo de plaques solars
		Espanya	Panatalles acústiques solars	Instal·lació de pantalles acústiques i solars a les vies ferroviàries al barri de Zarzaquemada a Madrid.
Aplicacions urbanes	FV	Espanya	Paviment FV plaça de les Glòries	Es construirà uns 50 m2 amb paviment solar a la plaça del les Glòries, que generarà un consum d'uns 7560 kWh/any
		Madrid, Espanya	Bus elèctric	A Madrid es comencen a fer servir busos elèctrics que tenen plaques solars tant al sostre com en el laterals, d'aquesta manera el bussos són el més autònoms possible
		Holanda	Paviment fotovoltaic	Incorporació de plaques fotovoltaïques en el paviment del carril bici a Krommenie (primer carril bici solar del món)
	Paviment piezoelèctric	Corea del Sud	Pavimento productor de energia	Instal·lació de dispositius piezoelèctrics a pasos de zebra, voreres, etc... Aquests dispositius són capaços de generar un diferencial de tensió en ser deformats (pes vianants) i per tant produir energia
Ports	FV	Espanya	Plaques fotovoltaïques	Incorporar 340 plaques fotovoltaïques a la coberta de la llotja de peix de Sant Carles de la Ràpita
Canals, regadius	FV	Espanya	PV a canals	Pilot de plaques solars flotants al Canal Segarra-Garrigues
		India	PV a canals	En els canals de Narmanda, Gujarat s'instalen cobertes de plaques solars que fan una doble funció, generar energia i evitar la evaporació de les aigües
		India	PV a canals	En els canals de Andhara, Punjab, Kerala, etc..., s'instalen cobertes de plaques solars que fan una doble funció, generar energia i evitar la evaporació de les aigües

Taula 2 - Casos model internacional d'energies renovables a infraestructures (2/3)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Infraestructura	Tecnologia	Ubicació	Titol	Descripció
Embassaments	FV	Espanya	FV flotant	Instal·lació de plaques solars flotants, projecte SIERRA BRAVA
		França	FV flotant	Instal·lació de plaques solars flotants sobre el estany agrícola de Auvergne
		França	FV flotant	Instal·lació del parc de plaques fotovoltaïques flotants més gran d'europa amb 47000 panells fotovoltaïcs
		França	Plaques fotovoltaïques flotants	En les plantes de generació hidrúlica trobem preses d'aigua molt grans estancant l'aigua, el que es proposa és col·locar plaques fotovoltaïques flotants en l'aigua estancada
		Japó	FV flotant	En un estany que serveix per poder regar el que hi ha a prop de la ciutat de Higashimatsuyama al Japó s'ha instal·lat uns 28000 panells fotovoltaïcs
		Japó	FV flotant	En un estany que serveix per poder regar el que hi ha a prop de la ciutat de Hygo al Japó s'ha instal·lat uns 12 mil panells fotovoltaïcs
		Japó	FV flotant	En un estany que serveix per poder regar el que hi ha a prop de la ciutat de Sangju al Japó s'ha instal·lat uns 3 MW amb plaques fotovoltaïques
		Albania	FV flotant	EBRD finances 12.9MW floating solar project in Albania
		Holanda	FV flotant	While Asian countries such as China, Taiwan and Vietnam lead the way and have already deployed a host of utility-scale floating PV plants, the technology is beginning to gain traction in European markets such as the Netherlands, where German developer BayWa r.e. has built more than 100MW of floating solar systems.
		Xina	FV flotant	En la província de Anhui trobem la major planta fotovoltaïca flotant del món, s'ha instal·lat a una zona de subsidiència minera de carbó i on actualment es desenvolupa piscifactoria
		Vietnam	Projecte 'Shrimps'	Substitució dels hivernacles dels criaders de gambes al delta del riu Mekong per hivernacles amb plaques fotovoltaïques incloses. Ús dual de la terra, per generació d'energia i per acuíicultura.

Taula 3 - Casos model internacional d'energies renovables a infraestructures (3/3)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

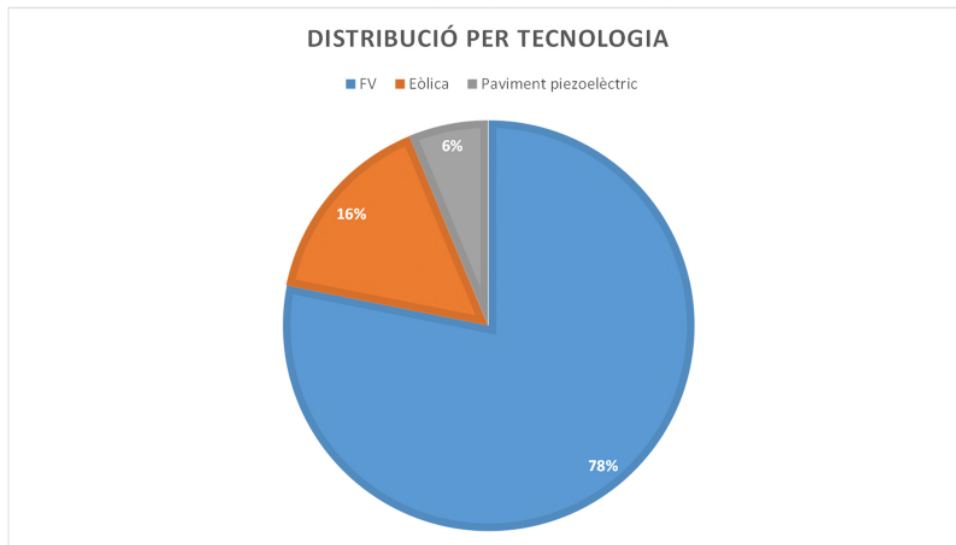
3.2 ANÀLISI DELS CASOS

S'han analitzat els casos model de la taula anterior en base a tres paràmetres: tipus de tecnologia, tipus d'infraestructura i país.

3.2.1 DISTRIBUCIÓ PER TECNOLOGIA

Tal i com es pot apreciar a la següent il·lustració, la immensa majoria de les tecnologies que s'han trobat es corresponen a generació fotovoltaica. Aquesta inclou des d'instal·lacions fotovoltaiques madures (panells solars) on la component innovadora ve de a mà de la seva ubicació (p.e. mitjanes d'autopistes, cobertura de vies de tren, barreres acústiques) fins a tecnologies no madures que es troben en fase d'experimentació o projectes pilot, alguns d'ells amb resultats no exitosos (p.e. paviments fotovoltaics).

D'igual manera, les experiències que s'han trobat respecte a generació eòlica o mitjançant paviments piezoelèctrics es corresponen a projectes pilot o en fase experimental o prova.

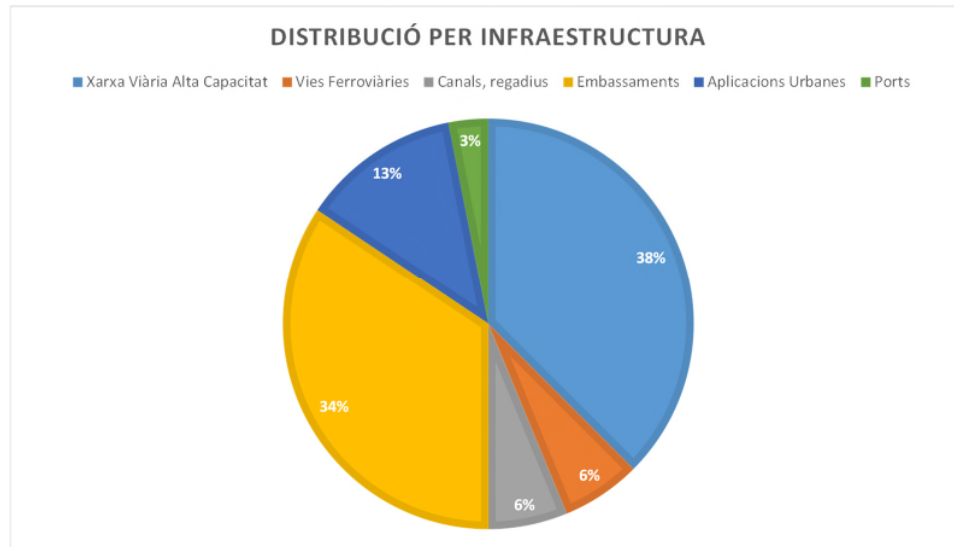


Il·lustració 1 - Distribució dels casos model per tipus de tecnologia

3.2.2 DISTRIBUCIÓ PER INFRAESTRUCTURA

Els resultats de la distribució per tipus d'infraestructura es poden apreciar a la següent taula. De manera destacada els embassaments i la xarxa viària d'alta capacitat és on més casos models hi trobem. A la seva vegada, els embassaments tenen especial rellevància ja que (1) es troben distribuïts arreu del món tot incloent països de l'entorn europeu i (2) tots ells tenen implantada la tecnologia fotovoltaica amb un grau de maduresa elevat, és a dir, no estem davant d'experiments ni plantes pilot (contràriament a la xarxa viària d'alta capacitat).

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

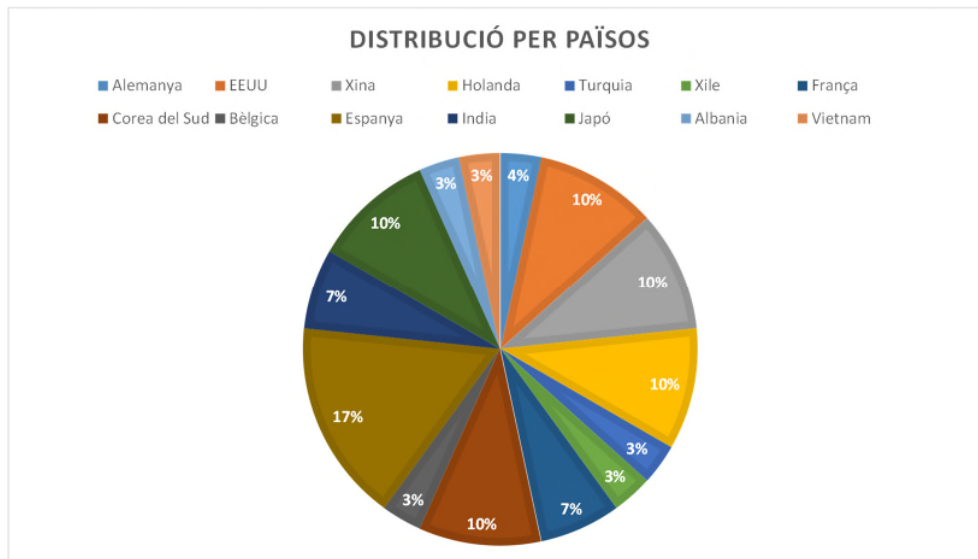


Il·lustració 2 - Distribució dels casos model per tipus de Infraestructura

3.2.3 DISTRIBUCIÓ PER PAÏSOS

Respecte a la distribució per països, cal primerament eliminar el biaix dels casos model ubicats a Espanya, ja que aquest és degut a la proximitat i conseqüent influència alhora de captar-los.

Fet aquest exercici, es pot apreciar que els EEUU, Europa i l'Àsia oriental concentren la majoria dels casos model internacionals. Amb tota probabilitat aquest fet es correspon al grau de desenvolupament d'aquestes àrees geogràfiques.



Il·lustració 3 - Distribució dels casos model per països

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

3.3 CONCLUSIONS DE L'ESTUDI COMPARATIU

La principal conclusió de l'estudi comparatiu té a veure amb les instal·lacions fotovoltaïques en embassaments. Els projectes, polítiques públiques, crèdits pel desenvolupament i empreses promotores i desenvolupadores d'aquesta tecnologia existents a Europa formen un ecosistema amb un potencial renovable a curt termini encara per explotar a Catalunya. És de destacar el cas de Portugal, país que actualment ja ha anunciat una primera subhasta per a aquesta tecnologia.

Una altra conclusió de l'estudi comparatiu és que mentre l'aplicació de la resta de tecnologies a les infraestructures no tingui un major grau de maduresa, la generació fotovoltaïca mitjançant panells és la que a curt i mig termini té un major potencial.

D'altra banda, degut a la quantitat de projectes pilot que s'hi estan duent a terme així com a la superfície disponible, les infraestructures lineals (xarxa viària d'alta capacitat, ferrocarrils i canals) són aquelles que tenen més potencial renovable. No es tracta però d'un potencial al curt termini donat que la immensa majoria de casos models són projectes pilot o en fase d'investigació, la maduresa dels quals encara està en desenvolupament.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

4 BLOC 2: MODEL D'IMPLANTACIÓ

Per a fixar un model d'implantació i calcular el seu potencial renovable, en els següents apartats es detallen:

- Tecnologies de generació, al voltant de les existents en l'anterior estudi comparatiu
- Infraestructures al territori català que s'han tingut en compte en el present estudi

4.1 TECNOLOGIES DE GENERACIÓ

4.1.1 GENERACIÓ FOTOVOLTAICA

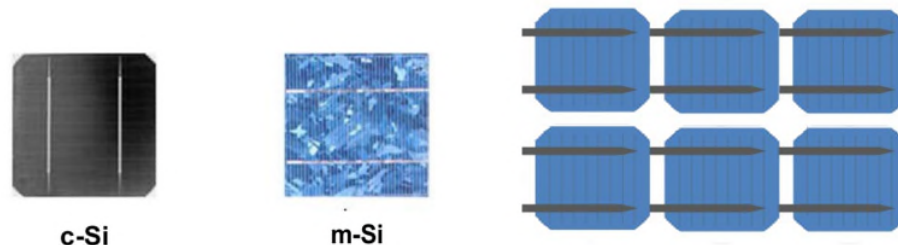
- Tecnologies de 1a Generació

Són tecnologies que es basen en la utilització de cel·les cristal·lines, bàsicament fetes de silici (Si) com a substrat sobre el qual es fabriquen les cèl·lules solars.

Troblem dues principals tecnologies, les cel·les de Si monocristal·lí (c-Si) que permeten obtenir els valors més alts d'eficiència i de Si multicristal·lí (m-Si) en les quals es dona preferència al aspecte econòmic, ja que la utilització d'obles multicristal·lines permet reduir el preu per cèl·lula, tot i que amb una eficiència més baixa que les c-Si.

Es tracta de tecnologies que han assolit un grau molt alt de maduresa tecnològica i que dominen de forma clara el mercat fotovoltaic en pràcticament tot el ventall d'aplicacions.

En aquestes tecnologies, el disseny del mòdul fotovoltaic es basa en la interconnexió de les cèl·lules individuals fabricades amb les diferents obles. Això fa que la forma i les dimensions dels mòduls estiguin condicionats per les de les obles utilitzades per a la fabricació de les cèl·lules, fet que limita de forma important la flexibilitat en el disseny dels mòduls.



Il·lustració 4 - Cèl·lules de Si monocristal·lí i policristal·lí i interconnexió en un mòdul FV

- Tecnologies de 2a Generació

Són tecnologies de capa prima que es basen en la utilització de semiconductors amb propietats més adaptades que el Si per a l'absorció de la llum de l'espectre solar, això permet reduir de forma molt significativa el gruix de la capa semiconductora que absorbeix la llum en els dispositius. Les principals tecnologies de capa prima són les de CdTe i de CIGS.

Són tecnologies que utilitzen també un nombre inferior d'etapes de fabricació amb processos més senzills des del punt de vista tecnològic, fet que es tradueix en:

- Un major potencial de reducció dels costos de fabricació
- Un valor més petit del temps de retorn de l'energia consumida per a la fabricació dels dispositius
- Una disminució en l'emissió de CO₂

El potencial de reducció de costos d'aquestes tecnologies ha permès assolir costos de producció dels mòduls similars als de les tecnologies de Si de 1a Generació, malgrat que el volum de producció és molt més reduït.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

El CdTe és la tecnologia industrial que presenta costos més baixos de producció i ha assolit valors d'eficiència a nivell de mòdul que són ja comparables als de la tecnologia dominant de Si multicristal·lí. Ara bé, la utilització de Cadmi (Cd), metall pesant d'alta toxicitat, limita la seva aplicació en molts escenaris, com en els edificis residencials, i obliga a implementar programes molt estrictes de seguiment i reciclatge.

Pel que fa a les tecnologies CIGS, es basen en la utilització de semiconductors de la família de les calcopirites (Coure, Indi, Gal·li, Seleni). Aquestes tecnologies tenen valors una mica més reduïts d'eficiència en mòduls d'àrea gran, però conserven els seus avantatges potencials en termes de reducció de costos, reducció d'emissions de CO₂ i major flexibilitat tecnològica. La tecnologia CIGS permet assolir una flexibilitat molt més gran en el disseny dels mòduls FV, que ja no està condicionat per les dimensions de les oblees individuals, fet que dota a aquestes tecnologies d'un major potencial per a adaptar-se a aplicacions específiques, permeten obtenir acabats estètics molt uniformes que són ben interessants per a la seva integració en edificis.

- Mòduls semitransparents

Aquests mòduls estan més orientats en la integració en les façanes de grans edificis, en els quals la manca d'una orientació adient dels mòduls es veu compensada per la major superfície disponible per a la seva instal·lació. Per a aquestes aplicacions és interessant destacar el desenvolupament de nous productes comercials basats en mòduls semitransparents per a vidres solars arquitecturals. Els mòduls semitransparents inclouen tres tipus de productes:

- Productes basats en distribucions de matrius de cèl·lules opaques (fonamentalment de Si) que es munten seguint un disseny que deixa un espaiat adient entre les cèl·lules per permetre el pas de la llum
- Productes basats en tecnologies de capa prima, en els quals s'apliquen processos d'atac selectiu de les capes per a obtenir un mallat suficientment fi per tenir l'efecte òptic de semitransparència
- Productes basats en la utilització de capes absorbidores semitransparents

- Tecnologies emergents (kesterites i perovskites)

Una limitació potencial de les principals tecnologies de capa prima descrites en els apartats anteriors és que inclouen entre els seus components elements poc abundants a l'escorça terrestre, com ara el Te, l'In i el Ga. Això ha motivat el desenvolupament de tecnologies alternatives actualment en fase de recerca. Dins d'aquestes tecnologies emergents, les més rellevants pel seu potencial de desenvolupament són les kesterites i perovskites.

Les kesterites són compostos que tenen una estructura molt similar al CIGS, però en els quals els elements In i Ga són substituïts per dos metalls molt més abundants i de preu més baix: el zinc (Zn) i l'estany (Sn). En principi, la substitució de l'In i el Ga pel Zn i el Sn permetria reduir en un 10% els costos dels materials per a la producció dels mòduls fotovoltaics. Les kesterites conserven l'alt grau de flexibilitat tecnològica semblant a les CIGS per a la fabricació de dispositius flexibles i lleugers. Tanmateix, són tecnologies encara en fase de desenvolupament, i per tant no s'ha arribat a uns nivells d'eficiència acceptables, fins ara s'ha obtingut un valor rècord del 13,9%. Així doncs, el principal repte de les tecnologies CZTS és la millora de l'eficiència dels dispositius fins a valors similars als obtinguts en les tecnologies CIGS.

Altres tecnologies que també fan servir elements abundants a l'escorça terrestre són les perovskites. Es tracta de tecnologies híbrides derivades de tecnologies orgàniques i de dispositius de cèl·lules solars amb tint fotosensible que integren capes absorbidores de perovskita amb dos contactes selectius que funcionen com a filtres dels portadors de càrrega. Tot i que es van començar a desenvolupar en els últims 20 anys, en un temps molt breu han assolit valors d'eficiència molt elevats, amb un valor rècord del 22,1%. L'interès en aquestes tecnologies està justificat per la combinació de la seva capacitat per obtenir valors elevats d'eficiència i el seu potencial per al desenvolupament de dispositius de baix cost sobre substrats flexibles de baix pes i semitransparents. Aspectes importants a resoldre d'aquesta tecnologia són l'estabilitat dels dispositius i la seva escalabilitat a mòduls d'àrea gran.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

- Instal·lació

En el següent gràfic es poden apreciar els principals components de una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica. L'electrònica de potència així com el cablejat són els components més importants a tenir en consideració en aquest tipus d'instal·lacions.



Il·lustració 5 - Principals components d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica

Pel que fa a la instal·lació dels panells, té molt de pes la part estructural (racking). Els dissenys estructurals més comuns per a les opcions de muntatge en cobertura o a terra (Rooftop i Ground-Mounted, respectivament), es basen en la cimentació, els balasts o el seguidor (tracker). Tots aquests dissenys es poden veure a la figura següent:

	Foundations/attachment	Ballasted	Tracking
Ground-mounted	<p>Description: Mounting system attached to concrete foundation</p>	<p>Description: Mounting system relies on the weight of the array, racking system and additional material</p>	<p>Description: A device continuously orients the module toward the sun to increase its effectiveness</p>
Rooftop	<p>Description: Mounting system penetrates roof surface and attaches to building framing</p>	<p>Description: Mounting system relies on the weight of the array, racking system, and additional material</p>	<p>Description: Same as above, but due to weight and space restrictions, tracking devices on rooftop are relatively rare</p>

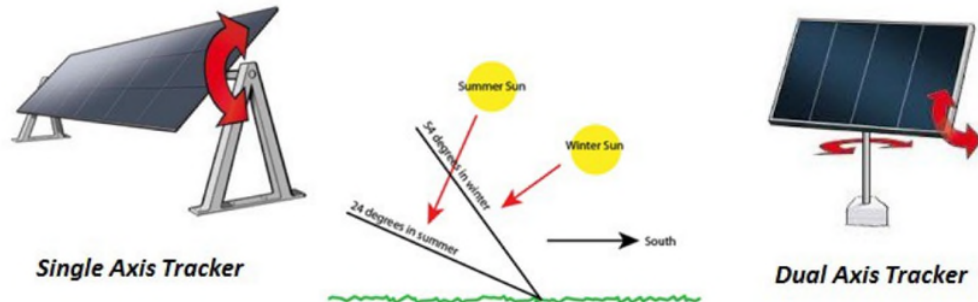
Il·lustració 6 - Tipus de dissenys estructurals

Respecte el tracking o seguidors, hi ha tres opcions:

- Inclinação fixa (fixed-tilt): L'angle de posició dels mòduls és constant
- Un sol eix (one-axis): L'angle es pot variar, de manera controlada, per a maximitzar la generació, només en l'eix horitzontal. Pot tenir un increment de rendiment de entre el 5-15% respecte a inclinació fixa

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

- Dos eixos (two-axis): L'angle es pot modificar en dos eixos, vertical i horitzontal, per a resseguir la posició del sol. Pot tenir un increment de rendiment de entre el 20-30% respecte a inclinació fixa



Il·lustració 7 - Seguidor a un sol eix i a dos eixos

Finalment, amb l'enfocament d'energia solar flotant, cal tenir present la necessitat de subestructures flotants i l'adaptació dels mòduls i equip elèctric per a suportar l'aigua.

4.1.2 GENERACIÓ EÒLICA

Totes els casos model de l'estudi comparatiu contempen turbines eòliques amb configuració d'eix vertical. Aquestes no han acabat de fer-se un forat en la gran generació elèctrica, però són un tipus de tecnologia que té camp d'aplicació per a petita generació i per a sistemes aïllats.

Un dels principals avantatges sobre les turbines d'eix horitzontal és la seva independència de la direcció del vent i l'ampli rang de velocitats de vent que admet per a generar electricitat. D'altra banda, les limitacions principals d'aquesta configuració són la poca escalabilitat dels equips i el baix rendiment d'aquestes tecnologies.

Referent a la maduresa d'aquesta tecnologia, té diferents nivells en funció de la sub-tecnologia amb que es treballa. Existeixen doncs tecnologies comercials de petita escala, centres de recerca, projectes pilot i demostradors d'aerogeneradors amb potències més elevades per a aplicacions diverses com ara sistemes híbrids terrestres o marins

4.1.3 PIEZOELECTRICITAT I ALTRES TECNOLOGIES

La piezoelectricitat té actualment un potencial en la generació d'energia en entorns urbans. Aquesta fa servir l'energia mecànica (p.e. ciutadans al caminar), i actualment té un enfocament més lligat a elements urbans (p.e. llumeneres) o components electrònics de baix consum.

La piezoelectricitat es un fenomen físic mitjançant el qual cristalls estressats mecànicament generen diferències de potencial que poden ser aprofitables.

S'obvien d'aquest estudi la resta de tecnologies de generació renovable, al no estar presents a l'estudi comparatiu desenvolupat anteriorment.

