

# ESTUDIS MONOGRÀFICS CAMBRA



7

## **Descarbonització i transició energètica a Catalunya: full de ruta 2022-2050**

Abril 2022



Cambra de Comerç de Barcelona  
GABINET D'ESTUDIS



# ESTUDIS MONOGRÀFICS CAMBRA



7

## **Descarbonització i transició energètica a Catalunya: full de ruta 2022-2050**

Abril 2022



Cambra de Comerç de Barcelona

GABINET D'ESTUDIS



## DESCARBONITZACIÓ I TRANSICIÓ ENERGÈTICA A CATALUNYA: FULL DE RUTA 2022-2050

Abril 2022

©Cambra Oficial de Comerç, Indústria, Serveis i Navegació de Barcelona

### *Elaboració de continguts:*

Gabinet d'Estudis Econòmics i Infraestructures de la Cambra de Comerç de Barcelona

### *Consell Assessor:*

Oriol Amat

Germà Bel

Joan B. Casas

Ada Ferrer

Jordi Galí

Teresa Garcia-Milà

Guillem López-Casasnovas

Andreu Mas-Colell

Raül Ramos

Elisabet Viladecans-Marsal

Els membres del consell assessor no comparteixen necessàriament les opinions expressades pels autors ni són responsables de qualsevol error que pugui contenir l'estudi.

## ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJECTIU DESCARBONITZACIÓ: FULL DE RUTA PER A CATALUNYA</b> .....	<b>7</b>
<b>3. GASOS D'EFECTE HIVERNACLE PER CÀPITA A CATALUNYA: EVOLUCIÓ, COMPARATIVA I FACTORS DETERMINANTS</b> .....	<b>8</b>
3.1. EVOLUCIÓ I COMPARATIVA: 1990 - 2019.....	8
3.2. FACTORS DETERMINANTS: LA IDENTITAT DE KAYA.....	9
<b>4. ESCENARIS CLIMÀTICS DE CATALUNYA: PROSPECTIVA 2020 - 2050</b> .....	<b>11</b>
4.1. PUNT DE PARTIDA: EL COST CLIMÀTIC DE NO FER RES .....	11
4.1.1. Escenari tendencial (I) .....	11
4.1.2. Escenari inercial: impacte de l'augment del PIB per càpita.....	12
4.2. LA TRANSFORMACIÓ PRODUCTIVA: ESCENARIS D'INTENSITAT ENERGÈTICA.....	13
4.2.1. Intensitat energètica: escenari tendencial (II) .....	14
4.2.2. Intensitat energètica: escenari de <i>transformació productiva</i> .....	15
4.3. LA REVOLUCIÓ VERDA: ESCENARIS DE TRANSICIÓ ENERGÈTICA .....	17
4.3.1. Descarbonització: escenari tendencial (III) .....	17
4.3.2. Descarbonització: escenari de <i>neutralitat climàtica</i> .....	19
<b>5. FENT POSSIBLE LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA A CATALUNYA: LA INVERSIÓ EN FONTS RENOVABLES EN L'HORIZÓ 2022 - 2050</b> .....	<b>20</b>
5.1. CONSUM ELÈCTRIC RENOVABLE: SUPÒSITS I PROSPECTIVA .....	21
5.1.1. Supòsits de partida: escenari de <i>neutralitat climàtica</i> .....	21
5.1.2. Prospectiva de consum elèctric renovable a Catalunya.....	22
5.2. POTÈNCIA ELÈCTRICA INSTAL·LADA DE FONTS RENOVABLES .....	23
5.2.1. Supòsits: potència elèctrica de fonts renovables .....	23
5.2.2. Prospectiva: potència elèctrica renovable instal·lada addicional .....	23
5.3. INVERSIÓ EN ENERGIES RENOVABLES: IMPORT I PERIODIFICACIÓ .....	24
5.3.1. Supòsits: cost d'instal·lació de les energies renovables.....	24
5.3.2. Inversió necessària en fonts d'energia renovables .....	25
<b>6. IMPLICACIONS DE LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA: L'ÚS DEL SÒL A CATALUNYA</b> .....	<b>26</b>
6.1. SUPÒSITS .....	26
6.2. OCUPACIÓ DEL TERRITORI DE LES ENERGIES RENOVABLES.....	28
<b>7. CONCLUSIONS</b> .....	<b>29</b>



## 1. INTRODUCCIÓ

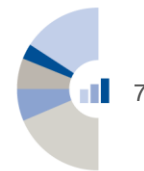
L'escalfament global antropogènic és una evidència demostrada científicament, amb clares implicacions negatives sobre la sostenibilitat mediambiental del planeta i el benestar de la ciutadania. La causa fonamental d'aquesta alteració progressiva de les condicions climatològiques és l'enorme alliberació de partícules contaminants (essencialment de diòxid de carboni) a l'atmosfera degut a l'ús massiu dels combustibles fòssils com a principal font d'energia. En conseqüència, la *descarbonització* de l'activitat humana representa un repte majúscul i prioritari al que haurem de fer front col·lectivament (administracions, teixit empresarial i societat civil) durant les properes dècades. Per tal de fer-ho possible, és indispensable accelerar la *transició energètica*, això és, la substitució dels combustibles fòssils per fonts alternatives respectuoses amb el medi ambient (energies renovables).

L'objectiu primordial de l'estudi *Descarbonització i transició energètica a Catalunya: full de ruta 2022-2050* consisteix en **quantificar i periodificar la inversió necessària en fonts renovables a Catalunya que permetria el compliment dels compromisos climàtics de cara el 2030 i 2050**. En particular, es quantifica el cost -sota determinats supòsits- d'instal·lació de la potència elèctrica addicional necessària en energia eòlica terrestre i fotovoltaica que permetria el desplegament d'un model elèctric alimentat exclusivament de fonts renovables l'any 2050. Cal advertir que aquesta anàlisi no inclou altres costos que inevitablement caldrà assumir per aconseguir una economia plenament descarbonitzada, tant en l'àmbit de les empreses i les llars (adquisició de vehicles elèctrics, instal·lació de sistemes elèctrics de refrigeració i calor a la indústria) com en el de les infraestructures (punts de recàrrega de vehicles, noves xarxes elèctriques, etc.).

El resultat d'aquest exercici prospectiu mostra que **Catalunya hauria d'invertir un total de 59.024M€ durant el període 2022-2050**, fet que li permetria disposar de **62.980 MW addicionals de potència elèctrica en energies renovables el 2050** respecte als 4.092 MW de l'any 2020. Tanmateix, la trajectòria prevista d'inversió durant el període analitzat no seria lineal -la demanda de consum elèctric renovable creix a mesura que el procés d'electrificació d'una economia es consolida- i passaria dels 789M€ el 2022 als 3.038M€ el 2050. Aquest desemborsament de recursos representa un esforç molt considerable, atès que **Catalunya haurà de dedicar en mitjana el 0,67% del PIB cada any fins al 2050 per aconseguir un sistema elèctric 100% renovable**.

Finalment, l'estudi fa una estimació dels requeriments, en termes d'ocupació de sòl a Catalunya, que suposarien la instal·lació de 62.980 MW addicionals de fonts renovables. Les estimacions realitzades -assumint que el 60% del consum elèctric addicional es cobreix amb energia fotovoltaica sobre terreny nou i el 40% restant amb eòlica terrestre- mostren que **caldrà dedicar una superfície total de 576.254 hectàrees a la instal·lació de parcs fotovoltaics i parcs eòlics terrestres, el que equival al 17,9% del territori català**. No s'han considerat, per motius econòmics i de disponibilitat, fonts alternatives com l'energia solar fotovoltaica sobre teulades o els parcs eòlics marins, les quals permetrien reduir la demanda de superfície.

La descarbonització del planeta és un repte d'enorme complexitat, que exigeix l'acord de polítiques a nivell global i l'estreta cooperació entre diferents actors a nivell nacional, sovint amb interessos contraposats. Per tant, és imprescindible una voluntat política ferma i l'establiment d'un full de ruta clar sobre com s'han d'assolir els compromisos climàtics en l'horitzó 2050.



## 2. OBJECTIU DESCARBONITZACIÓ: FULL DE RUTA PER A CATALUNYA

Segons l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Catalunya va emetre un total de 44 milions de tonelles equivalents de diòxid de carboni (Te CO<sub>2</sub>) el 2019, un 13,2% superior al registre del 1990.<sup>1</sup> No obstant això, les emissions per càpita han seguit una trajectòria descendent en el mateix període, passant de les 6,4 a les 5,8 Te CO<sub>2</sub>. Aquest fet posa en evidència que el procés de descarbonització per habitant a Catalunya (tot i que molt lentament) ja ha començat. El repte, doncs, consisteix en accelerar dràsticament aquesta dinàmica per assolir els compromisos climàtics establerts durant les properes dècades.

El juliol de 2021 la Comissió Europea va aprovar el *Fit for 55*, un full de ruta molt ambiciós de reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) per al 2030. Concretament, la institució ha fixat com a objectiu una disminució del 55% dels GEH el 2030 en comparació amb els nivells del 1990 per al conjunt de la Unió Europea (UE). Aquest acord legislatiu, dins el marc del Pacte Verd Europeu, també preveu la neutralitat climàtica el 2050, és a dir, un escenari d'emissions netes igual a zero (les emissions brutes residuals de CO<sub>2</sub> hauran de ser compensades amb instruments de captura de carboni).<sup>2</sup>

Per tal d'assolir aquesta fita, la UE estableix uns objectius anuals vinculants de reducció de les emissions de GEH per als diferents estats membres. En aquest sentit, l'estat espanyol va presentar el 20 de gener de 2020 el *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030* (PNIEC), en el que s'estableix el full de ruta de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>. En concret, l'informe preveu una disminució de les emissions brutes (en comparació amb els nivells de 1990) del 40% per al 2030 i del 90% l'any 2050. Per aquesta última data, també es fixa com a prioritat la consecució d'un model de producció d'energia elèctrica 100% renovable.

Per últim, la Generalitat de Catalunya va publicar el novembre de 2021 una actualització de la contribució que ha de fer Catalunya en matèria de reducció de les emissions de GEH per al 2030, prenent com a referència el nou marc legislatiu del *Fit for 55*.<sup>3</sup> Concretament, l'objectiu fixat per la Generalitat implica una disminució dels GEH del 27% l'any 2030 en comparació amb els nivells de 1990. En conclusió, el full de ruta de descarbonització de l'economia catalana que es pren de referència per a l'elaboració d'aquest estudi consisteix en una disminució del 27% de les emissions de GEH el 2030 (Generalitat de Catalunya) i del 90% per al 2050 (PNIEC). Finalment, s'aplica la hipòtesi que el procés de descarbonització a Catalunya seguirà una trajectòria lineal entre el 2030 i el 2050, amb un objectiu intermedi de reducció de les emissions del 58,5% l'any 2040 en comparació amb el 1990.

La trajectòria que haurien de seguir les emissions de GEH totals i per càpita d'acord amb el full de ruta esmentat anteriorment es resumeix a la Taula 1. En termes absoluts, les emissions a Catalunya s'haurien de situar en les 28,4 i 3,9 milions de Te CO<sub>2</sub> el 2030 i 2050, respectivament.

