



LUND UNIVERSITY

Prosumenter i våra hus

Pyrko, Jurek

2015

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Pyrko, J. (2015). *Prosumenter i våra hus*. Energivetenskaper, LU-LTH.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Prosumenter i våra hus

Konsekvenser för befintliga och nya byggnader

Red. Jurek Pyrko

Projektrapport

Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



Prosumenter i våra hus

Konsekvenser för befintliga och nya byggnader

Red. Jurek Pyrko

Juni 2015

Lund

ISRN LUTMDN/TMHP-15/3055-SE

ISSN 0282-1990

© 2015 Energivetenskaper

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.energy.lth.se

FÖRORD

Detta projekt har utförts vid Lunds Universitet - LTH, Institutionen för Energivetenskaper, med professor Jurek Pyrko som projektledare. Studien har finansierats av Byggrådet.

Ett antal personer har varit engagerade i utförargruppen och genomfört delstudier som ingår i rapporten - Sara Eriksson, Karin Hansson och Sara Olsson, Li Wiberg och Juliane Albrecht, Love Jonsson och Jonas Persson, Johan Bergfalk och Olof Bohgard.

En referensgrupp knuten till projektet har bestått av:

- Prof. Bertil Fredlund, LU-LTH, Byggnadskonstruktionslära,
- Univ. lektor Birgitta Nordquist, LTH, Installations- och klimatiseringslära,
- Univ. lektor Jörgen Svensson, LU-LTH, Industriell elektroteknik och automation,
- Univ. lektor Patrick Lauenburg, LU-LTH, Energivetenskaper.

Resultaten från detta projekt har redan blivit publicerade som konferensbidrag samt som artiklar och notiser i branschtidskrifter.

Rapporten används som en del av kurslitteraturen i vår undervisning inom energiteknik på Lunds Universitet-LTH.

TACK

Det finns många som förtjänar ett stort tack här. Alla medarbetarna vars studier ingår i denna sammanställning: Sara Eriksson, Karin Hansson och Sara Olsson, Li Wiberg och Juliane Albrecht, Love Jonsson och Jonas Persson, Johan Bergfalk och Olof Bohgard.

Dessutom ett varmt tack till alla våra kontaktpersoner som har bidragit med sina kunskaper och expertis samt till informanter som har ställt upp på intervjuer och enkäter i samband med våra studier.

Ett stort tack till Byggrådet som har möjliggjort att denna studie blivit till genom att sponsra projektet finansiellt.

Prof. Jurek Pyrko,
projektledare och redaktör

Lund, juni 2015

Innehållsförteckning

FÖRORD	iii
TACK	iii
1. INLEDNING.....	1
2. BEGREPP OCH DEFINITIONER	2
2.1 Prosument.....	2
2.2 Smarta nät.....	2
2.3 Boverkets byggregler (BBR)	2
2.4 Lågenergihus	4
2.4.1 Passivhus	4
2.4.2 Minienergihus	5
2.4.3 Nollenergihus	5
2.4.4 Nära nollenergihus	5
2.4.5 Plusenergihus	6
2.4.6 Smarta hus	6
Referenslista till Kapitel 2	7
3. SYSTEM	9
3.1 Solel.....	9
3.2 Vindkraft	11
3.3 Övrig småskalig elproduktion.....	12
3.4 Penetrationspotential för mikroproduktion	13
Referenslista till Kapitel 3	14
4 ENERGILAGRING	15
4.1 Vattenlager	15
4.2 Tryckluftslager.....	18
4.3 Termisk energilagring genom fasändring.....	21
4.4 Kryogenisk energilagring.....	24
4.5 Batterier	27
4.6 V2G - Elbilar som energilager.....	33
4.7 Superkondensatorer	37
4.8 Supraledare.....	39
4.9 Svänghjul.....	40
4.10 Diskussion om energilager	43

Referenslista till Kapitel 4	46
5. VILLKOR OCH REGLER	49
5.1 Mål och direktiv för byggnadssektorn	49
5.1.1 Mål på EU-nivå	49
5.1.2 Direktivet om byggnaders energiprestanda	49
5.1.3 Mål på nationell nivå	50
5.2 Lagstiftning.....	51
5.2.1 Nuvarande lagstiftning i Sverige.....	51
5.2.2 Den administrativa processen vid installation	56
5.2.3 Specifikt för installation av vindkraft.....	57
5.3 Producera egen el	57
5.3.1 Installation av en elproduktionsanläggning	57
5.3.2 Mikroproduktion	58
5.3.3 Anledningar till att bygga för elproduktion	59
5.4 Prissättning av egenproducerad elektricitet.....	59
5.4.1 Köpa och sälja el.....	59
5.4.2 Nettodebitering.....	60
5.4.3 Skattelättnad	60
5.4.4 Feed-in tariff (Inmatningstariff).....	60
5.4.5 Elcertifikat	61
5.4.6 Statligt och kommunalt stöd till solcellssystem	62
Referenslista till Kapitel 5	62
6. HINDER FÖR ELPRODUKTION I BYGGNADER	66
6.1 Byggnadstekniska krav	66
6.2 Utformningen av Boverkets byggregler (BBR)	67
6.2.1 Marknadsbaserade eller regulativa krav	67
6.2.2 Detaljerade krav och funktionskrav	68
6.2.3 Tillgodoräknande av solenergi	69
6.3 Osäkra situationer för byggherrar	69
6.3.1 Solcellsstödet	70
6.3.2 Framförhållning	70
6.3.3 Olika definitioner av nollenergihus	70
6.4 Kommunala särkrav	72

6.5 Stadsplanering	73
6.5.1 Detaljplaner	73
6.5.2 Solenergioptimering i stadsplaneringen	74
6.6 Kunskapsläget	76
6.6.1 Brist på övergripande kunskap i byggbranschen.....	76
6.6.2 Kunskapsutbyte mellan byggherrar	76
6.6.3 Kunskapströskel för prosumenter	77
6.7 Hinder för elproduktion i befintliga byggnader	78
6.7.1 Praktiska hinder.....	78
6.7.2 Framtida hinder.....	79
6.8 Ekonomiska hinder.....	79
6.9 Krav som rör nätanslutningen.....	81
6.9.1 Påverkan på elnätet	81
6.9.2 Koncessionsplikten	81
Referenslista till Kapitel 6	85
7. INTERNATIONELL UTBLICK.....	89
7.1 Australien.....	89
7.2 Danmark.....	89
7.3 Nederländerna	90
7.4 Norge	90
7.5 Nya Zeeland	91
7.6 Storbritannien	91
7.7 Tyskland	92
7.8 Spanien	93
7.9 USA.....	93
7.10 Belgien	93
Referenslista till Kapitel 7	94
BILAGA 1 - FALLSTUDIE A.....	97
Mikroproduktion av el av Love Jonsson & Jonas Persson	97
BILAGA 2 - FALLSTUDIE B.....	98
Solel på Solbjer av Li Wiberg och Juliane Albrecht.....	98
BILAGA 3 - FALLSTUDIE C.....	100
Micro-generation in local power grids av Karin Hansson och Sara Olsson	100

1. INLEDNING

Vårt sätt att omvandla, distribuera och använda energi, främst elektricitet håller på att ändras. Utvecklingen går mot så kallade "smarta" elnät (smart grids) och mer spriden småskalig elproduktion (distributed micro-generation). Lägre priser på solcellssystem och ger privatpersonen nya möjligheter att samspela med elsystemet. Samtidigt förändras förutsättningar för att anpassa elbehovet till eltillgång, styra elanvändningen med hjälp av smarta tjänster och att bli en **prosumert** – det vill säga en energikund som både konsumerar och producerar el (eller andra energislag).

Fler privatpersoner som producerar egen el kommer att utgöra en viktig beståndsdel i det smarta nätet och det energieffektiva samhället i framtiden. Därför är det viktigt med kunskap om vilka förutsättningar som främjar, eller hindrar, privatpersoner och byggföretag att bygga nya bostäder med elproduktionsmöjligheter. Vilka konsekvenser har dagens utveckling för byggnadssektorn? En byggnad kan ha en ansenlig livslängd, vilket gör att de beslut som tas idag får konsekvenser under lång tid framöver.

Eftersom det finns betydligt fler befintliga än nya bostäder är det viktigt att det också finns goda förutsättningar för att installera och driva elanläggningar på befintliga bostäder.

Med detta i åtanke är det intressant att göra en sammanställning av de aspekter som påverkar uppkomsten av nya byggnader med möjligheter till egenproduktion av el samt möjligheter att installera elproduktionsanläggningar på befintliga byggnader.

Följande frågor besvaras i rapporten:

- Vilka begrepp och definitioner används i detta sammanhang?
- Vilka elproducerande system kan användas av prosumenter i bostäder?
- Vilka villkor och regler gäller för prosumenter?
- Vilka hinder finns enligt olika aktörer och vilka åtgärder krävs för att förbättra situationen?

De typer av byggnader som tas upp i rapporten är svenska bostäder – småhus och flerbostadshus. En kortfattad genomgång av läget i vissa andra länder finns också redovisad.

Tre fallstudier ingår också i avrapporteringen och deras sammanfattande slutsatser redovisas i Bilaga A-C:

- Love Jonsson och Jonas Persson: Mikroproduktion av el (Bilaga A)
- Li Wiberg och Juliane Albrecht: Solel på Solbjer (Bilaga B)
- Karin Hansson och Sara Olsson: Micro-generation in local power grids (Bilaga C)

Samtliga rapporter kan laddas ner från hemsidan: www.ees.energy.lth.se/publikationer.

2. BEGREPP OCH DEFINITIONER

Ett antal definierade begrepp används i rapporten. Detta kapitel ger en översyn av dessa termer (Eriksson, 2014).

2.1 Prosument

Traditionellt sett har elbolagen producerat el när konsumenterna har haft ett behov av den. Idag, för att utnyttja nätkapaciteten bättre och undvika produktionstoppar behöver kunderna istället anpassa sig mer till produktionsmöjligheterna (Vattenfall 2013). Många åtgärder krävs dock för att denna nya energibild ska bli verklighet. En viktig sådan är övergången till **smarta elnät** och möjligheter för konsumenterna att bli **prosumenter**, det vill säga både producera (**producent**) och konsumera (**konsument**) el (Europeiska kommissionen 2011). **Prosument** är en svensk översättning av det engelska ordet "prosumer", en sammanslagning av producer + consumer. Att använda begreppet för att beskriva de som både konsumerar och producerar el är relativt nytt, men blir allt vanligare.

I sammanhang som inte är energirelaterade kan begreppet **prosument** ha andra betydelser än den beskriven ovan. Begreppet syftade ursprungligen på alla tillfällen då en konsument producerar en vara eller en tjänst för egen räkning istället för att köpa den (Malmö Högskola 2010).

Begreppet kan också innebära en sammanslagning av orden professionell + konsument, det vill säga en person som ställer mycket höga krav på sin tekniska utrustning – exempelvis sin kamera.

En tredje definition är proaktiv + konsument. Med detta menas någon som har ett aktivt förhållande till ett företag och påverkar det och dess produkter med sin feedback och sina klagomål (ComputerSweden u.å.).

2.2 Smarta nät

Det **smarta nätet** är ett modernt elnät med intelligent mätning och tvåvägskommunikation mellan elkonsumenterna och elproducenterna. Det gör att konsumenterna och producenterna kan samverka mer effektivt, vilket leder till lägre energianvändning, högre försörjningstrygghet och en ökad delaktighet hos konsumenterna i energisystemet. Ett exempel är om den intelligenta mätningen och kommunikationen kombineras med visualisering av elkonsumenterna och information om elpriserna. Kunderna får då ekonomiska incitament till att minska elförbrukningen eftersom fördelarna med att förlägga konsumtionen till tider med låg efterfrågan och lågt elpris blir tydliga. Detta gynnar även elbolagen eftersom förbrukningstoppar kan undvikas. Ett smart elnät är viktigt för att främja prosumenternas egenproduktion av el eftersom det är mer flexibelt och tillåter en större elproduktion från småskaliga, utspridda, förnyelsebara energikällor (Europeiska kommissionen 2011, SmartGrids 2013).

2.3 Boverkets byggregler (BBR)

Boverkets byggregler anger vilka krav som ska ställas på byggnader och de system och installationer som ingår. Kraven rör exempelvis brandskydd, tillgänglighet, hygien, buller och energihushållning (Boverket 2013). I avsnittet om energihushållning står att finna att

”byggnader ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning” (BFS 2011:26 s.152). BBR anger minimikrav på byggnaders och lokalers specifika energianvändning, se Tabell 2.1. Hur dessa är satta påverka utformningen av de komponenter som är betydelsefulla för energianvändningen. Däribland klimatskärmen, värme- och kylsystemet, ventilationen, regler- och styrsystemen, byggnadsmaterialen och mätsystemen, med mera. Kraven är olika hårda i olika delar av landet, då energibehovet beror av utetemperaturen. De är också olika för byggnader som värms med el och byggnader med andra uppvärmningssätt (BFS 2011:26).

Tabell 2.1. Minimikrav på byggnaders specifika energianvändning. Efter BFS 2011:26.

	Klimatzon I	Klimatzon II	Klimatzon III
Alla bostäder			
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/(m²·K)]	0,40	0,40	0,40
Bostäder med annat uppvärmningssätt än elvärme			
Byggnadens specifika energianvändning [kWh/(m²·år)]	130	110	90
Bostäder med elvärme			
Byggnadens specifika energianvändning [kWh/(m²·år)]	95	75	55



Den area som avses i minimikraven är den tempererade arean, det vill säga ”Arean av samtliga våningsplan, vindsplan och källarplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.” (BFS 2011:26 s.142). Den specifika energianvändningen är den levererade (köpta) energin till en byggnad under ett normalår, fördelat på tempererad area och uttryckt i kWh. Den energi som ingår i begreppet är energi för uppvärmning, komfortkyla, varmvatten, fastighetsenergi och eventuell golvvärme, handdukstork och dylikt. Hushållsel ingår alltså inte (BFS 2011:26).

Avsnittet om energihushållning tar också upp bland annat värme- och kylsystem, regler-system, ventilationssystem och krav vid ändring av byggnader. Andra delar i BBR som är intressanta att nämna i sammanhanget är förslag som ges för att minska den specifika energianvändningen. Exempel på detta är råden att se över fönsterplacering, fönsterstorlek, solavskärmning och eleffektiv belysning för att minska kylbehovet. Även bestämmelsen att den specifika energianvändningen får minskas med den energi från solceller eller solvärme som byggnaden kan tillgodogöra sig, är speciellt relevant för byggnader med egenproduktion av el (BFS 2011:26).

Den senaste skärpningen av Boverkets byggregler för energiprestanda började gälla 1 januari 2013. Boverket menar att kraven numera ligger nära vad som är tekniskt och ekonomiskt möjligt att uppnå med dagens bygg- och energikostnader (Energimyndigheten 2012).

2.4 Lågenergihus

I Sverige finns det idag ett flertal begrepp och koncept för energieffektiva byggnader, och ännu fler internationellt. Ett samlingsnamn för dessa kan anses vara "lågenergihus": byggnader som använder mindre energi än vad byggnormerna kräver. I denna grupp ingår bland annat passivhus, nollenergihus, nära nollenergihus, plusenergihus, minienergihus och smarta hus. Dessa begrepp har olika omfattande krav, olika utformade krav och alla har inte entydiga definitioner (Blomsterberg 2009). Nedan följer en beskrivning av de nämnda lågenergihusen.

2.4.1 Passivhus

I mitten av 80-talet var energieffektivt byggande normen i Sverige och Danmark. För att ytterligare utveckla den energieffektiva byggnaden med avseende på bland annat isolering och täthet utvecklade Wolfgang Feist, grundare av PHI (Passive House Institute) och Bo Adamsson, Lunds Universitet, passivhuset. De myntade passivhusbegreppet år 1988 i samband med att det första passivhuset planerades, vilket sedan byggdes i Darmstadt, Tyskland, år 1990 (PHI 2013). Intresset för passivhus har på senare år ökat markant i Sverige och år 2012 fanns ungefär 2000 passivhus, majoriteten av dessa lägenheter (Svensson 2012).

Tabell 2.2. Krav för passivhus, efter SCNH 2012.

	Klimatzon I	Klimatzon II	Klimatzon III
Alla passivhus			
Maximala värmeförluster [W/m²]	17	16	15
Elvärmda passivhus			
Maximal levererad årsenergi [kWh/(m²·år)]	29	27	25
Icke elvärmda passivhus			
Maximal levererad årsenergi [kWh/(m²·år)]	58	54	50
Passivhus med icke renodlade system för värme och varmvatten			
Maximal levererad viktad årsenergi [kWh/(m²·år)]	73	68	63



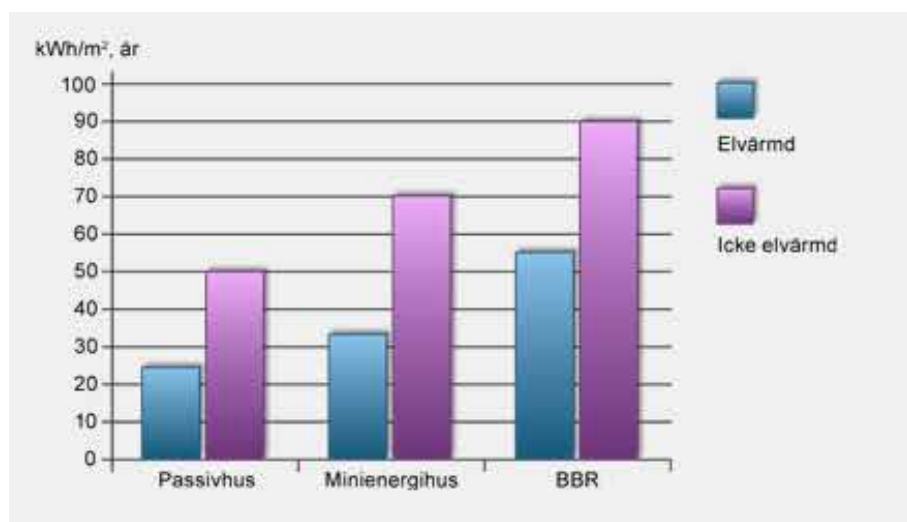
Ett passivhus är i princip en byggnad som inte kräver något installerat system för värmedistribution, såsom radiatorer. Värmedistribution sker istället med hygienluftflödet. Uppvärmningen sker främst via de apparater och personer som vistas i byggnaden, samt

solvärme. Passivhus är mycket täta och därmed är värmeförluster centralt för definitionen enligt Sveriges Centrum för Nollenergihus – SCNH (2013a).

Den maximalt tillåtna värmeförlusten varierar beroende på vilken klimatzon byggnaden är uppförd i, då värmeförlusten beror av den dimensionerade lägsta utetemperaturen. Utöver detta ställs krav på levererad årsenergi. Även byggnadstekniska krav ställs, se Tabell 2.2. Den area som avses är den tempererade arean (SCNH 2012).

2.4.2 Minienergihus

Kraven som ställs på minienergihus är utformade på samma sätt som för passivhus med krav på maximala värmeförluster och levererad energi. Nivån på kraven ligger mellan de för passivhus och Boverkets byggregler, se Figur 2.1 (SCNH 2012). Till skillnad från passivhuset är inte hygienluftflödet i ett minienergihus tillräckligt för att klara värmedistributionen eftersom högre värmeförluster kan tillåtas (Blomsterberg 2009). Värmeförlusterna tillåts vara 5 W/m^2 högre än för passivhus. Den levererade årsenergin för minienergihus som är icke elvärmde eller saknar renodlade system för värme- och varmvattenförsörjning tillåts eventuellt vara $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ högre än för passivhus. För elvärmde minienergihus tillåts den levererade årliga energin vara $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ högre (SCNH 2012).



Figur 2.1. Energianvändningen för minienergihus i relation till passivhus och boverkets byggregler (SCNH 2013b).

2.4.3 Nollenergihus

Ett nollenergihus har samma krav på värmeförluster som ett passivhus. Kraven på levererad energi är dock hårdare för nollenergihus; den levererade energin till byggnaden ska över ett år vara lika stor eller mindre än den levererade energin från byggnaden. Den levererade energin viktas med en energiformfaktor, där fjärrvärme, fjärrkyla, elenergi och övrig energi får olika vikt (SCNH 2012).

2.4.4 Nära nollenergihus

Som beskrivet ovan definierar EU-direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda att nära nollenergibyggnaderna ska ha mycket hög energiprestanda, och att nära noll mängden

energi i stor utsträckning bör vara förnybar. I övrigt är det upp till varje medlemsland att själva avgöra vad som menas med nära nollenergibyggnad. I Sverige är definitionen ännu inte fastslagen. Regeringskansliet föreslog i en promemoria från år 2011 att Boverkets nuvarande minimikrav på energiprestanda ska gälla som nära nollenergikrav, åtminstone till en början (Regeringen 2012). De nuvarande minimikraven är 55 kWh/(m²·år) för elvärmda bostäder och 90 kWh/(m²·år) för bostäder med annat uppvärmningssätt än el (BFS 2011:26). 19 av de remissinstanser som yttrade sig om detta förslag höll med. Däribland Boverket som menade att en skärpning av de krav som började gälla år 2013 inte vore ekonomiskt lönsamt, vare sig för samhället eller för fastighetsägaren. 60 remissinstanser höll inte med utan menade att kravnivån för nära nollenergihus borde vara hårdare eller betydligt hårdare än dagens krav, varav flera föreslog en halvering av minimikraven från år 2006 (Regeringen 2012).

Regeringen har utifrån denna promemoria, dess remissvar och två rapporter från Boverket och Energimyndigheten kommit fram till att kraven på energihushållning i nära nollenergihus ska vara hårdare än vad Boverkets byggregler anger i dagsläget. Dock menar de att det inte finns underlag nog för att ange hur mycket kraven borde skärpas (Regeringen 2012). Boverket har därför fått i uppdrag att senast den 15 juni 2015 föreslå en definition för nära nollenergihus, som är sådan att också Energimyndigheten kan ställa sig bakom den (Näringsdepartementet 2014). Tidigast år 2017 kommer förslaget att mynna ut i juridiskt bindande krav, då regeringen först ska följa upp resultaten av en stor satsning på demonstrationsprojekt för nära nollenergihus (Nohrstedt 2014).

2.4.5 Plusenergihus

Plusenergihus är likt passivhus och nollenergihus energieffektiva med låga värmeförluster, men producerar över ett år mer energi än vad som köps in. Vanliga energigenereringssystem är solceller, solvärme, biobränsle och vindkraft (Blomsterberg 2009).

2.4.6 Smarta hus

Ett smart hus utnyttjar informationsteknik för att optimera driften och låta de boende styra byggnaden efter sina egna specifika behov. Det kan handla om att belysning och spis stängs av automatiskt och att värmen sjunker när byggnaden lämnas. Det kan också handla om att kunna styra ventilation och värme på olika sätt i olika rum eller att kunna visualisera energianvändningen (Schneider Electric 2013). Smarta hus kan ge de boende en signal om när elpriset och efterfrågan på el är låg. På så sätt kan de exempelvis köra tvättmaskinen då istället för på tider då priset och efterfrågan på el är hög. På så sätt hjälper kunden till med effektregleringen. Smarta hus är därmed viktiga för en framtida smartare utnyttjning av elnäten och underlättar för konsumenter att bli prosumenter. Smarta hus kan alltså vara en vidareutveckling på olika lågenergihus där de anpassas till, och är en del av, ett smart elnät (E.ON 2010).

Att de boende får möjlighet att i högre utsträckning anpassa sin inomhusmiljö till sina egna behov och önskningsar innebär dock inte nödvändigtvis en lägre energianvändning. Det mest energieffektiva sättet för de boende att styra sitt smarta hus kanske går stick i stäv mot deras önskan att exempelvis minimera buller eller ha en hög innetemperatur. Hur insatta brukarna är i de smarta systemen och hur de uppfattar och reagerar på den variabel som

stys, exempelvis värmen eller luftflödet, påverkar hur de använder dem (Nordquist 2014). Nordquist menar att det därför är viktigt att ta hänsyn till brukarnas beteende när de smarta systemen utformas; både för att minimera energianvändningen och för att faktiskt beakta brukarnas vilja.

Referenslista till Kapitel 2

- Eriksson, S., 2014. Bostadshus med egen elproduktion - Hinder och möjligheter. Rapport LUTMDN/TMHP-14/5310-SE, Lunds Universitet - LTH.
- BFS 2011:26, Boverkets författningssamling, <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2011-26-BBR19.pdf>, [29 januari 2014].
- Blomsterberg Åke, 2009. Lågenergihus - En studie av olika koncept, Energi och byggnadsdesign, Lunds Tekniska Högskola, Rapport EBD-R-09/28, http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Slutrapport_laagenergihuskoncept_web.pdf, hämtat 20 januari 2014.
- Boverket, 2013. Boverkets byggregler, BBR. <http://www.boverket.se/BBR>, [14 mars 2014]
- ComputerSweden, u.å. Ordlistan, prosument, <http://cstjanster.idg.se/sprakwebben/ord.asp?ord=prosument>, [2 juni 2014]
- Energimyndigheten, 2012. Färdplan 2050 – Energimyndighetens underlag för sektorn bostäder och lokaler till Naturvårdsverkets uppdrag med en färdplan för ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser år 2050, ER 2012:28.
- E.ON, 2010. Smarta hus för framtidens energisystem, Pressmeddelande 8 juli 2010, <http://www.eon.se/om-eon/Press/Pressmeddelanden/Pressmeddelanden-2010/Smarta-hus-for-framtidens-energisystem/>, hämtat 21 januari 2014.
- Europeiska kommissionen, 2011. Meddelande från kommissionen till europaparlamentet, rådet, europeiska ekonomiska och sociala kommittén och regionkommittén – Smarta nät: från innovation till utbyggnad, KOM(2011)202 slutgiltig, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0202:FIN:SV:PDF>, [22 januari 2014].
- Malmö Högskola, 2010. Skiftesföreläsning #111: »Från konsumenter till prosumenter? Om allas vår del i produktionen«, <http://mah.se/Om-Malmo-hogskola/Oppna-evenemang/Skiften/Tidigare-Skiftesforelasningar/Skiftesforelasning-111-Fran-konsumenter-till-prosumenter-Om-allas-var-del-i-produktionen-/>, [2 juni 2014].
- Nohrstedt, L., 2014. Skarpa energikrav för NNE-hus dröjer, Ny Teknik 15 januari 2014, <http://www.nyteknik.se/nyheter/bygg/byggartiklar/article3798259.ece>, [11 februari 2014].
- Nordquist, B., 2014. Intervju med Birgitta Nordquist, Lunds Tekniska Högskola, 20 mars 2014.
- Näringsdepartementet, 2014. Uppdrag att föreslå definition och kvantitativ riktlinje avseende energihushållningskrav för nära-nollenergibyggnader, Regeringsbeslut II 2, Regeringsuppdrag N2014/75/E, s.1, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/23/21/95/95949450.pdf>, [11 februari 2014].

- PHI (Passive House Institute), 2013. The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany, rubrik "From the low-energy house to the Passive House", http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/examples/residential_buildings/single_-_family_houses/central_europe/the_world_s_first_passive_house_darmstadt-kranichstein_germany, hämtat 20 januari 2014.
- Regeringen, 2012. Regeringens skrivelse 2011/12:131 Vägen till nära-nollenergibyggnader, Skr. 2011/12:131, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/18/97/90/7427abd3.pdf>, [10 februari 2014].
- Schneider Electric, 2013. Smarta hus, <http://www.schneider-electric.se/sites/sweden/sv/kunder/konsument/smarta-hus/smarta-hus.page>, hämtat 21 januari 2014.
- SCNH, 2012. Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus – Bostäder, <http://www.nollhus.se/dokument/Kravspecifikation%20FEBY12%20-%20bostader%20sept.pdf>, hämtat 20 januari 2014.
- SCNH, 2013a. Passivhus, <http://www.nollhus.se/feby-12/passivhus-vaermefoerlusttal>, hämtat 20 januari 2014.
- SCNH, 2013b. Minienergihus, <http://www.nollhus.se/feby-12/minienergihus>, hämtat 21 januari 2014.
- SmartGrids, 2013. Frequently asked questions – 1. What is smart grids?, European technology platform for the electricity networks of the future, <http://www.smartgrids.eu/FAQ#12>, [21 maj 2014].
- Svensson, E., 2012. Passivhusläget i Sverige 2012 - en sammanställning kring byggandet av passivhus i Sverige, Industriprojekt för Passivhuscentrum Västra Götaland och Högskolan i Borås Institutionen Ingenjörshögskolan, http://www.passivhuscentrum.se/sites/default/files/passivhuslaget_i_sverige_2012.pdf, hämtat 20 januari 2014.
- Vattenfall, 2013. Det nya energilandskapet, <http://corporate.vattenfall.se/om-energi/det-nya-energilandskapet/>, [22 januari 2014].

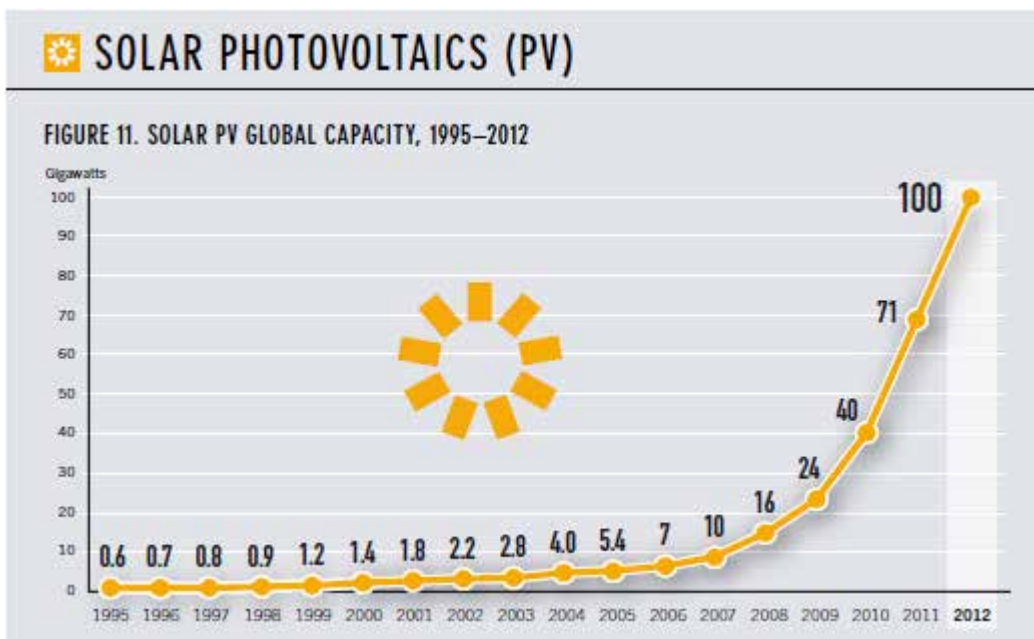
3. SYSTEM

I detta kapitel beskrivs kortfattat de system som använts för mikroelproduktion - solel, vindkraft, andra alternativa lösningar samt energilagring. Texten är hämtad ur en bok "Smart om smarta nät" [14] och omredigerad.

3.1 Solel

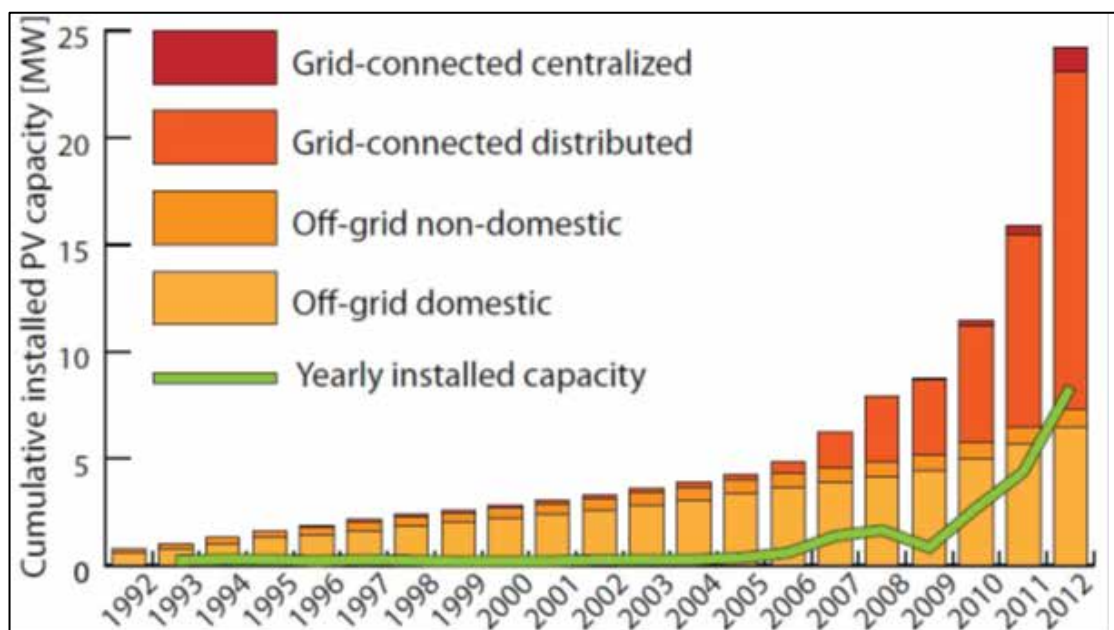
Solen strålar med en effekt på $1\,367\text{ W/m}^2$ på en vinkelrät yta vid jordens atmosfär. Detta tal kallas för solarkonstanten och är medelvärdet fördelat på hela jordens area. Solinstrålningen och därmed även mängden energi som kan träffa en solcell varierar kraftigt beroende på geografisk placering. Vid ekvatorn kan genomsnittsenergin vara över $2\,300\text{ kWh/m}^2$ per år medan den i södra Sverige ligger på ungefär $1\,000\text{ kWh/m}^2$ per år. Viktigt att notera är även skillnaderna i solinstrålningens infallsvinkel beroende på geografisk placering. Vid ekvatorn är det optimalt med solpaneler parallella med markplanet medan det i Sverige lämpar sig bättre att vinkla solcellerna upp från markplanet och mot söder på g a solens bana på norra halvklotet [6].

Produktion av el från solceller har använts sedan slutet på 60-talet, då man använde det på rymdfärjor för att generera el. Det är dock först de senaste 10-12 åren som utbredningen och utvecklingen av kommersiellt tillgängliga småskaliga solceller har ökat hastigt. Detta beror dels på teknikutvecklingen, vilken medför möjlighet till större produktionsvolymmer med bättre kvalitet till ett lägre pris, men även statliga subventioner i länder som Tyskland, Japan, Spanien och Danmark har bidragit till denna ökning. I Figur 3.1 visas den totala världsproduktionen av el från solceller, där man ser tydligt den drastiska ökningen de senaste åren.

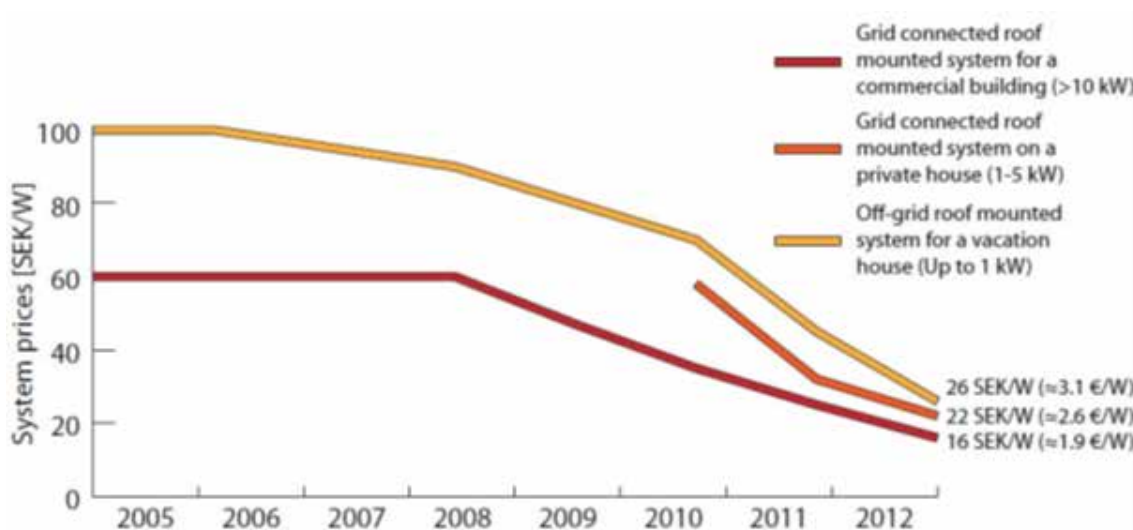


Figur 3.1. Den globala effekten installerad solel mellan 1995-2012 [1].

Liknande utveckling syns även i Sverige, där den kumulativa installerade effekten har ökat (se Figur 3.2) samtidigt som priserna per installerad W har minskat (Figur 3.3).



