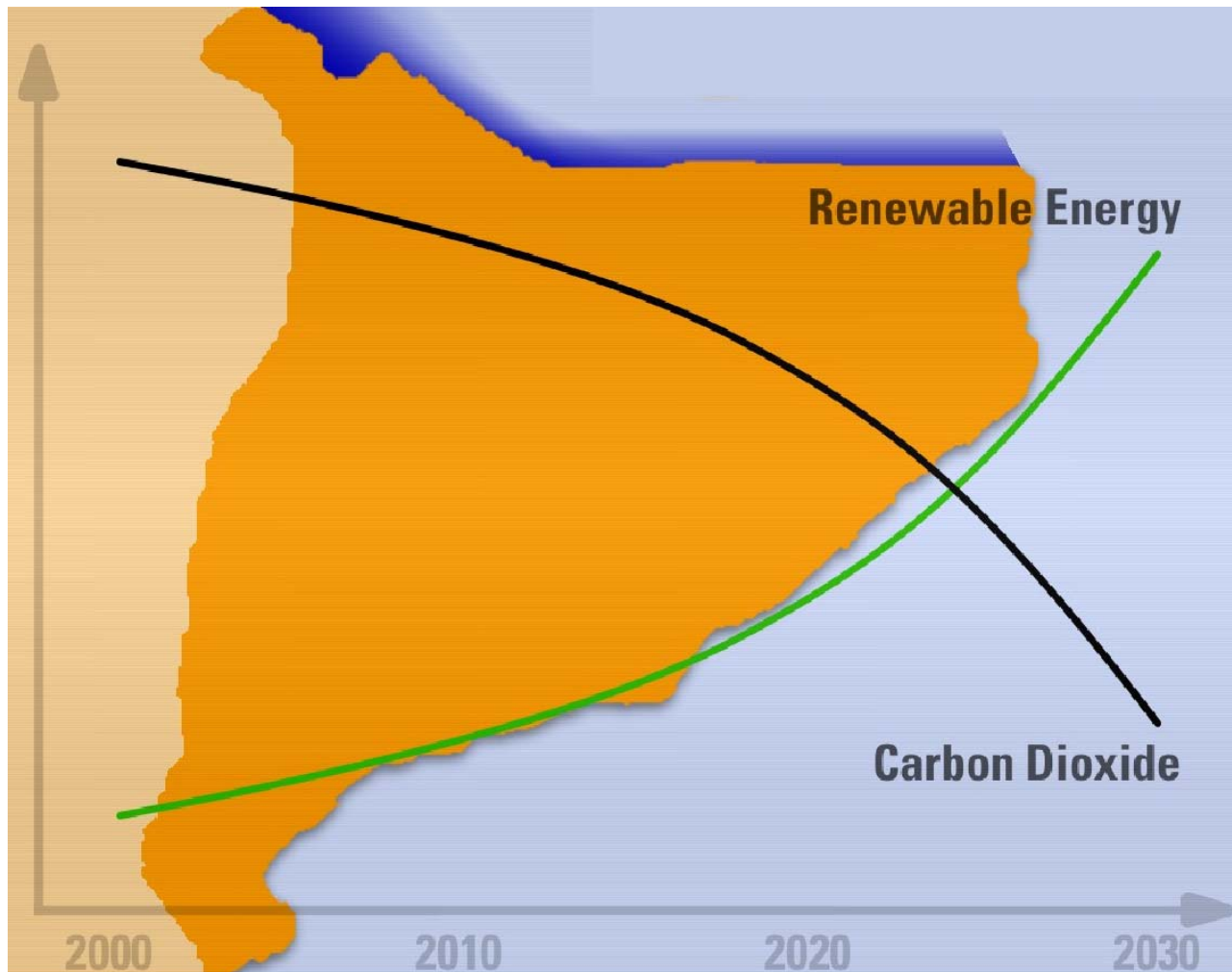


# Catalunya Solar

El camí cap a un sistema elèctric 100% renovable a Catalunya



Promotor:  
Fundació Terra



Coordinador:  
EUROSOLAR Catalunya

Barcelona / Leipzig 2007

**Autors:** Anja Doleschek<sup>1</sup>, Harry Lehmann<sup>2</sup>, Stefan Peter<sup>1</sup>, Josep Puig<sup>3</sup>

**Colaboradors:** Joaquim Corominas<sup>4</sup>, Marta García<sup>4</sup>, Maite Eyquem<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ISuSI - Institute for Sustainable Solutions and Innovations - Gutsstr. 5 - 04416 Markkleeberg/Leipzig - Germany - [info@isusi.de](mailto:info@isusi.de)

<sup>2</sup> WCRE - World Council for Renewable Energies - Bonn - Germany, [www.wcre.de](http://www.wcre.de)

<sup>3</sup> Eurosolar - European Association for Renewable Energies, [www.eurosolar.org](http://www.eurosolar.org)

<sup>4</sup> Ecoserveis - La Fàbrica del Sol, Salvat Papasseit 1, 08002 Barcelona - Catalunya - [ecoserveis@energiasostenible.org](mailto:ecoserveis@energiasostenible.org)

# INDEX

## **1.- Introducció**

## **2.- Sumari**

### **3.- Mòdul de demanda d'energia**

#### **3.1.- Metodologia**

#### **3.2.- Història del consum energètic a Catalunya**

3.2.1.- Consum d'energia primària

3.2.2.- Consum d'electricitat

3.2.2.1.- Consum d'electricitat als diferents sectors

#### **3.3.- Projectió de la demanda energètica a Catalunya**

3.3.1.- Sector industrial

3.3.2.- Sector domèstic

3.3.3.- Sector serveis

3.3.4.- Projectió del consum elèctric total

#### **3.4.- Conclusions**

### **4.- Mòdul de subministrament d'energia**

#### **4.1.- Evolució del subministrament energètic (elèctric) a Catalunya fins a l'actualitat**

4.1.1.- Subministrament d'energia primària

4.1.2.- Subministrament d'energia final: generació d'electricitat

#### **4.2.- Energies renovables en el subministrament d'electricitat**

4.2.1.- Producció d'electricitat a partir d'energies renovables

4.2.2.- Potencial de les energies renovables a Catalunya

4.2.2.1.- Energia solar fotovoltaica

4.2.2.2.- Energia solar termoelèctrica

4.2.2.3.- Energia eòlica

4.2.2.4.- Energia hidràulica

4.2.2.5.- Biomassa i residus

4.2.2.6.- Producció geotèrmica d'electricitat

4.2.3.- Resum dels potencials utilitzats

#### **4.3.- Escenaris de subministrament d'energia**

4.3.1.- Estratègia d'expansió

4.3.2.- Característiques de creixement en els escenaris

4.3.3.- Costos específics de la inversió em tecnologies renovables

4.3.4.- Escenaris introductoris

4.3.4.1.- L'Escenari de Protecció del Clima – EPC

4.3.4.2.- L'Escenari de Sortida Ràpida – ESR

#### **4.4.- Conclusions**

### **5.- Simulació del subministrament d'energia renovable**

## **5.1.- Abast i finalitats de la simulació**

## **5.2.- L'eina de simulació: SimREN**

## **5.3.- Paràmetres de la simulació**

## **5.4.- Resultats de la simulació**

5.4.1.- Una setmana a la primavera

5.4.2.- Una setmana a l'estiu

5.4.3.- Una setmana a la tardor

5.4.4.- Una setmana a l'hivern

## **5.5.- Conclusió**

## **6.- Mòdul de polítiques**

### **6.1.- La política energètica a Catalunya**

6.1.1.- Llibre Blanc de l'Energia a Catalunya

6.1.1.1.- L'estalvi a la racionalització de l'ús de l'energia per sectors

6.1.1.2.- Fonts renovables d'energia

6.1.2.- Programa *ESPREC – Estudio Especial y Prospectivo de la Energia en Catalunya*

6.1.2.1.- Política autonòmica

6.1.2.2.- Política estatal

6.1.3.- Llibre verd de les energies renovables en l'Euroregió

### **6.2.- Polítiques d'energies renovables a Catalunya**

6.2.1.- Pla de l'Energia a Catalunya en l'Horitzó de l'any 2010

6.2.2.- Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015

6.2.2.1.- Objectius principals del pla d'eficiència energètica

6.2.2.2.- Objectius del pla d'energies renovables

6.2.3.- Comentaris als Plans d'Energia de Catalunya

### **6.3.- Mesures polítiques per donar suport als objectius dels escenaris analitzats en aquest treball**

### **6.4.- Perspectives de continuació del treball**

## **7.- Referències**

## Introducció

Finalment, l'últim estudi sobre canvi climàtic fet públic per l'IPCC confirma que el present canvi climàtic té origen humà. La possible magnitud del canvi climàtic pot arribar a un nivell que afecti les economies, l'estabilitat dels ecosistemes i en definitiva, el desenvolupament sostenible. Nicholas Stern, que va ser economista en cap del Banc Mundial, ha parat atenció en els aspectes econòmics (abans poc tractats) del canvi climàtic. Segons l'anàlisi que fa Stern, el canvi climàtic podria causar una disminució del 10% del PIB com a mínim i, en el pitjor dels casos, fins a un 20%.<sup>1</sup>

Si la tendència d'emissions de gasos d'efecte hivernacle continua igual, és possible que es doni un increment de 6°C en la temperatura mitjana comparat amb els nivells pre-industrials.<sup>2</sup> Aquest valor és bastant més elevat que l'augment de 2°C que és considera el límit per tal de poder controlar les conseqüències del canvi climàtic. A fi i efecte de no incrementar la temperatura per sobre d'aquest límit, la concentració atmosfèrica de gasos d'efecte hivernacle (GEH) s'hauria d'estabilitzar a 420 ppm (parts per milió) de CO<sub>2</sub> equivalent (CO<sub>2</sub> eq.) a llarg termini.<sup>3</sup>

Aquesta estabilització només es pot aconseguir si les emissions de GEH es redueixen a menys de la meitat dels valors que hi havia a mitjans del segle XX. Com que, avui, els països desenvolupats són els que més contribueixen a les emissions de GEH, s'haurien de comprometre a ser els primers en materialitzar canvis cap a un subministrament net d'energia<sup>4</sup> i reduir les emissions de GEH un 80% en aquest període de temps<sup>5</sup>. Els països desenvolupats, entre els que es troben els països membres de la Unió Europea, han de buscar metes a mig termini que facin que el procés es pugui anar revisant, sigui transparent i convincent pels altres països. D'aquesta manera, els països desenvolupats haurien de fixar unes fites obligatòries per reduir les emissions un 30% abans del 2020.<sup>6</sup>

Les greus conseqüències que porta la utilització de fonts d'energia fòssils i els riscos de l'energia nuclear, demostren que l'ús d'aquestes tecnologies s'hauria d'aturar. Pel que respecta a la fusió nuclear, cal considerar que aquesta tecnologia ni tan sols ha complert les expectatives que va obrir en el passat i que, en cas de fer-ho, també implicaria la producció de residus radioactius.

A part dels beneficis que comportaria evitar les emissions de GEH i altres contaminants atmosfèrics i evitar els riscos imposats per les tecnologies nuclears, un sistema energètic

---

<sup>1</sup> Stern 2006, Summary of conclusion, S. vi

<sup>2</sup> IPCC 2001

<sup>3</sup> Citat a IPCC's Fourth Assessment Report, Working Group III, de *Financial Times Deutschland*, via internet: [http://www.ftd.de/forschung\\_bildung/forschung/164397.html](http://www.ftd.de/forschung_bildung/forschung/164397.html)

<sup>4</sup> Els països desenvolupats produeixen el 80% de les emissions globals de GEH procedents dels combustibles fòssils

<sup>5</sup> Cf. UBA 2005<sup>a</sup>, p.15

<sup>6</sup> % reducció GEH en relació als nivells de 1900

sostenible estalviarà recursos escassos (per exemple el petroli que serà necessari per la química, la medicina i altres usos de les generacions futures) i no haurà d'afrontar els problemes derivats de l'augment de preus dels combustibles fòssils o nuclears.

Un subministrament sostenible d'energia hauria de combinar energies renovables i tecnologies energèticament eficients, ja que no serà possible viure dels crèdits d'energia derivats de l'ús dels combustibles fòssils que la Terra ha produït durant milers d'anys. Un subministrament energètic sostenible està limitat per l'energia del Sol, la del nucli de la Terra i la de la gravitació i per les àrees on es poden instal·lar les tecnologies renovables. Això no vol dir que hi hagi d'haver una falta d'energia però ens força a utilitzar-la amb saviesa i de forma eficient.

L'objectiu d'iniciar aquest estudi és mostrar que Catalunya és capaç de cobrir la seva pròpia demanda energètica amb fonts renovables d'energia. Donar aquesta visió del subministrament futur d'energia és molt important per influenciar la discussió sobre el canvi de fonts d'energia des de les fòssils i la nuclear cap a un sistema energètic sostenible, i de manera molt especial, donat que la discussió actual sobre les possibilitats de les energies renovables i el disseny eficient s'ha vist influenciada de forma negativa per la manca de dades sobre la disponibilitat i el potencial d'aquestes tecnologies.

Diversos estudis ja han analitzat la viabilitat de cobrir la demanda energètica de diverses regions només amb fonts renovables. Per exemple, l'estudi *Energy Rich Japan* mostra com es pot subministrar el Japó amb fonts d'energia renovables.<sup>7</sup> Altres estudis com *Integració a llarg termini de les energies renovables al sistema energètic europeu*<sup>8</sup> o el de "*Sustainable Energy Supply Against the Background of Globalisation and Liberalisation*"<sup>9</sup> van demostrar que era una possibilitat per Europa i per Alemanya.

Els resultats del present projecte ajudaran a encaminar-nos cap a un sistema lliure de combustibles fòssils i d'energia nuclear. L'establiment un marc de subministrament d'energia elèctrica amb una elevada proporció d'energies renovables (fins al 100%) també ens inspira a moure'ns en la direcció d'un futur sostenible.

El boom d'energia eòlica que s'està donant aquests últims anys i que fa de l'estat Espanyol un país capdavanter en el mercat eòlic és un bon exemple de la "millor pràctica" per donar suport a les energies renovables. Catalunya, que va ser pionera els anys 80 en energia eòlica, està perdent empenta, tot i disposar de tecnologia de la millor qualitat. Ara, Catalunya té l'oportunitat de fer un pas més tot provant que el desenvolupament sostenible, basat en energies renovables, i la prosperitat econòmica, poden anar plegats.

L'objectiu d'aquest projecte és mostrar que es pot cobrir tota la demanda d'energia elèctrica de Catalunya amb un sistema energètic renovable i eficient. L'estudi suposa que no es donen

---

<sup>7</sup> "Energy Rich Japan", Estudi de Greenpeace internacional i Greenpeace Japó, ISuSI; 2003

<sup>8</sup> "Long Term Integration of Renewable Energy Sources into the European Energy System", LTI-Research Group, Available at Physica-Verlag; ISBN: 3-7908-1104-1; 1998

<sup>9</sup> "Sustainable Energy Supply Against the Background of Globalisation and Liberalisation", Enquete Commission of the German Parliament; 2002

grans canvis en l'estil de vida, ni canvis demogràfics ni que les reduccions en la demanda energètica causen cap canvi en els estàndards de vida. Conseqüentment no hi ha cap supòsit referent al desenvolupament econòmic futur en termes de Producte Interior Brut (PIB) o similars.

L'estudi està basat en la present demanda d'energia elèctrica - i de com es pot reduir - i en el disseny d'un sistema de subministrament energètic, que és capaç de cobrir la demanda d'electricitat a base de tecnologies d'energia renovable.

L'estudi dona informació bàsica sobre demanda energètica, escenaris introductoris pel desenvolupament futur de les renovables, una simulació simplificada del sistema de subministrament elèctric amb el software SimREN<sup>10</sup> i mesures polítiques per donar el millor suport per a un subministrament sostenible d'energia.

---

<sup>10</sup> El simulador SimREN va ser especialment dissenyat per simular els sistemes de subministrament d'electricitat amb un alt percentatge d'energies renovables (fins al 100%).

## **Sumari**

L'objectiu d'iniciar aquest estudi és mostrar que Catalunya és capaç de subministrar les seves pròpies necessitats d'energia a partir de fonts renovables. Donar una visió basada en el fet d'un subministrament futur d'energia és molt important per influir la discussió sobre el canvi des de fonts d'energia fòssils/nuclear cap a un sistema energètic sostenible, especialment, la discussió en curs quant a les possibilitats de les energies renovables i el disseny eficient ha estat negativament influït per una manca de dades i de fets al voltant de la disponibilitat i potencial d'aquestes tecnologies.

L'objectiu del projecte és mostrar que un sistema d'energia renovable i eficient, o sia sostenible, pot cobrir les necessitats actuals de Catalunya. Això suposa que l'estudi no considera canvis essencials a estil de vida i que les reduccions en la demanda d'energia ni fan cap canvi en el nivell de vida, ni assumeix cap canvi demogràfic. Conseqüentment no hi ha cap suposició quant al desenvolupament econòmic futur en termes de Producte Interior Brut o semblant.

Encara que Catalunya hagi mostrat un fort creixement econòmic dins dels deu anys passats, Catalunya no es comporta bé pel que fa a intensitat energètica. És bastant clar que la intensitat energètica en l'economia catalana s'ha de reduir per canviar cap a un subministrament d'energia sostenible i per fer la seva pròpia contribució a la protecció del clima. Els escenaris dins d'aquest treball subratllen un desenvolupament enfocat a reduir la intensitat elèctrica per mitges en els tres sectors més importants de consum d'electricitat per l'any 2050. Això, naturalment, significa fer grans esforços per millorar l'eficiència en l'ús de l'electricitat, però estem convençuts que això és factible des d'un punt de vista tecnològic. Poden ser necessaris més avenços tecnològics cap a electrodomèstics més eficients, que ajudaran a tal desenvolupament i a la reestructuració de les nostres economies i a la redefinició de la relació entre consum energètic i riquesa però, al final, el canvi climàtic i les seves serioses conseqüències ens forçaran a caminar aquesta senda. Després de tot, un fet és bastant clar: hem de començar ara per tal de fer una transició suau i evitar les conseqüències més serioses del canvi climàtic.

Agafant el desenvolupament proposat aquí baixarà el consum d'electricitat de Catalunya al nivell de 1993 per l'any 2025 i a la meitat del consum d'electricitat de 2003 pel 2050. Fins i tot a despit que reduccions addicionals de consum vagin essent més dures d'aconseguir a mesura que anem avançant cap el futur i que un cert nivell d'intensitat d'energia romanguí, els desenvolupaments presentats aquí mostren dos fets notables: encara que baixar intensitat d'energia a la meitat sona molt dur, la meitat del camí només consisteix en revocar l'augment en la intensitat energètica de 1993 fins al 2003. L'esforç restant en millores d'eficiència (comparat amb l'eficiència que Catalunya ja tenia el 1993) no és d'una magnitud que ens faci dubtar que aquest objectiu es pot aconseguir.

Els dos escenaris desenvolupats mostren la viabilitat d'aconseguir un subministrament plenament renovable, un per l'any 2035 (Escenari de Sortida Ràpida), l'altre per l'any 2045. Això no és una qüestió de potencials, sinó que és una qüestió de posar i perseguir objectius ambiciosos, d'encoratjar polítiques i la gent i - naturalment - de les inversions financeres que Catalunya i la seva gent està disposada a fer. Els escenaris mostren que l'aspecte financer no és el gran obstacle que un es podria esperar. Amb una inversió anual en potència instal·lada renovable assolint un pic de 104 €<sub>2006</sub> per habitant en l'"Escenari de Sortida Ràpida - ESR" (2050) i 85 €<sub>2006</sub> / càpita en l'"Escenari de Protecció del Clima - EPC", la càrrega financera per aconseguir un subministrament elèctric amistos pel que fa al clima a Catalunya és moderat des del nostre punt de vista; per l'any 2030 les inversions són de 103 €<sub>2006</sub> / càpita en l'"Escenari de Sortida Ràpida" i de 68 €<sub>2006</sub> / càpita en l'"Escenari de Protecció del Clima" (vegis la Figura 1).

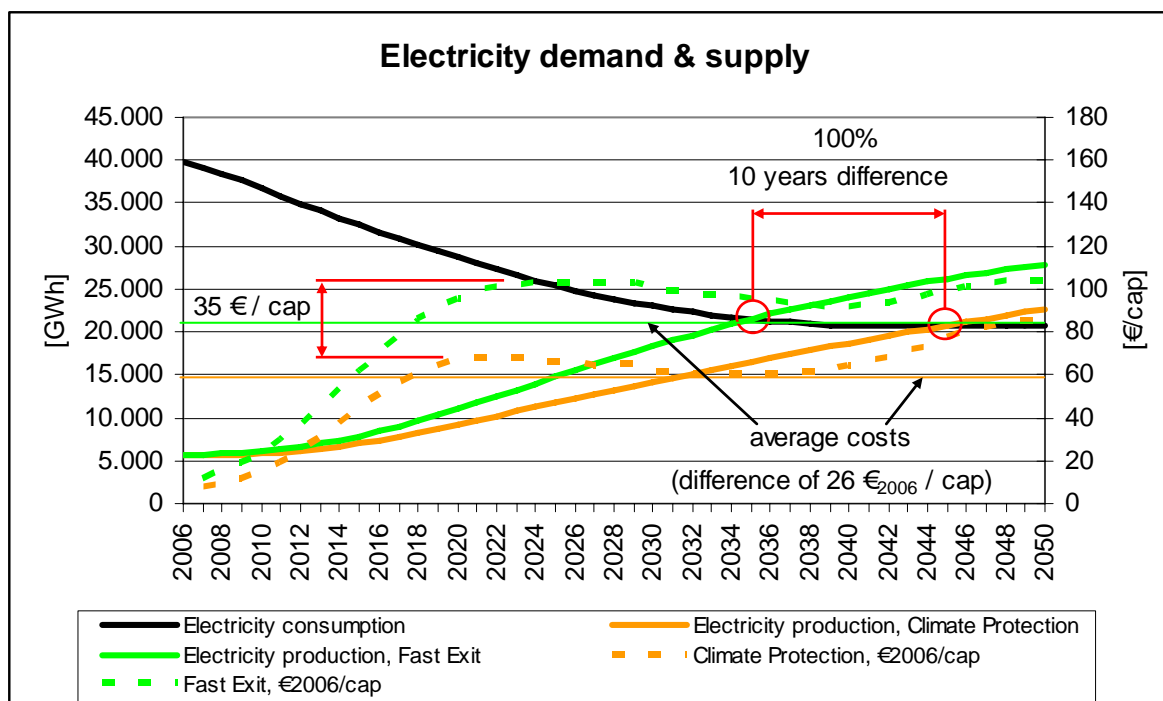


Figura 1: Evolució de la demanda i del subministrament d'electricitat en els dos escenaris

Aquestes xifres financeres són només les inversions màximes durant el desenvolupament sencer considerat aquí. Comptant els pagaments anuals mitjans pels dos escenaris definits en el treball en resulten 58 €<sub>2006</sub> per habitant i any en l'"Escenari de Protecció de Clima" i 84 el €<sub>2006</sub> per habitant i any en l'"Escenari de Sortida Ràpida".

Comparats amb el Producte Interior Brut Català (181.029 milions de € el 2005) els costos anuals dels escenaris són, en mitjana, un 0,2% del PIB per a l'"Escenari de Protecció de Clima" i un 0,3% per a l'"Escenari de Sortida Ràpida".



Qualsevol sistema de subministrament d'energia ha de garantir la suficient producció i distribució d'electricitat, calor i combustibles per satisfer la demanda d'energia a qualsevol moment durant l'any, normalment utilitzant diverses tecnologies de conversió energètica. L'energia es dona en forma d'electricitat, calor o combustibles, amb l'avantatge per part de la calor i els combustibles que ambdós tant es poden emmagatzemar per a l'ús posterior com es poden fàcilment transportar. Així no és necessari consumir calor i combustibles immediatament o directament al lloc de producció. La calor es pot emmagatzemar en dipòsits tèrmics i distribuir-se via xarxes de calefacció de districte. Per contrast amb l'energia tèrmica i els combustibles, que es dissipen amb el temps - posant així un límit al temps d'emmagatzematge i a la distància de distribució -, els combustibles de la biomassa o l'hidrogen no tenen pas aquesta limitació en el temps d'emmagatzematge o en el transport (depenent del tipus de combustible - sòlid, líquid o gasós), però també s'han de considerar les pèrdues d'emmagatzematge.

La situació és completament diferent amb l'electricitat. La necessitat de produir prou electricitat, a partir de la demanda i de forma instantània, fa d'aquest tipus d'energia el component més crític en un sistema de subministrament energètic. Mentre que el transport elèctric via les xarxes públiques és bastant poc problemàtic, emmagatzemar electricitat directament en una escala gran és intensiu en materials - i costos -. Tanmateix, l'emmagatzematge en piles i acumuladors pot implicar l'ús de substàncies tòxiques. Per això aquesta opció no es considera aquí donat que no és apropiat per a un sistema de subministrament sostenible d'energia. En canvi l'emmagatzematge indirecte es pot utilitzar (p. ex. sistemes de bombeig i acumulació hidràulics).

Un sistema de subministrament d'energia que es basi gairebé completament en fonts renovables ha de posar èmfasi en la provisió instantània d'energia a causa de la natura fluctuant d'algunes fonts d'energia renovable, com la solar i l'eòlica. Incloent aquestes fonts fluctuants dins del subministrament elèctric significa assumir que la potència produïda per aquestes fonts pot disminuir relativament de pressa. Naturalment la producció d'electricitat des de fonts que fluctuen pot ser calculada a partir de la predicció meteorològica però encara roman una part d'incertesa. Afortunadament, hi ha unes altres tecnologies renovables amb l'habilitat de lliurament instantani d'energia segons la demanda. Les centrals hidroelèctriques i geotèrmiques donen accés directe a fonts renovables, la cogeneració i altres fonts d'energia poden utilitzar combustibles procedents de fonts renovables (p. ex. biomassa o hidrogen renovable).

El desafiament per dissenyar un sistema de subministrament elèctric altament renovable (fins un 100%) és trobar la combinació de diverses fonts on els avantatges de cada font renovable se sumin per tal de fer funcionar el sistema de forma fiable, mentre que s'equilibren els desavantatges. Especialment en el sistema elèctric la necessitat de capacitats de reserva, necessàries com a *back-up* per a fonts que fluctuen, pot ser minimitzada escollint la

combinació correcta de tecnologies renovables per minimitzar fluctuacions i la introducció de gestió de la demanda per aconseguir una millor alineació entre producció i per demanar.

En aquest treball només hem estudiat el comportament dinàmic del sistema elèctric en l'"Escenari de Sortida Ràpida". I això s'ha fet sense optimitzar el sistema en el seu conjunt. Aquesta simulació s'ha fet per a 4 setmanes típiques (primavera, estiu, tardor i hivern), amb el temps típic de l'any 2006 [MeteoCat; 2006]<sup>11</sup>. L'optimització del sistema de subministrament i la introducció dels moderns mètodes de gestió de la xarxa elèctrica (p. ex. gestió de la demanda) s'investigaran en un estudi posterior.

Agafant les quatre setmanes simulades com representatives per a les quatre estacions de l'any, el sistema de subministrament segons l'"Escenari de Sortida Ràpida" és capaç de subministrar tota la demanda d'electricitat a Catalunya. Generalment, el comportament de la solar i del vent són substancialment millors durant primavera i estiu que no pas a la tardor i l'hivern. A causa del comportament bo durant la primavera i l'estiu de les fonts que fluctuen (solar i vent), és sovint el cas de la solar fotovoltaica, la potència tèrmica solar i l'energia eòlica poden donar, de bon tros, més que la demanda d'electricitat total.

Durant la meitat de l'any corresponent a l'hivern els subministraments ajustables són predominants en el proveïment, a mesura que la disminució en radiació solar apareix conjuntament amb velocitats del vent generalment més baixes. Mirant la fotografia de conjunt corresponent a la variació del clima durant l'any, amb forta radiació solar i bon vent durant els períodes càlids de l'any, s'afavoreix un sistema com el descrit aquí, mentre que els sistemes de generació ajustables (hidràulica, geotèrmica i biomassa) han de contribuir més durant aquells temps en què es poden operar de la millor manera. Mentre una alta utilització de la hidràulica coincideix amb nivells de precipitació més alts, la geotèrmica i les plantes de biomassa poden operar principalment durant temps en que hi ha una demanda més alta de calor, donant així l'oportunitat d'aprofitar-se de les molt eficients centrals de cogeneració de calor i electricitat.