<sup>1</sup> Aquest indicador agrupa en unitats equivalents les emissions pròpiament de CO<sub>2</sub> amb les d'altres gasos contaminants (essencialment metà i monòxid de carboni) fruit de l'activitat humana.

<sup>2</sup> Aquests instruments es coneixen amb nom d'embornals de carboni (boscors, espais verds protegits o noves tecnologies que permetin l'emmagatzematge i eliminació de partícules contaminants).

<sup>3</sup> [https://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/03\\_AMBITS/mitigacio/INDC/Estimacio-objectiu-GEH-2030-Catalunya\\_f.pdf](https://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/03_AMBITS/mitigacio/INDC/Estimacio-objectiu-GEH-2030-Catalunya_f.pdf)



En termes per càpita (suposant un creixement anual de la població del 0,4% fins al 2050)<sup>4</sup>, això representaria passar de les 5,8 Te CO<sub>2</sub> el 2019 a les 3,5 (2030) i 0,4 en l'horitzó 2050.

**Taula 1. Full de ruta de descarbonització. Catalunya.**

Any	Milions Te CO <sub>2</sub>				Te CO <sub>2</sub> per càpita	
	Registrat	Objectiu	% s/1990	Font	Registrat	Objectiu
1990	38,9				6,4	
2019	44,0				5,8	
2030		28,4	-27,0%	Generalitat		3,5
2040		16,1	-58,5%	Elab. pròpia		1,9
2050		3,9	-90,0%	PNIEC		0,4

Font: Elaboració pròpia a partir de la Generalitat, Oficina Catalana del Canvi Climàtic i PNIEC.

### 3. GASOS D'EFECTE HIVERNACLE PER CÀPITA A CATALUNYA: EVOLUCIÓ, COMPARATIVA I FACTORS DETERMINANTS

Aquest apartat analitza l'evolució de les emissions de GEH per càpita a Catalunya i la compara amb els cinc països fundadors (Alemanya, França, Itàlia, Països Baixos i Bèlgica) de la Unió Europea (UE-5), així com els factors determinants que expliquen aquesta trajectòria.

#### 3.1. EVOLUCIÓ I COMPARATIVA: 1990 - 2019

Catalunya va emetre 5,8 milions de Te CO<sub>2</sub> per càpita el 2019 (va caure excepcionalment fins a les 5,0 per l'impacte de la Covid-19 sobre l'activitat econòmica), un 10% menys que el 1990 (Gràfic 1). Deixant de banda l'impacte de la pandèmia, es poden distingir tres etapes clarament diferenciades. Des del 1990 fins al 2007 les emissions (per càpita) de GEH a Catalunya van créixer un 24,7%, tendència que es va revertir parcialment durant la crisi econòmica (2008-2013). Finalment, durant els anys de recuperació (2014-2019) les emissions contaminants van tornar a augmentar (tot i que a un ritme inferior en comparació amb l'anterior etapa expansiva). En conclusió, l'evolució a Catalunya (i a Espanya) dels GEH té un comportament marcadament procíclic (augmenten en etapes de creixement econòmic i disminueixen en períodes recessius).

En canvi, la UE-5 mostra una trajectòria molt diferent, amb un descens progressiu de les emissions per càpita (independentment del cicle econòmic) en tot el període. Per tant, el patró de reducció dels GEH al nucli europeu segueix una tendència a la baixa sistemàtica i més sostenible a llarg termini (Catalunya aconsegueix reduir les emissions en etapes traumàtiques de descens de l'activitat econòmica). La reducció equilibrada de les emissions per càpita a la UE-5 també ha resultat ser més efectiva. Pel que fa al conjunt del període (1990-2019), Catalunya

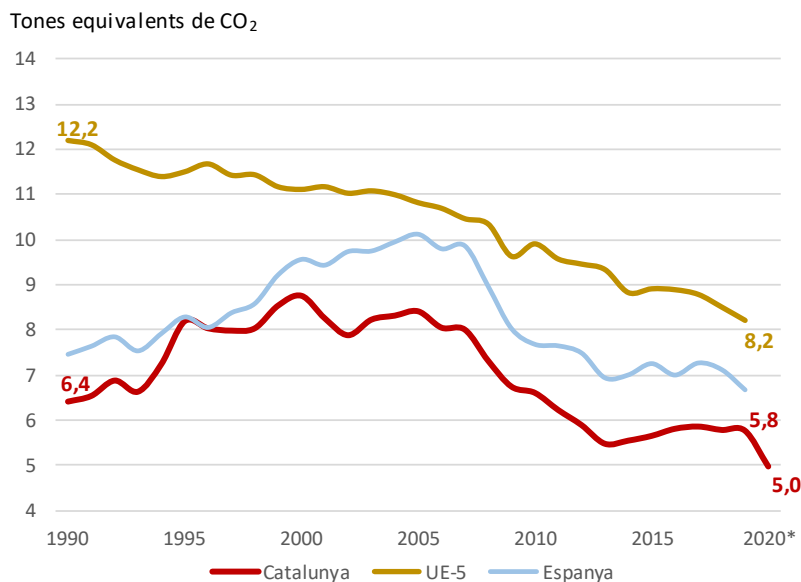
<sup>4</sup> Segons les projeccions de població (escenari mitjà) elaborades per l'Idescat (2021).



només ha aconseguit reduir les seves emissions per habitant un -0,4% en mitjana anual, un punt percentual inferior a la UE-5 (-1,4%).

Un segon element a remarcar de la comparativa és que les emissions per càpita a Catalunya són considerablement inferiors al nucli europeu en tot el període analitzat, tot i que el diferencial és cada cop menor. Així, les emissions per càpita a Catalunya eren un 29,7% inferiors al nucli europeu l'any 2019 (-47,5% el 1990). Un dels principals motius que expliquen aquest fenomen és l'elevada contribució de l'energia nuclear (no emet pràcticament GEH) en el mix de producció elèctrica a Catalunya en comparació amb la UE-5 (i Espanya).<sup>5</sup> Un segon factor és l'ús residual del carbó (molt intensiu en emissions de CO<sub>2</sub>) a Catalunya com a font de producció i consum d'energia (altres països, com Alemanya, segueixen utilitzant carbó com a font de producció elèctrica).

**Gràfic 1. Emissions de gasos d'efecte hivernacle per càpita.**



\*Dada estimada.

Font: Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Eurostat i European Energy Agency.

### 3.2. FACTORS DETERMINANTS: LA IDENTITAT DE KAYA

Les emissions anuals de GEH per càpita es poden descompondre en tres conceptes clau: 1) PIB per càpita; 2) consum d'energia per unitat de PIB; 3) emissions de GEH per unitat de consum d'energia. La intuïció darrera d'aquesta identitat (pren el nom de la "Identitat de Kaya" en honor a l'economista Yiochi Kaya, el primer en utilitzar aquesta expressió matemàtica l'any 1989) és senzilla. En primer lloc, el grau de desenvolupament econòmic per habitant d'un territori (mantenint la resta de components constants) està relacionat positivament amb les emissions de GEH per càpita (l'energia és un input indispensable per produir béns i serveis). En segon lloc,

<sup>5</sup> El pes de la producció d'energia nuclear a Catalunya va ser el 82,9% de la producció primària d'energia (no inclou les exportacions i importacions d'energia) l'any 2019, molt superior al 31,8% i 43,5% de la UE-5 i del conjunt de l'Estat, respectivament.



un major grau d'*intensitat energètica* (o consum d'energia per unitat de PIB) també implica un nivell superior d'emissions per habitant (una economia amb un model productiu més intensiu energèticament o amb maquinària, vehicles, etc. menys eficient tendirà a emetre més partícules contaminants). Finalment, el paràmetre de *neutralitat energètica* (o emissions de GEH per unitat de consum d'energia) està negativament relacionada amb les emissions per càpita. És a dir, com més respectuós amb el medi ambient sigui el model energètic d'un territori (ús intensiu d'energies renovables, cotxes elèctrics, etc.), menor seran les emissions per unitat de consum d'energia. L'expressió matemàtica de la identitat de *Kaya* s'escriu de la següent manera:

$$\frac{\text{Emissions GEH}}{\text{càpita}} = \frac{\text{PIB}}{\text{càpita}} * \frac{\text{consum d'energia}}{\text{PIB}} * \frac{\text{emissions GEH}}{\text{consum d'energia}}$$

La Taula 2 desglossa l'evolució de les emissions de CO<sub>2</sub> per càpita en el període 2000-2019 dels tres components esmentats anteriorment. Contràriament a la tendència observada entre el 1990 i 2019, el descens de les emissions de GEH per habitant des de principis del segle XXI ha estat més intens a Catalunya (-2,2% en mitjana anual) en comparació amb la UE-5 (-1,6%).

**Taula 2. Emissions de gasos efecte hivernacle per càpita. 2000-2019.**

	Taxa de variació <u>acumulada</u> (%)			Taxa de variació <u>anual</u> (%)		
	CAT	UE-5	ESP	CAT	UE-5	ESP
<b>Emissions CO<sub>2</sub> per càpita</b>	-33,9	-26,2	-30,1	-2,2	-1,6	-1,9
<b>PIB per càpita</b>	12,0	15,8	17,6	0,6	0,8	0,9
<b>Consum d'energia / PIB</b>	-20,6	-24,9	-26,2	-1,2	-1,5	-1,6
<b>Emissions CO<sub>2</sub> / consum d'energia</b>	-25,7	-15,1	-19,5	-1,6	-0,9	-1,1

Font: Elaboració pròpia a partir de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Idescat, Eurostat i European Energy Agency.

Els motius que expliquen aquesta evolució positiva en favor de Catalunya són dos (un de positiu i un de negatiu). El negatiu és que el PIB per càpita a Catalunya ha crescut més lentament (0,6% anual) en relació amb la UE-5 (0,8%) entre el 2000 i el 2019, fet que ha provocat un menor creixement de les emissions per habitant. La bona notícia és que el component de *neutralitat climàtica* -emissions de GEH per consum d'energia- ha disminuït amb molta més intensitat a Catalunya (-25,7% acumulat entre el 2000 i el 2019) que al nucli europeu (-15,1%). Finalment, si bé la transformació del model productiu i els guanys d'eficiència energètica de l'economia catalana han aconseguit reduir el seu consum d'energia per unitat de producció *-intensitat energètica-* un -1,2% en mitjana anual, la UE-5 ho ha fet més ràpidament (-1,5%). En aquest sentit, és important afegir que el consum primari d'energia<sup>6</sup> a Catalunya ha augmentat un 9,8% acumulat entre el 2000 i el 2019, contràriament al que ha succeït als països europeus de referència (-8,0%). Per tant, el factor que explica necessàriament la millora del paràmetre d'intensitat energètica a Catalunya és el fort creixement de l'activitat econòmica en aquest període. En efecte, el PIB català ha augmentat un 38,2% en les primeres dues dècades del segle XXI, una xifra molt superior a la de la UE-5 (22,4%).

