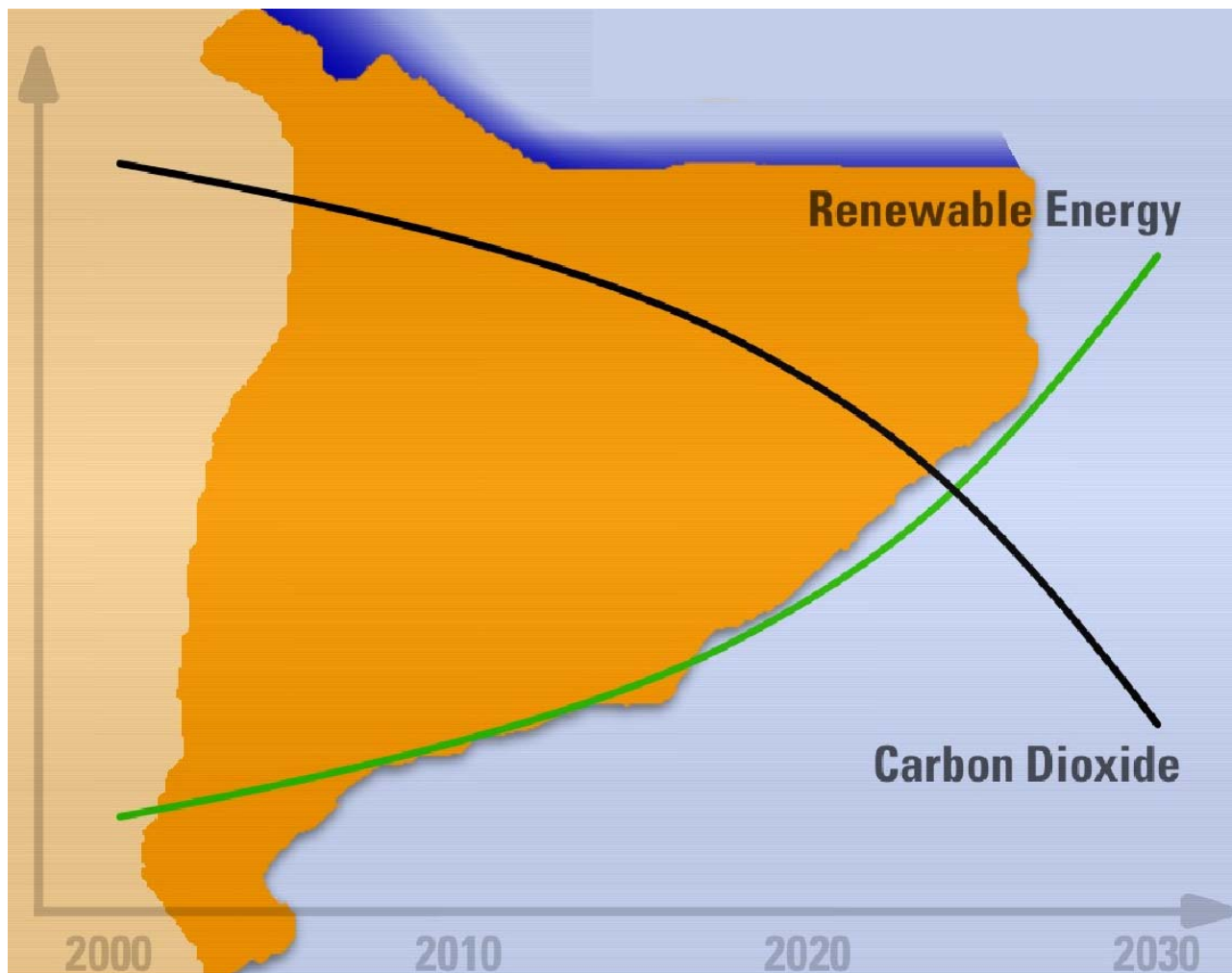


Catalunya Solar

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



Promotor:
Fundació Terra



Coordinador:
EUROSOLAR Catalunya

Barcelona / Leipzig 2007

Autors: Anja Doleschek¹, Harry Lehmann², Stefan Peter¹, Josep Puig³

Colaboradors: Joaquim Corominas⁴, Marta García⁴, Maite Eyquem⁴

¹ ISuSI - Institute for Sustainable Solutions and Innovations - Gutsstr. 5 - 04416 Markkeeberg/Leipzig - Germany - info@isusi.de

² WCRE - World Council for Renewable Energies - Bonn - Germany, www.wcre.de

³ Eurosolar - European Association for Renewable Energies, www.eurosolar.org

⁴ Ecoserveis - La Fàbrica del Sol, Salvat Papasseit 1, 08002 Barcelona - Catalunya - 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

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.¹ Altres estudis com *Integració a llarg termini de les energies renovables al sistema energètic europeu*² o el de "*Sustainable Energy Supply Against the Background of Globalisation and Liberalisation*"³ van demostrar que era una possibilitat per Europa i per Alemanya.