4.1.4 MODEL DE TECNOLOGIA DE GENERACIÓ D'APLICACIÓ A L'ESTUDI

De cara al càlcul de potencial renovable de les infraestructures de Catalunya, en aquest estudi s'ha pres com a model tecnològic la generació fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

4.2 INFRAESTRUCTURES

Les infraestructures que s'han considerat per a calcular el potencial renovable del territori català són les següents:

- Xarxa viària d'alta capacitat (autopistes i autovies)
- Ferrocarrils
- Canals
- Embassaments
- Aeroports
- Ports
- Àrees logístiques
- Altres infraestructures menors

4.2.1 XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT

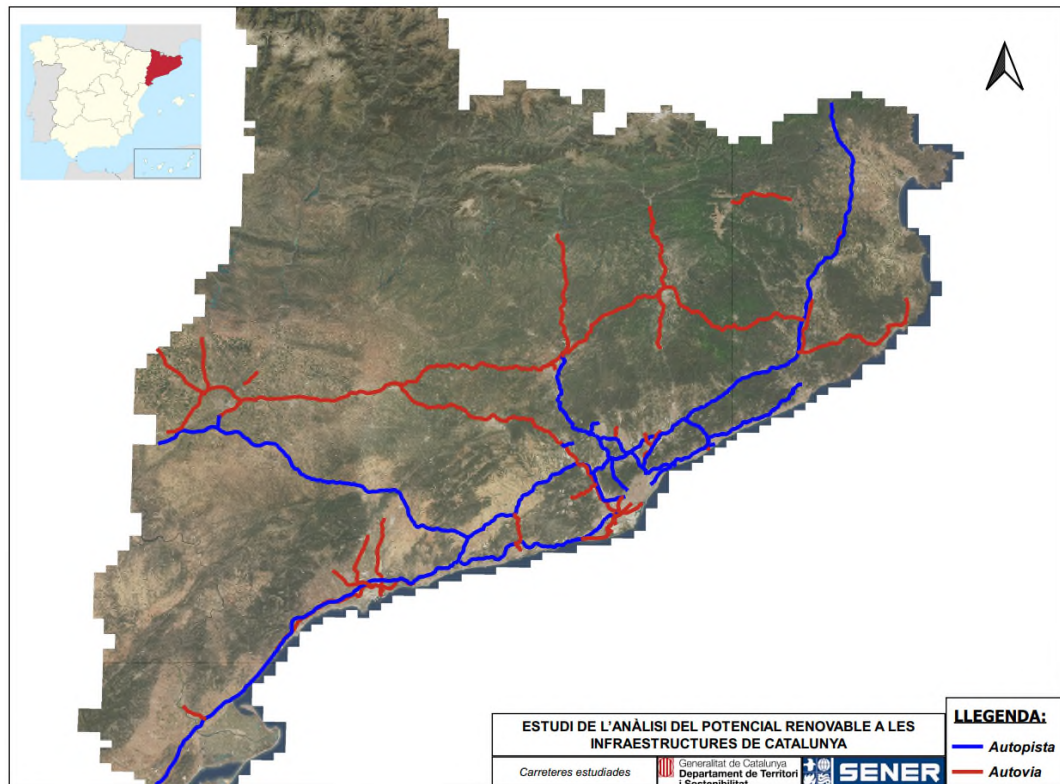
La xarxa viària d'alta capacitat que s'ha tingut en compte en el present estudi està formada per les següents autopistes i autovies:

Codificació	Tipus	Denominació	Titularitat
AP-2	Autopista	Autovia Saragossa - Mediterrani	Estat
AP-7	Autopista	Autopista frontera francesa - Màlaga	Estat
B-20	Autopista	Ronda nord de Barcelona	Estat
B-23	Autopista	Accés a Barcelona centro	Estat
B-30	Autopista	Calçades laterals de la AP-7 en Barcelona	Estat
B-40	Autopista	Autopista MATARÓ - GRANOLLERS	Estat
C-16	Autopista	EIX DEL LLOBREGAT	Generalitat
C-31	Autopista	Eix costaner	Generalitat
C-31D	Autopista	BRANC de MATARÓ (SUD)	Generalitat
C-32	Autopista	Autopista Pau Casals i del Maresme	Generalitat
C-33	Autopista	Autopista BARCELONA - MONTMELÓ	Generalitat
C-58	Autopista	Autopista Barcelona - Terrassa i carretera de la Bauma	Generalitat
C-60	Autopista	Autopista Mataró - Granollers	Generalitat
LL-12	Autopista	Accés sud a Lleida	Estat
A-14	Autovia	Autopista Lleida - frontera francesa	Estat
A-2	Autovia	Autovia del nord-est	Estat
A-22	Autovia	Autovia Lleida - Osa	Estat
A-26	Autovia	Autovia Figueres - Olot	Estat
A-27	Autovia	Autovia Tarragona - Montblanc	Estat
A-7	Autovia	Autovia del Mediterrani	Estat
B-10	Autovia	Ronda litoral de Barcelona	Estat
B-22	Autovia	Accés al aeroport de Barcelona	Estat
B-24	Autovia	Accés a Barcelona des de Vallirana	Estat
C-13	Autovia	Eix Segre - Noguera Pallaresa	Generalitat
C-13B	Autovia	Branc est de Lleida	Generalitat
C-14	Autovia	Eix Francolí - Segre	Generalitat
C-15	Autovia	Eix Vilanova - Anoia	Generalitat

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Codificació	Tipus	Denominació	Titularitat
C-16	Autovia	EIX DEL LLOBREGAT	Generalitat
C-17	Autovia	Eix Congost - Ter	Generalitat
C-25	Autovia	Eix Transversal	Generalitat
C-31	Autovia	Eix costaner	Generalitat
C-31B	Autovia	BRANC de Salou	Generalitat
C-31F	Autovia	BRANC DE CABRERA DE MAR	Generalitat
C-32	Autovia	Autopista Pau Casals i del Maresme	Generalitat
C-32B	Autovia	BRANC de L'AEROPORT DE BARCELONA	Generalitat
C-35	Autovia	Eix Interpolar	Generalitat
C-42	Autovia	Autovia l'Aldea - Tortosa	Generalitat
C-55	Autovia	Eix del Cardener	Generalitat
C-58C	Autovia	Ronda oest de Sabadell	Generalitat
C-59	Autovia	Eix Vallés Oriental - Bages	Generalitat
C-65	Autovia	Eix Baix Empordà - Gironès	Generalitat
N-240	Autovia	Carretera de Tarragona a Osca	Estat
N-420R	Autovia	Branc de l'aeroport de Reus	Estat
T-11	Autovia	Autovia Reus - Tarragona	Estat

Taula 4 - Llistat de vies considerades a l'estudi



Il·lustració 8 - Xarxa viària estudiada

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

S'han exclòs doncs d'aquest estudi les carreteres convencionals i qualsevol un altre tipus de carreteres.

4.2.2 FERROCARRILS

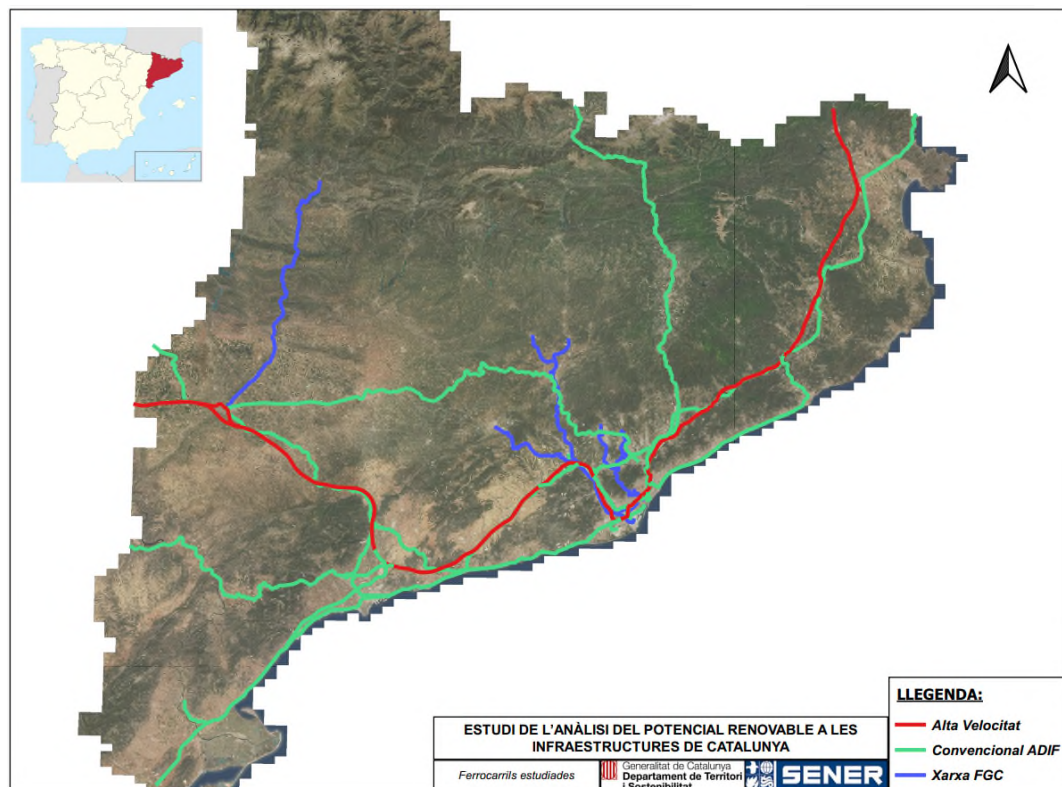
A la següent taula es pot apreciar la xarxa de ferrocarrils que s'ha tingut en compte en el present estudi.

Codificació	Tipus	Operador	Denominació
ADIF050	Alta Velocitat	RENFE	TGV Aragó - Barcelona -Figures Vilamalla
ADIF056	Alta Velocitat	RENFE	TGV Bifurcació Lleida
ADIF260	Alta Velocitat	RENFE	Vilamalla-Figueres
TPFERRO	Alta Velocitat	TPFerro	Figueres Frontera Francesa
ADIF005	Convencional ADIF	RENFE	Bifurcació Pla de Vilanoveta
ADIF008	Convencional ADIF	RENFE	Can Tunis
ADIF009	Convencional ADIF	RENFE	Zona Franca Port
ADIF200	Convencional ADIF	RENFE	Almacelles - Barcelona Estació de França
ADIF210	Convencional ADIF	RENFE	Miraflores-Tarragona
ADIF220A	Convencional ADIF	RENFE	Lleida Pirineus-Barcelona Sants
ADIF220B	Convencional ADIF	RENFE	Barcelona Sants-L'Hospitalet de Llobregat
ADIF222	Convencional ADIF	RENFE	Montcada Bifurcació-Puigcerdà Frontera Francesa
ADIF224	Convencional ADIF	RENFE	Cerdanyola Universitat-Cerdanyola Vallès
ADIF230	Convencional ADIF	RENFE	Plana Picamoixons-Reus
ADIF234	Convencional ADIF	RENFE	Reus-Constantà
ADIF238	Convencional ADIF	RENFE	Castellbisbal (Aguilles Llobregat)-Barcelona Morrot
ADIF240	Convencional ADIF	RENFE	Sant Vicenç Calders-L'Hospitalet Llobregat
ADIF242	Convencional ADIF	RENFE	Martorell Seat-Agulla Km 71,185
ADIF244	Convencional ADIF	RENFE	Agulla Km. 70,477-Aguja Km. 0,500
ADIF246	Convencional ADIF	RENFE	Castellbisbal (Aguilles Rubà)-Mollet Sant Fost
ADIF250	Convencional ADIF	RENFE	L'Hospitalet de Llobregat-Bellvitge (Agulla Km. 674,8)
ADIF254	Convencional ADIF	RENFE	El Prat de Llobregat-Aeroport
ADIF262	Convencional ADIF	RENFE	Bifurcació Sagrera-Bifurcació Clot
ADIF264	Convencional ADIF	RENFE	Montcada Bifurcació-Bifurcació
ADIF266	Convencional ADIF	RENFE	Bifurcació Glòries-Bifurcació Vilanova
ADIF268	Convencional ADIF	RENFE	Bifurcació Sagrera-Bifurcació Aragó
ADIF270	Convencional ADIF	RENFE	Bifurcació Sagrera-Frontera Portbou Cervere
ADIF274	Convencional ADIF	RENFE	Frontera Cervere (PK 274,305)-Portbou
ADIF276	Convencional ADIF	RENFE	Bifurcació Sagrera-Maçanet Massanes
ADIF278	Convencional ADIF	RENFE	La Llagosta-Bifurcació Nus Mollet
ADIF280	Convencional ADIF	RENFE	Connexió ADIF246 - TGV Mollet
ADIF294	Convencional ADIF	RENFE	Roda de Barà (Canvi ample)-Roda de Barà
ADIF600A	Convencional ADIF	RENFE	València Nord (de Vandellós) - Tarragona
ADIF600B	Convencional ADIF	RENFE	Tarragona - Sant Vicenç de Calders
ADIF620	Convencional ADIF	RENFE	Tortosa-(L'Aldea-Amposta-Tortosa)
ADIF622	Convencional ADIF	RENFE	Agulla classif. Km. 272,0-Tarragona Classificació
ADIF624	Convencional ADIF	RENFE	D'Agulla Classif. km 100,4 a Tarragona
ADIF206	Xarxa FGC	FGC	LLEIDA-LA POBLA
FGCBPBO	Xarxa FGC	FGC	Barcelona El Port-Sant Boi
FGCBTUN	Xarxa FGC	FGC	Bellaterra-Universitat Autònoma
FGCGRTB	Xarxa FGC	FGC	Gràcia-Avda. Tibidabo
FGCIGMC	Xarxa FGC	FGC	Igualada-Martorell Central
FGCLPNA	Xarxa FGC	FGC	Les Planes-Terrassa Nacions Unides

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Codificació	Tipus	Operador	Denominació
FGCLPTR	Xarxa FGC	FGC	Les Planes-Terrassa Rambla
FGCMASL	Xarxa FGC	FGC	Manresa Alta-Sallent
FGCMASU	Xarxa FGC	FGC	Manresa Alta-Súria
FGCMCSY	Xarxa FGC	FGC	Martorell Central-Apartador Ind. Solvin
FGCMEST	Xarxa FGC	FGC	Martorell Enllaç-Apart. Ind. SEAT-Martorell
FGCMGMA	Xarxa FGC	FGC	Magòria-Manresa Alta
FGCMGPE	Xarxa FGC	FGC	Magòria-Plaça Espanya
FGCPCRE	Xarxa FGC	FGC	Plaça Catalunya-Reina Elisenda
FGCSCPN	Xarxa FGC	FGC	Sant Cugat-Sabadell
FGCSRLP	Xarxa FGC	FGC	Sarrià -Les Planes
ADIFXXX	Convencional ADIF	RENFE	***Tram Vandellòs - Tarragona posat en servei recentment (gener 2020) no existeix a les metadades públiques.

Taula 5 - Llistat de ferrocarrils considerats a l'estudi



Il·lustració 9 - Ferrocarrils estudiats

S'han exclòs d'aquest estudi Tramvies, per disposar de poc espai en trobar-se en un entorn completament urbà, Metro, per ser subterrani i Funiculars, telefèrics i ferrocarril turístic, per poc potencial renovable en ser xarxes molt reduïdes o residuals

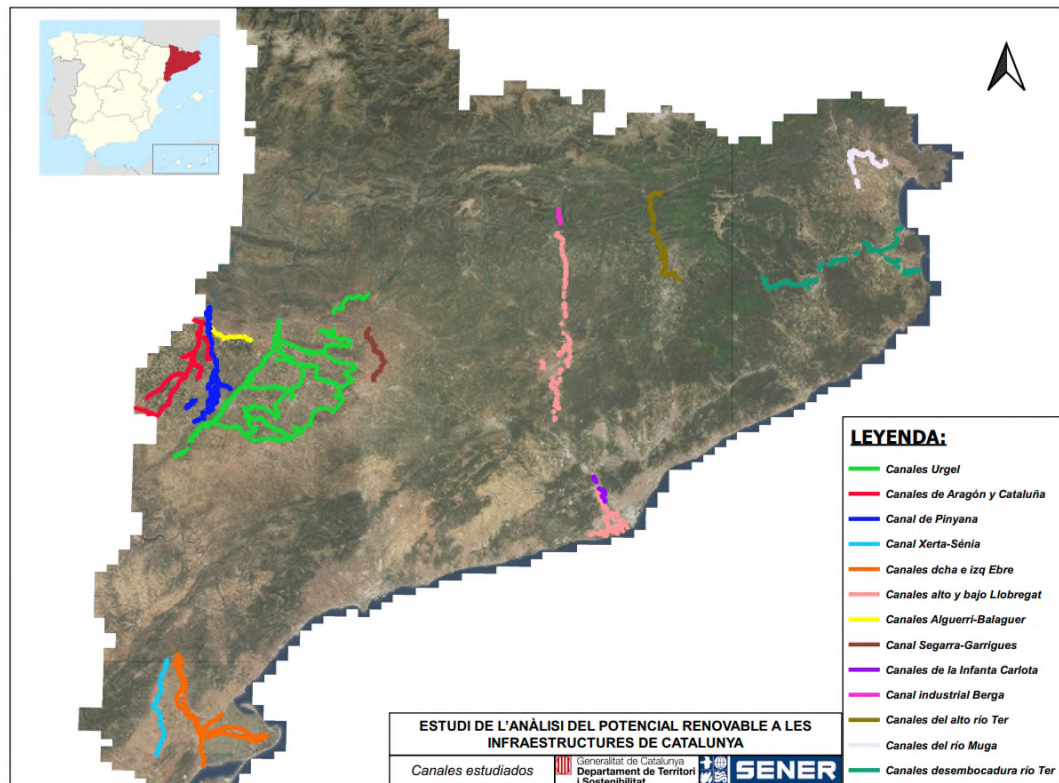
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

4.2.3 CANALS

A la següent taula es pot apreciar la xarxa de canals estudiats al present estudi:

Denominació
Canal de Pinyana
Canal industrial Berga
Canal Segarra-Garrigues
Canal Xerta-Sènia
Canals Alguerri-Balaguer
Canals alt Llobregat
Canals baix Llobregat
Canals dreta i esquerra Ebre
Canals d'Aragó y Catalunya
Canals de la Infanta Carlota
Canals de l'alt riu Ter
Canals del riu Muga
Canals desembocadura riu Ter
Canals Urgell

Taula 6 - Llistat de canals considerats a l'estudi



Il·lustració 10 - Canals estudiats

S'ha exclòs d'aquest estudi la Xarxa de canals d'ample inferior a 3 metres i la xarxa terciària de sèquies

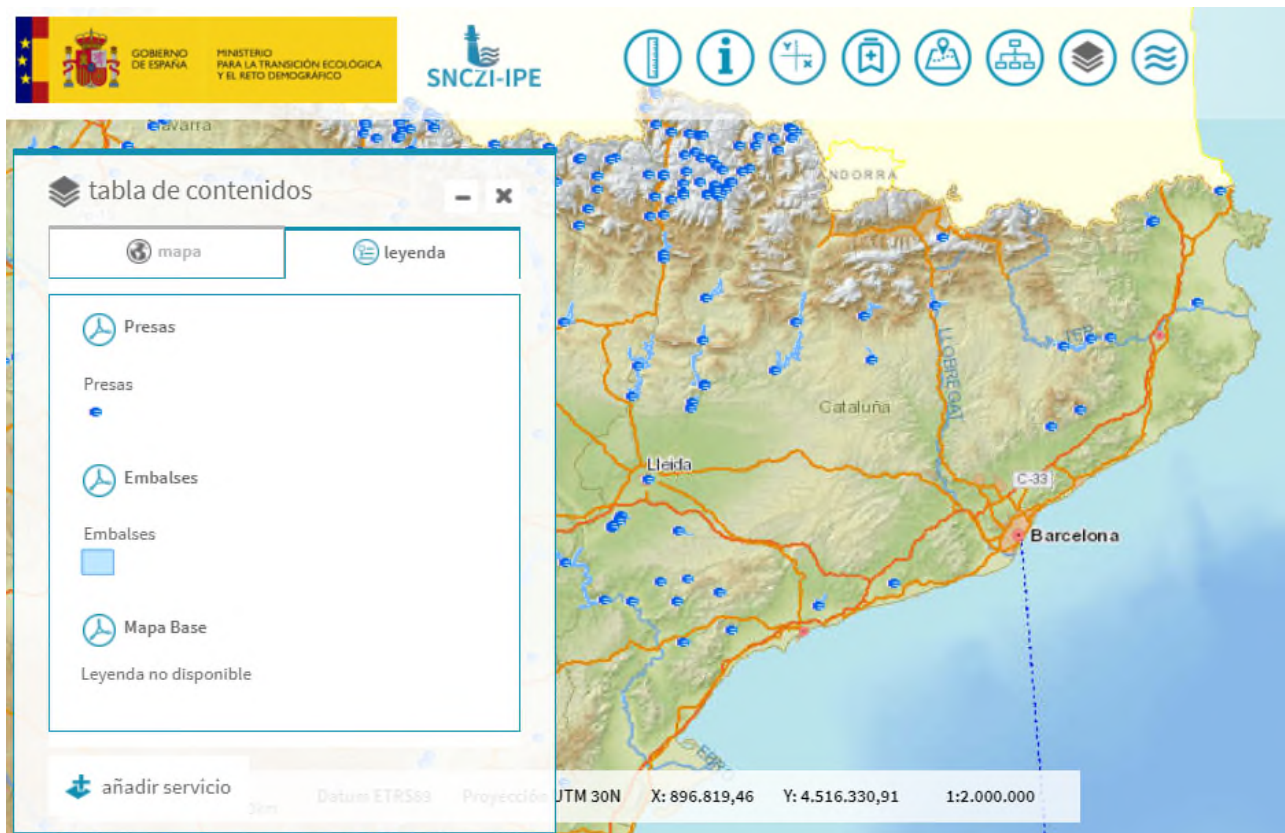
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

4.2.4 EMBASSAMENTS

A Catalunya hi ha diversos embassaments de diferents tipologies, capacitats i característiques. A les conques internes, on l'ACA té plenes competències, hi ha un total de 9 grans embassaments, que tenen una capacitat d'emmagatzematge de 694 hm³, i que s'encarreguen de satisfer les demandes industrials, domèstiques i de reg. D'aquests 9 embassaments, 7 són propietat de l'Agència Catalana de l'Aigua: Darnius-Boadella, Sau, Siurana, Foix, la Llosa del Cavall, Sant Ponç i la Baells; Susqueda és propietat d'Endesa i Riudecanyes de la comunitat de regants de Riudecanyes.

Les principals grans preses dels embassaments de la conca de l'Ebre a Catalunya són Baserca, Camarasa, Canelles, Cavallers, Guiamets, Oliana, Rialb, Ribarroja, Talarn i Terradets.

Per a llistar els embassaments a Catalunya s'ha estudiat la informació disponible a l'*Inventario de Presas y Embalses (SNCZI)* del Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). A més a més, aquest llistat s'ha contrastat i complementat amb el llistat d'embassaments disponible al web de l'ACA.



Il·lustració 11 - SNCZI: Inventariat d'embassaments i preses del MITECO.

Dels embassaments existents a Catalunya i llistats a l'inventari del SNCZI, es descarten aquells que presenten característiques que els fan poc adients per aprofitar-ne la superfície. Es recullen a continuació els criteris considerats:

- Embassaments naturals
- Embassaments amb cota superior als 1.000 m donat que s'estima que es troben en zones rurals de difícil accés i connexió
- Localització fora del territori català

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

En estudis posteriors de major abast i detall, es podran prioritzar els embassaments de major interès, tenint en compte els criteris següents:

- Prioritzar embassaments amb aprofitament hidroelèctric existent
- Prioritzar embassaments on existeixi una línia elèctrica propera
- Dels embassaments amb línies elèctriques existents, aquelles amb potència suficient o fàcilment ampliable
- Generalment els embassaments amb una alçada menor, acostumen a tenir més àrea
- Prioritzar embassaments que no estiguin encaixonats, per tal d'evitar grans zones d'ombres, de manera que seran els de major radiació solar
- Evitar llacs en parcs naturals protegits

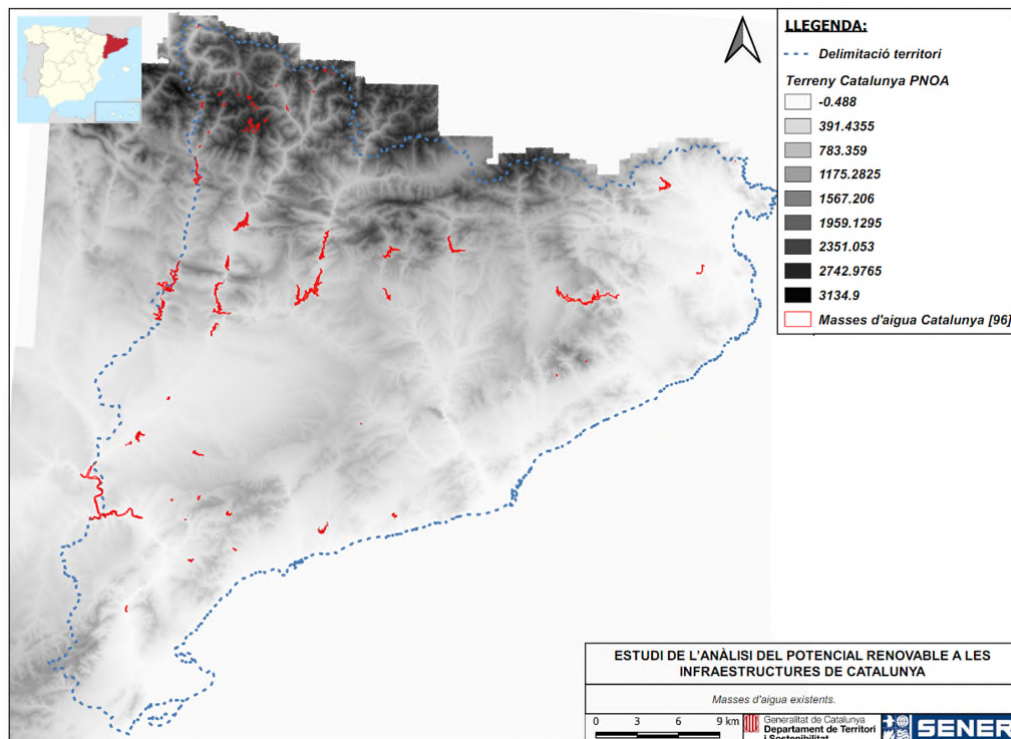
La següent taula mostra els embassaments estudiats.