<sup>6</sup> Inclou el consum d'energia producte del procés de transformació (generació elèctrica i refineries), el consum propi del sector elèctric, les pèrdues de transport i distribució, el consum final d'energia de les llars i el teixit productiu i els usos no energètics (ex: elaboració de derivats del petroli).



## 4. ESCENARIS CLIMÀTICS DE CATALUNYA: PROSPECTIVA 2020 - 2050

L'objectiu d'aquesta secció és fer una simulació prospectiva sobre la trajectòria dels GEH per càpita en l'horitzó 2050 segons l'evolució dels tres paràmetres descrits anteriorment: PIB per càpita, intensitat energètica i neutralitat climàtica del consum energètic. Atès que la tendència a mig i llarg termini del PIB per càpita és d'un creixement moderat però sostingut en el temps, l'estudi pren aquesta variable com a predeterminada. Per tant, les dues palanques que permetran assolir els objectius de descarbonització són la intensitat energètica i la neutralitat climàtica. En conclusió, l'exercici quantitatiu que s'introdueix a continuació estableix les condicions a llarg termini que s'han de donar -sota determinats supòsits- perquè Catalunya pugui satisfer els compromisos climàtics fixats per a l'any 2030 i 2050.

### 4.1. PUNT DE PARTIDA: EL COST CLIMÀTIC DE NO FER RES

El punt de partida per posar en evidència la importància de les millores dels components d'intensitat energètica i de neutralitat climàtica per a l'assoliment dels objectius de descarbonització consisteix precisament en projectar escenaris en d'absència de progrés -o molt limitat- d'aquestes dues variables.

#### 4.1.1. Escenari tendencial (I)

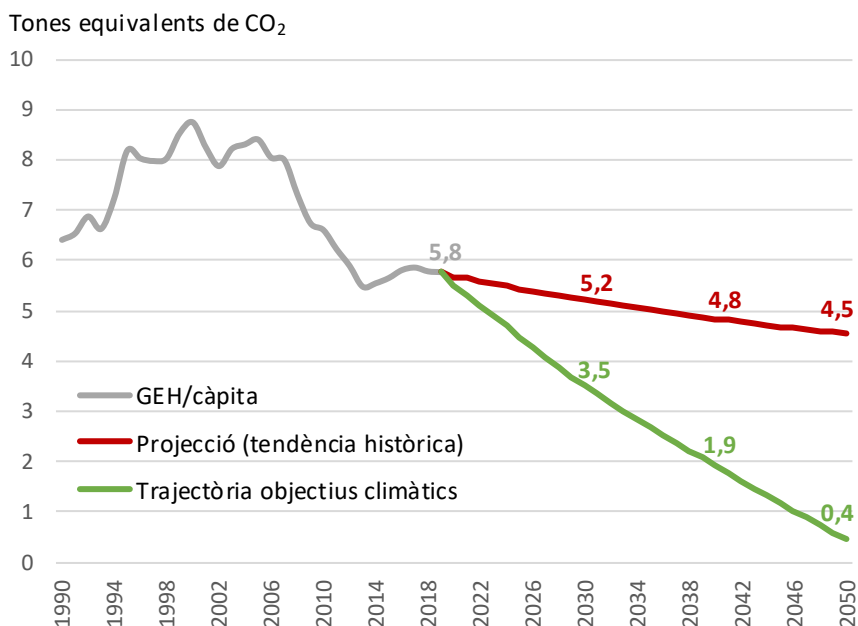
El primer escenari (Gràfic 2) permet visualitzar la trajectòria que seguirien les emissions per càpita fins al 2050 si Catalunya mantingués la mateixa tendència històrica observada de reducció dels GEH per habitant (-0,4% en mitjana anual) entre el 1990 i el 2019.<sup>7</sup> En primer lloc, cal destacar que es produeix una disminució (moderada) dels GEH per habitant a Catalunya, gràcies a la millora simultània dels components d'intensitat energètica i neutralitat climàtica. Tot i així, aquesta evolució és clarament insuficient per satisfer els compromisos climàtics. En concret, el 2030 i el 2050 Catalunya emetria 5,2 i 4,5 Te CO<sub>2</sub> per càpita, respectivament. Aquestes magnituds estan molt allunyades dels objectius de 3,5 Te CO<sub>2</sub> el 2030 i de 0,4 el 2050.

---

<sup>7</sup> Es pren de referència les emissions per càpita del 2019 per als diferents escenaris de projeccions. El motiu és la caiguda excepcional de les emissions de GEH l'any 2020, degut a la forta contracció econòmica provocada per la Covid-19.



## Gràfic 2. Emissions de GEH/cap. Tendència històrica. CAT.



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Idescat.

### 4.1.2. Escenari inercial: impacte de l'augment del PIB per càpita

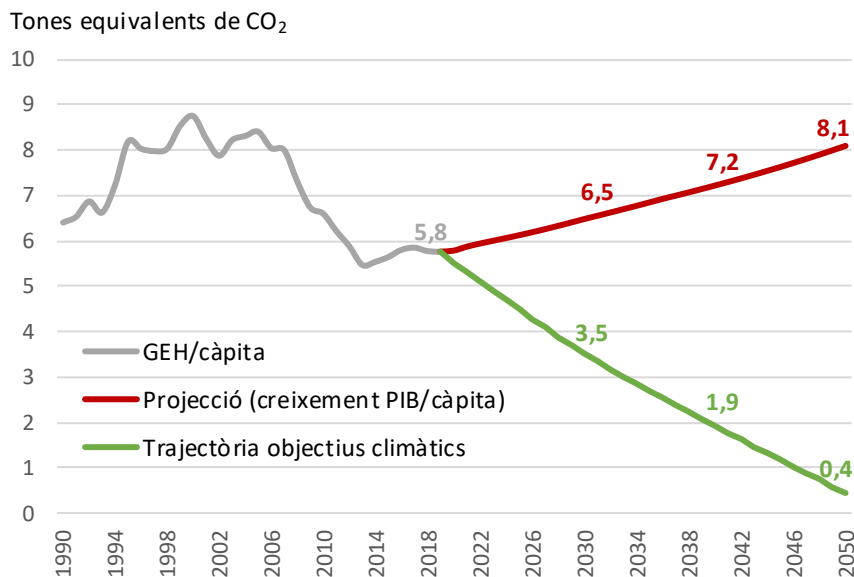
El Gràfic 3 mostra l'evolució dels GEH per càpita entre el 2020 i el 2050, assumint que el PIB per càpita creix un 1,1% en mitjana anual (mantenint constant la ràtio d'intensitat energètica i neutralitat climàtica en els valors de 2019 per tot l'horitzó de projeccions).<sup>8</sup> El resultat d'aquest senzill exercici de simulació és que les emissions per càpita a Catalunya creixen de forma progressiva, des de les 5,8 Te CO<sub>2</sub> a les 8,1 el 2050, una trajectòria en direcció oposada a la que marquen els objectius climàtics.

La conclusió fonamental d'aquest primer exercici prospectiu és que l'esforç que ha realitzat Catalunya en les darreres tres dècades per tal de reduir la seva petjada de carboni és molt escàs en comparació amb el repte que té per endavant. En particular, les emissions per càpita han de disminuir en mitjana un -7,9% anual si es vol assolir l'objectiu fixat per al 2050 (0,4 Te CO<sub>2</sub> per càpita). Dit d'una altra manera, durant les properes tres dècades Catalunya ha d'intensificar el procés de descarbonització vint cops respecte a la tendència històrica (-0,4% anual) per satisfer els compromisos climàtics del 2050. A més, l'augment tendencial del PIB per càpita serà un factor que pressionarà a l'alça les emissions per habitant durant les properes dècades.

<sup>8</sup> S'assumeix que el creixement del PIB a Catalunya (1,5%) fins al 2050 serà equivalent al del conjunt de l'economia espanyola (font: *España Puede*). A més, es fa el supòsit que la població a Catalunya augmentarà un 0,4% anual, d'acord amb les previsions (escenari mitjà) de l'Idescat.



**Gràfic 3. Emissions de GEH/cap. Creixement PIB/cap. CAT.**



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Idescat i Govern d'Espanya.

En definitiva, les palanques que permetran la consecució dels objectius de descarbonització passen necessàriament per una transformació productiva de l'economia i millores d'eficiència i estalvi energètic (millor aïllament dels edificis, renovació del parc de vehicles, etc.), així com per un canvi radical del model de producció i consum energètic (desplegament a gran escala de les fonts d'energies renovables).

## 4.2. LA TRANSFORMACIÓ PRODUCTIVA: ESCENARIS D'INTENSITAT ENERGÈTICA

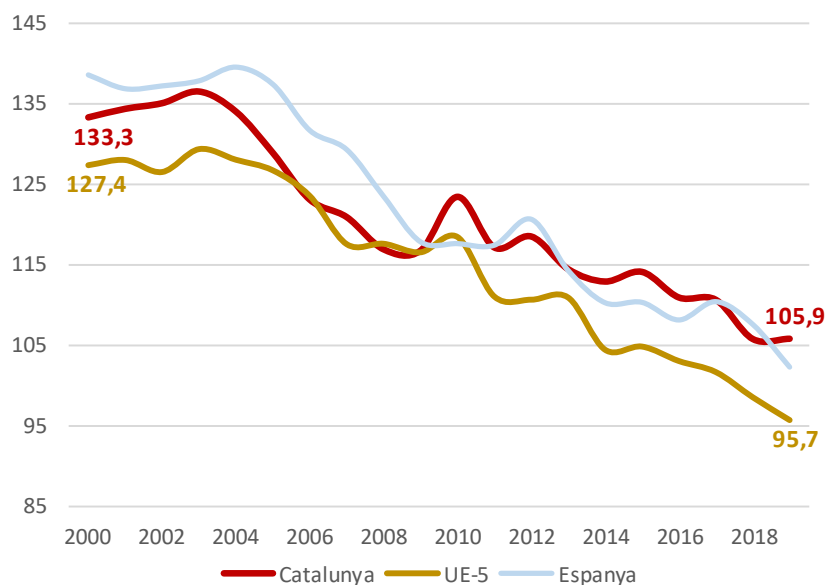
El Gràfic 4 mostra l'evolució anual del paràmetre d'intensitat energètica (consum primari d'energia per unitat de PIB) a Catalunya i la seva comparativa amb el nucli europeu. Tal i com s'explica a la Taula 1, la UE-5 ha aconseguit reduir en major intensitat el seu consum energètic per unitat de producció (-24,9% acumulat) en comparació amb Catalunya (-20,6%) entre el 2000 i el 2019. Tot i així, és important remarcar que els diferencials d'intensitat energètica en nivells entre Catalunya i la UE-5 no són molt elevats (tot i que a partir de la crisi econòmica del 2008 s'observa un procés de divergència moderat).