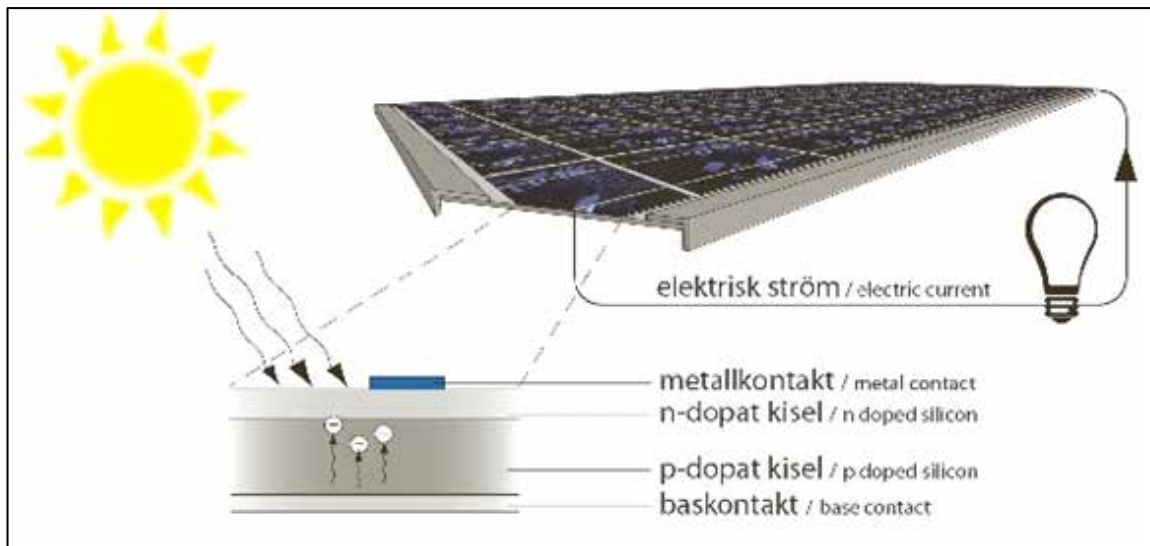
Figur 3.2. Kumulativ installerad effekt solcell i Sverige från 1992 till 2012 [2].



Figur 3.3. Kostnad per W för olika typer av solcellssystem [2].

Solceller, eller fotovoltaiska celler, omvandlar solenergi till elektrisk energi. Effekten som uppstår i cellen är direkt proportionell mot mängden sol som träffar ytan [3]. En enskild solcell skapar en relativt liten spänning, vilket resulterar i att man seriekopplar många celler till en solcellspanel för att komma upp i 12 eller 24 V likström [4]. Det som händer i den enskilda solcellen är att när den träffas av solljus, d.v.s. att en foton absorberas på cellens

framsida, exciteras en elektron från den P-dopade sidan och rör sig mot solcellens N-dopade framsida, se Figur 3.4. Solcellen polariseras alltså - framsidan blir negativt laddad och baksidan positivt. Denna laddning tas upp i form av elektrisk ström av metallkontakter som sitter på respektive sida.



Figur 3.4. Tekniken i en solcell [5].

Strömmen av elektroner från alla individuella celler tas om hand av en ledare som via en last leder den vidare ut från panelen [6]. Spänningen i varje enskild solcell ligger på ungefär 0,5-0,7 V. För att överhuvudtaget få ut någon ström består en solcellspanel, som tidigare nämnt, av ett flertal seriekopplade celler, vanligtvis 36 eller 72 stycken, som ger antingen 12 V eller 24 V [7]. Då cellerna är seriekopplade påverkas verkningsgraden avsevärt om en enda cell är trasig eller ligger i skugga. En vanlig lösning för att kringgå detta är användning av så kallade bypass-dioder som strömmen kan ledas genom, istället för genom den trasiga solcellen [6]. Verkningsgraden skiljer sig mellan de olika typerna av solceller - monokristallint kisel ligger på runt 15 %, polykristallint kisel på 13 %, tunnfilm kisel på 6 % och tunnfilm SIGS på 10 %, för att nämna några [13]. För att kunna koppla solcellspanelen till elnätet krävs en växelriktare som omvandlar den producerade likströmmen till växelström. Det finns växelriktare som skickar strömmen ut på näten via en fas eller tre faser [8].

3.2 Vindkraft

Att utnyttja vindens energi för kraftförsörjning är inte något nytt. Vindsnurror för att driva kvarnar och vattenpumpar har funnits i många år. Efter att utbyggnad av vindkraft för att generera el under en tid främst skett storskaligt, uppmärksammas nu möjligheter för en eventuell ökning av **småskalig** vindkraft.

Då vindens effekt är proportionerlig mot vindhastigheten i kubik är det av största vikt att man försäkras om att det råder gynnsamma vindförhållanden där man tänkt uppföra vindkraftverket. Även luftfuktighet och temperatur påverkar visserligen det teoretiskt

möjliga effektuttaget, eftersom de är relaterade till luftens densitet, men de är av lägre betydelse.

Vindkartor visar ofta genomsnittliga vindhastigheter på höjder runt 50, 70 och 100 meter över ett nollplan. Nollplanet är nivån som upplevs som marknivå för vindens gränsskikt och beror av exempelvis bebyggelse och vegetation. Detta innebär att den faktiska höjden över marken för vindmätningarna kan vara något högre än de nollplansförskjutna nivåerna. För att nå till sådana höjder krävs stora verk vilket gör att dessa värden inte är direkt användbara för en privatperson som önskar sätta upp ett vindkraftverk för mikroproduktion. Det finns däremot en metod för att räkna ut den ungefärliga hastigheten.

Power-law-metoden, Ekvation 3.1 nedan, är ett sätt att uppskatta vindhastigheten för en annan höjd än den som är given för den nollplansförskjutna vindkartan. Metoden är på intet sätt exakt, men ger en bra approximation av vindhastigheten vid marken. V står för hastigheten, H för höjden och 0 indikerar det ursprungliga värdet. Alfa är en koefficient som varierar beroende på gränsskiktets struktur och är olika exempelvis för skog, lägre markvegetation och urbana miljöer. Villaområden ligger i området $\alpha = 0,3$.

$$V = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha \cdot V_0 \quad (3.1)$$

Vindkartorna har ofta upplösningen 1 km vilket innebär att det med största sannolikhet kan finnas lokala variationer inom området. Därför kan det vara lämpligt att, utöver att studera vindkartor, undersöka om det i nuläget finns några uppenbara hinder för vinden i närheten av vindkraftverkets tänkta position samt beakta eventuell tillväxt av vegetation eller uppförande av byggnader i området.

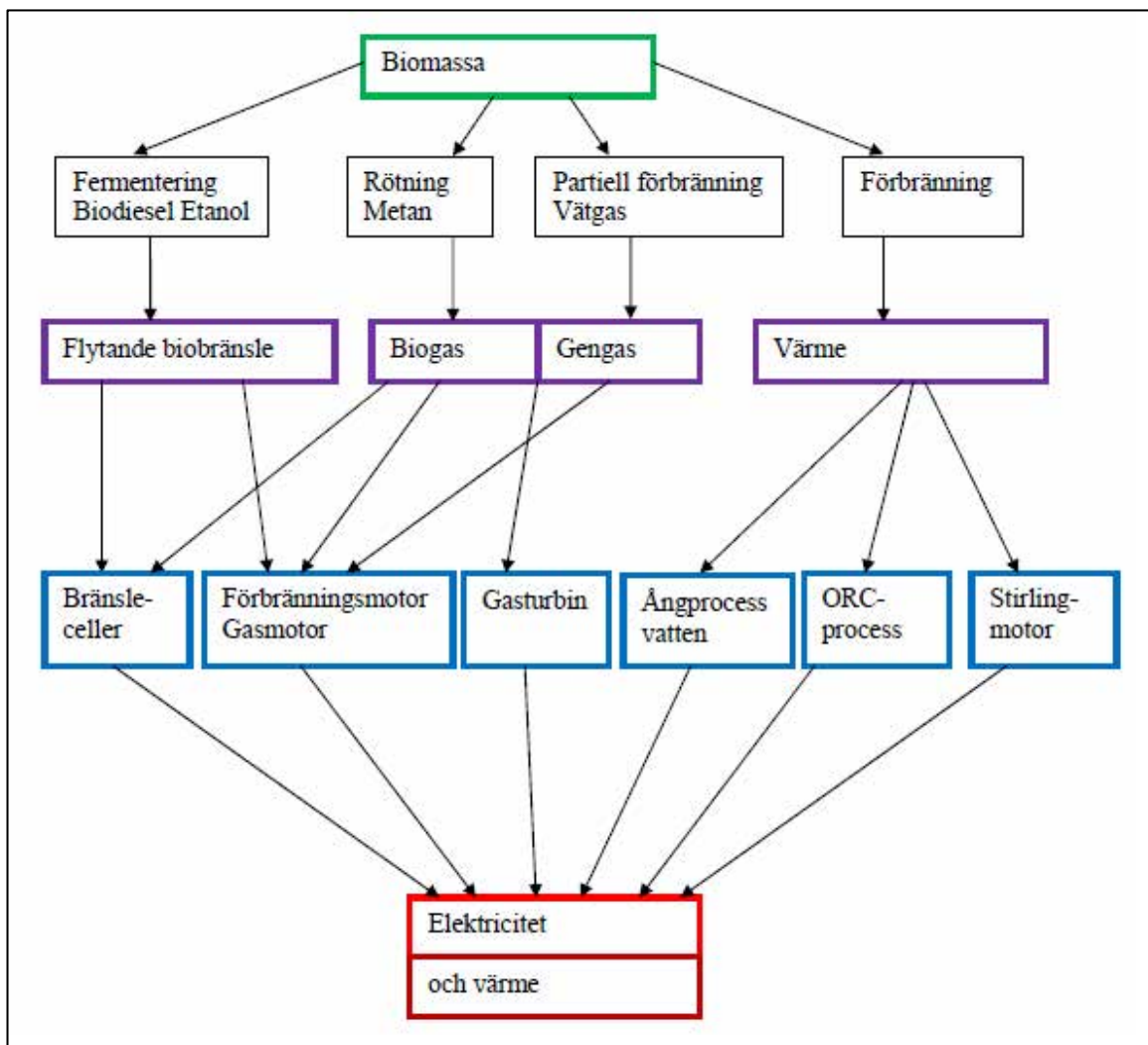
Medan de flesta storskaliga vindkraftverken är av horisontell typ kan det för småskalig produktion i många fall vara fördelaktigt med ett vertikalt. Detta grundar sig delvis i lagar som styr bygglov för småskaliga anläggningar, vilka bland annat tillåter en maximi höjd på kraftverket till 20 meter och en maximal diameter på rotorn om 3 meter. Själva geometrin av ett vertikalexlat verk tillåter en större svept area för samma diameter eftersom vingarna kan göras längre. Detta är önskvärt eftersom den teoretiskt tillgängliga effekten i vinden skalar linjärt med den svepta arean. Vidare har de fördelar i att de hanterar intermittent vindbelastning bättre samt är oberoende av vindriktning [9].

3.3 Övrig småskalig elproduktion

Förutom solceller och vindkraft kan man givetvis använda sig av övriga typer av elproduktionstekniker och tillämpa dem på en mikroproduktionsnivå. Småskalig vattenkraft använder sig av samma teknik som i vanliga vattenkraftverk vilket innebär att omvandla vattnets lägesenergi till el via en turbin som är kopplad till en generator och en transformator. Vattenkraftanläggningar med en effekt under 1 500 kW definieras i Sverige som småskaliga [10].

Figur 3.5 visar hur man kan producera el via olika omvandlingsprocesser av biomassa. Alla dessa går teoretiskt sett att applicera på mikroproduktion av el, men många av dem blir i praktiken kostnadsmissigt helt orimliga.

Kraftvärmeanläggningar är ett av exemplen i Figur 3.5 på el- och värmeproduktion som går att tillämpa på en mikroskala; biomassa används ofta som bränsle här. Ett alternativ till den klassiska ångcykeln är ORC (Organic Rankine Cycle) som använder en organisk vätska som arbetande medium istället för vatten. Fördelen med denna teknik är att man kan utvinna arbete vid lägre temperaturer, vilket lämpar sig bra för just biomassa och således mikroproduktion. Denna teknik är på frammarsch idag [12].



Figur 3.5. Omvandlingsprocesser för biomassa till el och värme [11].

3.4 Penetrationspotential för mikroproduktion

Vattenkraft är beroende av närliggande vattendrag och olika typer av kraftvärmeanläggningar är inte bara beroende av biomassa som input, utan är även relativt tekniskt komplexa. Detta gör att tillgängligheten på en mikroproduktionsnivå är avsevärt mindre än för mikroproduktion från vindkraft och solceller. Därför bedöms övrig mikroproduktion inte få samma genomslag inom en överskådlig framtid som vindkraft och solceller har.

Referenslista till Kapitel 3

1. REN21, Renewables 2013: Global status report, 2012.
2. Lindahl, J. National Survey Report of PV Power Applications in Sweden -2012, Uppsala Universitet, 2013.
3. Jansson, S. Skugginverkan på PV-moduler, u.o. : Vattenfall AB, 2001.
4. Sigurd, D och Stolt, L. Solcell, Nationalencyklopedin, [Online 17 10 2013] [http://www,ne,se/lang/solcell](http://www.ne.se/lang/solcell).
5. SRS, Solel, Solar Region Skåne, [Online 17 10 2013] <http://www,solarregion,se/index,php?id=191>.
6. Berg, N och Estenlund, S. Solceller i elnät: Betydande andel solcellers inverkan på lågspänningsnätet, Lunds Tekniska Högskola, 2013.
7. 24 Volt, Solpanel, [Online 15 11 2013] <http://24volt,eu/solcell,php>.
8. SvenskEnergi. Anslutning av mikroproduktion till konsumtionsanläggningar - MIKRO, utgåva 1. Svensk Energi, 2011.
9. S, L Dixon, C, A Hall. Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, 2010.
10. Söderberg, C. Småskalig vattenkraft, 2005, ISBN 91-631-6908-8.
11. Lorenz, K. Teknik för småskalig elproduktion, u.o. : Projekt SWX-Energi, Energimyndigheten, 2012.
12. Kjellström, B. Forskning och utveckling med tillämpning för småskalig kraftvärmeproduktion ur biobränsle, u.o. : Energimyndigheten, 2007.
13. Kjellsson, E. Föreläsning om solceller. Avdelningen för byggnadsfysik, LTH, den 14 10 2013.
14. Jonsson, L & Persson, J. Mikroproduktion av el. I boken Smart om smarta nät (Pyrko, red.). Lunds Universitet, Energivetenskaper, LUTMDN/TMHP-14/3053-SE, 2014.

4 ENERGILAGRING

Texten i detta kapitel är hämtad ur en bok "Smart om smarta nät" [7] och omredigerad.

Med en större andel klimatneutral energi i Sveriges energimix behövs effektiva energilagringmetoder för att kunna reglera och tillgodogöra sig energin när samhället behöver den. Ett konkret exempel är vindkraften som är på väg att gå från att vara en liten del av vår energimix till att uppnå en storlek likvärdig en basproducent, ju mer den byggs ut. Vindkraften är mycket mer nyckfull än till exempel ett kärnkraftverk och behöver därför regleras på ett helt annat sätt. Hade det varit möjligt att reglera vindkraften mot ett energilager skulle det vara möjligt att använda vindkraften som en oberoende basproducent. Att det med andra ord inte behövs någon reservkraft då det slutar blåsa och istället ta energin från ett energilager utan att behöva höja lasten i till exempel kärnkraftsverken.

För att Sverige ska kunna uppnå målen med ett klimatneutralt samhälle år 2050 behövs effektiv, prisvärd och klimatneutral energilagring i kombination med ett smart elnät. Ett elnät som kan mäta när det finns ett överskott av energi och kan lagra detta överskott på ett effektivt sätt. I dagsläget finns ingen industristandard eller utarbetad lösning för hur detta ska uppnås på bästa sätt. Det finns ännu färre lösningar på energilagring för villor eller villaområden.

4.1 Vattenlager

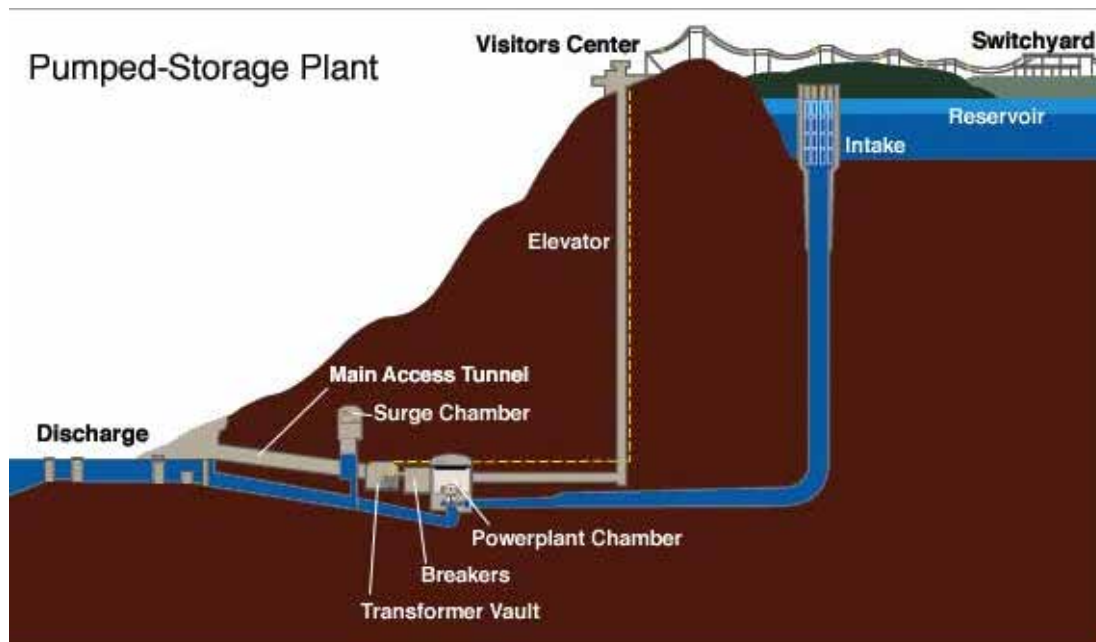
Att omvandla lägesenergi till rörelseenergi är en väldigt gammal energiomvandlingsmetod. Både Sverige och Norge har omfattande vattenkraft som utgör basen i vårt energiförsörjningssystem som tillämpar just omvandling av lägesenergi till elektricitet.

Funktion

När syftet istället är att lagra energi så görs det motsatta. Genom att pumpa upp vatten till en högre höjd, omvandlas energin till lägesenergi, energin kan sedan lagras till ett tillfälle då behovet för den finns. När väl efterfrågan har uppstått skickas vattnet tillbaka ner för höjden och körs genom en vattenturbin. Se Figur 4.1 för en schematisk bild över hur det kan se ut. Dock är inte en pumpningsväg uppåt för vattnet utritat men principen för ett vattenlager framgår.

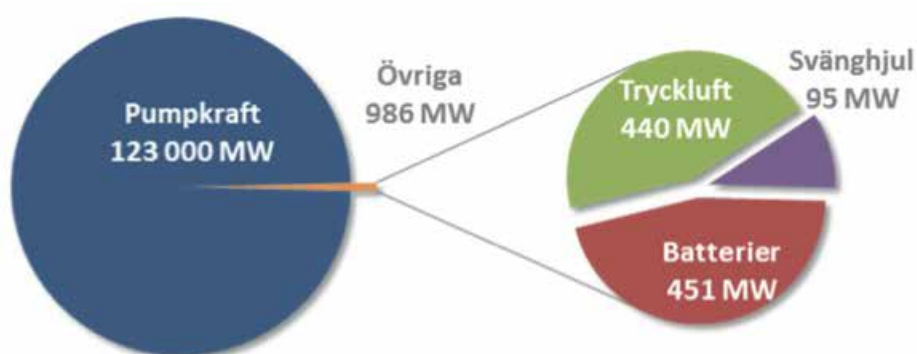
Faktum är att när olika energilager jämförs så är det just pumpkraftverk som utgör de största, räknat i energimängd, energilagren i världen. Med pumpkraftverk menas att vattnet pumpas upp för att skapa lägesenergi. Istället för att det får sin lägesenergi på ett naturligt sätt, ett sådant exempel är till exempel nederbörd på en högre höjd och kallas då vattenkraft. Rent kommersiellt finns det pumpkraftverk som drar nytta av att det oftast är ett lägre elpris på nätter och köper då billig el för att pumpa vatten till en högre höjd. När det sedan blir dag och elpriset går upp med efterfrågan så skickas vattnet tillbaka ner och den producerade elen säljs till det högre priset. Ett sådant exempel är Hohenwarte II [1] i Tyskland som ägs av Vattenfall.

Pumpkraftverk är som sagt den absolut vanligaste tekniken för att lagra energi. I Figur 4.2 syns det tydligt att pumpkraften har en ohotad första plats i världen som den största formen av energilager [2].



Figur 4.1. Skiss över pumpkraftverk [1].

Anledningen till att pumpkraftverkstekniken är så utbredd beror främst på att det är en erkänd och välbeprövad teknik. Den har använts mycket och branschen har en god uppfattning över kostnader och när tekniken är fördelaktig att använda. Generellt anges en totalverkningsgrad på 80 % som riktvärde för ett pumpkraftverk[1, 2]. Med totalverkningsgrad menas att hela anläggningen har en verkningsgrad på ungefär 80 %, med andra ord fås ungefär 80 % av den el som används för att pumpa upp vatten tillbaka i form av elektricitet till konsumenter. Förlusterna uppkommer bland annat från generatorer, friktion och turbinverkningsgrad.



Figur 4.2. Effektfördelning mellan de vanligaste energilagringsteknikerna [2].

Pumpkraftverken idag är förhållandevis stora, de används ofta för att balansera hela elnät och det finns egentligen inget småskaligt tänk med denna lagringsmetod. Dels är det allt som

oftast inte lönsamt att bygga om det inte finns en naturlig höjdskillnad att dra nytta av och dels så krävs stora investeringar både i pumpar, turbiner och dammar.

Kapacitet

Det finns inga kända begränsningar för hur stora anläggningar som kan byggas. Dock begränsas energilagringen av hur många pumpar verket har och hur snabbt de går att starta. Ju fler pumpar som kan sättas igång desto större energilagring går att göra under en viss tidsperiod. Däremot är energitillförseln till elnätet väldigt snabb, en jämförelse kan göras med att vattenkraft används som reglerkraft i Sverige och ett pumpkraftverk kan reagera lika snabbt. Dock så finns det även en begränsning här i hur många turbiner verket har att tillgå, eller storleken på dem.

Det går alldeles utmärkt att lagra energin över långa tidsperioder i vattenlager. Det enda som kan försvåra det framtida energiuttaget är naturliga fenomen, så som isbildning och så vidare. Däremot kan problem uppkomma om det är en lång period av väldigt ihållande regn. Det vatten som samlas i vattenlagret är i och för sig gratis energi men det tar samtidigt upp plats som inte kan utnyttjas för energilagring via pumparna. Dock finns det inga indikationer på att detta skulle vara något omfattande problem för just pumpkraftverken. Däremot har vattenkraftverken fått problem när det har börjat töa och för mycket vatten har runnit till i magasinen.

En vanlig villa som inte har direktverkande el brukar ha en årskonsumtion på upp till 10 000 kWh [29], eller cirka 27 kWh per dag. Det antas att hälften av totalsumman går till varmvatten och resterande till hushållsel. För hela kvarter blir detta en konsumtion på 540 kWh per dag. Ponera nu att villaområdet vill ha energilagring för lite över 50 % av sitt dagsbehov. En tank på 50 m³ vatten måste placeras på en orimligt hög höjd av ca 2 000 m.

Ifall det antas att villaområdet lyckas få bygglov för ett pumpkraftverk så högt som 50 meter, hur mycket vatten måste tanken då rymma? Svaret blir 2 200 m³, vilket också är ganska orimligt. Det krävs med andra ord ett förhållandevis stort pumpkraftverk för att få ekonomin att gå ihop om inte en naturlig höjdskillnad eller vattenreservoar kan användas.

Användningsområden

Idag finns det pumpkraftverk över hela världen, det byggs till exempel verk både i Österrike och Schweiz [2]. Eftersom verken allt som oftast ligger ovan jord påverkar det natur mer än vad det kanske hade varit önskvärt. Dels tar dammarna upp mycket utrymme men det behövs även olika former av kraftledning till och från verket som tar mycket landområden i anspråk. När pumpkraftverken blir tillräckligt stora brukar redan befintligt högt belägna sjöar användas som vattenlager. Det är som visat oerhört kostnadsbesparande att slippa bygga ett eget vattenlager. I föregående avsnitt visades det att det dels krävs en förhållandevis hög höjd, för att komma upp i tillräckliga energimängder, eller ett stort massflöde. I och med att det krävs så stora massflöden behövs det stora ytor eller att landskapet måste förändras radikalt för att kunna få ut stora effekter.

En lösning på detta, som föreslås av ett amerikanskt entreprenörsföretag, är att gräva ner pumpkraftverken under jord [2]. Tanken är att borra ett stort cirkulärt hål och låta en stor cementkolv föras upp och ner i hålet genom att ömsom pumpa in och släppa ut vatten.

Enligt företagets beräkningar ska det vara möjligt att lagra uppemot 200 MWh energi på detta sätt.

Ett annat intressant projekt testas utanför Norge [3]. Idén kommer från en grupp tyska forskare och företag. Genom att sänka ner betongkolor djupt ner i hav eller sjöar och sedan pumpa dem tomma, tills att nästan vakuum uppstår, kan energi lagras och återfås när vatten tillåts strömma tillbaka in i kulan. Inom tre år förväntas gruppen testa med klor på uppemot 30 meter i diameter och på 700 meters djup. Blir detta verklighet kommer de att kunna lagra uppemot 20 MWh i varje kula.

4.2 Tryckluftslager

Att använda tryckluft för att utföra olika typer av arbeten är en gammal och väl beprövad metod. Redan under 1800-talet fanns det stadsnät med tryckluft för att utföra olika typer av arbetsuppgifter, till exempel drevs mekaniska klockor [2]. I industrin används tekniken väldigt ofta. Tillverkningsindustrin använder den för att driva olika former av verktyg och därmed göra dem lättare och i det långa loppet förhindra arbetsskador på sina anställda. Även kraftverk använder oerhörda mängder tryckluft, till exempel drivs ofta mätinstrument och ventiler av tryckluft. Vid termiska kraftverk används det också ofta för att blåsa rent olika typer av filter vid rökgasrening.

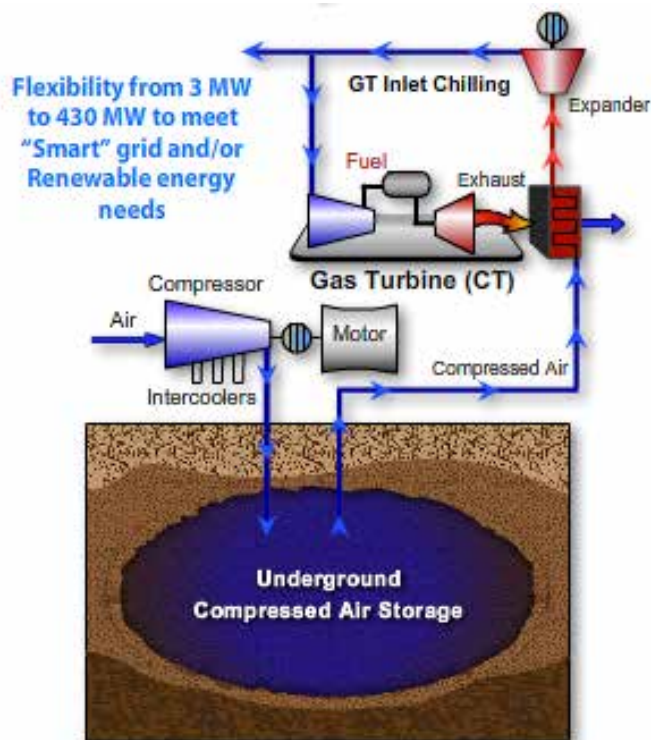
Funktion

I modern tid finns olika typer av CAES (Compressed Air Energy Storage). Ju större lager som behöver byggas desto större behållare för tryckluften behövs. För att slippa konstruera enorma tryckluftsbehållare så används med fördel utjänta gruvor som tryckluftslager. Saltgruvor är fördelaktiga då de är förhållandevis täta och berget reagerar inte med luften [4]. Det finns framförallt två fördelar med detta. Det första är, som redan nämnt, att inte behöva konstruera nya behållare för tryckluften och det andra är att undvika kostnaden för att fylla igen nedlagda gruvor. Detta gör denna typ av energilagring attraktiv även för gruv- och oljebolag.

När luft komprimeras höjs dess temperatur, mestadels på grund av friktion. Denna temperaturhöjning gör det möjligt att använda den nu varma luften i en gasturbin, se Figur 4.3 som exempel.

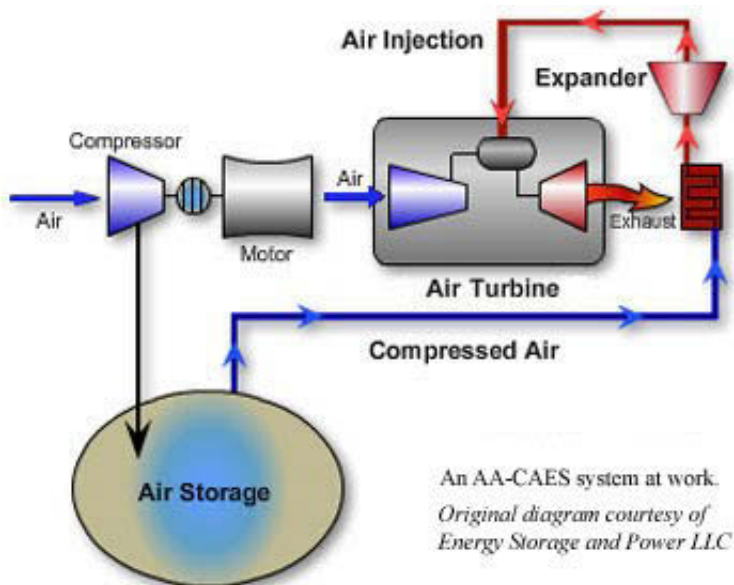
I Figur 4.3 finns även en brännkammare som tillför extra energi till luften som sedan kan tas ut i turbinen i form av elektricitet. Ett exempel på en sådan anläggning finns i Huntorf i Tyskland [2]. Anläggningen kan leverera upp till 300 MW i tre timmar och byggdes redan 1978. Det finns även samma typ av anläggningar i USA. Eftersom luften värms upp vid kompressionen finns det en begränsning i hur länge den kan lagras utan att avsevärda förluster uppstår när den kyls mot dess omgivning.

Att blanda tryckluften med gas för att få ut mer energi är ett sätt att utvinna den lagrade energin. Dock finns det tankar om att slippa tillföra det extra bränslet. Att då istället komprimera luften till en så pass hög temperatur att den kan köras genom en turbin utan att behöva tillsätta mer energi i form av bränsle [2].



Figur 4.3. Processchema över CAES med gasturbin [2].

Detta görs på bästa sätt genom att använda en process som är adiabatisk, vilket innebär att det inte tillförs eller bortförs någon värme (processen visas grafiskt i Figur 4.4). Det skulle då vara möjligt att komma upp i 70 % verkningsgrad [4]. Ur miljösynpunkt är denna teknik den mest intressanta då det i praktiken innebär ett helt utsläppsneutralt energilager.



Figur 4.4. CAES utan tillsats av bränsle i gasturbinen [4].

En stor begränsning är att det krävs någon form av utrymme att lagra den komprimerade luften i. Antingen används ett industritillverkat tryckkärl eller något form av utrymme under jord, antingen skapat av människan eller naturen. Det billigaste av dessa två alternativen är utrymmet under jord, förutsatt att det redan existerar. Detta kan sätta en geografisk begränsning på var CAES kan byggas då kostnaden för ett industritillverkat tryckkärl ofta kan ses som en onödig kostnad.

Kapacitet

Det finns egentligen ingen teknisk begränsning vad gäller hur stora CAES som går att bygga. Då är det snarare fysiska begränsningar, så som storlek på schakten som ska användas och liknande, som sätter upp hinder. Däremot finns det en begränsning i hur mycket luften kan komprimeras, eller hur varm den kan göras, och ändå få tillbaka den energi som lagras i tryckluften. Detta märks tydligt när det talas om stora anläggningar, som nästan alltid använder olika former av nedlagda gruvor som lager, då dessa inte är isolerade mot omgivning och tryckluften kyls förhållandevis snabbt. Alltså används en del av energin, som skulle lagras till ett senare tillfälle, till att värma upp marken kring själva schaktet eller gruvan.

Enligt värmeöverföringsläran [5] ökar värmeöverföringshastigheten ju större temperaturdifferens det finns mellan en kall och en varm kropp. I detta fall är den varma kroppen tryckluften och den kalla kroppen omgivande berg och jord. Detta gör att det finns ett optimum för varje anläggning då det inte lönar sig att komprimera luften mer för att förlusterna mot omgivning är för stora. Då varje anläggning inte behöver vara den andra lik, kan detta optimum variera, bland annat på grund av kompositionen av berget eller jorden kring själva lagret.

Själva hastigheten på energilagringen bestäms utifrån hur många och hur stora kompressorer som används. Själva tekniken i sig sätter inga begränsningar för hur snabbt eller hur mycket energi som kan lagras, utan det bestäms utifrån designen på varje anläggning.

Kostnaden för en CAES-anläggning bedöms variera mellan 250-500 USD per kWh [2], vilket med dagens (i juni 2015) växlingskurs blir ca 1 600-3 200 kr. Ju mer som går att återanvända, i form av "lagerlokal" desto billigare blir det. Sedan kommer produktionskostnaden att variera kraftigt beroende på om det tillsätts naturgas, vilket i dagsläget är väldigt dyrt, eller om endast tryckluften i sig kommer att vara den drivande kraften.

Företaget SustainX [2] fick år 2009 anslag från den amerikanska staten att undersöka lagring av tryckluft i ett vanligt industritryckkärl via en isotermprocess. Detta är den enda gången ett mer småskaligt projekt gällande tryckluft nämns, dock finns det inga uppskattningar av kostnaderna eller effektiviteten.

Användningsområden

Som nämnts tidigare, används CAES både i Europa och i USA dock är det just USA som går i bräschen för tekniken. Det pågår projekt på flera olika platser i landet där en av de största ligger i Iowa [2] och är tänkt att dra nytta av en underjordisk sandstensreservoar. Lokalise-

ringen av Iowa-projektet är mycket fördelaktig då det både är nära till naturgasnätet och distributionelnätet.

Ett av de mer intressanta projekten drivs av företaget Bright Energy Storage [2]. Deras idé är att lagra tryckluft i stora avlånga plastpåsar under vatten. Genom att lagra tryckluften med en hydrostatisk jämvikt med omgivande vatten krävs mycket mindre av behållaren, hållfasthetsmässigt, än på land. Bright Energy Storage räknar med en kostnad på 25-75 USD per kWh för denna teknik.

4.3 Termisk energilagring genom fasändring

Med termiska energilager förs tankarna gärna till olika former av varmvattenlager, ofta i samband med ett fjärrvärmenät. Dock är det en stor utmaning att kunna lagra varmvatten eller kallvatten från årstid till årstid, så kallad säsongslagring. När det krävs energilagring under en så pass lång tid börjar PCM (Phase change material)-energilager att komma in i bilden som ett lönsamt alternativ. De har till exempel haft framgång i att lagra kyla från vintern till sommaren med goda resultat, bland annat i Sundsvall.

I detta avsnitt ska termiska energilager genom fasändringar utredas och värderas. Med fasändring menas att ett material går från en fas (gas, fast eller flytande fas) till en annan. Genom att till exempel frysa vatten ändras fasen från flytande till fastfas. Isen kan då lagras till sommaren och utnyttjas då behovet av kyla finns under de varma sommarmånaderna.

Funktion

För att skapa ett LTES-lager (Latent thermal energy storage) krävs en temperaturskillnad mellan materialet, som ska ändra fas, och dess värme eller kylkälla. En källa kan antingen manipuleras för att påverka dess temperatur, till exempel genom att värma luften kring ett PCM, eller så är källan naturligt varm eller kall.

Processen vid LTES delas generellt in i två steg [6]. I det första steget överförs värme eller kyla till PCM:et. Den termiska energin överförs olika snabbt dels beroende på PCM och dels beroende på hur stor temperaturskillnaden är mellan PCM:et och dess källa. Självklart spelar även överföringsytans storlek roll liksom en rad andra parametrar. Generellt är det dock vilket PCM som används samt temperaturskillnaden [5] mellan PCM:et och dess omgivning som påverkar överföringen av den termiska energin mest. Den termiska energin flyttas från källan till PCM:et under detta steg.

Steg två är när ovanstående steg sker omvänt. Alltså när PCM:et släpper ifrån sig den termiska energin den tog emot i det första steget. Antingen kan den termiska energin gå tillbaka till den källa den har fått energin ifrån eller vidare till någon helt annan källa. Det som krävs är att det finns en temperaturskillnad mellan PCM:et och det som ska ta upp energin. Själva fasändringarna sker när PCM:et tar emot och släpper ifrån sig den termiska energin. Till exempel kan den gå från fast till flytande, PCM:et tar upp värme, och sedan tillbaka från flytande till fast, PCM:et släpper ifrån sig värme.