Embassament	Títular
Albagés	ACUAES
Baells, la	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Balaguer Partidor	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Borén-Esterri	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Camarasa	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Canelles	E.N.H.E.R.
Colomers	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Darnius - Boadella	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Escales	FECSA ENHER II
Flix	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Foix	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Gaià, el	REPSOL S.A.
Guiamets, els	C.H.E. - C.R.B.P.
Llesp	E.N.H.E.R.
Llosa del Cavall, la	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Margalef	GENERALITAT DE CATALUNYA
Oliana	ESTADO
Palma d'Ebre, la	GENERALITAT DE CATALUNYA
Pasteral, el	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Portbou	AJUNTAMENT DE PORTBOU
Rialb	ESTADO
Riba-roja	E.N.H.E.R.
Riudecanyes	CR DEL PANTÀ DE RIUDECANYES
Sant Joan de Toran	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Sant Llorenç de Montgai	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Sant Martí Tous	DARPAM
Sant Ponç	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Santa Anna	CHE

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Embassament	Titular
Santa Fe	POLÍGON INDUSTRIAL CAN SEDÓ S.L.
Sau	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Siurana	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA
Susqueda	ENDESA GENERACIÓN S.A.
Talarn o St. Antoni	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Terradets	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Toran o Pont de rei	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Torrassa	H.E.C.S.A.
Utxesa - Seca	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Utxesa - Valleta	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Vallforners	DARPAM
Vilella Baixa	AJUNTAMENT DE VILELLA

Taula 7 - Llistat d'embassaments estudiats



Il·lustració 12 - Embassaments estudiats (vermell)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

4.2.5 AEROPORTS, PORTS, ZONES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES

Respecte a les infraestructures aeroportuàries a Catalunya, feta la corresponent consulta al gestor de la infraestructura, únicament els aeroports de Lleida-Alguaire, Andorra La Seu d'Urgell i l'Aeròdrom de la Cerdanya presenten disponibilitat de superfície amb potencial renovable, pel que aquest estudi es limitarà a aquestes infraestructures.

Per la seva banda, la infraestructura portuària a Catalunya que s'ha tingut en compte en el present estudi està formada per 37 ports/embarcadors.

Les Zones Logístiques (CIMALSA) d'aquest estudi s'han limitat a als emplaçaments d'Alguaire, CIM Lleida, Far Empordà i Logis Bages Sallent, en base a un estudi previ realitzat pel gestor de la infraestructura.

Finalment, s'han estudiat com a altres infraestructures 53 estacions d'autobusos en servei dins el territori català

4.3 MODEL D'IMPLANTACIÓ DE DEL POTENCIAL RENOVABLE

Per al càlcul del potencial renovable d'aquest estudi s'ha tingut en compte el model d'implantació creat per (1) la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes i (2) les infraestructures descrites a l'apartat 4.2

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

5 BLOC 3: CÀLCUL DE LA SUPERFÍCIE DISPONIBLE

5.1 XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT I FERROCARRILS

5.1.1 DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UNA AUTOPISTA O AUTOVIA

Les autovies i autopistes que vertebreren el territori català són carreteres que estan especialment projectades, construïdes i senyalitzades per a automòbils, amb encreuaments a diferent nivell i un control d'accessos regulat (sense accessos en cas d'autopistes). Disposen de dues calçades, una per a cada sentit, separades entre si per una franja d'amplada variable no destinada a la circulació, anomenada mitjana.

En essència, aquest tipus de vies, han de ser ràpides, segures, i admetre un volum de trànsit considerable.

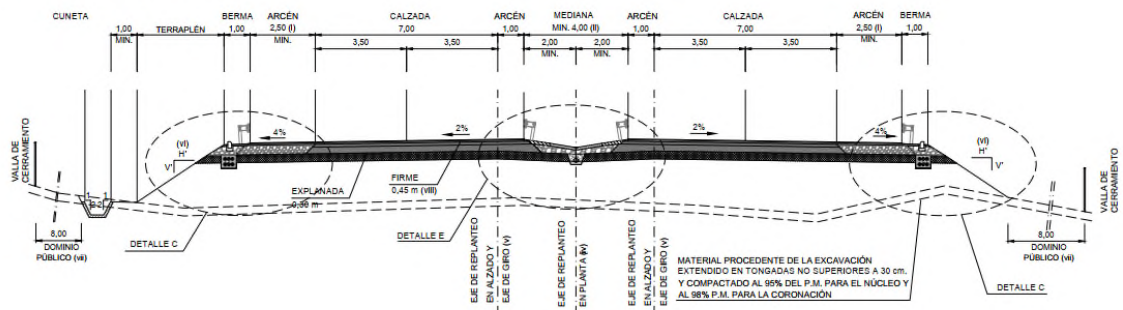


Il·lustració 13 - Autopista AP-7, tram Fogars de la Selva

La secció tipus exemple d'una autovia o autopista és la següent:

SECCIÓN TIPO TRONCO

SECCIÓN TIPO AUTOVÍA EN RECTA. TERRAPLÉN (EJE 01)
 SECCIÓN DE FIRME 231

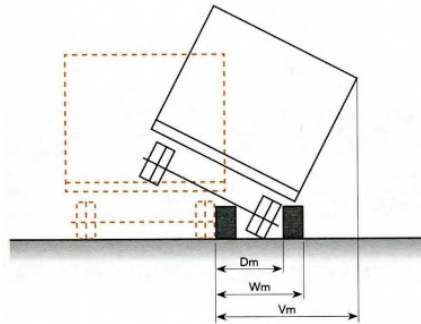


Il·lustració 14 - Exemple secció tipus autovia

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

A la secció tipus es distingeixen una sèrie de zones:

- **Carrils.** Zona destinada a la circulació dels vehicles
- **Vorals laterals** (interior i exterior). Zona destinada a allotjar vehicles en cas d'emergència, de manera que han de romandre lliures d'obstacles en tot moment
- **Mitjana.** Zona no destinada a la circulació, que separa ambdues calçades. En general, la mitjana allotja elements de la infraestructura lineal com el drenatge longitudinal i és objecte de tasques de conservació periòdiques, com segues i neteges, per tal que es mantinguin les condicions de seguretat
- **Bermes.** A la franja exterior als vorals es troba una extensió de les capes granulars de la carretera, on s'allotgen els sistemes de contenció i altres elements de la infraestructura, com senyals o elements de drenatge. Des del punt de vista de la seguretat, és de les zones de major importància, donat que els augments de berma doten a la calçada de la visibilitat necessària per a una conducció segura i permeten la deformació que absorbeix l'impacte o frena la caiguda que protegeixen els sistemes de contenció
- **Sistemes de contenció.** Elements instal·lats a les carreteres la funció dels quals és mitigar les conseqüències d'un accident per sortida de la via. Hi ha diversos models en el mercat, de diferents materials. En general, un sistema de contenció es caracteritza per tres variables: ample de treball (W), deflexió (D) i intrusió (V). Tot element potencial de risc per als usuaris de carretera ha de situar-se més allunyat del major d'aquests tres paràmetres



Il·lustració 15 - Exemple amplitud i intrusions d'un sistema de contenció

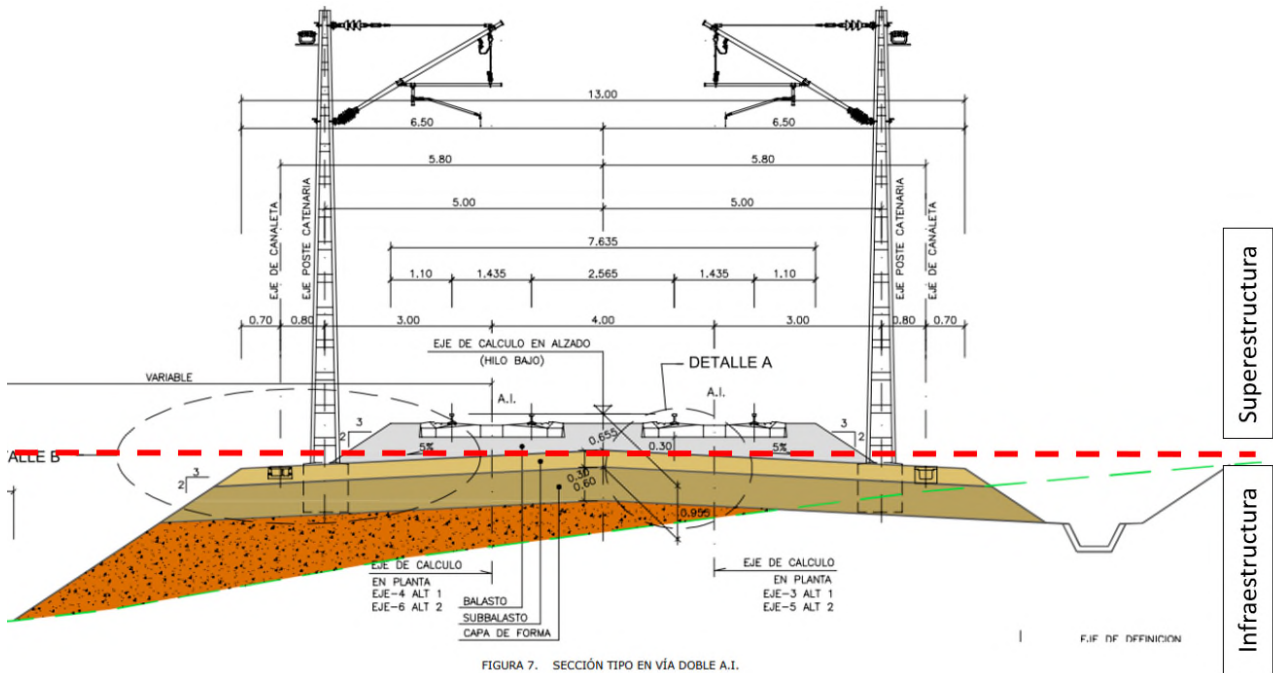
- Com a mesura conservadora es considera que tots els elements situats més allunyats de dos metres de la vora de la calçada estaran protegits pels sistemes de contenció.
- Terraplens o desmunts laterals. Zona més exterior de la plataforma d'inclinació variable i tipus de terreny (terres o roca) que s'encarrega de dotar de la cota necessària a la calçada amb respecte al terreny original.

5.1.2 DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UN FERROCARRIL

Com definició de transport ferroviari s'estableix el transport mitjançant vehicles que circulen per un camí de rodament fix que els serveix de sustentació i de guia.

Com a exemple d'una secció tipus d'un ferrocarril, s'adjunta la següent imatge.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 16 - Exemple secció tipus FFCC

A la secció tipus es distingeixen les següents zones::

- **Infraestructura.** Terreny base sobre el qual s'assenta la via; també s'anomena explanació o plataforma. La componen, a banda de nombroses obres de defensa (murs de contenció i sosteniment, drenatges, sanejaments, etc.), les anomenades obres de fàbrica (túnel, ponts, viaductes, passos a diferent nivell, etc.)
- **Superestructura.** Comprèn la via pròpiament dita i el conjunt d'aparells i instal·lacions necessàries perquè els trens puguin circular amb garanties d'eficàcia i seguretat, com ara: carrils, travesses, balast o via en placa, aparells de via (p. ex. canvis d'agulla), senyals i balises i elements d'electrificació

Existeixen altre tipus d'elements puntuals dins de la infraestructura ferroviària formats per subestacions elèctriques, estacions, apartadors, baixadors i terminals de mercaderies.

La zona d'assentament de les travesses pot ser de dues tipologies: de tipus balast, consistent en un terraplè de roca solta que absorbeix les càrregues que generen els trens i les transmeten i reparteixen al terreny; o de formigó, denominat via en placa.

Al territori català, en general, la tipologia predominant en els ferrocarrils de major longitud és la via en balast, que necessita un batonada (sacsejada i redistribució de les roques soltes) periòdica per mantenir les condicions d'esponjament i que els ferrocarrils transitin en condicions de seguretat.

5.1.3 ZONES AMB POTENCIAL RENOVABLE I METODOLOGIA DE CàLCUL

Tenint en compte que la principal funció d'aquestes infraestructures és permetre una circulació en condicions de seguretat, no s'han d'instal·lar elements de generació d'energia renovable en aquelles zones que representin un perill potencial, com ara bermes, donat que els vehicles podrien impactar contra ells al no permetre la deformació dels sistemes de contenció, sobre elements de drenatge com cunetes, ja que no permetria la neteja periòdica d'aquests i desembocaria en perills per falta de drenatge a usuaris i plataforma o a la zona entre carrils, que no permetria la conservació ni la batonada de la via.

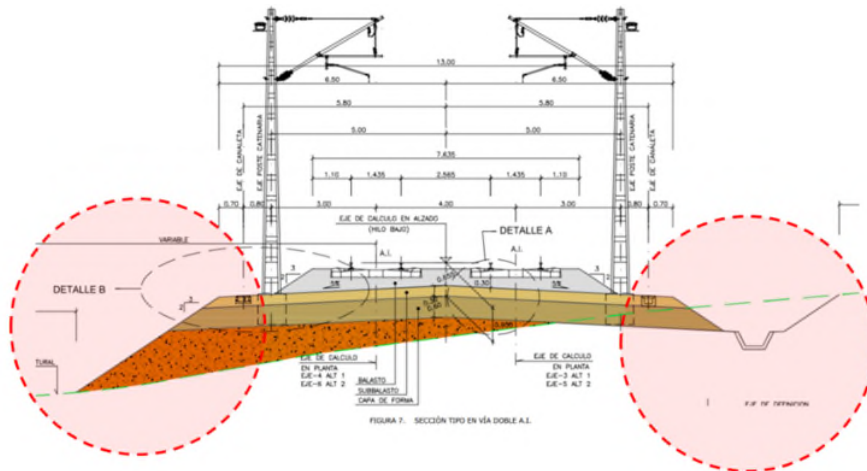
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Adicionalment, per al posterior càlcul del potencial renovable d'aquest estudi, s'ha tingut en compte la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes instal·lats directament sobre el terra.

En conseqüència de tot l'anterior i per a poder tenir un escenari que permeti quantificar el potencial renovable, es planteja la ubicació de panells solars en els terraplens i desmuntats amb les següents particularitats, de cara a un millor aprofitament solar:

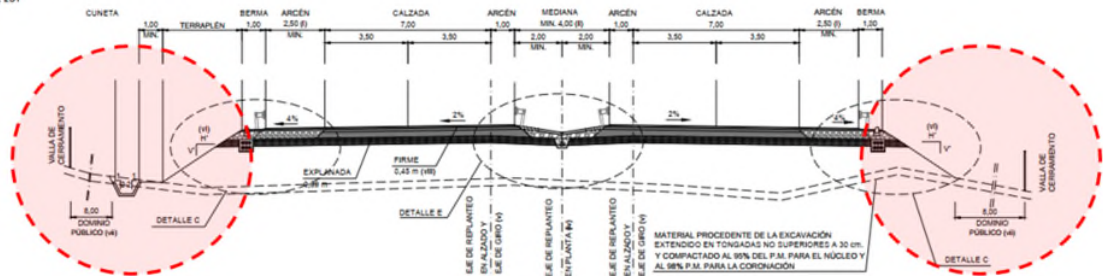
- Inclinació de terreny no superior a 30 graus
- Orientats entre els rangs est-sud, sud i sud-oest
- Zones d'especial densitat forestal (arbres) o de gran densitat d'edificis que produeixin condicions d'ombra

Cal insistir en que aquest exercici permet una quantificació de potencial renovable i en qualsevol cas caldrà validar que les superfícies proposades siguin aptes per a l'ús de generació fotovoltaica i que no presentin cap incompatibilitat amb els actuals usos de les infraestructures.



SECCIÓN TIPO TRONCO

SECCIÓN TIPO AUTOVÍA EN RECTA. TERRAPLÉN (EJE 01)
 SECCIÓN DE FIRME 231



Il·lustració 17 - Zones d'ubicació dels panells solars

Aquest aspecte es veu incrementat en zones puntuals de les infraestructures viàries com ara terminals de mercaderies, enllaços de carreteres o àrees de descans i/o servei. S'adjunten alguns exemples.

No s'han tingut en compte en el present estudi, si bé poden ser objecte d'un estudi particular, les àrees/platges de peatge existents a les autopistes del territori català que ja han sigut desmantellades o ho han de ser

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

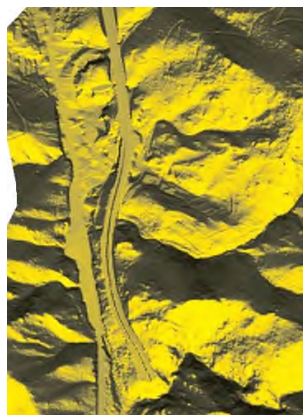
properament. Aquest tipus d'actuacions es poden treballar com a actuacions puntuals addicionals al present estudi.



Il·lustració 18 - Zones de domini públic enllaç autovia T-11 amb autopista AP-7

Per a l'estudi del potencial renovable a Catalunya, s'han emprat eines basades en Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS). Aquestes eines són útils per a treballar amb informació georeferenciada i permeten realitzar una sèrie d'operacions:

- Lectura, edició, emmagatzematge i gestió, de manera general, de dades espacials
- Anàlisi simple o complexos de dades espacials. Aquesta anàlisi es pot dur a terme sobre la component espacial (la localització de cada valor o element) com sobre les components temàtiques (dades associades a l'element, per exemple, superfície, longitud, tipus de sòl, infraestructura a la que està associada, etc.)
- Generació de resultats com ara mapes, informes, gràfics, etc.



Il·lustració 19 - Capa ràster de ombrejats. A les zones de major groc més intens, la incidència solar és més gran

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

- S'han emprat com a dades base les metadades públiques de l'entitat Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya de la Generalitat, definint com a base de partida les següents infraestructures.

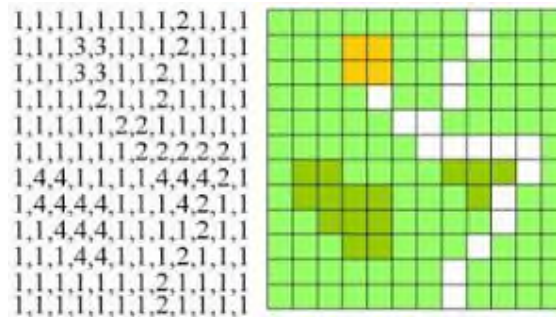
Per a l'anàlisi de el terreny públic, s'han pres com a base per al posterior ajust, les metadades descarregables de cadastre i cobertes de sòl posades a disposició per la Generalitat de Catalunya.

Amb les dades descarregades s'ha realitzat un ajust de les zones de domini públic, per a aconseguir la delimitació d'unes superfícies de terreny compreses entre el sistema de tancament i la zona exterior de les infraestructures lineals compatible amb les necessitats de seguretat dels usuaris de la via.

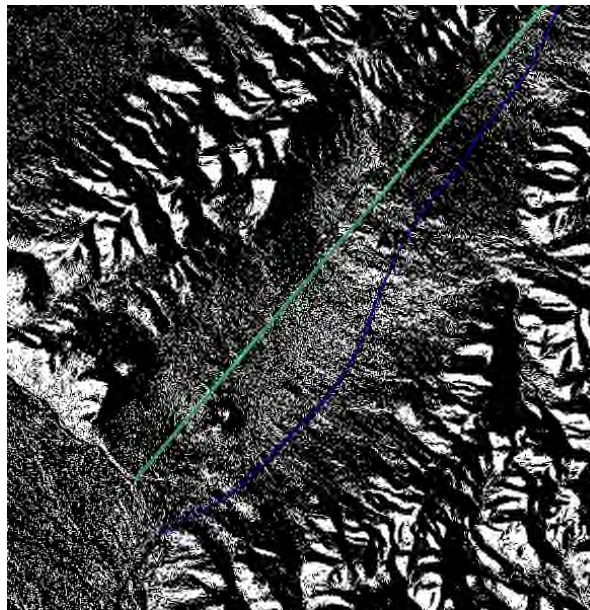
Posteriorment, previ a l'anàlisi de les condicions del terreny (orientació solar, pendent i coberta arbòria) en aquestes zones de domini, es procedeix a descarregar capes ràster amb informació del terreny i tipus de coberta vegetal.

5.1.3.1 ANÀLISIS DELS CONDICIONANTS MITJANÇANT MODELS RÀSTER PER A CARRETERES I FERROCARRILS

Els ràster són models de dades espacials que defineixen l'espai com un conjunt de cel·les de la mateixa mida, ordenades. En la seva forma més simple, un ràster consta d'una matriu de cel·les (o píxels) organitzades en files i columnes (o una quadrícula) on cada cel·la conté un valor que representa informació, com ara altitud, orientació de el terreny, pendent, tipus de sòl, etc.



Il·lustració 20 - Exemple de la forma d'ordenar dades d'un model ràster



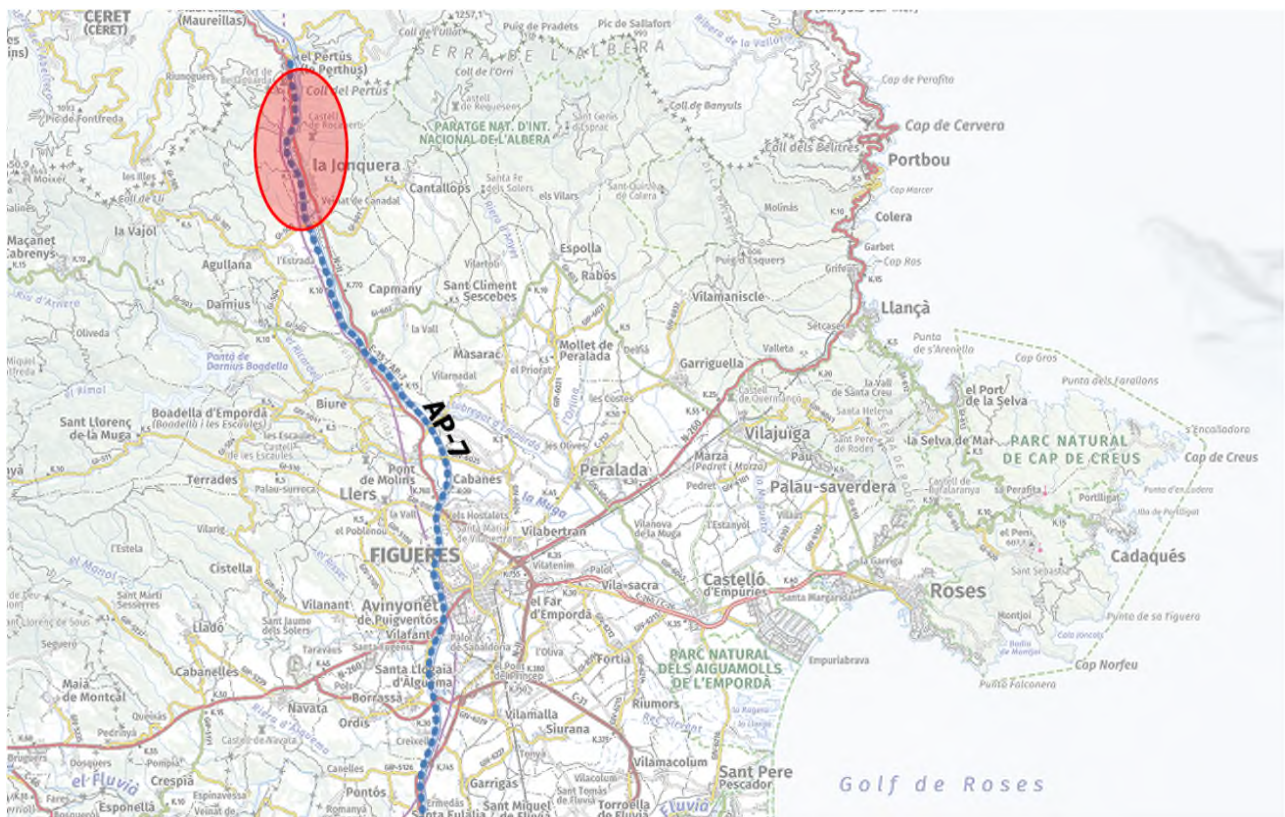
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Il·lustració 21 - Exemple orientacions adequades pel que fa al sol (cel·les blanques) zona límit de província C.A. València

a) Anàlisi de pendents

Per exemplificar d'una manera visual la metodologia emprada es pren una de les zones amb orografia més complexa de la xarxa viària catalana, l'autopista AP-7 en el tram proper a la frontera francesa a La Jonquera.

Per tal que l'exemple sigui més visual, s'ha ampliat la zona de domini públic de manera que s'aprecii més el contrast entre els paràmetres de pendent.



Il·lustració 22 - Traça de l'autopista AP-7 a la província de Girona, tram la Jonquera a prop del límit amb la frontera francesa. Tram d'exemple

El model ràster de major definició existent és l'MDT reixeta 2x2 metres que a la zona d'estudi, una vegada realitzat el seu processament per a l'obtenció de pendents del terreny, mostra un rang de tonalitats ataronjades que varien des de color clar per a pendents de zero graus a colors taronja fosc per a pendents properes a l'angle límit. Totes les superfícies de terreny amb angles per sobre de 30 graus es representen en color negre.