Els següents dos escenaris prospectius analitzen el paper que pot jugar la reducció de la intensitat energètica a Catalunya a l'hora de mitigar les emissions dels GEH per càpita a mig i llarg termini. Cal remarcar que en els successius exercicis prospectius sempre s'assumeix un creixement anual mitjà del PIB per habitant a Catalunya de l'1,1% fins al 2050. A més, en els escenaris d'intensitat energètica es manté constant (al valor de l'any 2019) el component de neutralitat climàtica en tot l'horitzó de projeccions.



#### Gràfic 4. Consum primari d'energia per unitat de PIB.

Tones equivalents de petroli / PIB (M€) en euros constants (2015)



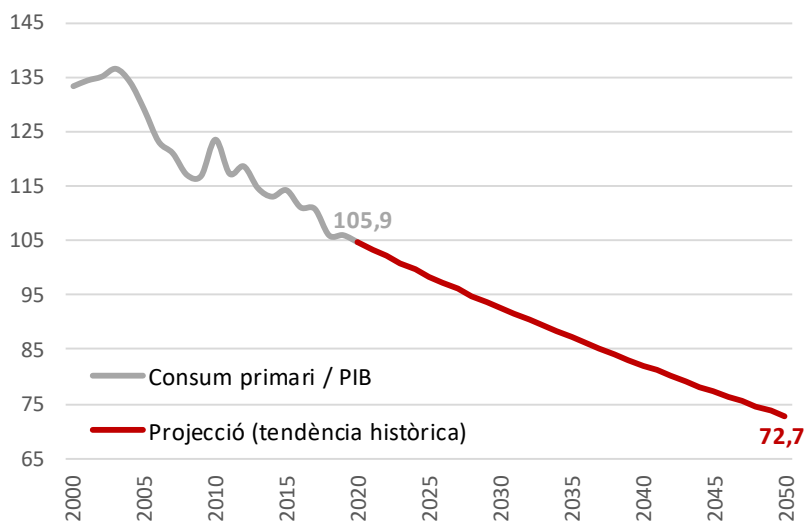
Font: Elaboració pròpia a partir de l'Institut Català de l'Energia, Idescat i Eurostat.

#### 4.2.1. Intensitat energètica: escenari tendencial (II)

El primer escenari de millora de la intensitat energètica assumeix que Catalunya experimenta un descens anual del consum energètic per unitat de PIB del -1,2%, l'equivalent a la tendència històrica durant el període 2000-2019. El Gràfic 5 mostra la trajectòria anual d'aquesta variable en l'horitzó de projecció (2020-2050).

#### Gràfic 5. Consum primari d'energia per unitat de PIB. CAT.

Tones equivalents de petroli / PIB (M€) en euros constants (2015)

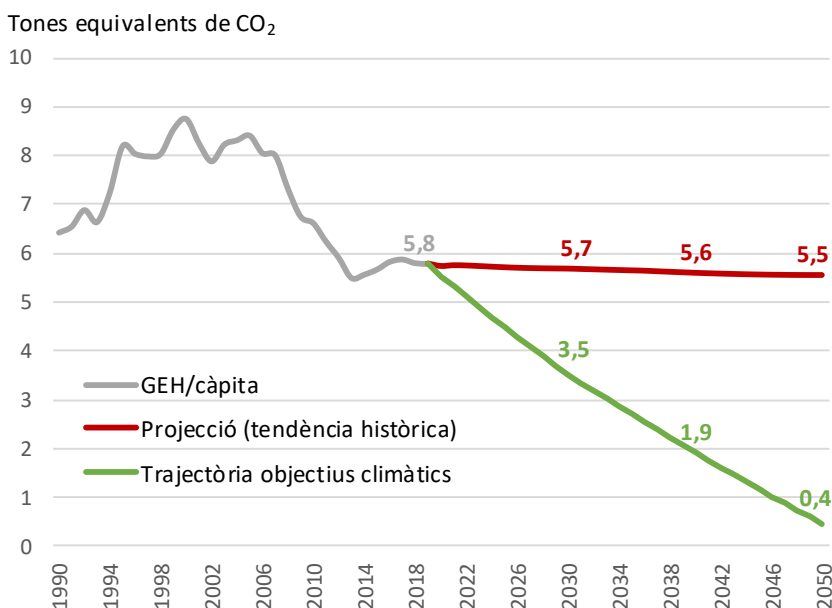


Font: Elaboració pròpia a partir de l'Institut Català de l'Energia i Idescat.



El resultat d'aplicar aquesta disminució de la ràtio d'intensitat energètica sobre les emissions de GEH per càpita es visualitza en el Gràfic 6. En essència, la tendència històrica de reducció del consum energètic per unitat de PIB permetria a Catalunya compensar totalment l'augment del PIB per càpita previst (1,1% anual) durant les properes tres dècades i, fins i tot, disminuir molt lentament les emissions entre el 2019 (5,8 T<sub>e</sub> CO<sub>2</sub>) i el 2050 (5,5). Tot i que es tracta d'una millora important respecte a l'escenari inercial de creixement del PIB per càpita, els objectius de descarbonització encara queden molt lluny de poder-se materialitzar.

**Gràfic 6. Emissions de GEH/cap. Intensitat energètica. CAT.**



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Idescat.

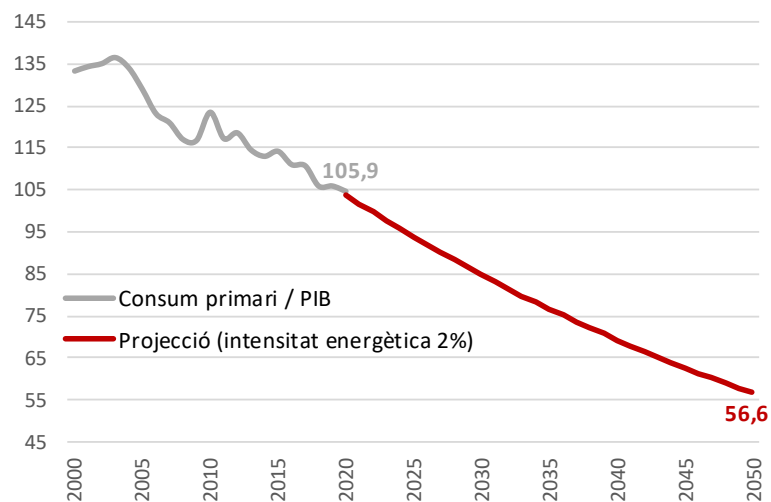
#### 4.2.2. Intensitat energètica: escenari de transformació productiva

L'escenari de *transformació productiva* preveu una reducció anual mitjana del paràmetre d'intensitat energètica del -2,0%, una disminució més intensa en comparació amb l'escenari tendencial (-1,2%) descrit anteriorment. El supòsit d'intensificació en la reducció del consum energètic per unitat de producció projecta un escenari arbitrari però perfectament factible, atès que un dels pilars del Pacte Verd Europeu i dels fons Next Generation EU consisteix precisament en avançar cap a una economia menys intensiva en consum energètic (mantenint taxes de creixement econòmic sostenibles). Alguns exemples d'aquestes polítiques són les millores estructurals i d'aïllament dels edificis, la renovació del parc de vehicles de transport, el major desplegament del transport públic (especialment el ferroviari), la substitució progressiva de maquinaria industrial, entre d'altres. El Gràfic 7 il·lustra l'evolució de la ràtio d'intensitat energètica en tot l'horitzó de projeccions assumint aquest escenari més ambiciós de transformació del model productiu i de guanys d'eficiència i estalvi energètic. En cas que es materialitzessin aquests objectius, el consum d'energia per unitat de PIB seria un 22,2% inferior a l'escenari tendencial l'any 2050.



### Gràfic 7. Consum primari d'energia per unitat de PIB. CAT.

Tones equivalents de petroli / PIB (M€) en euros constants (2015)

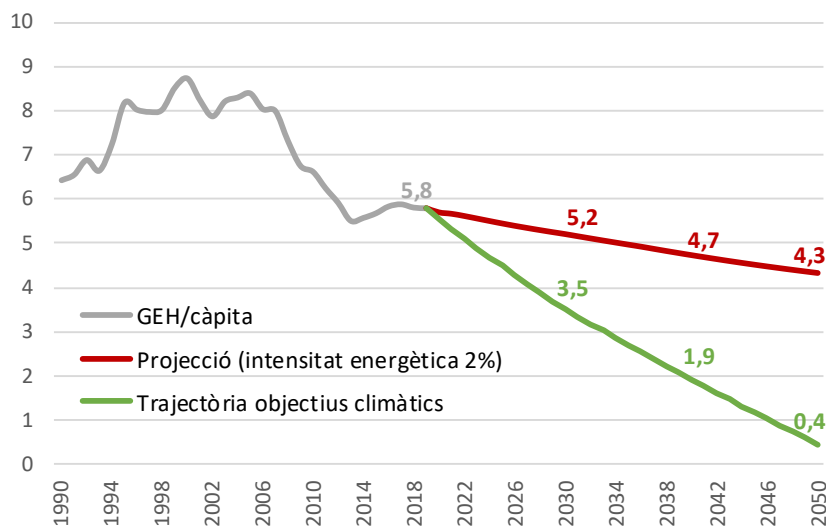


Font: Elaboració pròpia a partir de l'Institut Català de l'Energia i Idescat.

El Gràfic 8 mostra com un escenari més ambiciós de reducció de la intensitat energètica contribueix a convergir cap als compromisos climàtics. Així, les emissions per càpita a Catalunya el 2030 serien de 5,2 Tc CO<sub>2</sub> el 2030 i de 4,3 el 2050 (per sota de les 5,7 i 5,5 Tc CO<sub>2</sub> de l'escenari de disminució tendencial del consum energètic per unitat de producció).

### Gràfic 8. Emissions de GEH/cap. Intensitat energètica. CAT.

Tones equivalents de CO<sub>2</sub>



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Idescat i Govern d'Espanya.

La conclusió principal d'aquest segon exercici prospectiu de les emissions per càpita en funció de la trajectòria del component d'intensitat energètica és que, tot i ser imprescindible impulsar polítiques d'estalvi i eficiència energètica, no és realista pensar que es podran satisfer els compromisos climàtics només per aquesta via. Per tant, és imperatiu activar la segona palanca de reducció de les emissions de GEH: la transformació del model energètic a partir d'un intens desplegament de les energies renovables.