---

<sup>11</sup> [MeteoCat; 2006]: *Servei Meteorològic de Catalunya* (Dades EMA integrades a XEMEC). Departament de Medi Ambient i Habitatge

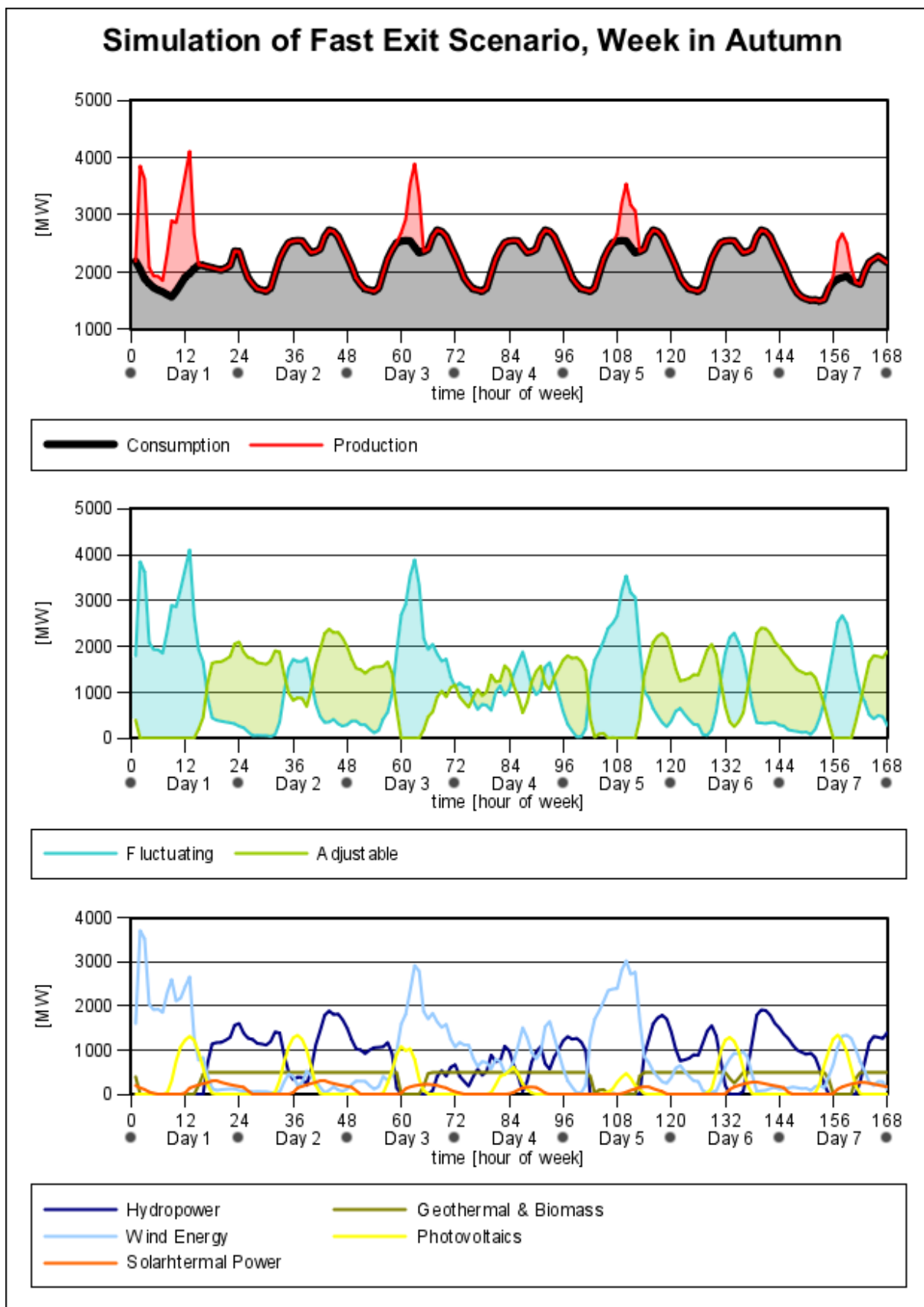


Figura 2: Resultats de la simulació per a una setmana de tardor

## **Mòdul de demanda d'energia**

### **Metodologia**

En aquest estudi, la projecció de la demanda d'electricitat es fa de manera conservadora, ja que no es fa cap supòsit sobre l'evolució futura de la intensitat energètica que no s'hagi observat ja en el passat.

Els índexs que es fan servir per descriure l'evolució i les futures projeccions són els consums elèctrics per sector, en relació amb el PIB del sector. S'ha triat aquest índex ja que el consum elèctric, tant ara com en el futur, està estretament vinculat a l'activitat econòmica, ja sigui industrial, de serveis, o en el sector domèstic.

Aquest estudi no analitza tot el sistema energètic sinó que es centra en el sistema elèctric.

Per la majoria de les projeccions, especialment en els sectors industrial i domèstic, es considera que el ritme d'augment d'eficiència que es va aconseguir a principis dels anys noranta es pot recuperar al 2010, i mantenir fins al 2025. Posteriorment, aquesta projecció preveu una reducció successiva dels guanys d'eficiència i finalment una estabilització a partir de l'entorn de l'any 2040.

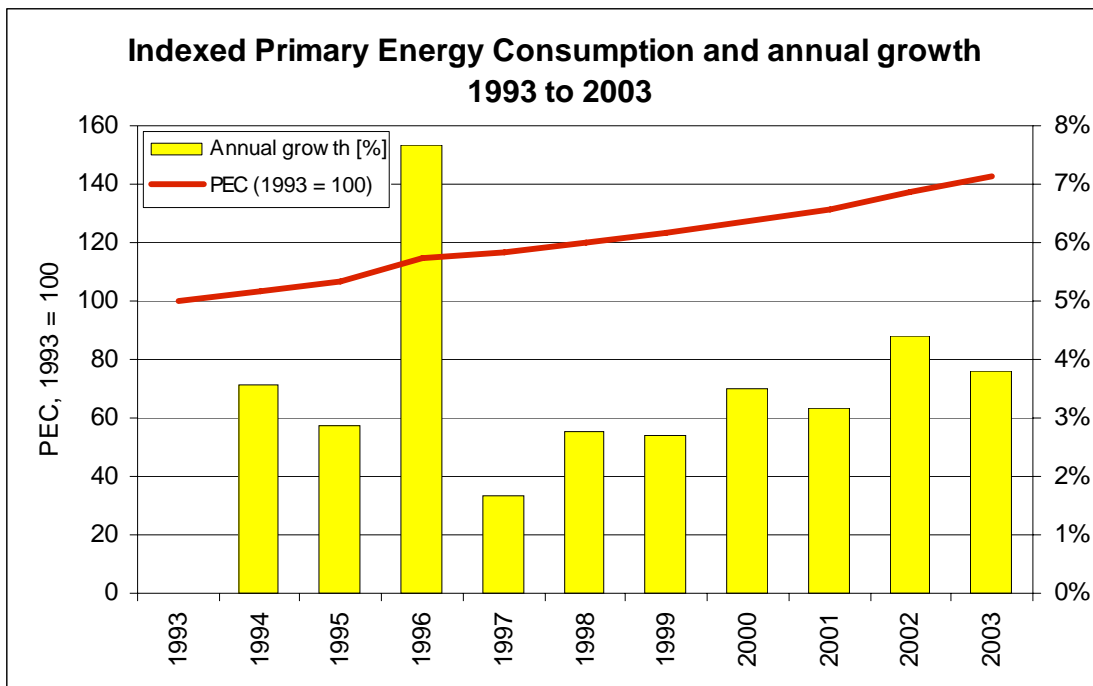
Per al sector serveis s'ha fet un supòsit lleugerament diferent, ja que en aquest sector – al contrari que als sectors industrials i domèstics – la intensitat energètica va decreixer de manera estable entre 1993 i 2003. Per a aquest sector, el decreixement mig anual d'aquests anys s'extrapola fins al 2025. Després, la projecció considera el mateix ritme de reducció que per als altres dos sectors.

No existeix cap estudi fet respecte al futur desenvolupament econòmic en termes del PIB. Per tant, el consum elèctric absolut s'extrapola a partir de la base del PIB català al 2003.

## **Història del consum energètic a Catalunya**

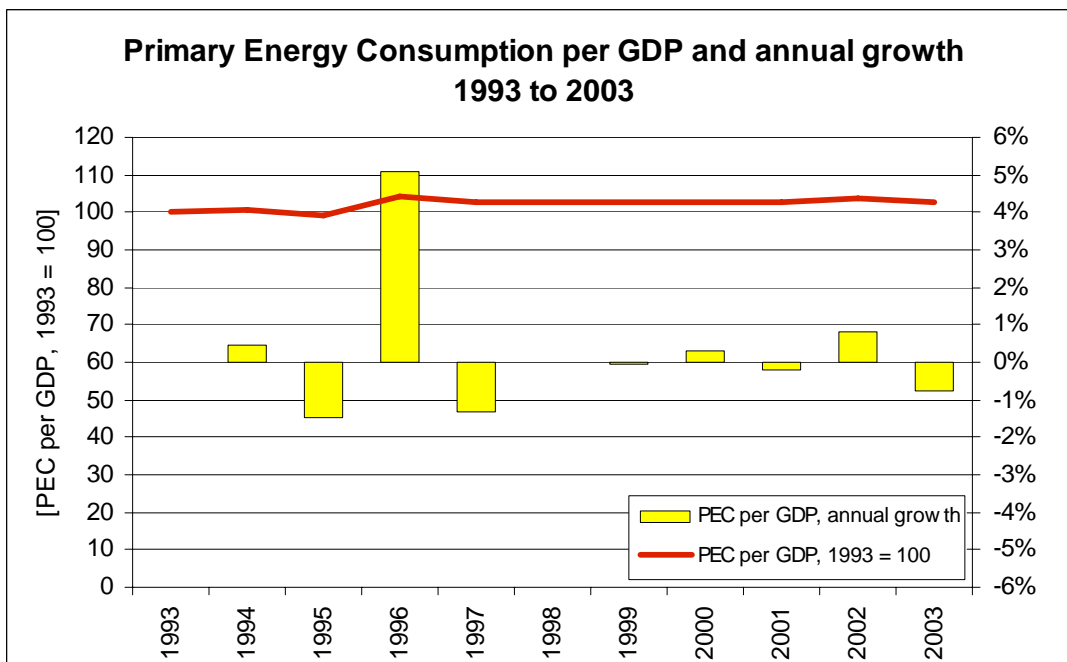
### **Consum d'energia primària**

El consum d'energia primària va créixer aproximadament un 43% entre 1993 i 2003, el que representa un creixement anual mitjà d'un 3,6% (veure Gràfic 1). El consum absolut d'energia primària va créixer des de uns 18.222 ktoe al 1993 fins a uns 25.948 ktoe al 2003. [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]



Gràfic 1: Índex de consum d'energia primària. 1993 a 2003, 1993=100, [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

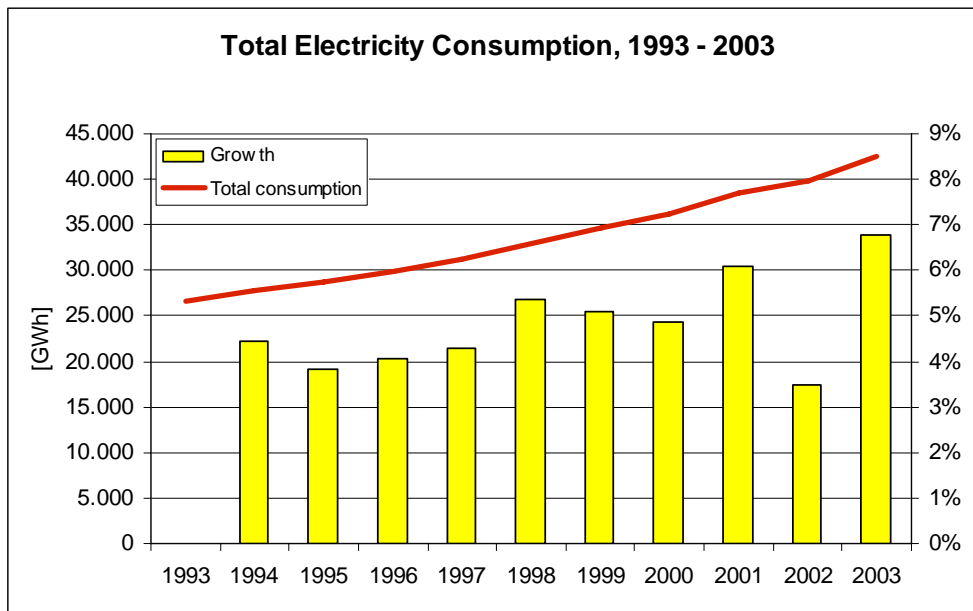
Mirant el CEP (Consum d'energia primària) per unitat de PIB, el Gràfic 2 mostra un lleuger augment d'un 3% entre el 1993 i el 2003, amb un augment anual mitjà de l'ordre del 0,3%. En total, el CEP va ser d'unes 230 tones equivalents de petroli per milió d'€de PIB al 1993, i va créixer fins a unes 235 tep/milió €PIB el 2003 [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]



Gràfic 2: Evolució del Consum d'energia primària a Catalunya per unitat de PIB i taxes de creixement anual, 1993-2003, 1993=100. Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

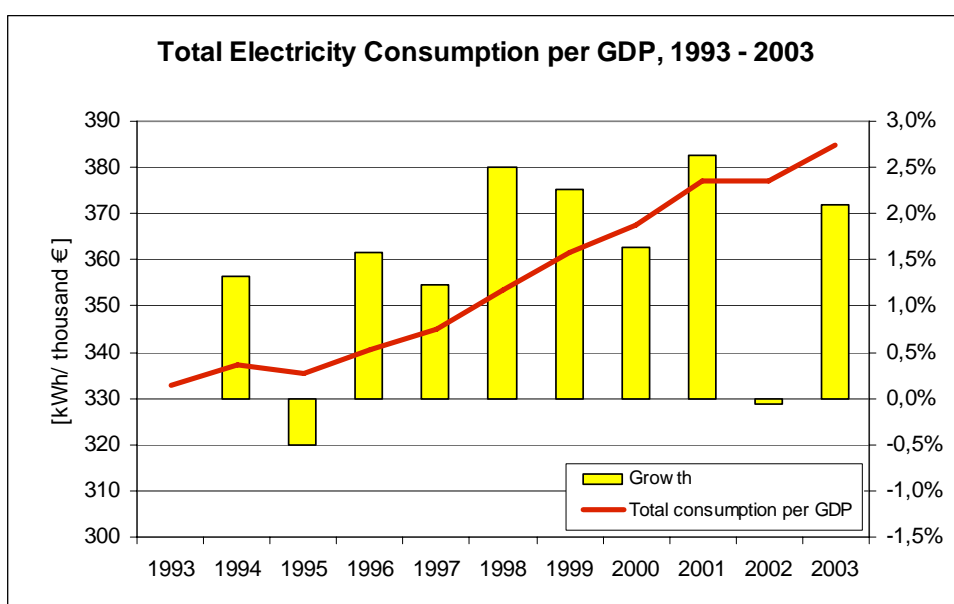
## Consum d'electricitat

El consum d'electricitat a Catalunya va mostrar un creixement estable entre 1993 i 2003. La taxa de creixement anual va ser d'un 5% de mitjana, i el consum d'electricitat va créixer un 60% en total, des d'uns 26.500 GWh al 1993 fins a uns 42.500 GWh al 2003 (veure Gràfic 3).



Gràfic 3: Evolució del consum d'electricitat a Catalunya, i 1993-2003 i taxes de creixement anual,. Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

En el Gràfic 4 s'observa l'evolució del consum d'electricitat per unitat de PIB. Donat que el creixement del consum elèctric va superar el creixement del PIB, hi va haver un augment del consum d'electricitat per unitat de PIB. Entre el 1993 i el 2003, el consum d'electricitat per unitat de PIB va créixer des de 333 kWh per cada mil € fins a uns 385 kWh / mil €. Això representa un creixement de gairebé 16% en total, o 1,5% de mitjana anual.

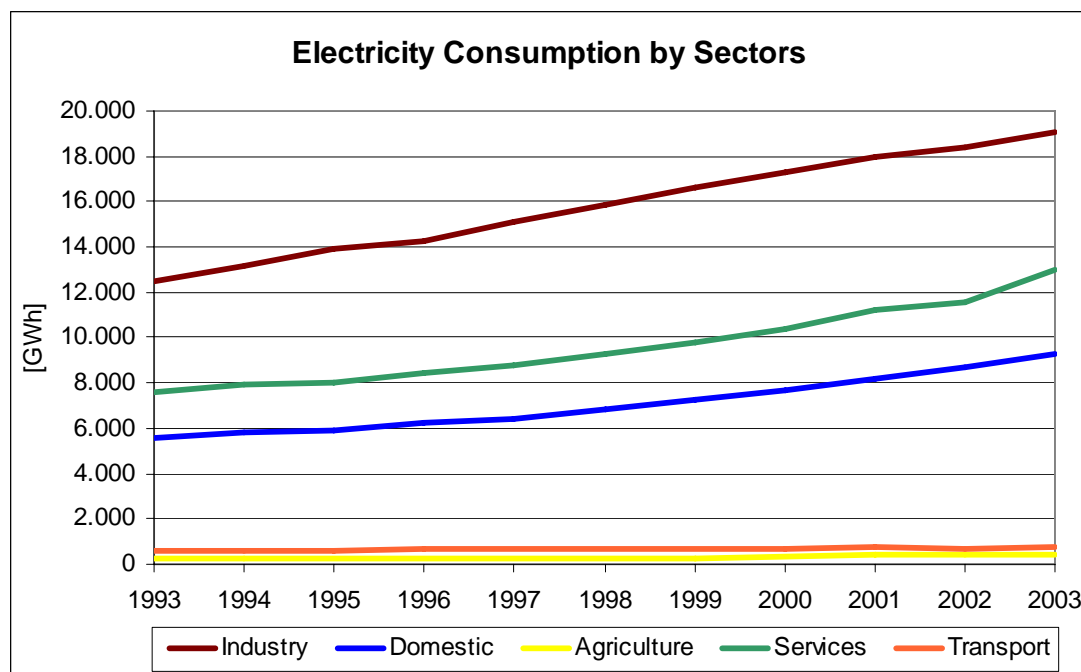


Gràfic 4: Evolució del consum d'electricitat per unitat de PIB i taxes de creixement anual, 1993-2003, Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

### Consum d'electricitat als diferents sectors

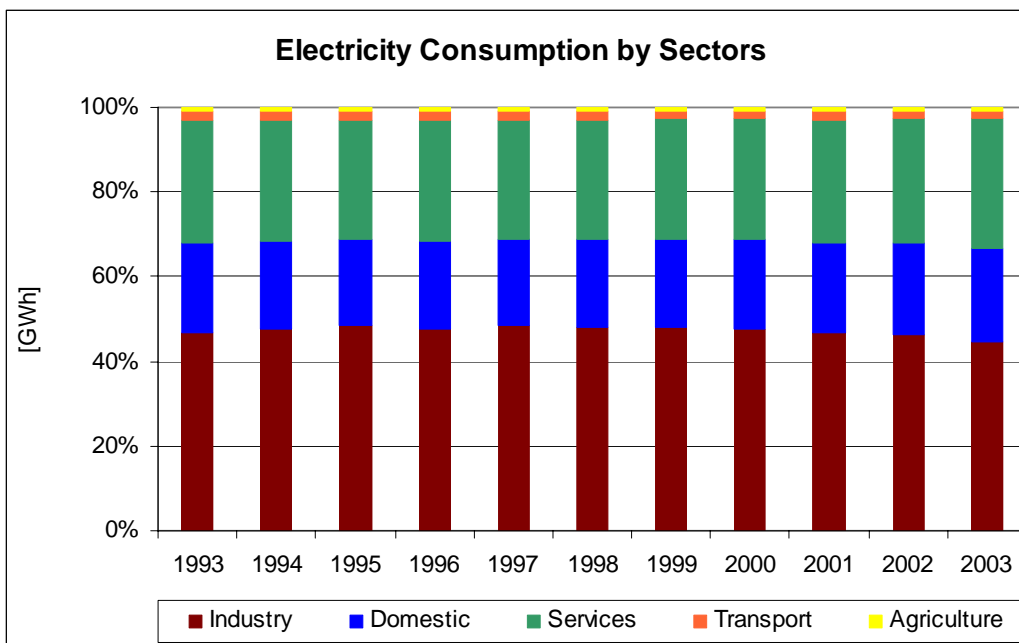
Els sectors que més contribueixen al consum d'electricitat són el sector industrial (línia marró), el sector serveis (línia verda) i el sector domèstic (línia blava). La contribució dels sectors primari (línia groga) i del transport (línia taronja) només és marginal (veure Gràfic 5).

Al 2003 un 45% de la electricitat va ser consumida pel sector industrial, seguit pel sector de serveis (un 30%) i pel sector domèstic amb un 22%. El transport i el sector primari junts van representar menys del 3% del consum total d'electricitat.



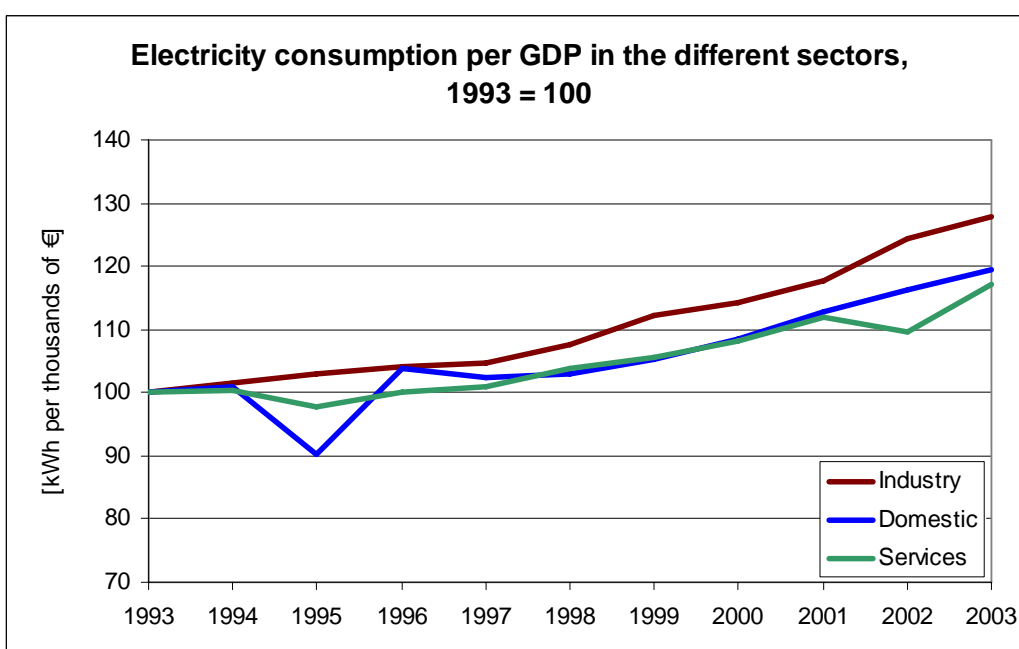
Gràfic 5: Evolució del consum d'electricitat per sector, 1993-2003, Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

Entre el 1993 i el 2003, no hi va haver gaires canvis en l'estructura del consum (veure Gràfic 6). La proporció del sector industrial va créixer lleugerament entre 1993 i 1997, però després va caure de nou fins a arribar al 2003 a un nivell un 2,1% menor que el nivell de 1993. El sector serveis sembla ser el complement d'aquesta evolució, ja que va mostrar un lleuger creixement entre 1993 i 2003: el consum del sector serveis va incrementar un 2%. La variació del sector domèstic va ser d'un 1,3%, entre els valors 20,6% i 21,9%. Al 2003 el sector domèstic va consumir el 21,8% de tota la electricitat consumida.



Gràfic 6: Evolució de l'estructura del consum d'electricitat per demanda pels diferents sectors, 1993-2003, Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

El resultat de la comparació sectorial de la intensitat energètica (consum d'electricitat per unitat de PIB entre 1993 i 2003, Gràfic 7) mostra que és el sector industrial (línia vermella) el que presenta l'augment més important (28%), mentre el sector de serveis (línia verda) creix un 17%. Tot i que el creixement en intensitat energètica va accelerar-se després del 2001 al sector industrial, va haver-hi una disminució temporal al sector de serveis entre 2001 i 2002, seguit d'un fort creixement entre 2002 i 2003. L'augment de la intensitat energètica al sector domèstic (línia blava, vinculada als ingressos familiars) va ser, amb més 19%, gairebé el mateix que al sector serveis. Tots els sectors mostren una tendència creixent de la intensitat energètica a partir del 1997 [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006].



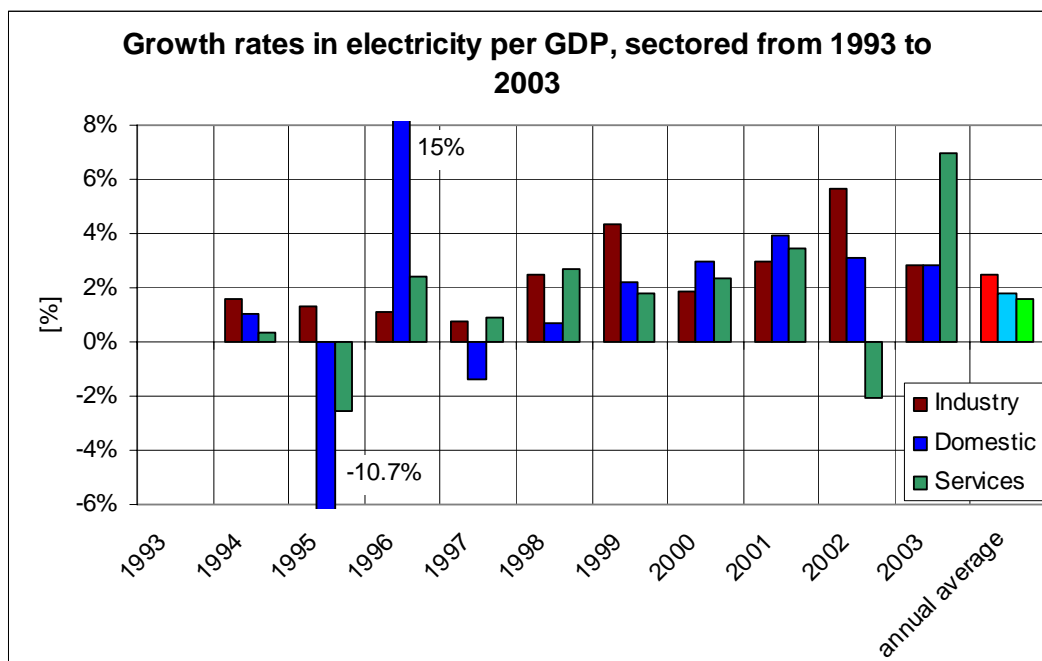


Gràfic 7: Consum d'electricitat per PIB en els diferents sectors, 1993-2003; 1993=100, Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]

Els percentatges anuals de canvi (Taula 1 i Gràfic 8, a continuació) reflecteixen l'augment d'intensitat energètica en els anys posteriors a 1997. Els valors a llarg termini (1993-2003) per als tres sectors indiquen que el sector industrial va tenir un augment anual mitjà de 2,5%, seguit del sector domèstic (més 1,8%), i del sector serveis amb un augment anual mitjà d'intensitat energètica de 1,6%. Observant només el període entre 1997 i 2003, les taxes augmenten de manera notable fins al 3,4% per al sector industrial, al 2,6% per el domèstic i al 2,5% per el sector serveis.

	Augment anual mitjà de la intensitat energètica		
	1993 - 1997	1997 - 2003	1993 - 2003
Indústria	1.2%	3.4%	2.5%
Domèstic	0.6%	2.6%	1.8%
Serveis	0.3%	2.5%	1.6%

Taula 1: Percentatges de canvi en intensitat energètica als sectors de la indústria, dels serveis, i al sector domèstic, 1993-2003, Font: [IDESCAT; Anuaris estadístics de Catalunya 1993-2006]



Gràfic 8: Percentatges de canvi en intensitat energètica als sectors de la indústria, dels serveis, i al sector domèstic, 1993-2003

## **Projecció de la demanda energètica a Catalunya**

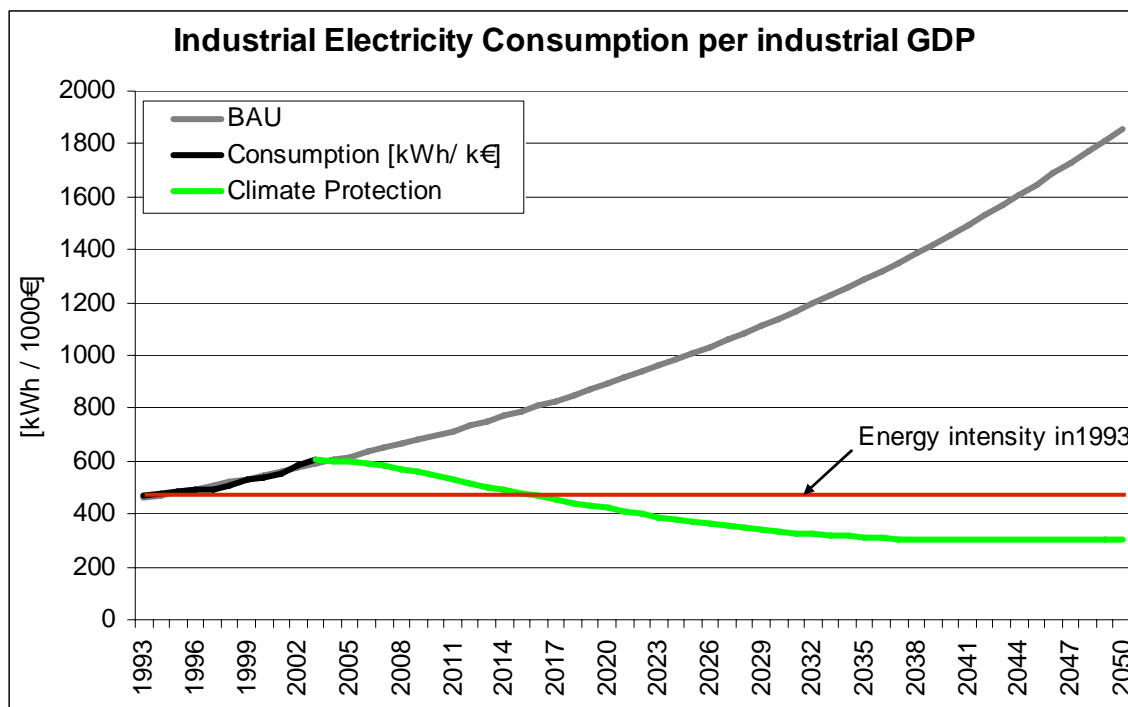
### **Sector Industrial**

Del 1993 al 2003, va haver-hi un augment mig de la intensitat energètica d'un 2,5% anual al sector industrial. L'escenari base ("*business-as-usual*" o *BAU*, línia grisa, Gràfic 9) es forma amb la projecció dels desenvolupaments passats cap al futur, com si el desenvolupament futur seguís la mateixa evolució que el desenvolupament passat. D'acord amb aquest escenari, entre 2003 i 2050 el consum elèctric en funció del PIB s'incrementaria fins a més de tres vegades la xifra actual.

L'escenari de Protecció del Clima ("*Climate Protection*" línia verda) suposa esforços importants per a augmentar l'eficiència elèctrica. Es suposa que les millores d'eficiència acceleraran fins al 2010, arribant a un guany anual de 2,5%. Aquesta velocitat de les millores d'eficiència es manté fins al 2025. A partir d'aquest any, el que suposa l'escenari és que cada any serà més difícil aconseguir més millores en eficiència energètica, donat que la xifra s'apropa al llindar del 50% de la xifra del 2003. Per tant, es preveu una disminució dels ritmes de reducció de les taxes i no més reduccions a partir del 2040, quan s'arribi a la meitat de la intensitat energètica del 2003.