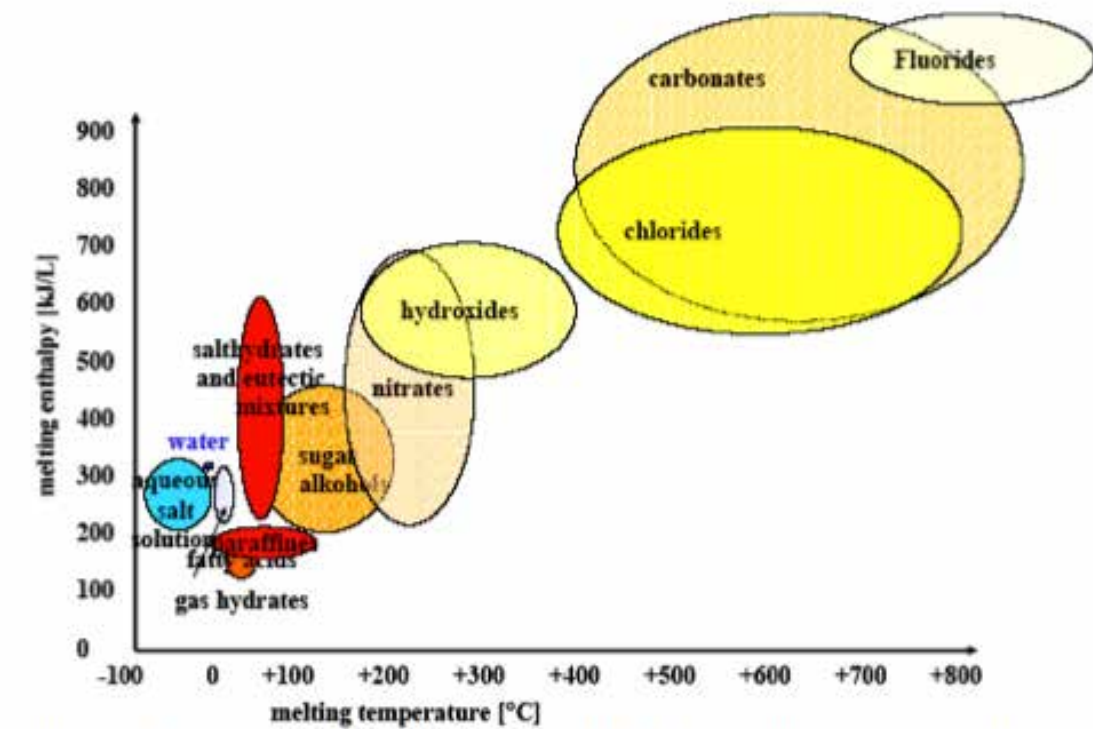
PCM

Med PCM menas material som har "goda latent egenskaper" [6]. Detta uttryck syftar till att materialet ska inneha vissa grundläggande karaktärsdrag. De absolut viktigaste är att materialet har en hög energidensitet och att materialet ska klara av många fasändringar utan att dess prestanda försämras. Vatten är ett bra exempel på ett PCM som inte ändrar egenskaper oavsett hur många nedfrysningar och upptiningar som sker. PCM:en delas in i fem huvudklasser, se Figur 4.5 nedan.



Figur 4.5. Indelning av PCM [6].

PCM:en delas alltså in efter vilka faser de går mellan vid energimottagning eller energiavgivning. Vidare brukar dessa huvudklasser också delas upp i organiska och oorganiska material, då sådana existerar. Figurer 4.6 och 4.7 visar en sammanställning över olika PCM-material egenskaper, fördelar och nackdelar.



Figur 4.6. Potentiella PCM tillsammans med deras smältentalpier [6].

Materialklass	Organiska paraffiner	Organiska icke-paraffiner	Oorganiska salt-/vatten-baserade	Övriga oorganiska
Egenskap/storhet				
$\Delta h_{smält}$ [kJ/kg]	100 – 240	150 – 200	150 – 300	150 – 400
Smälttemperatur [°C]	0 – 100	30 – 200	-90 – 120	170 – 1 000
k [W/m·K]	0,15 – 0,35	0,15 – 0,16	0,5 – 20	10 – 100
Densitet [kg/m ³]	800 – 1 800	900 – 1 800	900 – 2 200	900 – 4 000
Termisk expansion	Hög	Måttlig	Låg	Låg
Dekomposition	Nej	För vissa	För vissa	Nej
Underkylning	Nej	Nej	För vissa	Nej
Korrosivitet	Nej	För vissa	Hög	För vissa
Toxicitet	Nej	För vissa	För vissa	Nej
Brandrisk	Hög	Hög	Låg	Nej

Källor: O'Conner J. och Weber R., 1997; Dinçer I. och Rosen M. A., 2002; IEA, 2002 - 2004; Neuschuetz M, 2005.

Figur 4.7. Jämförelse mellan olika typer av PCM [6].

Användningsområden

Det som främst kan lagras med PCM är antingen värme eller kyla. Att spara andra former av energi är i och för sig möjligt men i så fall måste den omvandlas till värme eller kyla. Ett exempel på detta finns i Japan där PCM laddas med kyla under natten med el, då elen är billigare, och används sedan under dagen då elen stiger i pris i och med att efterfrågan ökar.

Det finns en mängd användningsområden för PCM men för LTES och TES (Thermal energy storage) finns det ett antal som är mer lämpliga. För att lagra värme i ett par dagar upp emot en vecka, fungerar olika varmvattenlager tillfredsställande och till en förhållandevis låg kostnad. Detta gäller framförallt värmelager; vid kylagring är PCM effektivare [6].

När det krävs så kallad säsongslagring, från vinter till sommar eller tvärtom, fungerar inte vattenlagring i tankform lika bra och då kan PCM:en börja konkurrera på allvar. De flesta studier som har gjorts har dock jämfört LTES med andra former av energilagring, som till exempel kylanläggningar med värmepumpsteknik.

En av dessa studier kommer från USA [6] och visar på att ett förhållandevis stort hus, över 200 m², kan få en väldigt god kylning med hjälp av PCM istället för vanlig luftkonditionering. Jämförelsen gjordes genom att jämföra vanlig kylteknik med samma kylteknik men med ett PCM som hjälpmedel. Detta skulle enligt Benz och Valenta [6], som genomförde studien, vara möjligt och dessutom skulle det vara möjligt att spara 240 000 kr på att välja ett system med PCM istället för en vanlig kylanläggning.

Ett exempel på en verklig kylanläggning med PCM är Sundsvalls sjukhus som använder snö från vintern till att kyla sina lokaler under sommaren [6]. Snön isoleras med hjälp av sågspån och värmeutbytet mellan kallvattnet och sjukhuset sker via en värmeväxlare på 1000 kW. Systemet gör en driftskostnadsbesparing på 150 000 kr per år jämfört med den tidigare luftkonditioneringsutrustningen.

Ett intressant område för PCM är energilagring i byggnader [8] där det går att använda PCM:et som ett isoleringslager i ytterskalskonstruktionen, se Figur 4.8 som ett exempel.



Figur 4.8. Integrerat PCM i byggmaterial [8].

Tanken med att integrera PCM i byggmaterial är att öka byggnadens förmåga att lagra solvärme under dagen och sedan kunna värma upp sig själv under natten. De studier som har gjorts konstaterar att användandet av PCM i tegelstenar ökar kraftigt deras förmåga att lagra solvärmens [8].

Kapacitet

Egentligen finns inga begränsningar vad gäller hur stora eller hur små energilagren kan vara. Dock finns det en koppling till hur länge det går att lagra energin och hur stora dessa lager då behöver vara. Ju mer PCM som används desto mindre energiförluster generas och därmed erhålls ett bättre lager.

För att få ett lönsamt energilager står valet av PCM i huvudfokus. Ifall anläggningen som behöver kyla har fri tillgång till snö så bör det användas. Har anläggningen ett sätt att få billig el, till exempel via ett vindkraftverk, bör ett glykolbaserat PCM användas för att få bättre energidensitet [6].

4.4 Kryogenisk energilagring

Kryogenisk energilagring går ut på att omvandla vanligt syre till flytande syre. Precis som ett PCM som föregående stycke handlade om. Redan under sent 1800-tal fanns det bilar som drevs med flytande syre. Verkningsgraden var däremot för dålig för att kunna konkurrera

med Otto och Diesel motorerna. Genombrottet kom först på 2000-talet då en brittisk uppfinnare förfinade tekniken och gjorde den kommersiell [14].

Funktion

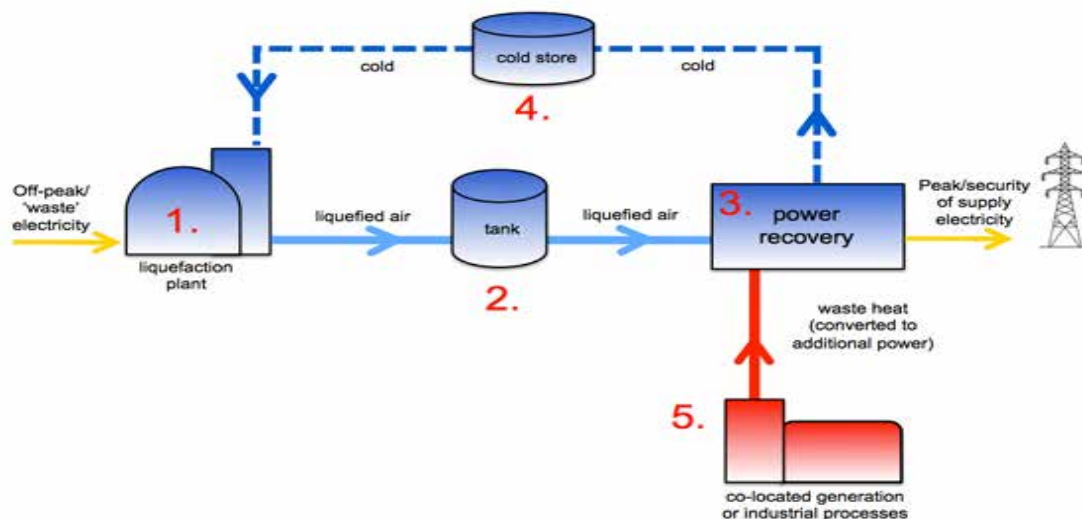
Detta är en teknik som till skillnad från många andra som tas upp i denna del är explicit designad för att lagra överskottselektricitet från elnätet, se Figur 4.9.

När det finns ett överskott av el, till exempel nattetid, så används den för att tillverka flytande syre. Syret hämtas vid atmosfäriskt tryck och temperatur. Första gången detta sker går det inte att dra nytta av "cold store" (4) som visas i Figur 4.9, då detta inte existerar under första cykeln [9, 10].

Den teknik som används för att göra om vanlig luft till flytande syre är identisk med den teknik som används för att tillverka LNG (Liquid natural gas) [9]. Med andra ord är den etablerad och välbeprövad.

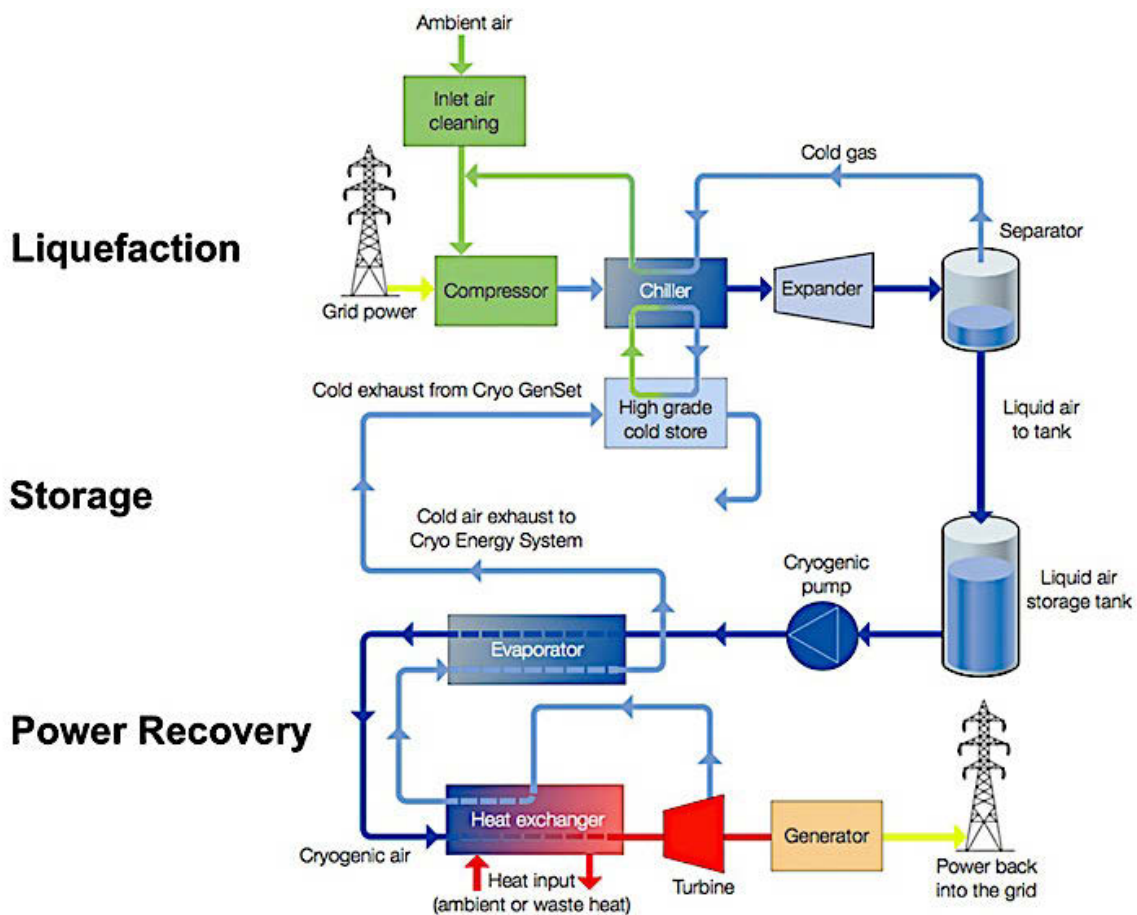
Atmosfärisk luft består till en viss del av vatten, beroende på årstid och geografisk plats. När luften inte innehåller vatten och därmed betecknas som torr består den mest av kväve och syre, cirka 78 % kväve respektive 21 % syre [11]. Alltså kommer det att bli en del restprodukter när luften kondenseras för att tillgodo göra sig syret.

Efter att processen har tagit fram flytande syre mellanlagras den i en tryckbehållare, vilket också är en välanvänd LNG-teknik. För att tillslut pumpas upp till ett högt tryck och expandera igenom en turbin som driver en generator och kan leverera tillbaka elen till elnätet. Figur 4.9 föreställer en väldigt förenklad bild över processen som är bra för att få en överblick.



Figur 4.9. Förenklad bild av kryogeniska processen [9].

I Figur 4.10 visas processen mer utförligt vilket krävs när detaljerna, så som vad som egentligen händer i "power recovery", ska förklaras.



Figur 4.10. Detaljerad bild över den kryogeniska processen [10].

Som Figur 4.10 visar, kan processen egentligen delas in i tre steg som översatt blir kondensering, lagring och kraftåtervinning. Enligt tidigare tas alltså luft in vid atmosfäriskt tillstånd, expanderas och sedan kyls den via ett kylager som skapas längre fram i processen. Efter kylningen expanderas luften adiabatiskt för att kondensera syret och skilja ut andra gaser. Det flytande syret lagras, vid atmosfäriskt tryck, och när elen behövs pumpas den upp till ett högt tryck och skickas igenom en förångare där kyla tas omhand för att återanvändas längre bak i cykeln. Tillslut skickas det flytande syret, som nu har ett högt tryck, in en värmeväxlare. Värmen till värmeväxlaren kan tas från omgivande luft men också från spillvärme, helst då vid cirka 115 grader Celsius [9], från antingen industrier eller kraftverk. Eftersom syre i flytande form tar upp en tusendel av det utrymme den gör i gasform kan denna expansion tas tillvara i en turbin som i sin tur driver en generator.

Förutsatt att processen återanvänder kylan som tas ut i förångaren kan totalverkningsgraden komma upp emot 50 % för hela processen. Verkningsgraden kan förbättras ytterligare om det dessutom används spillvärme i värmeväxlaren.

Kapacitet

Tekniken är ganska obeprövad men det finns egentligen inget som tyder på att det finns någon övre begränsning på hur stora energilager som kan byggas. Det bör gå att bygga anläggningarna från 1-2 MW upp till storskaliga anläggningar på 100 MW eller större [12].

Tekniken är inte tänkt att användas för att ta hand om stora och tidsmässigt korta effekttoppar utan snarare för att lagra energi då efterfrågan är låg till ett tillfälle då efterfrågan är större.

Lagringen bör kunna ske både dygnsvis och veckovis dock finns inga uppgifter på hur effektiv tekniken är för till exempel säsongslagring. Det saknas även tillförlitliga kostnadsuppgifter för LAES (Liquid air energy storage). Det finns en anläggning i Storbritannien som den brittiska staten sponsrade som kostade 1,1 miljarder GBP [14], vilket kanske kan ses som en fingervisning. Dock kommer kostnaderna att sjunka ju mer beprövad tekniken blir.

Användningsområden

Idag finns det inte många anläggningar då tekniken är förhållandevis ung. Det finns som sagt en testanläggning i Storbritannien [13] i något mindre skala på 300 kW. Enligt Recharge [13] ska ett tyskt bolag ha visat intresse för ett samarbete med att bygga en större anläggning i MW-klassen.

4.5 Batterier

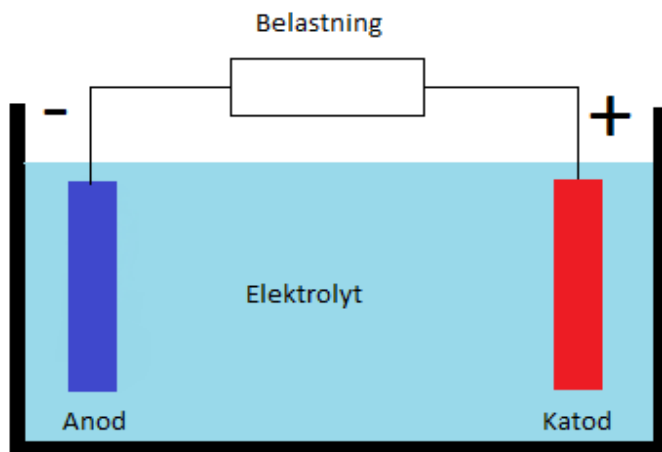
Batterier är en av de vanligaste teknologier som förknippas med ellager. Batterier finns både storskaligt och småskaligt. I detta avsnitt fokuseras det på batteriers användning inom smarta nät. Detta avsnitt ger en grundläggande beskrivning över hur ett batteri fungerar och vilka olika typer av batterier som finns idag på marknaden.

Funktion

Första dokumenterade gången som ett batteri användes var på 1800-talet då fysikern Alessandro Volta lyckades generera en elektrisk ström med hjälp av ett batteri. Batteriets historia kan dock sträcka sig ännu längre bak i tiden. Vid ett järnvägsbygge i Bagdad gjordes en upptäckt av ett föremål som mycket väl kunnat vara det första batteriet [15]. Föremålet var en burk av lera innehållandes en kopparinlindad järnstång omgiven av vinägerlösning. Med den konstruktionen kunde spänningar mellan 1,1-2 V produceras, det är inte helt säkert att detta föremål används till lagring av elektrisk energi [17].

Batterier kan delas in i två olika grupper, de primära och de sekundära. Skillnaden är att de sekundära batterierna är uppladdningsbara. Dessa är därmed de relevanta för energilagring. För båda typerna har den industriella utvecklingen gått snabbt framåt de senaste årtionden [16].

Batterier består av galvaniska celler. En galvanisk cell i sin tur består av två elektroder nedsänkta i ett ledande material, oftast en flytande elektrolyt [16]. Den positiva elektroden kallas katod och den negativa kallas anod. Figur 4.11 är en principskiss över hur en battericell fungerar.

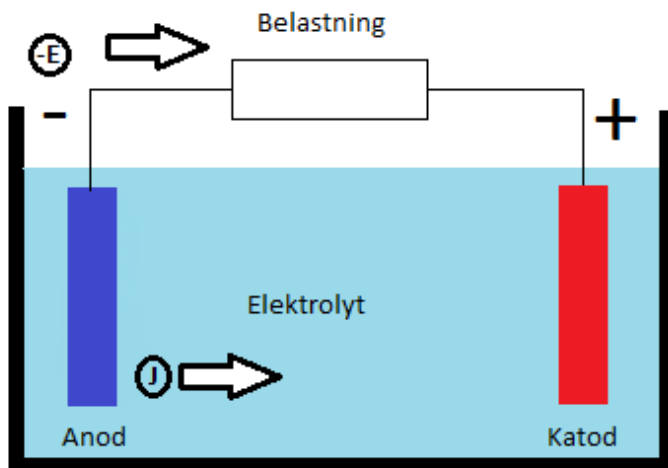


Figur 4.11. Battericell [19].

Anoden är oftast en metall och katoden en jonledare. Mellan elektrodernas yta och elektrolyten uppstår en potential skillnad. Battericellens elektro motoriska kraft (EMF) är summan av de båda elektrodernas potential [18]. Ett vanligt batteri består av flera seriekopplade battericeller [19].

När en yttre belastning kopplas mellan batteriets poler uppstår en kemisk reaktion inuti batteriet. Det är denna reaktion som skapar den elektriska energin [18]. När den yttre belastningen kopplats in vandrar elektroner från anoden till katoden genom belastningen samtidigt som joner går mellan anoden till katoden genom elektrolyten. Denna process kan pågå tills katoden avgett allt sitt syre (se Figur 4.12).

För att ett batteri ska kunna vara laddningsbart så krävs det att denna reaktion är reversibel. Det vill säga att om en spänningskälla kopplas in till polerna så går elektronerna och jonerna tillbaka till anoden [16]. Om användningen av en laddningsbar battericell sker på ett bra sätt kan uppladdning och urladdning vara möjlig flera tusentals gånger [2]. Några av de vanligaste batterierna som är i bruk idag är bly- litium-, nickel- och natrium-baserade batterier [20]. Även flödesbatterier har en stor andel i smarta nät applikationer [21].



Figur 4.12. Process i battericell [19].

Blybaserade batterier är de som varit i kommersiellt bruk under längst tid. I över 100 år har blybatterier använts som en del av nationella och regionala elnät. Ungefär 80 % av de installerade industriella batterierna är blybatterier. De är robusta och inte särskilt känslig för påverkan från omgivningen.

Litiumbaserade batterierna har varit i kommersiellt bruk sedan 1990-talet. Utvecklingen för litiumbatterier har gått fort framåt sedan dess och har tagit över mer än 50 % av marknaden för mindre portabla batterier. Största fördelen med litiumbaserade batterier är att de är lätta att anpassa till olika spänningar och uteffekter.

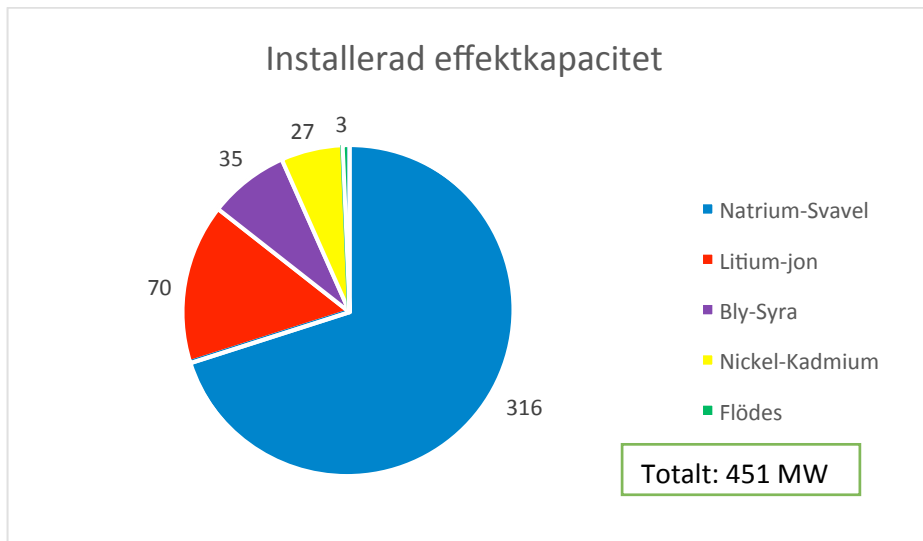
Nickelbaserade batterier såsom nickel-kadmium, nickel-metall hydrider och nickel-zink är de näst mest använda elektrokemiska lagringen efter blybatterier. De är till stor nytta för speciella marknader där klimatet ställer höga krav på lagringen och en snabb laddning [20].

Användningsområden

Inom smarta nät finns det flera olika användningsområden för batterier. Det finns användning för batterier inom alla nivåer i elnätet så som produktion, transmission, distribution och hos konsument [21]. Batterier används redan idag som stöd för kraftnäten i världen. I USA har energilagringföretag redan 2009 installerat upp mot 12 MWh batterilager som hjälper operatörerna med att jämna ut variationer i energiförbrukningen och att frekvensreglera. Detta har varit billigare än att uppgradera transmissionsledningarna. Viktiga byggnader som sjukhus, kommunikationscentraler, kraftverk är beroende av att ha en backup som kan erbjuda hög pålitlig uteffekt. För många av dessa applikationer används batterier idag vilket har passat utmärkt då dessa kräver likspänning som batterierna ger.

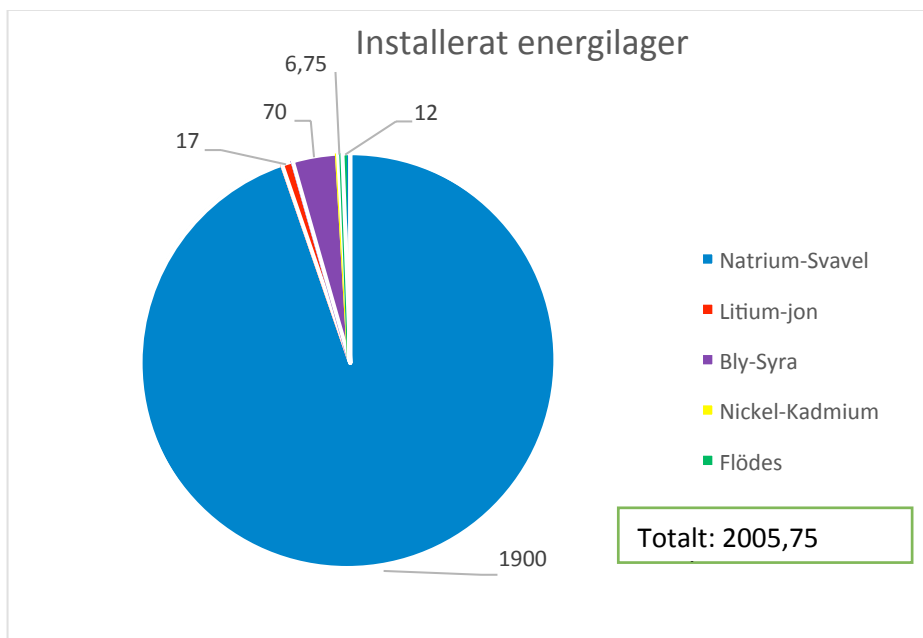
Batterier används också i stor utsträckning för "off-grid" applikationer. Allt från mindre öar till enstaka hushåll som använder batterier för att skapa en säkerhet i elförsörjningen [21]. Figur 4.13 visar hur den installerade kapaciteten i energilagren (BES - Battery Energy Storage) fördelar sig mellan de olika batterityperna och vilka uteffekter som är möjliga totalt.

Enligt Figur 4.13 är det natrium-svavel batterier som dominerar den installerade effektkapaciteten.



Figur 4.13. Installerad effekt för BES (Battery energy storage) [21].

För installerade energilager dominerar natrium-svavel batterierna ännu mer, se Figur 4.14.



Figur 4.14. Installerade energilager för BES (Battery energy storage) [21].

Kapacitet

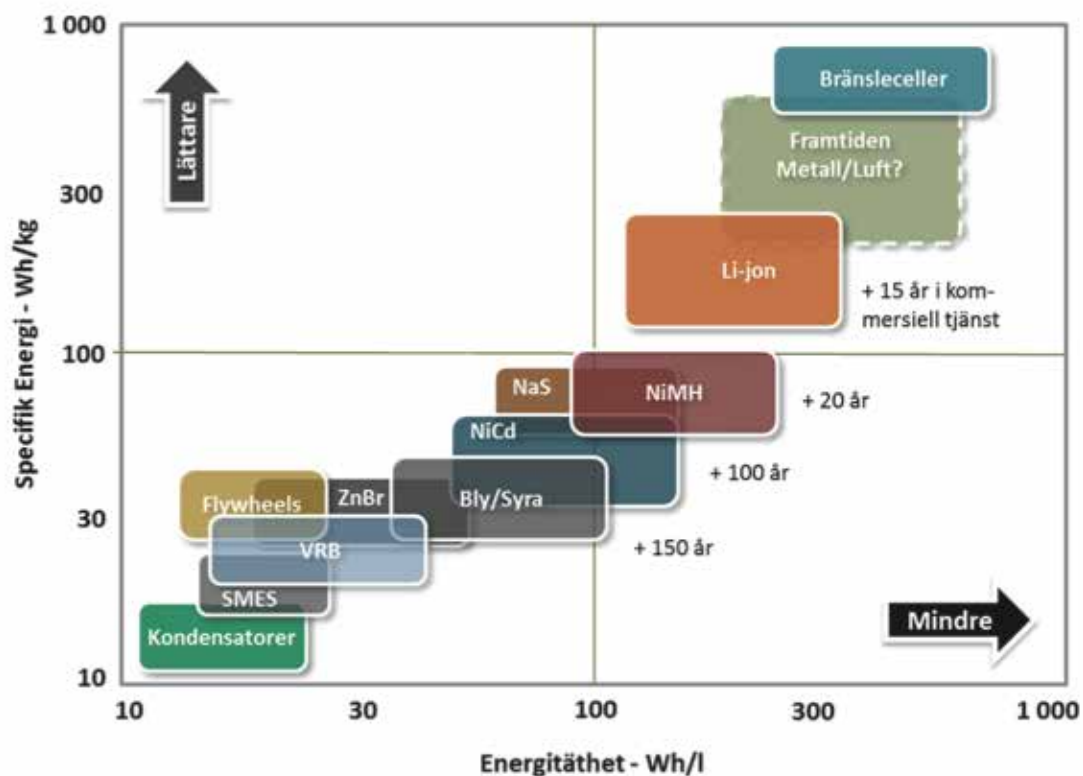
Kapacitet för batterier skiljer sig åt mycket mellan vilken sorts batteri det är. De parametrar som är viktiga för att beskriva kapacitet för batterier är kapaciteten (Ah), energidensiteten

(kWh/kg), verkningsgraden, batteriets livslängd och hur många cykler batteriet håller för. Det finns således två sätt att mäta ett batteris livslängd, antal cykler och livslängd i kalenderår. Antalet cykler räknas som en urladdning för batteriet till 80 %. I Tabell 4.1 finns en sammanställning över de vanligaste batterityperna och deras nyckelparametrar.

Tabell 4.1. Sammanställning av batteriegenskaper [20, 21].

Batteri	Bly	Litium	Nickel	Natrium
Kapacitet/cell (Ah)	4 000	100	3 000	38
Energidensitet (kWh/kg)	0,025-0,050	0,14	0,02-0,08	0,12
Verkningsgrad (%)	85	Nästan 100	>90	92
Livslängd (cykler)	>2 000	>5 000	>3 000	>4 500
Livslängd (år)	20	>20	25	>10

I Figur 4.15 visas sammanställning över fler batterityper, deras lagrade energi relativt massa och volym.



Figur 4.15. Energidensitet och energitäthet av olika energilager [2].

Av figuren framgår även hur andra energilagars teknologier ligger till och hur länge de olika batterityperna funnits. Utöver dessa parametrar är urladdning- och uppladdningstider

relevanta för vilken applikation batterierna är lämpade för. Då batteriers prestation har ett temperaturberoende är även detta en viktig parameter.

Kostnaderna för batterier i dagsläget skiljer sig väldigt mycket mellan de olika typerna. De med lägst investeringskostnader är bly och flödesbatterier som ligger på lite mer än 1 000 EUR/kWh. De dyraste är litium-jon batterierna där investeringskostnader kan sträcka sig ända upp till 6 500 EUR/kWh [2].

Huvudsyftet med rapporten är att hitta ett energilager som är lämpligt för elkonsument i en villa. Enligt E.ON är en normal elförbrukning (hushållsel och varmvatten) för en svensk villa ca 10 000 kWh [30]. I detta ingår inte värme vilket gör att den genomsnittliga förbrukningen kan antas vara ungefär densamma under hela året. Den genomsnittliga dagsförbrukningen blir ca 28 kWh. Låt oss anta att ett lager bör ha kapacitet för 50 % av denna förbrukning d.v.s. 14 kWh. Beroende på vilken typ av batteri som väljs som lager, kommer storlek och kostnad för lagret att variera. Enligt Figur 15 har litium-jon batterierna högst energitäthet av de typer som är tillgängliga på marknaden. Avläsning från figuren ger att litium-jon batterierna kan ha som högst 300 Wh/l och 280 Wh/kg. För att kunna lagra 14 kWh skulle det behövas ett batteri med volymen 46 l som väger 50 kg, vilket helt klart är ett energilager som är möjligt att ha för ett hushåll, med tanke på utrymme och kapacitet.

Litium-jonerna är de batterierna som för tillfället är dyrast. Priserna varierar väldigt mycket och kostnaden är allt från 2 000 EUR/kWh till över 6 000 EUR/kWh. Vilket skulle innebära en kostnad på totalt ca 28 000-72 000 EUR per batterilager.

Med ett bly-batteri skulle storleken istället bli 140 liter och vikten ca 280 kilogram. Detta är betydligt större men fortfarande överkomligt att ha i en källare eller förråd. Då blybatterierna är en äldre och mer beprövad typ av batteri är kostnaderna för detta mycket lägre - mellan 14 000 och 28 000 EUR för ett energilager med kapacitet på 14 kWh. Att använda batterier som energilager kommer faktiskt att kosta rätt mycket med den teknologi och priser som råder idag [2].

Framtidsutsikter

Tekniken för olika batterityper förutspås fortsätta bli bättre och bättre. För blybaserade batterier ligger fokus på att förlänga cykellivslängden men även att förbättra prestation för in- och urladdning. För litiumbaserade och natriumbaserade batterier som är relativa unga i sin utveckling så finns potential att utveckla samtliga områden. De nickelbaserade batterierna har fokus på att reducera självurladdningen och öka batteriernas prestanda för ett större temperaturspann. Överlag kan det sägas att batteriutvecklingen går mot en längre cykellivslängd och mot att göra batterier mer kostnadseffektiva som energilager.

Den europeiska batteriindustrin har valt att inrikta sig och prioritera två huvudområden för utveckling av användningen av batterier. Decentralisering av energilager för skötsel av elnät och förvaltning av energi för hus och byggnader. I takt med att de stora förnybara produktionsanläggningarna byggs ut kommer även Europas lågspännings distributionsnät att vara beroende av medium- och småskaliga energilager. I de nya distributionsnäten kommer energi inte bara att flöda åt ett håll utan då konsumenterna själva uppmanas till egen elproduktion kommer även detta ställa krav på att denna kan lagras. BES (Battery Energy

Storage) är en perfekt lösning för att kunna bibehålla stabilitet och flexibilitet i distributionsnätet.

Då elproduktionen hos konsumenter kommer att öka kommer också efterfrågan på lokala energilagrar för hushåll att bli större, då detta ger konsumenten större möjlighet att använda mer av sin egenproducerade el från till exempel solceller eller små vindkraftverk. Typiska storlekar för batterier är 2 kWh per kW installerad produktion. I framtiden kommer dessa energilagrar att utgöra stöd för elnätet.

På lång sikt kommer batterier att utvecklas ännu mer och kommer att vara en betydelsefull faktor i centrala energilagrar på produktion- och transmissionsidan [20].

I valet av vilka batterier som kommer att få störst kommersiell framgång spelar återvinningen en viktig roll. För de äldre typerna av batterier, som de blybaserade, finns redan återvinningsmetoder på plats. För den yngre generationen batterier saknas fortfarande välutarbetade processer. Detta beror på att utvecklingen av dessa batterier fortfarande pågår och vissa av de materialkombinationer som ska användas inte är fastställda ännu [2].

4.6 V2G - Elbilar som energilagrar

I detta avsnitt [7] teoretiseras kring möjligheterna att i Sverige använda sig av V2G-kapabla elbilar som fungerar som energilagrar med syfte att i första hand verka på reglermarknaden. Frågorna som ställs är om detta är lönsamt, dels för privata elbilsägare, och dels rent samhällsekonomiskt, samt hur många bilar som behövs för att kunna klara av denna uppgift.

Hur många elbilar behövs?

Elbilar har i rapporten visat sig vara mycket funktionsdugliga i rollen som reglerkraft. Med ett enkelt räkneexempel, där elbilar förvaltar effekttoppar från förnyelsebar energi, beräknas hur många elbilar som krävs för att klara av detta.

I ett teoretiskt räkneexempel, som visas i Tabell 4.2, antas att vi har en elbilsflotta som kan hantera effekttoppar producerade av förnyelsebar energi. I Sverige står vindkraften för majoriteten av den förnyelsebara energin vilket uppgår till 4,2 GW installerad effekt motsvarande cirka 11,6 % av Sveriges totala effektkapacitet efter tredje kvartalet 2013. Svenska hem har idag en enfassspänning på 230 volt och säkringar finns att tillgå på uppemot 20 ampère. Antalet bilar i Sverige är 4,3 miljoner, nästan en bil per två invånare vilket kan jämföras med världsmedel som är en bil per 6,3 invånare eller USA där det finns en bil per 1,3 invånare [22].