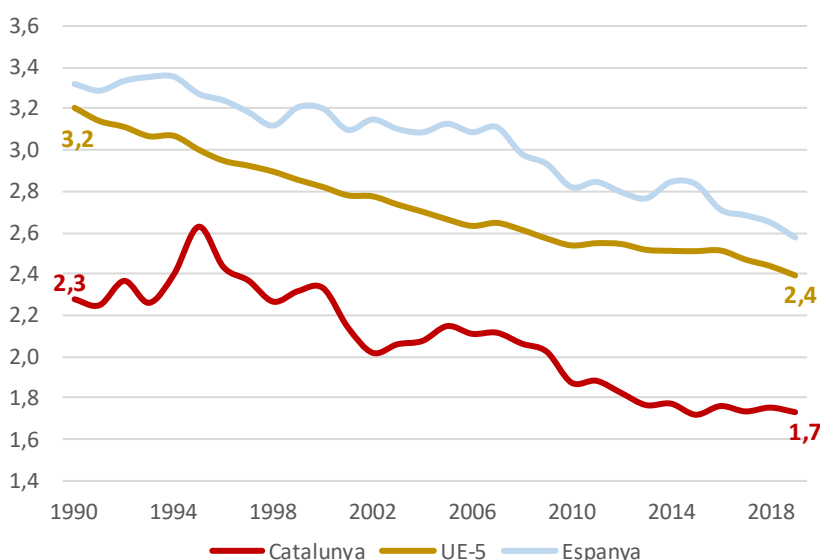


### 4.3. LA REVOLUCIÓ VERDA: ESCENARIS DE TRANSICIÓ ENERGÈTICA

El Gràfic 9 mostra la trajectòria anual de les emissions de GEH per unitat de consum d'energia a Catalunya entre el 1990 i el 2019, comparant-la amb els països europeus de referència. Els principals missatges són dos: el més important és remarcar el diferencial existent del paràmetre de neutralitat climàtica entre Catalunya i la UE-5 al llarg del període. En particular, l'any 2019 el nucli europeu alliberava un 27,5% més de partícules de CO<sub>2</sub> respecte al seu consum energètic en comparació amb Catalunya. En segon lloc, la disminució d'aquesta variable a Catalunya i a la UE-5 ha estat molt similar en el període analitzat (-0,9% i -1,0% en mitjana anual, respectivament).

**Gràfic 9. Emissions de GEH per unitat de consum d'energia.**

Tones equivalents de CO<sub>2</sub> / tones equivalents de petroli



Font: Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Institut Català de l'Energia, Eurostat i European Energy Agency.

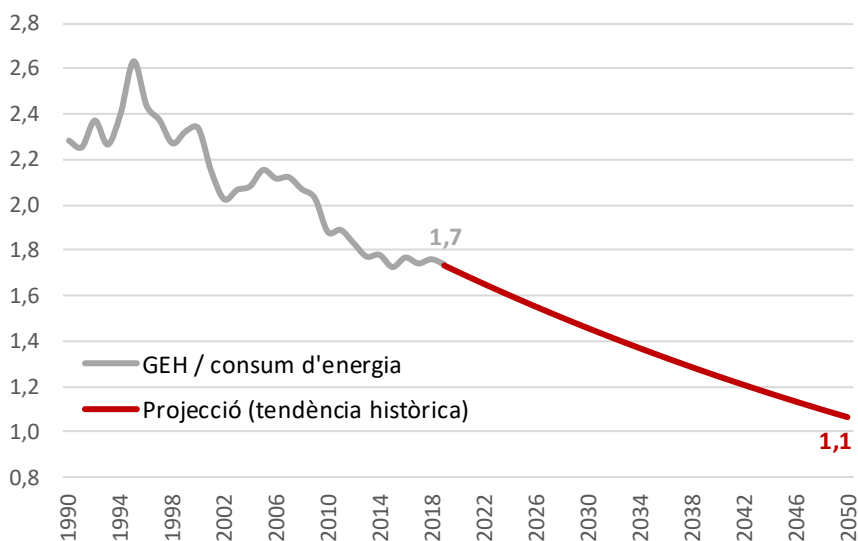
#### 4.3.1. Descarbonització: escenari tendencial (III)

El Gràfic 10 mostra la trajectòria que seguiria el component de neutralitat climàtica a Catalunya fins al 2050 si es mantingués la tendència històrica entre el 2000 i el 2019 (-1,6%). El resultat d'aquest descens progressiu implica que el 2050 les emissions de GEH per unitat de consum energètic serien un 38,5% inferior en comparació amb el nivell de 2019.



### Gràfic 10. GEH per consum d'energia. Tendència històrica. CAT.

Tones equivalents de CO<sub>2</sub> / tones equivalents de petroli

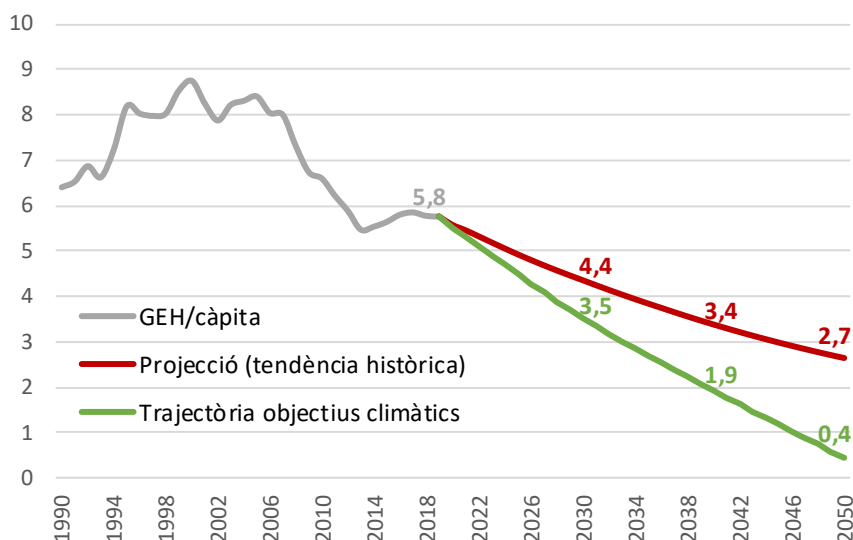


Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Institut Català d'Energia.

L'impacte de la reducció tendencial del component de neutralitat climàtica sobre l'evolució de les emissions de CO<sub>2</sub> per càpita (amb una disminució del 2% anual de la ràtio d'intensitat energètica) es visualitza en el Gràfic 11.

### Gràfic 11. Emissions de GEH/cap. Tendència GEH/consum energia.

Tones equivalents de CO<sub>2</sub>



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Idescat i Govern d'Espanya.

El descens de les emissions de GEH per càpita en aquest escenari és força més intens en comparació amb el de *transformació productiva* (absència de progrés del component de neutralitat climàtica). Així, els GEH per habitant l'any 2050 incorporant el descens tendencial de



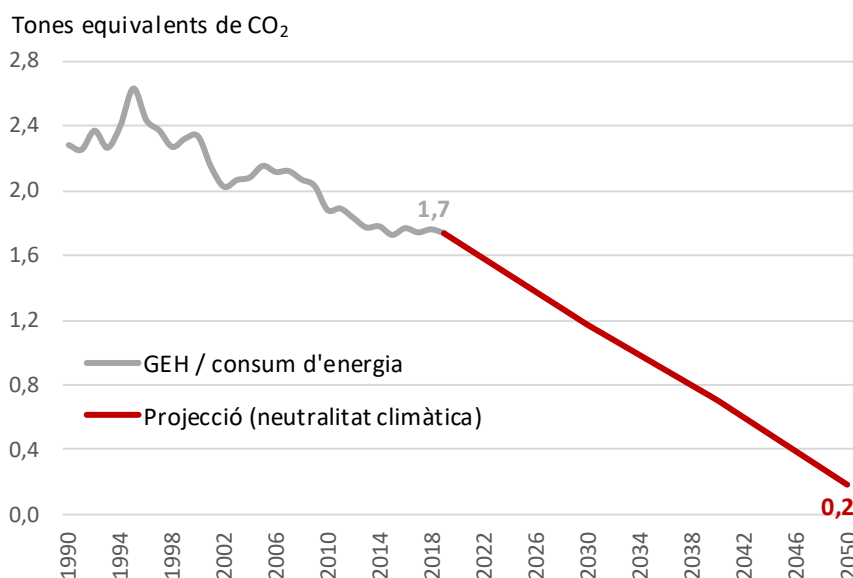
les emissions per unitat de consum energètic serien de 4,4 i 2,7 Te CO<sub>2</sub> per càpita el 2030 i 2050, respectivament. Òbviament, aquesta trajectòria suposaria una disminució del 38,5% de les emissions per habitant en comparació amb l'escenari de *transformació productiva* (equivalent a la reducció del paràmetre de neutralitat climàtica).

La conclusió d'aquest escenari és que la disminució tendencial de les emissions de CO<sub>2</sub> per unitat de consum d'energia (juntament amb la reducció del 2% anual de la intensitat energètica) també és insuficient per assolir els objectius climàtics del 2030 i 2050. En definitiva, el compliment dels compromisos de descarbonització passen necessàriament per un canvi radical en el model de producció energètica a Catalunya durant les properes dècades.

#### 4.3.2. Descarbonització: escenari de *neutralitat climàtica*

El Gràfic 12 mostra la trajectòria que haurien de seguir les emissions de GEH per unitat de consum energètic a Catalunya que permetrien satisfer els objectius climàtics establerts per al 2030 i 2050. Concretament, l'escenari de *neutralitat climàtica* exigeix reduir les emissions per unitat de consum d'energia un 19,8% i un 83,1% el 2030 i 2050, respectivament, en comparació amb l'escenari tendencial de descarbonització descrit anteriorment. En termes anuals, aquesta evolució implica un descens mitjà del -7,0% del paràmetre de neutralitat climàtica (molt superior a la tendència històrica del -1,6%).

**Gràfic 12. GEH per consum d'energia. Neutralitat climàtica. CAT.**



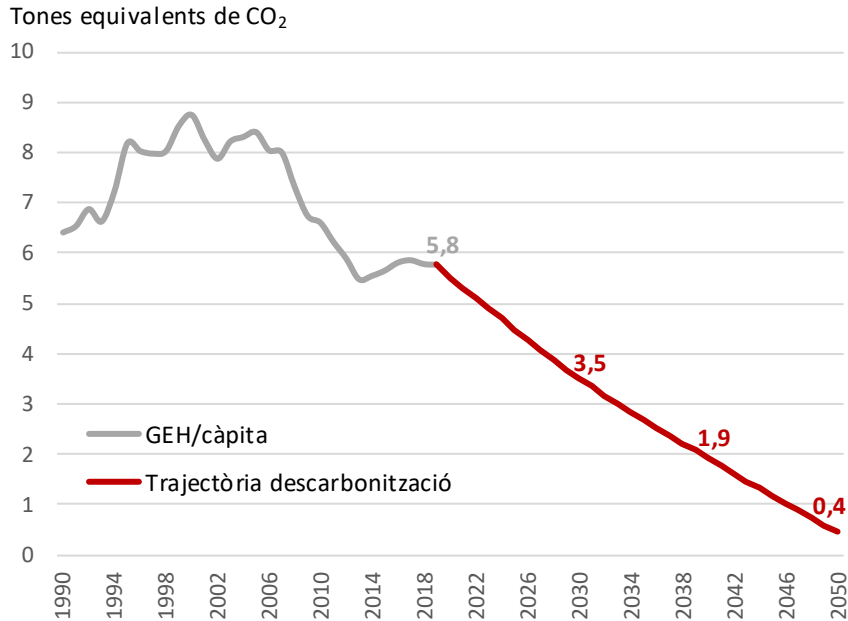
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Institut Català d'Energia.