En conjunt, la intensitat energètica aconseguida a l'escenari de Protecció del Clima (EPC) al 2050 és un 85% menor que a l'escenari base. Sobre tot el període, la mitjana anual de les millores en eficiència energètica a l'escenari de Protecció del Clima (EPC) són d'un 1,4% per any, el que es contrasta amb l'augment d'intensitat energètica de l'escenari base. Donat que l'escenari de Protecció del Clima (EPC) suposa que es redueix el ritme de creixement de l'eficiència energètica, els guanys mitjans fins al 2030 (2,2% per any) són substancialment més alts que la mitjana sobre tot el període.

En valors absoluts, la intensitat elèctrica del sector industrial en l'escenari de Protecció del Clima (EPC) disminueix de 600 kWh per mil Euros (kWh/k€) al 2003 fins a 300 kWh/k€ al 2050. Al 2017 s'aconseguirà una reducció al nivell del 1993.

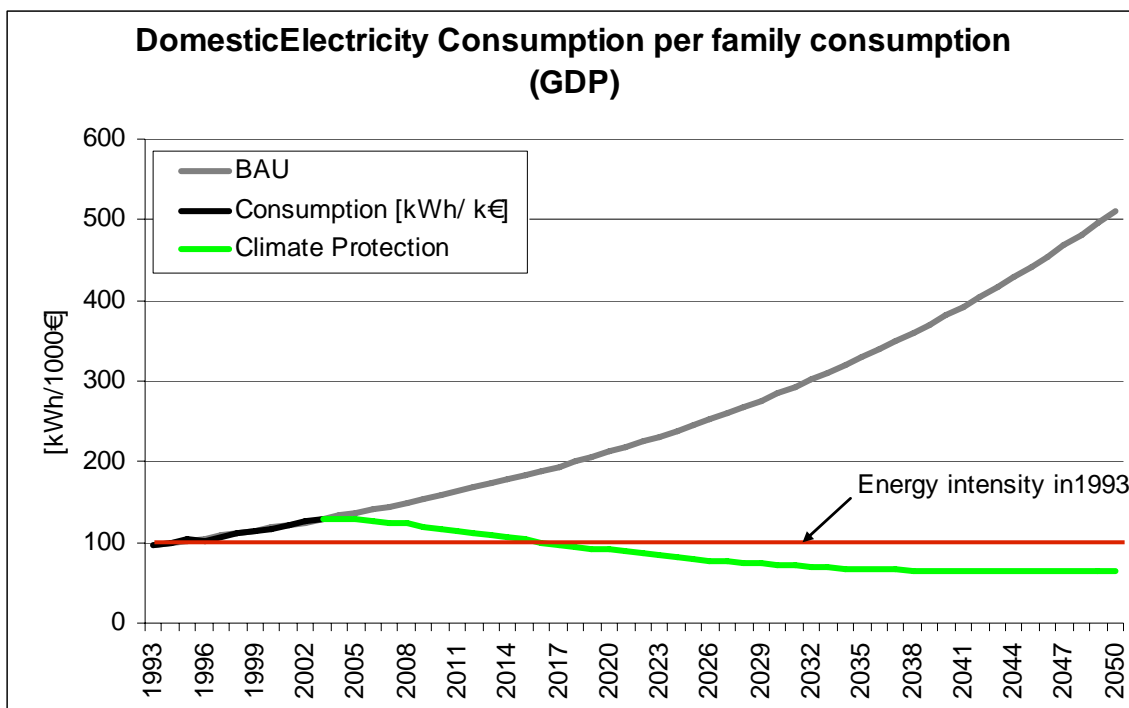


Gràfic 9: Evolució de la intensitat energètica al sector industrial, escenari base i escenari de protecció del clima.

### Sector domèstic

Les suposicions per a l'escenari de Protecció del Clima (EPC) al sector domèstic (línia verda, Gràfic 10) són les mateixes que per al sector industrial, amb un llindar al 50% de la intensitat energètica del 2003 per a l'any 2050, una transició cap a uns guanys d'eficiència més ràpids fins al 2010 i un alentiment del ritme de les millores en eficiència a partir del 2025.

La intensitat energètica al 2050 és un 87% més baixa en l'escenari de Protecció del Clima (EPC) que en l'escenari base, el que indica més creixement de la intensitat energètica. La majoria dels guanys d'eficiència a l'escenari de Protecció del Clima (EPC) ocorren abans del 2030, amb una reducció total de la intensitat energètica de fins a un 45% del nivell del 2003. En mitjanes anuals de millores d'eficiència, a l'escenari de Protecció del Clima (EPC) entre 2003 i 2030 això representa un 2,2% per any, i un 1,4% si es considera el període total (2003 a 2050). El valor absolut d'intensitat energètica en l'escenari de Protecció del Clima (EPC) disminueix des de 130 kWh per mil € de consum familiar al 2003 fins a 65 kWh/k€ al 2050. El nivell d'intensitat energètica del 1993 també s'aconseguirà al 2017.



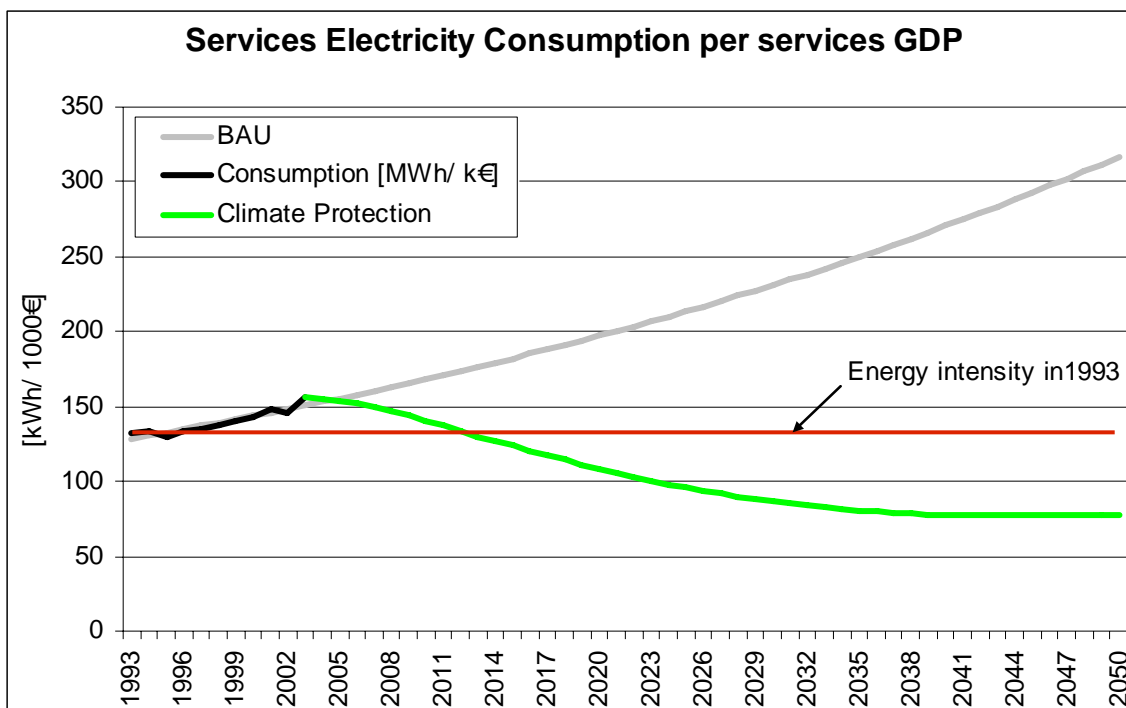
Gràfic 10: Evolució de la intensitat energètica al sector domèstic, escenari base (“*business-as-usual*”) i Escenari de Protecció del Clima.

### Sector de serveis

Com als altres sectors, la tendència d’evolució indica que continua l’augment massiu en intensitat energètica en funció del PIB pel sector, el que ens porta al 2050 a una intensitat energètica 2 vegades superior a la de 2003.

En la mateixa línia que els supòsits als altres sectors, l’escenari de Protecció del Clima (EPC) fixa la mitjana anual de reducció entre 2003 i 2050 a un 1,4% i a un 2,2% entre 2003 i 2030, sempre i quan els esforços en eficiència energètica és facin en aquest primer període. Per al 2050 la intensitat energètica cau fins a la meitat de la intensitat energètica del 2003, el que llavors representa un 85% menys que en el escenari base (“*business-as-usual*”).

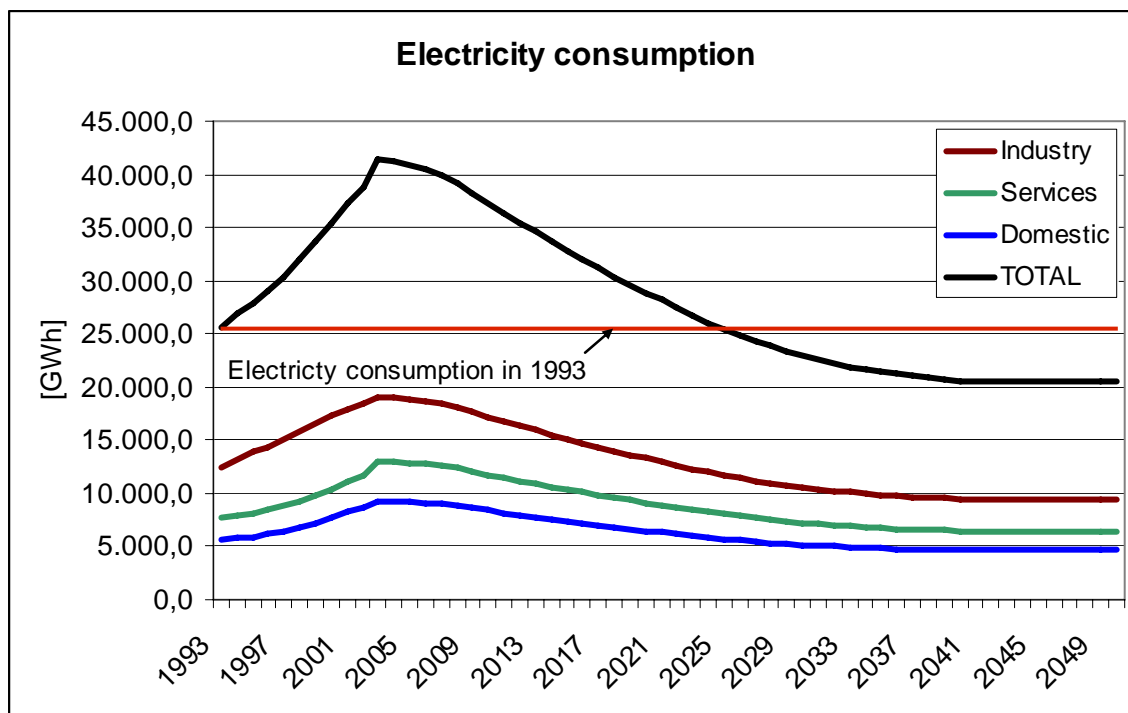
En quant a la intensitat energètica absoluta, la xifra caurà des de 156 kWh/k€ al 2003 fins a 78 kWh/k€ al 2050. El nivell d’intensitat energètica de 1993 s’aconseguirà al 2012.



Gràfic 11: Evolució de la intensitat energètica al sector domèstic, escenari base (“business-as-usual”, mitjana a 5 anys i 10 anys), i Escenari de Protecció del Clima.

### Projecció del consum elèctric total

Com no es suposa més creixement del PIB als escenaris estudiats, les millores d’eficiència es reflecteixen directament en el desenvolupament futur del consum elèctric absolut. Seguint aquest supòsit la demanda total d’electricitat disminuirà de manera massiva fins al 2030 -- fins a un 56% del consum del 2003 -- i llavors s’aproparà lentament a la meitat dels nivells del 2003 per 2040, i a partir llavors només s’esperen reduccions lleus. Al 2025 el consum d’electricitat haurà disminuït fins al nivell de demanda d’electricitat del 1993.



Gràfic 12: Evolució de la demanda absoluta d'electricitat; es suposa que el PIB no creix més

Una de les raons per suposar que no hi haurà cap més creixement al PIB és que no és possible fer una predicció sòlida del desenvolupament del PIB fins al 2050. L'economia mundial està canviant a un ritme ràpid, amb llocs de producció arreu del món. Això canviarà profundament les estructures econòmiques tant als països industrialitzats com als països en transició o en desenvolupament tot i que no sabem en detall com canviaran les estructures i com afectarà això al consum d'energia. Una altra raó és el fet de que un creixement econòmic amb taxes de creixement estables o creixents és una anomalia. En general, les economies creixen de manera lineal i no de manera exponencial, és a dir un creixement constant al llarg dels anys. Aquesta característica del creixement es pot observar analitzant el desenvolupament d'economies nacionals des de 1950 fins a l'actualitat [Afheldt; 2003]. Finalment, si prenem consciència del problema que suposa el Canvi Climàtic i volem procedir en conseqüència, l'economia global ha de canviar cap a una economia menys àvida de recursos, per exemple allunyant-nos de béns de consum de vida curta i tornant a béns reparables, reemplaçant materials poc eficients per altres materials etc...

Finalment estem convençuts de que reduccions de la magnitud descrita en aquest estudi són possibles, fins i tot amb un PIB creixent. L'estudi "*EUROPEAN ENERGY AND TRANSPORT SCENARIOS ON KEY DRIVERS*" ("Energia europea i escenaris de transport sobre impulsors clau") arriba a una conclusió similar afirmant que la demanda d'energia a la UE podria ser reduïda a nivells comparables als de 1990 "... el consum d'energia total de la UE-25 en el escenari "Eficiència energètica" torna virtualment al nivell de 2000 en el 2020 (només hi ha un creixement marginal de 0,5% sobre 20 anys des de 1.659 Mtep al 2000 fins a 1.662 Mtep

*al 2020). Al 2030, el consum total d'energia podria fins i tot ser tan baix com va ser al 1990 (fins i tot hi hauria una lleugera disminució de 0,8% sobre 40 anys per arribar a 1.544 Mtep al 2030)... ” [EU; 2004].*

## **Conclusions**

Tot i que Catalunya ha mostrat un creixement econòmic molt fort en els últims 10 anys, no ha actuat bé en el camp de la intensitat energètica. Està clar que la intensitat energètica a Catalunya s'ha de reduir per tal d'evolucionar cap a un subministrament sostenible de l'energia i alhora contribuir a la protecció del clima. Els escenaris utilitzats en aquest estudi s'han basat en reduir a la meitat la intensitat energètica (elèctrica) en els tres sectors de més consum d'electricitat fins al 2050. Això, tot i que implica fer grans esforços per millorar la eficiència de l'ús de l'electricitat creiem que és viable des d'un punt de vista tecnològic. El desenvolupament tecnològic cap a equips elèctrics més eficients farà necessari redefinir la relació entre consum d'energia i benestar tot i que al final, les greus conseqüències del Canvi Climàtic ens forçaran a caminar en aquesta direcció. Després de tot, una cosa està clara: hem de començar ara per tal de fer una transició suau i per evitar també les greus conseqüències del Canvi Climàtic.

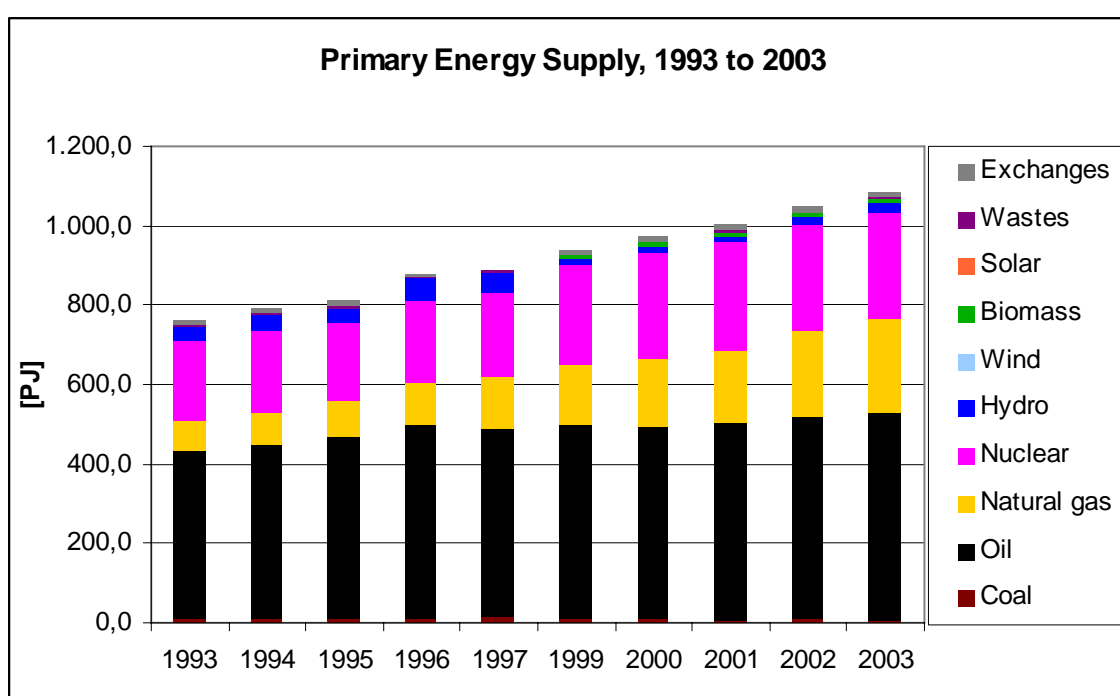
Fent un desenvolupament com el que es proposa a l'estudi, els nivells del consum d'electricitat a Catalunya al 2025 tindran els nivells de 1993 i el consum a l'any 2050 assoliran la meitat del nivell del 2003. Les reduccions addicionals pels anys que seguiran, seran difícils d'assolir i un cert nivell d'intensitat energètica romandrà, cal destacar dos fets en les propostes del present treball: tot i que portar la intensitat energètica a la meitat pot semblar molt dur, la meitat només consisteix en refer el camí que es va fer entre 1993 i 2003. L'esforç addicional en millora de l'eficiència (comparat amb l'eficiència que ja tenia Catalunya l'any 1993) és d'una proporció que no hi ha res que ens faci dubtar sobre la seguretat de que es pot aconseguir.

## Mòdul de Subministrament d'Energia

### Evolució del subministrament energètic (elèctric) a Catalunya fins a l'actualitat)

#### Subministrament d'energia primària

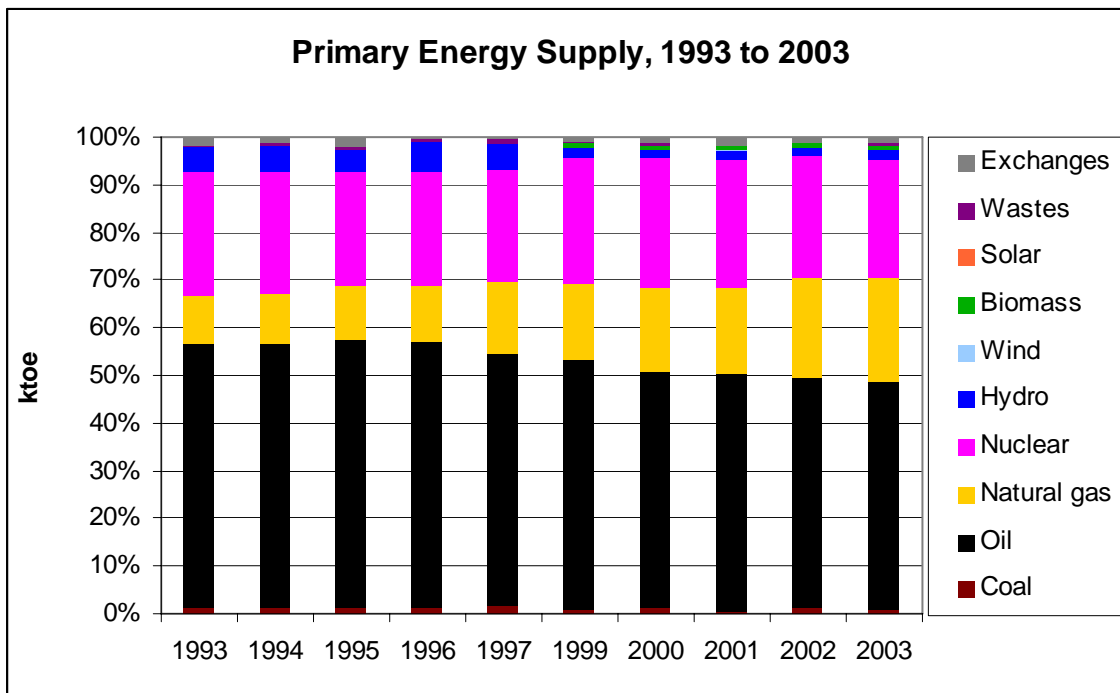
El subministrament Energia Primària (SEP) ha augmentat des de 763 PJ ( $10^{15}$  J) l'any 1993 fins 1.186 PJ l'any 2003 el que representa un 42% d'increment. El gas natural és la font energètica que més ha incrementat, seguida pel petroli i l'energia nuclear



Gràfic 13: Evolució del subministrament d'energia primària. 1993-2003 [IDESCAT; Anuaris del període 1993-2003]

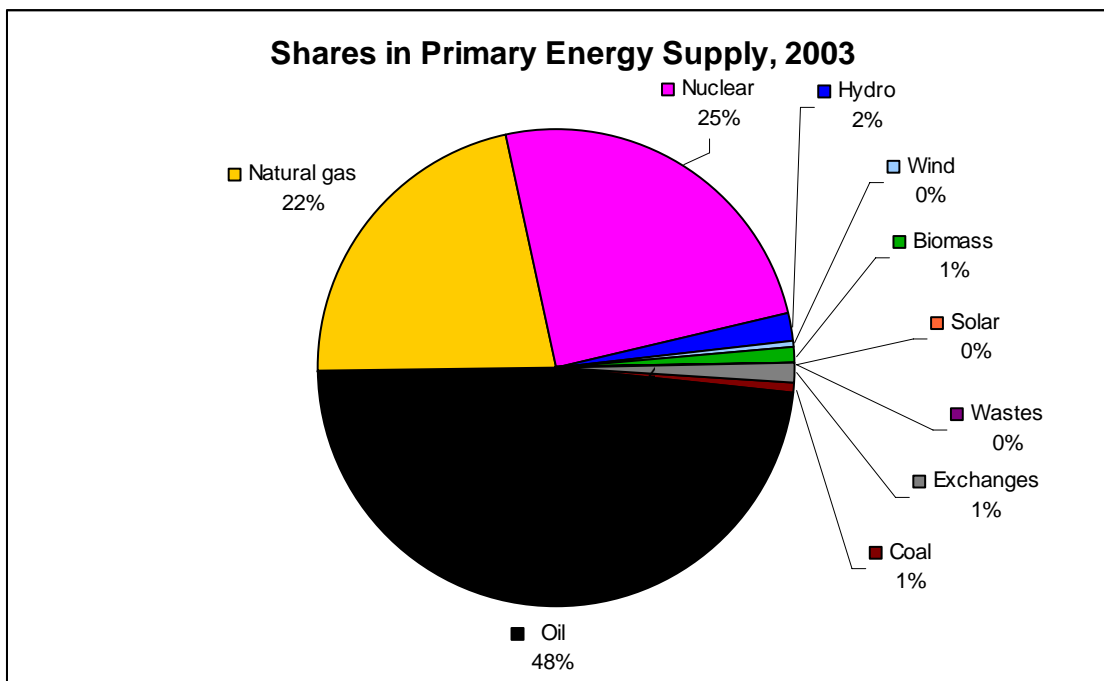
La part del subministrament d'energia primària a partir de gas natural va incrementar d'un 10% l'any 1993 fins al 22% l'any 2003. El petroli mostra una petita disminució al baixar del 55% l'any 1993 al 48% al 2003. La contribució de l'energia nuclear s'ha mantingut pràcticament igual (26% l'any 1993 i 25% l'any 2003). L'energia hidràulica perd importància, amb una disminució del 3% entre 1993 i 2003 (5% l'any 1993 i 2% l'any 2003).





Gràfic 14: Evolució de les proporcions de cada font en el subministrament d'Energia Primària. 1993-2003 [IDESCAT; Anuaris del període 1993-2003].

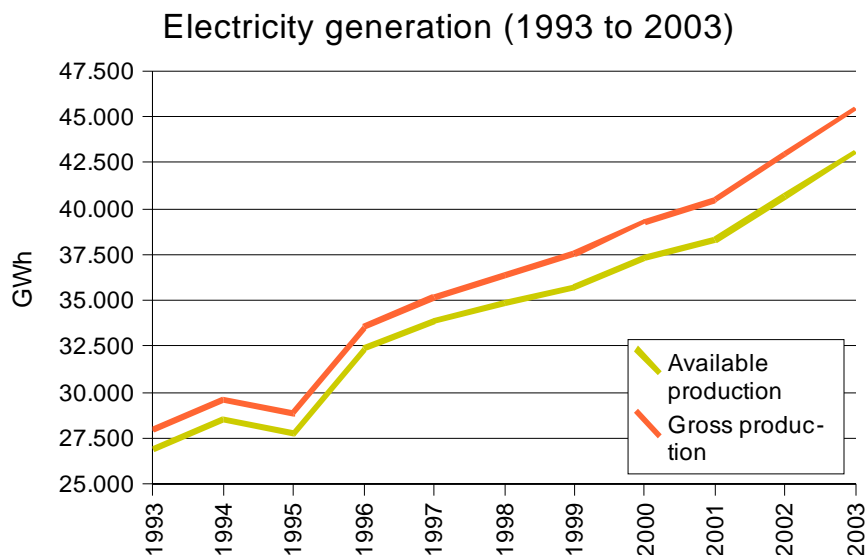
L'any 2003, els combustibles fòssils van contribuir amb un 71% al subministrament d'energia primària (petroli 48%, gas natural 22% i carbó 1%). Un 25% provenia de l'energia nuclear i l'energia provinent de les renovables contribuïa amb un 3%.



Gràfic 15: Estructura del subministrament d'energia primària l'any 2003 [ICAEN, PEC 2006-2015]

### Subministrament d'energia final: Generació elèctrica

Amb l'excepció de l'any 1995, la generació elèctrica a Catalunya mostra un creixement constant entre el 1993 i el 2003. Amb un creixement anual del voltant del 5% anual, la generació elèctrica bruta va augmentar de 28.000 GWh l'any 1993 a 45.500 GWh l'any 2003 (veure Gràfic 16)



Gràfic 16: Evolució de la generació elèctrica bruta i producció disponible a Catalunya, pel període 1993-2003 [IDESCAT, Anuaris del període 1993-2003].

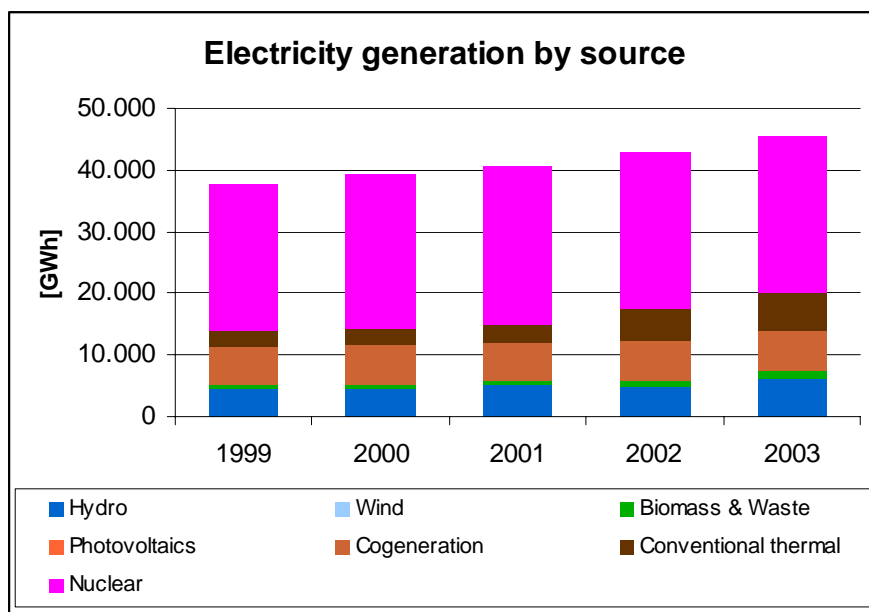
La major part de la generació d'electricitat es va cobrir amb combustibles fòssils i energia nuclear (veure la Gràfic 17 i la Taula 2). La generació elèctrica de les centrals tèrmiques convencionals va incrementar de 4.900 GWh en el període 1993-2003, la de les nuclears 4.100 GWh, l'energia hidràulica aproximadament 1.900 GWh i l'energia eòlica 162 GWh.

Increment en la generació d'energia elèctrica [GWh]				
	Increment mitjà anual		Increment l'any 2003	Increment de 1993-2003
	1994 a 1999	1999 a 2003		
Hidroelèctrica	156,8	225,2	1.206,0	1.910,0
Eòlica	9,3	23,1	-9,0	162,0
Tèrmica Convencional (1)	282	689,8	797,0	4.859,0
Nuclear	342	487,2	76,0	4.146,0
Producció bruta	1.679,8	1.818,8	2.493,0	17.493,0
Producció dispon.	1.579,2	1.655	2.399,0	16.171,0

1) incloent cogeneració

Taula 2: Increment mitjà anual de generació elèctrica, increment l'any 2003 i increment total en el període 1993-2003 [a partir d'IDESCAT, Anuaris del període 1993-2003 amb elaboració pròpia].

La Gràfic 17 mostra la predominança de la nuclear en el sector elèctric contribuint en un 57% al total de generació elèctrica l'any 2003. La cogeneració, la tèrmica convencional i la hidroelèctrica representen cadascú un 13%-14%. La contribució de la biomassa és molt més baixa (sobre el 3%) i la de l'energia eòlica és gairebé invisible en aquesta escala (per sota de l'1%).