A primer cop d'ull es pot discernir que es tracta d'una zona amb existència de talussos molt verticals que no són aptes per a la instal·lació de panells solars per l'existència de grans zones fosques.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 23 - Exemple visualització anàlisi pendents

Suposant una zona d'estudi com la delimitada en la imatge inferior, s'obté com a zones positives donat que són adequades per pendent, les ombrejades en blanc. La superfície de les zones positives la calcula automàticament el programa: de la superfície ombrejada d'exemple de 59.500 m², resulten aptes un total de 45.960 m².



Il·lustració 24 - Anàlisi zona d'exemple en zona d'estudi ampliada per demostració

b) Anàlisi d'orientacions pel que fa al sud

De la mateixa manera que s'ha realitzat una anàlisi mitjançant la informació dels models ràster amb informació de les cotes de cada punt de l'orografia catalana, s'ha realitzat amb el mateix programari una anàlisi de les orientacions adequades. En aquest cas, suposant que el nord són 0 graus, les orientacions considerades són de 180 a 270 graus.

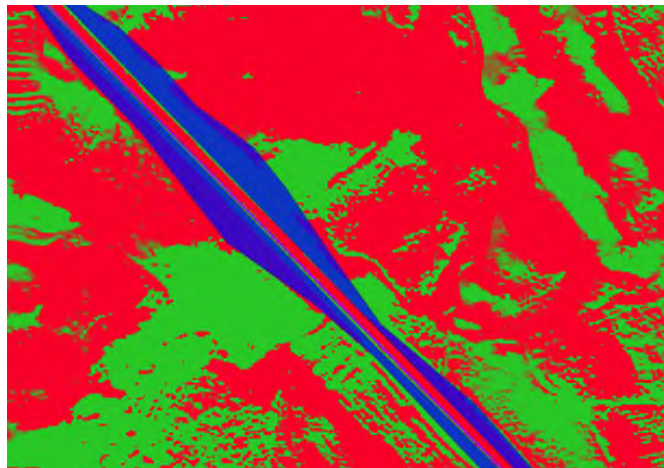
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Anem a exemplificar-ho amb una carretera que tingui una orientació majoritàriament est-oest perquè l'exemple sigui més visual. En aquest cas veiem la traça de l'AVE entre Lleida i Tarragona, al terme municipal de L'Albi. A la imatge veiem dos desmunts paral·lels i amb orientació pel que fa a nord contrària.



Il·lustració 25 - Zona de domini públic

En aquest cas, hem triat representar en color vermell les orientacions no aptes i en verd les aptes, quedant en color blau ombrejat les zones de domini públic amb potencial renovable.



Il·lustració 26 - Anàlisi de zones d'orientació oest-sud-est adequades

Un cop realitzat el tall de superfícies veiem que, el talús més al nord és apte (en color blanc) però l'oposat no ho és (en color negre).

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 27 - Anàlisi de zones d'orientació oest-sud-est adequades en zona de domini

c) Anàlisi de densitat boscosa

Prenent com a dades de partida les dades del Mapa Forestal d'Espanya publicades pel MITECO per a les províncies de Lleida, Barcelona, Girona i Tarragona, s'estableix un filtre mitjançant el percentatge de sòl cobert per arbrat determinant els següents l·lindars:

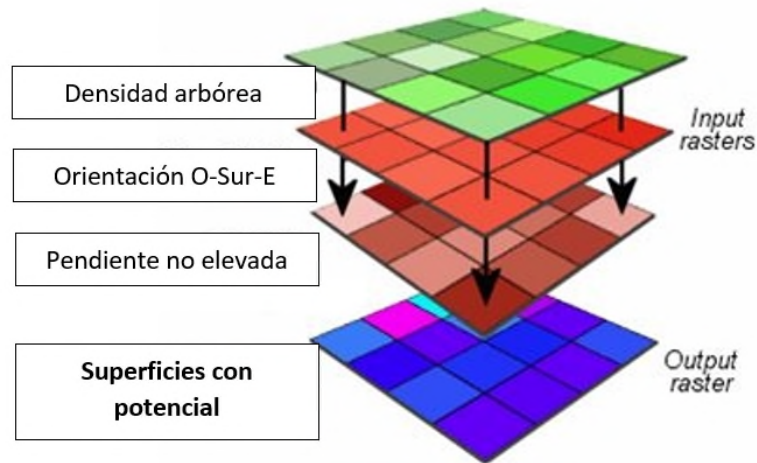
- 0 a 25%: Arbrat res dens o inexistent
- 25 a 50%: Arbrat poc dens
- 50 a 70%: Zona boscosa de densitat mitjana (no viable per a instal·lació de panells solars)
- 70 a 100%: Zona boscosa molt densa (no viable per a instal·lació de panells solars)



Il·lustració 28 - Capa ràster de vegetació i zona estudiada en Streetview

Les superfícies finalment considerades són les resultants de ser aptes segons els tres criteris.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 29 - Esquema de fusió de dades positives raster

Posteriorment es fa una minoració de les superfícies obtingudes per tenir en compte particularitats com:

- Existència d'obres de drenatge o baixants que han de romandre no cobertes.
- Elements de la infraestructura com armaris aforadors, etc.
- Trams en què per amplada o ubicació dispersa no resulta adequada la instal·lació de panells solars.

5.1.4 RESULTATS OBTINGUTS PER A LA XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT I FERROCARRILS

Fent servir la metodologia descrita s'obté que:

- La longitud de la xarxa viària d'alta capacitat estudiada al present estudi és de 1.474,81 km, sent la superfície dins del domini públic 40,49 km² i la superfície amb potencial renovable 5,24 km²
- La longitud dels ferrocarrils estudiats al present estudi és de 1.954,61 km, sent la superfície dins del domini públic 25,29 km² i la superfície amb potencial renovable 1,93 km²

Aquesta superfície quedarà reduïda degut a inviabilitat de la connexió a la xarxa elèctrica (injecció) i l'impossibilitat d'aprofitament com a autoconsum, tal i com s'exposa al subapartat de resum de superfícies d'aquest mateix capítol.

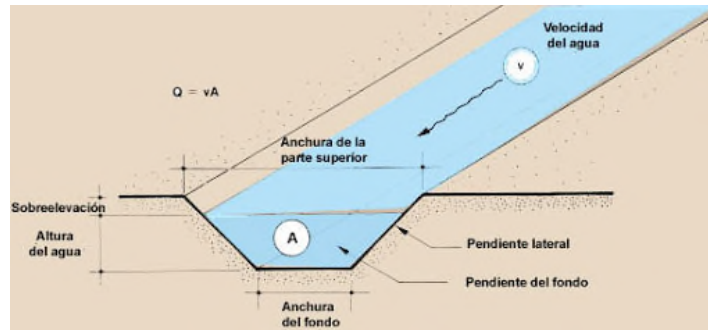
5.2 CANALS

5.2.1 DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UN CANAL

Els canals són obres d'enginyeria civil lineals que tenen la funció de conduir l'aigua per acció de la gravetat des de la captació de rius o embassaments fins a les zones de cultiu, aconseguint dotar d'aquest valuós recurs a malles del territori que no disposen d'ell. Poden ser a cel obert o coberts.

En general els canals tenen una secció tipus trapezoidal, que és la més eficient de cara a suportar les tensions produïdes per l'empenta de l'aigua. En casos on l'amplada disponible no permet el canal trapezoidal, la secció escollida és tipus rectangular.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 30 - Secció tipus d'un canal trapezoidal

Els canals al llarg del seu recorregut estan dotats d'una sèrie d'elements i obres com poden ser controls de nivell, obres de derivació, vessadors, sifons, etc. Complementàriament, als laterals dels canals de més envergadura és comú que s'allotgin camins de terra per a control i manteniment dels mateixos o vertebració del territori rural.

En termes generals, els canals són plans amb pendent longitudinal d'aquests és molt reduït i perden al voltant d'un 20% del cabal transportat en concepte de filtracions i evaporació.

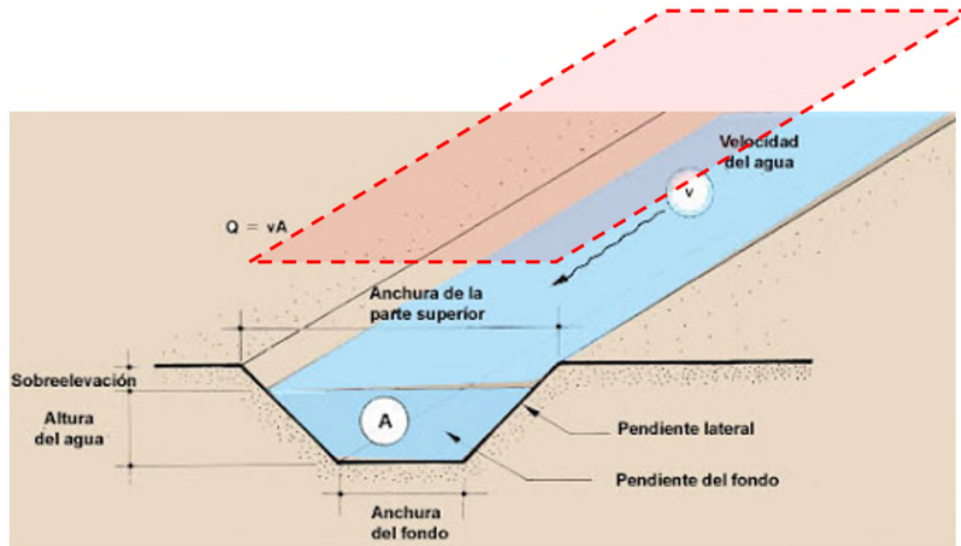


Il·lustració 31 - Canal principal a la marge dreta al Delta de l'Ebre

5.2.2 ZONES AMB POTENCIAL RENOVABLE I METODOLOGIA DE CàLCUL: CANALS

Per al posterior càlcul del potencial renovable d'aquest estudi, s'ha tingut en compte la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes instal·lats sobre el canal.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 32 - Zona d'ubicació dels panells en canals

El càlcul de la superfície aprofitable en canals s'ha realitzat mitjançant bases de dades vectorials en GIS. Es planteja la ubicació dels panells solars en horitzontal a mode de coberta sobre el canal, sense envair els camins laterals.

Aquest sistema, a més de produir energia, evita la radiació sobre l'aigua transportada de manera que es redueix el percentatge de pèrdues de canal en concepte d'evaporació.

D'aquesta manera s'ha associat l'amplada a cada tram de canal, avaluant mitjançant la metodologia anterior, aquells trams que no són adequats per densitat arbòria.



Il·lustració 33 - Canal industrial de Berga amb alta densitat d'arbres

5.2.3 RESULTATS OBTINGUTS PER ALS CANALS

Fent servir la metodologia descrita s'obté que la longitud dels canals estudiats al present estudi és de 918,08 km, sent la superfície dins del domini públic 6,16 km² i la superfície amb potencial renovable 4,28 km².

Aquesta superfície quedarà reduïda degut a inviabilitat de la connexió a la xarxa elèctrica (injecció) i l'impossibilitat d'aprofitament com a autoconsum, tal i com s'exposa al subapartat de resum de superfícies d'aquest mateix capítol.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

5.3 EMBASSAMENTS

5.3.1 DEFINICIÓ I ELEMENTS QUE CONFORMEN UN EMBASSAMENT

Un embassament és un dipòsit de grans dimensions que es forma artificialment -generalment tancant una vall mitjançant un dic o presa- i on s'emmagatzemen les aigües d'un riu amb la finalitat d'utilitzar-les en el reg de terrenys, l'abastament de poblacions, la producció d'energia elèctrica, etc.

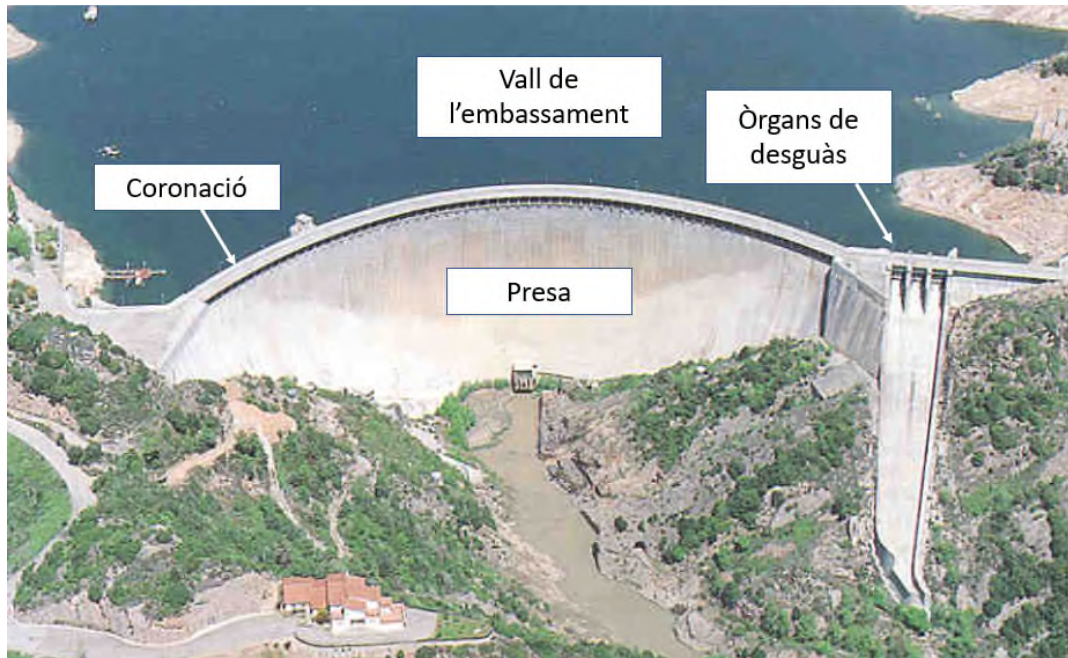
Els embassaments poden classificar-se d'acord amb diversos criteris:

- Segons les dimensions:
 - Grans embassaments: compleixen almenys una de les següents condicions:
 - Alçada superior a 15 m, o
 - Alçada entre 10 i 15 m i:
 - Longitud de coronació superior a 500 m, o
 - Capacitat d'embassament superior a 1,000,000 m³, o
 - Capacitat de desguàs superior a 2,000 m³/s
 - Petits embassaments: la resta
- Segons la tipologia:
 - De materials solts (tant de terra com d'escullera)
 - De gravetat
 - De contraforts
 - De volta
 - De voltes múltiples
 - Mixtes
 - Mòbils

Els elements que componen un embassament són:

- **Vas de l'embassament.** Espai ocupat per l'aigua emmagatzemada, delimitat per la presa i els talussos de la vall.
- **Presa.** Mur d'obra civil la funció del qual és retenir l'aigua emmagatzemada.
 - **Coronació.** Part superior de la presa
 - **Òrgans de desguàs.** Elements que permeten l'alliberament de l'aigua emmagatzemada (per gravetat o controlat mecànicament; a la part superior, a mig fons o al fons):
 - Sobreexidor de superfície
 - Comportes
 - Desguàs de fons i mig fons
 - **Vas esmorteïdor.** Dissipa l'energia de l'aigua abans d'arribar al riu, evitant erosions al peu de la presa (descalçaments).
 - **Cimentació**

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 34 - La Baells. Parts d'un embassament. Font: elaboració pròpia a partir de la imatge del MITECO (SNCZI)

5.3.2 ZONES AMB POTENCIAL RENOVABLE I METODOLOGIA PER A EMBASSAMENTS

De cada embassament o presa, s'ha consultat la fitxa tècnica disponible al SNCZI per obtenir les dades més significatives: conca hidrogràfica, capacitat, superfície de l'embassament a NMN (Nivell Màxim Normal), cota del NMN, titular, ús de l'embassament (hidroelèctric, rec, abastament...), etc.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Ficha técnica de la Presa: BOADELLA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BOADELLA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AGENCIA CATALANA DEL AGUA
Proyectista:	E. PINEDO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	16-12-1969

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MUGA
Municipio:	DARNIUS
Cuenca hidrográfica:	CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA
Provincia:	GERONA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	981015 - 4704322

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	---, ---, ---
Tipos:	Abastecimiento, Hidroeléctrico, Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	182,000
Aportación media anual (hm ³):	64,300
Precipitación media anual (mm):	963,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	1.185,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	363,300
Capacidad a NMN (hm ³):	60,180
Cota del NMN (m):	158,200

4. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	160
Altura desde cimientos (m):	63,000
Longitud de coronación (m):	250
Cota cimentación (m):	97,000
Cota del cauce en la presa (m):	106,010
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	160,000

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuerta TAINTOR
Capacidad (m ³ /s):	748,000

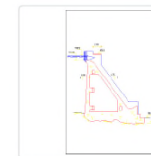
8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	85,000

9. FOTOGRAFÍAS



10. PLANOS



Il·lustració 35 - Fitxa tècnica de la presa de Darnius-Boadella (SNCZI (1/2))

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Embalse

Nombre del embalse	BOADELLA
Id. Hoja 1:50.000	220
Coord. X UTM ED50	486.345
Coord. Y UTM ED50	4.687.816
Volumen útil (Hm³)	62,0
Volumen total (Hm³)	62,0
Superficie del embalse (has)	364
Escala de digitalización del vaso	25.000
Máximo nivel de avenida (m)	0
Máximo nivel normal del embalse (m)	158,5
Cauce	MUGA
Destino del embalse	ENERGIA - RIEGOS - ABASTECIMIENTO
Titular del embalse	COMUNIDAD USUARIOS
Municipio	DARNIUS

Il·lustració 36 - Fitxa tècnica de l'embassament de Darnius-Boadella (SNCZI) (2/2)

A continuació es mostra el llistat d'embassaments estudiats amb les dades més rellevants procedents de les fitxes tècniques disponibles al SNCZI.

Embassament	Capacitat (hm³)	Conca general	Conca	Tipologia	Titular	Aprofitament hidroelèctric	
						(X)	Concessió
Albagés	80.00	Conques intercomunit.	Segre	Terres	ACUAES		-
Baells, la	109.43	Conques internes	Llobregat	Volta doble curvatura	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Balaguer Partidor	1.00	Conques intercomunit.	Segre	Gravetat y mat. solt.	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Borén-Esterri	1.00	Conques intercomunit.	Noguera Pallaresa	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Camarasa	163.40	Conques intercomunit.	Noguera Pallaresa	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Canelles	678.00	Conques intercomunit.	Noguera Ribagor.	Volta doble curvatura	E.N.H.E.R.	X	E.N.H.E.R.
Colomers	1.00	Conques internes	Ter	Comportes	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA		-
Darnius - Boadella	61.10	Conques internes	Muga	Gravetat	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Escales	152.30	Conques intercomunit.	Noguera Ribagor.	Gravetat	FECSA ENHER II	X	FECSA ENHER II
Flix	11.00	Conques intercomunit.	Ebre	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Foix	3.74	Conques internes	Foix	Arc gravetat	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA		-

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Embassament	Capacitat (hm ³)	Conca general	Conca	Tipologia	Titular	Aprofitament hidroelèctric	
						(X)	Concessió
Gaià, el	60.00	Conques internes	Gaià	Mixta terres i gravetat de formigó	REPSOL S.A.		-
Guiamets, els	9.70	Conques intercomunit.	Ebre	Gravetat	C.H.E. - C.R.B.P.		-
Llesp	<1	Conques intercomunit.	Noguera Ribagor.	Gravetat	E.N.H.E.R.	X	E.N.H.E.R.
Llosa del Cavall, la	80.00	Conques internes	Llobregat	Volta doble curvatura	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA		-
Margalef	3.00	Conques intercomunit.	Ebre	Arc gravetat	GENERALITAT DE CATALUNYA		-
Oliana	101.10	Conques intercomunit.	Segre	Gravetat	ESTADO	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Palma d'Ebre, la	1.40	Conques intercomunit.	Torrent de Montblanquets	Terres	GENERALITAT DE CATALUNYA		-
Pasteral, el	2.00	Conques internes	Ter	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Portbou	1.00	Conques internes	Portbou	Arc gravetat	AJUNTAMENT DE PORTBOU		-
Rialb	403.60	Conques intercomunit.	Segre	Gravetat	ESTADO		-
Riba-roja	209.60	Conques intercomunit.	Ebre	Gravetat	E.N.H.E.R.	X	E.N.H.E.R.
Riudecanyes	5.32	Conques internes	Riudecanyes	Arc gravetat	CR DEL PANTÀ DE RIUDECANYES		-
Sant Joan de Toran	<1	Internacional	Garona	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Sant Llorenç de Montgai	10.00	Conques intercomunit.	Segre	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Sant Martí Tous	314.00	Conques internes	Llobregat	Terres	DARPAM		-
Sant Ponç	24.38	Conques internes	Llobregat	Gravetat	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA	X	ELECTRA DEL CARDENER, S.A.
Santa Anna	236.60	Fora del territori Català	Noguera Ribagor.	Gravetat	CHE	X	E.N.H.E.R.
Santa Fe	<1	Conques internes	Tordera	Arc gravetat	POLÍGON INDUSTRIAL CAN SEDÓ S.L.	X	POLÍGON INDUSTRIAL CAN SEDÓ S.L.
Sau	165.26	Conques internes	Ter	Gravetat	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Siurana	12.22	Conques intercomunit.	Ebre	Gravetat	AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA		-
Susqueda	233.00	Conques internes	Ter	Volta doble curvatura	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Talarn o St. Antoni	226.70	Conques intercomunit.	Noguera Pallaresa	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Terradets	33.20	Conques intercomunit.	Noguera Pallaresa	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Toran o Pont de rei	<1	Internacional	Garona	Gravetat	ENDESA GENERACIÓN S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Torrassa	2.00	Conques intercomunit.	Noguera Pallaresa	Gravetat	H.E.C.S.A.	X	H.E.C.S.A.
Utxesa - Seca	4.00	Conques intercomunit.	Segre	Terres	ENDESA GENERACIÓN S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Utxesa - Valleta	4.00	Conques intercomunit.	Segre	Terres	ENDESA GENERACIÓN S.A.	X	ENDESA GENERACIÓN S.A
Vallforners	2.30	Conques internes	Besòs	Terres	DARPAM		-

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Embassament	Capacitat (hm ³)	Conca general	Conca	Tipologia	Titular	Aprofitament hidroelèctric	
						(X)	Concessió
Vilella Baixa	<1	Conques intercomunit.	Montsant	Volta	AJUNTAMENT VILELLA		-

Taula 8 - Llistat d'embassaments estudiats

Pel que fa a la ubicació de les plaques fotovoltaïques flotants dins de l'embassament, és interessant trobar un punt d'equilibri entre els següents criteris:

- Zona amb major radiació solar (generalment, centrada, allunyada dels talussos de la vall)
- Zona lleugerament allunyada del mur de la presa, per no comprometre la seguretat d'aquesta
- Zona allunyada dels sobreeixidors, per no comprometre la seguretat de la presa ni danyar les plaques fotovoltaïques
- Optimitzar la longitud del cable de connexió a la infraestructura elèctrica

És important tenir en compte que no és recomanable ubicar plaques fotovoltaïques sobre el parament de les preses, donat que és necessari que aquest sigui visible per no impedir la visió d'una possible aparició de fuites.

Caldrà definir un perímetre de seguretat al voltant de les plaques flotants per garantir la seguretat de les persones, donat que els embassaments acostumen a tenir un ús recreatiu, i prevenir accions de vandalisme.

Un cop s'ha definit el llistat d'embassaments, s'ha obtingut la superfície de cada embassament en NMN (Nivell Màxim en condicions d'operació Normals) a partir de la font de dades de l'inventari SNCZI del MITECO, consultant la fitxa tècnica.

Per definir la superfície amb potencial renovable de cada embassament, s'ha partit de l'experiència en instal·lacions de plaques fotovoltaïques flotants executades arreu del món, estimant que amb una superfície de plaques fotovoltaïques equivalent al 5% de la superfície de l'embassament en NMN, es pot aconseguir produir l'equivalent en energia a l'aconseguit amb l'aprofitament hidroelèctric existent (veure la figura a continuació).

Dam/reservoir	Country	Reservoir size (km ²)	Hydropower (GW)	Percentage of reservoir area required for FPV to match dam's hydropower capacity (%)
Bakun Dam	Malaysia	690	2.4	3
Lake Volta	Ghana	8,500	1.0	<1
Guri Dam	Venezuela	4,250	10.2	2
Sobradinho "Lake"	Brazil	4,220	1.0	<1
Aswan Dam	Egypt	5,000	2.0	<1
Attaturk Lake and Dam	Turkey	820	2.4	3
Narmada Dam	India	375	1.5	4

Source: Authors' compilation.

Note: GW = gigawatt; km² = square kilometer; PV = fotovoltaic

Il·lustració 37 - Mida de l'embassament i generació d'energia estimada per als aprofitaments hidroelèctrics seleccionats i potencial de les plaques fotovoltaïques flotants (FPV) per igualar la capacitat hidroelèctrica de l'embassament. Font: Where sun meets water. Floating solar market report.