Vissa reservationer och förenklingar finns i räkneexemplet så som att samtliga av Sveriges vindkraftsverk ska nå nominell effekt samtidigt vilket vore högst osannolikt med endast 2 500 fullasttimmar under ett år (Svensk vindenergi, 2013). Det antas också att alla bilarna är inkopplade på trefas vilket är i ovankant för dagens standard men inte helt osannolikt om flera elbilsägare i framtiden investerar i detta för att få kortare laddtider. Inte heller kan alla elbilar antas stå parkerade och tillgängliga för elnätet samtidigt. Exemplet belyser, trots sina brister, att 7 % av Sveriges personbilsflotta skulle räcka att elektrifiera för att kunna hantera

stora variationer på elnätet skapad av förnyelsebar energi. Siffran är väldigt högt räknad då verkligheten påvisar långt lägre nivå av vindkraftseffekt jämfört med dess nominella kraft. Detta kan istället tolkas som att även vid större förnyelsebar penetration skulle en liten andel elbilar kunna reglera effekttoppar i nätet även i framtiden.

Tabell 4.2. Beräkning av antal elbilar motsvarande förnyelsebar energi i Sverige [23, 32].

Maxeffekt från elbil (kW)	13,8
Svensk maxeffekt (GW)	36,42
Andel vindenergi (GW)	4,2
Personbilar i Sverige	4 300 000
Antal elbilar som krävs	304 347,8
Andel elbilar som tillgodoser behovet	0,07

Ekonomiska incitament för elbilsägare kan åskådliggöras med summorna som finns att tillgå i den svenska reglermarknaden. Ett kort räkneexempel beaktar marknaden som den ser ut idag och hur penetrationen av elbilar kan innebära inkomster för bilägarna.

I Sverige är behovet av frekvensregleringseffekt 1 000 MW och kostnaden uppgår till 37,5 miljoner Euro per år. Maximal effekt som går att använda från en elbil idag är enligt exemplet ovan 13,8 kW om den är inkopplad på trefas med 20 A säkring. I ett nytt räkneexempel, som visas i Tabell 4.3, antas att endast 80 % av alla elbilar finns tillgängliga under varje givet ögonblick [33].

Tabell 4.3. Beräkning av möjlig intäkt från frekvensreglering [7].

Frekvensregleringseffekt (MW)	1 000
Maxeffekt från elbil (kW)	13,8
Andel tillgängliga elbilar	80 %
Nyköpta bilar per år	300 000
Sammanlagda värdet för effektregering under ett år(Meuro)	37,5
Antal bilar i Sverige	4 300 000
Antal elbilar som täcker behovet	90 600
Vinst per bil (euro/månad)	34,5
Antal år för att täcka behovet med elbilar	0,30

Resultatet visar på lovande siffror dels för elbilsägarna och dels för den svenska frekvensregleringen även om felmarginalen kan vara betydande beroende på antaget scenario. Maxeffekten från respektive elbil ligger i dagens mått i ovankant då inte alla elbilsägare kan antas använda sig av trefas med högsta kapabla säkringen. Detta medför att

fler elbilar skulle behövas och därmed mindre vinst till varje elbilsägare till följd av att vinsten tekniskt baseras på mängden effekt istället för per bil. Med samma argument skulle vinsten minska om antalet elbilar ökar över mängden som täcker behovet.

Från summan av alla bilar som säljs varje år dras slutsatsen att endast något över ett kvartal skulle räcka för att tillgodose behoven om alla sålda bilar vore elbilar. Detta står i kontrast till antalet elbilar totalt som idag finns i Sverige som uppgår till blygsamma knappt 800 stycken. Men med rätt subventioner kan tillväxten nå goda nivåer som i typexemplet Norge där antalet elbilar idag närmar sig 14 000 stycken [34].

Elbilar som energilager är en intressant men väldigt komplex fråga. En ogenomtänkt elektrifiering av vägtransporten kommer att leda till väldigt stora påfrestningar på elnätet. Utöver detta pågår just nu en omställning till intermitterent förnybar elproduktion, vilket även detta ställer stora krav elnätet. Det smarta elnätet i kombination med elbilens batteri erbjuder både en lösning på problemen, samt många nya möjligheter. Genom laddningskoordinering kan den stora påfrestningen i form av stora lasttoppar undvikas genom att laddningen fördelas över dygnet. Vi antar att koordineringen kommer att implementeras gradvis. I ett första skede kommer bilen att kopplas in när ägaren kommer hem från jobbet vid sex-tiden. Detta medför en ökad last på nätet som redan är som högst under dygnet just vid ankomst till hemmet när hushållsapparater startar. Efterhand som laddstationerna blir mer sofistikerade och data kan hämtas från NordPool kommer bilägarna att försöka ladda batteriet när priset är som lägst, vilket typiskt blir under natten. Detta innebär att laddningen startar något senare, cirka vid tio-tiden och fortsätter sedan under natten. Detta kan bli problematiskt om alla elbilar laddas under denna tid på dygnet då det nu skapats en ny peak load. I det smarta elnätet är det tänkt att andra apparater i hemmet ska fungera efter denna schablon att laddas när priset är lågt under natten och därmed riskerar istället all last flyttats. Detta leder till att vi till slut kommer att behöva en smartare typ av koordinering, som inte enbart utgår från pris och enskilda personers behov, utan ser till systemet i helhet. I det optimala scenariot koordineras laddningen som då sprids ut över dygnet för att undvika höga toppar i elnätet, samtidigt som bilägarna får möjlighet att ladda till så lågt pris som möjligt.

Laddningskoordinering är en självklar åtgärd för att överhuvudtaget kunna uppnå en övergång till elbilar, och förväntar oss se detta när omställningen till elbilar tar fart på allvar. Något som är mer osäkert är huruvida V2G-konceptet är något som kommer att bli verklighet. I teorin är detta önskvärt, eftersom det gör att bilarna kan utföra nytta även under den stora tiden då de står parkerade. Det verkar idag som att höglastutjämning med V2G, med dagens teknik inte kan bli lönsam, eftersom det innebär för stort slitage på batterier på grund av de många, djupa laddcykler de behöver genomgå. Här ser vi större nytta med att använda smarta funktioner för lastfördelning snarare än att låta elbilar köras i V2G-drift. Peak load-utjämning kan i framtiden tänkas bli lönsamt om en annan betalningsmodell införs. Problemet liknas vid det samma för produktion av egen el där solcellsägare får en liten summa när energi säljs till nätet vid hög solinstrålning för att sedan betala fullpris när elen behövs i hemmet. Förslaget har varit att nyttja så kallad nettodebitering där elen säljs och köps tillbaka för samma pris vilket innebär att nätet

används som ett ellager. Elbilarna behöver en liknande modell för att inte förlora pengar på elen som köps och säljs med låg vinstmarginal fast med höga kostnader i energiförluster och slitage. Risken då är att man till slut hamnar i en situation där både elbilsägare och solcellsägare har massa inestående kWh som de har rätt till via nettodebiteringssystemet. Vid ett produktionsunderskott innebär detta att priset inte får öka, samtidigt som någon måste bära kostnaden av att extra kraftverk får starta. Om alltför många omfattas av ett nettodebiteringssystemet förstörs marknadsdynamiken, vilket innebär att de kraftverk som startas för att leverera el under produktionsunderskott i sin tur måste subventioneras. När försäljningen av elbilarna tar fart på allvar med en massproduktion av batterier som följd, kombinerat med utveckling av batteritekniken, kan priset och prestandan på batterierna förväntas förbättras avsevärt. Detta i kombination med att människors beteende inte ändras, så som att avstånd till och från jobb kommer att vara det samma, skulle kunna leda till att elbilarna kommer att kunna konkurrera mer effektivt med att leverera stora mängder energi, och därmed kunna bidra till höglastutjämning.

Som Andersson och Elofsson resonerar [33] kommer elbilarna att köpa överskottsproduktion till spotpris eller lägre eftersom de ändå måste ladda. Detta innebär att de hamnar före vattenkraften i "kön" för att köpa billig nedreglering. Om samma el sedan ska användas vid uppreglering blir det rent verkningsgradsmässigt sämre än att bara låta vattenkraften utföra denna reglering, då detta innebär mindre energiförluster och slitage. Därför kan man resonera ur miljömässig synvinkel att vattenkraften bör användas för denna typ av reglering så länge dess kapacitet räcker till. Detta speglas även i Andersson och Elofssons simuleringsresultat där det är mer lönsamt för elbilarna i den tyska reglermarknaden, där man inte har tillgång till så stor andel vattenkraft, samt en stor mängd intermittent förnybar elproduktion. Om Sverige får en högre penetration av förnybart, och eventuellt fasar ut kärnkraften, kan elbilarna bli lönsamma på reglermarknaden. Exemplet är dock beräknat på en flotta av elbilar som precis täcker behovet för reglering. I framtiden förväntas dock större andel av vägtransporten elektrifieras. Detta innebär att varje enskilt fordon får en mindre andel av reglermarknaden, och lönsamheten per fordon minskar.

Frågan är dock hur viktig denna tjänst kommer att bli. Om behovet av reglerkraft växer sig väldigt stort kommer även marknadsvärdet att öka. Man kan även resonera kring att staten eller stamnätsföretaget bör gå in och subventionera elbilsägarna för att tillhandahålla denna funktion när den i viss mån gör nätet en tjänst. Någon typ av energilagring blir nödvändig i det smarta elnätet, och det är även väldigt resurseffektivt att kombinera bilarna som transportmedel med den värdefulla funktionen att agera reglerkraft.

En av de stora svårigheter som vi ser med att få igång ett storskaligt system för V2G är att det kräver ett samarbete mellan två stora industrier: "elbranschen" och bilbranschen. För båda innebär det stora risker och osäkerheter att investera i all den nya teknik och infrastruktur som är nödvändig för detta. Därför krävs det långsiktigt planerande och smarta styrmedel för att få igång systemet. För detta behövs det en politisk vilja, något som är svårt att uppnå utan att veta att detta verkligen är en bra lösning för framtiden. Något som talar för detta är att övergången till elbilar troligen kommer att ske oavsett, och att implementera V2G-funktionalitet borde inte vara så svårt att göra från början, alternativt

göra i efterhand. Frågan är vem som ska bära den extra kostnaden för detta, bilproducenten eller stamnätsföretaget? Det är först vid en kritisk mängd elbilar som säkerheten i systemet garanteras, då fluktuationer i hur många bilar med tillräcklig SOC står inkopplade samtidigt jämnas ut. Vid denna mängd kan elbilarna betraktas som ett enda stort virtuellt energilagrar istället för en mängd små och självständiga energilagrar. Eftersom det krävs ett relativt stort underlag av elbilar för att erbjuda någon funktionalitet till stamnätsföretaget kommer de troligen inte att vara intresserade förrän övergången har tagit fart på allvar. Därför vill inte elbilsköpare eller producenter idag ej heller integrera V2G-kapabilitet förrän det är ett rimligt alternativ.

Slutsatser

- En övergång till elbilar kommer att leda till ökad påfrestning på elnätet. Laddningskoordinering av elbilar är nödvändig för att inte påfresta nätet mer än nödvändigt.
- Elbilars framtida roll i elnätet skulle kunna vara att bistå med olika tjänster. Elbilarnas batterier kan med idag befintlig teknik fungera som energilagrar som både kan laddas och ladda ur när bilarna är inaktiva och inkopplade i nätet. Det är dock osäkert huruvida det kommer att finnas tillräckliga incitament för detta.
- Reglermarknaden kan vara lönsam för elbilsägare, men kan behöva struktureras om. I Sverige är vattenkraften ett bättre alternativ så länge den har nog med kapacitet att klara av regleringen.
- Peak load utjämning är inte lönsam då energiförluster och batterislitage blir för stora, ett bättre alternativ idag är att förflytta laster. Framtida prisfall och teknikutveckling kan förändra detta.

4.7 Superkondensatorer

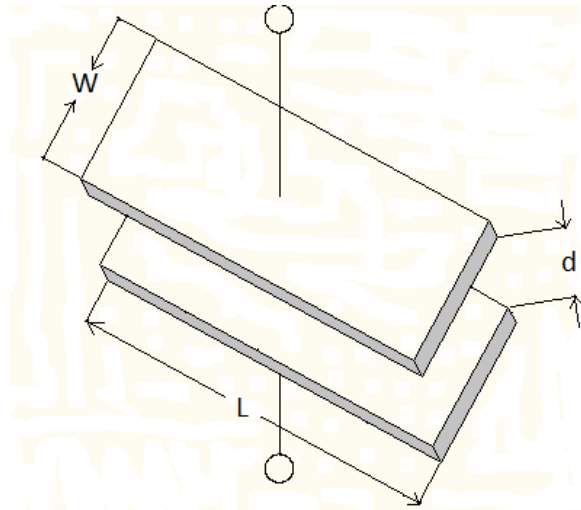
Superkondensator har större möjlighet att lagra energi än en vanlig kondensator. Detta gör det intressant för energilagring inom smarta nät. Superkondensatorerna fyller det tomrum som funnits mellan batterier och de konventionella kondensatorerna. I kapitlet går tekniken igenom för hur en konventionell kondensator fungerar och vad som skiljer en superkondensatorn från den traditionella. Kapitlet innehåller också en kort beskrivning av hur supraledare kan användas som energilagring.

Superkondensator - funktion

En kondensator är en passiv elektronisk komponent. Den är uppbyggd av två plattor av ledande material, oftast metaller, och dielektriskt material emellan dessa två plattor. Det dielektriska materialet kan till exempel vara luft, polyester eller polypropen. Det finns olika typer av konstruktion för kondensatorer. Figur 4.16 visar en principskiss över hur en plattkondensator är konstruerad av två rektangulära plattor med längden L , bredden W och avståndet d mellan plattorna.

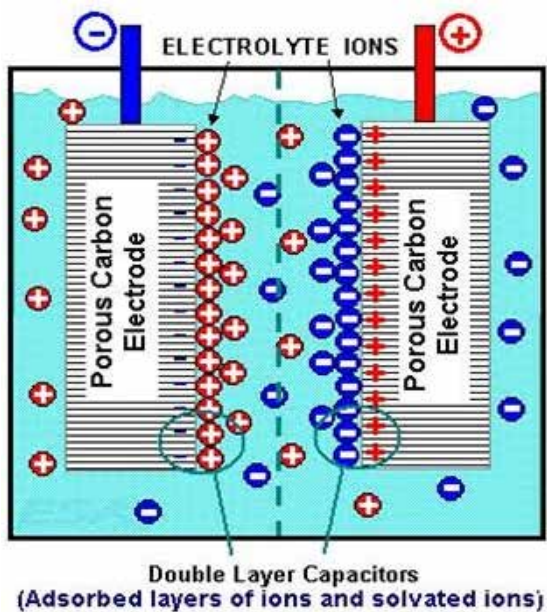
Kondensatorer kan lagra energi genom att det på en av plattorna samlas laddningar som skapar ett elektriskt fält i det dielektriska materialet. Över plattorna skapas en spänning. Den lagrade energin ges av uttrycket $W = C U^2$, där C är kondensatorns kapacitans och U är spänningen över kondensatorn [23].

Superkondensatorer är relevanta för energilagring och utveckling av deras energidensitet visar större potential än för de konventionella kondensatorerna. Tekniken för superkondensatorer har varit känd i över 60 år [21].



Figur 4.16. Plattkondensator - principskiss [23].

Det som skiljer superkondensatorerna från konventionella kondensatorerna är att superkondensatorer har mycket högre, upp till 1000 gånger större, kapacitans än elektrostatiske och elektrolytiska kondensatorer, vilket gör att superkondensatorerna kan lagra mycket mer energi. Figur 4.17 visar en principkonstruktion av en superkondensator som bygger på användning av elektrolyter och elektroder.



Figur 4.17. Superkondensator - principskiss [25].

Denna konstruktion påminner om tekniken för batterier, som också använder sig av elektrolyter och elektroder, skillnaden är att det i en superkondensator inte sker någon kemisk reaktion utan denna teknik medför endast att mer energi kan lagras i kondensatorn [2]. Vanligen används en kolbaserad elektrolyt på grund av att den är organisk och lätt att framställa [24]. Det finns två olika sorter superkondensatorer, de symmetriska och de asymmetriska. För den symmetriska är elektroderna i kondensatorn lika medan för den asymmetriska skiljer sig materialen för de två elektroderna åt och därmed deras egenskaper [25].

Superkondensatorer - kapacitet

Huvudfördelarna med superkondensatorerna är dess väldigt höga kapacitans, som kan vara på upp till flera tusen Farad och möjligheten till snabb ur- och uppladdning som inte är möjliga i till exempel batterier. Andra fördelar med superkondensatorerna är dess låga behov av underhåll och höga verkningsgrad, som är runt 90 %. Livstiden för superkondensatorer kan uppgå till flera miljoner upp- och urladdnings cykler och har en kalenderlivslängd på omkring 10 år. Superkondensatorerna är väldigt pålitliga och klarar av att verka i tufft klimat och stora temperaturskillnader. Kapaciteten för superkondensatorer sätts ofta i relation till batterier, som behandlats i avsnittet om batterier. Effektdensiteten för superkondensatorerna är väldigt hög, runt en 10 gånger så hög som för de flesta batterier [21]. Energidensiteten skiljer sig åt mellan de två olika typerna av superkondensatorerna. Den symmetriska har 6 Wh/kg medan den asymmetriska har 20 Wh/kg, den asymmetriska har dock lägre effektdensitet [25]. Urladdningstiderna är i storleksordning sekunder till timmar.

4.8 Supraledare

Funktion

Supraledande energilager är uppbyggt av en spole som det leds en ström igenom och som genererar ett magnetfält. I över 100 år har α e supraledande egenskaperna varit kända och från början krävdes det temperatur kring 4 K för att material skulle uppnå dem. Med gedigen forskning har en höjning av denna temperatur kunnat göras upp till 100 K (-173 °C), vilket fortfarande är en väldigt låg temperatur. För att kunna bygga ett supraledande energilager krävs det en spole och ett kylsystem [21].

Idén om att använda supraledare som energilager har funnits sedan 1969. Det var det franska företaget Ferrier som hade planer på att kunna lagra hela Frankrike dagsförbrukning av energi i ett lager av supraledare. Projektet lades sedan ner på grund av att kostnaderna skulle bli alldeles för höga. Forskningen på området togs senare upp i USA [2].

Supraledare - kapacitet

Fördelarna med supraledarna är många. Ett högt effektuttag är möjligt och verkningsgraden för energilagringen är högre än de flesta andra alternativen; det ligger kring 85-90 %. En annan praktisk fördel är att alla väsentliga delarna är fixerade vilket minskar slitaget på energilagret. Teoretiskt sätt kan energin lagras i en oändligt lång tid så länge lagrets kylsystem fungerar som det ska [21]. Den teoretiskt möjliga storleken för ett supraledande energilager påstås vara 2 000 MW [2].

Användningsområden

Användningsområdena för superkondensatorerna inom smarta nät är än så länge väldigt små. Eftersom energidensiteten är relativt låg och på grund av den höga självurladdning är superkondensatorerna inte lämpade som långtidslager [21]. Inom smarta nät används de främst för att förbättra elkvalitén men även i vissa fall för att styra effektuttagen i vindkraftverk för att undvika skador [2].

Marknaden för superkondensatorer har dock växt väsentligt den senaste tiden, främst på grund av att de kommit till bra användning inom portabel elektronik, medicinsk utrustning och hybridfordon [25].

De större supraledande lagren används idag för att säkerställa en god effektkontroll och används inom högeffektphysik såsom partikelacceleratorer [21]. Det finns flertalet mindre energilager för kommersiellt bruk som används för att skapa stabilitet i elnätet vid stora laststörningar [2].

Framtidsutsikter

Potentialen för utveckling av superkondensatorer är väldigt stor. Det finns förhoppningar om att dessa ska kunna ersätta batterier. Lagringspotentialen förutspås kunna öka med 5 till 10 gånger jämfört med vad som är möjligt idag. En ny applikation som superkondensatorerna kanske kommer att börja användas till är att kunna fånga upp bromsenergin från tåg som stannar in vid stationer och det kan sedan användas till att accelerera tåget när det lämnar stationen. Applikationer som denna kan spara mycket energi i framtiden.

Det forskas intensivt på utvecklingen av supraledare och en ambition är att kunna ta fram större energilagringssystem som kan användas i kommersiellt bruk och vara konkurrenskraftiga med blybatterier [2].

4.9 Svänghjul

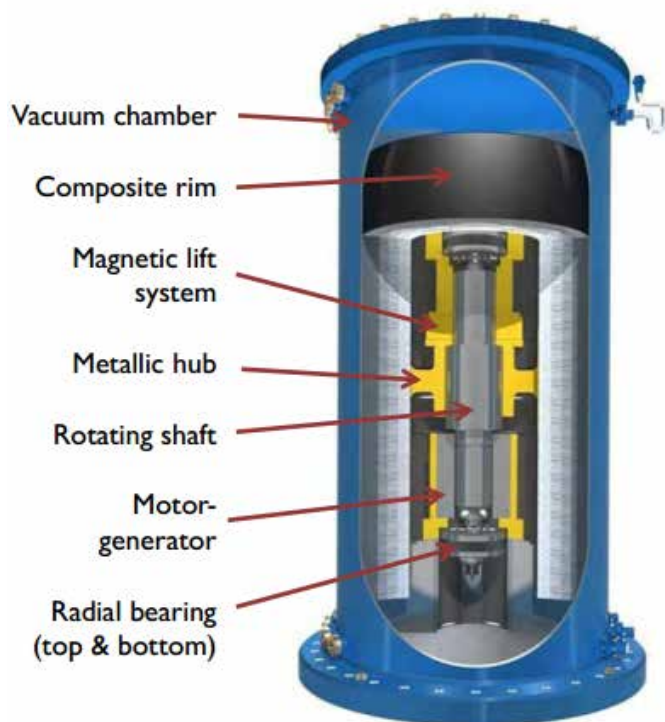
Svänghjul har används inom industrin under väldigt lång tid. I början främst för att maskinerna skulle kunna köra jämnare från cykel till cykel. Detta gjorde den industriella revolutionen möjlig. Genom förbättring av material, magnetiska lager och kraftelektronik har svänghjulen också blivit ett intressant alternativ för energilagring.

Funktion

Svänghjul lagrar energi i form av rörelseenergi. Tekniken går ut på att energin som tillförs systemet accelererar ett hjul så att dess rotationshastighet ökar. När energi sedan tas från systemet minskar rotationshastigheten. [26]

Energien E möjlig att lagra i svänghjulet ges av $E = I v^2/2$ där I är objektets tröghet, som beror av massan, och v är objektets rotationshastighet [27].

Moderna höghastighetssvänghjul använder sig av en stor och tung roterande massa som är fäst vid en axel med stöd av ett magnetiskt kullager. För att inte få för stora förlust på grund av luftmotstånd monteras systemet i vakuum. I Figur 4.18 visas hur ett svänghjuls uppbyggnad kan se ut i detalj.



Figur 4.18. Svänghjuls uppbyggnad [28].

Svänghjulet kopplas via en generator/motor till nätet som styr dess rotationshastighet. En bild över hur svänghjulsverk kopplas till elnätet visas i Figur 4.19. Själva svänghjulet installeras i betongblock under jord [28].



Figur 4.19. Koppling av svänghjulsverk till transmissionsnätet [28].

När svänghjul används måste ett val göras av vilket material den roterande massan ska vara gjord av, antingen av stål eller kolkomposit. Valet av material avgör hur hög kostnaden och funktionen för hjulet ska bli. Kolkomposit är lättare och starkare än stål, högre rotations-hastigheter kan därmed användas. I och med att den lagrade energin beror av rotations-hastigheten i kvadrat så kan en kolkompositfälg lagra mer energi [28].

De avancerade svänghjulssystemen som har rotorerna gjorda av kolkomposit med väldigt hög hållfasthet kan uppnå mycket höga rotationshastigheter, mellan 20 000-50 000 rpm. De främsta fördelarna med svänghjulssystemen är stabiliteten, den långa livslängden, den höga effektdensiteten och, inte minst, obetydligt underhåll [21].

Användningsområden

Idag används svänghjul framförallt för att frekvensreglera. Svänghjulen ger ett snabbt svar på störningar vilket gör dem lämpade för detta. Svänghjulsanvändning är än så länge mycket begränsad och det finns få exempel på användning inom ellagring i smarta nät. Mycket av utvecklingsarbete har pågått i USA. I New York har ett 20 MW svänghjulsverk installerats (se Figur 4.20). Verket består av 200 svänghjul och har under 6 månaders bruk kunnat användas till 97,5 %. Företaget Beacon Power äger och ansvarar för underhåll av verket [28].

Även i New England har 3 MW verk satts i bruk. Svänghjul används också mycket inom fordonsindustrin [2].



Figur 4.20. Svänghjulsverk i New York [30].

Kapacitet

Som vi har konstaterat i tidigare avsnitt, har en genomsnittlig villa årsförbrukning av el på ca 10 000 kWh/år (hushållsel och varmvatten) [30], ca 28 kWh per dygn. Om ett ellager för ca 50 % av denna energi behövs, skulle lagrets kapacitet vara på ca 14 kWh.

Svänghjulets massa som behövs för att lagra energi E kan beräknas som $m = 4E / (r^2 \omega^2)$ där r är svänghjulets diameter och ω är dess rotationshastighet. En beräkning för ett svänghjul med en diameter på 1 meter som ska lagra 14 kWh energi vid hastigheten 16 000 rpm ger en massa på 288 kg. Om hänsyn tas till svänghjulets verkningsgrad på ca 85 % [29], blir massan ca 340 kg. För lägre rotationshastigheter skulle hjulet behöva vara tyngre. I de verk som använder sig av svänghjul idag är oftast flera svänghjul i bruk för att kunna lagra mer energi. Tabell 4.4 visar några exempel på svänghjullämplingar och lagrad energi beroende på massan, rotationshastigheten och diametern.

Tabell 4.4. Exempel på svänghjulslager [31].

Svänghjulstyp	Massa (kg)	Diameter (cm)	Rot.hastighet (rpm)	Lagrad energi (kWh)
Littet batteri	100	60	20 000	2,7
Bromssystem i tåg	3000	50	8 000	9,1
Elkraftsreserv	600	50	30 000	26,0

Som lagringsmetod under längre perioder är svänghjulen inte ekonomiskt försvarbara men deras egenskap att absorbera energi snabbt och kunna avge den lika snabbt är värdefull [2].

Framtidsutsikter

Enligt producenter av svänghjul finns det många fler användningsområden inom elnätet som svänghjul kan användas till. Dels som reservlagring av energi men även som support för reaktiv effektkompensering och utjämning av produktion för förnyelsebar energi [31].

4.10 Diskussion om energilager

Tabell 4.5 visar en sammanställning över de olika lagertyperna som beskrivits i Kapitel 4 och om de uppfyller krav på att användas i småhus och bostadsområden.

Tabell 4.5. Sammanställning över energilager [7].

Lagringstyp	Applicerbart för <1MW	Applicerbart för >1MW	Verkningsgrad	Uppfyller krav
Vattenlager	Nej	Ja	80 %	Nej
Tryckluftslager	Nej	Ja	70 %	Nej
Fasändring	Ja	Nej	(varierande)	Nej
Kryogenisk	-	Ja	50 %	Nej
Batterier	Ja	Ja	85-99 %	Ja
Superkondensatorer	Ja	Ja	90 %	Nej (inte ännu)
Supraledare	Ja	Ja	85 %	Nej (inte ännu)
Svänghjul	Ja	Ja	85 %	Ja (på kort sikt)

Vattenlager är den vanligaste formen av energilager, och används över hela världen. Lagren byggs för att reglera hela länders, eller delar av länders, energibalans och är därför generellt sett alldeles för stora för att kunna användas för villaområden och liknande. Enligt uträkningarna blir det i praktiken svårt att skala ner tekniken för att få den kompatibel med mindre användare, i effekt räknat. Det finns däremot en möjlighet att bygga energilager på stadsnivå om terrängen möjliggör en god höjdskillnad. Här kan det emellertid bli problem att bygga ett tillräckligt stort lager, tänk vattentank. De flesta av världens pumpkraftverk får sina stora effekter på grund av att massflödena är enorma och inte lika mycket på grund av höjdskillnader. Dessutom kommer investeringspriset per MWh att vara högre ju mindre lager som byggs och därmed kan inte vattenlager ses som lämplig metod för det användningsområde som detta kapitel berör. Pumpkraftverk fungerar redan och kommer i framtiden att bli ännu viktigare för att kunna tillgodogöra sig förnybarenergi på effektivt sätt. Det är på grund av sin storlek som gör pumpkraftverkstekniken viktig för framtida smarta nät.

Tryckluftslager är den näst vanligaste formen av energilager. Tekniken är etablerad och välutvecklad. Återigen krävs det utnyttjande av någon form av befintlig struktur eller utrymme för att få ekonomin att gå ihop när anläggningarna blir större. Att använda mindre anläggningar än i MW-storlek anses för dyrt. Dels är kostnaderna för gasturbiner för stora för att t.ex. ett villaområde ska ha råd med det och dels blir underhåll och reparationer för komplicerade. Tryckluftslager kommer precis som vattenlagren att kunna bidra till utveckling av smarta elnät då behovet av ellager kommer att vara stort.

TES är ett smart sätt att utnyttja kemiska reaktioner för att lagra värme och kyla. Det finns även exempel där det har använts för att höja verkningsgraden på en redan befintlig kylanläggning i USA. Det finns än så länge inget som tyder på att tekniken ska gå att använda småskaligt på ett kostnadseffektivt sätt. Däremot går utvecklingen framåt vad gäller nya PCM och hur de kan integreras i till exempel byggnadsmaterial och så vidare. Det bör finnas en framtid för LTES vad gäller säsongslagring av kyla eller värme. När tekniken blir kommersiell och mogen kan den användas för att jämna ut värmebehovet för bostäder. Genom att integrera material som har lättare för att lagra värme skulle en del av solvärmens kunna tas tillvara på natten och därmed minska behovet av värme. I länder med ett mer tropiskt klimat än Sverige är det väldigt vanligt med luftkonditionering och därmed är effekten som olika kylanläggningar behöver stora. Hade PCM-tekniken kunnat användas för att minska behovet av el för att skapa kyla skulle miljövinster kunna bli väldigt stora.

TES har än så länge inte använts för att lagra elektricitet förutom vad gäller kryogenisk energilagring. Det finns stora fördelar med den kryogeniska energilagringstekniken. En viktig egenskap är att det är en helt utsläppsfri process. Utnyttjas ett kylager kan dessutom verkningsgraden komma upp i 50 % vilket förvisso är sämre än för till exempel vatten och tryckluftslager. Dock krävs det ingen höjdskillnad och lagret kommer att ha atmosfäriskt tryck i sina tryckkärl vilket gör tekniken enklare och därmed konkurrenskraftig. Att dessutom dra nytta av spillvärme från kraftverk och industri där det inte finns ett fjärrvärmenät att försörja skulle höja dessa anläggningars verkningsgrad ytterligare. Dessutom skulle det vara möjligt att kombinera processen med en fordonsfabrik för vätgas. Då luften tas in från omgivningen så kommer det att finnas en viss procentandel vatten i luften som potentiellt

sätt skulle kunna göras om till vätgas för bilar eller något liknande. Tekniken är för ung och för obeprövad för att kostnaderna ska vara ordentligt utredd. Det finns i dagens läge inget som talar för att tekniken skulle gå att använda för vårt användningsområde.

Det läggs idag stora resurser på batteriers utveckling och lyckade resultat har kunnat uppnås. Mycket fokus ligger på att förlänga batteriernas livslängd, både öka antalet in- och urladdnings cykler och den tidsmässiga livslängden. Batteriers livslängd beror mycket på hur djup urladdningen de har genomgått. Detta innebär att det finns mycket att tjäna på att ha större kapacitet än vad som nödvändigt för att förlänga batteriets livslängd.

Batterierna lämpar sig bra som mindre energilager men finns även exempel på MW storlekar. Beräkningsexemplet för ett ellager i en villa visar att tekniken redan nu är mogen för att uppfylla kraven på kapacitet. Utmaningarna för batteriutvecklingen är att göra de mer kostnadseffektiva för att en utbredning ska ske. Idag är priserna på de smidigaste batterierna väldigt höga och med tanke på att ellagret ska kombineras med en investering av en egen energikälla kan de totala investeringskostnaderna skjuta i höjden. Som beräkningsexemplet visar skulle kostnaderna för ett batterilager för en villa bli väldigt dyrt. Andrahandsmarknaden för batteri förväntas bli större på grund av att andelen elbilar kommer att öka, detta bör leda till lägre priser.

Med samma takt som den småskaliga elproduktionen ökar kommer efterfrågan på batterier att öka. Batterier som energilagringstyp för villor och villaområden har än så länge ingen standard utan stora skillnader finns mellan olika batterityper, både i kostnad och i prestation. Detta gör att olika batterityper är bra för olika applikationer.

Redan idag är användningen av batterier relativt stor. Det är det tredje största energilagret efter CAES och pumpkraft som är installerat för elektricitet lagring. Batteriernas användningsområde i elnätet idag är främst för att frekvensreglera och för att kunna jämna ut snabba skillnader i elproduktion.

Superkondensatorerna har fyllt ett tomrum som funnits mellan de konventionella kondensatorerna och batterier. Med superkondensatorer finns möjligheten att kunna leverera väldigt hög effekt på kort tid. Användning av superkondensatorer som ellager är däremot väldigt begränsad. Detta på grund utav de än så länge inte kan lagra särskilt stora mängder energi. De har också en relativt hög självurladdning vilket gör att de inte kan användas för lagring under en längre tid. Det finns däremot andra applikationer där de kommer att kunna vara värdefulla för att spara energi och underlätta regleringen av olika elnät. Kapaciteten för superkondensatorer förutspås bli ännu bättre och kan med tiden bli energilager som kan utnyttjas inom fler områden.

Supraledare är en enorm möjlighet för energilagring. Problemet är att det fortfarande är väldigt dyrt och att det krävs låga temperaturer för att supraledandeegenskaperna skall uppnås. Kravet på kylning är stort och det kräver också energi. Ambitionerna och visionerna för supraledare är högt satt och om målet med att ta fram supraledare som fungerar i rumstemperatur lyckas kommer deras roll som energilager att vara betydande.

Svänghjul har många goda egenskaper som kommer väl till nytta inom elnätet. Som småskaligt ellager på konsumentnivå är det möjligt men än så länge inte lönsamt. Svänghjulens egenskap är att ge snabba svar vid behov, hög verkningsgrad och lång livslängd gör att det ändå kommer att finnas behov av dessa i de smarta elnäten både för att frekvensreglera och som stöd för elproduktionen vid effekttoppar.

Sammanfattningsvis kan sägas att det rent generellt är svårt att föreslå en teknik som passar för energilagring i den storleksklass som detta projekt undersöker. Finns det en god höjdskillnad att utnyttja är det möjligt att vattenlager kan vara effektivt, dock är detta inte troligt. Att däremot dra nytta av gamla elbilsbatterier, eller befintliga elbilar, för att under nattetid ladda upp dem och kunna använda dem under dagen ses som det mest lovande. Den miljövinst som görs är att kraftverken som levererar elen kan få möjlighet att producera på sina designlaster och därmed erhålla en högre verkningsgrad. Likaså slipper samhällen att använda topplastanläggningar för att ta hand om de ökande elbehoven under morgon och kvällstimmar om hushållen kan använda el från sina batterier istället. Dessa topplastanläggningar är oftast dyra i drift. Det kanske enklaste som kan göras är att låta konsumenter som inte har fjärrvärme värma upp vatten under nätterna för att elen ska komma till användning. Detta kan ses som en form av reglering och inte som ett energilager, dock är det förhållandevis enkelt ordnat i dagens bostäder.

Följande slutsatser kan dras angående olika energilagringsteknikers kapacitet att vara användbara i småhus och bostadsområden:

- Vattenlager anses inte praktiskt användbart.
- Tryckluftslager anses inte praktiskt användbart.
- Kryogeniska lager anses inte praktiskt användbara.
- Termisk energilagring med fasändringsteknik anses inte praktiskt användbart.
- Batterier anses vara praktiskt användbara.
- Superkondensatorer och supraledare anses inte vara praktiskt användbara.
- Svänghjul anses vara praktiskt användbara men ännu ej lönsamma.

Referenslista till Kapitel 4

1. Vattenfall. Vattenkraften i Tyskland har en annan funktion än i Sverige. <http://newsroom.vattenfall.se/2012/02/25/vattenkraft-i-tyskland-har-annan-funktion-an-i-sverige/> (20 oktober 2013).
2. Larsson, Ö. & Ståhl, B. (2012). Lösningar på lager – Energilagringstekniken och framtidens hållbara energiförsörjning. Vinnova- Verket för Innovationssystem.
3. Nyteknik. Spara el i betongkula på havsbotten. http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3628157.ece (20 oktober 2013).
4. ESA. Compressed Air Energy Storage. http://www.electricitystorage.org/technology/tech_archive/compressed_air_energy_storage_caes (28 oktober 2013).