Gràfic 17 Generació d'electricitat per fonts, 1992 a 2003 [IDESCAT; Anuaris del període 1993-2003].

## **Energies Renovables en el subministrament d'electricitat**

### **Producció d'electricitat a partir d'energies renovables.**

A partir de la taula 3 s'observa clarament que l'energia hidràulica, amb 6.039 GWh de generació elèctrica l'any 2003 (82%), és la font de generació renovable més important a Catalunya. En segon terme estan la Biomassa i els Residus amb 1.190 GWh l'any 2003 (un 16% del total de les energies renovables aproximadament). Per últim, a molta distància, apareix l'energia eòlica amb 163 GWh (2,2%) i l'energia solar fotovoltaica amb 2 GWh (0,03%).

<b>Generació elèctrica amb energies renovables</b>					
<b>[Gwh]</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Energia eòlica	88	138	163	172	163
Biomassa i Residus	427	513	683	855	1.186
E.solar fotovoltaica	1	1	1	1	2
Hidroelèctrica	4.534	4.496	5.068	4.833	6.039
<b>Percentatges de generació amb energies renovables.</b>					
Energia eòlica	1,7%	2,7%	2,8%	2,9%	2,2%
Biomassa i Residus	8,5%	10,0%	11,5%	14,6%	16,0%
E.solar fotovoltaica	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%
Hidroelèctrica	89,8%	87,3%	85,7%	82,5%	81,7%

Taula 3: Generació d'electricitat a partir d'energies renovables durant el període 1999-2003 i percentatges respecte la generació total amb energies [IDESCAT; Anuaris dels períodes 1993-2003].

### **Potencial de les Energies Renovables a Catalunya**

#### **Energia solar fotovoltaica (FV)**

En diferents publicacions, el potencial fotovoltaic a Catalunya es situa entre 450 MW (Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015; Generalitat de Catalunya, 2005) i 127.800 MW (Renovables 2050, Greenpeace, 2005). Al voltant de 78.600 MW de l'estimació de potencial més alta prové de la integració en edificis de fotovoltaica i la resta són plantes de generació d'electricitat solar-FV. La xifra del potencial solar FV citada en el Pla de l'Energia de Catalunya (450 MW) no diferencia entre els diferents tipus d'instal·lació.

Publicació	Tipus	Potencial (GW)	Producció (TWh/a)	Hores equivalents
Renovables 2050	Integrades a edificis <sup>1</sup>	78,6	90,49	1.151,26
	Centrals solars FV <sup>2</sup>	19,1	37,27	1.951,16
	Total <sup>3</sup>	97,7	127,76	1.307,68
Pla de l'Energia de Catalunya, 2006-2015	Total <sup>3</sup>	0,45	0,518	1.151,26

1) 5,8% del potencial total a Espanya

2) 2,7% del potencial total a Espanya

3) calculat amb la productivitat de *Renovables 2050* (Greenpeace, 2005)

Taula 4: Situació del potencial fotovoltaic a Catalunya en diferents publicacions.

Considerant el número de cases aïllades, i assumint que s'instal·len a la teulada 1 kWp en cases unifamiliars i 2 kWp en edificis multifamiliars, es demostra que l'estimació de potencial que dóna el Pla de l'Energia de Catalunya és una enorme infravaloració del potencial FV que té Catalunya. A Catalunya hi ha més de 2,3 milions de cases residencials. La potència instal·lable supera els 4.120 MWp, que es 8 vegades la quantitat que es fixa al Pla de l'Energia. Això no inclou altres tipus d'edificis com els públics, els industrials o els comercials.

L'escenari intensiu (IER) del Pla de l'Energia preveu 100 MWp de solar FV l'any 2015 [PEC; 2006-2015].

Tipus d'edifici	Nombre d'edificis	Instal·lació per edificis	Potencial	Producció <sup>1</sup>
Unifamiliar	504.056	1 kWpic	0,504 GW	0,5802 GWh
Multifamiliar	1.811,718	2 kWpic	3,623 GW	4,171 GWh
TOTAL	2.315,774	-	4.127 GW	4,751 GWh

1) calculat amb la productivitat de [*Renewables 2050, Greenpeace, 2005*]

Taula 5: Potencial estimat de FV en edificis residencials [*Institut Cerdà, La contribució de l'habitatge de Catalunya a la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2006*]

### Energia Solar termoelèctrica

Segons l'estudi publicat per Greenpeace "Renovables 2050", el potencial de plantes d'energia solar termoelèctrica a Catalunya és de 153 GW (veure taula 5), amb una possible producció elèctrica de 553 TWh/any [Greenpeace, 2005]. EL Pla de l'Energia en canvi, preveu només una planta solar termoelèctrica amb un potencial de 50 MW<sub>el</sub> [PEC 2006-2016].

Publicació	Tecnologia	Potencial (GW)	Producció (TWh/a)	Hores equivalents
Renovables 2050	Solar termoelèctrica	153	553	3613

Taula 6: Potencial de plantes solars termoelèctriques a Catalunya segons Renovables 2050 [Greenpeace, 2005].

En el present estudi, s'estima que Catalunya té potencial per generar almenys, de 500 a 600 MW<sub>el</sub> en 10-12 plantes (50 MW de potència per planta).

### Energia eòlica

La publicació "Renovables 2050" perfila un potencial eòlic terrestre de 53 GW (onshore) i uns 20 GW d'eòlic marí (offshore), el que fa un potencial de més de 70 GW (Taula 6). A part del gran potencial, la publicació afirma que l'energia eòlica onshore té un elevat factor de càrrega amb una productivitat mitjana de gairebé 2.500 kWh/any per kW instal·lat. Pel que fa l'energia eòlica marina (offshore), el potencial és menor i calcula uns 2.000 kWh/any de generació elèctrica per kW instal·lat [Renovables 2050].

"Renovables 2050"	Situació	Potencial (GW)	Producció (TWh/a)	Hores equivalents
E.eòlica terrestre (Onshore)		53	132,4	2.497
E.eòlica marina (offshore), fins a 100 m de profunditat	Tarragona	14,72	29,8	2.027
	Barcelona	3,45	7,0	2.027
	Girona	2,04	4,1	2.027
	Total	20,21	41,0	2.027

Taula 7: Potencials d'energia eòlica onshore i marina (offshore) a Catalunya segons l'estudi "Renovables 2050" [Greenpeace, 2005].

Un altre estudi sobre energia eòlica marina (offshore) – "SeaWind Europe", publicat també per Greenpeace – descriu un potencial d'energia eòlica marina (offshore) comprès entre 56 GW i 276 GW considerant les diferents profunditats del mar i les distàncies a la costa (Taula 8).

SeaWind Europe	fins 2010	fins 2015	fins 2020
Distància a la costa [km]	5-30	5-40	5-30
Profunditat [m]	30	50	100
Àrea tècnicament disponible [l m <sup>2</sup> ]	7.042	12.636	33.340
Potencial [GW]	56,3	101,1	266,7

Taula 8: Potencial d'energia eòlica marina (offshore) a l'estudi "SeaWind Europe" [Greenpeace, 2004].

Al contrari del que afirmen aquestos estudis, el Pla de l'Energia de Catalunya dona uns potencials eòlics molt menors. En total descriu un potencial de 5 GW [PEC 2006-2015].

Considerant la classificació per àrees en funció de la velocitat mitjana anual del vent que fa el Pla de l'Energia de Catalunya (Taula 9), és possible calcular el potencial d'energia eòlica terrestre (onshore), considerant restriccions com ara el nombre d'aerogeneradors per km<sup>2</sup>. La taula 9 resumeix els supòsits de l'estimació del potencial, que considera aerogeneradors de 2,5 MW de potència unitària i parcs eòlics de 18 MW de potència unitària.

Velocitat del vent a 80m d'alçada	Àrees	Mitjana d'aerogeneradors per km <sup>2</sup>	Fracció de l'àrea total utilitzada
[m/s]	[km <sup>2</sup> ]	[aerogeneradors/km <sup>2</sup> ]	[%]
0 – 5,5	20.675,1	0	-
5,5 – 6	3.909,9	0,25	3,5%
6 – 6,5	3.014,6	0,25	3,5%
6,5 – 7	2.191,8	0,25	3,5%
7 – 7,5	1.082,6	0,25	6,9%
7,5 – 8	552,0	0,5	6,9%
8 – 8,5	284,7	0,5	10,4%
8,5 – 9	159,6	0,75	10,4%
9 – 9,5	95,5	0,75	10,4%
9,5 – 10	61,1	0,75	10,4%
10 – 10,5	38,3	1	13,9%
10,5 – 11	21,7	1	13,9%
11 – 11,5	8,3	1	13,9%
11,5 – 12	3,1	1	13,9%

Taula 9: Supòsits en l'estimació de potencial d'energia eòlica onshore [PEC 2006-2015] i càlcul propi.

La instal·lació d'un aerogenerador per kilòmetre quadrat de mitjana, està considerada per àrees amb una velocitat anual mitjana per sobre dels 10 m/s. Per àrees amb velocitat de vent menors, aquesta instal·lació específica es suposa que és menor (veure taula 9). Com que la instal·lació d'aerogeneradors serà en parcs i no dispersada pel territori, la grandària mitjana considerada (18 MW) porta a una reducció significativa del total de l'àrea coberta pels parcs. Amb un promig d'1 aerogenerador per km<sup>2</sup> es redueix la fracció d'àrea utilitzada pels parcs un 14%. Això disminueix a 3,5% amb una suposada instal·lació de 0,25 aerogeneradors per km<sup>2</sup>.

Com que les àrees amb una mitjana de vent inferior als 5,5 m/s no han estat considerades, el potencial total d'energia eòlica terrestre (onshore) es situa en els 8.200 MW (veure Taula 10)

Velocitat del vent a 80m d'alçada	Nombre d'aerogeneradors	Potencial instal·lat	Àrea real utilitzada pels parcs eòlics	Àrea total per velocitat del vent
[m/s]	[unitats]	[MW]	[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]
0 – 5,5	0	0	-	20.675,1
5,5 – 6	977,5	2443,7	135,8	3.909,9
6 – 6,5	753,7	1884,1	104,7	3.014,6
6,5 – 7	548,0	1369,9	76,1	2.191,8
7 – 7,5	270,7	676,6	37,6	1.082,6
7,5 – 8	276,0	690,0	38,3	552,0
8 – 8,5	142,4	355,9	19,8	284,7
8,5 – 9	119,7	299,3	16,6	159,6
9 – 9,5	71,6	179,1	9,9	95,5
9,5 – 10	45,8	114,6	6,4	61,1
10 – 10,5	38,3	95,8	5,3	38,3
10,5 – 11	21,7	54,3	3,0	21,7
11 – 11,5	8,3	20,8	1,2	8,3
11,5 – 12	3,1	7,8	0,4	3,1
<b>TOTAL</b>	<b>3,267</b>	<b>8,192</b>	<b>455</b>	<b>32.098</b>

Taula 10: Resum del potencial eòlic terrestre (onshore) en funció de la velocitat del vent i l'àrea

L'àrea total utilitzada per les instal·lacions d'energia eòlica terrestre (onshore) és aproximadament 455 km<sup>2</sup>, el que representa un 1,4% de l'àrea total de Catalunya.

El potencial donat a la Taula 10 (8,2 GW) és bastant inferior comparat amb el potencial donat a l'estudi "Renovables 2050" (53 GW). Pel desenvolupament dels Escenaris de Subministrament Energètic, aquest estudi utilitza el potencial inferior, basat en les dades espacials contingudes pel Pla de l'Energia de Catalunya (8,2 GW).

En el cas d'energia eòlica marina, s'assumeix una potència d'instal·lació de 1.000 MW que es podria instal·lar, almenys, al llarg de la costa sud de Catalunya. D'acord amb el mapa de vent realitzat per encàrrec del servei Meteorològic de Catalunya, hi ha excel·lents recursos per energia eòlica terrestre al sud de Catalunya.



### Energia Hidràulica

L'estudi "Renovables 2050" afirma que el potencial hidràulic a Catalunya està al voltant dels 2.300 MW. Tenint en compte que aquest valor és idèntic al potencial existent a les centrals hidroelèctriques catalanes (aproximadament 2.300 MW), no hi ha potencial futur d'extensió de l'energia hidràulica. [Greenpeace, 2005],

No obstant, el Pla d'Energia de Catalunya descriu la possibilitat d'incrementar uns 154 MW el potencial, dels quals 30 MW provindrien de grans centrals hidroelèctriques i 123 MW de centrals minihidràuliques. [PEC 2006-2015].

<b>Escenari Base</b>	<b>2015</b>	
Potencial addicional	51,1	GW
Grans centrals hidràuliques	30,3	GW
Minihidràulica	19,8	GW
Producció addicional	179,9	GWh
Grans centrals hidràuliques	102,1	GWh
Minihidràulica	77,8	GWh
<b>Escenari Intensiu</b>	<b>2015</b>	
Potencial addicional	153,6	GW
Grans centrals hidràuliques	30,3	GW
Minihidràulica	123,3	GW
Producció addicional	583,5	GWh
Grans centrals hidràuliques	102,1	GWh
Minihidràulica	481,4	GWh

Taula 11: Potencial addicional a Catalunya fins l'any 2015, segons el Pla de l'Energia de Catalunya [PEC 2006-2015]

### Biomassa i Residus

Segons la publicació de Greenpeace “Renovables 2050”, el potencial de biomassa a Catalunya, incloent la cogeneració (producció conjunta d’electricitat i calor) és d’1,5 GW. [Renovables 2050]

El Pla de l’Energia de Catalunya descriu un potencial addicional de 13.300 GWh pel 2015, incloent els 3.370 GWh que ja hi havia el 2003 (veure Taula 12, Escenari Intensiu -IER, potencial total 2015: 17.760 GWh). Aproximadament 9.500 GWh d’aquest potencial addicional prové dels biocombustibles. Per tant, el potencial de generació elèctrica, ja sigui en plantes de cogeneració o centrals tèrmiques, citat al Pla de l’Energia és de 4.870 GWh.

<b>Escenari Base</b>	<b>2003</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
Forestal i agrícola	1.092	1.480	1.589
Biogàs	264	1.365	1.397
Residu Renovable	1.718	1.707	1.707
Biocombustibles	294	2.483	2.481
Biodiesel	63	2.254	2.254
Bioetanol	231	229	156
<b>TOTAL</b>	<b>3.368</b>	<b>7.036</b>	<b>7.173</b>
<b>Escenari intensiu</b>	<b>2.003</b>	<b>2.010</b>	<b>2.015</b>
Forestal i agrícola	1.092	2.104	3.240
Biogàs	264	1.891	2.391
Residu Renovable	1.718	1.939	2.312
Biofuels	294	4.393	9.817
<i>Part de Biodiesel</i>	63	4.151	9.134
<i>Part de Bioetanol</i>	231	242	683
<b>TOTAL</b>	<b>3.368</b>	<b>10.326</b>	<b>17.760</b>

Taula 12: Ús de la biomassa i el seu potencial fins l’any 2015 segons el Pla de l’Energia de Catalunya [PEC 2006-2015]

La electricitat que es pot generar a partir del potencial donat a la taula de dalt, depèn de les tecnologies de generació elèctrica i de la distribució entre cogeneració i generació d’electricitat.

Tenint en compte que la biomassa agrícola, els residus renovables i el biogàs estan disponibles per produir electricitat (incloent cogeneració), es pot avaluar la potència a instal·lar. Considerant que les plantes de cogeneració tenen una eficiència elèctrica del 30% de mitja [Dienhart, J. Nitsch; 2002] i les centrals tèrmiques sense cogeneració, una eficiència

elèctrica del 40%, que és aproximadament l'eficiència d'una central convencional, i considerant una contribució de la cogeneració d'un 50% i un factor de càrrega anual de 0,6 (5.260 hores equivalents a l'any), la potència addicional a instal·lar està sobre els 324 MW, dels que 139 MW són plantes de cogeneració. En aquest estudi no s'ha tingut en compte la fracció dels biocombustibles del potencial de biomassa per altres usos com el transport.

Tipus de planta	Font	Eficiència elèctrica	Hores equivalents per any	Potencial instal·lable (MW)
Cogeneració	Bosc i biomassa agrícola, biogàs i residu renovable	30,00%	5.256	138,97
Centrals tèrmiques	Bosc i biomassa agrícola, biogàs i residu renovable	40,00%	5.256	185,29
			<b>Subtotal</b>	<b>324,26</b>
Cogeneració	biogàs	30,00%	5.256	271,76
Centrals tèrmiques	biogàs	40,00%	5.256	362,35
			<b>Subtotal</b>	<b>634,12</b>
Cogeneració	Totes les fraccions	30,00%	5.256	410,73
Centrals tèrmiques	Totes les fraccions	40,00%	5.256	547,65
			<b>TOTAL</b>	<b>958,38</b>

Taula 13: Potencials instal·lables per la producció elèctrica a partir de biomassa, considerant les diferents fraccions del potencial descrites al Pla de l'Energia de Catalunya [PEC 2006-2015], [SolarCAT; 2007, càlcul propi]

Aquest potencial és bastant inferior al que considera l'estudi "Renovables 2050" (1,5 GW incloent cogeneració). S'ha de tenir en compte però que l'estudi "Renovables 2050" considera totes les fraccions de biomassa- incloent els biocombustibles- per la producció elèctrica. El potencial utilitzat en aquest estudi (324 MW) no considera els biocombustibles com a font de producció elèctrica. Si els biocombustibles- amb el potencial descrit al Pla d'Energia de Catalunya- es consideressin també per generar electricitat, el potencial instal·lable es triplicaria fins a 960 MW.

#### Producció geotèrmica d'electricitat

Mentre l'estudi "Renovables 2050" afirma que el potencial geotèrmic per la generació d'electricitat és de 176 MW, el Pla de l'Energia de Catalunya no en designa cap. En aquest estudi, s'utilitza doncs el potencial geotèrmic donat per "Renovables 2050".

### Resum dels potencials utilitzats

Els potencials descrits a dalt, donen un espectre dels potencials per les diferents tecnologies. En general, els potencials descrits varien d'una publicació a una altra., el que no vol dir que hi hagi unes estimacions millors que altres sinó que depèn dels diferents supòsits que es considerin com restriccions, desenvolupament de tecnologia, etc... En aquest estudi s'intenta no portar les estimacions de potencial a l'extrem. Aquest enfocament queda reflectit per exemple, en el fet que no s'ha considerat cap tecnologia futura o en que s'han triat densitats moderades en les instal·lacions eòliques.

La Taula 14 dóna una visió dels potencials utilitzats per l'escenari utilitzat per desenvolupar aquest estudi.

<b>Tecnologia</b>	<b>Potencial (GW)</b>	<b>Base</b>
Fotovoltaica	4,1	Càlcul propi
Solar termoelèctrica	0,6	Càlcul propi
Energia eòlica terrestre (onshore)	8,2	Càlcul propi, dades d'energia eòlica del Pla de l'Energia
Energia eòlica offshore	1	Càlcul propi
Energia hidràulica addicional	0,15	Pla de l'Energia
Biomassa	0,32	A partir de dades del Pla de l'Energia
Energia Geotèrmica	0,18	Renovables 2050

Taula 14: Visió del potencial considerat pel desenvolupament de l'escenari d'aquest estudi, [PEC 2006-2015], [Greenpeace, 2005] [SolCat; 2007, estimació pròpia].

## **Escenaris de subministrament d'energia**

Alguns encara no creuen que les energies renovables siguin mai capaces de subministrar tota la demanda energètica degut a la limitació en els seus potencials. Segurament tenen raó si no es comença a utilitzar l'energia de manera més eficient, però les tecnologies necessàries per cobrir la demanda (com es descriu en el mòdul de Demanda Energètica) d'una manera eficient ja existeixen. Segur que amb el temps es desenvolupen millors i més eficients tecnologies en la mesura que es desenvolupi l'economia global i en com definim el concepte de prosperitat. Els escenaris que es desenvolupen en aquest estudi demostraran com la demanda elèctrica a Catalunya es pot cobrir amb les fonts pròpies d'energies renovables.

Els escenaris plantejats en aquest estudi suposen l'existència d'un estímul per ampliar el potencial de generació de les tecnologies renovables en termes de legislació que facin atractiva la inversió en energies renovables. Això inclou objectius concrets i fites a assolir per a una ampliació de l'ús de les tecnologies renovables, suportades per polítiques concretes i que les fites són suportades per incentius econòmics (com les primes d'injecció a la xarxa), regulacions administratives apropiades, procediments simples i transparents d'autorització que afavoreixin les renovables vers les tecnologies energètiques convencionals, l'eliminació de barreres i l'establiment de condicions justes de mercat (per exemple internalitzant els costos externs de la producció energètica convencional).

Els escenaris proposats estan orientats vers els objectius i les fites però respecten els potencials de generació descrits a dalt (veure "Potencials de les Energies Renovables a Catalunya"). Aquest estudi presenta dos escenaris per la introducció de tecnologies renovables en el sistema elèctric català, un amb l'objectiu de cobrir el 100% de l'energia elèctrica amb fonts renovables l'any 2050 (Escenari de Protecció del Clima). i l'altre amb l'objectiu de cobrir el 80% de l'energia elèctrica amb fonts renovables l'any 2030 (Escenari de Sortida Ràpid).

La trajectòria de desenvolupament de les diferents tecnologies per separat fins l'any 2050 es descriu amb el conegut creixement logístic, que representa un creixement amb restriccions al contrari que un creixement exponencial pur, on el creixement és il·limitat<sup>12</sup>. La limitació al creixement, ve donada en aquest cas pel potencial de cada tecnologia per separat (veure "Potencials de les Energies Renovables a Catalunya")

Amb l'objectiu de no deixar de banda l'aspecte financer de l'expansió de les energies renovables, en el desenvolupament dels escenaris s'introdueix una restricció més: el cost

---

<sup>12</sup>El creixement logístic s'utilitza sovint per descriure els processos de creixement a la natura però també per creixements econòmics.

anual d'inversions en energies renovables no hauria de sobrepassar els 100 €/per habitant i any.

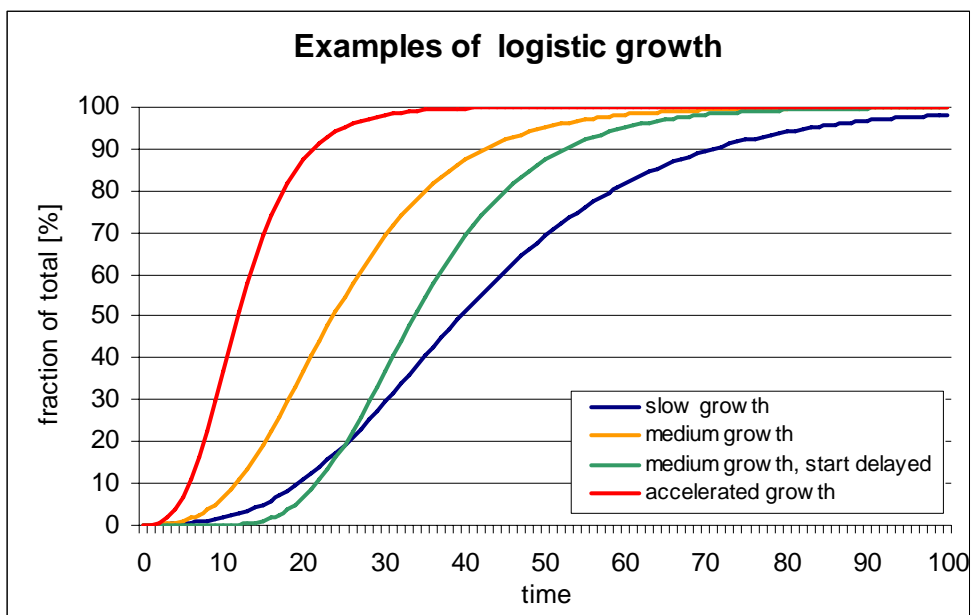
### Estratègia d'expansió

La consideració bàsica per estendre els equips de generació per a cada tecnologia va ser afavorir les tecnologies energètiques que es poden ajustar. Es dona prioritat als productors més estables i els que més fluctuen com és el cas de l'energia eòlica i la fotovoltaica es consideren en segon terme. La conseqüència d'aquesta aproximació és que la velocitat d'exploració d'aquestes fonts renovables més estables és major que la velocitat d'exploració de les fonts amb més fluctuació, tot i que totes les tecnologies s'estenen simultàniament. Es va triar aquesta aproximació per contribuir a la regulació de la xarxa i per assegurar l'estabilitat i seguretat del subministrament d'electricitat.

### Característiques de creixement en els escenaris

La pauta de desenvolupament de les tecnologies renovables al llarg del temps es basa en les anomenades "corbes de creixement logístic" que mostren la típica corba en forma de "s" per creixements amb saturació a les últimes etapes del desenvolupament. Això reflecteix la suposició bàsica que el creixement no pot ser il·limitat si alguns dels recursos dels que depèn estan limitats.

En general, el creixement logístic comença amb un desenvolupament exponencial que, a mesura que passa el temps es va saturant. L'última fase del desenvolupament mostra una lenta aproximació al valor màxim.



Gràfic 18: Exemple de creixement logístic

### Costos específics de la inversió en tecnologies renovables

En incorporar l'aspecte financer als escenaris, es van haver de fer suposicions respecte de la futura evolució temporal dels costos d'inversió en les diferents tecnologies. Mentre que es preveu que en tecnologies com l'eòlica, la geotèrmia, la biomassa i la solar termoelèctrica disminueixin a la meitat els costos específics d'inversió per l'any 2050, els costos d'altres tecnologies com la fotovoltaica es creu que disminuiran fins a un terç dels costos actuals. En el cas de la hidroelèctrica no es preveu disminució de costos (veure Taula 15).

<b>Tecnologia</b>	<b>Costos d'inversió avui [€<sub>2006</sub>/kW<sub>el</sub>]</b>	<b>Costos inversió al 2050 [€<sub>2006</sub>/kW<sub>el</sub>]</b>
Biomassa i residus	4.440	2.200
Eòlica terrestre (onshore)	1.200	600
Eòlica marina (offshore)	1.800	900
Fotovoltaica	5.000	1.667
Solar termoelèctrica	4.000	2.000
Geotèrmica	8.000	4.000
Hidràulica	6.350	6.350

Taula 15: Costos d'inversió inicials ara i al 2050

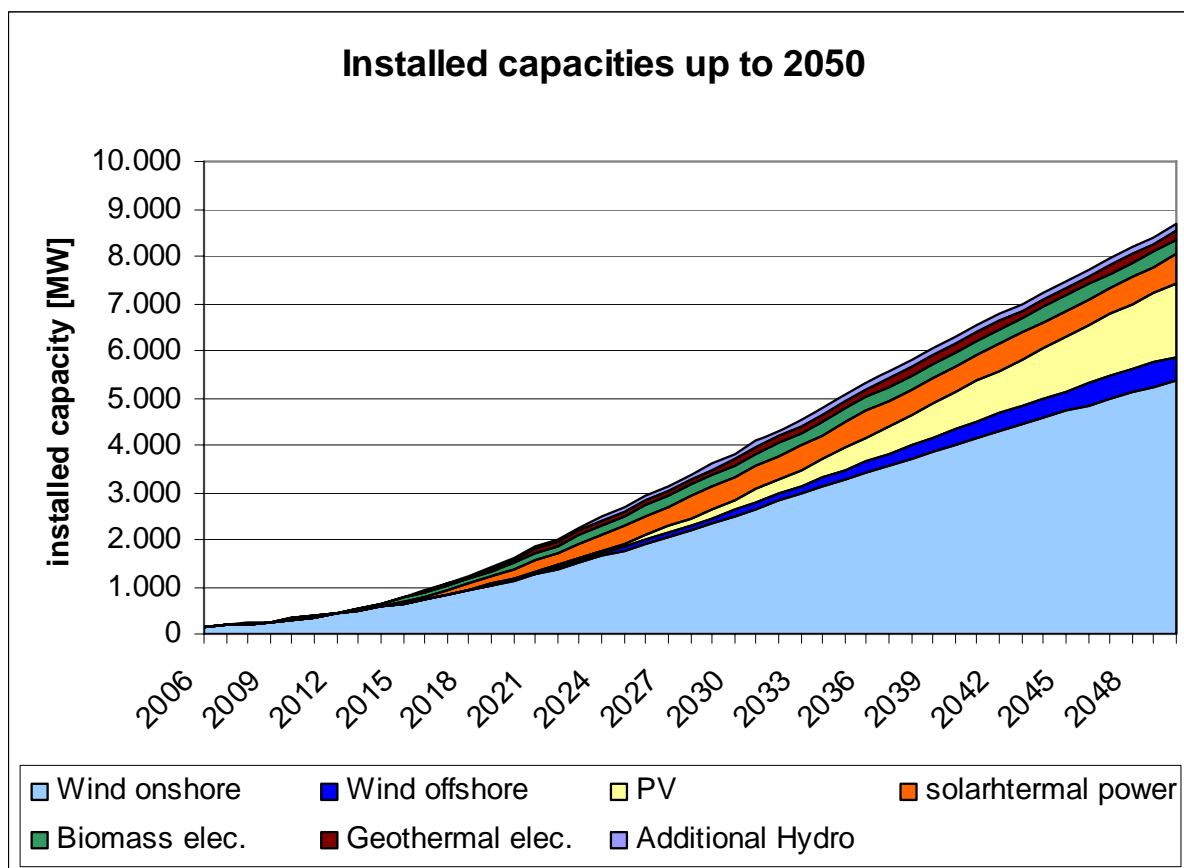
### Escenaris introductoris

En els dos escenaris presentats en aquest estudi s'utilitza l'aproximació de creixement logístic tot i que a diferents velocitats d'evolució. L'Escenari de Protecció del Clima (EPC) persegueix per l'any 2050 el 100% del subministrament elèctric amb fonts renovables. El segon escenari – Escenari de Sortida Ràpida (ESR)– es desenvolupa per aconseguir cobrir amb fonts renovables un 80% de la demanda elèctrica catalana per l'any 2030.

Es suposa que les instal·lacions arribaran al final del seu cicle de vida l'any 2050 i que serà llavors quan s'hagin de reemplaçar.