La següent taula mostra la superfície a NMN i la superfície de plaques fotovoltaïques flotants (equivalent al 5% de la superfície a NMN) de cada embassament estudiat.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Embassament	Capacitat (hm ³)	Superfície a NMN (ha)	Superfície FPV (ha)
Albagés*	80.00	390.00	19.50
Balaguer Partidor	1.00	42.00	2.10
Baells, la	109.43	355.00	17.75
Borén-Esterri	1.00	10.00	0.50
Camarasa	163.40	624.00	31.20
Canelles	678.00	1 569.00	78.45
Colomers	1.00	70.00	3.50
Darnius - Boadella	61.10	364.00	18.20
Escales	152.30	400.00	20.00
Flix	11.00	320.00	16.00
Foix	3.74	69.00	3.45
Gaià, el	60.00	326.00	16.30
Guiamets, els	9.70	62.00	3.10
Llesp	<1	14.00	0.70
Llosa del Cavall, la	80.00	323.00	16.15
Margalef	3.00	32.00	1.60
Oliana	101.10	443.00	22.15
Palma d'Ebre, la	1.40	16.50	0.83
Pasteral, el	2.00	35.00	1.75
Portbou	1.00	1.00	0.05
Rialb	403.60	1 505.00	75.25
Riba-roja	209.60	2 059.00	102.95
Riudecanyes	5.32	40.00	2.00
Sant Joan de Toran	<1	1.00	0.05
Sant Llorenç de Montgai	10.00	131.00	6.55
Sant Martí de Tous	314.00	980.00	49.00
Sant Ponç	24.38	139.00	6.95
Santa Anna	236.60	768.00	38.40
Santa Fe	<1	7.00	0.35
Sau	165.26	570.00	28.50
Siurana	12.22	85.00	4.25
Susqueda	233.00	463.00	23.15
Talarn o St. Antoni	226.70	927.00	46.35
Terradets	33.20	330.00	16.50
Toran o Pont de rei	<1	2.00	0.10
Torrassa	2.00	49.00	2.45
Utxesa - Seca	4.00	120.00	6.00

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Utxesa - Valleta	4.00	74.00	3.70
Vallforners	2.30	11.00	0.55
Vilella Baixa	<1	3.00	0.15
TOTAL		13729.50 ha	686.48 ha
		137.30 k m ²	6.86 km ²

*Es té en compte la presa d'Albagés, actualment en construcció, donat que també suposa un potencial per a la instal·lació de plaques fotovoltaïques flotants

Taula 9 - Superfície dels embassaments estudiats

Un cop aplicat aquest 5% a la superfície de l'embassament, s'ha verificat, amb dades provinents de l'Agència Catalana de l'Aigua, per als embassaments principals (Sau, Susqueda, La Baells, La Llosa del Cavall, Sant Ponç, Darnius-Boadella), que la superfície de plaques fotovoltaïques flotants és inferior a la de la superfície mínima registrada en esdeveniments de sequera (coincidents en 2003 o 2008, segons el cas). D'aquesta manera s'evita comprometre la seguretat de la presa i l'ocupació de les marges de l'embassament.

A continuació es mostra la comprovació de les preses més importants amb els registres de superfície mínima aportats per l'ACA.

Embassament	Superfície FV (ha)	Superfície MÍN (ha)	Sup. FPV < Sup. MÍN
Baells, la	17.75	108.00	Sí
Darnius - Boadella	18.20	126.45	Sí
Sant Ponç	6.95	67.87	Sí
Sau	28.50	188.56	Sí
Susqueda	23.15	244.00	Sí

Taula 10 - Comprovació de superfície FV vs. Superfície mínima registrada




Aquesta superfície quedarà reduïda degut a inviabilitat de la connexió a la xarxa elèctrica (injecció) i l'impossibilitat d'aprofitament com a autoconsum, tal i com s'exposa al subapartat de resum de superfícies d'aquest mateix capítol.

5.4 AEROPORTS, PORTS, ZONES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES

5.4.1 AEROPORTS

Feta la corresponent consulta al gestor de la infraestructura, a continuació es detalla la superfície disponible amb potencial renovable de tota la seva infraestructura:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Aeroport	Superfície disponible (km2)	Ubicació
Lleida - Alguaire	0,11	
Andorra - La Seu d'Urgell	0,028	
Aeròdrom de la Cerdanya	0,004	
TOTAL	0,142	

Taula 11 - Resum de superfícies als aeroports de Catalunya

5.4.2 PORTS

En base a l'estudi de la documentació gràfica de 16 ports de Catalunya, s'ha identificat la següent superfície amb potencial renovable, la qual inclou tant superfície en cobertes com en aparcaments existents:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Infraestructura	Cobertes (m2)	Aparcaments (m2)	TOTAL (m2)
Port Arenys	18.887	10.647	29.534
Port Vilanova	14.390	13.237	27.627
Port Ametlla de Mar	4.362	6.059	10.421
Port L'Ampolla	921		921
Port Indus. D'Alcanar	1.267		1.267
Port Deltebre	979	377	1.356
Port cases d'Alcanar	1.023		1.023
Port St. Carles de la Ràpita	6.824	2.972	9.796
Port de la Selva	1.166		1.166
Port de Roses	5.032	6.004	11.036
Port de l'Escala	4.113	971	5.084
Port Estartit	3.212	2.122	5.334
Port de Palamós	11.826	5.400	17.226
Port Sant Feliu de Guíxols	3.138	1.380	4.518
Port de Blanes	4.884	3.856	8.740
Port de Llançà	1.111	315	1.426

Taula 12 - Resum de superfícies als Ports de Catalunya

La infraestructura portuària a Catalunya està formada per 37 ports/embarcadors, entre el que cal incloure el Port de Barcelona i Tarragona, pel que s'ha assumit que el total de la superfície amb potencia renovable és de 0,32 km2

5.4.3 ZONES LOGÍSTIQUES

La superfície disponible a les zones logístiques incloses en aquest estudi es troba resumida a la següent taula:

Emplaçament	Superfície disponible (km2)
Alguaire	0,59
CIM Lleida	0,01
Far Empordà	0,06
Logis Bages Sallent	0,02
TOTAL	0,68

Taula 13 - Resum de superfícies disponibles per a Zones Logístiques

5.4.4 ALTRES INFRAESTRUCTURES

Tal i com s'ha explicat anteriorment, s'han estudiat com a altres infraestructures 53 estacions d'autobusos en servei dins el territori català. En aquestes, s'ha estimat una superfície disponible de 0,13 km2 en total, xifra que s'obté suposant una superfície disponible de 250m2 per cada estació.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

5.5 RESUM DE SUPERFÍCIES

A continuació es detallen les superfícies que s'han obtingut segons la metodologia que s'ha explicat anteriorment.

Tal i com s'ha explicat, les superfícies amb potencial renovable de la xarxa viària d'alta capacitat, ferrocarrils, canals i embassaments es veuen minoritzades per la inviabilitat de la connexió a la xarxa elèctrica i per l'impossibilitat d'aprofitament com a autoconsum.

Per a poder obtenir resultats en el present estudi, s'ha considerat un aprofitament d'un 30% de les superfícies amb potencial renovable de totes les infraestructures per efecte de la connexió a la xarxa elèctrica. Per a obtenir dades més precises, caldria particularitzar aquest percentatge a cada tipus d'infraestructura i, posteriorment a cada infraestructura en particular. Així doncs cal entendre que la correcció de superfícies per efecte de la connexió a la xarxa elèctrica es basa en una hipòtesis, la qual pot ser ajustada tota vegada que es treballi en una infraestructura en concret.

Infraestructura lineal	Longitud de la xarxa considerada (km)	Superfície dins del domini públic considerada (km ²)	Superfície amb potencial renovable (km ²)	Superfície corregida viabilitat connexió elèctrica (km ²)
Autovies i autopistes	1.474,81	40,49	5,24	1,57
Ferrocarrils (convencional i alta velocitat)	1.954,61	25,29	1,93	0,58
Canals	918,08	6,16	4,28	1,28
TOTAL INFRA LINEALS	4.347,50	71,93	13,02	3,43

Taula 14 - Resum de superfícies per a les infraestructures lineals

Infraestructura puntual	Superfície disponible (km ²)	Superfície amb potencial renovable (km ²)	Superfície corregida viabilitat connexió elèctrica (km ²)
Embassaments	137,30	6,86	2,06
Aeroports	N/A	0,14	0,14
Ports	N/A	0,32	0,32
Zones logístiques	N/A	0,68	0,68
Altres infraestructures	N/A	0,13	0,13
TOTAL INFRA PUNTUALS	141,67	8,29	3,33

Taula 15 - Resum de superfícies per a les infraestructures puntuals

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

6 BLOC 4: CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR

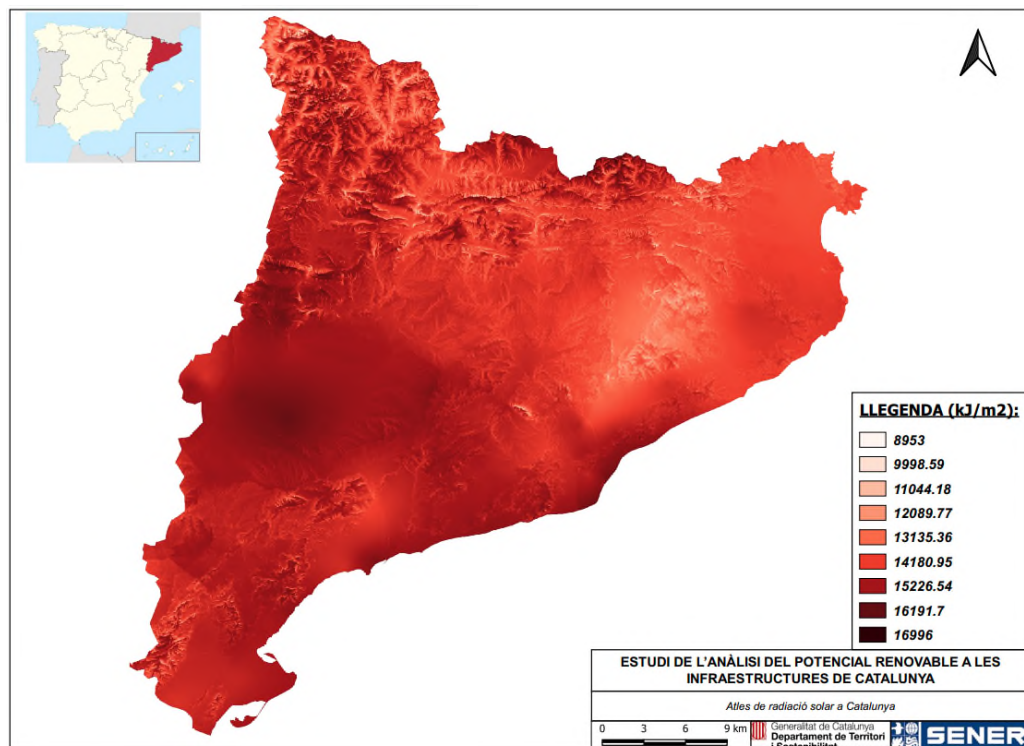
6.1 INFORMACIÓ BASE, RADIACIÓ EN EL CONJUNT TERRITORI DE CATALUNYA I METODOLOGIA DE CÀLCUL DE LA RADIACIÓ EN UNA ÀREA DETERMINADA

Per a l'obtenció dels nivells de radiació de les zones amb potencial renovable s'ha pres com a base de dades de referència l'Atles de radiació solar a Catalunya, publicat per la Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria Comerç i Turisme Institut Català d'Energia en col·laboració amb la Universitat Politècnica de Catalunya.

El darrer Atles de radiació solar a Catalunya, que l'ICAEN va publicar l'any 2001 en format ràster, té una resolució alta (1 enreixat o grid de 100 x 100 metres). A més de la informació sobre la radiació solar obtinguda amb diverses estacions de mesura al llarg de 15 anys, inclou informació sobre els obstruccions produïdes per l'altitud del terreny en cada punt del territori català.

La metodologia emprada per a elaborar l'Atles incorpora dos models: el primer, anomenat ALTITUD, té l'objectiu de determinar la distribució de la radiació solar sobre el territori català a partir de les estacions de mesurament existents, tenint en compte les variacions de la radiació segons l'altitud, i el segon, anomenat TOPOGRAFIA, té l'objectiu d'incorporar les obstruccions a la radiació solar produïdes per la topografia.

La metodologia permet obtenir la radiació global en cada punt de la superfície de Catalunya, amb una cel·la de 100 x 100m, descomposta en les seves 3 components: directa, difosa i reflectida.



Il·lustració 38 - Mapa de radiacions solars diàries en kJ/m² obtingudes de l'Atles de radiació solar a Catalunya 2000.

Segons l'Atles de radiació solar de Catalunya, les dades de la radiació global diària que rep la superfície de Catalunya en la seva mitjana anual són (superfície horitzontal):

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Radiació global diària de la superfície de Catalunya		
Minimum value	6,09	MJ/m2·dia
Maximum value	17,13	MJ/m2·dia
Mean value	14,60	MJ/m2·dia

Taula 16 - Mitjana anual de la radiació global diària de la superfície de Catalunya (pla horitzontal)

Mitjançant el software QGIS, es poden executar anàlisis estadístiques i aplicar filtres. Per a obtenir una radiació global diària més precisa, s'han aplicat els següents filtres:

- S'han eliminat les zones amb elevació sobre el nivell del mar per sobre dels 1.000 metres, per considerar-se que zones les zones amb major altitud tenen menys infraestructures elèctriques disponibles i majors inconvenients des d'un punt de vista ambiental i paisatgístic.
- S'han eliminat les zones amb radiació global diària mitjana inferior a 8.900 kJ/m² per ser, segons bibliografia consultada, zones de baixa radiació on la viabilitat de la tecnologia solar pot estar compromesa



Il·lustració 39 - Zones del territori català amb cota major als 1.000 metres i radiació global diària < 8900kJ/m2(en negre).

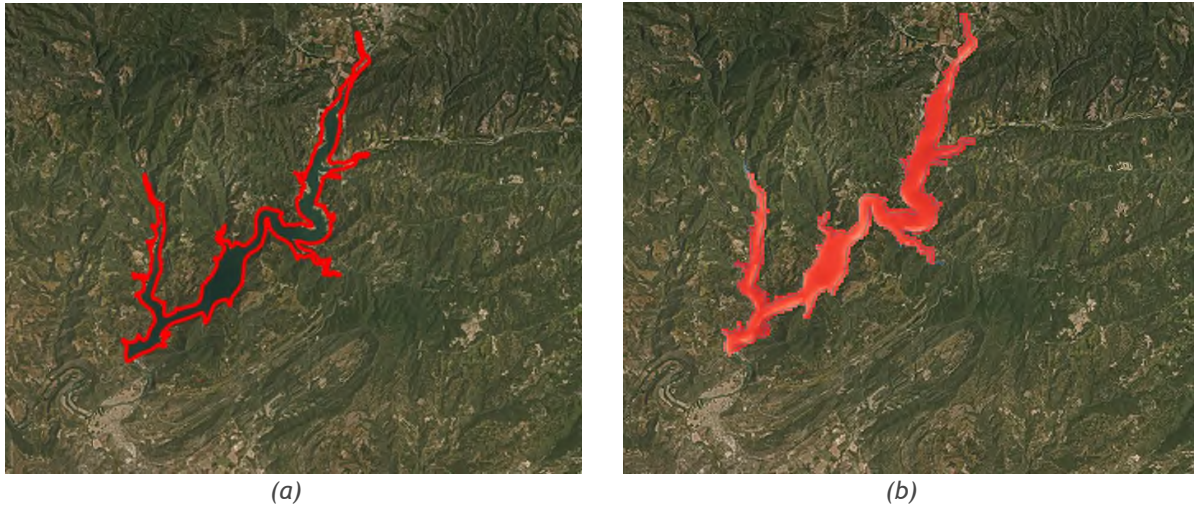
Havent aplicat els filtres, les dades de la radiació global diària que rep la superfície de Catalunya en la seva mitjana anual són:

Radiació global diària de la superfície de Catalunya eliminant zones de baixa radiació o alçada > 1000 m		
Minimum value	8,90	MJ/m2·dia
Maximum value	16,20	MJ/m2·dia
Mean value	14,62	MJ/m2·dia

Taula 17 - Mitjana anual de la radiació global diària de la superfície de Catalunya >1000m i >8,9 MJ/m2·dia (pla horitzontal)

Adicionalment, es poden executar anàlisis estadístiques de zones concretes del mapa, com poden ser embassaments, zones potencials de carreteres i ferrocarrils i altres elements delineats. S'adjunta un exemple:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 40 - Embassament de Rialb. (a) Capa en format shape (Agència Catalana de l'Aigua) i (b) intersecció entre el delineat ACA i el Mapa de radiacions solars diàries en kJ/m^2 de l'Atles de radiació solar a Catalunya.

En aquest cas, el programa dóna com a sortida de l'estudi estadístic de les radiacions de l'embassament de Rialb, en kJ/m^2 , els següents valors:

- Valor mínim: 13049
- Valor màxim: 14672
- Rang: 1623
- Suma: 21322577
- Mitja: 14196.12316910786
- Desviació estàndard: 284.5037853407695
- Suma dels quadrats: 121494548.2137132

6.2 CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN CARRETERES I FERROCARRILS

6.2.1 RADIACIÓ EN SUPERFÍCIE HORIZONTAL

Segons l'Atles de radiació solar de Catalunya, les dades de les mitjanes anuals de radiació global diària per a aquestes infraestructures són (superfície horitzontal):

INFRAESTRUCTURA	Mitjana anual Radiació global diària
	$\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{dia}$
Xarxa viària d'alta capacitat	14,63
Ferrocarrils	14,73

Taula 18 - Mitjana anual de radiació global diària per a la xarxa viària d'alta capacitat i ferrocarrils (pla horitzontal)

Per al càlcul del potencial renovable d'aquest estudi s'ha tingut en compte la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes instal·lats directament a terra.

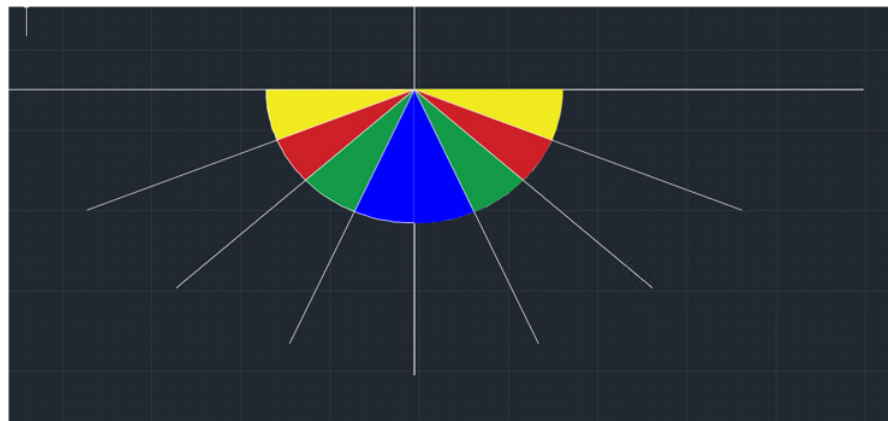
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

A partir del valor de la radiació sobre superfície horitzontal, cal estimar com canvia la radiació incident sobre el mòdul quan aquests estiguin situats sobre el terreny, amb la seva inclinació. A tal efecte, s'ha calculat la inclinació mitjana del terreny en funció de la seva orientació.

6.2.2 INCLINACIÓ MITJANA SEGONS L'ORIENTACIÓ AL SOL

Emprant les dades dels models digitals de terreny (MDT) en format ràster amb pas de malla de 25 metres posats a disposició pel Centre Nacional d'Informació Geogràfica (CNIG), s'ha realitzat l'estudi de les inclinacions mitjanes del terreny en funció de la seva orientació. A mode de comparació, aquest exercici s'ha realitzat pel conjunt del territori català i, posteriorment, pel conjunt de la superfície amb potencial renovable de les xarxes viàries d'alta capacitat i dels ferrocarrils catalans:

Orientació	Orientació (color identificatiu)	Inclinació mitjana (graus) de la superfície de Catalunya	Inclinació mitjana de la zona amb potencial renovable (graus)	Superfície (km2) de la zona amb potencial renovable de la xarxa viària d'alta capacitat	Superfície (km2) de la zona amb potencial renovable dels ferrocarrils
Sense orientació ni inclinació (pla horitzontal)	-	-	-	0,02	0,01
Entre -15º i +15º graus	0º - Sud	1,09	2,36	0,94	0,35
Entre -45º i +45º graus, excloent entre -15º i +15º	30º Sudest + 30º Sudoest	2,10	4,58	1,83	0,67
Entre -75º i +75º graus, excloent entre -45º i +45º	60º Sudest + 60º Sudoest	1,91	4,11	1,67	0,61
Entre -90º i +90º graus, excloent entre -75º i +75º	90º Est + 90º Oest	0,91	1,96	0,79	0,29
			TOTAL	5,24	1,93



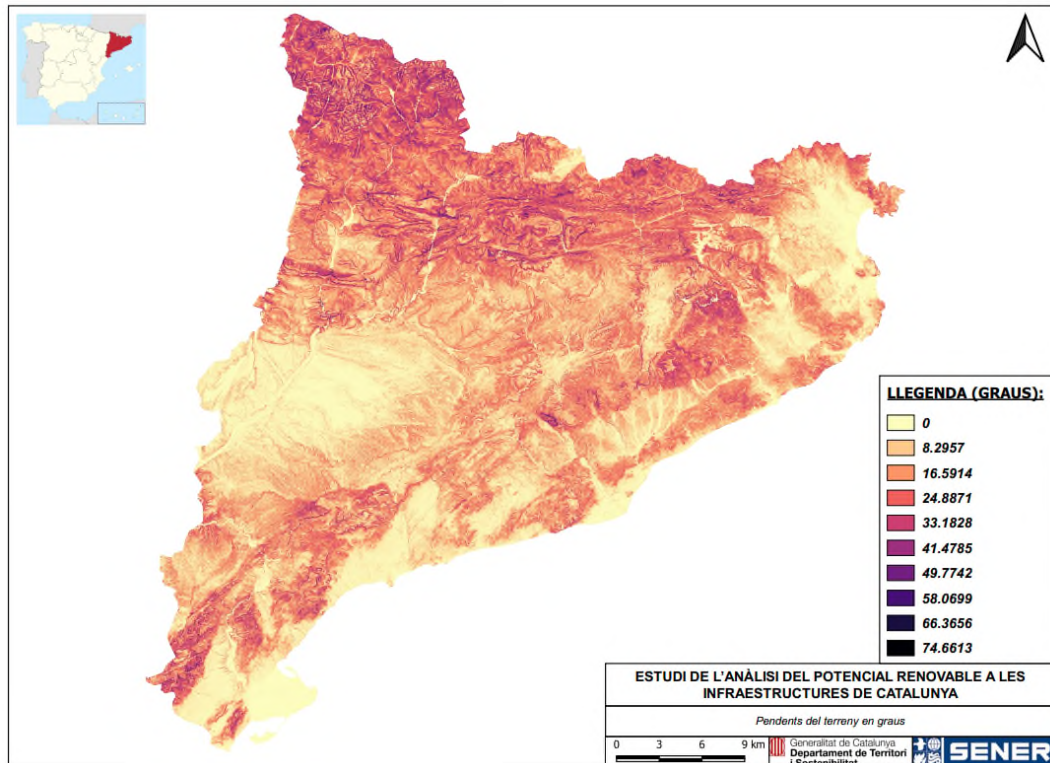
Taula 19 - Inclinació mitjana del territori català, en funció de la seva orientació

Per a realitzar aquest exercici s'han realitzat diverses anàlisis mitjançant el programari QGIS tal i com s'explica a continuació.

6.2.2.1 ANÀLISI DE LES PENDENTS DE EL TERRENY EN GRAUS

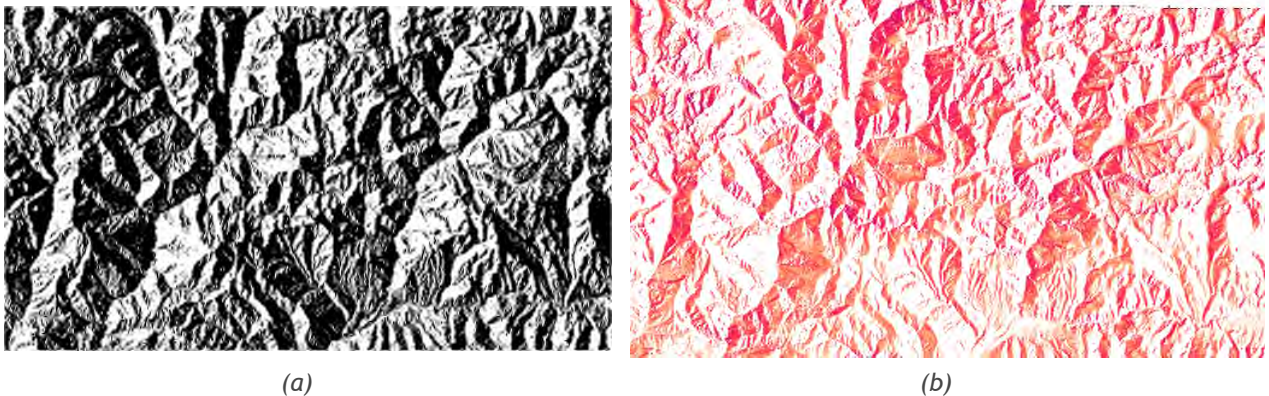
Primerament, es realitza l'anàlisi de la inclinació del territori català.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 41 - Mapa de pendents en graus obtingudes MDT25 de l'CNIG

Posteriorment s'executa una consulta per hipòtesi (p.e. entre -90° i $+90^\circ$) mitjançant QGis a l'MDT de manera que en cadascuna de les consultes s'obtingui les zones de terreny amb orientació compresa en cadascuna de les hipòtesis.