5. B. Sundén. (2006). Värmeöverföring. Lund. Studentlitteratur.
6. Peter Sundberg (2006). Termisk energilagring genom fasändringsprocesser. Examensarbete vid Luleå tekniska högskola: ISSN 1402-1617.
7. Pyrko, J. red. (2014). Smart om smarta nät. Del 3 och 4. Inst. För Energivetenskaper, Lunds Universitet-LTH. LUTMDN/TMHP-14/3053-SE.
8. N.Soaes, J.J. Costa, A.R. Gaspar, P.Santos (2013). Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency.
9. Higview power. Cryo energy storage. http://highview-power.com/wordpress/?page_id=8. (10 november 2013).
10. Higview power. A marriage of two industries... but decoupled process. http://highview-power.com/wordpress/?page_id=1405 (10 november 2013).
11. Nationalencyklopedin. Luft. <http://www.ne.se/luft> (10 november 2013).
12. ESA. LAES. http://www.electricitystorage.org/technology/tech_archive/laes_storage (10 november 2013).
13. Recharge. Liquid air energy-storage set for the big time after German deal. <http://www.rechargenews.com/news/technology/article1297896.ece> (10 november 2013).
14. Liquidair energy network. About liquid air. <http://www.liquidair.org.uk/about-liquid-air> (den 10 november 2013).
15. Reuters UK. Firm plans to firm up liquid energy storage. <http://uk.reuters.com/article/2012/02/01/uk-liquid-air-idUKTRE8101DY20120201> (10 november 2013).
16. Batteriföreningen, Batteriets Historia <http://batteriforeningen.se/om-batterier/batteriets-historia/> (28 oktober 2013)
17. Battery University. When was the battery invented ?. http://batteryuniversity.com/learn/article/when_was_the_battery_invented (28 oktober 2013)
18. T.R Crompton. (2000). Battery Reference Book, third edition. Newness.
19. Batteriföreningen, Battericellens uppbyggnad <http://batteriforeningen.se/om-batterier/battericellens-uppbyggnad/> (28 oktober 2013)
20. Association of European Automotive and Industrial Battery Manufacturers. Battery energy storage for smart grid applications (2013).
21. International electrotechnical commission, Electrical Energy Storage.
22. Andrén, E. (den 19 08 2011). Hämtat från <http://www.teknikensvarld.se/2011/08/19/22692/nu-finns-det-en-miljard-bilar-i-varlden/>
23. Svensk vindenergi. (2013). Vindkraftsstatistik.
24. Allan R.Hambley(2008) , Electrical engineering principles and Applications fourth edition, Pearson Education, Inc.

25. Battery University. Supercapacitor.
http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_role_of_the_supercapacitor (1 november 2013).
26. Björn Bolund, Hans Bernhoff, Mats Leijon(2004). Flywheel energy and power storage systems.
<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/sustainable/refs/storage/Flywheel.pdf> (3 november 2013).
27. ESA. Flywheels. http://www.electricitystorage.org/technology/tech_archive/flywheels (3 november 2013).
28. Beacon Power, Flywheel energy storage system
http://www.beaconpower.com/files/FESS_Tech_Data_Sheet.pdf (6 november 2013)
29. EON. Har du normal elförbrukning? <http://www.eon.se/privatkund/Energieffektivisering/verktyg-och-guider/normal-elforbrukning/> (6 november 2013)
30. Beacon Power. Introduction to beacon power LLC.
http://www.beaconpower.com/files/bp_intro.pdf (6 november 2013)
31. Wikipedia. Flywheel. <http://en.wikipedia.org/wiki/Flywheel> (10 mars 2014).
32. Energimyndigheten. (2012). Energiläget 2012.
33. Andersson, S., & Elofsson, A. (2009). Plug-in Hybrid Electric Vehicles As Control Power.
34. Schultz, C. v. (den 04 10 2013). http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/bilar/article3774603.ece

5. VILLKOR OCH REGLER

5.1 Mål och direktiv för byggnadssektorn

Texten i detta kapitel är hämtad ur en rapport av Eriksson (2014) samt ur ett kapitel i boken "Smart om smarta nät" (Jonsson & Persson 2014) och omredigerad.

Globalt sett står byggnader för 32 % av världens energianvändning (OECD/IEA 2014). I Sverige återfinns en något högre siffra: sektorn bostäder och service står för ca 38 % av den totala energianvändningen, varav 90 % används i byggnader (Energimyndigheten 2013a). Ungefär samma siffror gäller för EU i stort, varför byggnadssektorn är ett prioriterat område för EU:s mål om energieffektivisering och energibesparing (EU 2010).

5.1.1 Mål på EU-nivå

EU:s strategi för tillväxt, Europa 2020, syftar till att uppnå en tillväxt som är socialt inkluderande, smart och miljömässigt hållbar (Europeiska kommissionen 2012b). En hållbar tillväxt ses som viktigt för att nå klimatmålen, minska beroendet av fossil energi, öka sysselsättningen och öka konkurrenskraften på marknaden för miljövänliga lösningar. Målen för den hållbara tillväxten styrs av 20-20-20-målen som beskrevs tidigare (Europeiska kommissionen 2012a). Åtgärder i byggnadssektorn är en central del i arbetet för att nå 20-20-20-målen om 20 % energieffektivitet, vilket har lett till införandet av direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda (EU 2010).

Direktivet om byggnaders energiprestanda är betydelsefullt också för att nå klimatmålen till år 2050. Till dess ska EU:s utsläpp av växthusgaser minska med 80-95 % jämfört med år 1990. I byggnadssektorn ska minskningen vara cirka 90 %. Byggnation av nära nollenergihus anses nödvändigt för att nå det målet, likaväl som bland annat passivhusteknik, nyttjandet av energi med låga koldioxidutsläpp och smarta elnät. Dessa beskrivs i EU:s färdplan för ett konkurrenskraftigt utsläppsnått samhälle 2050 (Europeiska kommissionen 2011).

5.1.2 Direktivet om byggnaders energiprestanda

Byggnadssektorn är energiintensiv såväl som expansiv; sektorns energibehov väntas öka i framtiden. En minskning av byggnaders energianvändning i kombination med ökad användning av förnyelsebar energi skulle därför bidra till att uppfylla flera mål – förutom 20-20-20-målen även 2-gradersmålet och Kyotoprotokollet. Bidraget till dessa mål var en av anledningarna till att direktivet om byggnaders energiprestanda antogs. En annan anledning till direktivets införande var att det fanns ett behov av konkreta åtgärder så att den potential som finns för energibesparing i byggnader skulle kunna utnyttjas (2010/31/EU).

I direktivet (2010/31/EU) fastslås att EU:s medlemsstater ska sätta minimikrav på energiprestandan i nya byggnader, byggnadselement och installationssystem (system för värme, vatten och luftkonditionering). Förutom utifrån termiska egenskaper ska energiprestandan beräknas med hänsyn till bland annat värmeanläggningen, användandet av förnybar energi, luftkvalitet och påverkan från exempelvis solinstrålning och skugga. Även befintliga byggnader ska följa minimikraven på energiprestanda när de undergår större renoveringar. Direktivet fastslår även att från och med sista december 2020 ska alla nya byggnader vara nära nollenergibyggnader. En nära nollenergibyggnad definieras som en

byggnad med mycket hög energiprestanda. Den låga mängden energi som behöver tillföras byggnaden bör vara förnyelsebar, exempelvis producerad lokalt eller på plats. Då offentliga myndigheter bör föregå med gott exempel ska dessa myndigheters byggnader vara nära nollenergibyggnader från den sista december 2018. Utöver detta fastslås bland annat att värmepumpar, fjärrvärme/fjärrkyla, kraftvärme och förnybar energi från decentraliserad produktion bör användas när det är tekniskt och ekonomiskt möjligt. Medlemsstaterna ska även arbeta för att smarta mätare införs, och om det är lämpligt, styrsystem för energibesparing. Ytterligare en bestämmelse med betydelse för de framtida byggnaderna är att medlemsstaterna ska införa energicertifikat. Dessa ska innehålla information om byggnadens energiprestanda och vilka minimikrav som finns för energiprestandan. De ska också ge rekommendationer för hur energiprestandan kan förbättras på ett kostnadseffektivt sätt och hänvisa till vart mer information kan hämtas.

Utöver detta direktiv har även ekodesigndirektivet och energieffektiviseringsdirektivet betydelse för byggnaders energieffektivisering och energianvändning (Energimyndigheten 2012).

5.1.3 Mål på nationell nivå

I Sverige styrs arbetet med byggnadssektorns energianvändning förutom av mål och direktiv på EU-nivå av nationella mål, som miljökvalitetsmålen. Speciellt miljökvalitetsmålen God Bebyggd Miljö och Begränsad Klimatpåverkan är applicerbara (Energimyndigheten 2012). Då EU anser att medlemsländerna bör ta fram egna färdplaner för år 2050 har Naturvårdsverket påbörjat arbetet med en svensk färdplan för att nå målet om svenska nettonollutsläpp av växthusgaser år 2050. För att uppnå nettonollutsläpp menar regeringen att energi- och transportsystemet måste moderniseras, energianvändningen minska, en större andel förnyelsebar energi användas och att arbetet för detta ska delas upp på olika sektorer (Miljödepartementet 2013). För sektorn bostäder och lokaler har ett framtidsscenario skapats och det har undersökts om åtgärder krävs för att nå nettonollutsläpp, och i så fall vilka de skulle vara (Energimyndigheten 2012).

För sektorn bostäder och lokaler anser Energimyndigheten att befintliga styrmedel räcker för att nå målet om nettonollutsläpp i sektorn år 2050. De räcker även för att nå etappmålet 2020 för miljömålet begränsad klimatpåverkan samt "ett brutet fossilberoende i bebyggelsen" inom miljökvalitetsmålet god bebyggd miljö. De direkta utsläppen i sektorn sker i dagsläget i form av förbränning av olja och naturgas. Dessa utgjorde år 2012 3 % av Sveriges totala utsläpp. På grund av oljans och naturgasens dåliga konkurrenskraft prognosticerar Energimyndigheten att dessa har fasats ut år 2020 (olja) respektive år 2030 (naturgas) och ersatts med värmepumpar och träpellets. Även sektorns indirekta utsläpp (i samband med el- och värmeproduktion) kommer att försvinna till år 2050 enligt prognosen. I ljuset av detta anses inte ytterligare styrmedel för energieffektivisering vara ett kostnadseffektivt sätt att minska sektorn bostäder och lokalers utsläpp. Styrmedel för ökad energieffektivitet anses dock vara lönsamt för att nå målen om minskad energianvändning och miljömålen Frisk luft och Bara naturlig försurning samt för att minska resursanvändningen (Energimyndigheten 2012).

De styrmedel som i Sverige styr mot minskade klimatutsläpp i sektorn bostäder och lokaler är ofta kopplade till EU-direktiv. Exempel på styrmedel i sektorn är lagen om energiskatt, lagen om koldioxidskatt, stöd till solceller, stöd till forskning, stöd till Hållbara städer, lagen om ekodesign och Boverkets byggregler (BBR). Handel med utsläppsätter påverkar sektorn indirekt, då den påverkar priset på el och fjärrvärme (Energimyndigheten 2012).

5.2 Lagstiftning

Lagstiftningen gällande mikroproduktion är omfattande. Det finns eltekniska krav och krav vid installation av mindre produktionsanläggningar samt anvisningar för den administrativa processen. Vidare omfattas den även av subventioner och bidrag, samt elcertifikat. Dessa lagar är aktuella nu men beakta att många av dessa områden är under relativt kontinuerlig förändring.

5.2.1 Nuvarande lagstiftning i Sverige

Ellagen

Ellagen är den mest grundläggande och den minst detaljerade delen av det regelverk som styr anslutning och drift av elektriska produktionsanläggningar. Dessa lagar ändras sällan och ligger till grund för mer detaljerade regler, såsom standarder och branschpraxis (Svensk Energi 2011).

Energiskatt

EU har etablerat ett ramverk för beskattning av energi, inkluderat el, kallat Energiskattedirektivet. Grunden i detta är att el ska beskattas och att denna skattenivå inte får understiga vissa gränser. Här finns dock undantag, exempelvis el som framställs ombord på fartyg och el som används för att framställa el är befriad från energiskatt. Energiskattedirektivet ger även möjlighet till medlemsstaterna att ge skattebefrielse i andra situationer. Detta är relevant eftersom det bland annat kan tillämpas för solel, vindkraft och vågkraft för att på så sätt ge länderna möjlighet att själva främja ökad produktion av förnybar el.

Ett svenskt exempel på detta är att el som framställs i ett vindkraftverk av en producent som inte yrkesmässigt levererar el är undantagen energiskatt (11 kap, 2 § LSE). Detta infördes för att fungera som ett incitament för en ökad utbyggnad av decentraliserad elproduktion med vindkraft. Idag föreligger en problematik med lagstiftningen i att fastighetsägare, vars huvudsakliga affärsverksamhet inte är elproduktion, kan sätta upp stora vindkraftverk för att producera el till hyresgästerna eftersom ingen kapacitetsbegränsning finns. Det bidrar till en snedvriden marknad där energibolag, vars primära näringsverksamhet är att producera el, belastas med påtagligt större skattesatser än exempelvis fastighetsbolag. Fjärrvärmebranschen är en av energimarknadens aktörer som är missnöjda med systemet och menar att det måste ändras. Att elen i och med denna skattelättnad blir så billig att producera, även i större skala, innebär en stor konkurrensnackdel för fjärrvärmens eftersom värmepumpar kan bli jämförelsevis oproportionerligt gynnsamma även för större byggnader i städer där fjärrvärmenätet är väl utbyggt (Skatteverket 2013a).

Skatteverket presenterade, i november 2011, ett ställningstagande (Skatteverket 2013b) om undantagen skatteplikt för el som produceras i en anläggning utan generator. Detta gäller därmed prosumenten med solceller på taket med främsta syfte att använda elen för eget bruk.

Subventioner och bidrag

Sedan 1 april 2010 behöver en mikroproducent inte betala någon nätavgift för sin inmatning förutsatt att denne har ett årligt uttag som överskrider inmatningen (Energimarknadsinspektionen 2010).

Investeringsstöd finns att söka för den som vill skaffa en produktionsanläggning för solel. Systemet gäller från februari 2013 till december 2016 och följande gäller (Olofsson & Sandberg 2009):

- Högst 35 % ges i investeringsstöd,
- De stödberättigade kostnaderna får uppgå till högst 46 250 kr/kW, inklusive moms,
- Högst 1,2 miljoner kronor lämnas i stöd per system,
- Stöd får endast lämnas för ett solcellssystem per byggnad eller för ett solcellssystem per fastighet om systemet är byggt på marken,
- Installationen ska vara slutförd senast 31 december 2016.

Elcertifikat

Elcertifikatsystemet, som funnits i Sverige sedan 2003 och är gemensamt med Norge sedan 2012, har som uppgift att främja förnybar elproduktion i länderna. För nya anläggningar har man rätt till elcertifikat i 15 år, dock längst till 2035. Om en elproducent är ansluten till systemet erhåller denne ett elcertifikat för varje MWh förnybar el som producerats. Värdet för dessa elcertifikat uppkommer av en kvotplikt som innebär att de berörda aktörerna, bland annat elleverantörer och vissa elanvändare, åtar sig att köpa en viss andel elcertifikat per övrig el de hanterat. På så vis prissätts elcertifikaten genom tillgång och efterfrågan vilket bland annat medför att det är ekonomiskt mer gynnsamt att producera förnybar el om marknaden har ett underskott på elcertifikat.

All el som produceras förnybart hos prosumenten har rätt till elcertifikat. I praktiken är det dock få mikroproducenter som är anslutna till systemet, främst av ekonomiska och administrativa skäl.

Installation av mindre produktionsanläggning

Enligt Ellagen (3 kap, 7§) är ett elnätsföretag skyldigt att ansluta en produktionsanläggning till elnätet, såvida inte särskilda skäl föreligger (Riksdag 1997). Ett sådant skäl är kapacitetsbrist, vilket ger elnätsföretaget rätt att neka anslutning. För att få ansluta en produktionsanläggning ställs även vissa krav på producentsidan. Det finns krav både på produktionsanläggningen själv och på anslutningen som måste uppfyllas.

En produkt som ingår i en produktionsanläggning måste vara CE-märkt för att få lanseras på marknaden. Dessutom ska installationen av densamma utföras av en behörig elektriker enligt Elsäkerhetsverkets föreskrifter (Energimarknadsinspektionen 2010).

Enligt Ellagen (3 kap, 9§) ska överföringen av el vara av god kvalitet (Riksdag 1997). Ansvaret för att detta upprätthålls hamnar på nätföretagen som i sin tur ställer krav på producenter för att säkerställa överföringens kvalitet. Nedan nämns några av kraven som hamnar på en prosument när denne önskar ansluta sig till det befintliga elnätet.

EMC och eltekniska krav vid nätanslutning av mikroproduktion

Elektromagnetisk kompatibilitet (Electro Magnetic Compability) är apparatens förmåga att arbeta utan att störa andra apparater på nätet, detta innebär krav på både nätet och själva apparaten.

Vid anslutning av prosumentens mikroanläggning till lågspänningsnätet måste elnätsbolagets godkännande erhållas, i flera fall måste man även ha ett bygglov för själva anläggningen. Elnätsbolaget måste godkänna en ansökan som uppfyller alla formella krav, däremot kan de ta ut en nätanslutningsavgift som kompenserar för eventuella kostnader som uppstått i samband med förstärkningar av nätet. En beskrivning av denna administrativa process finns i längre ner i detta avsnitt.

Vid anslutning av mikroproduktion av el från en mikroproduktionsanläggning finns följande krav angivna av Energimarknadsinspektionen samt återges även av branschorganisationen Svensk Energi (2011):

Långvariga spänningsvariationer

Överspänningar och underspänningar kan skada övrig elektrisk utrustning, orsaka brand och således även personskador. Det åligger ett krav på elnätsbolagen att upprätthålla rätt spänningsnivå hos varje enskild kund, den får varken vara för låg (vid förbrukningstoppar) eller för hög (vid produktionstoppar). Däremot är det heller inte rimligt att hela tiden hålla exakt 230 V i ett nät, därför stakas gränsvärden ut för kund och bolag.

En kund får inte orsaka mer än 5 % spänningsvariationer av den för kunden nominella spänningen vid kundens anslutningspunkt eller 3 % av den för punkten nominella spänningen vid närmsta gemensamma sammankopplingspunkt. Detta innebär en maximal tillåten spänning på 253 V och en minimal på 207 V. Vid spänningar över 255 V som varar längre än 60 sekunder skall en ansluten mikroproduktionsanläggning bryta sin anslutning.

Kortvariga spänningsvariationer

På samma sätt som för långvariga spänningsvariationer skall en mikroproduktionsanläggning bryta sin anslutning till nätet om spänningen överstiger 265 V eller understiger 196 V (230 V +/- 15 %) fast här för en tidsperiod på 0,2 sekunder. De kortvariga spänningsvariationerna delas in i tre underkategorier: enstaka spänningsvariationer, flimmer och transienter.

Enstaka spänningsvariationer

Enstaka spänningsvariationer i sin tur kan delas in i tre ytterligare underkategorier; kortvariga spänningssänkningar (<90 % av referensspänningen), kortvariga spänningshöjningar (>110 % av referensspänningen) och snabba spänningsändringar. Tabell 5.1 och 5.2 återger gränsvärden för kortvariga spänningssänkningar respektive kortvariga spänningshöjningar; det gäller att det inte ska uppstå några kortvariga spänningssänkningar eller höjningar med varaktighet och kvarstående spänning enligt område C. För område B

gäller att nätägaren är skyldig att åtgärda förändringarna i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till påverkan orsakad av spänningsförändringen.

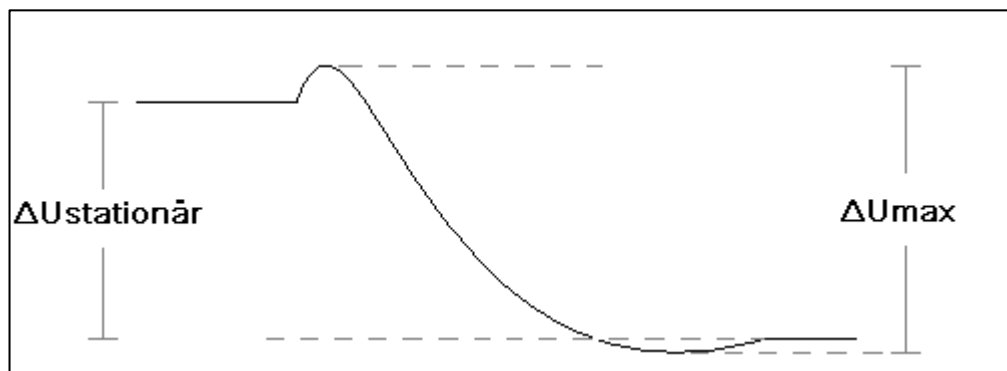
Tabell 5.1 Gränsvärden för kortvariga spänningsenkningar (Energimarknadsinspektionen 2013).

U (%)	Varaktighet (ms)				
	10>t≥200	200>t≥500	500>t≥1000	1000>t≥5000	5000>t≥60000
90>u≥80	A				
80>u≥70					
70>u≥40	B			C	
40>u≥5					
5>u					

Snabba spänningsändringar kan inverka på känslig elektronisk utrustning samt ge upphov till störande belysningsvariationer. En plötslig förändring av spänningens effektivvärde med mer än 0,5 % per sekund definieras som en snabb spänningsändring. Dessa bestäms av maximal (U_{max}) och stationär ($U_{stationär}$) spänningsändring under ett spänningsändringsförlopp. Detta visualiseras i Figur 5.2. Tabell 5.3 visar gränsvärden för dessa snabba spänningsändringar.

Tabell 5.2 Gränsvärden för kortvariga spänningshöjningar (Energimarknadsinspektionen 2013).

U (%)	Varaktighet (ms)		
	10>t≥200	200>t≥5000	5000>t≥60000
u≥135	C		
135>u≥115			
115>u≥111	B		C
111>u≥110	A		



Figur 5.2 En snabb spänningsförändring definieras som $\Delta U_{max} - \Delta U_{stationär}$ (Berg & Estenlund 2013).

Tabell 5.3 Gränsvärden för snabba spänningsändringar (Energimarknadsinspektionen 2013).

Snabba spänningsändringar	Maximalt antal per dygn
Delta Ustationär >- 3 %	24
Delta Umax >- 5 %	24

Flimmer

Flimmer (flicker) uppstår vid olika mycket inmatad och uttagen effekt på nätet. Detta fenomen förekommer bland annat hos vindkraftverk, där uteffekten påverkas av vindskugga när rotorbladet passerar tornet. Gränsvärden för flimmer återfinns i Tabell.4.

Tabell 5.4 Rekommenderade gränsvärden för tillåten flimmeremission (Svensk Energi 2011).

	Parameter	Rekommenderat gränsvärde	Impedans för referensnät
Enfas	P_{st}	0,35	$Z_{ref} = 0,4 + j 0,25 \text{ Ohm}$
	P_{it}	0,25	
Trefas	P_{st}	0,35	$Z_{ref} = 0,24 + j 0,15 \text{ Ohm}$
	P_{it}	0,25	

Transienter

Transienter är spänningsspikar i form av korta, stora amplitudskillnader i nätet och stör eller slår helt ut annan utrustning i nätets närhet. Transienter kan uppstå av t.ex, åska och nätomkopplingar (Berg & Estenlund 2013) men även av LED-lampor som slås av och på hela tiden (Vågbytare 2013). Att anpassa ett nät så att det inte ger upphov till transienter är inte ekonomiskt försvarbart, därför finns det istället föreskrifter på konsumentelektro-niksidan gällande krav på produkters tålighet för transienter (Berg & Estenlund 2013).

Osymmetri

Osymmetri kan uppstå om till exempel för många enfasiga solcellsanläggningar är inkopplade på samma fas. Enligt 5 § i Energimarknadsinspektionens författningssamling skall de uppmätta tiominutersvärdena av spänningssymmetrin under en period motsvarande en vecka vara mindre än eller lika med två procent (Energimarknadsinspektionen 2013).

Övertoner

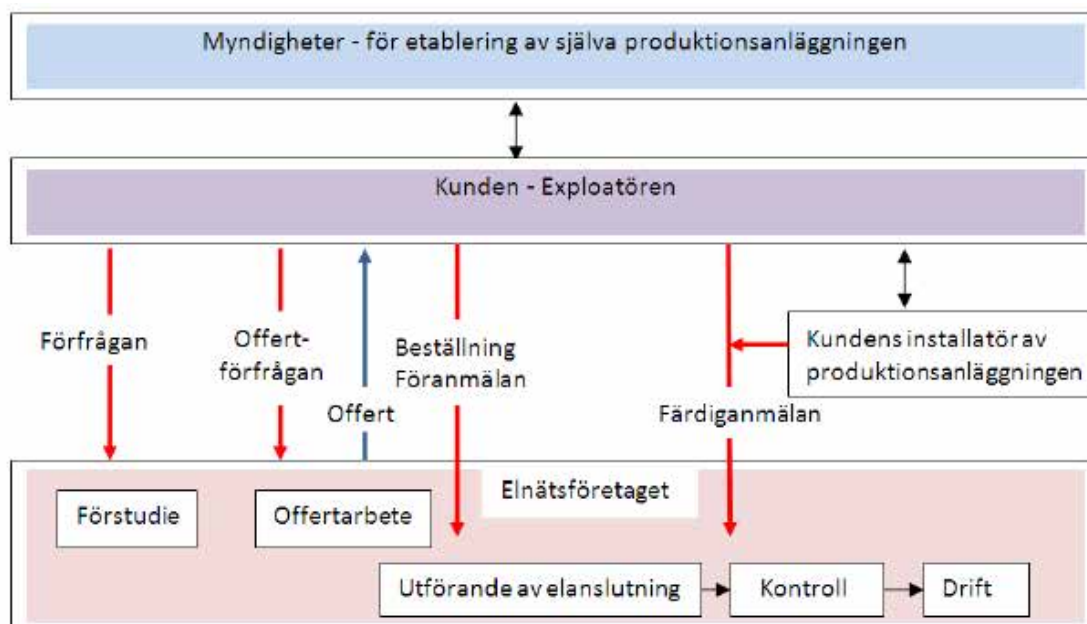
Övertoner uppstår då frekvensen på nätet avviker från de normala 50 Hz och orsakas av alla olinjära laster som är uppkopplade till det lokala nätet. För nätanslutna anläggningar på upp till 16 A per fas gäller Tabell för största tillåtna ström per överton (Standardiseringskommissionen 2006). Den totala harmoniska spänningsdistortionen (THD) är kvoten mellan storleken av övertonen och den grundfrekventa spänningen. Denna kvot får inte överstiga 8 % under 95 % av de mätningar som utförs var tionde minut (Vågbytare 2013).

Tabell 5.5 Gränsvärden för största tillåtna ström per överton (Standardiseringskommissionen 2006).

Jämna övertoner		Udda övertoner	
Överton (n)	Största tillåtna ström [A]	Överton (n)	Största tillåtna ström [A]
3	2,30	2	1,08
5	1,14	4	0,43
7	0,77	6	0,30
9	0,40	8 <-n<-40	0,23*8/n
11	0,33	-	-
13	0,21	-	-
15 <-n<-39	0,15*15/n	-	-

5.2.2 Den administrativa processen vid installation

Med bakgrund i att elnätsföretagen, enligt Ellagen, inte bara är skyldiga att ansluta en produktionsanläggning utan även är ansvariga för elsäkerhet och leveranskvalitet, fordras att de meddelas när en produktionsanläggning planeras. Då undersökningar, och i vissa fall förstärkningar och installationer, måste göras medför detta viss administration från samtliga inblandade parter. Figur 5.2 beskriver arbetsflödet i en anslutningsprocess av en produktionsanläggning.



Figur 5.2 Flödesschema för den administrativa processen vid anslutning av en mikroproduktionsanläggning (Svensk Energi 2011).

Offertförfrågan

Om det lokala elnätet måste förstärkas inför en eventuell installation av en produktionsanläggning fordras en skriftlig offertförfrågan från prosumenten för att elnätsföretaget ska kunna lämna en bindande offert. Offertförfrågan ska, förutom prosumentens personuppgifter och underskrift, bland annat innefatta produktionsanläggningens fabrikat och typ samt en rad tekniska detaljer gällande anläggningen, styrka av leverantörs eller tillverkares underskrift. Även installatören av anläggningen ska signera dokumentet,

Föranmälan

När prosumenten erhållit en bindande offert från elnätsföretaget ska en skriftlig anmälan göras till detsamma. Elnätsföretaget anger vem som ska lämna den skriftliga anmälan, normalt behörig elinstallatör, vilka krav som ska vara uppfyllda för anslutningen samt vilka övriga uppgifter som ska lämnas.

Färdiganmälan

Innan anläggningen kopplas in ska ett nätavtal signeras samt en färdiganmälan utfärdas av behörig elinstallatör, eller av tillverkaren av anläggningen om denne står som ansvarig för installationen. De elektriska skyddfunktionerna, såsom säkringar och reläer, ska ha testats och ett protokoll över dessa funktionsprov ska bifogas. Om förändringar av utförandet skett sedan föranmälan skall även färdiganmälan innehålla information om dessa för godkännande av elnätsbolaget. När färdiganmälan delgivits elnätsföretaget har detta rätt att utföra kontroll av anslutnings- och mätanordning, delta vid funktionsprov av eventuell reläanläggning samt delta vid inkoppling av anläggningen. Först när elnätsbolaget lämnat godkännande får produktionsanläggningen tas i drift (Svensk Energi 2011).

5.2.3 Specifikt för installation av vindkraft

Större vindkraftverk som kräver bygglov behandlas inte vidare i denna studie, då dessa passar bäst i rurala områden. De kan därmed inte nå en tillräckligt hög penetrationsnivå i Sverige för att påverka de lokala elnäten nämnvärt. De flesta vindkraftverk som uppförs för den typ av produktion av den skala som den här studien omfattar kan klassas som så kallade miniverk. Ett sådant är bygglovsbefriat om endast ett vindkraftverk uppförs och det uppfyller nedanstående kriterier (Karlowski & Andersson 2012). Vindkraftverket får inte:

- ha en höjd som överskrider 20 meter,
- ha en rotordiameter som överskrider 3 meter,
- placeras närmare tomtgränsen än sin totala höjd,
- placeras i ett vattenområde,
- monteras på en byggnad.

5.3 Producera egen el

5.3.1 Installation av en elproduktionsanläggning

Det finns olika sätt att producera egen el. År 2012 var solceller den vanligaste metoden, men även små vindkraftverk, små vattenkraftverk och små kraftvärmeverk, där biomassa omvandlas till el och värme, förekommer (Svensk Energi 2012). Också bränsleceller, vågkraft

och tidvattenkraft skulle kunna användas för mikroproduktion (Proposition 2013/14:151). Följande regler gäller för den som vill ansluta en egen elproduktionsanläggning till elnätet och sälja överskottet till ett elbolag:

Produktionsanläggningen måste anmälas till, och bli godkänd av, elnätsbolaget. Elnätsbolaget är de som äger nätet och ansvarar för att det håller en god elkvalitet (Scandinavian Heartland 2011). Därför måste den anläggning som installeras uppfylla vissa kvalitetskrav; den får inte ge för stora spänningsvariationer på nätet, exempelvis måste övertonerna hållas under en viss nivå. Det finns också säkerhetskrav; exempelvis att anläggningen inte får mata ut el på nätet om det blir strömavbrott. Uppfylls kraven, vilket de i regel gör om kvalitativa produkter väljs, är elbolagen skyldiga att ta emot elen. Detta utan att försämra elkvaliteten för de övriga på nätet, vilket är anledningen till att elbolagen kan behöva förstärka nätet innan en elanläggning kopplas in (Johannesson & Skarrie 2014). För detta får de ta ut en avgift av kunden. Kunder bör också tänka på att installationen måste göras av en behörig elektriker och att produkterna måste vara CE-märkta. Det vill säga, uppfylla gällande lagar för hälsa och säkerhet (Scandinavian Heartland 2011).

För vissa anläggningar måste bygglov sökas. Vad gäller miniverk (vindkraftverk med max 3 meter rotordiameter och en totalhöjd på 20 meter) krävs bygglov om verket monteras på en byggnad. Monteras det på tomten på ett längre avstånd från tomtgränsen än vad verket är högt krävs endast anmälan till kommunen. Byggnadsnämnden måste sedan ge ett startbesked innan verket får uppföras (Vindlov 2012). Elnätsbolaget måste kontaktas oavsett om miniverket ansluts till elnätet eller inte, detta av ansvars- och säkerhetsskäl (Energimyndigheten 2011). Om bygglov krävs för solpaneler varierar från kommun till kommun. Även om inte bygglov krävs kan ett tillstånd från kommunen behövas, om solpanelen monteras på en ställning och inte tätt mot taket (Scandinavian Heartland 2011).

Slutligen måste kunden också ha en elmätare som kan mäta både produktion och konsumtion varje timme. Denna installeras gratis av elbolaget om anläggningen har en huvudsäkring på max 63 Ampere, en inmatningseffekt på max 43,5 kW och om kunden över ett år konsumerar mer el än vad som köps (Energimyndigheten 2013b). Uppfylls dessa krav behöver kunden heller inte betala någon nättariff för inmatningen av el (SFS 1997:857 4 kap. § 10).

5.3.2 Mikroproduktion

Kunden kan fritt välja vilket elbolag den vill teckna avtal med för att sälja elen. Ofta kräver elbolagen att konsumenten måste vara mikroproducent för att få sälja el, men med olika definitioner av vad mikroproducent är. En definition är, likt ovan, en producent vars anläggning har en huvudsäkring på max 63 Ampere, en inmatningseffekt på max 43,5 kW och som är nettokonsument av el över ett år (Vattenfall u.å., Skånska Energi u.å.). En annan definition är huvudsäkring på max 63 Ampere och inmatningseffekt på max 43,5 kW men inga krav på om kunden är nettokonsument eller nettoproducent av el (E.ON u.å., Värnamo Energi u.å.). En tredje variant återfinns i utredningen "Beskattning av mikroproducerad el m.m." som syftade till att ta fram ett lagförslag om nettodebitering. Där föreslogs att en mikroproducent ska definieras som en elanvändare som kompletterar sitt uttag av el från

elsystemet med egen elproduktion som levereras i samma inmatnings- och uttagspunkt (SOU 2013:46).

5.3.3 Anledningar till att bygga för elproduktion

En enkät genomfördes av Eriksson (2014) angående driftkrafter och hinder för att bygga bostäder med möjlighet till elproduktion.

I Kapitel 6 beskrivs hinder – här beskrivs de drivkrafter för elproduktion som har identifierats. Elva av de företag som svarade på enkäten har antingen byggt, eller har beslutat att bygga, bostäder med elproduktion. Tio av dessa svarade på frågan om varför. Det framkom att miljöengagemang var en viktig faktor; företagens egna miljömål gavs som anledning, likaså företagskulturen där vissa företag länge hade arbetat med energifrågor. Två företag tog även upp att de vill visa omvärlden att de går respektive att de vill påverka sina hyresgäster att tänka på energifrågor. Det framkom också att företagen generellt ser elproduktion som en framtidsfråga, att de vill utveckla sitt företag i den riktningen och ser elproduktion som marknadsmässigt smart. Under intervjun med Togerö (2014) framkom att Skanskas anledningar till att bygga plusenergihuset Väla gård (som visserligen inte är ett bostadshus utan en kontorslokal) var liknande. Skanska ville leva som de lär och få trovärdighet, lära sig mer, utveckla sin personal och locka till sig nya medarbetare, nå sina interna miljömål och göra en god affär.

Fem företag svarade att de inte ser några hinder alls för att bygga nya bostäder med elproduktionsmöjligheter. Alla utom ett av dessa har antingen byggt eller beslutat att bygga för elproduktion.

Uppfyllandet av interna miljömål och utveckling av företaget är viktiga anledningar till att bygga för elproduktion bland företagen i enkäten. Därför dras slutsatsen att faktorer som sporrar företag att arbeta mer med detta hade gynnat utvecklingen av bostäder med elproduktion; exempelvis ökade kundkrav och tydliga nationella mål och visioner.

5.4 Prissättning av egenproducerad elektricitet

5.4.1 Köpa och sälja el

Det elpris kunden betalar för köpt el innefattar den producerade elen, skatt, moms och nätavgift (både en fast och en rörlig del). Det pris elbolaget betalar för den el kunden levererar innefattar den producerade elen och nätnyttan. Med nätnytta menas den ekonomiska nyttan av att den lokalt producerade elen ger upphov till mindre förluster än vad el som har transporterats långt gör (Scandinavian Heartland 2011). Hur elbolagen sätter priset för den el kunden säljer varierar. Exempelvis betalar Kraftringen 1 kr/kWh till kunder som även är elhandelskunder och vars anläggning har en maximal effekt på 10kW, vilket är en förlustaffär för dem på 50-60 öre/kWh. Priset satte de av marknadsföringskäl och utvecklingskäl – de anser att det behövs mer mikroproduktion och vill främja det (Johannesson & Skarrie 2014). Sammantaget kan det pris elbolaget betalar den egenproducerande kunden sägas bero på elbolaget, om kunden som vill sälja el även är elhandelskund, vart kunden bor och hur stor anläggningen är.

5.4.2 Nettodebitering

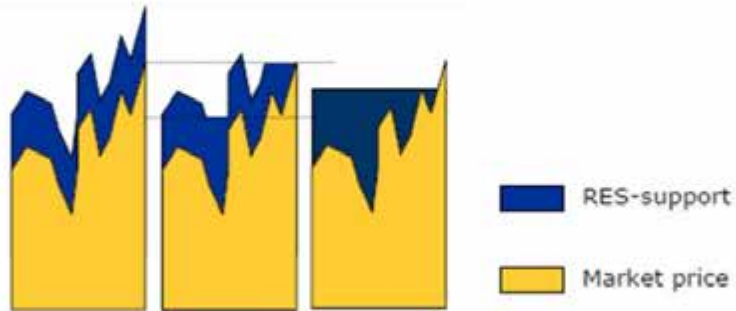
Vid nettodebitering kvittas den el som matas in på elnätet mot den el som kunden tar emot under en viss tidsperiod (SOU 2013:46). Denna period kan vara exempelvis en timme, en månad eller ett år (Elforsk 2010). Kunden betalar därmed endast för nettoelförbrukningen under den givna perioden (SOU 2013:46). Att kunden endast betalar för nettoförbrukningen av el innebär dock att denne inte betalar energiskatt och moms på all el som förbrukas under debiteringsperioden. Regeringen har gjort tolkningen att detta inte är förenligt med mervärdesskattedirektivet, varför nettodebitering inte kommer att genomföras i Sverige (SOU 2013:46).