#### L'Escenari de Protecció del Clima - EPC

La potència instal·lada d'energies renovables (Gràfic 19) augmenta fins a 3,9 GW per l'any 2030 i fins a 8,7 GW per l'any 2050. L'energia eòlica acapara la major part d'aquestes noves instal·lacions (68% 2030 i 2050; terrestre i marina), seguit de l'energia solar fotovoltaica (6% l'any 2030 i 18% l'any 2050) i l'energia solar termoelectrica (13% l'any 2030 i 7% l'any 2050). La contribució de la biomassa, energia geotèrmica i hidroelèctrica és substancialment inferior.



Gràfic 19: Escenari de protecció del Clima, Evolució del potencial instal·lat fins al 2050 [SolCat; 2007]



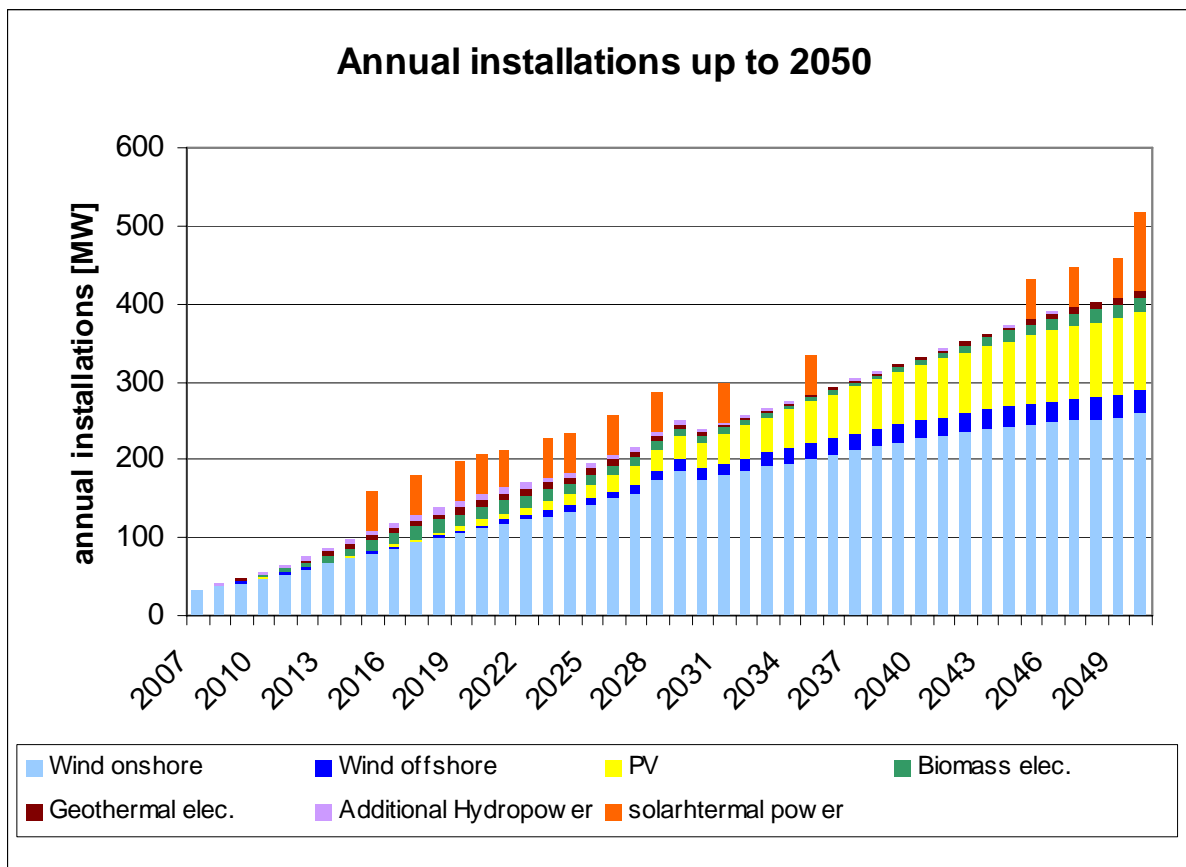
Donat que s'afavoreixen les tecnologies de generació regulables, el percentatge d'aquestes tecnologies en el total de les renovables disminueix des del 2030 al 2050 (veure taula 16). La biomassa per exemple, contribueix, pel 2030, un 7% al total del potencial de generació renovable mentre que al 2050 només hi contribueix en un 4%. El desenvolupament de la geotèrmica també pateix una disminució: del 4% el 2030 al 2% el 2050. La hidroelèctrica també disminueix d'un 3% l'any 2030 a un 2% l'any 2050.

La situació és similar per l'energia solar termoelèctrica que disminueix del 13% l'any 2030 al 7% l'any 2050, ja que té més capacitat de cobrir la potència de base que l'energia eòlica o la fotovoltaica, sempre que estiguin equipades amb sistemes d'emmagatzematge tèrmic.

	Potencial instal·lat[MW]		Percentatge del potencial total [%]	
	2030	2050	2030	2050
Eòlica terrestre (onshore)	2.504	5.343	65%	62%
Eòlica marina (offshore)	123	532	3%	6%
PV	224	1.564	6%	18%
Solar termoelèctrica	492	596	13%	7%
Biomass elec.	261	320	7%	4%
Electricitat a partir de geotèrmica	135	173	4%	2%
Hidroelèctrica (addicional)	115	150	3%	2%
Total	3.855	8.678	100%	100%

Taula 16: Escenari de protecció del clima, Potencials instal·lats i percentatges del potencial total de renovables, 2030 i 2050

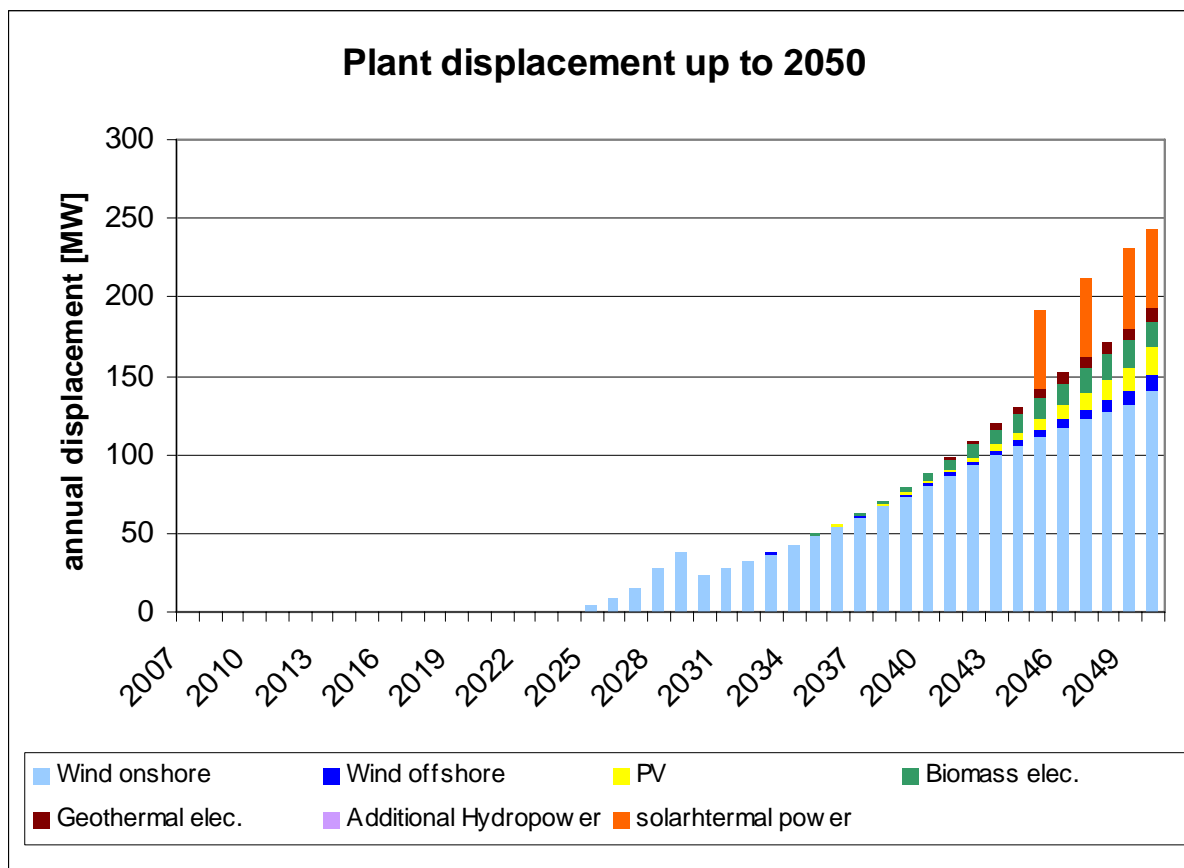
Al Gràfic 20 s'observa un creixement constant de noves instal·lacions fins l'any 2050. Aproximadament al voltant del 2030 hi ha un pic d'instal·lacions que resulta del canvi dels aerogeneradors que ja existien abans de que comencés l'escenari desenvolupat.



Gràfic 20: Escenari de Protecció del Clima, Desenvolupament de les noves instal·lacions (incloent la substitució d'equips que ja existien abans de que comencés l'escenari) fins l'any 2050.

Mentre que el desenvolupament fins l'any 2030 està caracteritzat per el creixement de noves instal·lacions, els canvis en els equips que ja existien abans de que es comencés a desenvolupar l'escenari, caracteritzen el creixement en els anys posteriors (Gràfic 21). Com a resultat hi ha una diferència cada vegada major entre les noves instal·lacions de cada any i el increment total d'instal·lacions.

A l'any 2030 la substitució prové exclusivament de l'energia eòlica (23 MW substituïts), amb gairebé cap impacte en el desenvolupament de noves instal·lacions. Aquesta situació canvia radicalment en el període 2030-2050 quan les instal·lacions substituïdes estan sobre els 230 MW el que implica més de la meitat del potencial instal·lat (455 MW) l'any 2050. L'augment en el potencial total es redueix a 225 MW l'any 2050 degut a la substitució de tots els equips obsolets.



Gràfic 21: Escenari de Protecció del Clima, Evolució de la substitució d'instal·lacions fins 2050

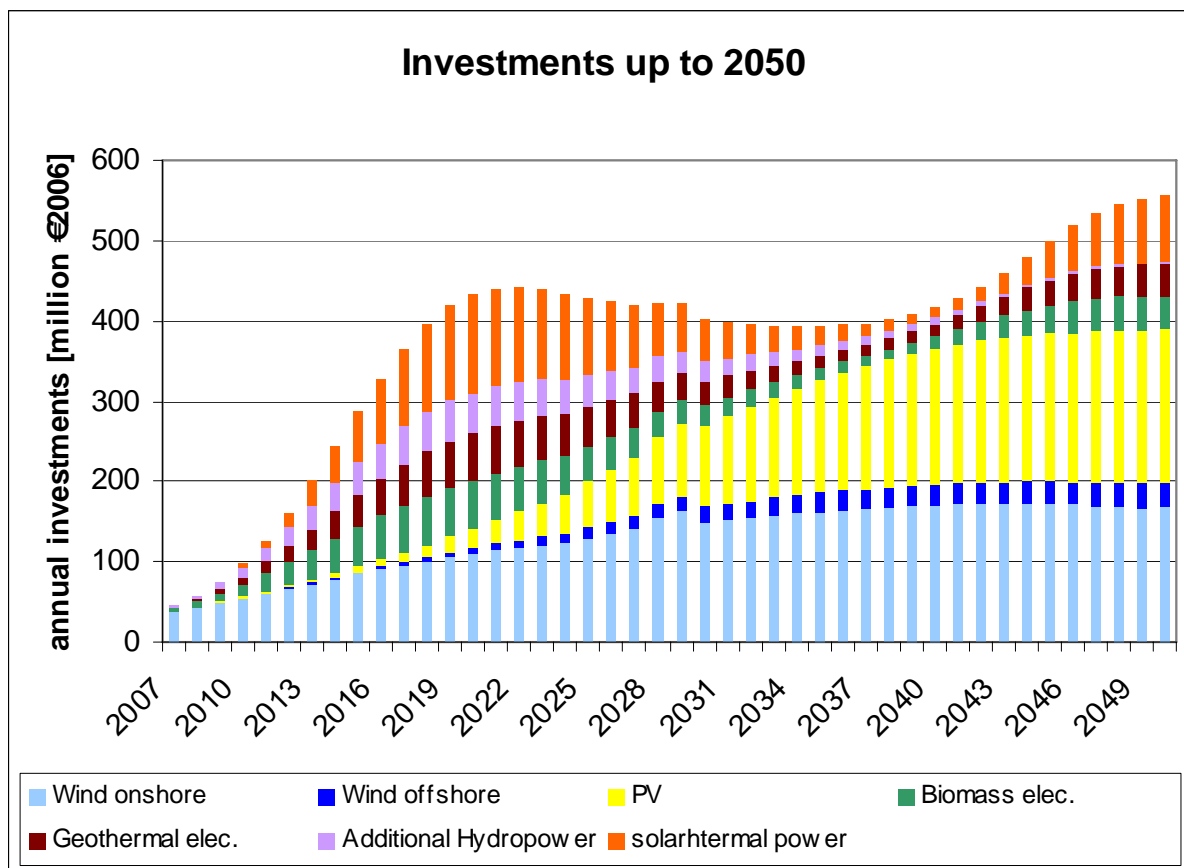
La relació entre noves instal·lacions i substitució de les anteriors mostra que fins i tot el manteniment de les instal·lacions existents requereix una activitat permanent d'instal·lació, el que és de gran importància pel desenvolupament de les inversions.

Sempre i quan no hi hagi disminució en els costos tecnològics s'haurà de mantenir una elevada inversió -amb un cert retràs en el temps- només per mantenir les instal·lacions.

Afortunadament, es preveu una disminució en els costos, amb el que s'abaratirà el manteniment. Amb les reduccions considerades en aquest estudi, el pressupost mostra un pic al final del període (2050). En aquest punt, el total d'inversió en instal·lacions renovables és de 556 milions €<sub>2006</sub> que és aproximadament 85 €<sub>2006</sub> per habitant (veure Gràfic 22).

Es calcula que pel 2022, la inversió total en instal·lacions renovables és de 441 milions €<sub>2006</sub> (68 €/cap), el que representa un pic intermedi d'inversió. Després la inversió disminueix fins a 391 milions €<sub>2006</sub> l'any 2034 (60 €/cap). Del 2034 en endavant hi ha un creixement constant fins als nivells del 2050<sup>13</sup>.

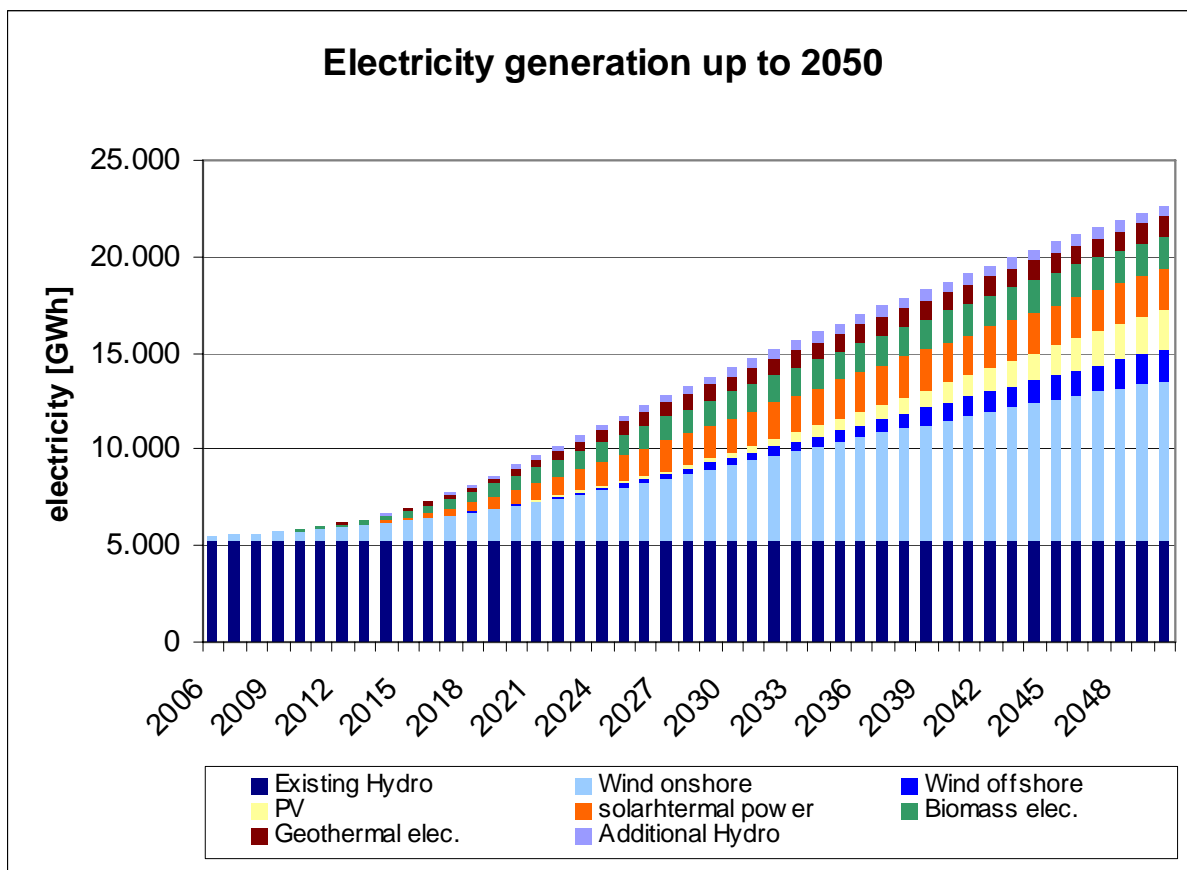
<sup>13</sup> Tot i que l'expansió de la solar termoelèctrica és dona en blocs individuals de 50 MW (veure Figura 8: Escenari de Protecció del Clima. Evolució de les noves instal·lacions, incloent la substitució), la inversió no reflexa aquests blocs. Això és degut a que s'assumeix que la planificació i el finançament estan distribuïts al llarg dels anys.



Gràfic 22: Escenari de Protecció del Clima, Evolució de les inversions en instal·lacions de generació elèctrica renovable

La generació elèctrica en l'escenari "Escenari de Protecció del Clima" ( Gràfic 23) augmenta, des de l'actual i única contribució de la hidroelèctrica (5.300 GWh de mitjana) entre el 2001 i el 2003 a 14.250 GWh l'any 2030 i 22.650 GWh l'any 2050. Es pot comparar aquesta producció amb la projecció de demanda elèctrica descrita en l'apartat " Mòdul de demanda energètica" d'aquest estudi on es preveuen 23.000 GWh l'any 2030 i 20.700 GWh l'any 2050. Això implica que aproximadament el 62% del total de la demanda elèctrica de Catalunya pot ser coberta, l'any 2030, amb electricitat produïda de forma renovable. Aquest valor incrementa fins al 110% per l'any 2050. Aquest excés servirà tant per prevenir les possibles fluctuacions com per intercanviar amb regions veïnes<sup>14</sup>.

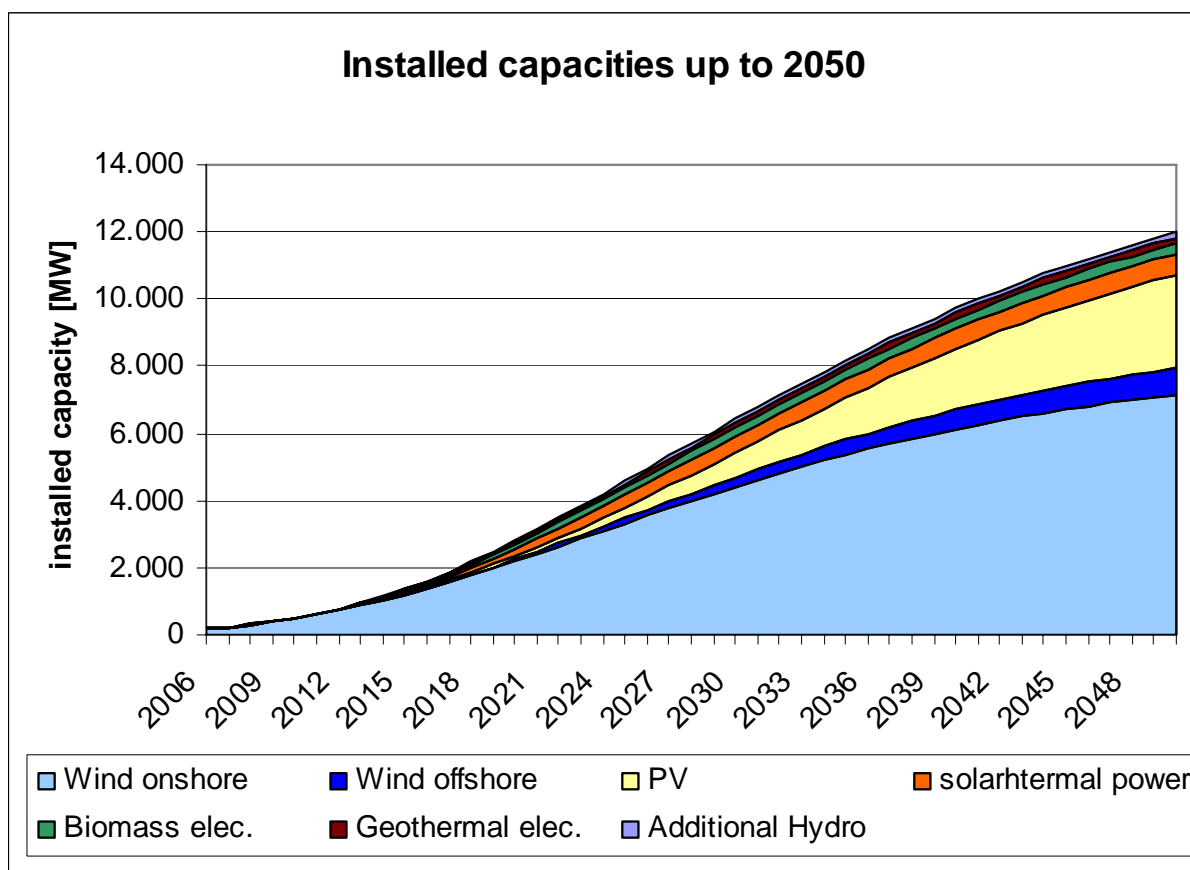
<sup>14</sup> La producció d'electricitat en aquesta secció s'ha calculat amb la mitjana d'hores equivalents a plena càrrega, no per simulació utilitzant dades meteorològiques.



Gràfic 23: Escenari de Protecció del Clima, Evolució de la producció elèctrica a partir de renovables fins al 2050

### L'Escenari de Sortida Ràpida - ESR

Les noves instal·lacions de generació elèctrica renovable (Gràfic 24) augmenten de 6,4 GW l'any 2030 fins a 12,0 GW per l'any 2050. En l'escenari "Escenari de Protecció del Clima" (EPC), l'energia eòlica representa una part molt important del potencial total, però en aquest escenari pel 2030 aquesta proporció és encara major (73% l'any 2030 i 66% el 2050). Degut al ritme tan accelerat de desenvolupament, no només de l'eòlica sinó també de l'energia solar fotovoltaica que representa un percentatge també elevat del potencial total amb un 11% al 2030 i un 23% al 2050; això representa un 5% més al 2030 i 2050 del que es presentava a l'Escenari de Protecció del Clima. Els percentatges de biomassa, energia geotèrmica, solar termoelectrica i la hidràulica afegida són menors que a l'Escenari de Protecció del Clima (EPC).



Gràfic 24: Escenari de Sortida Ràpida, Potencial instal·lat fins al 2050

Al contrari que l'Escenari de Protecció del Clima, l'Escenari de Sortida Ràpida ja mostra una disminució en el creixement a mesura que s'apropa a l'any 2050. Al final s'observa l'efecte de saturació de tot creixement logístic, que es dona perquè el potencial instal·lat arriba al límit del potencial existent.

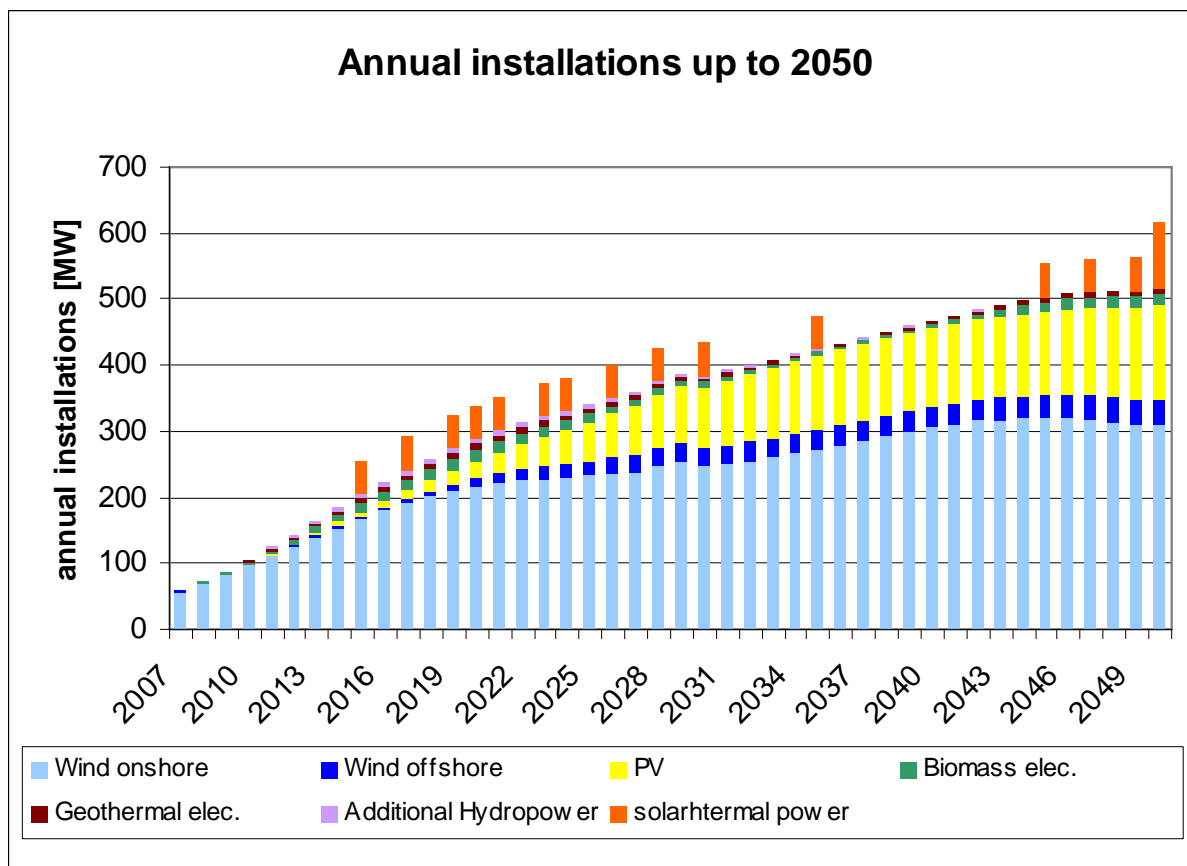
L'afavoriment de les tecnologies de generació regulables està menys explícit en aquest escenari. Per això, els percentatges de les tecnologies regulables per l'any 2030 són menors que en l'Escenari de Protecció del Clima. La biomassa per exemple contribueix un 3% menys al total del potencial renovable al 2030 i un 1% menys al 2050, si ho comparem amb l'Escenari de protecció del clima. Aquesta relació és similar per a l'energia solar termoelèctrica, energia geotèrmica i la hidroelèctrica addicional.

	Potencial instal·lat [MW]		Percentatge del potencial total [%]	
	2030	2050	2030	2050
Energia eòlica terrestre (onshore)	4.412	7.155	69%	60%
Energia eòlica marina (offshore)	288	778	4%	6%
PV	729	2.803	11%	23%
Solar termoelèctrica	492	596	8%	5%
Biomassa (per electricitat)	261	320	4%	3%
Geotèrmica (per electricitat)	135	173	2%	1%
Hidroelèctrica addicional	115	150	2%	1%
<b>Total</b>	<b>6.434</b>	<b>11.976</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Taula 17: Escenari de Sortida Ràpida, Potencials instal·lats i percentatges sobre el total del potencial renovable, 2030 i 2050

Fent una ullada a les noves instal·lacions (Gràfic 25), les addicions anuals són considerablement majors que en l'Escenari de Protecció del Clima. La nova potència instal·lada per l'any 2030 està a una escala que és comparable a la de 2045 en l'Escenari de protecció del Clima (uns 400 MW).