Il·lustració 42 - Zona d'exemple. (a) Capa format ràster d'orientacions entre -90° i $+90^\circ$ graus (zones que compleixen en color blanc) i (b) capa format ràster de pendents del terreny (graus) de zones amb orientació compresa entre -90° i $+90^\circ$

Després de l'anàlisi anterior s'executa una anàlisi estadística dels valors de la capa final, obtenint-se els valors mitjans de pendent un cop eliminades les zones d'altitud major a 1.000 metres i radiació menor a 8.900 kJ/m^2 .

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 43 - En rangs de colors del groc (pendents baixes) al morat (pendents elevats), les zones orientades entre els -45° i $+45^\circ$

6.2.3 RADIACIÓ EN SUPERFÍCIE INCLINADA

Per a calcular la radiació incident sobre el mòdul amb la inclinació pròpia del terreny, s'han utilitzat les dades de radiació global diària per a diverses estacions meteorològiques per a superfícies inclinades, incloses en l'annex 4 de la publicació de l'Atlas de Radiació Solar de Catalunya, considerant el valor de la radiació a una determinada inclinació com la part proporcional (lineal) entre les inclinacions superior i inferior.

Orientació 0° - Sud				
Radiació global diària (MJ/m ² ·dia)	inclinació			Increment a $2,36^\circ$ (%)
	0	5	2,36	
ESTACIÓ				
Barcelona	15,04	15,71	15,36	1,021
Girona	14,30	14,96	14,61	1,022
Lleida-Raimat	14,47	15,00	14,72	1,017
Tarragona	15,79	16,50	16,12	1,021
Manresa	14,90	15,55	15,21	1,021
St. Pere Pescador	13,88	14,48	14,16	1,020
Sort	14,68	15,36	15,00	1,022
Tortosa	15,05	15,73	15,37	1,021
Veciana	15,79	16,52	16,13	1,022
Increment mitjà				1,021

Orientació 30° Sudest + 30° Sudoest				
Radiació global diària (MJ/m ² ·dia)	inclinació			Increment a $4,58^\circ$ (%)
	0	5	4,58	
ESTACIÓ				
Barcelona	15,04	15,62	15,57	1,035
Girona	14,30	14,87	14,82	1,036
Lleida-Raimat	14,47	14,93	14,89	1,029
Tarragona	15,79	16,41	16,36	1,036
Manresa	14,90	15,47	15,42	1,035
St. Pere Pescador	13,88	14,41	14,37	1,035
Sort	14,68	15,27	15,22	1,037
Tortosa	15,05	15,64	15,59	1,036
Veciana	15,79	16,43	16,38	1,037
Increment mitjà				1,035

Orientació 60° Sudest + 60° Sudoest				
Radiació global diària (MJ/m ² ·dia)	inclinació			Increment a $4,11^\circ$ (%)
	0	5	4,11	
ESTACIÓ				
Barcelona	15,04	15,38	15,32	1,019
Girona	14,30	14,64	14,58	1,020
Lleida-Raimat	14,47	14,74	14,69	1,015
Tarragona	15,79	16,15	16,09	1,019
Manresa	14,90	15,23	15,17	1,018
St. Pere Pescador	13,88	14,19	14,13	1,018
Sort	14,68	15,03	14,97	1,020
Tortosa	15,05	15,40	15,34	1,019
Veciana	15,79	16,16	16,09	1,019
Increment mitjà				1,019

Orientació 90° Est + 90° Oest				
Radiació global diària (MJ/m ² ·dia)	inclinació			Increment a $1,96^\circ$ (%)
	0	5	1,96	
ESTACIÓ				
Barcelona	15,04	15,05	15,04	1,000
Girona	14,30	14,32	14,31	1,001
Lleida-Raimat	14,47	14,47	14,47	1,000
Tarragona	15,79	15,80	15,79	1,000
Manresa	14,90	14,91	14,90	1,000
St. Pere Pescador	13,88	13,89	13,88	1,000
Sort	14,68	14,70	14,69	1,001
Tortosa	15,05	15,06	15,05	1,000
Veciana	15,79	15,80	15,79	1,000
Increment mitjà				1,000

Taula 20 - Càlcul de l'increment de la radiació (%) del pla inclinat respecte al pla horitzontal, en funció de la seva orientació

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Així, per obtenir la radiació solar en les superfícies inclinades s'ha aplicat el factor de correcció corresponent a la seva orientació.

Orientació	Radiació global diària pla inclinat (MJ/m ² ·dia)	Superfície (km ²) de la zona amb potencial renovable de la xarxa viària d'alta capacitat	Orientació	Radiació global diària pla inclinat (MJ/m ² ·dia)	Superfície (km ²) de la zona amb potencial renovable dels ferrocarrils
-	14,63	0,02	-	14,73	0,01
0º - Sud	14,93	0,94	0º - Sud	15,04	0,35
30º Sudest + 30º Sudoest	15,14	1,83	30º Sudest + 30º Sudoest	15,25	0,67
60º Sudest + 60º Sudoest	14,90	1,67	60º Sudest + 60º Sudoest	15,01	0,61
90º Est + 90º Oest	14,63	0,79	90º Est + 90º Oest	14,74	0,29
		5,24			1,93

Taula 21 - Càlcul de la mitjana anual de la radiació global diària en pla inclinat, en funció de la seva orientació

6.3 CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN CANALS

Les dades de les mitjanes anuals de radiació global diària per a aquestes infraestructures són (superfície horitzontal):

INFRAESTRUCTURA	Mitjana anual Radiació global diària
	MJ/m ² ·dia
Canals	15,31

Taula 22 - Mitjana anual de la radiació global diària en canals (pla horitzontal)

Per al càlcul del potencial renovable d'aquest estudi s'ha tingut en compte la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes instal·lats sobre els canals amb una inclinació de 32,5°, ja que es considera que és la inclinació òptima donada la latitud del conjunt del territori català.

Per a calcular la radiació incident sobre el mòdul a aquesta inclinació, s'han utilitzat les dades de radiació global diària per a diverses estacions meteorològiques per a superfícies inclinades, incloses en l'annex 4 de la publicació de l'Atlas de Radiació Solar de Catalunya. S'ha considerat el valor de la radiació a 32,5° com la part proporcional (lineal) entre els valors a 30° i 35°.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Orientació 0° - Sud					
Radiació global diària (MJ/m2·dia)	inclinació				Increment a 32,5°
	0	30	35	32,50	(%)
ESTACIÓ					
Barcelona	15,04	17,65	17,73	17,69	1,176
Girona	14,3	16,9	17	16,95	1,185
Lleida-Raimat	14,47	16,35	16,34	16,35	1,130
Tarragona	15,79	18,55	18,64	18,60	1,178
Manresa	14,9	17,4	17,47	17,44	1,170
St. Pere Pescador	13,88	16,22	16,29	16,26	1,171
Sort	14,68	17,38	17,49	17,44	1,188
Tortosa	15,05	17,7	17,7	17,70	1,176
Veciana	15,79	18,65	18,75	18,70	1,184
Increment mitjà					1,173

Taula 23 - Càlcul de l'increment de la radiació (%) del pla inclinat respecte al pla horitzontal

D'aquesta forma, les dades de les mitjanes anuals de radiació global diària per a aquestes infraestructures a 32,5° són:

Orientació	Radiació global diària pla inclinat (MJ/m2·dia)	Superfície (km2) de la zona amb potencial renovable de canals
0° - Sud	17,96	4,28

Taula 24 - Càlcul de la mitjana anual de la radiació global diària en pla inclinat

6.4 CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN EMBASSAMENTS

Segons l'Atles de radiació solar de Catalunya, les dades de les mitjanes anuals de radiació global diària per a aquestes infraestructures són (superfície horitzontal):

INFRAESTRUCTURA	Mitjana anual Radiació global diària
	MJ/m2·dia
Embassaments	14,27

Taula 25 - Mitjana anual de radiació global diària en embassaments (pla horitzontal)

Per al càlcul del potencial renovable d'aquest estudi s'ha tingut en compte la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes flotants amb una inclinació de 10°.

Per a calcular la radiació incident sobre el mòdul a aquesta inclinació, s'han utilitzat les dades de radiació global diària per a diverses estacions meteorològiques per a superfícies inclinades, incloses en l'annex 4 de la publicació de l'Atles de Radiació Solar de Catalunya. S'ha considerat el valor de la radiació a 10°.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Orientació 0° - Sud			
Radiació global diària (MJ/m2·dia)	inclinació		Increment a 10° (%)
	0	10	
ESTACIÓ			(%)
Barcelona	15,04	16,29	1,083
Girona	14,3	15,53	1,086
Lleida-Raimat	14,47	15,45	1,068
Tarragona	15,79	17,12	1,084
Manresa	14,9	16,11	1,081
St. Pere Pescador	13,88	15,01	1,081
Sort	14,68	15,96	1,087
Tortosa	15,05	16,32	1,084
Veciana	15,79	17,15	1,086
Increment mitjà			1,082

Taula 26 - Càlcul de l'increment de la radiació (%) del pla inclinat respecte al pla horitzontal

D'aquesta forma, les dades de les mitjanes anuals de radiació global diària per a aquestes infraestructures a 10° són:

Orientació	Radiació global diària pla inclinat (MJ/m2·dia)	Superfície (km2) de la zona amb potencial renovable d'embassaments
0° - Sud	15,45	6,86

Taula 27 - Càlcul de la mitjana anual de la radiació global diària en pla inclinat

6.5 CARACTERITZACIÓ DE LA RADIACIÓ SOLAR EN AEROPORTS, PORTS, ÀREES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES

Degut a la gran capil·laritat d'aquestes infraestructures i a no disposar de informació gràfica GIS de les superfícies disponibles, per a aquestes infraestructures s'han fet servir les dades de radiació global diària de la superfície de Catalunya per al càlcul de potencial renovable.

INFRAESTRUCTURA	Mitjana anual Radiació global diària
	MJ/m2·dia
Aeroports, ports i altres infraestructures	14,62

Taula 28 - Mitjana anual de radiació global diària en altres infraestructures (pla horitzontal)

Per al càlcul del potencial renovable d'aquest estudi s'ha tingut en compte la tecnologia fotovoltaica mitjançant panells monocristal·lins fixes instal·lats sobre els estructures amb una inclinació de 32,5°, ja que es considera que és la inclinació òptima donada la latitud del conjunt del territori català.

El factor de correcció de la radiació en base a la inclinació és doncs el mateix que s'ha trobat en el cas dels canals (1,173), sent la nova radiació:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Orientació	Radiació global diària pla inclinat (MJ/m ² -dia)	Superfície (km ²) de la zona amb potencial renovable altres infraestructures
0º - Sud - Aeroports	17,16	0,14
0º - Sud - Ports	17,16	0,32
0º - Sud - Arees logístiques	17,16	0,68
0º - Sud - Altres infraestructures	17,16	0,13

Taula 29 - Càlcul de la mitjana anual de la radiació global diària en pla inclinat

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

7 BLOC 5: ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE

7.1 ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN CARRETERES I FERROCARRILS

Com ja s'ha comentat en aquest estudi, respecte la ubicació dels mòduls fotovoltaics es considerarà que aquests es posaran directament sobre el terra sense donar-los inclinació, és a dir, assumint la pròpia inclinació del terreny.

Pel càlcul de la potència pic d'un mòdul fotovoltaic s'han fet les següents consideracions, d'acord a les característiques actuals dels panells fotovoltaics:

- Potència del mòdul: 400 Wp
- Àrea del panell: 2 m²

Així doncs, el rati de potència de cada mòdul és de 200 Wp/m². Aquest rati de potència podria millorar en la mesura que l'eficiència dels mòduls fotovoltaics comercials millorés.

Per aquest motiu, i prenent un horitzó temporal a llarg termini, de manera simplificada considerarà que el rati de potència mitjana de les instal·lacions solars fotovoltaïques és de **250 Wp/m²**

De totes maneres, per tal d'avaluar el potencial, no es pot assimilar l'àrea ocupada del panell amb la superfície amb potencial renovable. Per tant, no es considerarà directament el rati entre la potència del panell i l'àrea del panell ja que caldrà descartar algunes àrees que malgrat haver estat escollides com a ocupables, no serien aptes per a la instal·lació de plaques fotovoltaïques. A mode d'exemple s'enumeren algunes casuístiques a continuació:

- Superfícies que malgrat complir amb les condicions establertes, degut a la seva geometria no s'hi pot encabir un panell fotovoltaic de dimensions estàndards.
- Àrees que cal deixar disponibles per accedir a altres instal·lacions de la infraestructura
- Superfícies que cal deixar lliure per a l'accés dels operaris en cas de reparació de la pròpia instal·lació solar fotovoltaica
- Espai que cal deixar entre mòduls per a la fixació d'aquests i la connexió entre ells

Tenint en compte aquestes restriccions i s'ha suposat un **factor d'ocupació màxima del 80%**

Des d'un punt de vista regulatori i de la gestió del sistema elèctric, és necessari conèixer la potència nominal de les instal·lacions fotovoltaïques, més que la seva potència pic, que és una potència teòrica que només es dona en determinades situacions de radiació. Això ve del fet que la potència dels mòduls varia amb la radiació que els arriba i es mesura amb una radiació estàndard de 1000 W/m². La potència mesurada amb aquesta radiació i a 25 °C de temperatura s'anomena potència pic.

Com que no és habitual que a Catalunya es doni aquesta intensitat de radiació, la potencia efectiva de la instal·lació gairebé sempre serà inferior a la potència pic. A més, sempre es produeixen pèrdues que encara redueixen més la potència de la instal·lació (temperatura, brutícia, etc.). Per tant, per optimitzar la instal·lació des d'un punt tècnic i econòmic, és habitual que la potència nominal (potència de connexió a la xarxa) sigui inferior a la potència pic de la instal·lació. En general, la potència pic és al voltant d'un 15% superior a la potència nominal, o sigui:

$$Potència_{nominal} = \frac{Potència_{pic}}{1,15}$$

D'aquesta forma, les potències pic i nominal instal·lables per a carreteres i ferrocarrils queden resumides:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Orientació	Ppic (MWpic) de la xarxa viària d'alta capacitat	Pnominal (MW) de la xarxa viària d'alta capacitat	Orientació	Ppic (MWpic) dels ferrocarrils	Pnominal (MW) dels ferrocarrils
-	0,98	0,86	-	0,36	0,32
0º - Sud	56,53	49,16	0º - Sud	20,83	18,11
30º Sudest + 30º Sudoest	109,64	95,34	30º Sudest + 30º Sudoest	40,39	35,12
60º Sudest + 60º Sudoest	100,12	87,06	60º Sudest + 60º Sudoest	36,88	32,07
90º Est + 90º Oest	47,30	41,13	90º Est + 90º Oest	17,42	15,15
	314,57	273,54		115,88	100,77

Taula 30 - Resultat de la Potència pic i Potència nominal a la xarxa viària d'alta capacitat i ferrocarrils

7.2 ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN CANALS

Respecte la ubicació dels mòduls fotovoltaics es considerarà que aquests es posaran sobre el canals, fixats amb estructura amb una inclinació de 32,5°.

De manera simplificada, es considerarà que el rati de potència mitjana de les instal·lacions solars fotovoltaïques és de 250 Wp/m² segons ja s'ha descrit en anteriors apartats. Aquest valor, es pot corregir per a la inclinació de 32,5°, sent el nou valor de que corregit **296,42 Wp/m²**.

De totes maneres, per tal d'avaluar el potencial, no es pot assimilar l'àrea ocupada del panell amb la superfície amb potencial renovable. Per tant, no es considerarà directament el rati entre la potència del panell i l'àrea del panell ja que caldrà descartar algunes àrees que malgrat haver estat escollides com a ocupables, no serien aptes per a la instal·lació de plaques fotovoltaïques. A mode d'exemple s'enumeren algunes casuístiques a continuació:

- Separació entre fileres de panells
- Superfícies que cal deixar lliure per a l'accés dels operaris en cas de reparació de la pròpia instal·lació solar fotovoltaïca
- Espai que cal deixar entre mòduls per a la fixació d'aquests i la connexió entre ells.

Tenint en compte aquestes restriccions i s'ha suposat un **factor d'ocupació màxima del 50%**

D'aquesta forma, les potències pic i nominal instal·lables per a canals queden resumides:

Orientació	Ppic (MWpic) de canals	Pnominal (MW) de canals
0º - Sud	190,38	165,55

Taula 31 - Resultat de la Potència pic i Potència nominal als canals

7.3 ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN EMBASSAMENTS

Respecte la ubicació dels mòduls fotovoltaics es considerarà que aquests seran flotants amb una inclinació de 10°.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

De manera simplificada, es considerarà que el rati de potència mitjana de les instal·lacions solars fotovoltaïques és de 250 Wp/m² segons ja s'ha descrit en anteriors apartats. Aquest valor, es pot corregir per a la inclinació de 32,5°, sent el nou valor de que corregit **253,86 Wp/m²**.

De totes maneres, per tal d'avaluar el potencial, no es pot assimilar l'àrea ocupada del panell amb la superfície amb potencial renovable. Per tant, no es considerarà directament el rati entre la potència del panell i l'àrea del panell ja que caldrà descartar algunes àrees que malgrat haver estat escollides com a ocupables, no serien aptes per a la instal·lació de plaques fotovoltaïques. A mode d'exemple s'enumeren algunes casuístiques a continuació:

- Separació entre fileres de panells
- Superfícies que cal deixar lliure per a l'accés dels operaris en cas de reparació de la pròpia instal·lació solar fotovoltaïca
- Espai que cal deixar entre mòduls per a la fixació d'aquests i la connexió entre ells

Tenint en compte aquestes restriccions i s'ha suposat un **factor d'ocupació màxima del 80%**.

D'aquesta forma, les potències pic i nominal instal·lables per a embassaments queden resumides:

Orientació	Ppic (MWpic) d'embassaments	Pnominal (MW) d'embassaments
0° - Sud	417,95	363,43

Taula 32 - Resultat de la Potència pic i Potència nominal als embassaments

7.4 ESTIMACIÓ DE LA POTÈNCIA INSTAL·LABLE EN AEROPORTS, PORTS, ÀREES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES

Respecte la ubicació dels mòduls fotovoltaïcs es considerarà que aquests es posaran fixats amb estructura amb una inclinació de 32,5°.

En aquest cas, com ja s'ha calculat amb el canals, es considerarà que el rati de potència mitjana de les instal·lacions solars fotovoltaïques és de 296,42 Wp/m².

El factor d'ocupació màxima que s'ha considerat per a aeroports, ports i les altres infraestructures és del 50%, mentre que per les àrees logístiques s'ha considerat com a mitjana un 26%.

D'aquesta forma, les potències pic i nominal instal·lables per a canals queden resumides:

Orientació	Ppic (MWpic) altres infraestructures	Pnominal (MW) altres infraestructures
0° - Sud - Aeroports	21,05	18,30
0° - Sud - Ports	46,78	40,67
0° - Sud - Àrees logístiques	51,76	45,01
0° - Sud - Altres infraestructures	19,64	17,08

Taula 33 - Resultat de la Potència pic i Potència nominal a les altres infraestructures

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

7.5 TOTAL POTENCIA INSTAL·LABLE

El sumatori de la potència pic instal·lable a les infraestructures incloses en aquest estudi és de 1.178,01 MWp i la potència nominal 1.024,35 MW.

Infraestructura	Superfície corregida viabilitat connexió elèctrica (km ²)	Potència Pic teòrica (MWp)	Potència Nominal teòrica (MW)
Autovies i autopistes	1,57	314,57	273,54
Ferrocarrils (convencional i alta velocitat)	0,58	115,88	100,77
Canals	1,28	190,38	165,55
Embassaments	2,06	417,95	363,43
Aeroports, ports Zones logístiques i altres infraestructures	1,27	139,22	121,06
TOTAL	3,43	1.178,01	1.024,35

Taula 34 - Resum de potències pic i nominal teòriques per a les infraestructures estudiades

Com s'explica als apartats següents, aquesta potència instal·lable és teòrica i es veu reduïda a causa de la caracterització econòmica i d'altres aspectes que afecten la viabilitat de les instal·lacions del present estudi.

La següent taula mostra l'evolució de potència elèctrica bruta instal·lada a Catalunya (anys 2010-2020), la qual serveix per a posar en context la dada del present estudi

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Energies no renovables	8.663,4	8.474,9	8.452,9	8.363,2	8.189,4	7.802,9	7.806,7	7.809,1	7.808,2	7.840,4	7.840,4
Centrals de carbó	160,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrals de fuel-gas i gasoil	9,6	9,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cicles combinats	4.159,9	4.112,0	4.112,0	4.112,0	4.112,0	3.714,2	3.714,2	3.714,2	3.714,2	3.714,2	3.714,2
Cogeneració	1.002,0	1.020,5	1.008,1	943,1	847,1	835,4	824,3	826,0	832,0	833,2	833,2
Altres no renovables	185,1	186,0	186,0	161,3	83,5	106,5	121,5	122,2	115,2	146,2	146,2
Nuclear	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9	3.146,9
Energies renovables	3.454,8	3.656,6	3.971,4	4.010,1	4.012,3	4.019,0	4.017,1	4.011,4	4.017,6	4.042,0	4.091,6
Hidràulica	2.360,4	2.360,5	2.361,1	2.366,3	2.365,5	2.367,7	2.365,4	2.359,5	2.359,3	2.359,3	2.359,8
en antic règim ordinari	2.088,4	2.088,4	2.088,4	2.088,4	2.088,4	2.088,0	2.088,0	2.088,4	2.088,4	2.088,4	2.088,4
en antic règim especial, aïllades i amb contracte privat	272,1	272,1	272,7	277,9	277,1	279,7	277,3	271,2	270,9	270,9	271,4
RSU renovable	22,2	23,2	23,2	23,2	23,2	27,2	27,2	26,2	26,2	26,2	26,2
Biogàs	44,1	46,9	51,9	60,5	60,3	60,0	60,3	60,1	60,1	61,8	61,8
Biomassa forestal i agrícola	0,5	0,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Eòlica	831,3	994,6	1.257,9	1.266,9	1.268,7	1.268,7	1.268,7	1.268,7	1.271,1	1.271,1	1.271,1
Fotovoltaica	196,3	230,9	249,0	264,9	266,4	267,1	267,2	268,6	272,7	295,5	344,5
Solar termoelèctrica	-	-	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3
Total	12.118,2	12.131,5	12.424,3	12.373,2	12.201,7	11.821,8	11.823,8	11.820,5	11.825,8	11.882,4	11.932,0

Taula 35 - Potència elèctrica bruta instal·lada (MW) a Catalunya (Font: Institut Català d'Energia - ICAEN)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

8 BLOC 6: AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC

8.1 AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN CARRETERES I FERROCARRILS

Per calcular la producció energètica previsible amb la potència instal·lable en plantes fotovoltaïques a Catalunya, s'ha aplicat la fórmula habitual:

$$E = Pot_{pic} \times \frac{Rad}{Irr_0} \times FOI \times PR$$

essent,

- Pot_{pic} la potència pic de la instal·lació
- Rad és la radiació global rebuda per la instal·lació en un any per metre quadrat (kWh/m²)
- Irr_0 és la irradiància de referència (1000 W/m²) utilitzada per mesurar la potència pic de la instal·lació
- FO és el factor d'ombres de la instal·lació. En aquest estudi es considerarà que val 1, o sigui, que no hi ha ombres que redueixin la radiació que arriba als captadors
- PR és l'anomenat "Performance Ratio" o coeficient de rendiment de la instal·lació per a la producció d'electricitat

El coeficient de rendiment és la relació entre la producció real d'una instal·lació i la producció teòrica que la instal·lació podria produir. La PR arribar a assolir fins i tot valors superiors al 100% a causa de la influència de determinats factors. Això és degut a que, en calcular el coeficient de rendiment, s'utilitzen característiques del rendiment dels mòduls fotovoltaïcs calculades en condicions d'assaig estàndard (irradiació de 1.000 W/m² i temperatura dels mòduls i 25° C), que en les condicions reals de funcionament de la instal·lació poden ser més favorables, malgrat que ja s'ha comentat en el capítol anterior que a Catalunya no es dona mai aquesta situació. Les variacions en les condicions reals d'operació real influeixen en el coeficient de rendiment.

Els factors de pèrdues mes significatius que contribueixen al PR són els següents:

- Rendiment del generador fotovoltaïc. Les pèrdues respecte del cas teòric es deuen, bàsicament, als efectes de la temperatura del mòdul i a la brutícia del vidre.
- Rendiment de l'inversor. Els inversors fotovoltaïcs de connexió a xarxa d'avui en dia tenen uns rendiments que oscil·len del 92% fins al 96%.
- Cablatge i dispersió de paràmetres. En aquests casos és molt normal establir unes pèrdues del 5%.
- Interrupcions de servei. Aquest factor fa referència al funcionament real de la instal·lació fotovoltaïca descomptant les aturades del sistema per valors fora de rang o problemes en la xarxa, etc.