5.4.3 Skattelättnad

Istället för nettodebitering föreslår regeringen att mikroproducenter ska få ersättning för den inmatade elen genom en skattereduktion. Denna skattereduktion anses förenlig med mervärdesskattedirektivet och ska ungefär motsvara det belopp som mikroproducenten hade tjänat på nettodebitering (SOU 2013:46). En proposition utkom i mars 2014 med ett förslag på lagstiftning om skattereduktion för mikroproduktion av förnyelsebar el. Lagen föreslås gälla från den 1 juli 2014 för både privatpersoner och företag. Dessa får ha en säkring på maximalt 100 ampere, måste mata in och ut el i en och samma anslutningspunkt och anmäla till nätkoncessionshavaren att de matar in förnyelsebar el. Skattereduktionen ska uppgå till 60 öre/kWh och ges för som mest 30 000 kWh per år och person, per anslutningspunkt. Som mest uppgår alltså skattelättnaden till 18 000 kr per år. Skattereduktion ges inte för all egenproducerad el, utan endast för den inmatade elen – det vill säga för den överskottselen som matas in på elnätet. En mikroproducent får inte skattelättnad för den elproduktion som eventuellt överstiger dess årliga elbehov. (Proposition 2013/14:151). Om EU-kommissionen hinner bedöma om skattelättnaden strider mot EU-reglerna för statsstöd innan 1 juli är oklart (Digréus 2014).

5.4.4 Feed-in tariff (Inmatningstariff)

En feed-in tariff innebär ett avtal mellan elkund och elbolag, där elkunden är garanterad ett visst pris för den el den producerar under en lång tidsperiod, vanligtvis 15-20 år. Elbolaget är också skyldigt att ta emot elen från kunden oberoende av efterfrågan på el (NREL 2010). Det finns många olika sätt att utforma feed-in tariffer och den ersättning som betalas ut. Tre grundvarianter finns: ersättningen består av en grundsumma med ett tillägg som beror på elpriset, ersättningen består av en grundsumma där det tillägget har ett min- och maxvärde, samt ersättningen är fast (Ragwitz et al 2012), se Figur 5.3.



Figur 5.3. Feed-in tariffer och den ersättning som betalas ut. Från vänster till höger: ersättningen till elkunden varierar med elpriset, ersättningen varierar inom vissa gränser (cap and floor), ersättningen är fix. (Ragwitz et al, 2010).

Det är också vanligt att feed-in tariffens värde beror på vilket år den aktuella anläggningen togs i drift; ju senare desto lägre värde. Detta för att ge incitament till teknologisk utveckling och minskade anläggningskostnader. Feed-in tariffer är ett vanligt system inom EU för att främja elektricitet från förnybara energikällor. År 2012 hade 24 medlemsstater feed-in tariffer, en ökning med 15 stater sedan år 2000 (Ragwitz et al 2012). Sverige tillämpar inte detta system.

5.4.5 Elcertifikat

Elcertifikat är ett sätt att stödja produktion av förnyelsebar elektricitet. Producenter av förnyelsebar el, däribland prosumenter som nyttjar exempelvis solceller eller vindkraftverk, tilldelas elcertifikat av staten utefter storleken på produktionen. Elbolag, elintensiv industri och vissa elanvändare är sedan skyldiga att köpa certifikaten till marknadspriser (Energimyndigheten 2013c). För prosumenter som vill utnyttja möjligheten att få och sälja elcertifikat finns ett antal regler att tänka på.

För att tilldelas elcertifikat behöver en ansökan skickas in till Energimyndigheten och ett konto hos Svenska Kraftnät behöver skapas, till en viss avgift (Energimyndigheten u.å.a). Elproduktionen måste mätas varje timme och rapporteras in till Svenska Kraftnät. För detta kan den elmätare användas som finns i anslutning till elnätet. I så fall är det nätägarens skyldighet att rapportera in mätvärdena till Svenska Kraftnät. Värt att notera är att då denna elmätare ligger i anslutning till elnätet registreras endast nettoproduktionen av el. Vill prosumenter få elcertifikat för all producerad el, även den del som prosumenter använder själv, behöver istället en mätare installeras i anslutning till elproduktionsanläggningen. Mätaren får prosumenter finansiera själv, likaså är det då prosumenterns ansvar att rapportera mätvärdena till Svenska Kraftnät. Det finns företag som erbjuder tjänster för detta (Energimyndigheten 2013d). De högre kostnader detta medför gör att de flesta prosumenter ansöker om elcertifikat endast för överskottsproduktionen av el (Egen Solel u.å.).

Elcertifikat tilldelas för varje MWh producerad el men först när ett helt elcertifikat kan delas ut till varje innehavare av anläggningen. Detta innebär att om en anläggning har två ägare

som äger 75 respektive 25 % var, utfärdas elcertifikat först när anläggningen har producerat 4 MWh (3 respektive 1 certifikat delas ut) (Energimyndigheten 2013d). Elcertifikat kan säljas genom en elmäklare, elhandlare eller direkt till en köpare (Energimyndigheten u.å.b). År 2013 var genomsnittspriset 202 kr per elcertifikat (Svenska Kraftnät 2014).

Elcertifikatsystemet är inte lika vanligt som feed-in tariffer. År 2012 tillämpade 6 EU-medlemmar elcertifikat, inklusive Sverige (Ragwitz et al 2012).

5.4.6 Statligt och kommunalt stöd till solcellssystem

Privatpersoner, företag och organisationer kan söka ett statligt stöd för installation av solceller; solcellsstödet. Detta betalas ut till nätanslutna solcellssystem och sol/solvärme-hybridssystem (system som kan producera både el och värme). Solcellsstödet infördes år 2009 och syftar till att öka användningen av solcellssystem i Sverige och främja omställningen av energisystemet. År 2013 uppdaterades nivåerna för stödet och är numera begränsat enligt följande punkter (SFS 2009:689):

- Maximalt 35 % av kostnaderna för material, arbete och projektering täcks.
- Stödet har ett tak på 37 000 kr/kW exklusive moms för solcellssystem och 90 000 kr/kW exklusive moms för hybridssystem.
- Varje system kan få maximalt 1,2 miljoner kronor i ersättning
- Stödet betalas ut till system som är färdiginstallerade senast 31 december 2016, eller så länge de avsatta 210 miljoner kronorna räcker.

Av de 210 miljonerna som avsattes för perioden 2013-2016 har 152,5 miljoner fördelats (Energimyndigheten 2013e). Därmed finns 57,5 miljoner kronor kvar för åren 2014-2016.

Ett annat statligt stöd med syfte att främja mikroproduktion är bestämmelsen i ellagen som säger att så länge mikroproducenten (prosumenten) på årsbasis tar ut lika mycket eller mer el än vad den matar in på elnätet behöver ingen nätavgift för inmatningen betalas (Elforsk 2014).

Också på kommunal nivå finns det system för att främja installationen av solcellslösningar. De kommuner som kräver bygglov för installation av solceller på befintliga byggnader kan välja att rabattera kostnaden för bygglovet. Detta görs i exempelvis Lunds kommun (Wiklund 2014).

Referenslista till Kapitel 5

Berg, N & Estenlund, S, 2013. Solceller i elnät: Betydande andel solcellers inverkan på lågspänningsnätet. Lunds Tekniska Högskola.

Energimarknadsinspektionen, 2010. Nettodebitering, förslag till nya regler till elanvändare med egen elproduktion, EI R2010:23.

Energimarknadsinspektionen, 2013. Energimarknadsinspektionens författningssamling, EIFS 2013:1, Energimarknadsinspektionen, 2000-592X.

Eriksson, S., 2014. Bostadshus med egen elproduktion - Hinder och möjligheter. Rapport LUTMDN/TMHP-14/5310-SE, Lunds Universitet - LTH.

Digréus, A., 2014. Skatterabatt för såld privatproducerad el kan försenas, SR (Sveriges Radio) Ekot, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=5854108>, [7 maj 2014].

Egen Solel, u.å. Ordlista, <http://egensolel.se/fakta/ordlista/>, [5 mars 2014].

Elforsk, 2014. Koncessionsplikten – i kollision med utbyggd mikroproduktion?, Elforsk rapport 14:01.

Energimyndigheten, 2011. Producera egen el från vind, <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Producera-din-egen-el/Producera-egen-el-fran-vind/>, [20 mars 2014].

Energimyndigheten, 2012. Färdplan 2050 – Energimyndighetens underlag för sektorn bostäder och lokaler till Naturvårdsverkets uppdrag med en färdplan för ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser år 2050, ER 2012:28.

Energimyndigheten, 2013a. Energiläget 2013, ET 2013:22.

Energimyndigheten, 2013b. Producera din egen el, <http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Producera-din-egen-el/>, [30 mars 2014].

Energimyndigheten, 2013c. Elcertifikat, <http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Elcertifikat/>, [5 mars 2014]

Energimyndigheten, 2013d. Mikroproducent, <https://www.energimyndigheten.se/Foretag/Elcertifikat/Elproducent/Solcellsanlaggningar/>, [5 mars 2014].

Energimyndigheten, 2013e. Fördelning av medel per län, <http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Aktuella-bidrag-och-stod-du-kan-soka/Stod-till-solceller/Fordelning-av-medel/>, [4 mars 2014].

Energimyndigheten, u.å. a. Ansökan till energimyndigheten, <http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Elcertifikat/Elproducent/Ansokan-och-tilldelning/?activeProcessStep=10582&internalId=0>, [5 mars 2014].

Energimyndigheten, u.å. b. Sälja elcertifikat, <https://www.energimyndigheten.se/Foretag/Elcertifikat/Elproducent/Ansokan-och-tilldelning/?activeProcessStep=10587&internalId=3>, [5 mars 2014].

E.ON, u.å. Frågor och svar, Att producera egen el, Vad menas med mikroproduktion?, <http://www.eon.se/privatkund/Produkter-och-priser/Elnat/Producera-din-egen-el/FragorSvar/>, [30 mars 2014].

EU, 2010. Byggnaders energiprestanda, Sammanfattning av EU-lagstiftningen, http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_sv.htm, [27 januari 2014].

Europeiska kommissionen, 2011. Meddelande från kommissionen till europaparlamentet, rådet, europeiska ekonomiska och sociala kommittén och regionkommittén – Färdplan för ett konkurrens-

- kraftigt utsläppssnålt samhälle 2050, [http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:SV:PDF, KOM\(2011\) 112 slutgiltig](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:SV:PDF,KOM(2011)112 slutgiltig), [31 januari 2014].
- Europeiska kommissionen, 2012a. Hållbar tillväxt – för en resursfektivare, grönare och konkurrenskraftigare ekonomi, Europa 2020, http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/priorities/sustainable-growth/index_sv.htm, [27 januari 2014].
- Europeiska kommissionen, 2012b. Huvudinitiativen, http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/flagship-initiatives/index_sv.htm, [27 januari 2014].
- Jonsson, L & Persson, J. Mikroproduktion av el. I boken Smart om smarta nät (Pyrko, red.). Lunds Universitet, Energivetenskaper, LUTMDN/TMHP-14/3053-SE, 2014.
- Karlowski, V & Andersson, J, 2012. Bygglovsbefriad vindkraft till småhuset - Ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv. Kungliga Tekniska Högskolan.
- Miljödepartementet, 2013. Sverige – ett land utan klimatutsläpp 2050, Regeringskansliet, <http://www.regeringen.se/sb/d/15365>, [28 januari 2014].
- NREL (National Renewable Energy Laboratory), 2010. A Policymaker's Guide to Feed-in Tariff Policy Design, Technical Report NREL/TP-6A2-44849, <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/44849.pdf>, [28 februari 2014].
- OECD/IEA, 2014. FAQs: Energy efficiency, How much of the world's energy is consumed by buildings?, <http://www.iea.org/aboutus/faqs/energyefficiency/>, [3 januari 2014].
- Olofsson, M & Sandberg, D, 2009. Förordning, Stockholm : Regeringen, 2009, SFS 2009:689.
- Proposition 2013/14:151. Skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el, http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Forslag/Propositioner-och-skrivelser/Skattereduktion-for-mikroprodu_H103151/?text=true, [30 mars 2014].
- Ragwitz, M., Winkler, J., Klessmann, C., Gephart, M., Resch, G., 2012. Recent developments of feed-in systems in the EU – A research paper for the International Feed-In Cooperation, på uppdrag av the Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).
- Riksdag, 1997. Ellag (1997:857), Sveriges Riksdag.
- Scandinavian Heartland, 2011. Nätanslutning av småskaliga elproduktionssystem, <http://www.sero.se/Filer/Startsidan/BroschyrNatanslutningA5slutversion110503.pdf>, [21 mars 2014].
- SFS 1997:857, Ellag, 4 kap. § 10, <https://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19970857.htm>, [30 mars 2014].
- SFS 2009:689, Förordning om statligt stöd till solceller, Ändring införd: t.o.m. SFS 2013:479, http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Forordning-2009689-om-statl_sfs-2009-689/, [4 mars 2014].
- Skatteverket, 2013a. Skatteverkets ställningstaganden, [Online 10 11 2013] <http://www.skatteverket.se/rattsinformation/stallningstaganden/2011/stallningstaganden2011/13165113811111.55fc8c94513259a4ba1d800038476.html>.
- Skatteverket, 2013b. Skatteverkets ställningstaganden, [Online 10 11 2013] <http://www.skatteverket.se/rattsinformation/stallningstaganden/2011/stallningstaganden2011/13165113811111.571004e4c133e23bf6db800030221.html>.

- Skånska Energi, u.å. Mikroproducent, <http://www.skanska-energi.se/Privat/Fornybar-energi/Smaskalig-elproduktion/Mikroproducent>, [30 mars 2014].
- SOU 2013:46, Beskattning av mikroproducerad el m.m., Betänkande av Utredningen om nettodebitering av el, Stockholm 2013, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/21/94/09/723fd0a5.pdf>, [28 februari 2014].
- Svensk Energi, 2011. Anslutning av mikroproduktion till konsumtionsanläggningar - MIKRO, utgåva 1, : Svensk Energi.
- Svensk Energi, 2012. Egenproduktion av el, <http://www.svenskenergi.se/Vi-arbetar-med/Fragor-A-F/Egenproduktion-av-el/>, [31 mars 2014].
- Svenska Kraftnät, 2014. Medelpris, <http://certifikat.svk.se/WebPartPages/AveragePricePage.aspx>, [5 mars 2014].
- Standardiseringskommissionen, 2006. Standard SS-EN 61000-3-2, utgåva 4, 2006.
- Vattenfall, u.å. Mikroproduktion - vi köper din överskottsel, <http://www.vattenfall.se/sv/mikroproduktion-vi-koper-din-overskottsel.htm>, [30 mars 2014].
- Vindlov, 201a. Definition av klassen, Miniverk, <https://www.vindlov.se/sv/Steg-for-steg/Miniverk/Definition-av-klassen/>, [20 mars 2014].
- Vågbrytaren, 2013. Transienter - smutsig el, [Online 15 11 2013] <http://www.vagbrytarenstockholm.se/kunskapsbanken/ellara/transienter.htm>.
- Värnamo Energi, u.å. Mikroproduktion av el, http://www.varnamoenergi.se/index.php?option=com_content&view=article&id=776&Itemid=328, [30 mars 2014].
- Wiklund, H., 2014. Intervju med Helen Wiklund, Stadsbyggnadskontoret Lunds kommun, 4 mars 2014.

6. HINDER FÖR ELPRODUKTION I BYGGNADER

Under litteraturstudier, intervjuer och enkät har olika typer av hinder för att installera och driva elproduktionsanläggningar på bostadshus identifierats. Dessa hinder beskrivs nedan och förslag på åtgärder för att motverka dem ges (Eriksson 2014).

6.1 Byggnadstekniska krav

När boende går från att vara konsumenter av el till att också producera el och bli prosumenter, när de blir en del av det smarta elnätet och får behov av smarta lösningar och styrningar i hemmet, kan det antas att mycket kommer att krävas av själva byggnaderna. Krav kan tänkas behöva ställas på exempelvis byggnaders tekniska utformning, ingående material, installationer och energiprestanda.

Under intervjuer som har hållits under detta arbete har det dock framkommit att det som krävs för att gynna uppkomsten av elproducerande bostäder som ingår i det smarta nätet inte handlar om krav i byggreglerna på hur själva byggnaderna och dess komponenter ska utformas. Krav som behöver ställas på installationer, utformning och liknande byggtekniska aspekter i smarta, elproducerande hus tillgodoses nämligen redan idag. Johannes Igelström (2014) som har byggt ett eget nollenergihus i Lund uppger att installationen av solcellerna inte ställer några speciella krav på byggnaden. Visserligen har ventilationssystemet krävt mer av ventilationskanalerna än i ett konventionellt hus och ett teknikrum har behövt byggas. Men att installationerna är fler och mer avancerade i ett nollenergihus än i ett konventionellt hus har inte ställt till problem. Karin Adalberth (2014), som har byggt ett eget plusenergihus i Åkarp och har grundat energidesignföretaget Prime Project, nämner att det inte alltid tas nog hänsyn till teknikutrymmen när plusenergihus planeras, men upplever heller inte att det behöver ställas ytterligare krav på byggnadstekniska aspekter. Inte heller Åse Togerö (2014), utvecklingsledare på Skanska, tar upp att bostäder borde byggas annorlunda för att vara anpassade till prosumenter eller att krav på byggnadsutformning behövs. Ur hennes perspektiv, liksom de andra intervjupersonerna som tillfrågats, är de hinder som finns yttre omständigheter – hur de statliga och kommunala reglerna ser ut, otillräckliga ekonomiska incitament, med mera. Trots att kunskapen för att bygga för elproduktion finns och tillämpas kan den behöva spridas mer, vilket tas upp i Avsnitt 6.6.1.

Rikard Roth (2014) på Roth Fastigheter har uppfört lågenergihus anpassade för ett smart nät i den framväxande stadsdelen Hyllie i Malmö. Det framkommer att inte heller anpassning av bostäder till det smarta elnätet ställer krav på själva byggnationen som inte kan mötas idag; principerna är desamma som vid byggnation av ett konventionellt hus, även om komplexiteten ökar. Det blir fler saker att koppla in, dyrare och högre sannolikhet att något går fel. De extra hänsynstaganden som Roth Fastigheter har behövt ta speciellt för att byggnaderna ska integreras i det smarta nätet har varit få. En del i deras smarta system är att E.ON ska kunna stänga av värmen i byggnaderna några timmar vid tider då efterfrågan på värme är hög. Detta för att undvika att starta oljeeldade värmekraftverk. För att temperaturfallet inte ska bli för högt måste byggnaderna vara täta med en "tung stomme". På så sätt kan temperaturfallet endast bli runt 0,5 grader. Andra aspekter som har behövt tas hänsyn till är att se till att fönstren är energieffektiva. I övrigt menar Roth att principerna för byggnationen har varit desamma som vid byggnation av konventionella bostäder.

Något som ökar komplexiteten i smarta hus är att de kräver mycket styrning. I Roth Fastigheters bostäder styrs värmen. Roth drar en parallell till E.ON:s kvarter Hållbarheten i Västra hamnen i Malmö, vilket han menar har mycket mer styrning, bland annat också av ventilation och belysning. Är styrningen trådburen måste mycket kabel dras i väggarna. Är styrningen trådlös blir installationerna enklare, även om man fortfarande måste dra ström på ovanliga ställen i byggnaden. Att tekniken för smarta hus ännu inte är så vanlig visar sig i att olika apparater och installationer inte alltid klarar att samverka. Roth Fastigheter har erfarenheter av detta i Hyllie; signalerna för mätning och visualisering kunde till en början inte ta sig ut från elskåpet till resten av bostaden eftersom elskåpet hade en dörr i plåt istället för i plast. För att möta den ökade komplexiteten och behovet av samverkan tror Roth att det behövs mer utbildning bland entreprenörer och att elbolagen behöver se till att deras olika apparater och installationer kan kommunicera.

Slutsatsen dras att den tekniska kunskapen om hur våra byggnader ska anpassas till prosumenter finns och redan tillämpas av de som bygger bostäder för elproduktion. Det har därför inte identifierats något behov av ytterligare krav på byggnadsteknisk utformning i elproducerande och smarta bostäder. Dock behöver kunskapen om byggnation av dessa mer komplexa bostäder i större utsträckning spridas till de olika aktörerna i byggbranschen och kontinuerlig utbildning behövs troligen. I takt med att erfarenheten av smarta lösningar blir större kommer antagligen problemet att olika apparater inte kan kommunicera att bli mindre.

6.2 Utformningen av Boverkets byggregler (BBR)

6.2.1 Marknadsbaserade eller regulativa krav

Enligt Schade et al (2013) kan det sägas finnas två sätt att ställa krav på byggnaders energiprestanda; antingen kan krav ställas av kunder och klassificeringssystem, eller kan krav ställas i politiska bestämmelser där en viss miniminivå anges. Kraven kan alltså antingen vara marknadsstyrda eller statsstyrda. Vilken typ som är mest effektiv kan debatteras. I länder där kraven på energiprestanda i hög grad ställs av marknaden krävs det att de marknadsbaserade styrmedlen är attraktiva för kunderna så att dessa faktiskt driver utvecklingen mot byggnader med högre energiprestanda än vad de lagstiftade kraven anger. Detta system är sårbart då det baseras på kundernas kunskap och intresse. Å andra sidan kan det anses ha en fördel framför mer regulativa system baserade främst på strikta lagar: Det är mer motiverande och främjar kreativitet att ha flexibla lagar där målet anges men inte vägen dit. Det mer regulativa systemet har i sin tur fördelen att det kan vara mycket effektivt. Minimikrav som kontinuerligt uppdateras stimulerar energieffektiviseringar, något som har observerats i Tyskland. Där har kontinuerliga skärpningar av kraven på byggnaders energiprestanda under 30 år var gång lett till en minskning av energianvändningen i nya byggnader med 30 %. Dessutom, om inte kundkrav finns, kommer reglerande krav att vara den mest drivande faktorn för energieffektiv byggnadsdesign och konstruktion och blir därmed viktiga.

6.2.2 Detaljerade krav och funktionskrav

Sveriges policy för energieffektivisering i byggnader kan idag anses vara mer marknadsstyrd än regulativ. Sverige satte på 70-talet strikta och detaljerade krav på byggnaders energianvändning, krav som gick in på specifika byggnadskomponenter och material. På 90-talet ersattes dessa av mer funktionsinriktade och marknadsbaserade krav. Kraven var nu på systemnivå snarare än detaljnivå och kunde uppnås på flera olika sätt. Vissa menar att detta gjorde så att Sveriges krav på byggnaders energiprestanda sedan 90-talet inte har varit ambitiösa och numera är mer utav normer än minimikrav (Schade et al 2013).

Adalberth (2014) menar att de stagnerade kraven inte berodde på att just funktionskrav infördes, utan på att det inte fanns någon vision för hur dessa krav successivt skulle skärpas. Idag finns det i högre utsträckning en sådan vision; Boverkets byggregler skärptes år 2008 och 2012 och kommer att skärpas ytterligare år 2015. En möjlighet som har undersökts i detta arbete för att främja byggnationen av bostäder med elproduktionsmöjligheter är att ställa fler detaljerade krav i byggreglerna. Under intervjuer har det dock framkommit att funktionskraven är en uppskattad kravform och att det generellt varken finns behov eller önskemål om mer detaljerade krav i Boverkets byggregler (Adalberth 2014, Igelström 2014, Togerö 2014). Funktionskraven uppskattas eftersom de ger större valfrihet för byggherren jämfört med mer detaljerade krav (Adalberth 2014). En majoritet av enkätrespondenterna ansåg heller inte att det finns utrymme för mer detaljerade krav i byggreglerna. Dessa är ytterligare anledningar till att detaljerade krav i byggreglerna gällande energiproduktion inte bedöms ändamålsenligt.

Däremot finns en önskan bland ungefär hälften av enkätrespondenterna och vissa intervjupersoner om mer strikta krav i byggreglerna, speciellt vad gäller energiprestanda. Dagens minimikrav på energiprestanda för icke eluppvärmda bostäder i klimatzon III är 90 kWh/(m²·år). Rikard Roth tror att alla bygger bättre än det i dagsläget. Likaså Helen Wiklund (2014), miljöbyggstrateg på Lunds kommun, som menar att en nivå som de allra flesta projekt når till idag är 70 kWh/(m²·år). Det vill säga, definitionen för icke eluppvärmda minienenergihus i klimatzon III. Jouri Kanters (2014) pekar på att medan det finns krav på energianvändning i bostäder, finns inga krav alls på energiproduktion. Inga lagstiftade krav ställs på att en byggnads energibehov måste tillgodoses av en viss andel förnybar, lokalt producerad energi. Krav på egenproduktion av el kan dock ställas av privata och kommunala markägare för att ett företag ska få bygga. Lägre energiprestanda i bostäder och lokalt producerad energi tror Kanters är avgörande för att nå målet om nära nollenergibyggnader. Även en av enkätrespondenterna tar upp frågan om man bör ställa krav på elproduktion i byggnader. Denne tycker att:

”...man ska ha enhetliga och tydliga systemgränser där man ser byggnader utifrån energiprestanda och energiproduktion var för sig.”

Slutsatsen dras att funktionskraven är uppskattade i byggbranschen och att mer detaljerade krav i Boverkets byggregler för att gynna uppkomsten av bostäder med elproduktionsmöjligheter inte hade tagits emot väl. Däremot finns ett stöd för, och ett behov av, en skärpning av de krav som finns. Hårdare krav på energiprestanda ger dock främst inte

effekter på elproduktionen i bostäder, eftersom krav på egen elproduktion inte ingår i dagens byggregler. Vad ett krav på en viss andel egen elproduktion i nybyggda bostäder skulle innebära och om det är önskvärt har inte utretts tillräckligt i detta arbete för att dra en slutsats om det borde finnas eller inte. Det är däremot något som är intressant att titta vidare på.

6.2.3 Tillgodoräknande av solenergi

BBR 19 (BFS 2011:26) slår fast att:

”Byggnaders specifika energianvändning får reduceras med energin från solfångare eller solceller placerade på huvudbyggnad, uthus eller byggnadens tomt, i den omfattning byggnaden kan tillgodogöra sig energin”

Detta gör att endast en del av den producerade solenergin kan tillgodoräknas för att minska byggnadens energianvändning. Produceras mer sol än vad som används kan inte denna anses reducera byggnadens specifika energibehov, vilket är en nackdel för byggnader med större solcellsanläggningar. Definitionen kan tolkas som att den genererade elektriciteten måste användas momentant, vilket gör att den elektricitet som produceras en solig dag inte kan tillgodogöras en molnig. Ytterligare en nackdel för noll- och plusenergihus i sammanhanget är att BBR ställer krav på klimatskalet och varmvattenbehovet, men inte på hushållselen. Detta får till följd att om solen används för att värma varmvatten anses byggnadens energibehov ha reducerats, används solen till hushållsel anses energibehovet inte ha reducerats (Thygesen & Karlsson 2012). Att definitionen i BBR avgör vilken del av solenergin som kan tillgodogöras menar Åse Togerö, Skanska, är olyckligt. Hon anser vidare att detta är ett hinder för byggnation av plus- och nollenergihus (Togerö 2014). I de energikrav som SKL, Sveriges Kommuner och Landsting, rekommenderar (läs mer i Kapitel 6.4) finns inte denna möjlighet att minska energiprestandan med sol, då det inte anses teknikneutralt (SKL 2014).

Ur ett elproduktionsperspektiv borde Boverket i nästa uppdatering av byggreglerna (år 2015) ta hänsyn till dessa osäkerheter och verka för att i större utsträckning ta hänsyn till prosumenters produktion av elektricitet.

6.3 Osäkra situationer för byggherrar

Tre olika ”osäkra situationer” har identifierats som hindrar byggnation av nya bostäder med egenproducerad el. För att gynna byggnationen av bostäder med egenproduktion av el, exempelvis plus- och nollenergihus, kan staten och kommunerna ställa krav på byggherrar och ge goda förutsättningar genom planering och förberedelse. I slutändan är det dock byggherrar, fastighetsägare och privatpersoner som måste ta beslutet om investering och byggnation av plusenergihus och dylikt, och detta beslut grundar sig i hög utsträckning på ekonomiska aspekter. I investeringsögonblicket behöver byggherren, fastighetsägaren och privatpersonen ha goda kunskaper om intäkter, kostnader och vilka förutsättningar

bostaden uppförs under – hur den politiska situationen ser ut och kommer att utvecklas behöver vara känd.

6.3.1 Solcellsstödet

Åse Togerö (2014) menar att en aspekt som försvårar investeringen är utformningen av solcellsstödet. I investeringsögonblicket vet inte byggherren om denne kommer att få bidraget eller hur mycket denne i så fall skulle få – det är ”allt eller inget” som utbetalas. På grund av dessa osäkerheter räknas inte det positiva ekonomiska bidraget från solcellsstödet med i investeringskalkylen, vilket gör att solcellsstödet inte fungerar som morot för byggnation i så stor utsträckning som det skulle kunna göra. Samma syn på bidraget ges av ett av de företag som besvarade enkäten. Respondenten menar att det faktum att de inte vet om de kommer att få bidraget eller inte är en anledning till att de ännu inte har byggt bostäder med möjlighet till elproduktion.

”Kan tänka oss att bygga men ekonomin är en utmaning. Då bidragen inte är garanterade kan dessa inte tas med i investeringsbeslut. Då faller investeringen.”

Jouri Kanters (2014) menar även han att solcellsstödet är olyckligt utformat och ger dåliga förutsättningar för byggherrar. Kanters ger två förslag: antingen tas stödet bort och åtgärder vidtas för att det ska finnas bra ekonomiska förutsättningar även utan stödet, eller behålls stödet men de sökande får besked när de ställer sig i kön om de kommer att få det eller inte.

Slutsatsen dras att solcellsstödet utformning gör att det inte är tillräckligt effektivt som incitament för elproduktion. De sökande bör få besked om stödet betalas ut eller inte i ett tidigt skede, vilket kan åstadkommas genom att stödet betalas ut under en viss tidsperiod, istället för att det som idag finns en bestämd summa som ska fördelas.

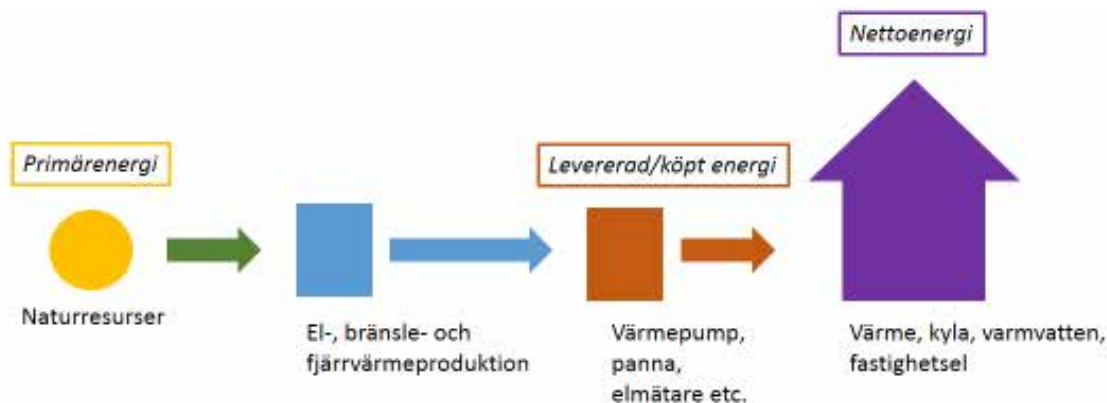
6.3.2 Framförhållning

En annan osäker situation identifieras av Helen Wiklund, Lunds kommun. Hon anser att de nationella byggreglerna ändras med för dålig framförhållning, vilket enligt hennes erfarenhet gör att byggherrarna inte kan planera i förväg så mycket som de behöver och att byggreglerna på så sätt utgör ett hinder. Hon lyfter fram Danmark som ett gott exempel, där det är känt hur kraven kommer att se ut olika år fram tills att målet om nära nollenergibyggnader är nått år 2020. Tydliga nationella krav och god framförhållning pekas ut som en mycket viktig aspekt för att gynna plusenergihus och dylika bostadshus (Wiklund 2014).

6.3.3 Olika definitioner av nollenergihus

Att det finns olika definitioner av nollenergihus är en faktor som försvårar och gör det krångligt för dem som vill bygga nollenergihus (Togerö 2014). Ett nollenergihus energi-användning kan specificeras med avseende på olika typer av energi, se Figur 6.1. Levererad viktad energi är det som avses i SCNH:s (Sveriges Centrum för Nollenergihus) definition. I begreppet ”levererad viktad energi” ingår den energi som levereras till en byggnad (även kallad ”köpt” energi) inklusive förluster mellan anslutningspunkten och byggnaden. Att

energin är viktad betyder att olika energislag värderas utefter hur de alstras (SCNH 2012). När den totala viktade energin räknas ut multipliceras exempelvis fjärrkyla med en faktor 0,4 och elenergi med en faktor 2,5 då de anses ha olika kvalitet ur ett resurshushållningsperspektiv (SCNH 2013c). Ett nollenergihus energiprestanda kan också baseras på exempelvis primärenergibehovet. Primärenergi är den totala energimängd som krävs för att framställa en enhet energi, exempelvis en viss mängd el eller träflis. Energibehov vid utvinning, transporter, omvandling och distribution ingår därmed i begreppet. Med primärenergi kan avses både total primärenergi eller endast primärenergi från icke förnybara källor (Eneff-forum u.å.).



Figur 6.1. Olika systemgränser och energibegrepp. Efter (SCNH 2013d).

Internationellt sett kan en byggnads energiprestanda utöver levererad energi och primärenergi också baseras på energikostnad, växthusgasutsläpp eller exergi. Mellan olika definitioner varierar det också vilken typ av energianvändning som ingår; ibland inkluderas endast uppvärmningsenergi, ibland inkluderas all energi utom hushållsel eller verksamhetsel, och ibland inkluderas all energi. Det finns också olika åsikter om vilka elproduktionsanläggningar som får användas för att minska byggnadens specifika energibehov. SCNH:s regler tillåter att elproduktionsanläggningar på fastigheten får minska den specifika energianvändningen. Ett annat alternativ är att även el producerad utanför tomtgränsen får tillgodoräknas, exempelvis el producerad vid ett vindkraftverk som uppfördes i samband med byggnaden (Berggren et al 2012) eller el från ett vindkraftverk som den boende är delägare i (Togerö 2014). En av enkätrespondenterna som inte har byggt med möjlighet till elproduktion, men som överväger det, anser precis som Togerö att de olika definitioner som finns är ett hinder för byggnation av bostäder med möjlighet till elproduktion.

I EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda står att finna att medlemsstaternas definition av nära nollenergibyggnader ska baseras på primärenergianvändningen (2010/31/EU). Det finns kritik mot att dagens svenska byggregler inte i tillräckligt stor utsträckning tar hänsyn till primärenergi (Motion 2011/12:C13). Flera svenska aktörer i byggbranschen, däribland Skanska, anser att definitionerna bör ta hänsyn till primärenergi (Togerö 2014). Att nollenergidefinitionerna både nationellt och internationellt är jämförbara, tydliga och tar hänsyn till bland annat de faktorer som har tagits upp ovan (systemgränser,

energianvändning, tillgodoräknande av el) är viktigt för byggnationen av nollenergihus och för att förenkla kunskapsutbytet mellan länder (Berggren et al 2012). IEA står bakom ett projekt för att utveckla en internationell definition av nollenergihus och göra en sammanställning av olika demonstrationsprojekt för att sprida kunskapen i byggbranschen (SHC 2014a).

En definition av nollenergihus (och dylikt) bör för att underlätta byggnation och jämförelser av projekt ta hänsyn till både systemgränser, vilken energianvändning som ingår, hur elproduktion får tillgodoräknas, prestandakrav och vilken tidsperiod som avses. Olika definitioner gynnar olika aktörer, vilket försvårar arbetet för en enda definition.

6.4 Kommunala särkrav

Sveriges kommuner kan i dagsläget (år 2014) ställa hårdare krav på byggnaders tekniska egenskaper än vad lagstiftningen kräver. Dessa kallas särkrav och ställs i exempelvis miljöprogram, markanvisningsavtal eller detaljplaner, på exempelvis tillgänglighet, energianvändning och elproduktion (SOU 2012:86). Kommunala särkrav har bland annat tillämpats i planeringen av den hållbara stadsdelen Norra Djurgårdsstaden i Stockholm, där målet är att byggnader på sikt ska bli plusenergihus (Delegationen för hållbara städer u.å.) och i den planerade hållbara stadsdelen Solbjer i Brunnsög i Lund (Wiklund 2014).