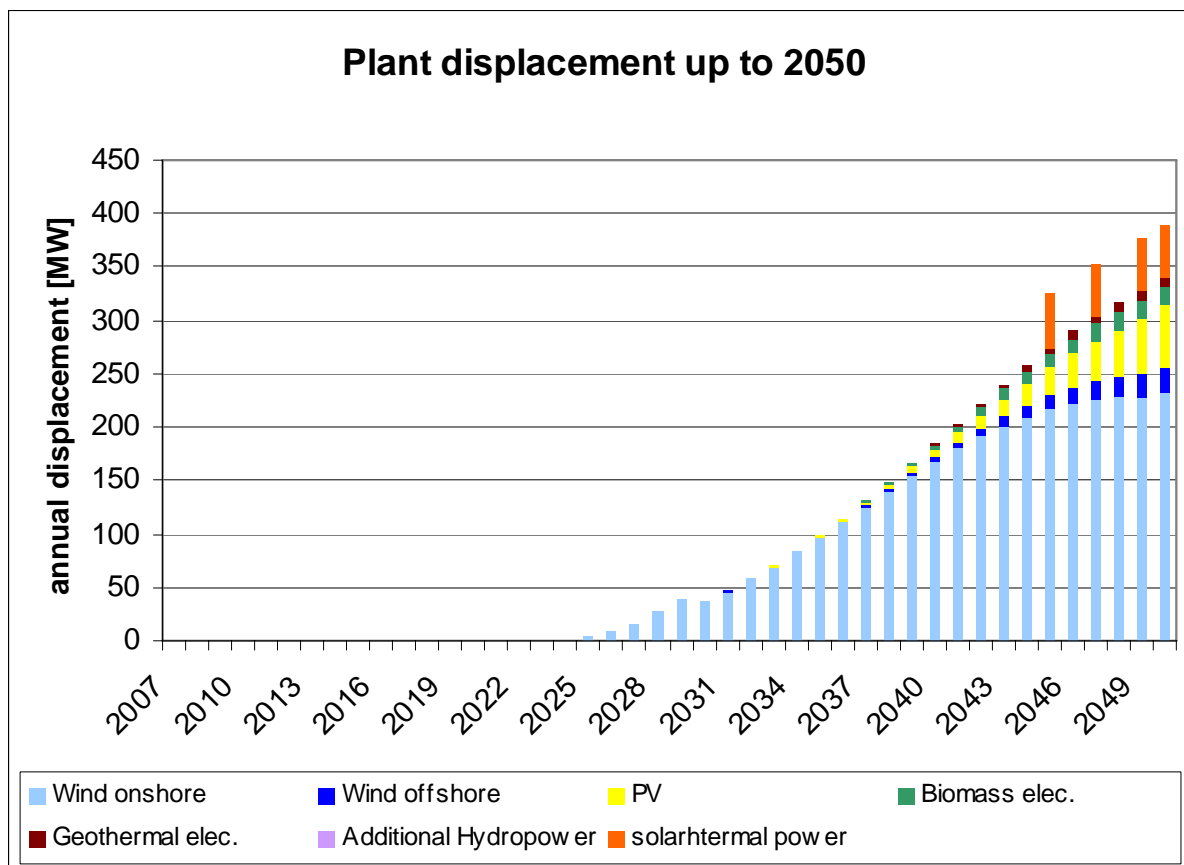
Es preveu un nou potencial instal·lat de 500 MW per l'any 2050, uns 100 MW més del que es proposava l'EPC.



Gràfic 25: Escenari de Sortida Ràpida, Desenvolupament anual afegida de la potència fins l'any 2050.

L'any 2030, la substitució d'equips prové només dels aerogeneradors (23 MW substituïts), que no modifica gaire la tendència de desenvolupament de les noves instal·lacions. Per l'any 2050, la potència dels equips substituïts augmenta fins a 380 MW, que representa 150 MW més que en l'Escenari de Protecció del Clima. Comparant el total del potencial instal·lat el 2050 i la fracció d'instal·lacions substituïdes, es pot dir que la substitució representa el 70% del nou potencial instal·lat, reduint el potencial de generació amb renovables fins a un 30% de la potència instal·lada (en l'Escenari de Protecció del Clima era del 50%). Com a resultat, només 180 MW dels nous 555 MW instal·lats contribueix a incrementar el total de la potència renovable instal·lada.



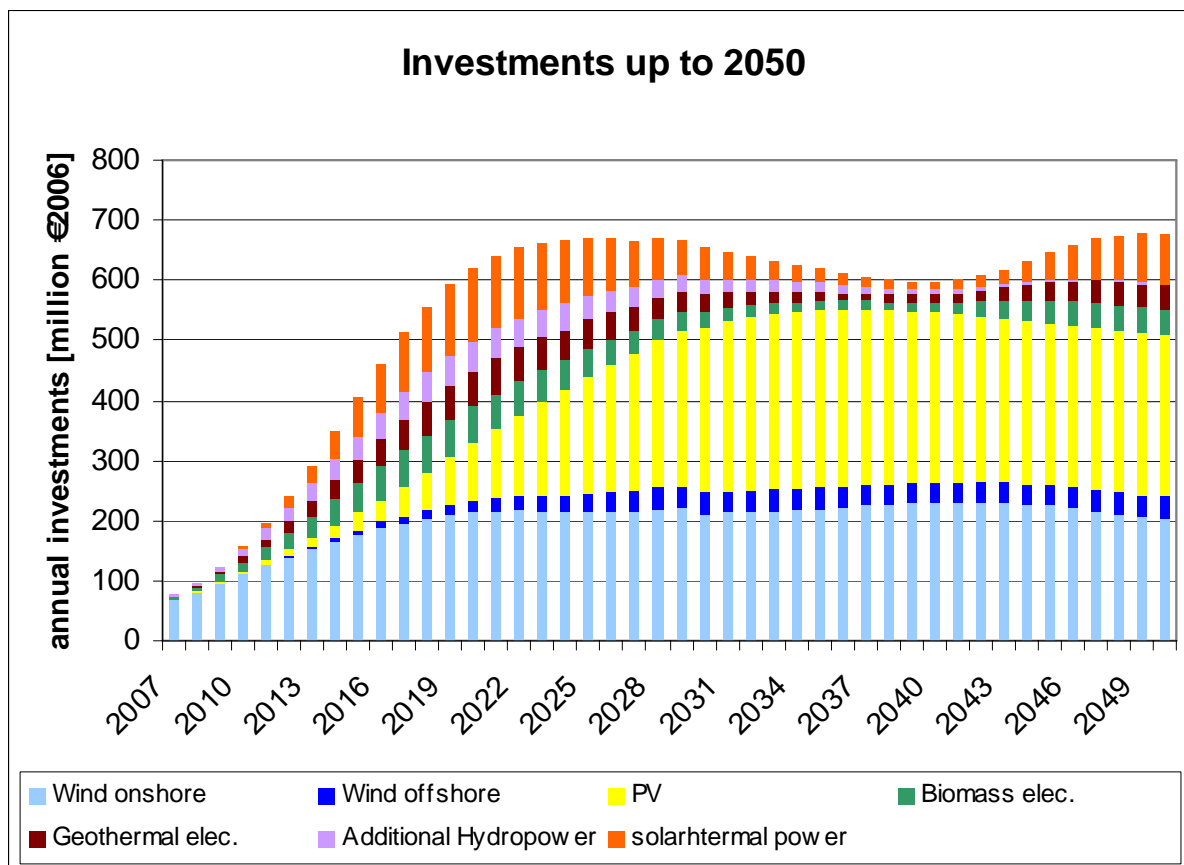


Gràfic 26: Escenari de Sortida Ràpida, Evolució de la substitució d'instal·lacions fins al 2050.

La inversió en l'Escenari de Sortida Ràpida mostra un pic al voltant del 2028. Un nivell similar d'inversió torna a ser necessari al voltant del 2050 (670 milions €<sub>2006</sub> el 2028 i 676 milions €<sub>2006</sub> el 2050) <sup>15</sup>.

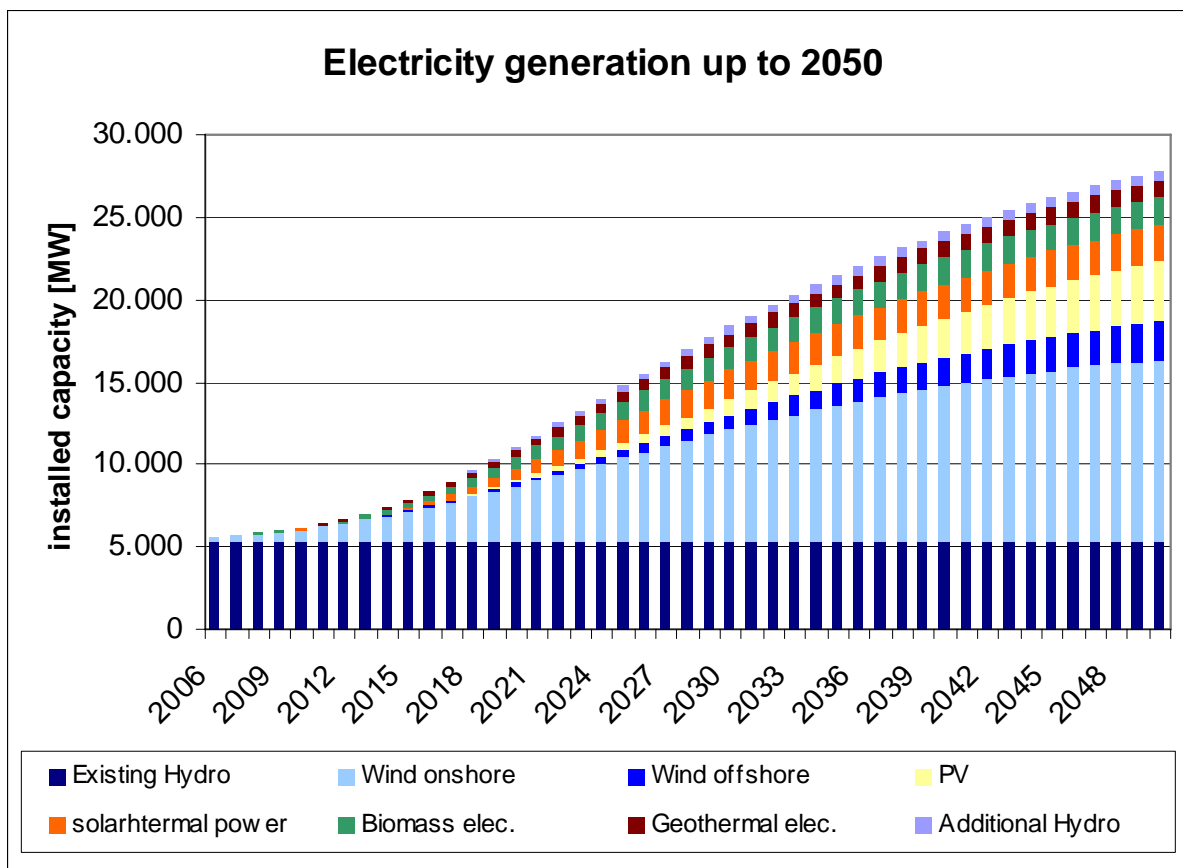
Tenint en compte el nombre d'habitants a Catalunya, la inversió equival a 103 €<sub>2006</sub> per habitant l'any 2028 i 104 €<sub>2006</sub>/càpita l'any 2050.

<sup>15</sup>Tot i que l'expansió de la solar termoelèctrica és dona en blocs individuals de 50 MW (veure Figura 15: Escenari de Sortida Ràpida. Evolució de les noves instal·lacions, incloent la substitució), la inversió no reflexa aquests blocs. Això és degut a que s'assumeix que la planificació i el finançament estan distribuïts al llarg dels anys.



Gràfic 27: Escenari de Sortida Ràpida, Evolució de les inversions per instal·lacions de generació renovables

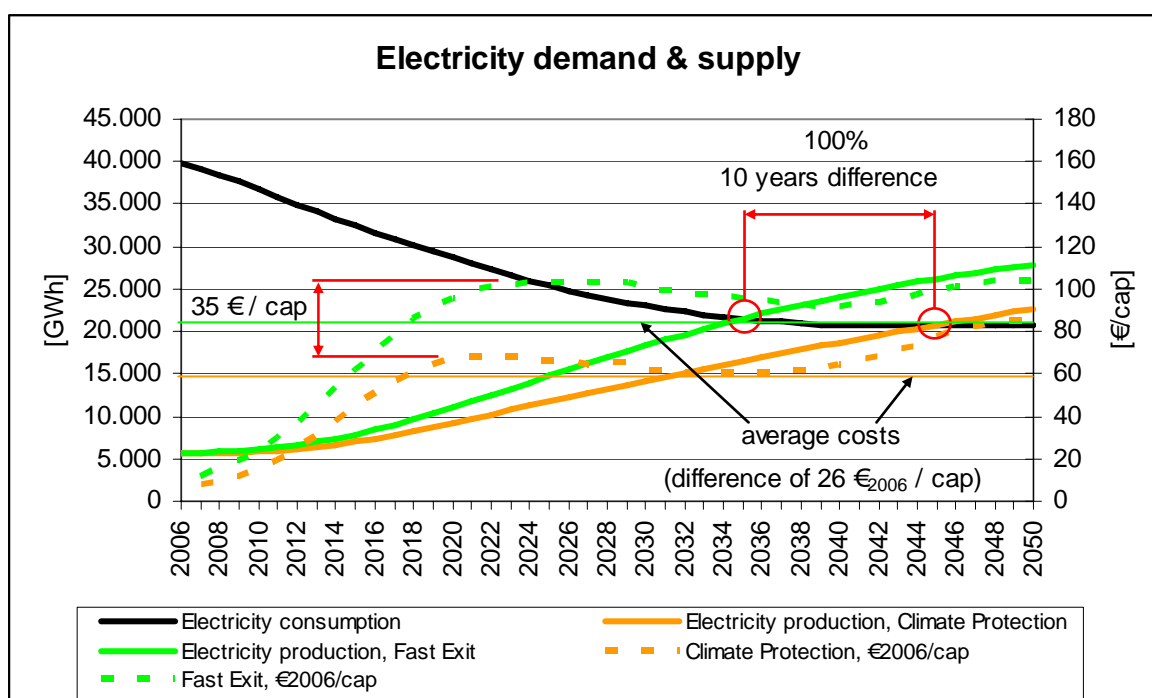
La generació elèctrica en l'Escenari de Sortida Ràpida (veure Gràfic 28) incrementa des de la contribució exclusiva de la hidroelèctrica de 5.300 GWh de mitjana del 2001 al 2003 fins a 18.350 GWh l'any 2030 i 27.810 GWh l'any 2050. Comparant aquestes dades de producció amb la projecció de la demanda elèctrica que es descriu al mòdul de demanda energètica (23.000 GWh l'any 2030 i 20.700 GWh l'any 2050) es conclou que el 80% del total de la demanda elèctrica a Catalunya es pot cobrir amb la producció a partir de renovables l'any 2030. L'any 2050 aquest percentatge serà del 134%. Aquest excés (24% més que en l'Escenari de Protecció del Clima) s'accepta ja que servirà per controlar les fluctuacions en la generació d'electricitat i si encara hi ha excés es pot intercanviar a les regions veïnes. La simulació del sistema elèctric a Catalunya haurà de clarificar, si l'excés d'electricitat en l'Escenari de Sortida Ràpida l'any 2050 també implica millor estabilitat a la xarxa i major fiabilitat del subministrament elèctric que el 110% que preveu l'Escenari de Protecció del Clima.



Gràfic 28: Escenari de Sortida Ràpida, Evolució de la producció elèctrica fins l'any 2050

## Conclusions

Els dos escenaris mostren la viabilitat d'aconseguir un subministrament elèctric 100% renovable: un per l'any 2035 (Escenari de Sortida Ràpida) i l'altre per l'any 2045. No és un problema de potencials sinó de perseguir fites ambiciosos, i d'implicació tant pel que fa a polítiques com de gent. Els escenaris demostren que l'aspecte financer no és un obstacle tan gran com es podria esperar. Amb una inversió anual per habitant de 104 €<sub>2006</sub> en l'Escenari de Sortida Ràpida i de 85 €<sub>2006</sub> per habitant en l'Escenari de Protecció del Clima pel 2050, o de 103 €<sub>2006</sub> en l'Escenari de Sortida Ràpida i 68 €<sub>2006</sub> en l'Escenari de Protecció del Clima pel 2030, el cost per assolir un subministrament renovable d'electricitat a Catalunya és moderat. (Gràfic 29).



Gràfic 29: Evolució de la demanda i el subministrament d'electricitat en els escenaris

Aquests valors corresponen als pics d'inversió durant el desenvolupament aquí considerat. Però calculant una mitjana anual de pagament pels 2 escenaris surt una inversió de 58 €<sub>2006</sub> per habitant en l'Escenari de Protecció del Clima i 84 €<sub>2006</sub> per habitant en l'Escenari de Sortida Ràpida.

Comparat amb el Producte Interior Brut de Catalunya (181.029 milions € l'any 2005), els costos anuals dels escenaris suposarien un 0,2% del PIB en el cas de l'Escenari de Protecció del Clima i un 0,3 % en el cas de l'Escenari de Sortida Ràpida.

## **Simulació del subministrament d'Energia Renovable**

### **Abast i finalitats de la simulació**

Qualsevol sistema de subministrament energètic ha de garantir la producció i la distribució d'electricitat, calor i combustibles per satisfer la demanda a qualsevol moment de l'any, emprant diferents tecnologies de conversió energètica. L'energia es subministra en forma d'electricitat, calor o combustibles tenint en compte que els combustibles es poden emmagatzemar per utilitzar-los quan faci falta i són fàcils de transportar. A més no és necessari consumir immediatament els combustibles i el calor, ni fer-ho directament al mateix lloc de producció. La calor es pot emmagatzemar en reservoris i ser distribuïda per xarxes de canonada quan sigui necessari. Els combustibles de la biomassa o l'hidrogen, al contrari que el calor que es dissipa amb el temps – i per tant posa limitacions al temps d'emmagatzematge i a la distància de distribució –, no tenen la limitació en quan a temps d'emmagatzematge ni en el transport (depenent del tipus de combustible - sòlid, líquid o gas), però també s'han de considerar les pèrdues derivades de l'emmagatzemament.

La situació és completament diferent amb l'electricitat. La necessitat de produir suficient electricitat per a cobrir la demanda en qualsevol moment, fa que sigui el component més crític en el sistema de subministrament energètic. Mentre que el transport d'electricitat per la xarxa és poc problemàtic, l'emmagatzemament directe d'electricitat i a gran escala, és intensiu en materials i en costos. A vegades l'emmagatzemament en bateries o acumuladors pot implicar l'ús de substàncies tòxiques. Per això, aquesta opció no es considera en aquest estudi, ja que no seria un subministrament sostenible de l'energia. El que sí que es considera és l'emmagatzematge indirecte com per exemple els sistemes d'emmagatzematge mitjançant el bombeig hidràulic.

Un sistema de subministrament energètic basat quasi al 100% en renovables, incrementa encara més els dubtes sobre la provisió degut a la natura fluctuant d'algunes fonts d'energia renovable com la solar i la eòlica. Incloure aquest tipus de fonts al sistema de subministrament elèctric implica que la generació pot minvar de forma relativament ràpida. Està clar que la producció d'electricitat provinent de fonts fluctuants es pot estimar amb la previsió meteorològica però sempre romandrà un cert grau d'incertesa. Afortunadament, hi ha altres tecnologies renovables que tenen la capacitat de proporcionar energia en funció de la demanda: les centrals hidroelèctriques i geotèrmiques ens donen accés directe a les fonts renovables, mentre que la cogeneració i altres tecnologies poden fer servir combustibles renovables (com per exemple, l'hidrogen o la biomassa).

El repte de dissenyar un sistema de subministrament elèctric basat del tot en renovables és trobar la combinació on les avantatges de cada font d'energia renovable és sumen per a donar un sistema fiable que equilibri les desavantatges. Especialment, en el sistema elèctric, es pot

minimitzar la necessitat de potència de reserva, imprescindibles per compensar (*back-up*) les fonts fluctuants, escollint la combinació escaient de tecnologies renovables per minimitzar les fluctuacions i introduint la gestió de la demanda per assolir una millor identificació entre la generació i la demanda.

En aquest estudi només s'aborda el comportament dinàmic del sistema elèctric en l'Escenari de Sortida Ràpida. Això s'ha fet sense optimitzar el sistema elèctric. La simulació s'ha realitzat per a 4 setmanes típiques (a la primavera, estiu, tardor i hivern), amb les condicions climatològiques de 2006 [Gencat; 2006]<sup>16</sup>. L'optimització del sistema de subministrament i la introducció dels moderns mètodes de gestió de la xarxa es tractaran en un estudi posterior.

### **L'eina de simulació: SimREN**

SimREN és una eina de simulació dinàmica que calcula el subministrament i la demanda energètica amb una resolució temporal donada. Com que SimREN té una estructura ascendent, el sistema simulat consisteix en diferents blocs elementals combinats en blocs majors que, en total, formen el sistema energètic complet de la regió. Per posar exemples, un bloc elemental podria ser un aerogenerador i molts combinats formarien un parc eòlic. Aquests parcs, juntament amb altres subministradors i consumidors, poden formar una regió lògica del sistema simulat. Els diferents components energètics inclosos en el sistema es mostren en el gràfic de sota. El gràfic també mostra el flux d'energia assumit per un sistema d'energia renovable.

L'àrea simulada (per exemple un país) amb el SimREN es pot dividir en 15 regions que poden intercanviar energia: per exemple, el dèficit de subministrament en una regió es pot compensar amb un excés en una altra regió o en altres regions. En el cas que no hi hagi excés en un moment determinat en cap de les altres regions, es pot demanar que alguna de les regions incrementi la seva producció fins el màxim possible per subministrar electricitat a la regió que té dèficit. Un gestor energètic, que pot disposar de diferents estratègies pel subministrament d'energia, és qui realitza aquesta tasca d'intercanvi d'electricitat interregional. Cada regió pot ser subdividida en 10 o 15 subregions, cadascuna formada per diferents subministradors i consumidors, i amb els subministradors classificats en fluctuants o regulables (no fluctuants).

SimRen utilitza una base de dades meteorològiques reals i informació detallada de la potència de les instal·lacions per calcular la producció de les diferents tecnologies renovables. Els perfils típics de la demanda per a les diferents estacions - que és la variació del consum d'energia al llarg del dia - és un prerrequisit per calcular la demanda energètica durant l'any.

---

<sup>16</sup> [MeteoCat; 2006]: *Servei Meteorològic de Catalunya* (Dades EMA integrades a XEMEC). Departament de Medi Ambient i Habitatge

Un algoritme de la simulació, que calcula la demanda energètica i el subministrament a cada moment, utilitza aquesta informació.

La simulació consta de 4 parts: primer es calcula la demanda energètica. Segon, es determina la producció elèctrica dels subministradors que més fluctuen de cada regió i es resta de la demanda. La demanda restant és la que s'ha de cobrir amb els subministradors regulables i amb l'emmagatzematge, que són últims en la seqüència de la simulació. El manager energètic s'encarrega del control de les energies regulables i vigila la producció i el consum energètic per tal d'ajustar adequadament l'oferta i la demanda.

### **Paràmetres de la Simulació**

Basats en les corbes típiques de demanda elèctrica i els supòsits fets per la disminució de la demanda elèctrica, calculem el pic de demanda per Catalunya l'any 2050 en 3.086 MW. Les dades del subministrament s'extreuen de l'Escenari de Sortida Ràpida (ESR).

Es considera que la tecnologia fotovoltaica serà instal·lada en les teulades dels edificis. Per exemple a Barcelona i als voltants es comptabilitzen el 40% del total de les instal·lacions de FV. La distribució espacial dels aerogeneradors s'ha fet utilitzant els llocs amb bones condicions de vent i amb espai suficient per instal·lar-los. Per simular els aerogeneradors marins (offshore), s'ha utilitzat dades meteorològiques d'El Perelló, una població a la costa sud de Catalunya.

Weather Data Station	MW installed
Roses	1129
Cervera	668
Font rubí	428
El Vendrell	398
Torredembarra	209
Tarrega	334
l'Esplugia de Francolí	932
Castellnou de Seana	568
Vinebre	474
Horta de Sant Joan	469
Mas de Barberans	692
El Perello	854

Taula 18: Distribució espacial de la instal·lació d'aerogeneradors (MW) utilitzada en la simulació SimREN; de l'Escenari de Sortida Ràpida 2050.

Donat que la simulació feta en l'àmbit d'aquest estudi ha servit per comprovar la viabilitat dels escenaris presentats, no s'ha considerat cap gestió de demanda ni de subministrament, tot i que som conscients que aquestes mesures ajuden en quadrar la demanda amb l'oferta

energètica i a la inversa. A més, no hi ha cap optimització complexa de la distribució de tecnologies a llocs específics ni s'ha incorporat a les tasques de simulació la composició tecnològica del sistema de subministrament com a conjunt. La informació tècnica utilitzada per a totes les tecnologies està basada en el seu estat actual exclouent així qualsevol tipus d'especulació referent al futur desenvolupament de les tecnologies renovables. No és que no creguem en el progrés de les diferents tecnologies renovables, però hem volgut seguir una línia conservadora, considerant que totes les tecnologies que necessitem existeixen avui en dia.

### **Resultats de la simulació**

Els resultats de la simulació presentada en les següents planes cobreixen l'Escenari de Sortida Ràpida (ESR) tal i com es descriu a la secció d'escenaris d'aquest estudi. La simulació es va limitar a 4 setmanes, cadascuna representant una tendència d'una estació de l'any. No hi ha canvis pel que a distribució de potències instal·lades respecte, per exemple la distribució és idèntica a la de l'Escenari de Sortida Ràpida (2050), tot i que els resultats suggereixen que hi ha opcions per a la optimització (com per exemple, minimitzar les fluctuacions o una millor adequació dels subministrament a la demanda incloent sistemes d'emmagatzematge).

Algunes tendències es deriven dels resultats de la simulació. Aquestes són:

- 1) A l'hivern especialment – s'ha fet servir una setmana de gener per a la simulació –, els subministradors regulables han de contribuir majoritàriament al subministrament d'electricitat.
- 2) A la primavera i a l'estiu – representats per abril i juliol- les fonts fluctuants contribueixen molt el subministrament d'electricitat, llavors les energies hidràulica, geotèrmica i de biomassa no hi han de contribuir gaire.
- 3) A la tardor (novembre) les parts d'energia provinent de fonts fluctuants i de fonts regulables estan relativament equilibrades.
- 4) En general, sol haver sobreproducció a la primavera i a l'estiu. S'haurà de decidir com tractar aquests excedents. Entre les opcions possibles estan optimitzar el sistema per evitar excedents massius, fer servir aquesta electricitat per emmagatzematge i/o exportació d'electricitat, per exemple venent els excedents als mercats d'electricitat.

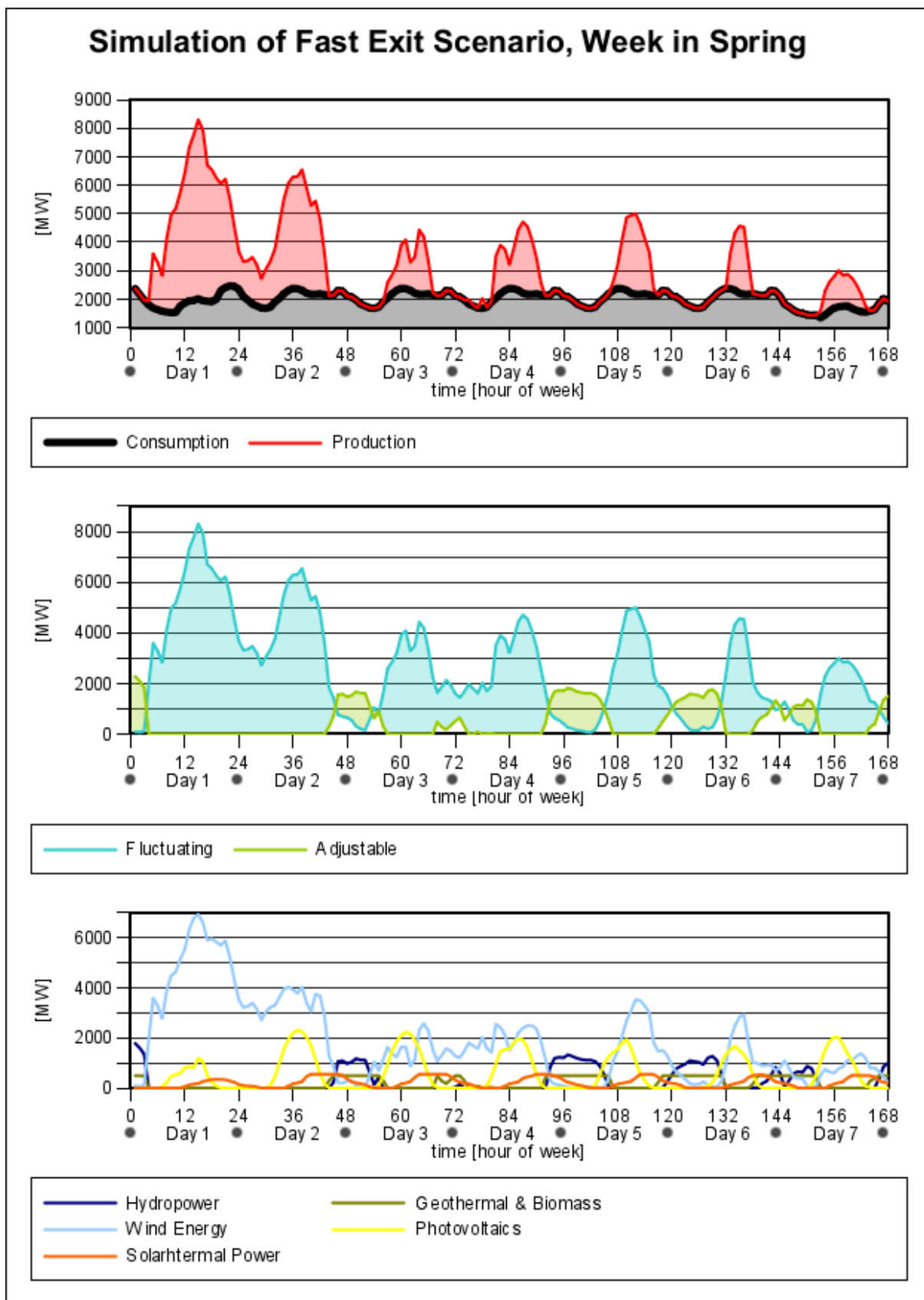


### **Una setmana a la primavera**

La dinàmica del sistema de la setmana de primavera (una setmana d'abril, veure gràfics a continuació) es caracteritza pel fet que la producció (línia vermella al primer gràfic) excedeix de molt el consum (línia negra al primer gràfic) durant moltes hores de la setmana. Els pics de producció es donen al voltant del migdia, gràcies a bones condicions de radiació solar i de vent. La demanda no excedeix en cap moment la producció.

Degut al bon rendiment de les energies solars i eòlica, les fonts fluctuants (energia eòlica i solar fotovoltaica i tèrmica, línia blava al segon gràfic) contribueixen molt al subministrament d'electricitat, pel que només es necessiten petites contribucions de fonts regulables (línia verda al segon gràfic) com són la hidràulica, la geotèrmica i la biomassa, per garantir que el subministrament cobreixi la demanda.

El tercer gràfic mostra el rendiment per cada tecnologia de subministrament. D'un cop d'ull es pot veure que l'energia eòlica va tenir una forta producció els primers dos dies de la setmana, i fins i tot durant més d'un dia i mig va excedir la demanda. L'energia fotovoltaica i eòlica es mantenen a un nivell similar la resta de la setmana.