Finalment, el Gràfic 13 posa en evidència que la trajectòria efectiva dels GEH per càpita que resultaria de satisfer els requisits de l'escenari de *neutralitat climàtica* (reducció anual del -7,0% de les emissions de GEH per unitat de consum energètic i una disminució del 2% de la ràtio



d'intensitat energètica) coincidiria amb el full de ruta de descarbonització establert per la Generalitat de Catalunya (2030) i la Comissió Europea (2050).

**Gràfic 13. Emissions de GEH/cap. Trajectòria descarbonització. CAT.**



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Idescat.

## 5. FENT POSSIBLE LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA A CATALUNYA: LA INVERSIÓ EN FONTS RENOVABLES EN L'HORIZZÓ 2022 - 2050

El propòsit d'aquesta secció és quantificar la inversió necessària a Catalunya en energies renovables que permet satisfer els compromisos climàtics en l'horitzó 2050 (reducció del 27% de les emissions *brutes* l'any 2030 i del 90% el 2050 respecte al nivell de GEH del 1990). Un instrument fonamental per materialitzar aquesta evolució dels GEH és la *transició energètica*, és a dir, la producció massiva d'energia elèctrica procedent de fonts renovables en substitució dels combustibles fòssils. Aquest gir radical en el model de producció (i consum) energètic permetria -assumint un seguit de supòsits que es detallen a continuació- satisfer la trajectòria d'emissions de GEH per unitat de consum d'energia de l'escenari de *neutralitat climàtica*.

És important destacar que aquesta anàlisi es limita a quantificar el cost d'implementar gradualment un model de producció elèctrica 100% renovable fins al 2050. Per tant, no s'inclouen altres costos que inevitablement caldrà assumir per aconseguir una economia lliure d'emissions netes de CO<sub>2</sub>, tant en l'àmbit de les empreses i les llars (adquisició de vehicles elèctrics, instal·lació de sistemes elèctrics de refrigeració i calor a la indústria) com en el de les infraestructures (elements d'emmagatzematge energètic, punts de recàrrega de vehicles, noves xarxes elèctriques).



## 5.1. CONSUM ELÈCTRIC RENOVABLE: SUPÒSITS I PROSPECTIVA

Aquest apartat resumeix els supòsits que s'utilitzen per elaborar la prospectiva de consum elèctric renovable fins al 2050, variable clau que permet quantificar la inversió necessària en la instal·lació addicional de potència elèctrica eòlica terrestre i fotovoltaica.

### 5.1.1. Supòsits de partida: escenari de *neutralitat climàtica*

El càlcul prospectiu de consum elèctric renovable parteix de l'escenari de *neutralitat climàtica*. Novament, els supòsits (d'aplicació en l'horitzó 2020-2050) són:

- **PIB per càpita:** creixement anual mitjà de l'1,1%.
- **Intensitat energètica:** disminució anual mitjana del 2% de la ràtio de consum d'energia per unitat de PIB.
- **Neutralitat climàtica:** reducció anual mitjana del 7,0% de la ràtio d'emissions de GEH per unitat de consum d'energia.

Adicionalment, per satisfer la trajectòria de les emissions per unitat de consum de l'escenari de *neutralitat climàtica* és necessari:

- **Electrificació:** el 80% de les necessitats energètiques de Catalunya el 2050 es cobreixen amb energia elèctrica (el percentatge d'electrificació es va situar en el 25,1% el 2019).<sup>9</sup> A més, es fa el supòsit que els increments marginals del procés d'electrificació són cada cop menors. El motiu és que l'avenç del procés d'electrificació és progressivament més complex (dificultat d'abastiment a tot el territori català, implementació en els diferents sectors econòmics, canvi dels hàbits de consum energètic, existència de barreres d'accés a les tecnologies renovables entre les llars de baix poder adquisitiu, etc.)
- **Energia nuclear:** el desplegament de les energies renovables substitueix íntegrament la producció d'energia nuclear de Catalunya el 2031. D'acord amb la informació publicada al BOE<sup>10</sup>, es preveu el tancament d'Ascó I i Vandellòs II el 2030<sup>11</sup> i d'Ascó II el 2031. Cal dir que aquesta última podria arribar a operar fins al 2035 si les empreses propietàries sol·licitessin una extensió de la llicència, però ara com ara, aquest escenari no està aprovat oficialment.

<sup>9</sup> En el moment d'elaboració de l'estudi, l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) preveia un grau d'electrificació de l'economia catalana del 80% l'any 2050. En la prospectiva energètica presentada el 4 de febrer de 2022, la institució preveu un percentatge d'electrificació del 76,4%.

<sup>10</sup> BOE 212, de 6 d'agost de 2020, pàg. 65.507 a 65.513 (Vandellòs II). BOE 240, de 7 d'octubre de 2021, pàg. 122.929 a 122.942 (Ascó I i Ascó II).

<sup>11</sup> La planificació del govern de l'Estat contempla una renovació addicional per la central de Vandellòs II fins a 2034 inclòs (informe afirmatiu del CSN, actualment en tramitació). A l'espera d'una aprovació definitiva en BOE en aquest estudi es manté l'última publicació oficial per al 2030.

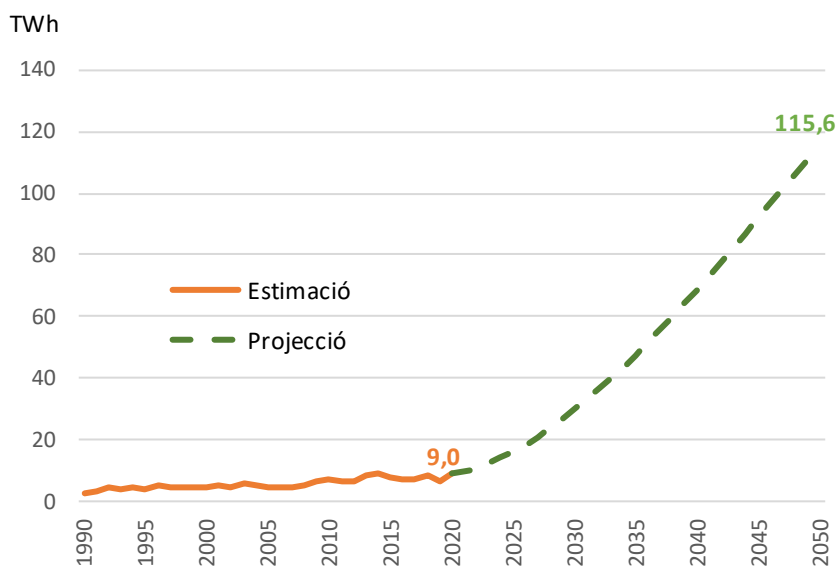


- **Autosuficiència energètica:** la producció d'energia elèctrica renovable domèstica anual satisfà la demanda de consum elèctric. Aquest supòsit imposa que la transició energètica a Catalunya passa per un model de producció elèctric renovable autòcton (no depèn de la importació intensiva d'energia renovable d'altres països). A la pràctica, implica un saldo (diferència entre exportacions i importacions) elèctric igual a zero per al conjunt de l'any (els mesos de l'any amb un saldo elèctric positiu es compensen amb un saldo negatiu equivalent).
- **Emissions residuals:** el 20% del consum d'energia no electrificada el 2050 es satisfà amb el consum d'hidrogen verd, biomassa i un ús residual dels combustibles fòssils. Les emissions residuals *brutes* de CO<sub>2</sub> degut a l'ús marginal dels combustibles fòssils es compensen amb el desplegament de tecnologies de captura de carboni.

### 5.1.2. Prospectiva de consum elèctric renovable a Catalunya

L'escenari de *neutralitat climàtica* descrit anteriorment i l'aplicació dels supòsits corresponents permeten obtenir una prospectiva del consum elèctric renovable per a Catalunya fins al 2050 (Gràfic 14). El resultat d'aquest exercici quantitatiu preveu que el consum elèctric renovable passi dels 9 TWh el 2019 als 115,6 TWh l'any 2050.<sup>12</sup>

**Gràfic 14. Consum d'energia elèctrica de fonts renovables. CAT.**



Font: Elaboració pròpia a partir de l'Institut Català de l'Energia i Idescat.

<sup>12</sup> El consum elèctric renovable es calcula multiplicant el consum energètic total a Catalunya pel percentatge d'electrificació i el pes de les renovables en el mix elèctric. Atès que no es disposa d'una sèrie històrica de consum elèctric renovable, es fa una estimació entre el 1990 i el 2019 (últim any disponible del consum energètic a Catalunya).



## 5.2. POTÈNCIA ELÈCTRICA INSTAL·LADA DE FONTS RENOVABLES

Aquesta secció estima la potència elèctrica de fonts renovables addicional necessària que caldria instal·lar a Catalunya per satisfer la trajectòria de consum elèctric renovable fins al 2050 projectat en l'apartat anterior.

### 5.2.1. Supòsits: potència elèctrica de fonts renovables

Els dos supòsits que s'utilitzen per calcular la potència elèctrica addicional que cal instal·lar són:

- **Producció de fonts renovables:** la producció addicional d'energia elèctrica renovable (MWh) es distribueix en una proporció eòlica terrestre/solar fotovoltaica de 40/60. Aquesta equivaldria a una proporció de 31/69 en termes de potència a instal·lar (MW) si s'assumeixen els factors de càrrega del segon supòsit de càlcul. Aquesta hipòtesi s'ha adoptat seguint la línia de les estimacions provisionals de la Prospectiva Energètica de Catalunya (PROENCAT2050) publicades per l'Observatori de les Energies Renovables de Catalunya el juliol del 2021<sup>13</sup>. Segons aquestes, per un escenari de 63.000 MW de potència instal·lada, la ràtio entre l'eòlica i la fotovoltaica era de 29/71.
- **Factor de càrrega:** s'apliquen els següents factors de càrrega (ràtio entre l'energia elèctrica efectiva produïda en un determinat període de temps i la que s'hagués generat si la instal·lació renovable funcionés a ple rendiment durant el mateix període): 24,9% per a l'eòlica terrestre, 16,8% per a la fotovoltaica i 90,0% en el cas de la nuclear<sup>14</sup>.

### 5.2.2. Prospectiva: potència elèctrica renovable instal·lada addicional

El Gràfic 15 mostra l'estimació de la potència elèctrica addicional en fonts d'energia renovable que caldria instal·lar a Catalunya a partir del 2022 per satisfer els compromisos climàtics l'any 2030 i 2050. En particular, el 2030 l'estoc de potència elèctrica renovable (sumant l'energia eòlica i fotovoltaica) hauria de ser de 17.849 MW, uns 13.758 MW addicionals. El 2050, **l'objectiu de neutralitat climàtica de l'economia catalana** (mitjançant un sistema elèctric 100% de fonts renovables) **s'assoliria amb un estoc de potència instal·lada de 67.071 MW**, una magnitud que és més 16 cops superior a l'actual (4.092 MW).