Det finns för närvarande en debatt om kommunala särkrav ska tillåtas eller inte och regeringen har kommit med ett förslag som innebär att de kommunala särkraven ska slopas. Förslaget är en del i en paketlösning för att bygga fler bostäder till rimliga priser, där bland annat också en enklare planprocess föreslås (Byggindustrin 2014). Den kritik mot kommunala särkrav som har framkommit är att olika särkrav i olika delar av landet leder till krångliga processer för byggföretagen, 10-15 % högre byggkostnader och ökade boendekostnader (Attefall 2013). Det är främst särkrav på energiprestanda som anses ge dessa negativa effekter, då detta är den vanligaste typen av särkrav (SOU 2012:86). Det finns också åsikter om att särkraven är ineffektiva; styrmedel för att minska koldioxidutsläppen finns redan i form av utsläppsrätter och koldioxidskatt. Effekten av dessa minskas om ytterligare styrmedel för energieffektivitet finns och kan leda till att klimatmålen blir dyrare att nå (Konjunkturinstitutet 2013). Regeringen vill därför förbjuda särkrav och istället skärpa de nationella kraven i BBR (Attefall 2013).

Kritiken mot de kommunala särkraven har delats av flera stora byggföretag. Ett företag som inte delar denna kritik är Skanska. Åse Togerö, utvecklingsledare på Skanska, berättar att Skanska stödjer kommunala särkrav på energiprestanda. De anser att kommunerna är starka drivkrafter för en hållbar stadsutveckling och att deras krav leder till något bra. Grön byggnation är mycket viktigt för Skanska, som anser det lönsamt och har en långsiktig målsättning att deras byggnader ska vara nollenergihus med avseende på primärenergi. Togerö menar dock att de kommunala särkraven är spretiga; att de behöver harmoniseras mellan kommuner, följas upp och inte vara så detaljerade utan mer utav funktionskrav (Togerö 2014). Ingen av de 19 byggherrar som svarade på enkäten ansåg att kommunala särkrav försvårar deras arbete för att bygga bostäder med möjlighet till elproduktion.

Kommunerna själva anser att särkrav är ett viktigt verktyg för att nå klimatmålen och för att driva en hållbar stadsutveckling, samt att slopade särkrav skulle hämma en hållbar utveckling (SKL 2013a). Helen Wiklund, miljöbyggstrateg vid Lunds kommun håller med om att olika krav i olika kommuner blir rörigt för byggherrar. Hon påpekar att det är ett resultat av avsaknaden av tillräckliga nationella krav. Detta har drivit flera olika kommuner att på egen hand försöka nå upp till EU:s direktiv och mål, med flera olika kravsystem som följd (Wiklund 2014). Kritiken att särkrav fördyrar byggnationen möter kommuner med att om man ser till både drift och byggnation, och inte bara byggnation, gör inte kommunala särkrav bostadsbyggnationen dyrare utan snarare billigare (SKL 2013a).

SKL (Sveriges Kommuner och Landsting) har arbetat för att samordna kommunernas särkrav genom att ge rekommendationer på hur kraven kan se ut. Detta för att kommunerna ska kunna fortsätta ställa särkrav samtidigt som de underlättar för byggbranschen (SKL 2013b). Wiklund (2014) är positiv till en samordning. Det krav på energibehov i byggnader som SKL föreslår, 70 kWh/m² och år, menar hon är fullt uppnåeligt för nästan alla projekt. Skanska stödjer SKL:s arbete att harmonisera kraven (Togerö 2014).

Två alternativ finns:

1. De kommunala särkraven slopas. Därmed kommer samma byggregler att gälla överallt, vilket underlättar standardiserad tillverkning av byggnads-komponenter och pressar priserna. BBR och PBL skulle i så fall ensamma ställa krav på byggnationen och driva mot målet om nära nollenergibyggnader, vilket ställer högre krav på att BBR behöver skärpas.
2. De kommunala särkraven behålls, i kombination med SKL:s samordning, vilket ger möjlighet för kommunerna att styra utvecklingen mot mer hållbara städer. I vissa kommuner kan detta leda till att fler byggnader anpassas till prosumenter än i dagsläget.

Litteratur, intervjuer och enkät visar att de kommunala särkraven inte upplevs som problem utan snarare är en drivkraft för hållbart byggande. Därför bedöms alternativ 2, där särkraven behålls, mest gynnsamt för byggnation av energieffektiva bostäder med elproduktions-möjligheter. Detta utesluter inte att kraven på energiprestanda i BBR samtidigt skulle kunna skärpas.

6.5 Stadsplanering

6.5.1 Detaljplaner

Detaljplaner antas och utformas av kommunerna, med syftet att bestämma hur mark och vatten ska användas inom ett visst område samt hur bebyggelsen ska se ut (Boverket 2012a). Bestämmelser kring de kommunala detaljplanerna finns i plan- och bygglagen, PBL (Boverket 2012b). Detaljplanerna kan bland annat ange krav på husens höjd, deras avstånd till tomtgränsen och deras storlek (Boverket 2012c).

Eftersom detaljplanerna påverkar byggnaders utformning påverkar de förutsättningarna för prosumenter. Karin Adalberth (2014) har erfarenhet av hur detaljplaner kan påverka

förutsättningarna för lågenergihus. De krav som ställs på avstånd mellan hus och tomtgräns kan hindra användandet av välisolerade och tjocka väggar. Johannes Igelström (2014) har varit med om att detaljplaner har varit negativa ur en prosuments synvinkel. Under ett tidigare projekt i Åhus gjorde kravet att tallarna skulle bevaras och inte fick huggas ner längre bort än 2 meter från huset att solvärmeanläggningen skuggades och att installationen av solceller hindrades. Att detaljplaner kan begränsa möjligheterna till att installera elproduktions-anläggningar är ett av de vanligaste hinder som enkätrespondenterna upplever för att bygga bostäder med möjlighet till elproduktion; som Figur 15 visar ser 5 av 18 företag detta som ett hinder. Igelström (2014) påpekar dock att detaljplanerna lika gärna kan gynna prosumenter då de kan innehålla krav på en viss procentsats solpaneler på byggnader, och han anser inte att de kommunala detaljplanerna i någon större utsträckning hämmar prosumenter.

Hur stort hinder kommunala detaljplaner utgör för byggnation av bostäder med elproduktionsmöjligheter är osäkert. Troligen varierar det mellan olika kommuner. Flera olika, kanske motstridiga, intressen behöver tas hänsyn till vid utformningen av detaljplanerna, inte enbart möjligheterna till elproduktion. Dock kan slutsatsen dras att elproduktionsmöjligheter i alla fall bör vara en av de faktorer som bör beaktas när detaljplanerna utformas. Detta är tätt kopplat till solenergioptimering i stadsplaneringen, vilket beskrivs nedan i Avsnitt 6.5.2.

6.5.2 Solenergioptimering i stadsplaneringen

Hur stadsdelar och stadsområden är planerade är av stor vikt för hur byggnaderna kan tillgodogöra sig solenergi. Hur byggnader skuggar varandra, hur taken är lutade och hur byggnaderna är orienterade är tre faktorer som påverkar hur mycket solvärme och solel en anläggning på en byggnad genererar. Eftersom byggnader kan ha en livslängd på 100 år har stadsplaneringen en stor påverkan på hur mycket förnybar energi som kan genereras i framtidens städer. Att planera städerna så att solenergianläggningar kan installeras i framtiden är därmed viktigt, men något som stadsplanerare och arkitekter vanligen inte tänker på (Elforsk 2011).

Johannes Igelström (2014) delar bilden av att arkitekter vanligen inte optimerar bostäder för solenergianläggningar. Igelström tänker själv på frågor som orientering och taklutning när han designar, men påpekar att solenergioptimering är en avvägning mot andra intressen. Tomtens utformning kan begränsa möjligheterna till installation av solceller, likaså estetiska intressen – orientering för att få bästa möjliga utsikt går före orientering för att producera mesta möjliga solel. Han anser att råd kring solenergioptimering hade varit hjälpfullt för branschen, samt att en annan inställning i designprocessen överlag vore önskvärt. Han menar att solceller borde ses som ett fasadmateriell bland alla andra, som exempelvis trä.

I Sveriges kommuner är hänsyn till produktion av solel något som generellt inte får utrymme i planprocessen (Elforsk 2011). Inte heller i Lunds kommun är solenergioptimering den viktigaste aspekten för utformningen av detaljplaner, detta vägs in i alla andra hänsyn som planen måste ta i beaktande (Wiklund 2014). Ett gott exempel på solenergioptimering i Lund

finns i området Brunnsberg i norra Lund. Utöver detta är solenergioptimering främst vanligt i Stockholm och Malmö kommuner (Kanters 2014). Helen Wiklund, miljöbyggstrateg vid Lunds kommun uppger att det finns en politisk vilja i kommunen att uppmuntra solceller och solfångare. Hon menar också att det finns möjligheter till utbildning i solenergioptimering och bra forskning att ta del av. Att solenergioptimering ändå inte tillämpas i större utsträckning i dagsläget beror på ett antal faktorer. Planhandläggarna har många olika motstridiga intressen och faktorer att ta hänsyn till. Tillgänglighet, räddningstjänstens krav och inte minst bullernivåer styr hur byggnader placeras och orienteras. Färgkrav, form och andra estetiska frågor ska även de tas hänsyn till och påverkar förutsättningarna för installation av solceller. Hon menar det är mycket ansvar som ligger på planhandläggarna och att när det uppstår intressekonflikter kan det hända att det är just solenergioptimering som får stå tillbaka för andra värden. Hon tror att solenergioptimering kommer att bli vanligare i Lund i framtiden men för att komma dit behövs troligen en utbildningsinsats. En viktig faktor menar hon är hur man inför detta nya moment i planhandläggarnas existerande arbete och inte lägger över allt ansvar på den enskilde. Hon menar att de kan bli bättre i kommunen men att det i slutändan är byggherrarna och fastighetsägarna som ska bekosta och installera systemen och att det är viktigt att ge goda incitament till dessa att göra det.

Initiativ för att stödja stadsplanerare och arkitekter i processen att integrera solenergi i städerna finns. Solelprogrammet finansierade 2008-2011 ett projekt som tog fram råd och metoder för solenergioptimering (Elforsk 2011) och IEA's Solar Heating and Cooling programme (SHC) finansierar för närvarande forskningsprojektet Solar Energy in Urban Planning (SHC 2014b). Detta sistnämnda projekt syftar bland annat till att utveckla metoder och verktyg för solenergioptimering i både befintliga och nya områden. Inom ramen för detta projekt har ett program tagits fram där solenergipotentialen för byggnader kan simuleras. Hur byggnader utformas, hur tätt de står samt hur taken lutar och ser ut kan varieras och resulterar i olika potential för produktion av solel och solvärme. Detta är efterfrågat av stadsplanerare. Ett exempel på verktyg för att främja installationen av solceller på befintliga byggnader är Solkartan i Lund (Kanters 2014). Det är en karta framtagen av Lunds universitet, Kraftringen och Lunds kommun, där alla tak i Lund är markerade. En färgskala visar hur bra förutsättningar det finns för att producera solel på just det taket (Kraftringen 2014).

Slutsatsen dras att bristen på solenergioptimering av stadsdelar hindrar nuvarande och framtida elproduktion på bebyggelse. Hur stadsplanerare arbetar med solenergihänsyn påverkas av kommunens visioner, arbetsprocessen i kommunen och av motstridiga intressen som ska tas hänsyn till. Därmed behövs tydliga visioner i kommuner om hur småskalig förnybar energi ska inkluderas i planprocessen. Det behövs också förbättrade förutsättningar för stadsplanerarna att inkludera solenergioptimering i sitt arbete och den kunskap och de råd som finns kring solenergioptimering bör spridas.

6.6 Kunskapsläget

6.6.1 Brist på övergripande kunskap i byggbranschen

Kompetensbrist som ett hinder för prosumenters småskaliga elproduktion verkar främst gälla om det rör sig om en bostad som samtidigt är mycket energieffektiv, såsom nollenergihus och plusenergihus.

Båda de intervjupersoner som har byggt privata plus- eller nollenergihus upplever en viss kompetensbrist i byggbranschen; Johannes Igelström i högre utsträckning än Karin Adalberth, då hans erfarenhet är att kunskapsbristen är mycket utbredd. Han menar att vid bygge av nollenergihus är det mer att tänka på vad gäller ventilation och andra installationer, energiberäkningar, väggar med mera än i ett konventionellt hus. Detta leder enligt Igelström till problem eftersom byggbranschen i stor utsträckning är beroende av flera olika konsulter; det är upp till beställaren att hitta de med rätt kompetens för bygget, vilket är en komplex och kostsam process. Han menar att det saknas personer med övergripande kunskap om vad som behövs under hela byggprocessen för nollenergihus, från design till drift (Igelström 2014).

Adalberth (2014) menar att anledningen till bristen på övergripande kunskap är de förändringar som byggbranschen har genomgått de senaste decennierna. Exempelvis gjorde övergången från självdrag i hus till mer avancerade typer av ventilation att ventilationskonsulter behövdes och allt tätare hus gjorde att fuktkonsulter behövdes. Elkonsulten idag ska förutom elektricitet ha kunskap om telefoni, bredband, hemlarm och brandlarm. Komplexiteten har alltså ökat och för plusenergihus krävs det att alla olika konsulter har kunskap om hur plusenergihus och liknande är kopplat till just deras område. Samma behov av mer kompetens om energieffektiva elproducerande hus under hela byggprojektet finns inte nödvändigtvis i stora företag. Också Togerö (2014), Skanska, uppger att byggnationen är mer komplex idag och att projektledaren, som följer projektet från start till mål, behöver goda kunskaper inom till exempel energistyrning och energisamordning, hur byggprocessen fungerar för komplexa byggnader och hur alla aspekter hos en komplex byggnad ska hanteras samtidigt. Skanskas erfarenhet är att deras egna projektledare klarar detta mycket bra.

Kunskap om de krav som byggnation av noll-, plusenergihus och andra energieffektiva bostäder med elproduktionsmöjligheter ställer är viktigt under hela byggprojektet. I stora företag såsom Skanska verkar det inte vara brist på personer med övergripande kunskap. Däremot för privatpersoner som ska bygga egna energieffektiva bostäder med elproduktionsmöjligheter kan detta vara ett problem.

6.6.2 Kunskapsutbyte mellan byggherrar

Ett gott exempel på hur delande av kunskap kan bidra till utvecklingen av smarta städer finns i Hyllie i Malmö. Byggherrarna har där med hjälp av Malmö stad kunnat ansöka om ekonomiskt stöd från EU-projektet BuildSmart, vilket syftar till att demonstrera hur energieffektiva byggnader kan byggas kostnadseffektivt och bidra till att normalisera dessa metoder. De byggnader som ingår i projektet karakteriseras av bland annat energi-

produktion på/i närheten av byggnaden och av att de integreras i ett smart elnät (Buildsmart u.å.). Detta har lett till diskussionsforum för byggherrarna och en möjlighet att få insyn i vad andra företag som jobbar med samma saker gör. Roth (2014) menar att sammanhang där olika byggherrar kan kompetensutveckla varandra och utbyta erfarenheter är avgörande för framväxten av hållbara och smarta städer. Det minskar osäkerheterna för att bygga, då det ger dem med mindre erfarenhet styrka och visar att byggnation för smarta städer fungerar, och hur.

6.6.3 Kunskapströskel för prosumenter

Enligt Kraftringens erfarenhet kan personer som funderar på att producera egen el hindras av att de inte vet hur de ska gå vidare och av att det verkar krångligt. De behöver en leverantör de känner sig trygga att vända sig till och information som visar att det är enkelt – vilket är anledningen till att Kraftringen erbjuder färdiga solcellspaket (Johannesson & Skarrie 2014). Detta är i linje med en engelsk studie, där slutsatsen dras att för att kunder ska investera i egen elproduktion är det viktigt att elbolagen informerar om och marknadsför elproduktion – viktigare än med rena finansiella incitament. Orsaken var att kunder saknade information, exempelvis var det vanligt att de överskattade investeringskostnaden och underskattade produktionspotentialen för en solcellsanläggning. Också kunders uppfattningar om att en teknik är outvecklad och att installatörer är oerfarna, samt brist på kunskap om att driva elproduktionsanläggningar identifierades som hinder för investeringar (Sauter & Watson 2007).

Watson (2004) beskriver i en tidigare studie hur prosumenter som är olika mycket engagerade kan föredra olika sätt att investera i en elproduktionsanläggning. Det vanligaste sättet är det där prosumenten själv investerar i anläggningen och driver den för att maximera den ekonomiska vinsten. Prosumenter som vill ta mindre ansvar kan istället föredra att leasa anläggningen av elbolaget, där kostnader och intäkter delas av prosumenter och elbolag och anläggningen drivs utifrån både elbolagets och prosumentens behov. Ännu mindre engagemang krävs om prosumenten lånar ut exempelvis sitt tak till elbolaget som installerar en elproduktionsanläggning, i utbyte mot minskade energipriser. Anläggningen drivs i detta fall helt efter elbolagets behov av el.

Att installation och drift av en elproduktionsanläggning verkar krångligt samt missuppfattningar om intäkter och kostnader kan minska privatpersoners incitament för en investering i en anläggning. Detta kan dock tänkas få allt mindre betydelse om allt fler i samma bostadsområde installerar exempelvis solceller. Också initiativ likt Kraftringens kan hjälpa prosumenter att ta steget mot elproduktion genom att öka tryggheten och kunskapen.

Ett annat alternativ för att göra elproduktion mer lättillgängligt, mindre krångligt och säkrare (om än mindre lönsamt) är att elbolag lanserar fler sätt att producera el – exempelvis att prosumenter lånar ut sitt tak till elbolaget eller leasar elproduktionsanläggningen.

6.7 Hinder för elproduktion i befintliga byggnader

6.7.1 Praktiska hinder

Flera hinder finns för att installera en elproduktionsanläggning på en befintlig bostad. För det första är den befintliga bostaden och bostadsområdet inte nödvändigtvis anpassade till exempelvis solceller. Vid byggnation kanske inte bostaden orienterades mellan sydöst och sydväst, andra byggnader och träd kanske tilläts skugga taket eller så valdes taklutningen utan hänsyn till solelsproduktion. Det är därmed lättare att få en god solelspotential för en nybyggd bostad än för en befintlig (Elforsk 2011). För det andra kan det finnas begränsningar i själva byggnaden. Rikard Roth menar att en anläggning kan få plats på taket, men det måste också finnas plats för de tillhörande installationerna vilket inte alltid är fallet (Roth 2014). 1 utav de 14 respondenter som förvaltar bostäder såg denna typ av praktiska svårigheter som ett hinder för att installera elanläggningar på sina befintliga bostäder, vilket visades i Figur 14. Ett annat företag, som inte byggt bostäder med möjlighet till elproduktion men som överväger det, har följande att säga om att bygga för elproduktion:

”Finns delar där det är intressant, samtidigt föredrar vi storskalig elproduktion framför lokal där vi samtidigt riskerar att försvåra drift och underhåll av tak.”

Också detaljplanerna är tongivande för hur solceller kan installeras på befintliga byggnader då de avgör ett områdes estetiska framtoning. Frågan är enligt Bertil Fredlund hur mycket man kan göra utan att förändra byggnadens utseende alltför mycket. Detta menar han blir särskilt viktigt för byggnader med kulturhistoriska värden (Fredlund 2014). Kanters (2014) tar upp vikten av att på ett snyggt sätt integrera solceller i befintlig bebyggelse. I Schweiz finns exempel på där den befintliga bebyggelsen har klassificerats utefter hur estetiskt tilltalande solcellsintegrationen måste vara, något som sedan ligger till underlag för de framtida solcellsinstallationerna. I ett industriområde är exempelvis snygg integration mindre viktig än på en kulturhistorisk byggnad.

Fredlund (2014) anser att hur vi tar hand om de befintliga bostäderna är en mycket viktig fråga, då de är så många. Han menar att det finns stora chanser att förbättra bostaden vid renovering, både vad gäller energieffektivisering och elproduktionsmöjligheter. Exempelvis kan fasaderna då både bli mer energieffektiva och göras tillgängliga för solceller. Han menar också att möjligheterna till installation av elproduktionsanläggningar varierar med vilken typ av bostad det är; det kan finnas starkare ekonomiska incitament i en bostadsrättsförening än i en hyresrätt. En engelsk studie visar att energieffektiviseringsåtgärder är ett sätt att främja installation av elproduktionsanläggningar på befintliga bostäder. Detta eftersom ett intresse skapas hos de boende och gör att en installation blir mer trolig (Caird et al 2008).

Elproduktionsanläggningar på befintliga bostäder kan hindras av att bostaden inte har planerats med elproduktion i åtanke. Detta kan gälla både hur bostaden ligger i förhållande till omgivningen och hur dess utrymmen och tak har planerats. Det stora antalet befintliga bostäder gör dock att det finns stor elproduktionspotential; en potential som bör utnyttjas vid renovering. Bostaden kan då bättre kan anpassas till elproduktion och renoveringen kan också leda till ökat intresse för elproduktion bland de boende. Hur solceller integreras i de befintliga bostäderna kan vara mycket viktigt för acceptansen av dem.

6.7.2 Framtida hinder

Både Fredlund och Kanters tror att det kommer att uppstå hinder för elproduktion på befintliga byggnader i framtiden som hittills inte har varit så förekommande. Om fler äger solceller i framtiden blir det större risk att det uppstår konflikter om någon planterar höga träd eller uppför en byggnad som skuggar någon annans solceller. Ett sådant fall har inträffat i en ort i Australien – ägaren till den skuggande byggnaden fick betala kompensation till ägaren av solpanelen (Kanters 2014). Helen Wiklund (2014) liknar denna typ av konflikt vid konflikterna som finns kring försämrade utsikt för vissa boende när en ny byggnad uppförs. Inget fall liknande det australiensiska har kommit in till Lund kommuns byggnadsnämnd hittills, men Wiklund tror att konflikter av detta slag kan uppkomma i framtiden. Kanske skulle ett avtal mellan olika fastighetsägare behövas, där de bestämmer att en tillbyggnad eller höga träd inte får uppföras om solcellerna skulle skymmas. Denna typ av garanti är möjlig att ansöka om i vissa stater i USA (U.S Department of Energy 2013).

Slutsatsen dras att ett system för att hantera framtida konflikter kring solpaneler och andra elanläggningar behöver utarbetas.

6.8 Ekonomiska hinder

Att antalet installationer av solceller har ökat på senare år är en effekt av att priset på solceller har sjunkit, både internationellt och i Sverige (Energimyndigheten 2014). Den ekonomiska lönsamheten är avgörande för om en privatperson ska investera i en anläggning för att producera egen förnybar elektricitet eller inte (Fredlund 2014). Dock visar flera studier att konsumenter inte alltid betar sig rationellt ur ett ekonomiskt perspektiv; en investering i en elproduktionsanläggning kan falla på grund av höga investeringskostnader, trots att systemet betalar tillbaka sig under rimlig tid. Detta kan bero på okunskap om kostnader och intäkter (Sauter & Watson 2007), hur olika individer tolkar information och personliga prioriteringar (Darby 2010).

Också om reglerna för att sälja överskottsel uppfattas som krångliga och komplexa kan småskalig elproduktion motverkas. Det kommande skattereduktionssystemet för egenproducerad el har lett till osäkerheter om när en prosument behöver momsregistrera sig eller skaffa F-skatteskedel. Denna typ av osäkerheter kan leda till att prosumenter avstår från att producera mer el än vad hushållsbehovet kräver eller från att producera el överhuvudtaget. Enkla, tydliga regler för att sälja el ses därför som en viktig faktor för att öka den småskaliga elproduktionen (Digréus 2014).

Adalberth (2014) menar att dålig lönsamheten för att sälja och köpa el är den största nackdelen för plusenergiägare. Hon anser att ett enkelt nettodebiteringssystem vore bäst, där genererad el kvittas mot producerad el på åtminstone halvårsbasis. I dagsläget jämförs Karins producerade el mot den konsumerade elen varje timme. I ett sådant system kan inte en solig dag med hög elproduktion kvittas mot en mulen dag där ingen el produceras. Istället får hon sälja elen den soliga dagen till ett pris som är lägre än det pris hon betalar för elen den mulna dagen. Med det kommande systemet med skattelättnad istället för nettodebitering blir skillnaden i pris mindre, men hon kommer fortfarande att

betala mer för köpt el än vad hon tjänar på producerad el. Kostnaden för 1 kWh köpt el är generellt högre än intäkten för 1 kWh egenproducerad el, eftersom inköpspriset innefattar fler delar. Detta i kombination med att nettodebitering inte tillämpas gör att det inte blir särskilt lönsamt att investera i en stor anläggning och sälja överskottsel, utan mer lönsamt att dimensionera produktionssystemet för att minska mängden köpt el (Scandinavian Heartland 2011, Berg & Estenlund 2013). Något som minskar lönsamheten ytterligare är låga elpriser, eftersom det blir allt mindre lönsamt att producera egen el jämfört med att köpa el ju lägre elpriset blir (Elforsk 2014).

Enkäten visar att ekonomiska hinder är bland de största hindren, eller är det allra största hindret, för elproduktion på både nya och befintliga bostäder bland de företag som svarade. Hinder finns både vad gäller hög investeringskostnad, otillräckliga statliga stöd och dåliga villkor för att sälja överskottsel. Både företag som förvaltar bostäder, företag som inte förvaltar bostäder, företag som har installerat elproduktionsanläggningar och företag som inte har det, ansåg att reglerna för att sälja överskottsel är dåliga, både vad gäller lagstiftning och elbolagens villkor. Att behöva sälja överskottsel för att sedan köpa tillbaka den, dessutom till ett pris som vissa företag anser är för lågt, sågs som ett hinder för att bygga och förvalta bostäder med elproduktion. Nettodebitering pekades ut som ett bättre alternativ. Totalt 14 respondenter föredrog nettodebitering som system för prissättning av el medan ingen svarade att feed-in tariffer eller skattelättnad är önskvärt. Två företag tyckte att skattelättnadsförslaget var direkt dåligt. En respondent förklarar sitt stöd för nettodebitering;

”Nettodebitering är önskvärd eftersom elproduktion från solceller sker dagtid när efterfrågan är hög och konsumtion sker på kvällstid när efterfrågan är lägre.”

7 av de 8 företag som inte har byggt eller beslutat att bygga bostäder med möjlighet till elproduktion uppgav att orsaken var att det var för dyrt. Samma anledning återfinns hos Roth Fastigheter; Rikard Roth berättar att kostnaden för ett solcellssystem som övervägdes för de nybyggda fastigheterna i Hyllie hade en årlig produktion av 20 000 kWh. Systemet skulle kosta 350 000 kr, medan det skulle kosta runt 23 000 kr att köpa samma mängd el, dessutom skulle en dyr inkopplingsavgift behöva betalas årligen. Detta ansågs vara en dålig investering. Kalkylen bedömdes inte gå ihop heller om de skulle ansöka om solcellsstödet (Roth 2014).

Höga kostnader är ofta ett avgörande hinder för elproduktion på byggnader i dagsläget, för både privatpersoner och företag. Både från intervjuer och enkät framkom att nettodebitering har ett stort stöd och är efterfrågat för att öka lönsamheten för elproduktion. Nettodebitering kommer dock inte att införas i Sverige vilket gör att andra sätt att nå en god lönsamhet är viktiga.

- Vad gäller investeringskostnad finns en möjlighet att den fortsätter att sjunka i takt med ökade produktionsvolymerna av exempelvis solceller. Ett förbättrat solcellsstöd skulle också hjälpa.

- Elbolagens prissättning av den producerade elen är mycket viktig. Samtidigt innebär goda villkor ofta en ren förlustaffär för elbolagen. Ett land där goda villkor finns är Tyskland – något som har lett till höga elpriser då kostnaden för elproduktionen har hamnat på kundernas elräkningar; mer om detta skrivs i Kapitel 7. Någon måste alltså vara beredd att betala. En ökning av Sveriges låga elpriser hade gynnat installationen av privata elproduktionsanläggningar.
- Förbättrade möjligheter att ta vara på överskottselen hade ökat lönsamheten; detta kan ske om ellagring blir mer prisvärt eller om koncessionsreglerna ses över.

6.9 Krav som rör nätanslutningen

I detta avsnitt identifieras några problem som prosumenter kan orsaka på elnätet och även ett exempel på hur bestämmelser på elnätsområdet kan hindra prosumenter från att producera el.

6.9.1 Påverkan på elnätet

Hur elnätet påverkas när fler hushåll installerar elproduktionsanläggningar är en viktig fråga. Kraftringen menar att de kan ta emot en hel del solceller i sitt nät utan problem. Om många inom samma elnätsstation installerar en anläggning kan de dock behöva förstärka nätet, men detta är något de kan förbereda sig för; de har god kunskap om begränsningarna i sitt nät och nya producenter måste anmäla sin elproduktion (Johannesson och Skarrie 2014).

Mer specifikt hur elnätet och elkvaliteten påverkas av prosumenter varierar från fall till fall. Som exempel utfördes ett examensarbete för Kraftringen år 2013 där det kartläggs vilken påverkan en betydande andel installationer av solceller har på lågspänningsnäten. I detta fall visade det sig att det största problemet borde bli osymmetri mellan faserna; Om flera solcellssystem i samma område kopplas in på samma fas kan amplituden och fasförskjutningen i den ena fasen komma att skilja sig för mycket från de andra två. Ett annat problem som kan uppkomma i det undersökta fallet är övertoner i den ström som skickas ut av elanläggningens växelriktare, vilket leder till en spänning med icke-optimal sinusform. Om detta sker eller inte är beroende av kvaliteten på de växelriktare som prosumenter väljer. Kvaliteten kan mätas med den totala harmoniska strömdistorsionen – ett mått på störningen från övertonerna relativt grundtonen (Berg & Estenlund 2013). Lagring av el i batterier eller elbilar är något som tvärtom kan påverka nätet positivt då det leder till stabilisering av elnätet (Einarsson 2012, Ali et al 2014).

6.9.2 Koncessionsplikten

För att bygga en elledning krävs tillstånd – koncession. Koncessionsplikten regleras i ellagen och ärenden prövas av Energimarknadsinspektionen. Koncessionsplikten för elnät infördes för att förhindra byggnation av flera parallella nät, eftersom det är mest effektivt att överföra el på ett enda nät, och för att skydda människor, djur och natur från ledningar som byggs på ett skadligt sätt. Den som har koncession inom ett område har monopol på att bygga elledningar där enligt vad koncessionen föreskriver och är skyldig att ge alla som vill tillgång till nätet. Flera undantag finns från koncessionsplikten; exempelvis får en fastighetsägare fritt dra ledningar inom byggnaden och (oftast) på tomten, såvida ledningen

inte dras till en annan byggnad som används som bostad. På så sätt är det möjligt att installera en elproduktionsanläggning på tomten, i anslutning till bostadshuset. Koncessionsplikten kan dock hindra prosumenter från att ta tillvara på den el de producerar, vilket leder till försämrad lönsamhet (Elforsk 2014).

Hinder för samfälligheter

Elledningar får inte dras mellan bostäder som är fysiskt åtskilda, oavsett om de ägs av samma fastighetsägare eller inte. Däremot får två fastighetsägare som delar byggnad ha gemensam elproduktion eftersom det är tillåtet att överföra el för någon annans räkning i en byggnad. Detta innebär alltså att två fastighetsägare i samma byggnad kan installera gemensamma solceller och att en bostadsrättsförening kan det, medan en samfällighet av flera villaägare inte kan det – om de vill leda in elen i husen (Elforsk 2014).

Investeringar i elproduktion hindras ofta av dålig lönsamhet, något som skulle kunna förbättras med delat ägarskap av en större produktionsanläggning. Med dagens koncessionsregler går det dock inte att leda in el som produceras utanför tomtgränsen till sin bostad, vilket gör att elen istället måste säljas till elbolaget för att sedan köpas tillbaka. Detta gör ett delat ägarskap mindre attraktivt, eftersom det är mer lönsamt att använda egenproducerad el för att ersätta köpt el än att sälja den (Elforsk 2014). En samfällighet skulle heller inte kunna få skatteavdrag för sin produktion. Håkan Skarrie och Alexander Johannesson på Krafringen känner inte till något fall då villaägare har velat gå ihop till en samfällighet, de menar att kunderna generellt vill ha en egen elproduktionsanläggning (Johannesson & Skarrie 2014).

Hinder för ägare av flera fastigheter

Koncessionsplikten är ett hinder för en fastighetsägare som äger flera bostäder och vill överföra el från en byggnad med goda produktionsmöjligheter till en med dåliga, exempelvis en byggnad som ligger i skugga och därmed saknar solpaneler. Hade det varit möjligt att dra en egen elledning mellan byggnaderna hade det varit mer lönsamt att investera i större elproduktionsanläggningar, eftersom produktionsöverskottet i så fall hade kunnat nyttjas för att ersätta köpt el i byggnaden utan egen elproduktion (Elforsk 2014).

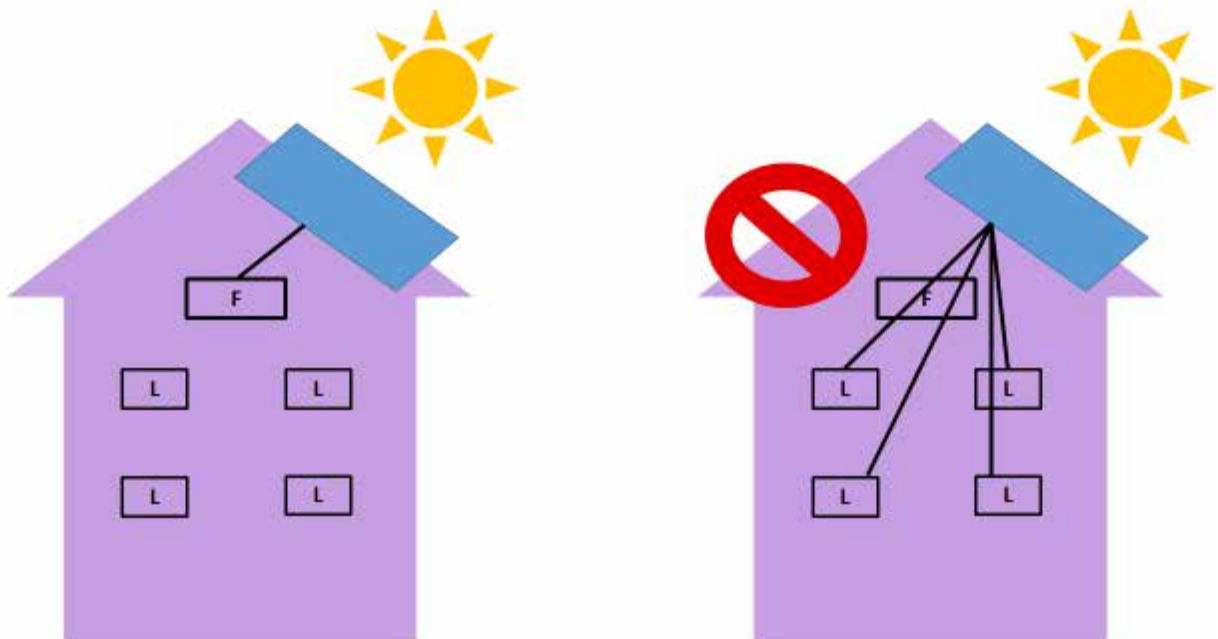
Just detta poängteras i en av de avslutande kommentarerna på enkäten av en byggherre som bygger och förvaltar bostäder, har byggt passivhus och installerat solceller. De största hinder denne upplever för att installera och driva elproduktionsanläggningar på sitt befintliga bostadsbestånd är ekonomiska. Det är dyrt och krångligt att få betalt för överproduktionen av el, vilket gör att företaget istället för att sälja elen skulle vilja använda den i sina andra byggnader.

”Vi har 4 anläggningar där den äldsta är från 2000. Största problemet är att det är dyrt, krångligt att reda ut och få betalt för överproduktionen vi säljer på nätet och få betalt för de gröna certifikaten. Det finns liksom ingen på andra sidan som är en bra motpart. Skulle istället för att leverera ut på nätet få nyttja elen till våra byggnader runt omkring. Hindrar också från att montera solcellerna på de bästa taken.”

Att koncessionsplikten kan motverka elproduktion på platser där det finns störst potential tas upp längre ner, under rubrik "Lokalisering av en elproduktionsanläggning".

Utformningen av elavtal styr lönsamheten

Johannesson och Skarrie (2014) kan se att bostadsrättsföreningar i framtiden kan stöta på problem vid produktion av egen el. Om en bostadsrättsförening – eller en privat eller kommunal ägare av ett flerbostadshus – har installerat en elproduktionsanläggning är det hur elavtalen i lägenheterna är tecknade som avgör vad elen kan användas till. En elproduktionsanläggning måste nämligen ha en elmätare kopplad till sig, och elen kan bara distribueras till den vars elavtal är kopplat till denna mätare. Detta är anledningen till att om det finns ett gemensamt elavtal för hela flerbostadshuset kan den producerade elen distribueras som hushållsel till de boende. Har de boende separata elavtal går inte det, då elmätaren tillhörande produktionsanläggningen inte kan kopplas till flera lägenheter utan i så fall får kopplas till fastighetsabonnemanget. Elen används därmed istället som fastighetsel och överskottet måste säljas istället för att användas som hushållsel, se Figur 6.2. Den vänstra situationen är tillåten, där den egenproducerade elen används som fastighetsel. Den högra situationen är inte tillåten, där lägenheterna har egna elavtal men el matas ut till alla hushåll i fastigheten. För att de boende i detta fall ska kunna nyttja elen som hushållsel måste fastighetsägaren sälja elen till dem som en elhandlare, vilket blir krångligt, eller måste solpanelen delas upp fysiskt i lika många delar som det finns lägenheter. Johannesson och Skarrie (2014) tror att möjligheten till ett enda elavtal för alla lägenheter i en byggnad kommer att försvinna, då det strävas mer och mer efter individuell mätning av el.



Figur 6.2. Påverkan av utformning av elavtal. Rutorna är elmätare: F står för fastighet, L står för lägenhet.