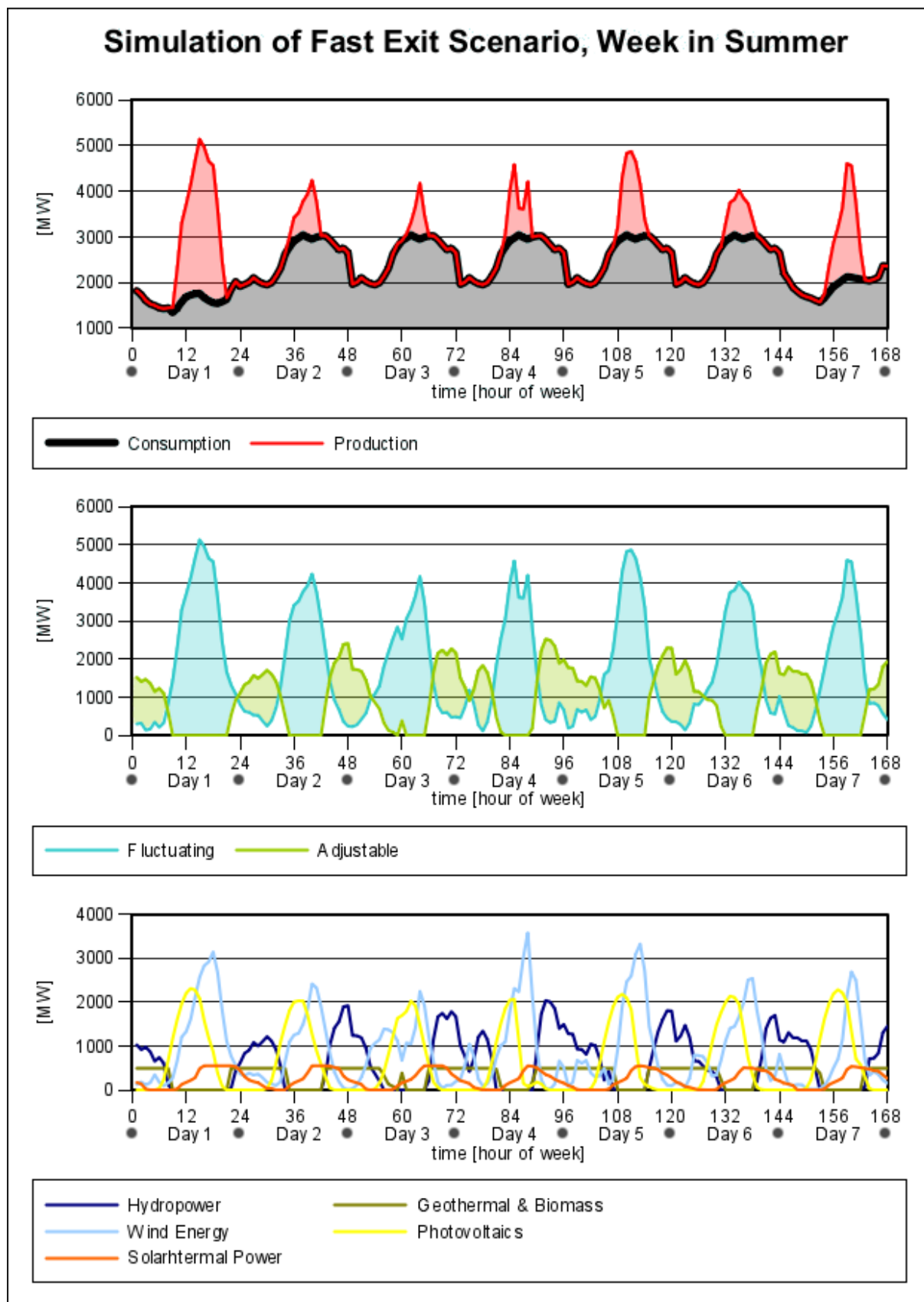
Grup de gràfics 30: Resultats de la simulació per una setmana a la primavera

### *Una setmana a l'estiu*

Durant la setmana d'estiu (una setmana de juliol, veure gràfics a continuació), la demanda sol ser més alta, si comparem amb la situació a la primavera. Un altre cop, la demanda sempre pot ser satisfeta, sense que la producció caigui mai per sota de la demanda. Com a la primavera, hi han excedents de producció al voltant del migdia, però no tant sovint (veure primer gràfic).

La comparació entre les parts de fonts fluctuants i de fonts regulables (segon gràfic) ens mostra que les fonts fluctuants encara produeixen més electricitat que les fonts regulables. A les nits especialment, les fonts regulables contribueixen més al subministrament d'electricitat que les fonts fluctuants. Això es pot explicar pel fet que no n'hi ha més períodes amb vents bons i constants, i que la velocitat del vent sol caure a la nit.

La conseqüència d'aquesta manca d'energia solar i eòlica a les nits es pot veure al tercer gràfic: mentre les energies geotèrmica i de biomassa funcionen a la seva màxima producció durant la nit, la hidràulica ha de contribuir molt, i ha de garantir que es cobreixi la demanda.



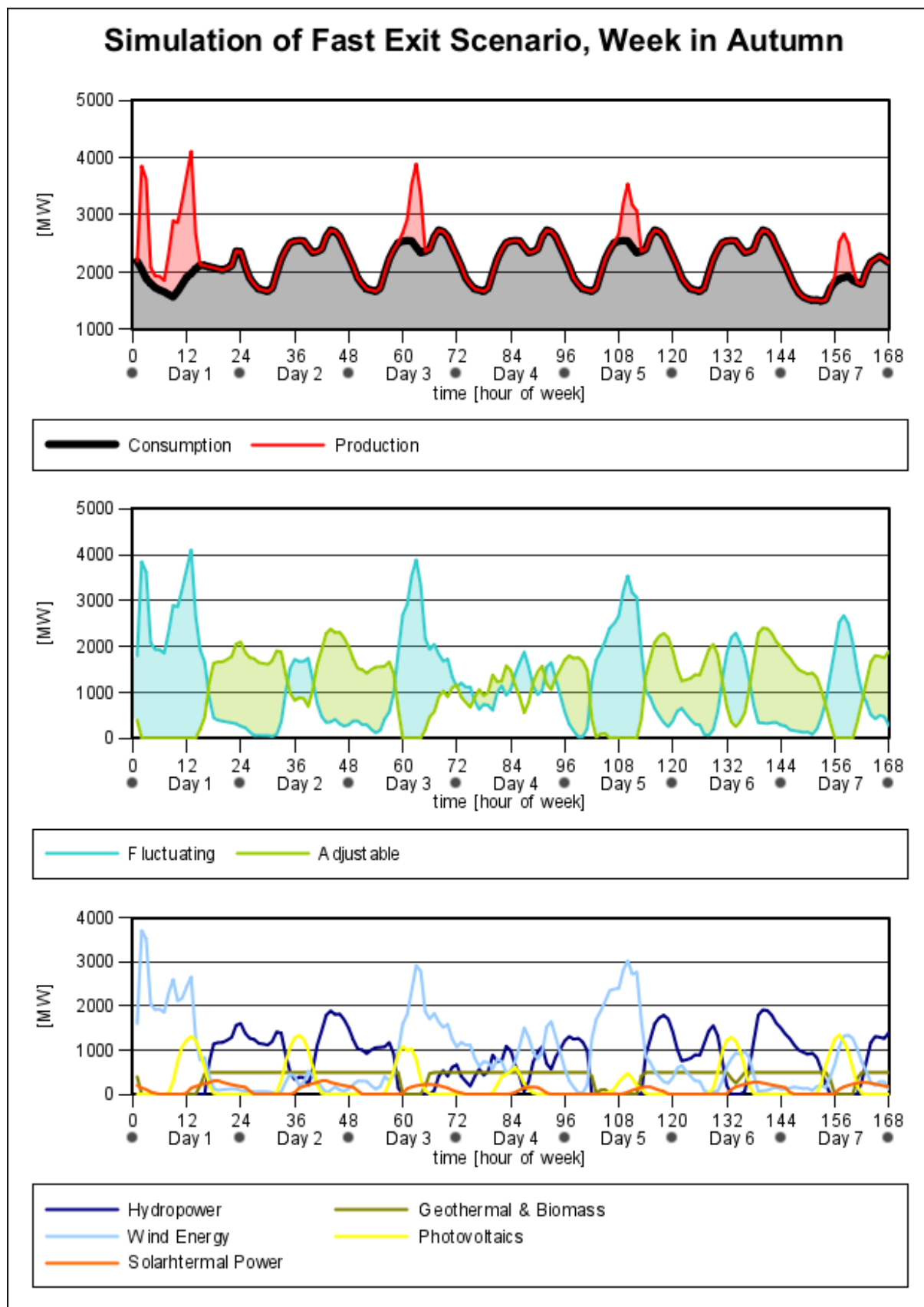
Grup de gràfics 31: Resultats de la simulació per una setmana a l'estiu

### **Una setmana a la tardor**

La demanda d'electricitat a la tardor (novembre) és lleugerament més baixa que a l'estiu (veure primer gràfic a continuació). Tot i que la demanda d'electricitat es veu sempre satisfeta, els períodes amb excedents d'energia són substancialment menys que a la primavera o a l'estiu; només n'hi han quatre dies d'aquesta setmana on els pics de producció generen excedents d'electricitat.

Els percentatges dels subministradors fluctuants i regulables estan equilibrats (segon gràfic), però les vegades que el subministrador fluctuant pot suplir sol tota la demanda és relativament curt- amb excepció del primer dia de la setmana- i aquesta situació només es dona en 4 dels 7 dies.

Observant les contribucions de cada tecnologia (tercer gràfic) es veu que la radiació ha disminuït considerablement des de l'estiu i que el vent ha estat fluix en la setmana simulada, amb gairebé gens de vent els dies 2 i 3 i amb pics de producció sobre els 1000 MW els dies 6 i 7. Per això, la hidràulica, la geotèrmica i la biomassa han de contribuir enormement per poder satisfer la demanda elèctrica.



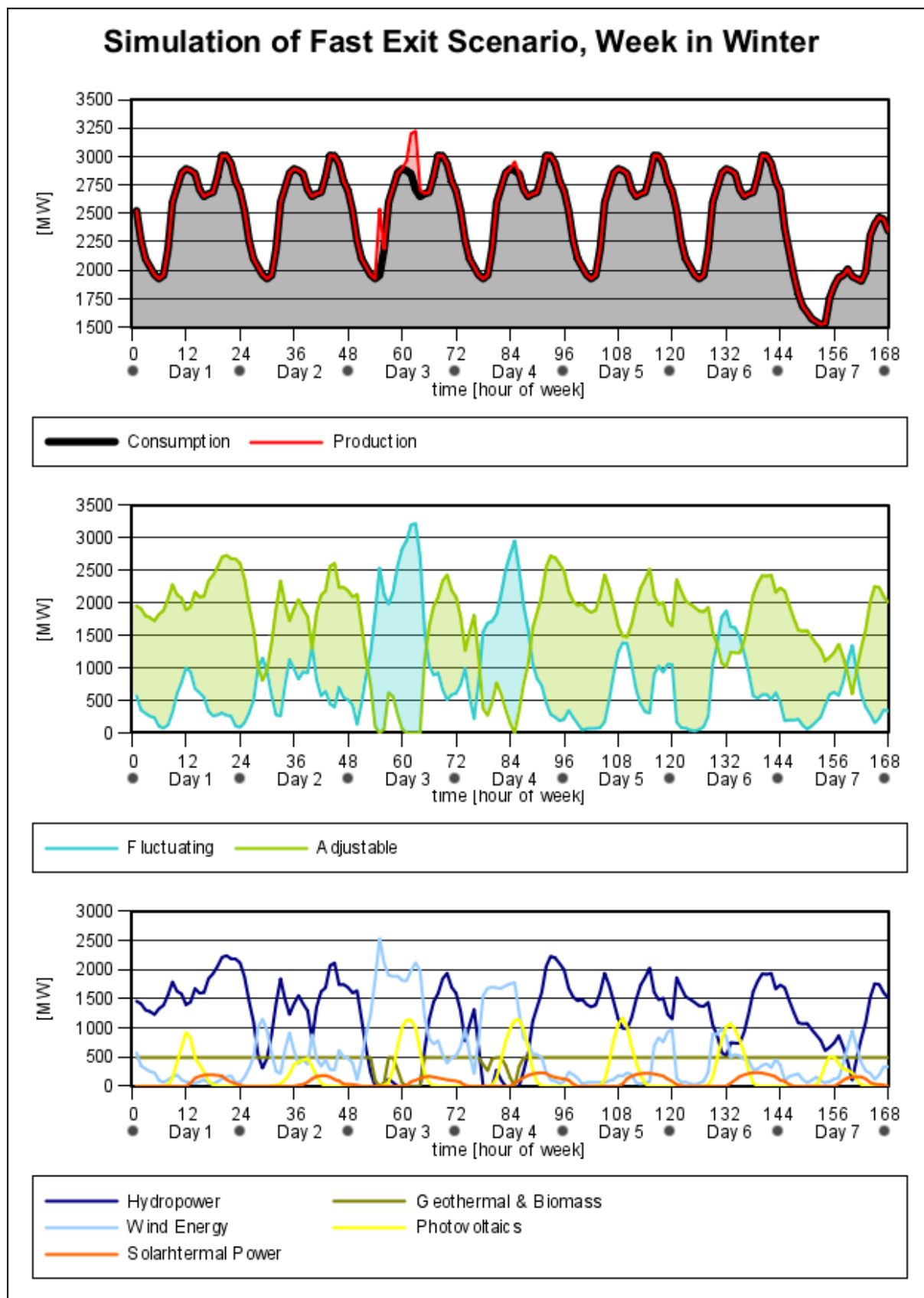
Gràfic 32: Resultats de la simulació per una setmana a la tardor

### **Una setmana a l'hivern**

La demanda d'electricitat a l'hivern (gener) es pot comparar amb la demanda de l'estiu (primer gràfic de la figura 31). Tot i que la demanda elèctrica pot gairebé sempre quadrar amb la producció, hi ha un únic dia amb menys superàvit en el subministrament d'electricitat.

Els subministradors regulables són els principals contribuïdors a la producció elèctrica durant aquesta setmana d'hivern (segon gràfic). Hi ha només 3 vegades on els subministradors fluctuants generen més electricitat que els regulables, i on la producció dels subministradors regulables es pot reduir significativament.

Tot i que la radiació és similar a la de la tardor, el vent és encara menor que a la tardor amb el que es requereix molt ús de la hidràulica, la geotèrmica i les centrals de biomassa (tercer gràfic). Mentre que la geotèrmica i la biomassa han d'operar al màxim tota la setmana, la hidràulica ha de proveir més de 500 MW la major part del temps, amb pics de més de 2000 MW. Més de la meitat de la setmana, la hidràulica ha de donar més de 1.000 MW, el que fa de les hidroelèctriques les majors contribuïdores al subministrament elèctric durant la setmana d'hivern.



Gràfic 33: Resultats de la simulació d'una setmana a l'hivern



## **Conclusió**

Considerant les quatre setmanes simulades com representatives de les quatre estacions de l'any, el sistema de subministrament seguint l'Escenari de Sortida Ràpida (ESR) és capaç de cobrir tota la demanda elèctrica a Catalunya. Generalment, l'energia eòlica i la solar són millors a la primavera i a l'estiu que a la tardor o a l'hivern. Degut al bon comportament de les tecnologies fluctuants durant la primavera i l'estiu (solar i eòlica), és freqüent que la solar FV, la solar termoelèctrica i l'energia eòlica produeixin electricitat excedent, superant a la demanda.

A la tardor i a l'hivern els predominants són els subministradors ajustables, ja que disminueix la radiació i indirectament també la velocitat vent. Observant globalment la variació climàtica al llarg de l'any, amb força sol i vent durant els mesos càlids però no en els mesos freds, s'afavoreix un sistema com el descrit aquí, on els subministradors regulables (hidràulica, geotèrmica i biomassa) han de contribuir més en els mesos freds. Mentre que l'ús de la hidràulica coincideix amb els alts nivells de precipitació, la geotèrmica i la biomassa poden operar en períodes amb més demanda de calor, i així donar la oportunitat d'aprofitar les avantatges de la gran eficiència de les plantes de cogeneració de calor i electricitat.

## **Mòdul de polítiques**

### **La política energètica a Catalunya**

A Catalunya –d'ençà de la recuperació de la Generalitat i dels inicis de les crisis energètiques– s'han escomès diverses accions d'adaptació a les noves circumstàncies, les quals han estat concretades en documents. El *Llibre Blanc de l'Energia a Catalunya* (Generalitat de Catalunya, 1981 i 1985) va ser el primer, i va ser seguit pel Programa *ESPREC –Estudio Especial y Prospectivo de la Energía en Cataluña–* (CCE; Generalitat de Catalunya, 1989). El *Llibre Verd de les Energies Renovables a l'Euroregió* (Institut Català d'Energia, 1997) va ser el tercer. Més recentment, el *Pla de l'Energia a Catalunya en l'Horitzó de l'any 2010* (Generalitat de Catalunya, 2002) i el *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015* (Generalitat de Catalunya, 2006) són els documents que tanquen el cicle.

En aquest apartat es consideren els cinc documents, si bé es tindran més en compte els dos darrers. Segons aquests, les condicions directes de la prospectiva en matèria energètica són el marc econòmic, el marc social (demogràfic, habitatge), els preus dels productes energètics, la política energètica i el desenvolupament de les tecnologies energètiques. També han tingut en compte els aspectes ambientals i els que fan referència a l'ordenació del territori.

Un dels conceptes importants per comprendre el conjunt del sistema energètic és el de la cadena que hi ha entre la font primària d'energia i l'energia útil. Aquest concepte ha estat desenvolupat per Herman Scheer (Scheer, 2000). La cadena inclou tant els materials emprats per les transformacions com el transport de l'energia. En general, a major llargada de la cadena major impacte i majors pèrdues energètiques. Per aquest motiu és essencial escollir adequadament les fonts, les tecnologies i els vectors energètics per tal de reduir al màxim la cadena entre la font i l'energia útil. I justament això és el que se'ns permet fer si s'utilitzen les fonts d'energia renovables que el país té a la seva disposició.

#### **Llibre Blanc de l'Energia a Catalunya**

Aquest document en dos volums (Vol 1: Balanç de situació; Vol 2: El futur de l'energia. Pla de mesures de política energètica) i revisat l'any 1985, va fixar les propostes d'actuacions concretes en el camp energètic sol·licitades pel Parlament de Catalunya l'11 de novembre de 1980. És un document important, el primer en el sector energètic en la recuperada etapa democràtica i autonòmica de Catalunya. Per aquest motiu el seu resum ocupa una extensió considerable en aquest apartat.

La rapidesa i l'amplitud d'aquest Llibre Blanc va ser possible per diverses actuacions de la societat civil, entre les quals destaquem les "Jornades de Política Industrial i Energètica" (15-18 de gener de 1981). Cal destacar que la preocupació d'aquells anys era reduir el consum energètic -principalment del petroli- i els efectes de la contaminació local o regional ocasionada pel sistema energètic.

El text recull que els objectius de política energètica són els següents:

- Assegurar la satisfacció de la demanda, ser flexible i minimitzar els costos a llarg termini
- Afavorir el desenvolupament simultani de l'economia i de l'ocupació a Catalunya
- Encoratjar l'ús racional de l'energia
- Afavorir el coneixement i la utilització dels recursos autòctons, bàsicament de les energies renovables, per disminuir la dependència exterior i facilitar la disminució dels desequilibris territorials
- Incrementar la lluita contra la contaminació i permetre la conservació del medi ambient

Aquest darrer punt diu que *"... en totes les decisions de política energètica s'avaluaran amb molta cura les seves implicacions ambientals i s'adoptaran les mesures necessàries per minimitzar els possibles efectes negatius."*

#### L'estalvi i la racionalització de l'ús de l'energia es concreta per sectors.

- Sector industrial
  - Adaptació dels processos productius per reduir el consum, utilitzar formes d'energia convenients, desenvolupar noves tecnologies menys consumidores.
  - Recuperació dels recursos secundaris, en particular la calor.
  - Creació per part de l'Administració d'una política energètica adequada que serveixi per a la presa de decisions de les empreses.
  - Subministrar informació sobre tècniques i disposicions de racionalització de l'energia i sobre possibilitats d'estalvi d'energia.
  - Organitzar recerques sobre tecnologies d'estalvi d'energia.
  - Fomentar la introducció en els plans d'estudi dels sistemes d'estalvi d'energia i de l'economia d'energia.
  - Crear un banc de dades sobre informacions tècniques de l'energia.
  - Realitzar operacions de demostració de gestió energètica.
- Indústries extractives, productores i transformadores d'energia
  - Millorar els rendiments d'extracció o els de conversió de l'energia.
  - Recuperar els valuosos recursos secundaris d'energia creats al llarg del procés.
  - En el sector elèctric: emprendre accions per "aplanar" la corba de càrrega.
- Ordenació territorial i urbanisme
  - Introduir el criteri energètic en les decisions d'ordenació territorial i urbanístiques, per tal que es creïn des d'ara infraestructures eficients energèticament, i que permetin emprar en el futur les fonts renovables d'energia.

- La localització de les noves zones i les reorganitzacions en les existents no han de generar un augment excessiu de les necessitats de transport i han de facilitar la utilització del transport públic.
  - Els tipus d'edificis, l'orientació dels carrers, la forma de les parcel·les entre altres mesures han de ser adequats des d'un punt de vista energètic, i en particular han de permetre aprofitar la radiació solar i/o un recurs energètic local.
  - Es buscarà la màxima coordinació entre tots els ens locals per detectar les necessitats i per aconseguir una efectivitat elevada.
  - S'endegarà un programa de demostració per part dels organismes públics.
  - Es divulgarà informació i s'organitzaran seminaris i cursos dirigits als responsables del planejament.
  - Es decidirà la conveniència d'establir una legislació específica i en particular de "dret al sol".
- Sector domèstic, dels serveis i primari
    - Cal orientar el sector domèstic vers els objectius de racionalització.
    - La política de preus ha de ser coherent amb els objectius de política energètica.
    - Subministrar informació i ajuts perquè les decisions es prenguin racionalment i s'utilitzin les formes d'energia més convenients.
    - Establir un conjunt de normes referents als edificis, als aparells domèstics i a les instal·lacions de calefacció.
    - Es vetllarà perquè es compleixin les normes d'aïllament tèrmic dels edificis, establint les mesures de control necessàries.
    - Se subministrarà informació als particulars, a les empreses del sector, als arquitectes, aparelladors i constructors.
    - S'endegarà una campanya de conscienciació dels particulars per tal que es consideri el criteri energètic a l'hora de comprar o de llogar un pis, o d'adquirir aparells domèstics.
    - S'endegarà una política exemplaritzadora en el sector públic realitzant els treballs de millora que siguin necessaris i establint els mecanismes de control adequats.
    - Pel que fa als nous edificis públics s'hauran de dissenyar de manera que siguin un "exemple" d'utilització racional d'energia.
    - Es buscarà la màxima coordinació entre tots els organismes públics per detectar necessitats i aconseguir una efectivitat elevada.
    - S'establirà una norma comuna de comptabilitat energètica que permetrà conèixer i comparar els consums energètics dels diversos ens públics, i estimar les possibilitats de racionalització de l'ús de l'energia.
  - Sector dels transports
    - És el sector prioritari dins de la política de racionalització, donada la importància del seu consum i la part que representen els productes petrolífers.
    - Disminució dels consums específics dels diversos mitjans de transport.
    - Cal vetllar perquè els models menys consumidors o les millores que permeten reduir el consum s'introdueixin ràpidament.
    - Caldrà proporcionar ajuts financers a les municipalitats per a millorar les característiques del transport públic, sobretot pel que fa a la mobilitat i a la rapidesa, i per crear les xarxes addicionals necessàries.
    - Sobretot a les ciutats grans, reduir la utilització dels vehicles particulars.
    - Fomentar la utilització del tren en el transport interurbà de persones.

- Intentar que els transports a distàncies llargues es realitzin amb els mitjans més eficients energèticament.
- Se subministrarà informació sobre el consum energètic dels diversos mitjans de transport, es realitzaran campanyes informatives i cursos dirigits als conductors i als empresaris sobre sistemes de conducció més convenients.
- S'endegarà una campanya per fomentar l'augment de la taxa d'ocupació dels vehicles.
- Es durà una política exemplaritzadora dels organismes públics introduint els perfeccionaments tècnics necessaris.
- Subsector elèctric
  - Conversió a cogeneració de dues centrals de fuel-oil.
  - Actuar sobre la demanda elèctrica mitjançant la política de tarifes i de localització industrial per tal d'aplanar la corba i d'aconseguir un funcionament més uniforme.
  - Potenciar la cogeneració.
  - Les tarifes elèctriques hauran de reflectir els costos reals per propiciar l'estalvi d'energia i la correcta assignació dels recursos energètics.
  - Es preveuran en el *Pla Territorial de Catalunya* els emplaçaments per a la instal·lació dels nous mitjans de producció, transport, transformació i distribució.
  - Es realitzaran els estudis d'impacte ambiental que siguin necessaris per poder decidir sobre la idoneïtat dels nous emplaçaments de centrals de producció.
  - Les diverses mesures sobre centrals nuclears i control radiològic citades en el document no les afegim en aquest apartat.
- Subsector del petroli
  - Substitució del fuel-oil en la generació d'energia elèctrica per l'energia nuclear i el carbó, i en la indústria pel carbó.
  - En el sector domèstic es proposa la substitució dels productes derivats del petroli per gas natural.
  - Es preveu l'aplicació de polítiques d'estalvi d'energia i d'introducció de les fonts renovables per moderar el consum del petroli.
  - S'hauran de prendre les mesures necessàries per tal de disminuir el risc d'accidents associats a la producció i a la manipulació de crus, i disposar, en el cas que es produís una eventualitat, de les instal·lacions i dels equips preparats per fer-hi front, i poder evitar les repercussions que pugui tenir sobre el medi de les costes catalanes.
- Subsector del gas
  - Extensió de les xarxes de transport i de distribució de gas natural i establiment d'una política fiscal i de preus que faci possible la penetració del gas canalitzat a Catalunya, fent-lo competitiu amb els combustibles que ha de substituir.
  - En el camp industrial caldrà afavorir una introducció discriminada del gas a llarg termini.
  - La utilització del gas natural a les centrals tèrmiques caldrà reduir-la a les necessitats de regulació del sistema del gas i a disminuir els efectes d'aquestes instal·lacions sobre el medi.
  - Es proposarà al Govern Central un reglament sobre instal·lacions productores i d'emmagatzematge de gas natural i de gas manufacturat similar a d'existent en altres països.
- Subsector del carbó

- Sembla necessari afavorir l'augment del consum de carbó a Catalunya. Aquest increment caldrà fer-lo mitjançant l'increment de la producció de carbons autòctons i amb carbó d'importació.
- Cal conèixer prèviament amb més detall quines són les reserves de carbó existents a Catalunya.
- Caldrà que a nivell de l'Estat s'estableixi una política de preus que cobreixi els costos reals d'explotació per conques. Aquesta política hauria d'afavorir l'explotació dels carbons nacionals, cobrint en els casos que sigui imprescindible, la diferència de costos entre aquests carbons i els importats, mitjançant ajudes estatals.
- Caldrà marcar unes directrius polítiques per a la defensa del medi, que no variïn constantment i que tinguin en compte les necessitats ecològiques, els interessos de la política energètica i la competitivitat. Aquestes directrius haurien de cobrir tot el cicle del carbó des de l'extracció fins al consum final.
- Caldrà fomentar les investigacions sobre l'ús del carbó en la indústria. Caldrà facilitar als possibles consumidors informació sobre el mercat del carbó i sobre les tecnologies existents per a la seva utilització.
- Es fixarà dins del *Pla Territorial de Catalunya* la localització de les infraestructures necessàries per a la importació, l'emmagatzematge i el transport del carbó.
- S'instarà a l'Administració central i es presentaran les oportunes propostes perquè promulgui la legislació en matèria de protecció ecològica per evitar els efectes desfavorables sobre l'entorn miner.

#### Fons renovables d'energia

Resulta extremadament difícil en l'actualitat analitzar el paper de les fonts renovables en l'aprovisionament energètic del futur; moltes no estan desenvolupades tecnològicament o no és rendible econòmicament utilitzar-les.

Les avaluacions que es presenten no es basen en objectius a assolir sinó en especulacions raonables sobre el futur basades en la informació que avui es disposa.

La necessitat de disminuir la dependència energètica de l'exterior i de protecció del medi fan palès l'interès d'afavorir el desenvolupament o la implantació d'algunes tecnologies per tal d'aprofitar els recursos energètics renovables.

El desenvolupament d'aquestes fonts és altament desitjable.

La facilitació de la ràpida introducció d'aquestes tecnologies en el mercat es realitzarà pel Departament d'Indústria i Energia.

Es proposarà *la creació d'un organisme pel foment de les fonts renovables d'energia i de les tecnologies d'estalvi i de l'ús racional de l'energia*, en el termini màxim d'un any.

- Energia solar
  - S'intentarà sobretot afavorir la penetració ràpida en el mercat del captador pla.
  - L'aplicabilitat de l'energia solar implica a mitjà i a llarg termini una adaptació de l'urbanisme i de l'ordenació del territori, perquè es pugui tenir accés a la radiació solar, i perquè els edificis aprofitin al màxim aquesta energia.