La conjunció d'aquests efectes determina, de manera aproximada, el rendiment global de la instal·lació o PR (Performance Ratio). Els valors d'aquests factors de pèrdues depenen en gran mesura de la ubicació, del tipus d'instal·lació, de les dimensions, etc. El valor de la PR per a les plantes fotovoltaïques d'aquest tipus i per connexió, actualment se situa al voltant de 0,80.

S'estima que aquest valor podria anar augmentant en el futur, amb la millora del rendiment dels inversors, malgrat que ja és molt elevada, i de les pèrdues per interrupcions del servei. Tenint en compte això, en el present estudi es considera que en l'horitzó de l'any 2050, el Performance Ratio serà de **0,90**.

Resultats obtinguts:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Orientació	Potencial Energètic (GWh / a) de la xarxa viària d'alta capacitat	Orientació	Potencial Energètic (GWh / a) dels ferrocarrils
-	1,31	-	0,49
0º - Sud	77,04	0º - Sud	28,58
30º Sudest + 30º Sudoest	151,51	30º Sudest + 30º Sudoest	56,21
60º Sudest + 60º Sudoest	136,12	60º Sudest + 60º Sudoest	50,51
90º Est + 90º Oest	63,16	90º Est + 90º Oest	23,44
	429,15		159,22

Taula 36 - Potencial Energètic a la xarxa viària d'alta capacitat i ferrocarrils

8.2 AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN CANALS

De manera anàloga a l'apartat anterior, s'obté el següent resultat:

Orientació	Potencial Energètic (GWh / a) de canals
0º - Sud	312,03

Taula 37 - Potencial Energètic als canals

8.3 AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN EMBASSAMENTS

De manera anàloga als apartats anteriors, s'obté el següent resultat:

Orientació	Potencial Energètic (GWh / a) d'embassaments
0º - Sud	589,12

Taula 38 - Potencial Energètic als embassaments

8.4 AVALUACIÓ DEL POTENCIAL ENERGÈTIC EN AEROPORTS, PORTS, AREES LOGÍSTIQUES I ALTRES INFRAESTRUCTURES

De manera anàloga als apartats anteriors, s'obté el següent resultat:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Orientació	Potencial Energètic (GWh / a) altres infraestructures
0º - Sud - Aeroports	32,95
0º - Sud - Ports	73,22
0º - Sud - Arees logístiques	81,03
0º - Sud - Altres infraestructures	30,74

Taula 39 - Potencial Energètic a les altres infraestructures

8.5 RESUM POTENCIAL RENOVABLE

El sumatori del potencial energètic renovable a les infraestructures d'aquest estudi és de 1.707,46 GWh / a.

Infraestructura	Potència Pic teòrica (MWp)	Potència Nominal teòrica (MW)	Potencial Energètic teòric (GWh / a)
Autovies i autopistes	314,57	273,54	429,15
Ferrocarrils (convencional i alta velocitat)	115,88	100,77	159,22
Canals	190,38	165,55	312,03
Embassaments	417,95	363,43	589,12
Aeroports, ports Zones logístiques i altres infraestructures	139,22	121,06	217,94
TOTAL	1.178,01	1.024,35	1.707,46

Taula 40 - Resum de potencial energètic teòric per a les infraestructures estudiades

Com s'explica als apartats següents, aquest potencial és teòric i es veu reduït a causa de la caracterització econòmica i d'altres aspectes que afecten la viabilitat de les instal·lacions del present estudi.

La següent taula mostra l'evolució de la producció elèctrica a Catalunya (anys 2010-2020), la qual serveix per a posar en context la dada de potencial renovable del present estudi. Per acabar de contextualitzar aquest potencial renovable, cal tenir present les previsions de l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) a llarg termini, en les que la producció d'energia elèctrica l'any 2050 multiplica per x2,5 - x3 l'actual, estant a l'entorn dels 120.000-130.000 GWh/a (font: Institut Català de l'Energia - ICAEN).

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Producció bruta d'energia elèctrica (GWh)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Energies no renovables	41.033,5	38.504,8	39.523,4	37.553,3	34.419,9	36.907,7	37.476,7	39.343,8	35.397,9	39.897,4	36.329,7
Centrals de carbó	516,0	13,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrals de fuel-gas i gasoil-gas	67,6	3,0	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Cicles combinats	8.766,2	9.722,8	8.342,8	5.918,7	5.221,7	7.077,7	7.251,7	8.193,6	7.406,8	9.144,8	5.542,5
Cogeneració	5.536,2	5.657,0	5.871,0	5.680,7	5.101,4	5.252,3	5.164,8	5.319,0	5.438,9	5.443,1	4.945,6
Altres no renovables	1.287,8	1.324,5	1.310,4	1.244,3	364,9	291,4	355,8	579,1	616,9	723,0	941,1
Nuclear	24.859,7	21.784,0	23.996,4	24.709,7	23.731,9	24.286,4	24.704,4	25.252,0	21.935,3	24.586,5	24.900,5
Energies renovables	7.521,5	6.705,9	7.149,6	9.941,4	9.385,8	8.364,6	7.842,2	7.683,3	9.101,6	7.632,3	8.985,5
Hidràulica	5.277,3	3.992,5	3.653,0	5.722,7	5.581,4	4.783,9	4.230,9	3.879,6	5.505,0	3.655,6	5.447,6
en antic règim ordinari	4.156,8	3.054,6	2.851,1	4.607,4	4.390,3	3.781,9	3.327,9	2.963,8	4.295,4	2.764,5	4.141,7
en antic règim especial, aïllades i amb contracte privat	1.120,6	937,9	801,9	1.115,3	1.191,1	1.002,0	903,0	915,8	1.209,5	891,1	1.305,9
RSU renovable	155,6	138,0	139,7	153,5	147,9	170,0	166,1	174,7	147,4	167,1	147,1
Biogàs	206,0	228,5	234,9	249,0	205,3	214,0	190,2	191,4	170,4	152,1	186,0
Biomassa forestal i agrícola	0,4	0,1	24,0	31,8	25,6	25,6	18,4	19,4	20,2	20,1	14,6
Eòlica	1.584,8	1.987,8	2.691,3	3.263,9	2.934,0	2.658,5	2.735,4	2.885,5	2.767,4	3.152,7	2.637,2
Fotovoltaica	297,4	359,0	406,1	431,7	414,9	424,2	418,9	428,9	400,2	451,5	484,1
Solar termoelectrica	-	-	0,6	88,7	76,7	88,4	82,3	103,7	91,1	33,2	68,8
Total producció bruta d'energia elèctrica	48.555,0	45.210,7	46.673,0	47.494,8	43.805,7	45.272,4	45.318,9	47.027,1	44.499,5	47.529,7	45.315,2
% energies renovables / PB	15,5%	14,8%	15,3%	20,9%	21,4%	18,5%	17,3%	16,3%	20,5%	16,1%	19,8%
Consums propis	1.858,2	1.720,7	1.735,2	1.679,3	1.616,7	1.611,1	1.607,7	1.657,8	1.571,3	1.710,6	1.628,3
Producció neta d'energia elèctrica	46.696,8	43.490,0	44.937,8	45.815,4	42.189,0	43.661,3	43.711,2	45.369,2	42.928,2	45.819,1	43.686,9
Consums en bombament	496,1	277,4	382,5	335,6	361,6	425,6	297,3	160,0	81,2	174,9	325,9
Producció disponible d'energia elèctrica	46.200,6	43.212,6	44.555,3	45.479,8	41.827,4	43.235,7	43.413,9	45.209,2	42.847,0	45.644,2	43.361,0
Saldo d'intercanvis elèctrics	4.434,2	5.976,2	4.084,1	1.665,4	4.929,7	4.757,2	4.682,1	3.751,2	4.961,2	1.452,9	809,3
% Saldo d'intercanvis elèctrics / EBC	8,8%	12,1%	8,4%	3,5%	10,5%	9,9%	9,7%	7,7%	10,4%	3,1%	1,8%
Demanda BC (en barres de central)	50.634,8	49.188,8	48.639,4	47.145,2	46.757,2	47.992,9	48.096,0	48.960,4	47.808,2	47.097,1	44.170,3

Taula 41 - Balanç d'energia elèctrica de Catalunya (Font: Institut Català d'Energia - ICAEN)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

9 ANÀLISIS DE LA VIABILITAT I POTENCIAL RENOVABLE A CURT/MIG TERMINI

L'anàlisi de la viabilitat dels models d'implantació del present estudi implicarà una reducció del potencial renovable teòric calculat anteriorment.

El principal punt a contemplar és la caracterització econòmica, si bé els aspectes ambientals, paisatgístics o el dimensionat de la xarxa elèctrica actual, entre d'altres, són punts igualment importants que poden posar en compromís la viabilitat de les instal·lacions del present estudi.

9.1 VIABILITAT ECONÒMICA

L'anàlisi qualitativa sobre la viabilitat econòmica de les diferents alternatives d'instal·lacions fotovoltaïques del present estudi s'ha fet en base al LCOE (*Levelized Cost of Energy* - €/MWh), indicador que reflecteix els costos de produir energia elèctrica per una tecnologia determinada, sense entrar en valoracions respecte els preus dels mercats elèctrics (diari, a termini, secundaris...). El LCOE inclou tots els costos de la vida del projecte: inversió inicial, costos d'Operació i Manteniment (inclòs el lloguer del terreny si és necessari), desmantellament de la instal·lació, costos de combustible i costos financers. El LCOE No té en compte les fluctuacions de l'oferta i de la demanda d'energia elèctrica al llarg de l'any. Així doncs, el LCOE representa la diferència entre el valor actualitzat, al moment inicial, de la suma dels beneficis i el valor actualitzat, al moment inicial, de la suma de les despeses al llarg de la seva vida útil.

La fórmula emprada per a calcular el LCOE és la següent (segons el National Renewable Energy Laboratory - NREL <https://www.nrel.gov/analysis/techno-economic.html>):

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + F_t + OM_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t}}$$

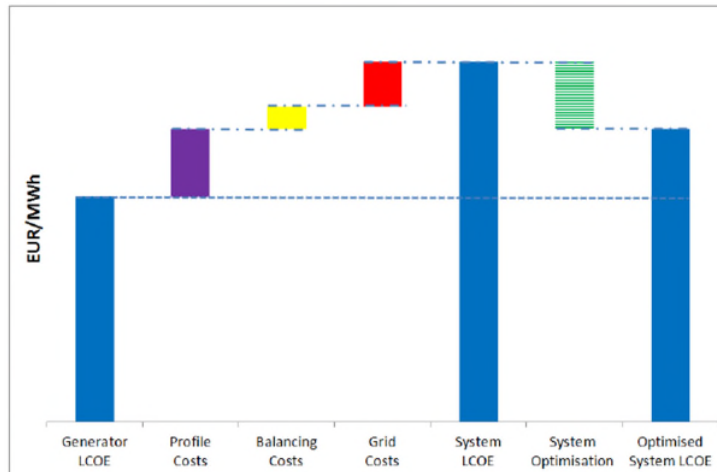
On:

- I_t : Cost d'inversió a l'any t [€/a].
- F_t : Costos financers de la inversió a l'any t [€/a].
- OM_t : Costos d'operació i manteniment a l'any t [€/a].
- E_t : Energia produïda a l'any t [MWh/a]. Aquesta energia es calcula a partir de la mitjana del nombre d'hores equivalents i és actualitzada cada any aplicant-li un factor de degradació de la instal·lació.
- i : taxa d'interès [%].
- n : vida útil de la instal·lació [any].

Es pot suposar que de manera natural les instal·lacions solars fotovoltaïques amb un menor LCOE es desenvoluparan abans que aquelles que tenen un cost de produir energia elèctrica superior.

L'anterior càlcul dóna com a resultat el LCOE de la font generadora d'energia (*Generator LCOE*) i no té en compte altres aspectes com, per exemple, els costos associats a la xarxa elèctrica de distribució en cas d'injectar-hi energia (*grid costs*), els costos de compensació (*balancing costs*) i de perfil (*profil costs*) - incloent els efectes d'utilització i de flexibilitat.

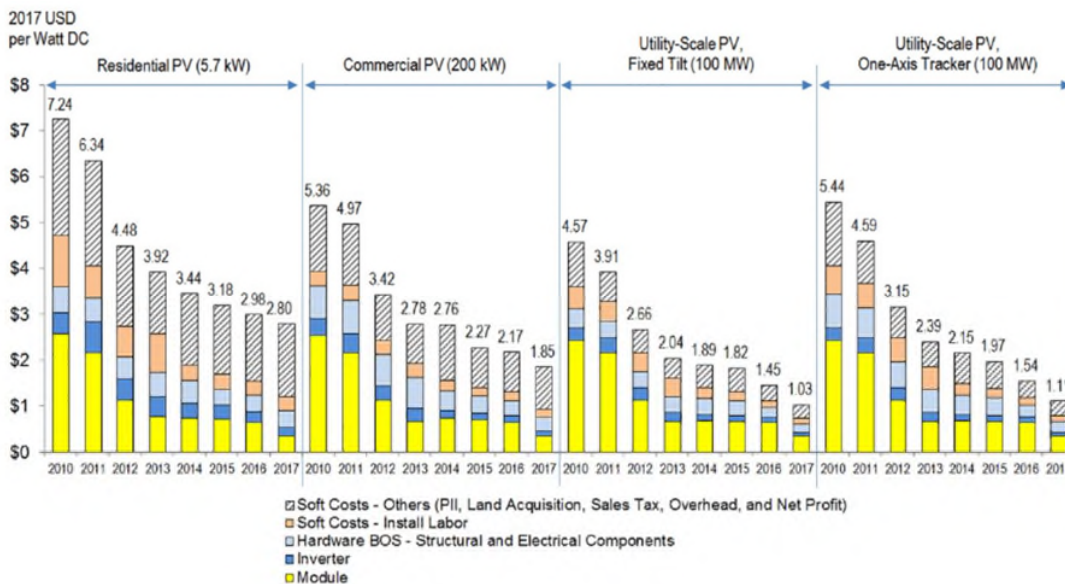
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 44 - Esquema dels components del LCOE d'un Sistema FV complet
 (Font: PV Status Report 2019 - JRC Science for Policy Report - European commission)

En el cas de les infraestructures a Catalunya, caldrà tenir en compte per exemple, els costos d'adequar i dimensionar degudament la xarxa de distribució elèctrica en el cas d'injecció massiva a xarxa (generació distribuïda).

Centrant-nos en el càlcul del LCOE de la font generadora, els costos dels dispositius/equipaments i de la instal·lació s'han reduït fortament durant els últims 40 anys com a resultat de la investigació en el sector i del propi desenvolupament del mercat (residencial, industrial, gran escala). Tal i com s'evidencia al següent gràfic, actualment l'impacte del cost del muntatge de les estructures i dels components elèctrics és menor respecte al total de la instal·lació.

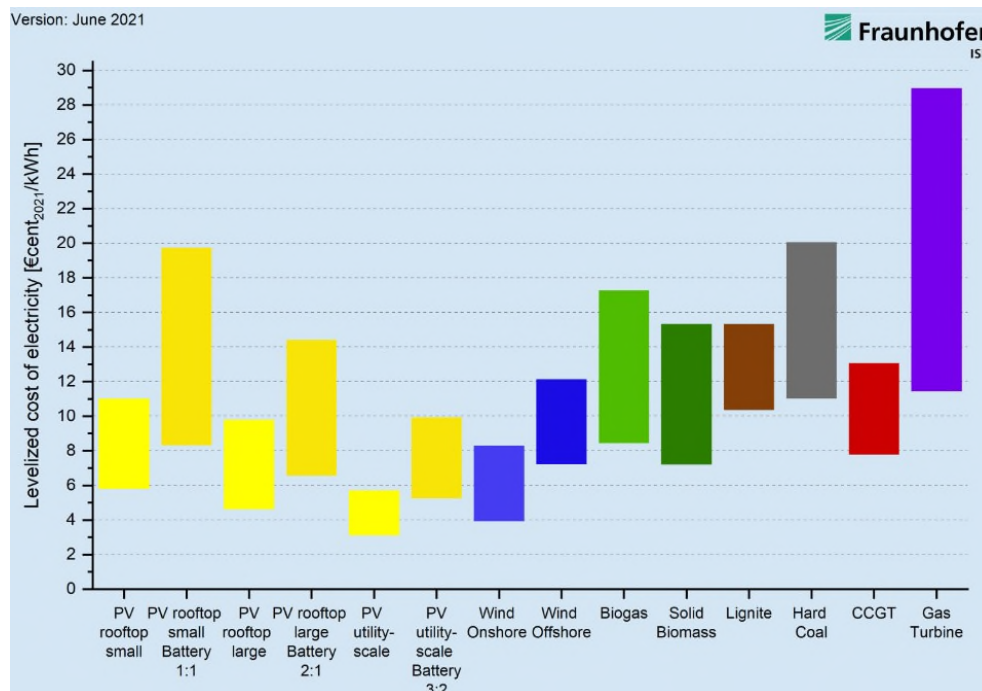


Il·lustració 45 - Desposposició de preus de sistemes FV
 (Font: National Renewable Energy Laboratory - NREL)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Les instal·lacions a les infraestructures de Catalunya objecte d'aquest estudi hauran doncs de recórrer el seu cicle de vida des de l'inici fins assolir la seva maduresa i conseqüentment reducció de preus (estructures, fixació, manteniment).

Segons l'estat actual de la tecnologia i el seu grau de maduresa, podem acceptar com a vàlids LCOEs en projectes de PV de gran capacitat (> 8 MW) sense bateries al voltant de 25 € / MWh, LCOEs en projectes PV de comunitats locals d'energia (aprox. 2 - 4 MW) sense bateries al voltant de 40 € /MWh i LCOEs en projectes de PV domèstics (< 10 KW) sense bateries: 60 - 120 € /MWh (font: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems - ISE - <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2021/levelized-cost-of-electricity-renewables-clearly-superior-to-conventional-power-plants-due-to-rising-co2-prices.html>)



Il·lustració 46 - Valor de LCOE - 2021
 (Font: Fraunhofer Institute for Solar Energy System ISE)

Comparativament i inevitable, a curt/mig termini els costos d'Inversió i de Manteniment posicionen els costos de generació FV a les infraestructures de Catalunya per sobre de la generació FV amb solucions madures actuals. Amb el mateix raonament, cal preveure que a llarg termini i en la mesura en que es desenvolupin solucions a les infraestructures, la generació FV es posicionarà a un nivell competitiu.

Particularitzant més en les infraestructures del present estudi, una primera aproximació qualitativa al cost actual de la inversió de les instal·lacions fotovoltaïques flotants pot ser un increment en un 15-25% respecte de les industrials. Això és degut al cost de les estructures i flotadors que poden representar fins a un 25% del total de les obres. Respecte els costos d'Operació i Manteniment, s'estima que hi ha factors que hi van a favor i altres en contra, amb un efecte net neutre. L'entorn aquàtic dificulta l'accés per a realitzar l'operació i el manteniment, el personal ha d'estar acostumat a l'entorn i l'equipament elèctric adequat a un entorn humit. D'altra banda la neteja dels panells és menor i menys costosa que en un entorn terrestre.

Per la seva banda, s'estima que les instal·lacions en autopistes i ferrocarrils tenen costos d'instal·lació superiors als domèstics, els qual segons s'aprecia a la il·lustració 45 són de l'ordre de magnitud del doble de la industrial. A més a més, els costos d'operació i manteniment es veuen incrementats degut a l'entorn de la instal·lació (sorra, pols, brutícia).

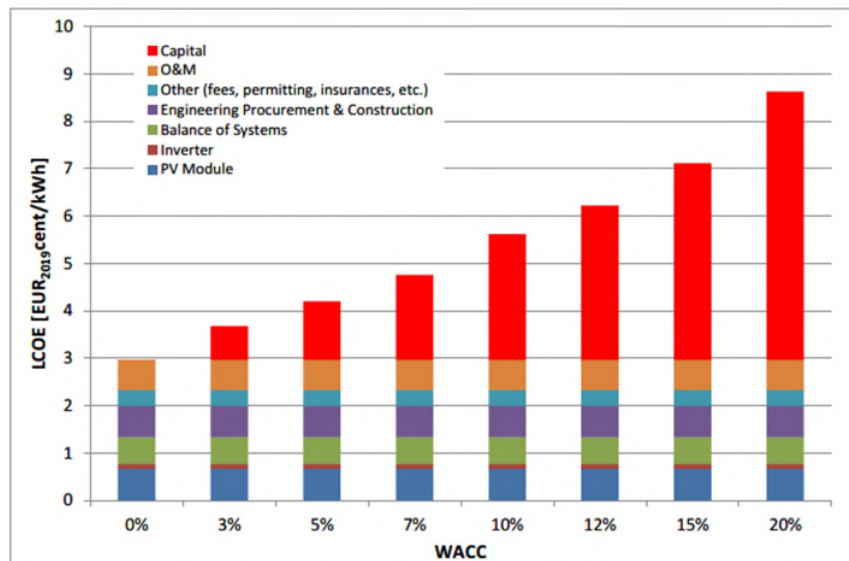
Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Respecte els canals poden tenir costos d'instal·lació similars a la FV flotant (es fa necessària estructura per a suportar els panells), mentre que els costos d'operació i manteniment sí que es veuen incrementats degut a l'entorn de la instal·lació.

La resta d'infraestructures existents en el present estudi (ports, aeroports, zones logístiques i altres infraestructures) es poden encabir en entorns purament industrials o domèstics.

Respecte la component financera del LCOE, tenint en compte que la proporció principal de la inversió en projectes FV es realitza a l'inici dels mateixos i que no existeixen costos de combustible, els costos de capital (WACC) hi impacten críticament. Per al càlcul del WACC es tenen en compte tant les despeses de finançar un projecte mitjançant deute financer com destinant-hi fons propis. D'aquesta manera, pel càlcul del WACC és clau tant la situació econòmica d'un determinat país on es desenvolupa un projecte, com l'estabilitat econòmica de l'ens en cerca del deute per a realitzar un projecte.

A mode d'exemple, el següent gràfic mostra l'impacte dels costos de capital en el LCOE per a una instal·lació fotovoltaica a terra sense seguidors operativa el 2020 (CAPEX 700 €/kWp, OPEX 9,5 €/kW/any, 1500kWh/kW any, vida útil 20 anys).



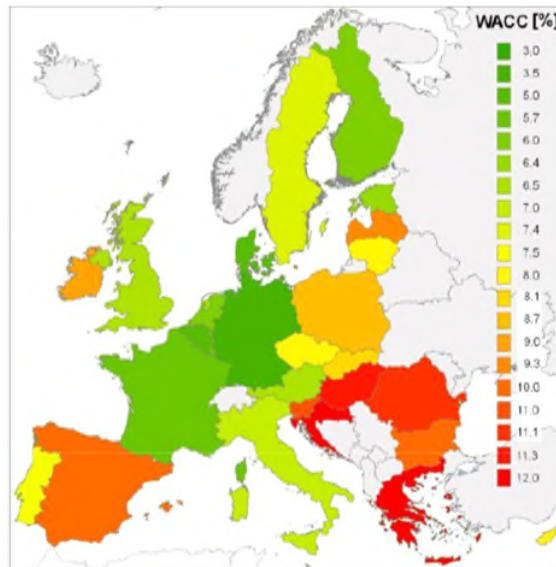
Il·lustració 46 - Efecte del WACC sobre el LCOE
(Font: PV Status Report 2019 - JRC Science for Policy Report - European commission)

És a dir, els costos de la generació FV cada vegada depenen més i més d'un entorn amb baixos riscos financers amb baixos costos financers que no pas en la irradiació solar.

Respecte a les instal·lacions FV a infraestructures a Catalunya, caldrà doncs analitzar com estructurar finançament els projectes per a l'optimització de les seves despeses financeres. L'aplicació d'eines financeres des de l'Administració (subvencions, crèdits tous, etc.) o de diferents fórmules de gestió de les infraestructures (p.e. concessions), poden tenir un paper important per a fer competitives les instal·lacions a les infraestructures en comparació amb altres tipus d'instal·lacions o tecnologies renovables.