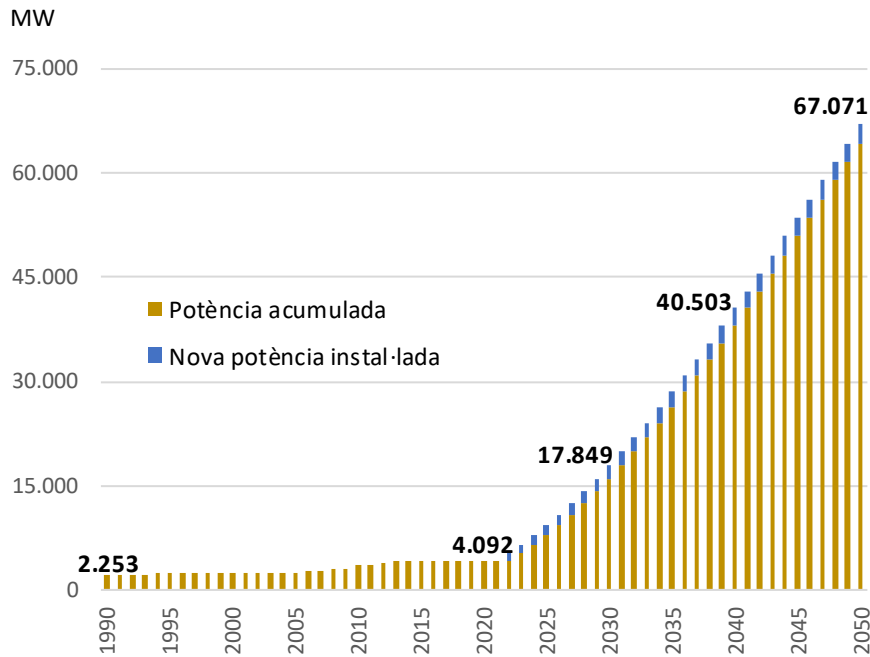
En termes de nova potència instal·lada, **Catalunya hauria de disposar de 62.980 MW addicionals d'energia elèctrica renovable** (43.402 MW de fotovoltaica i 19.578 MW d'eòlica). Això implica **Catalunya ha d'augmentar en 2.172 MW el seu estoc de potència elèctrica renovable en mitjana anual entre el 2022 i el 2050**.

<sup>13</sup> L'Observatori de les Energies Renovables de Catalunya (2021). Progrés de la implantació d'energies renovables a Catalunya – Objectius 2030 | 2050. Informe de situació 2020 - Resum executiu.

<sup>14</sup> Els factors de càrrega emprats per a l'eòlica terrestre i la fotovoltaica han estat calculats amb dades de Red Elèctrica i corresponen a la mitjana durant el període 2016-2020 per a Catalunya.



**Gràfic 15. Estoc i potència addicional elèctrica de fonts renovables.**



Font: Elaboració pròpia a partir de l'Institut Català de l'Energia, Red Elèctrica Española, International Renewable Energy Agency i International Energy Agency.

### 5.3. INVERSIÓ EN ENERGIES RENOVABLES: IMPORT I PERIODIFICACIÓ

Aquest apartat quantifica la inversió necessària -sota determinats supòsits- que cal realitzar a Catalunya per materialitzar l'augment de 62.980 MW de potència elèctrica addicional en fonts d'energia renovables, així com la seva periodificació en l'horitzó 2022-2050.

#### 5.3.1. Supòsits: cost d'instal·lació de les energies renovables

Els supòsits fonamentals per calcular el cost de la inversió necessària en fonts renovables són:

- **Cost d'instal·lació:** el cost de generació de 1 kW procedent de l'energia eòlica terrestre és de 972€ i de 581€ en el cas de la fotovoltaica.<sup>15</sup> Per tant, el cost mitjà ponderat (60% fotovoltaica i 40% eòlica) d'instal·lació de 1 kW d'energia renovable és de 737€. A més, l'escenari central de l'estudi suposa que els costos d'instal·lació es mantenen constants en tot l'horitzó de projeccions (es quantifica posteriorment la inversió en renovables en un escenari de descens dels costos d'instal·lació).
- **Depreciació dels actius:** la taxa de depreciació mitjana entre el 2022 i 2050 dels actius productius de generació de fonts renovables és del 2,6% anual.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Font: International Renewable Energy Agency (IRENA).

<sup>16</sup> Fonts: International Energy Agency (IAE) i Interesting Project H2020.



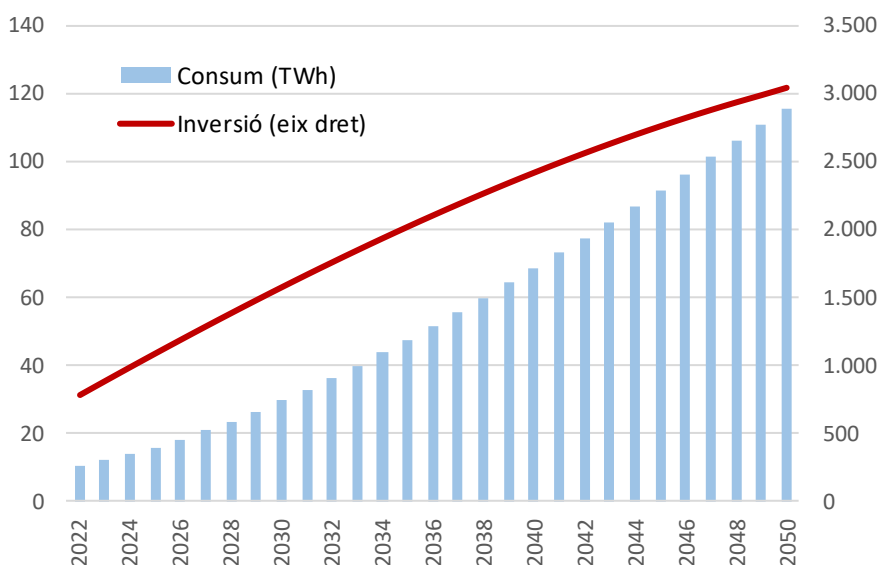
### 5.3.2. Inversió necessària en fonts d'energia renovables

El Gràfic 16 mostra la inversió anual en la instal·lació de fonts renovables que hauria de realitzar Catalunya per aconseguir un model de producció elèctrica 100% renovable. En essència, la **inversió bruta total** (incloent els costos d'amortització) **que caldria destinar a la instal·lació de fonts renovables seria de 59.024 M€ per al conjunt del període (2022-2050)**. És important notar que la inversió anual seguiria una trajectòria creixent en el temps, passant dels 789 M€ el 2022 als 3.038 M€. La inversió total neta (descomptant la inversió per substitució dels actius amortitzats) seria de 44.229 M€. Finalment, en termes relatius **la inversió anual mitjana en percentatge del PIB seria del 0,67% entre el 2022 i el 2050**.

És important destacar dues característiques del resultat de la inversió en renovables. La primera és la pendent positiva de la inversió bruta, fet que s'explica per l'augment creixent de la demanda anual d'energia elèctrica renovable (consolidació del procés d'electrificació). Addicionalment, l'increment de l'estoc de potència instal·lada en energies renovables provoca un augment progressiu dels costos d'amortització. La segona característica és la concavitat de la trajectòria d'inversió, conseqüència directa del supòsit dels increments marginals decreixents del procés d'electrificació (cada cop és més difícil electrificar la totalitat de l'economia).

**Gràfic 16. Inversió necessària en fonts d'energia renovables. CAT.**

Consum (TWh). Inversió (M€).



Font: Elaboració pròpia a partir de l'ICAEN, REE, IRENA i IEA.

Tot i que l'escenari central de l'estudi preveu que els costos d'instal·lació romanen constants, la International Renewable Energy Agency (IRENA) n'estima una reducció progressiva al llarg del temps, tant per l'eòlica com per la solar fotovoltaica.<sup>17</sup> Des d'un punt de vista teòric, hi ha motius per pensar que els costos d'instal·lar ambdues tecnologies poden incrementar (augment dels preus de matèries primeres essencials per a la seva producció, com ara el silici o el neodimi, entre d'altres) o disminuir (millores tecnològiques) en l'horitzó de projeccions de l'estudi. Per

<sup>17</sup> IRENA - Future of wind (2019). IRENA Future of solar photovoltaic (2019).



tant, l'escenari central (costos d'instal·lació constants) calcula el cost d'inversió en fonts renovables adoptant el criteri més neutral possible.

No obstant això, prenent de referència l'estimació d'IRENA<sup>18</sup> en relació amb la reducció dels costos d'instal·lació de l'energia eòlica i fotovoltaica, la **inversió bruta total a Catalunya per assolir un model elèctric 100% renovable el 2050 se situaria en els 39.602M€**. La trajectòria d'inversió anual partiria del mateix nivell de l'escenari central (789M€ el 2022), però disminuiria considerablement al llarg de l'horitzó de projeccions, situant-se en els 1.703M€ el 2050.

**En percentatge del PIB la inversió mitjana anual se situaria en el 0,46%** (més de dues dècimes inferior a l'escenari de costos d'instal·lació constants) entre el 2022 i el 2050. La reducció d'aproximadament 20.000M€ entre els dos escenaris s'explica per dos motius. En primer lloc, per uns menors costos efectius d'instal·lació (la inversió neta total se situa en els 28.620M€, clarament per sota dels 44.229M€ de l'escenari central). El segon és la disminució de la inversió en la substitució dels actius amortitzats (els costos d'amortització disminueixen perquè el valor monetari de l'estoc d'energia renovable instal·lada cau).

## 6. IMPLICACIONS DE LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA: L'ÚS DEL SÒL A CATALUNYA

### 6.1. SUPÒSITS

El canvi del model energètic cap a un escenari on l'ús de les renovables és massiu i generalitzat porta de la mà unes externalitats que han de ser considerades. En el cas d'aquest estudi, s'ha fet una anàlisi de les necessitats de superfície per a assolir un escenari en el que el 100% de l'energia elèctrica prové de fonts renovables l'any 2050.

Per dur a terme l'estimació de superfície necessària es consideren els següents supòsits:

- Tota la nova potència a instal·lar és energia eòlica i solar fotovoltaica, de forma que la primera genera el 40% de l'energia elèctrica (MWh) addicional i la segona el 60%.
- La totalitat de l'energia eòlica és de tipus terrestre (on-shore), ja que la seva disponibilitat és superior a la de l'eòlica marina (off-shore) i el cost d'instal·lació d'aquesta última és un 124% superior al de la primera.<sup>19</sup> Addicionalment, a Catalunya les zones amb potencial per a l'eòlica marina es limiten al Golf de Roses i el Delta de

<sup>18</sup> Els costos mitjans d'instal·lació, tant a escala mundial com a l'Estat espanyol, de l'energia eòlica terrestre i de la solar fotovoltaica comercial (fora de teulades) per a l'any 2020 els publicà IRENA al seu informe Renewables Power Generation Costs (2020). Tanmateix, IRENA ha publicat a Future of wind (2019) i a Future of solar photovoltaic (2019) una estimació de costos a nivell mundial per a ambdues tecnologies, tant per al 2030 com per al 2050. Amb les dades publicades es pot inferir que els costos, a escala global, de l'eòlica i la fotovoltaica cauran un 38,8% i un 63,4% en el període 2020-2050. En aquest estudi s'ha considerat que els costos a Catalunya per al 2020 són iguals als del conjunt de l'Estat i que la seva evolució, en termes percentuals, serà idèntica a la de la mitjana mundial.