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 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.

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 SimREN⁴ i mesures polítiques per donar el millor suport per a un subministrament sostenible d'energia.

¹ "Energy Rich Japan", Estudi de Greenpeace internacional i Greenpeace Japó, ISuSI; 2003

² "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

³ "Sustainable Energy Supply Against the Background of Globalisation and Liberalisation", Enquete Commission of the German Parliament; 2002

⁴ 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 €₂₀₀₆ per habitant en l'"Escenari de Sortida Ràpida - ESR" (2050) i 85 €₂₀₀₆ / 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 €₂₀₀₆ / càpita en l'"Escenari de Sortida Ràpida" i de 68 €₂₀₀₆ / càpita en l'"Escenari de Protecció del Clima" (vegis la Figura 1).

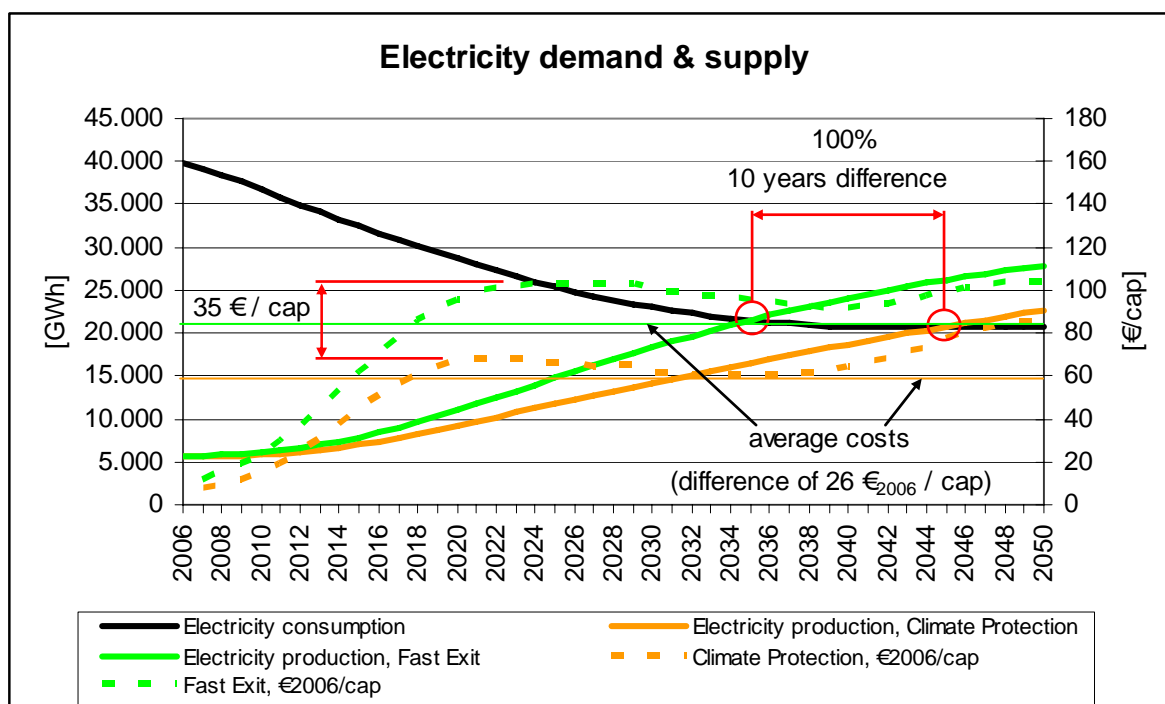


Figura 1: Evolució de la demanda i del subministrament d'electricitat en els dos escenaris

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 €₂₀₀₆ per habitant i any en l'"Escenari de Protecció de Clima" i 84 el €₂₀₀₆ 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]⁵. 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.

⁵ [MeteoCat; 2006]: *Servei Meteorològic de Catalunya* (Dades EMA integrades a XEMEC). Departament de Medi Ambient i Habitatge

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 a 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.