- Per tal d'augmentar la velocitat de penetració en el mercat, s'afavorirà la utilització d'aquestes tecnologies en els sectors de més fàcil introducció i en el sector públic, mitjançant un pla d'introducció de l'energia solar.
- Biomassa
  - S'estudiaran les possibilitats de recuperació de la "biomassa residual" mitjançant un pla d'aprofitament de la biomassa, que haurà d'estar confeccionat en el termini de divuit mesos.
  - Dins d'aquest pla d'aprofitament de la biomassa, es definiran directrius de gestió de l'explotació dels boscos i de repoblació forestal.
  - En el termini d'un any es proposarà normativa per a la classificació dels combustibles vegetals.
  - S'endegaran recerques sobre processos de valorització de la biomassa i projectes de demostració.
- Les microcentrals hidràuliques
  - En la situació actual cal aprofitar qualsevol mitjà que pugui significar una aportació energètica encara que no sigui substancial.
  - El Departament d'Indústria i Energia està duent a terme un estudi per conèixer els nous aprofitaments possibles per tal de poder prendre les mesures necessàries per al seu aprofitament.
- Energia eòlica
  - Les accions concretes en aquest camp es dirigeixen a potenciar la utilització dels petits aerogeneradors, tot establint els necessaris mecanismes de control de qualitat, i a obtenir les dades suficients per avaluar el potencial català de l'energia eòlica.
  - Se subministrarà informació per part del Departament d'Indústria i Energia sobre les possibilitats d'utilitzar l'energia eòlica i els ajuts existents.
  - Es fomentarà, a través dels incentius a l'abast, la fabricació de generadors eòlics per a la indústria catalana.
- L'energia geotèrmica
  - Facilitar les investigacions que s'estan duent a terme i assegurar-ne la continuïtat fins a poder determinar el potencial d'aquesta font d'energia a Catalunya.
  - Si es confirmés l'existència d'energia geotèrmica econòmicament explotable, s'instrumentaran les mesures de tipus legal i financer necessàries per aprofitar-la.

### ***Programa ESPREC –Estudio Especial y Prospectivo de la Energía en Cataluña***

#### Política local

- Incorporar el criteri energia en la planificació urbanística i territorial.
- Potenciar una gestió racional de l'energia en les instal·lacions municipals.
- Potenciar operacions de demostració en l'àmbit de tecnologies eficients i ús d'energies renovables.
- Incorporar les infraestructures energètiques en l'ordenació territorial.
- Potenciar la coordinació entre serveis en les obres de desenvolupament d'infraestructures i el seu manteniment.

### Política autonòmica

- Contribuir a millorar la competitivitat del sector energètic.
- Potenciar la qualitat dels subministraments energètics.
- Pressionar per augmentar la fiabilitat de l'alimentació del sistema gasista.
- Assegurar el compliment del Pla d'Extensió de la xarxa de Gas Natural de Catalunya
- Participar al màxim en l'elaboració de la planificació i la definició de polítiques energètiques a nivell de tot l'estat.
- Mantenir els esforços per millorar l'eficiència energètica.
- Foment de les tecnologies eficients com la cogeneració.
- Mantenir els esforços en el foment d'energies locals i renovables.
- Fomentar la consciència social de l'energia com un recurs escàs i d'implicacions mediambientals mitjançant actuacions de base i efecte a mig-llarg termini.
- Potenciar la disponibilitat de recursos humans suficients en els camps de la planificació i racionalització energètica i de noves tecnologies i energies renovables.

### Política estatal

- Sector petroli
  - Reduir la dependència del petroli i per tant de les importacions de cru.
  - Reduir l'impacte ambiental de les instal·lacions de transformació.
  - Millora de l'eficiència i de la seguretat de les fases de transport i distribució de productes petrolers.
  - Reduir l'impacte ambiental associat al consum de productes petrolers.
  - Foment de l'estalvi de derivats petrolers.
- Sector carbó
  - Sanejament del sector de la mineria del carbó.
  - Maximitzar l'ús dels carbons nacionals.
  - Implantació de tècniques de minimització de l'impacte ambiental.
- Sector gas
  - Integració en la xarxa europea de gasoductes.
  - Diversificació dels aprovisionaments.
  - Expansió de la cobertura de la xarxa de gasoductes.
  - Construcció a curt termini de les connexions europees.
  - Tractament similar del finançament dels gasoductes com altres infraestructures de transport.
- Sector electricitat
  - Reduir l'endeutament del sector elèctric.
  - Reduir l'impacte ambiental de les centrals de generació.
  - Millorar la qualitat dels subministraments.
  - Millora de l'accessibilitat a la xarxa elèctrica. Electrificació rural.
  - Racionalització empresarial del sector.
  - Solució de les actuacions associades a la tercera fase del cicle nuclear.
  - Allargament de la vida útil del parc de generació actual.
  - Foment de l'estalvi d'electricitat.



- Cogeneració
  - Modificació del marc estable.
  - Adaptació de l'estructura tarifària.
  - Increment del parc de generació.

### *Llibre verd de les energies renovables en l'Euroregió*

L'ús de les energies renovables comporta una sèrie de beneficis mediambientals, socials i econòmics, que cal no oblidar, malgrat que normalment no són avaluats en considerar la seva contribució a les estructures energètiques.

Els principals beneficis associats a l'ús de les energies renovables es poden resumir en la reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> per càpita, en l'aprofitament de recursos autòctons, en la protecció de l'entorn natural ... i en afavorir el re-equilibri territorial.

Actualment, el mercat i el potencial de les energies renovables fan de l'Euroregió una zona europea privilegiada per al seu desenvolupament futur.

L'Euroregió té capacitat suficient per a assolir el 15% de la demanda d'energia primària amb les energies renovables abans de l'any 2010 i doblar, excepte la gran hidràulica, la producció actual de les energies renovables l'any 2005.

A l'Euroregió, els principals obstacles per a la consolidació de les energies renovables estan relacionats, bàsicament, amb la manca d'elements específics que afavoreixin la seva penetració en el mercat energètic actual.

Cal tenir en compte que les dues properes dècades són claus per a la transició cap a un model de desenvolupament sostenible a llarg termini i que les energies renovables es troben clarament entre les principals opcions per reduir la dependència dels combustibles fòssils i garantir un subministrament energètic tot respectant l'entorn natural.

### **Polítiques d'energies renovables a Catalunya**

Des de l'any 2000, la Generalitat de Catalunya ha publicat, en dos períodes polítics diferents, dos plans d'energia, que inclouen específicament una política d'energies renovables. El primer es va presentar amb Horitzó de l'any 2010 i va ser el document estratègic en la política energètica de la Generalitat de Catalunya durant uns anys de govern de centredreta. Al 2005, amb un govern d'esquerres es va presentar un altre document: el Pla de l'Energia de Catalunya: 2006-2015. Aquest nou pla pretén ser un punt de partida cap a un nou model energètic tot i que en el fons, els dos plans són bastant similars.

## **Pla de l'Energia a Catalunya en l'Horitzó de l'any 2010**

Va ser la resposta a la demanda d'un pla estratègic d'energia, d'eficiència energètica i d'energies renovables. L'objectiu d'aquell moment era clar: afavorir el creixement econòmic i la millora social de Catalunya per acostar-se als estàndards europeus.

El pla presentava 5 prioritats estratègiques:

1. Gestió eficient de la demanda
2. Un ús de l'energia respectuós amb el medi ambient
3. Millorar l'abastament energètic de Catalunya
4. Aprofundir en la millora dels mercats energètics
5. Portar la política energètica catalana al màxim nivell estratègic.

Els principals eixos d'actuació contemplats eren:

1. La millora de l'eficiència i el foment de l'estalvi energètic.
2. La millora de l'aprofitament dels recursos energètics renovables.
3. La millora de l'abastament energètic exterior de Catalunya.
4. La millora de l'eficiència i de la seguretat de les infraestructures energètiques i de l'adequació d'aquestes a les necessitats del país.
5. L'augment de la competitivitat i la transparència de l'oferta energètica.
6. La reducció dels gasos causants de l'efecte hivernacle i de les emissions contaminants associades a l'energia.
7. La millora de la col·laboració internacional.
8. L'impuls i aprofitament de l'avenç científic i tecnològic.
9. La reducció de l'impacte, per a l'economia i els ciutadans de Catalunya, de les eventualitats, crisis i contingències fora del seu control

En aquest Pla es realitzaven dues projeccions energètiques futures que es basen en la metodologia i les dades descrites pel *Pla de l'Energia a Catalunya* (Generalitat de Catalunya, 2002) el qual utilitza dos escenaris (Base i IER) i dos terminis (2005 i 2010). L'escenari Base és aquell en que continua amb les tendències del passat i l'escenari IER és el que s'anomena Intensiu en Eficiència i ús d'energies Renovables.

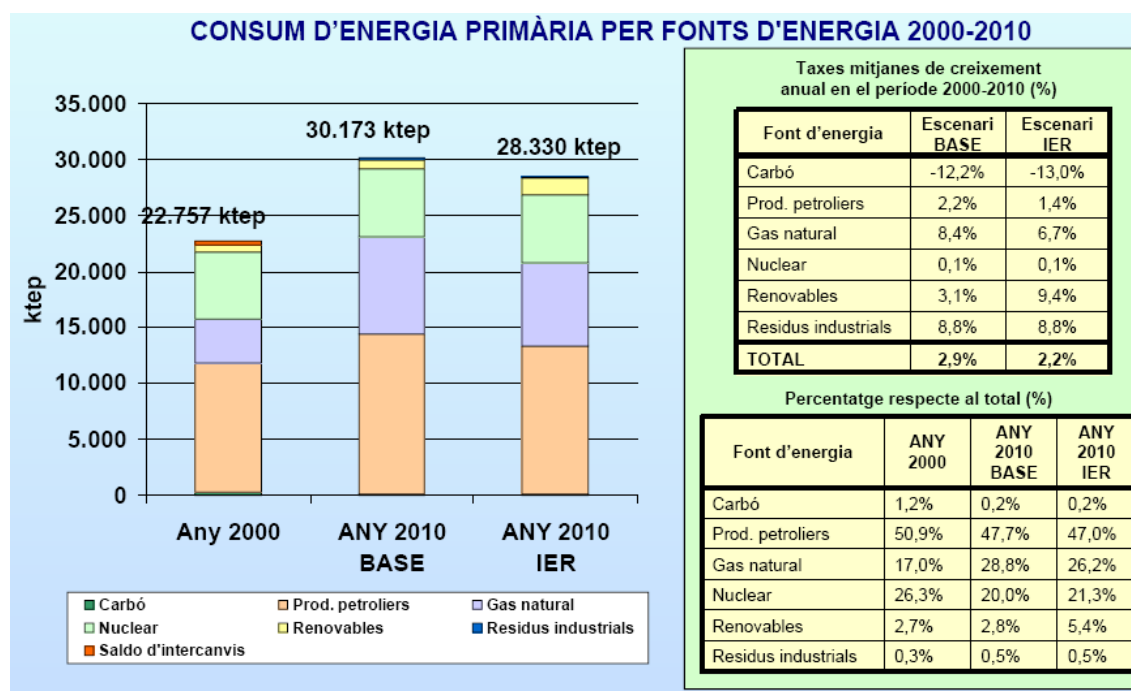
A les projeccions pel 2005 i pel 2010 en els dos escenaris per font d'energia, les fonts renovables passen de ser un 1'1% de l'energia tèrmica el 2000 a un 1'4% o un 4'2% l'any 2010, segons l'escenari considerat. En l'escenari base les fonts renovables augmenten un 68% del seu consum de l'any 2000 i en l'escenari intensiu en fonts renovables el seu consum es multiplica per 4'2.

El pes del consum d'electricitat puja lleugerament, d'un 23% al 25% o el 26% l'any 2010, el que representa un augment del 32% o del 43% respecte el consum de l'any 2000.

Prenent les emissions de GEH de l'any 1990 com base 100, les emissions de l'any 2000 eren de 149. i les projeccions de les emissions de GEH derivats del consum d'energia pel 2005 i pel 2010 pels escenaris Base i Intensiu en Energia Renovable del Pla d'Energia de Catalunya

són estimades pel 2010 en 206 en l'escenari Base i en 181 en l'escenari IER. Comparant aquests índexs amb els corresponents del total d'Espanya, l'índex de l'any 2000 és de 130, el de l'any 2010 de 148 o de 128 segons l'escenari. Tots aquest índexs del conjunt d'Espanya resulten menors que per a Catalunya.

La següent taula mostra com preveu el Pla, el consum d'energia primària per fonts d'energia l'any 2000 i en 2 escenaris el 2010 (BASE i IER)



Gràfic 30: Consum primari d'energia a Catalunya per fonts d'energia, 2000-2010 [CEP; 2005].

Els objectius principals del Pla pel que fa referència a eficiència energètica i energies renovables eren els següents:

- Objectius principals del pla d'eficiència energètica

- Millora de la intensitat energètica: 1'3% anual.
- Estalvi de 1.579 ktep l'any 2010 (9,1% de reducció respecte a l'escenari BASE i 12,3% respecte a la intensitat energètica actual).
- Instal·lació de 861 MW addicionals en plantes de cogeneració (incloent-hi les plantes de tractament de residus que utilitzen la cogeneració) en el període 2000-2010. Participació de la cogeneració del 21,8% de la producció elèctrica bruta catalana l'any 2010.
- Inversions de 2950 M€ associats al Pla d'Eficiència Energètica.
- El Pla d'Eficiència Energètica supera els objectius del "Pla d'Acció per Incrementar l'Eficiència Energètica a la Unió Europea" (COM(2000) 247), atès que l'objectiu europeu preveu una millora anual de la intensitat energètica d'un 1% anual fins l'any 2010.
- Igualment, la participació de la cogeneració en la producció bruta d'electricitat és superior a l'objectiu del 18% fixat per al conjunt de la Unió Europea en el pla d'acció europeu.

- Objectius principals del pla d'energies renovables

- Producció addicional de 904.400 tep en el període 2000-2010, fins arribar als 1.527 ktep l'any 2010 (145% d'augment) amb el Pla d'Energies Renovables.
- Participació de les energies renovables en el consum d'energia primària d'un 5,4% l'any 2010. Es doblava la participació respecte a la de l'any 2000 (2,7%), en consonància amb els objectius de la Unió Europea.
- El Pla d'Energies Renovables proposava aprofitar un percentatge molt elevat del potencial tècnic i econòmic actual a Catalunya per a cadascuna de les diferents fonts d'energia renovables.
- Inversions de 1750M€ associades al Pla d'Energies Renovables i de 1869 M€ per al conjunt d'instal·lacions d'energies renovables
- L'aportació prevista per a Catalunya en el *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España*, elaborat l'any 1999 per l'IDAE va ser de 1.258 ktep, davant dels 1.527 ktep que preveia aquest Pla de l'Energia i que, per tant, representava un esforç superior en un 21% al que preveia el *Plan de Fomento*. Així, d'acord amb les previsions del *Plan de Fomento*, la participació de les energies renovables en el consum d'energia primària de Catalunya seria només del 4,4%.

El pressupost del Pla es va fixar en 12.000 milions d'€ amb un 40% assignat a eficiència energètica i energies renovables.

És important tenir en compte aquest pla per entendre per què el segon pla podria haver estat millor.

### **Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015**

La Generalitat de Catalunya va desenvolupar un Pla d'Energia per l'horitzó 2006-2015, un nou model energètic basat en el desenvolupament sostenible. Els tres principis bàsics d'aquesta iniciativa són: estalvi i eficiència energètica, energies renovables i qualitat en el subministrament energètic.

Per tal d'assolir els principis, la política energètica catalana per als propers anys es desenvoluparà al voltant dels següents eixos:

- Augmentar la conscienciació social i millorar el coneixement vers la problemàtica energètica
- Fomentar l'estalvi i l'eficiència energètica
- Desenvolupar les infraestructures energètiques necessàries per a assegurar el subministrament i diversificar les fonts d'energia
- Impulsar les fonts energètiques renovables
- Recolzar la recerca, el desenvolupament i la innovació tecnològica en l'àmbit energètic

Els objectius principals del Pla pel que fa referència a eficiència energètica i energies renovables són els següents:

#### **- Objectius principals del pla d'eficiència energètica**

Qualitatius:

- Reducció de les ineficiències i dels consums innecessaris fins al límit del que tècnicament, econòmicament i socialment sigui possible.
- Correccions en les tendències dels últims anys

#### Quantitatius:

- Estalvi de 2.138 ktep per a l'any 2015 (un 10,6% respecte al consum de l'Escenari Tendencial Base) i un total de 9.433 ktep per al període 2006-2015.
- L'objectiu d'estalvi és superior al que proposa la Unió Europea (1%) ja que representarà l'1,74% anual de reducció de la intensitat energètica (consum d'energia final / PIB).

### **- Objectius principals del pla d'energies renovables**

Proposa desenvolupar les energies renovables fins al màxim tècnicoeconòmic. El que passa és que el potencial d'energies renovables a Catalunya és molt major que el que constata el Pla.

El pressupost assignat és de 10.000 milions d'euros.

Taula 6.4.  
Evolució del consum d'energies renovables, Escenari IER

	2003			2010			2015		
	Descripció	prod. (tep)	%	Descripció	prod. (tep)	%	Descripció	prod. (tep)	%
Eòlica	86,7 MW en funcionament	14.026	1,9	3.000 MW	642.086	30,9	3.500 MW	757.954	25,7
Solar fotovoltaica	2,2 MW instal·lats	168	0,0	50 MW	5.094	0,2	100 MW	10.213	0,3
Solar termo-elèctrica	0,0 MW instal·lats	0	0,0	50 MW	12.040	0,6	50 MW	12.040	0,4
Solar tèrmica	39.600 m <sup>2</sup>	2.731	0,4	730.000 m <sup>2</sup>	50.363	2,4	1.250.000 m <sup>2</sup>	86.050	2,9
Hidroelèctrica	2.320,2 MW	430.047*	56,4	2.376,8 MW (55,6 MW nous en RE)	484.791	23,3	2.474,8 MW (153,7 MW nous en RE)	528.041	17,9
Biogàs	24,5 MW per a producció elèctrica + usos tèrmics	22.724	2,8	96,3 MW per a producció elèctrica + usos tèrmics	162.609	7,6	120,2 MW per a producció elèctrica + usos tèrmics	205.570	7,9
Biocombustibles	6 ktn de producció de biodièsel + 20 ktep de bioetanol (ETBE)	25.267	3,4	6% de la demanda de gasoil amb biodièsel + la producció de bioetanol (ETBE) 6% en totes les gasolines	377.663	18,1	18% de la demanda de gasoil de biodièsel + bioetanol en barreja directa i ETBE a totes les gasolines	844.095	28,7
Biomassa llenyosa	Usos tèrmics directes + 0,5 MW per a la producció d'electricitat	93.906	12,7	Usos tèrmics directes s'incrementen en 19,2 ktep + 26 MW per la producció d'electricitat	180.912	8,7	Usos tèrmics s'incrementen en 50 ktep+ 63,7 MW per la producció d'electricitat	306.570	10,4

Residus renovables	45,2 MW en RSU	147.712	20,1	45,2 MW en RSU + 19,9 ktep de fangs de depuradora per a usos tèrmics	166.700	8,0	45,2 MW en RSU + 52 ktep de fangs de depuradora per a usos tèrmics	198.781	6,7
<b>Total ER</b>		<b>736.601 tep</b>			<b>2.082.259 tep</b>			<b>2.949.313 tep</b>	
Participació ER sobre energia primària			2,9%			6,9%			9,5%
Participació ER sobre energia primària sense usos no energètics			3,3%			7,9%			11,0%

\* Dada de l'any 2003 corregida considerant una hidraulicitat mitjana per a facilitar la comparació. El consum real d'energia hidroelèctrica d'aquest any va ser de 519.429 tep.

Taula 19: Evolució en el consum d'energies renovables [CEP; 2005].

### Comentaris als Plans d'Energia de Catalunya

El Pla elogia la seva ambició pel que fa al Pla d'Energies Renovables donat el *suposat* baix potencial d'energies renovables a Catalunya però el potencial real d'energies renovables a Catalunya és molt major. Per exemple, el potencial eòlic que proposa el pla és de tan sols 5.000 MW mentre que, segons l'estudi "Renovables 2050" que va presentar Greenpeace, és major de 70 GW.

Hauria estat possible redactar un pla amb actuacions més concretes pel que fa a estalvi, eficiència i energies renovables i no un pla general com el que és el Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015.

Comparant els dos plans citats (el d'horitzó 2010 i el de horitzó 2006-2015) no s'observen diferències significants pel que a xifres es refereix. Per exemple els consums d'energia primària i final en ktep i les tendències són molts similars en els dos plans i pels dos escenaris. S'ha de recordar que en els dos plans hi ha dos escenaris establerts: escenari base i escenari intensiu (IER). En l'escenari base es mostra la tendència sense aplicar cap mesura i en l'escenari IER aplicant les mesures d'estalvi, eficiència energètica i energies renovables que marca el Pla.

Al nostre entendre, el pla vigent no millora, en molts aspectes, a l'anterior. En definitiva, redactar plans no vinculants no és la millor manera per tenir una política energètica competent.

## **Mesures polítiques per donar suport als objectius dels escenaris analitzats en aquest treball**

Tanmateix, les condicions econòmiques, legals i institucionals que emmarquen el sistema energètic han de canviar fonamentalment i en efecte, això ha de passar aviat. En la pràctica, necessitarem confiar en una barreja d'instruments i mesures. A més del que s'ha fet i planejat fins avui a Catalunya, pensem que s'han de fer esforços addicionals per materialitzar un futur energètic sostenible en la línia del que altres regions ja han iniciat i dut a terme.

Algunes mesures polítiques de tipus general haurien de ser:

- Adoptar un conjunt de drets i de responsabilitats que garanteixin la democratització dels sistemes energètics (vegi's mes endavant),
- Desenvolupament d'un pla d'usos del sòl per a les energies renovables, basat en un marc més realista dels potencials d'energies renovables existents a Catalunya,
- Establiment d'àrees preferents per a l'aprofitament de l'energia eòlica, segons els potencials i localitzacions descrites en els mapes de vents i en la secció d'escenaris,
- Reconsideració i reestructuració de l'ús d'àrees costeres per a energia eòlica de mar endins (*offshore*), centrada en les millors localitzacions, com es descriu en la secció d'escenaris,
- Crear un règim de subministrament d'energia que afavoreixi les tecnologies renovables com la primera opció quan sigui que s'hagi de construir una nova planta de generació,
- Donar prioritat a la cogeneració per davant de les centrals tèrmiques convencionals, combinat amb l'ús de la biomassa i la geotèrmia, i que aquestes siguin la primera opció,
- Utilització de les centrals de bombeig hidràulic per donar suport i compensar les plantes de generació que fluctuen,
- Garanties de preus d'electricitat a llarg termini per a plantes d'energia renovable de nova construcció i revisant amb la freqüència necessària les tarifes d'injecció a la xarxa per a les diferents tecnologies renovables, de cara a mantenir els estímuls d'instal·lació a un nivell suficient i tecnològicament ben diversificat,
- Establir una iniciativa de "Govern verd" en els edificis i serveis públics que incorpori la millora de l'eficiència energètica en edificis, generació local d'energia a partir de les fonts renovables del lloc, substitució de la flota de vehicles pels més eficients existents en el mercat i que permetin el màxim ús de biocarburants, etc.),
- Adoptar normes d'eficiència energètica per a tots els artefactes elèctrics, en especial les bombetes i els electrodomèstics (p. ex. tots els electrodomèstics elèctrics han de complir

els nivells d'eficiència energètica dels més eficients existents avui, en un termini de dos anys).

- Establir un programa per impulsar la monitorització i visualització dels consums energètics (domèstics, serveis, etc.) de forma que siguin visibles per als usuaris i més entenedors que les lectures de comptadors (donat que aquests estan fora de l'abast habitual dels usuaris,
- Introduir sense demora la formació necessària per una ràpida introducció de les energies renovables amb garantia de qualitat.
- Introduir mecanismes de finançament, legals, normatius i fiscals que facilitin l'adopció de les mesures apuntades i la recerca tecnològica.

A més de mesures polítiques generals cal iniciar programes i compromisos com els que segueixen:

- Establiment d'un programa de microgeneració amb fites ambicioses,
- Establiment d'un programa de teulats i terrasses solars amb fites ambicioses,
- Crear una competició anual de comunitat verda, pel que fa a la generació local d'energia amb fonts renovables,
- Crear una competició anual d'edificis d'energia "zero" (que generin més energia de la que necessiten),
- Establiment d'un programa d'aprofitaments eòlics inferiors a 5 MW amb fites ambicioses,
- Establiment de compromisos i objectius específics d'utilització dels edificis públics per a la producció d'energia solar i començar immediatament projectes emblemàtics en les teulades i façanes dels edificis públics,
- Adreçar-se directament a personalitats celebres o prominents i entitats emblemàtiques perquè actuïn com a exemple d'utilització de l'energia solar o de les energies renovables en general,
- Potenciació de programes d'autosuficiència energètica comarcal, basant-se prioritàriament en l'aprofitament combinat dels recursos existents a la comarca,
- Impulsar el desenvolupament d'una xarxa d'Agències o Centres Locals d'Energia independents de les administracions i de les empreses, però amb la seva participació i implicació, per tal d'apropar la informació sobre renovables i eficiència a la població,



- Creació de partenariats equitatius i solidaris entre zones rurals i zones urbanes, donat que moltes zones rurals poden ser excedentàries de fonts d'energia renovables.

La investigació i el desenvolupament han creat tecnologies per a l'aprofitament de les fonts d'energia renovable i eficients per a un subministrament d'energia permanent. Junts, la comunitat política i la indústria han de prendre mesures per aplicar una valenta i decidida "estratègia solar". Les mesures descrites a dalt són factibles i tenen sentit. El pas més important ha de començar ara, ja que cada un dels dies que passen sense reforçar una estratègia solar només augmenten i compliquen el problema - perquè el consum energètic està augmentant, el capital encara s'està invertint en sistemes de combustibles fòssils o nuclears, i s'estan ajornant les decisions per resoldre el problema del canvi climàtic.

Els drets energètics bàsics necessaris per democratitzar els sistemes energètics i consolidar un sistema energètic descentralitzat o distribuït, eficient, segur, net i renovable són:

- El dret a saber l'origen de l'energia que cadascú fa servir,
- El dret a saber els efectes ecològics i socials dels sistemes energètics que fan possible el subministrament d'energia a cada usuari final de serveis energètics,
- El dret a captar les fonts d'energia que es manifesten al lloc on es viu,
- El dret a generar la seva pròpia energia, regulant les condicions necessàries perquè aquesta activitat no sigui considerada com activitat lucrativa,
- El dret d'accés just a les xarxes,
- El dret a introduir a les xarxes l'energia generada *in-situ* i
- El dret a una remuneració justa per l'energia introduïda a les xarxes.

Aquests drets han d'anar acompanyats d'un seguit de responsabilitats:

- La responsabilitat d'informar-se,
- La responsabilitat d'exigir informació,
- La responsabilitat de generar l'energia amb les tecnologies de generació més eficients i més netes disponibles i a l'abast,
- La responsabilitat a emprar les tecnologies d'ús final de l'energia més eficients i a l'abast,
- La responsabilitat d'emprar l'energia generada amb sentit comú i evitant malbarataments de tota mena,

- La responsabilitat d'autolimitar-se en l'ús de qualsevol forma d'energia,
- La responsabilitat de ser solidari amb aquelles societats més desfavorides pel que fa tant a la generació com a l'ús final de l'energia.

Garantir aquests drets hauria d'esdevenir una de les tasques a les quals els governs haurien de donar la més absoluta prioritat. Exercir aquestes responsabilitats hauria de ser considerat com el deure primordial de les persones responsables que vivim en un planeta on el Sol és la font d'energia de la qual depenem. Adequar els estils de vida al fluxos de l'energia solar (energia solar directe i les seves formes indirectes) és un aprenentatge, que quan més aviat es vagi realitzant, menys costos de tota mena hauran de suportar els humans per poder anar vivint en les societats que han creat en el marc d'aquest bonic planeta que ens acull, doncs les societats humanes sempre han necessitat, necessiten i necessitaran energia per viure dignament en el planeta Terra.

## **Perspectives de continuació del treball**

El treball realitzat no cobreix tots els aspectes que s'han d'investigar de cara a planejar i establir un sistema optimitzat de subministrament d'energia renovable per a Catalunya. Tot i que es pot demostrar que els potencials de les fonts d'energia renovable són suficients per subministrar un 100% de la demanda d'electricitat de Catalunya amb tecnologies renovables, es requereix un anàlisi més profund i una simulació més sofisticada i detallada per descobrir segurament uns potencials d'optimització substancials de cara a assolir un sistema de subministrament d'energia més eficient i per reduir els costos de sistema.

Com que aquest treball proporciona una sòlida base per planejar la direcció que hauria de prendre el subministrament energètic de Catalunya, l'estudi Catalunya Solar s'hauria d'emprar com a punt de partida per a l'establiment d'un marc amb objectius ambiciosos a mig i a llarg termini per determinar les potències de tecnologies renovables a instal·lar, les mesures i els esquemes de suport i procés de test de mesures i pla de treball per tal d'encarar altres necessitats de recerca i desenvolupament que són necessàries per disposar d'un full de ruta detallat cap a una Catalunya Solar.

## Referències

GENERALITAT DE CATALUNYA (1981), *El Llibre Blanc de l'Energia a Catalunya. Volum I: Balanç de situació*, Edicions Sirocco, Barcelona

GENERALITAT DE CATALUNYA (1981), *El Llibre Blanc de l'Energia a Catalunya. Volum II: El futur de l'energia. Pla de mesures de política energètica*, Edicions Sirocco, Barcelona

GENERALITAT DE CATALUNYA (1985), *El Llibre Blanc de l'Energia. Revisió 1985. El futur de l'energia. Pla de mesures de política energètica*, Generalitat de Catalunya, Barcelona

GENERALITAT DE CATALUNYA (2002), *Pla de l'Energia a Catalunya en l'Horitzó de l'Any 2010*, Generalitat de Catalunya, Barcelona

GENERALITAT DE CATALUNYA (2005), *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015*, Generalitat de Catalunya, Barcelona

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA (1997) *Les Energies Renovables a Catalunya*. (Tecnologies avançades en estalvi i eficiència energètica n°18), Generalitat de Catalunya, Barcelona

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA et al. (1997) *El Llibre Verd de les Energies Renovables a l'Euroregió*. Generalitat de Catalunya, Barcelona

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA (2002). *L'Energia a Catalunya en l'Horitzó del 2010* (Col. Eficiència Energètica n°158)

SCHEER, Hermann (2000) *Economía solar global. Estrategias para la modernidad ecológica*, Galaxia Gutenberg – Círculo de Lectores, Barcelona

Hi col·laboren



Obra Social "la Caixa"



Generalitat de Catalunya  
**Departament  
de Medi Ambient i Habitatge**