<sup>19</sup> Segons IRENA, la mitjana del cost d'instal·lació a Europa el 2020 d'1 kW de potència d'eòlica terrestre fou de 1.515\$, mentre que el de l'eòlica marina era de 3.394\$.



l'Ebre<sup>20</sup>, tant per criteris de règim de vents com de profunditat marina i distància a la costa.

- Tota l'energia fotovoltaica se situaria en terrenys sense construir, fet que reduiria els costos d'instal·lació en comparació amb la fotovoltaica sobre teulades (aquesta última té un cost un 83% superior a la primera segons dades d'IRENA del 2020 per a Espanya).
- L'ocupació de superfície de l'eòlica terrestre considerada en l'estudi és d'1 km<sup>2</sup> de superfície per cada 4 MW de potència instal·lada, xifra que inclou tant el terreny de les torres dels aerogeneradors com la superfície existent entre elles. És a dir, té en compte tot el perímetre del parc eòlic. Aquesta ràtio s'ha calculat a partir de diverses fonts.<sup>21,22,23</sup>
- El requeriment de superfície de les instal·lacions fotovoltaiques és de 2 Ha per cada MW de potència. Aquesta ràtio d'ocupació és la que tenen associada les principals centrals fotovoltaiques de l'Estat i està en la línia dels resultats obtinguts per diferents estudis.<sup>24,25</sup>

Cal emfatitzar que les hipòtesis anteriors s'han assumit per minimitzar la inversió econòmica necessària per fer efectiu el desplegament de fonts renovables a Catalunya. No obstant això, l'escenari obtingut es podria veure alterat a la pràctica, ja que tant l'eòlica marina com la fotovoltaica en teulades tindran un cert pes en el mix de producció elèctrica.

Pel que fa a l'eòlica terrestre, val a dir que la superfície entre aerogeneradors és necessària per a garantir a cada un d'ells un flux adequat d'aire per al seu funcionament. Per aquest motiu, l'àrea total d'un parc eòlic és molt superior a l'àrea ocupada per la base de les torres. Així mateix, el terreny ocupat pel conjunt del parc continua essent apte per a usos com l'agricultura o la ramaderia.

D'altra banda, és evident que amb el pas dels anys la millora de l'eficiència pels avenços tecnològics permetrà una disminució dels requeriments de superfície per potència instal·lada (en igualtat de règims de vents). Malgrat això, també és cert que inicialment els parcs eòlics se situen a les zones amb vents més favorables i gradualment s'instal·len en àrees menys òptimes, fet que provoca una disminució del factor de càrrega mitjà i, per tant, augmenta l'ocupació de superfície per unitat de potència instal·lada. En conseqüència, en l'estudi s'assumeix que

<sup>20</sup> Font: Atlas Eólico. Centro Nacional de Energías Renovables. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

<sup>21</sup> Análisis del Recurso. Atlas Eólico de España – Estudio Técnico PER 2011-2020 del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE).

<sup>22</sup> ICAEN (2018). Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 -PROENCAT-2050-. IV Assemblea General de la Comunitat RIS3CAT Energia. Disponible a: [https://ris3catenergia.files.wordpress.com/2018/07/3-proencat\\_iv-ag.pdf](https://ris3catenergia.files.wordpress.com/2018/07/3-proencat_iv-ag.pdf)

<sup>23</sup> Loring, J., Swain, M., Blomqvist, L., & Hernandez, R. R. (2021). Land-use intensity of electricity production and tomorrow's energy landscape.

<sup>24</sup> Ong, S., Campbell, C., Denholm, P., Margolis, R., & Heath, G. (2013). Land-use requirements for solar power plants in the United States (No. NREL/TP-6A20-56290). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).

<sup>25</sup> Van de Ven, D. J., Capellan-Peréz, I., Arto, I., Cazcarro, I., de Castro, C., Patel, P., & Gonzalez-Eguino, M. (2021). The potential land requirements and related land use change emissions of solar energy. Scientific reports, 11(1), 1-12.



ambdós factors es compensarien i que la ràtio entre potència eòlica instal·lada i superfície ocupada és constant fins al 2050.

## 6.2. OCUPACIÓ DEL TERRITORI DE LES ENERGIES RENOVABLES

A partir dels supòsits anteriors i de les necessitats de potència instal·lada necessària a Catalunya per al 2050, s'obté que:

- Per instal·lar 19.578 MW d'eòlica terrestre s'haurien de destinar 489.450 Ha.
- Per instal·lar 43.402 MW fotovoltaics sobre terreny no ocupat caldrien 86.804 Ha.
- En total, caldria fer ús de 576.254 Ha, equivalent al 17,9% de la superfície de Catalunya.

Els resultats obtinguts mostren una forta demanda de terreny nou, especialment a conseqüència de les necessitats d'espai dels parcs eòlics terrestres per deixar una distància suficient entre aerogeneradors. Tanmateix, aquests resultats estan en la línia dels presentats per l'ICAEN l'any 2018 en el context del PROENCAT 2050, on s'estimava una ocupació del 9,0% de la superfície de Catalunya (287.500 Ha) per a instal·lar 11.500 MW de potència eòlica terrestre.<sup>26</sup>

Cal precisar, però, que el mateix ICAEN ha publicat aquest 2022 la versió final del PROENCAT 2050, incloent-hi nous càlculs d'ocupació de sòl.<sup>27</sup> En aquest cas, l'escenari per al 2050 preveu una ocupació del 2,5% de la superfície de Catalunya per a instal·lar 23.136 MW d'eòlica terrestre i 19.394 MW de fotovoltaica en nous terrenys. La diferència amb l'estimació del present estudi radica en el fet de no tenir en compte la superfície entre aerogeneradors, cosa que sí s'ha fet tant en aquest estudi com en els càlculs de l'ICAEN del 2018.

En qualsevol cas, la demanda de sòl estimada en aquest estudi es podria reduir sensiblement si es tenen en compte altres alternatives de fonts renovables, com són l'eòlica marina i la fotovoltaica sobre teulades. Respecte a la primera, resulta imprescindible explorar tot el seu potencial, ja que és més eficient quant a factor de càrrega (pot arribar fins al 50%) que la terrestre. Aquesta prospectiva hauria de dur-se a terme sota consens territorial i tractant de minimitzar el seu impacte sobre els caladors de pesca, la navegació i el paisatge.

Quant a la fotovoltaica, aproximadament un terç de l'energia a generar per al 2050 podria provenir de plaques solars en teulades, d'acord amb el PROENCAT 2050 de l'ICAEN. Aquest fet també suposaria reduir la demanda de sòl sense ocupar de forma notable, ja que s'aprofitaria el territori ja construït.

<sup>26</sup> ICAEN (2018). Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 -PROENCAT-2050-. IV Assemblea General de la Comunitat RIS3CAT Energia. Disponible a: [https://ris3catenergia.files.wordpress.com/2018/07/3-proencat\\_iv-ag.pdf](https://ris3catenergia.files.wordpress.com/2018/07/3-proencat_iv-ag.pdf)

<sup>27</sup> ICAEN (2022). Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 -PROENCAT-2050-. Disponible a: [http://icaen.gencat.cat/ca/l\\_icaen/prospectiva\\_planificacio/](http://icaen.gencat.cat/ca/l_icaen/prospectiva_planificacio/)



## 7. CONCLUSIONS

El procés de descarbonització a Catalunya ja ha començat, però el ritme actual de descens de les emissions de GEH per càpita és clarament insuficient per satisfer els compromisos climàtics establerts per la Generalitat de Catalunya (2030) i la Comissió Europea (2050). Per tant, el repte consisteix en intensificar radicalment la descarbonització de l'economia catalana durant les tres properes dècades.

Les palanques que permetran assolir els objectius climàtics són dos: la transformació cap a un model productiu menys intensiu energèticament (mitjançant polítiques d'estalvi i eficiència energètica) i la transició gradual cap a un model de generació d'energia elèctrica 100% renovable. Els escenaris de simulació presentats en aquest estudi permeten extreure dues conclusions primordials. La primera, els compromisos climàtics per al 2030 i 2050 -tot i ser molt ambiciosos- són factibles. La segona és que Catalunya ha d'incrementar ràpidament l'estoc de potència elèctrica instal·lada els propers anys si no vol perdre el tren de la transició energètica.

**El resultat principal de l'estudi és que Catalunya ha d'augmentar la potència addicional en energies renovables en 62.980 MW en el període 2022-2050, el que implica una inversió total de 59.024M€.** Aquest esforç inversor permetria convergir gradualment cap un model de producció elèctrica 100% renovable l'any 2050. En termes relatius, **aquesta inversió implicaria dedicar de mitjana el 0,67% del PIB català cada any fins al 2050.** Tanmateix, la trajectòria d'inversió prevista no seria lineal, i passaria dels **789M€ el 2022 als 3.038M€ el 2050.** És important aclarir que aquest càlcul no inclou altres costos que inevitablement caldrà assumir per aconseguir una economia neutre d'emissions de carboni (compra de vehicles elèctrics i punts de recàrrega arreu del territori, tecnologies d'emmagatzematge energètic, mesures d'aïllament i electrificació dels edificis, noves xarxes de distribució elèctriques, etc.).

Una implicació directa del desplegament d'un model elèctric 100% renovable és l'ocupació de sòl a Catalunya per part de les infraestructures de generació d'energia renovable. Les estimacions realitzades apunten que **l'ocupació de superfície necessària per a instal·lar nous parcs eòlics terrestres i fotovoltaics és de 576.254 hectàrees, l'equivalent al 17,9% del territori català.** Cal matissar que el desplegament d'aquestes instal·lacions no implica que el sòl no es pugui destinar a altres finalitats, ja que es podria aprofitar per a desenvolupar activitats agrícoles o ramaderes. Addicionalment, les necessitats de sòl es podrien reduir si es recorre a altres infraestructures no incloses en l'estudi, com ara l'eòlica marina i la fotovoltaica sobre teulades.

La descarbonització del planeta és un repte d'enorme complexitat, que exigeix l'acord de polítiques a nivell global i l'estreta cooperació entre diferents actors a nivell nacional. Per tant, és imprescindible una voluntat política ferma i l'establiment d'un full de ruta clar sobre com satisfer els compromisos climàtics. El present estudi representa una contribució en aquesta línia, quantificant i periodificant la inversió que necessita Catalunya per esdevenir un país neutre d'emissions de carboni l'any 2050.



## GABINET D'ESTUDIS ECONÒMICS I INFRAESTRUCTURES

Av. Diagonal, 452 Barcelona

Telèfon 902 448 448

estudis@cambrabcn.cat

**[www.cambrabcn.cat](http://www.cambrabcn.cat)**



Cambra de Comerç de Barcelona

GABINET D'ESTUDIS

Col·labora:



Generalitat de Catalunya  
**Departament de la Presidència**