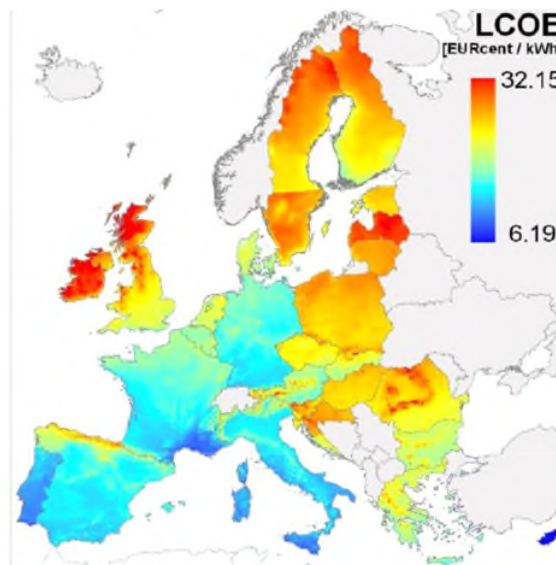
A les següents il·lustracions es pot apreciar el valor del LCOE per a sistemes FV en teulada a la Unió Europea, així com del WACC.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya



Il·lustració 478 - WACC 2016

(Font: Policy Dialogue on the assessment and convergence of RES Policy in EU Member States, Technical Report, DIA-CORE, 2016)



Il·lustració 48 - LCOE sistemes FV teulada 2019

(Font: A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photo-voltaic potential in the European Union, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 114, October 2019)

9.2 ALTRES ASPECTES QUE AFECTEN LA VIABILITAT

Altres aspectes que poden afectar la viabilitat de les instal·lacions FV a les infraestructures estudiades són:

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

- Vandalisme i robatoris. Per la seva ubicació, i fent paral·lelismes amb altres instal·lacions que de forma recurrent presenten aquest problema, les instal·lacions FV a les infraestructures catalanes tindran el problema del vandalisme i dels robatoris.
La instal·lació de sistemes de seguretat pot ser una tasca tècnicament complexa i, en qualsevol cas, afectant el cost de les inversions durant tota la vida de la instal·lació. El cost de les instal·lacions de seguretat és especialment intens en el cas d'infraestructures lineals, mentre que a les puntuals es redueix dràsticament (p.e. embassaments)
- Territori. Caldrà eventualment contemplar la implicació del territori en la titularitat de les instal·lacions (comunitats locals d'energia, cooperatives, ajuntaments...) per a evitar la seva oposició
- Xarxa elèctrica. Tal i com s'ha comentat a l'apartat de viabilitat econòmica, en el cas d'injecció massiva a xarxa (generació distribuïda) caldrà adequar i dimensionar degudament la xarxa de distribució elèctrica
- Aspectes ambientals i de paisatge. Les instal·lacions del present estudi poden afectar per exemple els passos de fauna i els arbres existents a autopistes i autovies o la flora i fauna aquàtica d'embassaments. Caldrà tenir en compte totes les restriccions de les corresponents Declaracions d'Impacte Ambiental de les infraestructures existents actualment, així com de les noves instal·lacions renovables
- Titularitat de les infraestructures. Existeix varietat en la titularitat de les infraestructures al territori català (Generalitat, Estat...). Addicionalment, en el cas dels embassaments (FV flotant), en alguns casos la presa i/o l'aprofitament hidroelèctric és de propietat privada. Inevitablement tots els ens afectats per les infraestructures del present estudi han d'estar alineats per a fer factibles els seus projectes

9.3 POTENCIAL RENOVABLE DE LES INFRAESTRUCTURES DE CATALUNYA A CURT/MIG TERMINI

El potencial renovable de les infraestructures a Catalunya es veu reduït a curt/mig termini degut a que moltes instal·lacions no són viables en base als motius exposats en aquest apartat de l'estudi. En la mesura que les solucions siguin més madures (p.e. fixació de panells a talussos d'autopistes/autovies/ferrocarrils, estructures sobre canals, estructures flotants), els costos de les inversions es reduiran (p.e. domini de la tècnica, augment de competidors, economies d'escala) i s'incrementarà la quantitat de projectes viables que a dia d'avui no ho són.

La següent taula presenta una aproximació al potencial esperable a curt/mig termini, per tipus d'infraestructura.

Infraestructura	Potència Pic teòrica (MWp)	Factor corrector per viabilitat (%)	Potència Pic esperable curt/mig termini (MWp)	Potencial Energètic esperable curt/mig termini (GWh / a)
Autovies i autopistes	314,57	25 %	78,64	107,29
Ferrocarrils (convencional i alta velocitat)	115,88	25 %	28,97	39,81
Canals	190,38	50 %	95,19	156,01
Embassaments	417,95	90 %	376,15	530,21
Aeroports, ports Zones logístiques i altres infraestructures	139,22	75 %	104,42	163,46
TOTAL	1.178,01		683,37	996,77

Taula 42 - Resum de potencial energètic esperable a curt/mig termini per a les infraestructures estudiades

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

10 RECULL DE LA REGULACIÓ NORMATIVA

A continuació es presenta un recull de la normativa respecte a les infraestructures del present estudi amb més potencial renovable.

10.1 XARXA VIÀRIA D'ALTA CAPACITAT

La normativa que presenta les implicacions principals per aquest estudi són:

- DECRET 293/2003, de 18 de novembre, pel qual s'aprova el Reglament general de carreteres.
- Llei 37/2015, de 29 de setembre, de carreteres.
- Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña 2006-2026.
- Llei 9/2003, de 13 de juny, de la mobilitat.
- Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.
- Llei 8/1972, de 10 de maig, de construcció, conservació i explotació d'autopistes en règim de concessió.
- Decret 215/1973, de 25 de gener, per el que s'aprova el plec de clàusules generals per a la construcció, conservació y explotació d'autopistes en règim de concessió.
- DECRET LEGISLATIU 2/2009, de 25 d'agost, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei de carreteres.
- Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo i del Consell, de 19 de novembre de 2008, sobre gestió de la seguretat de les infraestructures viàries.
- DECRET 190/2016, de 16 de febrer, de gestió de la seguretat viària en les infraestructures viàries de la Generalitat de Catalunya.

Es recullen a continuació els punts més importants.

Llei 37/2015, de 29 de setembre, de carreteres

CAPÍTOL III

Ús i defensa de les carreteres

Secció 1a. Limitacions de la propietat

Article 28. Zones de protecció de la carretera: disposicions generals.

1. A l'efecte d'aquesta llei s'estableixen les següents zones de protecció de la carretera: de domini públic, de servitud, d'afecció i de limitació a l'edificabilitat.

2. En aquestes zones no podran realitzar-se obres o instal·lacions ni es permetran més usos o serveis que aquells que siguin compatibles amb la seguretat viària i amb les previsions i l'adequada explotació de la carretera.

La realització de qualsevol activitat que pugui afectar el règim de les zones de protecció requereix autorització del Ministeri de Foment, sense perjudici d'altres competències concurrents.

...

Article 29. Zona de domini públic.

...

4. Només podran realitzar-se obres, instal·lacions o altres usos a la zona de domini públic quan la prestació d'un servei públic d'interès general així ho exigeixi, per trobar així establert per una disposició legal o, en general, quan es justifiqui degudament que no hi ha una altra alternativa tècnica o econòmicament viable, o amb motiu de la construcció o reposició d'accessos o connexions autoritzats.

5. L'ús especial del domini públic establert en l'apartat anterior o l'ocupació de la mateixa comportaran l'obligació, pel beneficiari de la corresponent autorització d'ús o ocupació, de l'abonament d'un cànon.

Constitueix el fet imposable d'aquest cànon l'ocupació de terrenys o utilització de béns de domini públic que es faci en virtut d'autoritzacions regulades en aquesta llei i de concessions d'àrees de servei a les carreteres estatals.

...

Estaran exempts de l'abonament del cànon per ocupació de domini públic viari l'Administració General de l'Estat i organismes autònoms que en depenen que no siguin de caràcter mercantil o industrial. Quan per aquests organismes es cedeixi l'ús a tercers de la instal·lació ocupant de l'esmentat domini públic, la qual cosa requerirà en tot cas prèvia autorització del gestor de el mateix, els cessionaris estan obligats a l'abonament del corresponent cànon.

...

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

L'esmentat titular serà responsable dels danys i perjudicis que puguin ocasionar les obres i activitats al domini públic i al privat, excepte en el cas en què aquells tinguin el seu origen en alguna clàusula imposada per l'administració al titular i que sigui d'ineludible compliment per aquest.

...

Article 31. Zona de servitud.

...

2. A la zona de servitud no podran realitzar-se obres o instal·lacions ni es permetran més usos que aquells que siguin compatibles amb la seguretat viària i l'adequada explotació de la via, prèvia autorització, en qualsevol cas, del Ministeri de Foment, i sense perjudici d'altres competències concurrents.

3. El Ministeri de Foment pot utilitzar o autoritzar a tercers la utilització de la zona de servitud per raons d'interès general o quan ho requereixi el millor servei de la carretera.

...

DECRET 293/2003, de 18 de novembre, paper qual s'aprova el Reglament general de carreteres

Article 15

Seguretat viària

15.1 Qualsevol projecte que afecti a la xarxa viària ha d'observar els requisits necessaris en matèria de seguretat que es contenen en la reglamentació tècnica i específica vigent, en la normativa del Pla de carreteres de Catalunya i en les normes i criteris tècnics aprovats pel Govern de la Generalitat.

...

Article 18

Pla de carreteres de Catalunya

18.2 El Govern de la Generalitat, excepcionalment i únicament per motius d'urgència reconeguda o interès públic degudament fonamentats, pot acordar l'execució d'actuacions o obres de millora general de la xarxa viària no previstes en el Pla de carreteres.

Aquestes actuacions o obres de millora general de la xarxa viària no poden alterar els objectius i criteris del Pla de carreteres de Catalunya.

...

Article 76

Utilització de la zona de domini públic

76.1 En la zona de domini públic només es poden realitzar les obres i les actuacions directament relacionades amb la construcció i l'explotació de la via i els seus elements funcionals i, si s'escau, instal·lacions o equipaments addicionals, incloses les d'enjardinat, sense perjudici del que s'estableix als apartats següents.

76.2 El servei territorial competent en matèria de carreteres pot autoritzar l'ocupació del subsol en la zona de domini públic, preferentment a la franja d'1 metre situada a la part més exterior d'aquesta zona, per a les obres o actuacions d'implantació, reposició o construcció d'infraestructures imprescindibles de serveis públics essencials. En cap cas aquestes obres o instal·lacions poden afectar la seguretat viària, perjudicar l'estructura de la carretera o els seus elements funcionals o impedir una adequada explotació; tampoc poden anar per sota de la calçada llevat dels encreuaments necessaris.

...

Conseqüentment, la normativa existent avui en dia no recull explícitament la instal·lació de panells FV en aquestes infraestructures, pel que s'hauria de contemplar una modificació de la mateixa.

10.2 FERROCARRILS

La normativa que presenta les implicacions principals per aquest estudi són:

- Llei 4/2006, de 31 de març, ferroviària.
- Llei 38/2015 de 29 de setembre, del sector ferroviari.
- Reial Decret 2387/2004 de 30 de desembre, pel que s'aprova el Reglament del Sector Ferroviari.
- Ordre FOM/2230/2005 de 6 de juliol, per la qual es redueix la línia límit d'edificació en els trams de les línies de la xarxa ferroviària d'interès general que recorren per zones urbanes

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Es recullen a continuació els punts més importants.

Llei 38/2015, de 29 de setembre, de el sector ferroviari.

CAPÍTOL III Limitacions a la propietat

...

Article 16. Altres limitacions relatives a les zones de domini públic i de protecció.

1. Per executar, en les zones de domini públic i de protecció de la infraestructura ferroviària, qualsevol tipus d'obres o instal·lacions fixes o provisionals, canviar la destinació de les mateixes o el tipus d'activitat que es pot realitzar en elles i plantar o talar arbres, es requerirà la prèvia autorització de l'administrador d'infraestructures ferroviàries.

...

Els sol·licitants d'una autorització per a la realització d'obres, instal·lacions o activitats en les zones de domini públic del ferrocarril, estaran obligats a prestar a l'administrador de la infraestructura ferroviària les garanties que aquest exigeixi en relació amb la correcta execució de les activitats autoritzades, de conformitat amb el que, si escau, es determini per reglament.

...

No obstant l'anterior, només podran realitzar-se obres o instal·lacions en la zona de domini públic, prèvia autorització de l'administrador d'infraestructures ferroviàries, quan siguin necessàries per a la prestació de servei ferroviari o bé quan la prestació d'un servei d'interès general així ho requereixi

...

2. A la zona de protecció no podran realitzar-se obres ni es permetran més usos que aquells que siguin compatibles amb la seguretat del trànsit ferroviari prèvia autorització, en qualsevol cas, de l'administrador d'infraestructures ferroviàries. Aquest podrà utilitzar o autoritzar la utilització de la zona de protecció per raons d'interès general, quan ho requereixi el millor servei de la línia ferroviària o per raons de seguretat del trànsit ferroviari.

...

LLEI 4/2006, de 31 de març, ferroviària.

TÍTOL III

La infraestructura ferroviària

CAPÍTOL II

Domini públic ferroviari, zones de protecció i línia d'edificació

Article 15. Normes d'aplicació en les zones de domini públic i de protecció.

1. L'atorgament de l'autorització prèvia necessària per a executar obres o instal·lacions fixes o provisionals, per canviar la destinació d'aquestes o el tipus d'activitat que pot realitzar-se en les mateixes i per plantar o talar arbres en les zones de domini públic i de protecció de la infraestructura ferroviària correspon al titular de les infraestructures ferroviàries o, si escau, a l'ens que tingui atribuïda la seva administració.

*2. Amb caràcter general, només es poden autoritzar obres o instal·lacions en les zones de domini públic i de protecció si són compatibles amb la seguretat del trànsit ferroviari i són necessàries per a prestar el servei ferroviari, o bé si ho requereix la prestació d'un servei de interès general, d'acord amb el procediment i les condicions que s'estableixin per reglament. **Les instal·lacions requerides per a la prestació d'un servei d'interès general comprenen la instal·lació de sistemes d'aprofitament energètic passius.***

...

4. L'autorització a què es refereix el present article pot denegar per raons de seguretat. Aquesta autorització és preceptiva per a l'atorgament de la llicència municipal corresponent. Tanmateix, el departament competent en matèria d'infraestructures i serveis de transport pot prohibir o condicionar l'exercici de les obres o activitats que vulguin realitzar-se, encara que hi hagi conformitat de l'administrador de la infraestructura, si poden pertorbar l'adequada prestació de servei o són contràries a l'interès públic.

Conseqüentment, la normativa existent avui en dia no recull explícitament la instal·lació de panells FV en aquestes infraestructures, pel que s'hauria de contemplar una modificació de la mateixa.

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

10.3 CANALS

No s'ha trobat en aquest nivell de l'estudi normativa específica pel que fa al disseny o explotació de canals. Malgrat que actualment la instal·lació sobre canals de plaques fotovoltaïques no es troba regulada, serà necessari consultar qualsevol reglament particular que pugui tenir la comunitat de regants afectada i assegurar-se de garantir l'accés, l'operació i el manteniment dels canals, tant durant l'obra com en la configuració definitiva.

10.4 EMBASSAMENTS

La normativa d'aplicació als embassaments es recull a continuació:

- ORDRE de de 31 de març de 1967, per la qual s'aprova la Instrucció per projectes, construcció i explotació de grans preses. (BOE núm. 257 publicat el 27/10/1967)
- DECRET 153/2012, de 20 de novembre, de modificació dels Estatuts de l'Agència Catalana de l'Aigua, aprovats pel Decret 86/2009, de 2 de juny. (DOGC núm. 6259 publicat el 22/11/2012)
- RESOLUCIÓ de 31 de gener de 1995, de la Secretaria d'Estat d'interior, per la qual es disposa la publicació de l'Acord del Consell de Ministres pel qual s'aprova la Directriu Bàsica de Planificació de Protecció Civil davant el Risc d'Inundacions. (BOE núm. 38 publicat el 14/02/1995)
- ORDRE de 12 de març de 1996 per la qual s'aprova el Reglament Tècnic sobre Seguretat de Preses i Embassaments (BOE núm. 78 publicat el 30/03/1996)
- ORDRE TES/341/2013, de 16 de desembre, per la qual es crea i s'organitza el Registre de Seguretat de Preses i Embassaments de Catalunya. (DOGC núm. 6534 publicat el 07/01/2014)
- Reial Decret Legislatiu 1/2001, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'Aigües. (BOE núm. 176 publicat el 24/07/2001)
- Reial Decret 849/1986, d'11 d'abril, que aprova el Reglament de domini públic hidràulic, que desenvolupa els tít. Preliminar, I, IV, V, VI i VII de la Llei 29/1985, de 2 d'agost de 1985, d'aigües. (BOE núm. 103 publicat el 30/04/1986)
- DECRET 86/2009, de 2 de juny, d'aprovació dels Estatuts de l'Agència Catalana de l'Aigua i de modificació del Decret 175/2001, de 26 de juny, pel qual s'aprova el desplegament territorial de l'Agència Catalana de l'Aigua. (DOGC núm. 5395 publicat el 08/06/2009)

Actualment, la instal·lació en embassaments de plaques fotovoltaïques flotants o altres infraestructures d'energia renovable no es troba regulada. Algunes consideracions normatives, entre d'altres, que caldrà abordar per implantar aquesta tecnologia en el mercat energètic són:

- Aspectes de permisos i llicències que requereixen la cooperació entre les autoritats d'energia i d'aigua
- Drets de l'aigua i permisos per a instal·lar i operar una planta de fotovoltaïca flotant en la superfície d'un cos d'aigua i amarrar-la dins de l'embassament
- Fixació de tarifes per a instal·lacions de fotovoltaïca flotant, que podria inspirar-se en la fotovoltaïca terrestre, tant per petites instal·lacions com per grans projectes
- Gestió i atorgament de la concessió

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

11 CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

Un dels primers aspectes a considerar sobre les dades de potencial renovable del present estudi és que es tracta de dades de potencial màxim, com a resultat d'un exercici teòric, en base a plantejaments i hipòtesis a nivell macro que necessiten ser validats.

Entre els principals plantejaments/hipòtesis del present estudi cal destacar el de la viabilitat de la connexió a la xarxa elèctrica. En el present estudi s'ha pressuposat que un 30% de les instal·lacions tindran la possibilitat de connectar-se a la xarxa, dada que només es pot validar en un estudi detallat cas a cas i infraestructura a infraestructura.

Igualment destacable és la validació dels espais proposats per a generar energia. Per més que aquestes superfícies són disponibles des d'un plànol teòric, només un estudi cas a cas podrà determinar si la utilització d'aquestes superfícies per a generació fotovoltaica és compatible amb els actuals usos de les infraestructures.

Un cas que pot ser objecte d'estudi a curt termini és el potencial renovable de les àrees/platges de peatge d'aquells peatges que ja han sigut desmantellats o ho han de ser properament.

D'altra banda, qualsevol dada de potencial renovable finalment validada caldrà inevitablement contextualitzar-la en un escenari de producció energètica a llarg termini. En aquest sentit, tal i com s'ha explicat anteriorment en aquest estudi la producció d'energia elèctrica l'any 2050 multiplica per x2,5 - x3 l'actual, estant a l'entorn dels 120.000-130.000 GWh/a.

La validació de les principals hipòtesis i resultats del present estudi i, si s'escau, l'obtenció d'un càlcul més acurat respecte el potencial renovable a les infraestructures de Catalunya es pot fer mitjançant l'estudi de plantes pilot. Aquestes plantes pilot poden posar sobre la taula les principals dificultats (legals, tècniques, etc.) que suposaria la generació renovable a les infraestructures catalanes. Les plantes pilot poden ser-ho de les infraestructures estudiades més rellevants: (1) un embassament, (2) un tram de xarxa viària d'alta capacitat o ferrocarril i (3) un tram de canals del territori català. Per a cada planta pilot, caldria tenir en consideració:

- Identificació dels diferents ens afectats
- Encaix geomètric de la solució
- Validació del punt de connexió a xarxa elèctrica, normativa, impacte ambiental i paisatgístic, potencial vandalisme i robatoris, serveis afectats, instal·lacions existents, passos per a manteniment, etc.
- Enginyeria conceptual, per a una valoració aproximada de la inversió
- Càlcul energètic de la planta pilot
- Viabilitat econòmica. Proposta particularitzada d'injecció a xarxa vs. autoconsum. Cost inversió €/W. LCOE: €/kWh

Respecte a les infraestructures lineals, les plantes pilot haurien d'ajudar a concloure si el seu potencial renovable és també lineal (aprofitament del domini públic), més enllà d'instal·lacions puntuals (p.e. panells fono absorbents).

L'estudi de les plantes pilot també hauria d'enfocar una eventual gestió activa d'una futura xarxa d'instal·lacions generadores fotovoltaïques mitjançant solucions EMS (Energy Management Systems).

En un altre àmbit de conclusions, cal destacar que s'ha trobat una tendència mundial al voltant de les instal·lacions fotovoltaïques flotants. Com a exemples d'aquesta tendència trobem països de l'entorn europeu que estan concursant aquest tipus de tecnologia, o el EBRD (*European Bank of Reconstruction and Development*) que està finançant projectes d'aquest tipus.

Dins del territori català destaca especialment l'existència des de 2018 d'una planta pilot al canal Segarra-Garrigues, situada al municipi de Cervià de les Garrigues, la qual abasteix elèctricament el funcionament d'una petita bassa de regulació del Canal. Aquesta planta pilot forma part d'un estudi per a la instal·lació de plaques solars flotants a les principals basses de regulació del Canal, el qual està liderat per l'empresa Aigües del Segarra-Garrigues amb la participació de de l'empresa Infraestructures.cat. També des del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya es contempla poder cobrir el Canal (*font: <https://www.lamanyana.cat/58137-2/>*)

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Entre els principals beneficis de la instal·lació de panells solars a canals i embassaments destaca:

- La limitació de l'evaporació de d'aigua, al disminuir la incidència del Sol. Conseqüentment, es redueix el volum d'aigua consumit (cal extreure menys aigua dels rius) o es pot aprofitar el nou excedent per a nous conreus
- La reducció del consum energètic pel bombament d'aigua, al existir menys volum d'aigua
- L'energia necessària pels bombament d'aigua és generada de manera renovable al mateix punt on és consumida
- La disminució del manteniment de canals i embassaments, ja que al reduir la incidència del Sol també disminuirà el creixement d'algues i males herbes. D'altra banda, certes tasques de manteniment poden ser més costoses al interferir amb les instal·lacions FV
- S'evita l'ocupació de terrenys agrícoles per a la producció solar, fent servir una superfície desaproveitada
- Per la naturalesa dels embassaments i de les estacions de bombeig dels canals, existeix infraestructura elèctrica a prop de la generació FV, la qual potencialment pot ser aprofitada per a connectar-s'hi
- Es pot fer una instal·lació progressiva. Es poden aprofitar les superfícies disponibles de manera progressiva, resseguint el curs dels canals/embassaments
- Iniciativa local. La implicació de les comunitats de regants i del territori pot impulsar aquestes instal·lacions
- Millora la producció elèctrica, ja que el rendiment dels panells solars millora per la refrigeració de l'aigua i també es deterioren menys augmentant la seva vida útil

Es tracta doncs d'una tecnologia amb un nivell de maduresa superior a la resta d'infraestructures d'aquest estudi, amb la qual segons alguns estudis es podria duplicar la generació hidroelèctrica actual (*font: where the Sun meets water - Floating solar market report - The World Bank 2019*). En aquest sentit, es fa imprescindible treballar la incorporació de la FV flotant de la mà de les comunitats de regants, així com de les concessionàries Hidroelèctriques com un complement a la seva producció.

Finalment, al voltant dels embassaments i de l'emmagatzematge d'energia, tot i que no són objecte del present estudi, existeix un altre i ample camp d'anàlisi al voltant de les centrals reversibles (emmagatzemament d'energia potencial mitjançant el bombament d'aigua d'un embassament a un altre).

Respecte la xarxa viària d'altra capacitat i els ferrocarrils, cal igualment treballar de la mà dels seus titular i/o concessionàries la utilització de la zona de domini públic per a la generació renovable. Caldrà validar conjuntament la superfície disponible tenint en compte les restriccions de la infraestructura (p.e. manteniments) però també la superfície disponible més enllà de la zona de domini públic. En aquest sentit, per exemple, en el procés d'expropiació per a la construcció d'una autopista s'acostuma a adquirir terrenys annexes a la zona de domini públic, bé sigui per a evitar conflictivitat, bé sigui per a compensar els propietaris al trobar-se amb parcel·les comunicades o inutilitzables després del processos d'expropiació.

A nivell normatiu, per la seva banda, cal un canvi o adaptació del marc normatiu regulatori existent en l'actualitat, el qual permeti la instal·lació de panells fotovoltaics a les infraestructures proposades al present estudi. Caldrà també contemplar la declaració d'aquestes com a instal·lacions públiques d'interès general. L'adaptació normativa també hauria de preveure la previsió d'espai per a generació renovable a les infraestructures de nova construcció i/o a les existents mitjançant obres de millora o modernització.

A nivell d'inversió, tal i com s'ha raonat a l'apartat de viabilitat econòmica, cal analitzar el paper a desenvolupar per l'Administració per afavorir, si s'escau, aquest tipus d'instal·lacions. Donat que les instal·lacions i tecnologies més madures tenen costos d'inversió menors, a igualtat de costos financers (conseqüentment LCOE inferior) aquestes s'executaran de manera prioritària per la iniciativa privada. S'estima doncs imprescindible la intervenció de l'Administració per a facilitar el desenvolupament del mercat de les energies renovables a les infraestructures, ja sigui mitjançant la implementació d'eines financeres (p.e. subvencions, crèdits tous) o de diferents fórmules de gestió de les infraestructures (p.e. concessions).

Estudi de l'anàlisi del potencial renovable a les infraestructures de Catalunya

Lligat al nivell d'inversió cal destacar la problemàtica del vandalisme i dels robatoris de les instal·lacions proposades al present estudi. El cost de la tecnologia necessària per a evitar-los (especialment a les infraestructures lineals), així com els problemes que de manera natural generen, poden posar en compromís la viabilitat de molt projectes.

Cal destacar que en la mesura en que a nivell mundial s'implementin solucions de generació renovable a les infraestructures aquest mercat madurarà i el potencial a curt/mig termini s'incrementarà consegüentment.

Finalment, tant a nivell del territori com del mercat fotovoltaic en sí mateix, cal destacar que la implicació de tots els ens interessats i no únicament els titulars de les infraestructures pot ser un factor clau de l'èxit en la implementació de les energies renovables a les infraestructures de Catalunya.