Simulation of Fast Exit Scenario, Week in Autumn

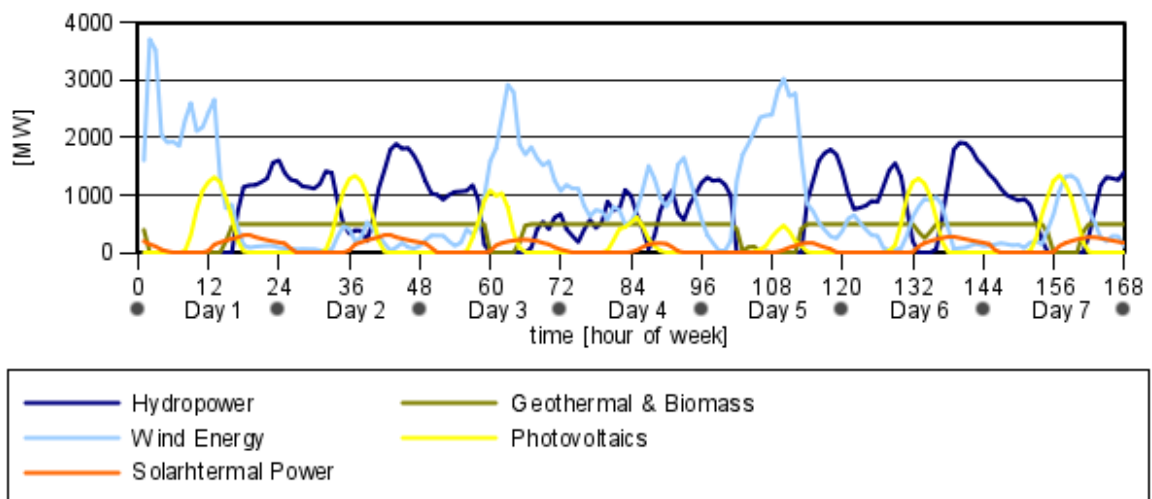
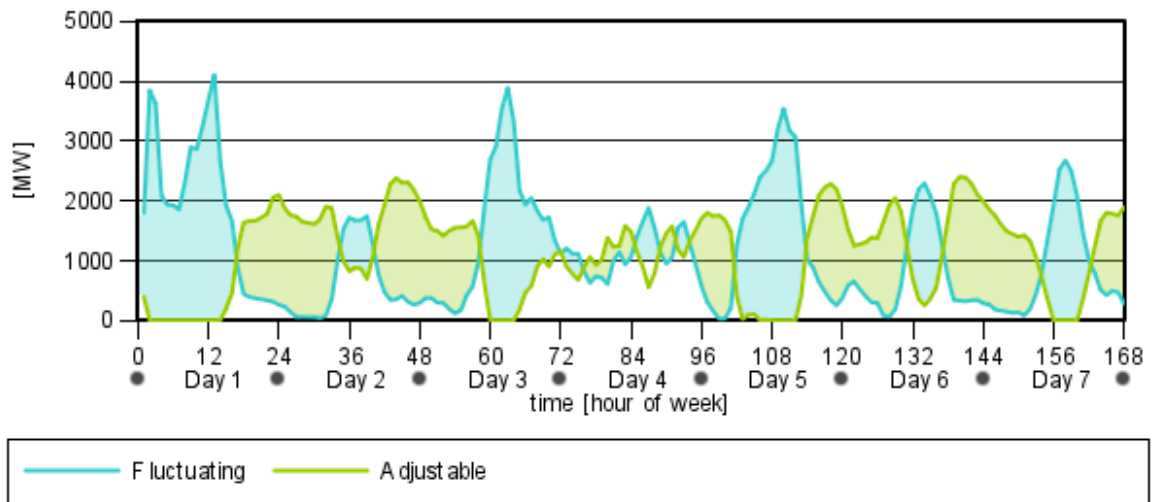
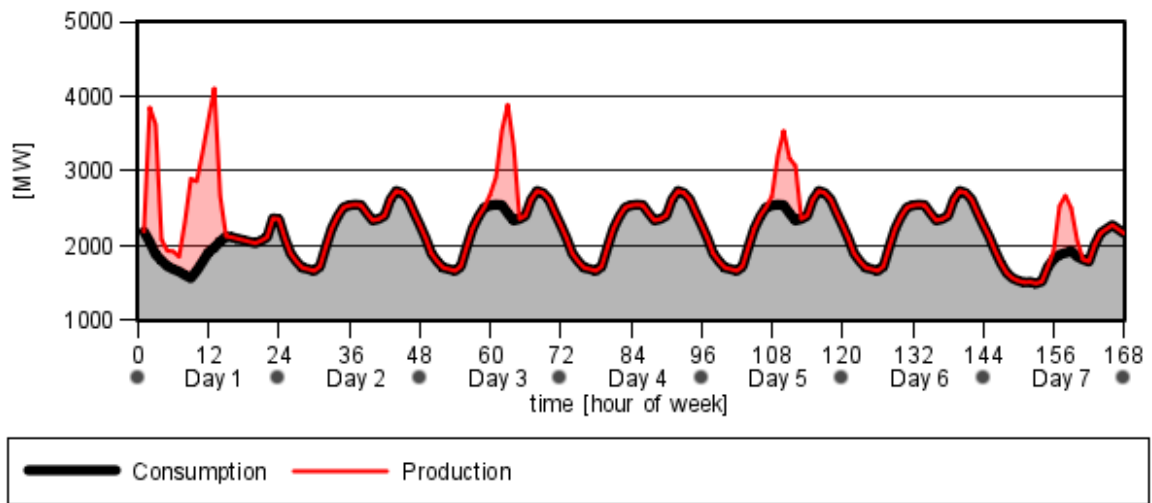


Figura 2: Resultats de la simulació per a una setmana de tardor

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 microcogeneració 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.