Lokalisering av en elproduktionsanläggning

Som beskrivet leder koncessionsplikten till att en ägare av en elproduktionsanläggning kan använda den el som produceras för att ersätta köpt el endast om anläggningen är lokaliserad

på den aktuella fastigheten. Annars måste elen säljas. Det finns kritik mot att detta hindrar prosumenterna från att producera el på platser där det finns störst potential. Resonemanget är att det borde gå att investera i egen el i hela landet och få samma fördelar som vid elproduktion på den egna bostaden – det vill säga, slippa betala moms, skatt och rörlig nätavgift för produktionen. Vissa förordar ett alternativ, nämligen att slippa betala moms och skatt men fortfarande rörlig nätavgift, då elnätbolagen borde få betalt för utnyttjandet av nätet (Elforsk 2014).

Vissa önskar gå ett steg längre och anser att mikroproduktion utanför tomtgränsen ska kunna räknas bort från byggnadens specifika energianvändning. På så sätt kan elproduktionen bidra till att uppfylla byggreglerna eller annan standard. Åse Togerö (2014) tar upp frågan om vart gränsen ska dras – ska el producerad precis utanför tomten räknas bort från den specifika energianvändningen, ska delägande i exempelvis ett vindkraftverk räknas, och i så fall hur långt bort från bostaden? Skanska förordar ett byggnadsperspektiv i frågan. För definitionen av nollenergihus menar de att som mest 50 % av kraven borde få nås genom delägarskap i elproduktion, resten ska uppnås av el producerad på byggnaden eller tomten.

Nybyggda områden

En ändrad koncessionsplikt skulle ge nya möjligheter vid byggnation av nya bostadsområden; elnätet skulle från början kunna anpassas mer för småskalig elproduktion genom att ha färre inkopplingspunkter till det koncessionspliktiga elnätet och istället anpassas för överföring mellan olika byggnader. På så sätt skulle bostädernas behov av köpt el minska (Elforsk 2014).

Kritik mot denna möjlighet, mot samfälligheters gemensamma produktion och mot idén att fastighetsägare ska kunna överföra el mellan sina olika byggnader finns. Det är i motsats till grundtanken att det är en aktör, elnätbolaget, som ansvarar för eldistribution. Det kan också bli problematiskt om byggnader kan kopplas ihop fritt och den ena byggnaden sedan byter ägare. Osäkerhet finns också kring hur det påverkar bostadens värde om den är en del i en samfällighet (Elforsk 2014).

Den slutsats som dras är att koncessionsplikten hindrar egen elproduktion på två punkter; hinder för elproduktion på platser med störst produktionspotential och hinder för fullt utnyttjande av produktionsöverskottet.

Vad gäller "icke-optimalt utnyttjande av produktionsöverskottet" berörs främst ägare av flera flerbostadshus eftersom de inte kan överföra egenproducerad el mellan sina olika byggnader. Villaägare berörs först om de vill gå samman i en samfällighet, något som inte bedöms särskilt vanligt i dagsläget.

Att endast el producerad på byggnaden eller tomten kan räknas som egenproducerad el är ett hinder för både villaägare och ägare av flerbostadshus. Utifrån litteratur, intervjuer och enkät går det dock inte att dra någon slutsats om hur den geografiska gränsdragningen för egenproduktion bör se ut, och om det ens är önskvärt att el producerad (långt) utanför tomtgränsen ska kunna räknas. Ur ett rent byggnadsperspektiv bör dock elen produceras nära/på byggnaden.

Regelverket kring koncession för elledningar skrevs inte med prosumenter eller ett decentraliserat och flexibelt energisystem i åtanke. Den bör därför ses över; en totalöversyn, ökade möjligheter till dispens eller fler/färre undantag är tre alternativ (Elforsk 2014). En totalöversyn, med främst ägare av flera flerbostadshus i åtanke och även de möjligheter som finns i nybyggda områden för anpassning till småskalig elproduktion, verkar mest angeläget.

Följande tre åtgärdsförslag bedöms ha störst effekt för att motverka hinder för elproduktion på nya och befintliga bostäder:

- En omstrukturering av solcellsstödet där de sökande i ett tidigt skede får veta om, och i så fall med hur mycket, de beviljas stöd.
- Ett ökat arbete med solenergiplanering i kommunerna.
- En översyn av koncessionsplikten där det i större utsträckning tas hänsyn till prosumenternas möjlighet att tillgodogöra sig den egenproducerade elen istället för att sälja den.

Referenslista till Kapitel 6

Eriksson, S., 2014. Bostadshus med egen elproduktion - Hinder och möjligheter. Rapport LUTMDN/TMHP-14/5310-SE, Lunds Universitet - LTH.

Adalberth, K., 2014. Intervju med Karin Adalberth, Prime Project, Lund 14 februari 2014.

Ali, S., Pearsall, N., Putrus, G., 2012. Impact of High Penetration Level of Grid-Connected Photovoltaic Systems on the UK Low Voltage Distribution Network, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'12), <http://www.icrepq.com/icrepq'12/368-ali.pdf>, [27 april 2014].

Attefall, S., 2013. Kommunala särkrav fördyrar boendet, DN debatt, <http://www.dn.se/debatt/kommunala-sarkrav-fordyrar-boendet/>, [13 februari 2014].

Berg, N. & Estenlund, S., 2013. Solceller i elnät – betydande andel solcellers inverkan på lågspänningsnätet, Examensarbete för Kraftringen och LTH, Avdelningen för industriell elektronik och automation, http://iea.lth.se/publications/MS-Theses/Full%20document/5314_full_document.pdf, [17 mars 2014].

BFS 2011:26, Boverkets författningssamling, <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2011-26-BBR19.pdf>, [29 januari 2014].

Boverket, 2012a. Vad är en detaljplan, <http://www.boverket.se/Planera/Kommunalplanering/Detaljplanering/>, [19 februari 2014].

Boverket, 2012b. När behövs en detaljplan, <http://www.boverket.se/Planera/Kommunalplanering/Detaljplanering/Mer-om-detaljplanen/>, [19 februari 2014].

Boverket, 2012c. Vad bestäms i en detaljplan, <http://www.boverket.se/Planera/Kommunalplanering/Detaljplanering/Planbestammelser/>, [19 februari 2014].

Buildsmart, u.å. Project overview, <http://www.buildsmart-energy.eu/overview.html>, [26 april 2014].

- Byggindustrin, 2014. Attefalls förslag: "Enklare planprocess och förbud mot kommunala särkrav", http://www.byggindustrin.com/nyheter/attefalls-forslag-enklare-planprocess-oc__11283, [27 februari 2014].
- Carid, S., Roy, R., Herring, H., 2008. Improving the energy performance of UK households: Results from surveys of consumer adoption and use of low- and zero-carbon technologies, *Energy Efficiency* (2008), volym 1, upplaga 2, s. 149-166.
- Darby, S., 2010. How active can an active electricity consumer be?, rapport presenterad vid den årliga konferensen för "the International Association for Research into Economic Psychology and the Society for the Advancement of Behavioural Economics", [opublicerat manuskript].
- Delegationen för hållbara städer, u.å. Norra Djurgårdsstaden – en stadsdel i världsklass, <http://www.hallbarastader.gov.se/Bazment/hallbarastader/sv/norra-djurgardsstaden.aspx>, [27 februari 2014].
- Digréus, A., 2014. Skatterabatt för såld privatproducerad el kan försenas, SR (Sveriges Radio) Ekot, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=5854108>, [7 maj 2014].
- Einarsson, M., 2010. Power quality in low voltage grids with integrated microproduction, Examensarbete för Fortum och Uppsala Universitet, Teknisk- naturvetenskaplig fakultet UTH-enheten, <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:376078/FULLTEXT01.pdf>, [27 april 2014].
- Elforsk, 2011. Solceller i samhällsplaneringen – skapa bra förutsättningar för solenergi, rapport nr 11:75, http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=11_75_, [13 februari 2014].
- Elforsk, 2014. Koncessionsplikten – i kollision med utbyggd mikroproduktion?, Elforsk rapport 14:01.
- Eneff-forum, u.å. Översiktligt om begrepp inom energieffektivisering, <http://www.eneff-forum.se/faq/>, [7 mars 2014].
- Energimyndigheten, 2014. Fortsatt starkt intresse för solceller gav solcellseffekt på 43,1 MW under 2013, <https://www.energimyndigheten.se/Press/Pressmeddelanden/Fortsatt-starkt-intresse-for-solceller-gav-solcellseffekt-pa-431-MW-under-2013/>, [31 mars 2014].
- Fredlund, B., 2014. Intervju med Bertil Fredlund, professor i byggnadskonstruktion vid Lunds Tekniska Högskola, Lund 10 februari 2014.
- Igelström, J., 2014. Intervju med Johannes Igelström, Johannes Igelström arkitektbyrå, Lund 12 februari 2014.
- Johannesson, A. & Skarrie, H., 2014. Intervju med Alexander Johannesson och Håkan Skarrie, Kraftringen, Lund 28 mars 2014.
- Kanters, J., 2014. Intervju med Jouri Kanters, doktorand vid avdelningen för energi- och byggnadsdesign vid Lunds Tekniska Högskola, Lund 10 mars 2014.
- Konjunkturinstitutet, 2013. Energieffektivisering och kommunala särkrav – kommentarer till Gunnar Brännlunds analys, D.nr 13 31-13, uppdrag av Socialdepartementet, <http://www.konj.se/download/18.6a90e2ce13e070b080d45f7/Energieffektivisering-och-kommunala-sarkrav-konjunkturinstitutets-kommentarer-till-konsekvensutredning.pdf>, [27 februari 2014].
- Kraftringen, 2014. Skiner solen på dig?, <http://www.kraftringen.se/Privat/Solceller/Solkartan/>, [16 april 2014].

- Motion 2011/12:C13, Motion med anledning av skr. 2011/12:131 Vägen till näronnenergibyggnader, Kommittémotion, Miljöpartiet, http://www.riksdagen.se/sv/DokumentLagar/Forslag/Motioner/med-anledning-av-skr-201112_GZ02C13/?text=true, [7 mars 2014].
- Roth, R., 2014. Intervju med Rikard Roth, Roth Fastigheter, Malmö 18 mars 2014.
- Sauter, R. & Watson, J., 2007. Strategies for the deployment of micro-generation: Implications for social acceptance, *Energy Policy* 35 (2007), s. 2770–2779.
- Scandinavian Heartland, 2011. Nätanslutning av småskaliga elproduktionssystem, <http://www.sero.se/Filer/Startsidan/BroschyrNatanslutningA5slutversion110503.pdf>, [21 mars 2014].
- Schade, J., Wallström, P., Olofsson, T., Lagerqvist, O., 2013. A comparative study of the design and construction process of energy efficient buildings in Germany and Sweden, the journal *Energy Policy*, 58(2013) 28-37, survey of Luleå University of Technology.
- SCNH, 2012. Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus – Bostäder, <http://www.nollhus.se/dokument/Kravspecifikation%20FEBY12%20-%20bostader%20sept.pdf>, hämtat 20 januari 2014.
- SCNH (Sveriges Centrum för Nollenergihus), 2013a. Passivhus, <http://www.nollhus.se/feby-12/passivhus-vaermefoerlusttal>, hämtat 20 januari 2014.
- SCNH, 2013b. Minienergihus, <http://www.nollhus.se/feby-12/minienergihus>, hämtat 21 januari 2014.
- SCNH, 2013c. Energiformsfaktor, <http://www.nollhus.se/feby-12/nollenergihus/nollenergihus/energiformsfaktor>, [4 juni 2014].
- SCNH, 2013d. Noll-, passiv-, minienergihus, <http://www.nollhus.se/feby-12/noll-passiv-minienergihus>, [7 mars 2014].
- SHC (Solar Heating and Cooling programme), 2014a. Project (Task) objectives, Task 40 Net Zero Energy Solar Buildings, <http://task40.iea-shc.org/objectives>, [27 april 2014].
- SHC, 2014b. Project (Task) objectives, Task 51 solar energy in urban planning, <http://task51.iea-shc.org/objectives>, [18 februari 2014].
- SKL, 2013a. Förbud mot energikrav slår mot miljön, Debattartikel, http://www.skl.se/press/debattartiklar/debattartiklar-2013/forbud_mot_energikrav_slar_mot_miljon, [27 februari 2014].
- SKL, 2013b. Kommunala energikrav på byggande vid markförsäljning – rekommendation från SKL, http://www.skl.se/vi_arbetar_med/tillvaxt_och_samhallsbyggnad/klimat-och-energi/kommunala-energikrav-pa-byggande-vid-markforsaljning, [27 februari 2014].
- SKL, 2014. Välkomna till konferens på SKL 9 april!, http://www.skl.se/BinaryLoader.axd?OwnerID=4901e389-e927-407b-9ef2-aa20c18adba1&OwnerType=0&PropertyName=EmbeddedImg_93de27f0-0503-4e0b-8402-7c9c55ec1244&FileName=SKL+Energikrav+uppf%c3%b6ljning+140409.pdf&Attachment=False, [8 maj 2014].
- SOU 2012:86, Ökat bostadsbyggande och samordnade miljökrav – genom enhetliga och förutsägbara byggregler, Delbetänkande av Byggkravsutredningen, Stockholm 2012, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/20/55/32/f2109bc2.pdf>, [27 april 2014].

Thygesen, R. & Karlsson, B., 2012. "Ändra byggreglerna för solceller", debattartikel Ny Teknik, <http://www.nyteknik.se/asikter/debatt/article3459029.ece>, [27 februari 2014].

Togerö, Å., 2014. Intervju med Åse Togerö, Skanska, Malmö 24 februari 2014.

U.S Department of Energy, 2013. Planning for Home Renewable Energy Systems, <http://energy.gov/energysaver/articles/planning-home-renewable-energy-systems>, [9 april 2014].

Watson, J., 2004. Co-provision in sustainable energy systems: the case of micro-generation, Energy Policy nr. 32 (2004), s. 1981-1990.

Wiklund, H., 2014. Intervju med Helen Wiklund, Stadsbyggnadskontoret Lunds kommun, Lund 4 mars 2014.

7. INTERNATIONELL UTBLICK

Som en jämförelse med den svenska metoden för att prissätta egenproducerad el, skattelättnad, beskrivs i detta kapitel hur den el som prosumenter producerar prissätts i ett urval av andra länder (Eriksson 2014).

7.1 Australien

I Australien tillämpas feed-in tariffer. Dock finns ingen nationell lagstiftning, hur feed-in tarifferna är utformade varierar mellan de olika staterna och territorierna. Således varierar den ersättning prosumenterna får för sin elproduktion, hur många år feed-in-systemet gäller och kraven på produktionsanläggningarnas maxeffekt. I olika delar av Australien varierar det också vilket sätt den producerade och konsumerade elen mäts på, vilket har gett upphov till två typer av feed-in tariffer (Energy Matters 2014). Med "gross feed-in tariffs" får prosumenter betalt för all el som produceras, och betalar för all el som konsumeras. Med "net feed-in tariffs" får prosumenter betalt för nettoproduktionen av el, alternativt betalar för nettokonsumtionen (MEFL 2009). För båda typer av feed-in tariffer mäts elproduktionen och/eller elkonsumtionen varje halvtimme (State Government of Victoria 2011). Feed-in tariffer baserade på nettomätning (net feed-in tariffs) har fått kritik för att egentligen vara ett nettodebiteringssystem, namnet till trots (Metering 2008). Detta system är dock det vanligaste då det tillämpas av sex av åtta stater och fastlandsterritorier. 1 fastlandsterritorium har bruttomätning, och 1 stat håller på att fasa ut bruttomätning till förmån för nettomätning, vilket gör att de för tillfället tillämpar båda systemen (Energy Matters 2014).

I Australien finns också två typer av elcertifikat; ett för storskaliga anläggningar för förnybar elproduktion och ett för småskaliga. De sistnämnda certifikaten (small-scale technology certificates) delas ut till ägare av små solpaneler, vindkraftverk och vattenkraftverk för varje MWh el som generas. De delas även ut till ägare av solvärmeanläggningar och värmepumpar för varje MWh el deras anläggning ersätter. Certifikaten måste sedan köpas av främst elbolag (Clean Energy Regulator 2013), likt i Sverige.

7.2 Danmark

Fram till slutet av år 2012 kunde privatpersoner som installerade en anläggning för produktion av förnyelsebar el med en maximal effekt på 6 kW nettodebiteras på årsbasis (Iversen 2013). Detta orsakade kraftig tillväxt av främst solcellsinstallationer och ledde till stora skatteförluster för Danmark. Timvis nettodebitering infördes därför istället som ett sätt att minska stöden till solceller, något som den danska marknaden bedömdes var mogen för (Naturskyddsföreningen 2013). För solceller ersattes effektgränsen på 6 kW av en gräns på 400 kW (Iversen 2013), då det ansågs att den tidigare gränsen endast gynnade småhus (Kebmin 2012). Efter lagändringen blev det också möjligt att installera en gemensam elproduktionsanläggning i större bostadshus med syfte att täcka enskilda lägenheters elbehov. En annan ändring som infördes är att den feed-in tariff som betalas ut för överskottsproduktionen av el slutar gälla efter 10 år, då prosumenter istället kommer att betalas marknadspriset (Iversen 2013). Privatpersoner som registrerade sin anläggning hos sitt elnätbolag senast 20 november 2012 och installerade den senast 31 december 2013 kan dock fortfarande få årsvis nettodebitering (BEK nr 1032 af 26/08/2013, §16).

Ett timbaserat nettodebiteringssystem att överskottsel som inte kvittas inom en timme, inte kan kvittas mot el till det ordinarie danska elpriset. Denna el, som inte förbrukats direkt eller kvittats inom en timme, säljs istället till ett lägre pris.

7.3 Nederländerna

För att bli prosumant i Nederländerna krävs ingen ansökan som i Sverige, men däremot anmälan till elnätsföretaget och elhandelsföretaget att prosumanten någon gång i framtiden kommer att leverera förnybar el till elnätet. För anläggningar med en maximal kapacitet på 3·80 Ampere tillämpas nettodebitering och prosumenterna behöver därmed endast betala för sin nettokonsumtion av el (SOU 2013:46). Fram till 1 januari 2014 fick maximalt 5 000 kWh producerad el räknas bort från den köpta elen varje år, kunder som producerade mer än så fick betalt för den elen. Numera är den gränsen borttagen (Holland Solar 2014). Europeiska kommissionen menar att Nederländernas nettomätning strider mot mervärdesskatte-direktivet, medan Nederländerna menar att de inte ser så formellt på frågan (SOU 2013:46). Nederländerna tillämpar även feed-in tariffer, dock riktar sig dessa inte till privatpersoner utan till företag och organisationer. Som exempel måste en solcellsanläggning ha en effekt på mer än 15 kW för att kunna få feed-in tariffer (NL Agency 2013).

El som inte förbrukas momentant av prosumanten ger upphov till ett överskott som levereras ut på det allmänna nätet. Denna levererade överskottsel fungerar som en elkonsumtionsbuffert för prosumanten, vars köp av el minskas med den el som denne levererat ut på nätet. Prosumanten åläggs endast betala energi och mervärdesskatt på mellanskillnaden av köpt och levererad el. Ytterst begränsad administration krävs för att ansluta sig till systemet - i allmänhet kräver endast elhandelsföretagen att prosumanten meddelar att de i framtiden kommer att leverera förnybar el till nätet.

7.4 Norge

Norge tillämpar varken nettodebitering, feed-in tariffer eller skattereduktion för egenproducerad förnyelsebar el (RES LEGAL 2013). Den typ av stöd som norska prosumenter kan få för sin elproduktion är elcertifikat – något som dock inte är anpassat till småskaliga elproducenter och därmed inte heller lönsamt (Sprenger 2013). För att göra det enklare för privatpersoner att mata ut el på nätet infördes år 2013 dispenser från gällande regelverk för "plusskunder"; kunder som över ett år konsumerar mer el än de producerar, men som under vissa timmar av året är nettoproducenter. Konventionella elproducenter måste betala för all el som matas in på nätet, men i och med dispensererna är det nu tillåtet att "plusskunden" endast betalar för nettoproduktionen. På samma sätt är det nu tillåtet att "plusskunden" endast betalar för sin nettokonsumtion av el. Nettoproduktion och -konsumtion mäts på timbasis, vilket är anledningen till att det krävs en elmätare som mäter både uttag och inmatning varje timme (NVE 2013). Elnätsbolagen i Norge är skyldiga att ta emot el från kunder som vill mata in el, men om de vill utnyttja dispensererna beskrivna ovan och betala kunden för elen är frivilligt (Sprenger 2013). Det pris prosumanten kan få för elen bestäms i

ett avtal mellan kunden och elnätbolaget, men bör följa marknadspriserna (NVE 2013). Ändringar diskuteras för att garantera ”plusskunder” ersättning för den inmatade elen. År 2011 började Norges första privatperson sälja el till elnätet (Sprenger 2013).

7.5 Nya Zeeland

Nya Zeeland ger inga ekonomiska stöd till förnyelsebar, småskalig elproduktion och uppmanar invånare som redan har en anslutning till elnätet att inte installera ett eget nätanslutet elproduktionssystem. Regeringen menar att det sällan är ekonomiskt lönsamt och inte heller ger så stora miljömässiga vinster. De anser att då 77 % av den nya zeeländska elen redan kommer från förnybara källor och de elproduktionsanläggningar som är planerade även de kommer att nyttja förnybara energikällor, blir fördelarna med småskalig förnyelsebar elproduktion i hushållen inte så stor som i flera andra länder (EECA 2014). Elproduktion för eget bruk där överskottet matas ut på elnätet är tillåtet, men idet finns inga krav på att energibolagen måste köpa elen eller för hur mycket. Det är därmed upp till elbolaget vad de betalar för elen som matas ut. Den som väljer att mata ut el på nätet måste, likt i Sverige, få sin anläggning godkänd av elnätbolaget av säkerhets- och elkvalitetsskäl (EECA 2010).

White et al (2013) är en av de grupper som förespråkar en mer distribuerad energiförsörjning i Nya Zeeland; de framhåller att el producerad av hushåll vore bra för att minska transmissionsförluster i elnätet och för att hålla elpriserna nere. Detta eftersom det mesta av Nya Zeelands el genereras i vattenkraftverk vilket gör att elpriserna stiger kraftig under torrperioder. Däremot anser inte heller de att ett stödsystem såsom feed-in tariffer vore lämpligt i Nya Zeeland – elmarknaden är väldigt konkurrensutsatt vilket motverkar alla initiativ som bygger på dyrare elräkningar.

7.6 Storbritannien

Mikroproduktion är ett viktigt medel för Storbritannien för att kunna uppnå sina långsiktiga energimål; däribland att minska växthusgasutsläppen och öka energisäkerheten. År 2050 väntas mikroproduktion baserad på förnybara energikällor och energikällor med lågt fossilt kolinnehåll kunna uppfylla 30-40 % av Storbritanniens elbehov (Allen et al 2008). Strategierna för att öka och stödja mikroproduktion finns formulerade i regeringens Microgeneration Strategy, där förslag på åtgärder ges för att tackla de icke-ekonomiska hinder som finns för mikroproduktion. Tanken är att den fulla potentialen i de statliga ekonomiska stöd som finns på så sätt ska kunna utnyttjas bättre. Åtgärder ska vidtas gällande bland annat informationsspridning, kunskapslyft i branschen, certifiering av installatörer och produkter, energiklassning av byggnader med hänsyn till mikroproduktion och möjligheterna för grupper att installera mikroproduktionsanläggningar tillsammans (DECC 2011a).

År 2010 införde Storbritannien feed-in tariffer. Dessa ersatte det tidigare investeringsstödet Low Carbon Buildings Programme för småskaliga produktionsanläggningar (Hammond et al

2012). Stödmekanismen Renewable Obligation Certificates – en motsvarighet till elcertifikat – håller på att fasas ut (DECC 2011b).

Storbritannien har som mål att år 2016 ska alla nybyggda bostäder vara "net zero carbon homes". Detta innebär att nettoutsläppen av koldioxid från uppvärmning, kyla, ventilation, varmvatten och fastighetsel över ett år ska vara noll. Definitionen innehåller också krav på hur energieffektiv byggnaden ska vara, uttryckt i kWh/(m²·år). Det finns olika tillåtna sätt att uppnå nettonollutsläpp. Antingen kan byggherren nå nollutsläpp av koldioxid genom att bygga energieffektivt och installera värme- och elsystem med låga utsläpp, exempelvis solceller. Eller kan byggherren välja att uppnå utsläpp av max 10 kg CO₂/(m²·år) (för friliggande hus, gränsen varierar med byggnadstyp) och kompensera den mängd koldioxid som släpps ut med så kallade "allowable solutions". Det vill säga, byggherren kan välja att investera i projekt som leder till utsläppsminskningar och tillgodoräkna sig dessa. Vilka projekt som räknas till "allowable solutions" är inte fastställt ännu, men det skulle kunna vara att använda smarta lösningar i byggnaden, investera i gatubelysning med låga koldioxidutsläpp eller betala in pengar till en fond som utför godkända projekt (Zero Carbon Hub 2013).

7.7 Tyskland

Die energiewende – energiomställningen – är ett begrepp för Tysklands ambitioner att omforma sitt energisystem genom att ersätta kärnkraft och kolkraft med förnybara bränslen (Graupner 2013). Målet är att 80 % av elenergin ska vara förnybar år 2050 och att elkonsumtionen ska ha minskat med minst 10 % till år 2020 (Alpman 2012). Begreppet Energiewende har sina rötter i det tyska kärnkraftsmotståndet på 70-talet och fick ett uppsving efter kärnkraftsolyckan i Fukushima år 2011, då regeringen valde att avveckla kärnkraften till år 2022. Detta ledde till stora satsningar på förnyelsebar energi (Graupner 2013). En del av lagstiftningen för att nå energimålen specificerade ovan är "Renewable energy sources act" med den tyska förkortningen EEG, som främjar förnybar elproduktion genom feed-in tariffer. EEG har inspirerat flera länder till liknande lagstiftning och är en utveckling av den tyska lagen om feed-in tariffer från år 1991. Prosumenter garanteras tillgång till att mata ut el på nätet och en fix inkomst per kWh under 20 år (Energy Transition 2014a).

De tyska feed-in tarifferna har lett till snabb och kraftig utbyggnad av anläggningar för förnyelsebar elproduktion. År 2012 hade över 1 miljon tyskar installerat solceller på taket, en trend som har accelererat de senaste åren (Hansson 2012). Samma år ägdes 47 % av den installerade effekten förnyelsebar energi av tyska hushåll och kooperativ (Energy Transition 2014b). De ekonomiska stöden för förnyelsebar elproduktion hamnar dock på hushållens elräkningar, vilket har lett till att Tyskland har bland de högsta elpriserna i Europa – något som också har ett brett stöd hos invånarna (Hansson 2012).

7.8 Spanien

År 2012 avskaffades de spanska feed-in tarifferna av ekonomiska skäl. En kraftig ökning av efterfrågan på el mellan år 2000 och 2008 ledde till en alltför stor utbyggnad av främst den förnyelsebara elproduktionen, vilket resulterade i stora överskott av elektricitet och ekonomiska problem (Mir-Artigues 2013). De ekonomiska problemen berodde också till stor del på att kostnaden för de generösa statliga stöd som fanns för förnyelsebar elproduktion inte kunde täckas genom att höja elpriset; Varje år sattes en maxgräns för elpriset, och om denna överskreds betalade den spanska regeringen själv mellanskillnaden. Kostnaden för detta blev hög (Morris 2009).

Prosumenters egenproduktion av el blev alltså en förlustaffär för energi- och elnätbolagen. I ljuset av detta ansågs inte fördelarna med lägre nätförluster och underhållskostnader överväga de extra kostnaderna förnyelsebar mikroproduktion ger i form av nätförstärkningar och behov av reservkraft (Mir-Artigues 2013). Istället för feed-in tariffer ger nuvarande lagstiftning ägare av elproduktionsanläggningar med en effekt lägre än 100 kW möjlighet att ansluta till elnätet och sälja elen till marknadspriser (pv magazine 2014).

7.9 USA

I USA varierar det mellan olika stater vilket system för prissättning av egenproducerad el som används (Sullivan et al 2014). I juli 2013 hade 43 stater nettodebitering (DSIRE 2013a), med varierande bestämmelser för hur stor ersättning som betalas ut när prosumenten är nettoproducent, hur stor effekt som får matas in på nätet och vilka typer av anläggningar som räknas (Sullivan et al 2014). Ett färre antal stater – 7 stycken i maj 2013 (EIA 2013) – tillämpar utöver nettidebitering även feed-in tariffer, något som dock inte väntas övergå till en federal policy. Ett tredje sätt att ge ekonomiska stöd till privatpersoner som producerar egen elektricitet är PACE-programmet (Property Assessed Clean Energy), vilket innebär ett lån som prosumenten betalar tillbaka månadsvis genom ett tillägg på fastighetsskatten. Syftet är att de månatliga vinsterna från den egna elproduktionen ska överskrida den månatliga extra kostnaden för lånet (Sullivan et al 2014). 29 stater använde PACE-programmet i april 2013 (DSIRE 2013b). I USA, likt i Sverige, ställs säkerhets- och elkvalitetskrav på den anläggning som installeras, tillstånd krävs för installation och bygglov kan behövas (U.S Department of Energy, 2012a). I vissa stater kan prosumenten även ansöka om att grannarna inte ska kunna uppföra någon typ av konstruktion som hindrar den egna anläggningen från att producera el (U.S Department of Energy 2013). Avdrag, subventioner och skattelättnader förekommer också för att öka lönsamheten för förnybara elproduktionsanläggningar (U.S Department of Energy 2012b).

7.10 Belgien

Belgien använder, vid mikroproduktion, ett liknande system med mätare som kan backa men aldrig visa negativ konsumtion. Detta innebär att prosumentens eventuella överskott levereras ut på nätet utan ersättning. Mikroproducenten är helt befriad från energiskatt så länge anläggningen har en kapacitet som understiger 10 kW (5 kW i Brysselregionen) och mervärdesskatt samt nätavgift betalas enbart på den positiva skillnaden i elmätaren.

Elnätsföretaget förmedlar informationen om leveransvolymerna till elhandelsföretagen som i sin tur baserar fakturorna på dessa uppgifter. Detta system har mött kritik från marknadens parter, men ingen förändring verkar vara planerad i nuläget (SOU 2013:46).

Referenslista till Kapitel 7

- Eriksson, S., 2014. Bostadshus med egen elproduktion - Hinder och möjligheter. Rapport LUTMDN/TMHP-14/5310-SE, Lunds Universitet - LTH.
- Allen, S.R., Hammond, G.P., McManus, M.C., 2008. Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective, *Applied Energy* 85 (2008), s. 528–544.
- Alpman, M., 2012. Frågor och svar: Vad du behöver veta om Energiewende, *Ny Teknik*, 12 november 2012, http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3580591.ece, [3 april 2014].
- BEK nr 1032 af 26/08/2013, §16, Bekendtgørelse om nettoafregning for egenproducenter af elektricitet, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet 2013.
- Clean Energy Regulator, 2013. The Small-scale Renewable Energy Scheme (SRES), <http://australia.gov.au/topics/environment-and-natural-resources/energy>, [11 april 2014].
- DECC (Department of Energy and Climate Change), 2011a. Microgeneration Strategy, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48114/2015-microgeneration-strategy.pdf, [24 mars 2014].
- DECC, 2011b. Planning our electric future: a White Paper for secure, affordable and low-carbon electricity, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48129/2176-emr-white-paper.pdf, [24 mars 2014].
- DSIRE (Database of State Incentives for Renewables & Efficiency), 2013a. Net Metering, http://www.dsireusa.org/documents/summarymaps/net_metering_map.pdf, [8 april 2014].
- DSIRE, 2013b. Property Assessed Clean Energy (PACE), http://www.dsireusa.org/documents/summarymaps/PACE_Financing_Map.pdf, [8 april 2014].
- EECA (Energy Efficiency and Conservation Authority), 2010. Power from the people: a guide to micro-generation, rapport EEC1449, <http://www.energywise.govt.nz/sites/all/files/power-from-the-people-microgen-guide-nov2010.pdf>, [11 april 2014].
- EECA (Energy Efficiency and Conservation Authority), 2014. Generating your own renewable energy, <http://www.energywise.govt.nz/your-home/generating-your-own-energy>, [10 april 2014].
- Egen Solel, u.å. Ordlista, <http://egensolel.se/fakta/ordlista/>, [5 mars 2014].
- EIA (U.S. Energy Information Administration), 2013. Feed-In Tariffs and similar programs, http://www.eia.gov/electricity/policies/provider_programs.cfm, [8 april 2014].
- Energy Matters, 2014. Feed-in tariff for grid-connected solar power systems, <http://www.energymatters.com.au/government-rebates/feedintariff.php>, [11 april 2014].
- Energy Transition, 2014a. Renewable Energy Act (EEG), 4 History of the Energiewende, <http://energytransition.de/>, [3 april 2014].

- Energy Transition, 2014b. Energy by the people, 2 Technology as a key issue, <http://energytransition.de/>, [3 april 2014].
- Graupner, H., 2013. What exactly is Germany's 'Energiewende'?, DW (Deutsche Welle), 22 januari 2013, <http://www.dw.de/what-exactly-is-germanys-energiewende/a-16540762>, [3 april 2014].
- Hammond, G.P., Haralji, H.A., Jones, C.I., Winnet, A.B., 2012. Whole systems appraisal of a UK Building Integrated Photovoltaic (BIPV) system: Energy, environmental, and economic evaluations, *Energy Policy* 40 (2012), s. 219–230.
- Hansson, M., 2012. Full fart på energiomställningen i Tyskland, Sveriges Radio P1, Klotet, 22 augusti 2012, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5239710>, [3 april 2014].
- Holland Solar, 2014. Regelgeving rond salderen in Nederland, <http://www.hollandsolar.nl/zonnestroom-p40-salderen.html>, [6 maj 2014].
- Iversen, J.G., 2013. Analyse af støtteordning for solcelleenergi i Danmark, kandidatarbete Danmarks tekniska universitet och HOFOR A/S (tidigare Københavns Energi).
- Kebmin (Klima-, energi- og bygningsministeriet), 2012. Ny solstrategi, <http://www.kebmin.dk/sites/kebmin.dk/files/nyheder/regeringens-udspil-solceller/Ny%20solstrategi.pdf>, [28 april 2014].
- MEFL (Moreland Energy Foundation Ltd), 2009. 'Net' vs 'Gross' feed-in tariffs - what's the difference?, <http://www.mefl.com.au/news-and-events/blog/item/421-net-vs-gross-feed-in-tariffs-whats-the-difference>, [11 april 2014].
- Metering, 2008. Solar feed-in tariffs meet with mixed reviews, 13 maj 2008, <http://www.metering.com/solar-feed-in-tariff-meets-with-mixed-reviews/>, [11 april 2014].
- Mir-Artigues, P., 2013. The Spanish regulation of the photovoltaic demand-side generation, *Energy Policy* 63 (2013), s. 664-673.
- Morris, C., 2009. The Spanish solar collapse, *Grist*, 12 oktober 2009, <http://grist.org/article/the-spanish-solar-collapse/>, [29 april 2014].
- Naturskyddsforeningen, 2013. Är Sverige ett föregångsland inom energipolitiken?, http://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/rapporter/rapport_foregangsland_energi-hogupplöst-20130803.pdf, [28 april 2014].
- NL Agency, 2013. SDE 2013+ Instructions on how to apply for a subsidy for the production of renewable energy, Energy and Climate Change (NL Energie en Klimaat), rapport nr. 2SDEP1301, s.22, [http://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/11/English_brochure_SDE+_2013_\(kleur_version\)_0.pdf](http://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/11/English_brochure_SDE+_2013_(kleur_version)_0.pdf), [10 april 2014].
- NVE (Norges Vass- og Energidirektorat), 2013. Plusskunder, <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Nettleie1/Beregning-av-tariffer-for-innmating-fra-produksjon/Plusskunder/>, [10 april 2014].
- Näringsdepartementet, 2012. Energisamarbete i EU, Regeringskansliet, <http://www.regeringen.se/sb/d/5776/a/117988>, [22 januari 2014].
- pv magazine, 2014. Feed-in tariffs (FiTs), <http://www.pv-magazine.com/services/feed-in-tariffs/feed-in-tariffs-for-various-countries/#axzz2yHXwNZNp>, Spain, [8 april 2014].

- RES LEGAL, 2013. Promotion in Norway, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/norway/tools-list/c/norway/s/res-e/t/promotion/sum/378/lpid/379/>, [10 april 2014].
- SOU 2013:46, Beskattning av mikroproducerad el m.m., Betänkande av Utredningen om nettodebitering av el, Stockholm 2013, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/21/94/09/723fd0a5.pdf>, [28 februari 2014].
- Sprenger, M., 2013. Han er landets første boligeier som leverer strøm til nettet, TU (Teknisk Ukeblad), 25 februari 2013, <http://www.tu.no/kraft/2013/02/25/han-er-landets-forste-boligeier-som-leverer-strom-til-nettet>, [10 april 2014].
- State Government of Victoria, 2011. About Meters, <http://www.energyandresources.vic.gov.au/energy/environment-and-community/victorian-feed-in-tariff-schemes/closed-schemes/premium-feed-in-tariff/about-interval-meters>, [11 april 2014].
- Sullivan, J., Cannon, G., Burton, D., Johnsson, S., White, J., 2014. Why End Users Are Investing (Big) in Distributed Generation, The Electricity Journal, Volume 27, Issue 2, s.23-32.
- U.S Department of Energy, 2012a. Grid-Connected Renewable Energy Systems, <http://energy.gov/energysaver/articles/grid-connected-renewable-energy-systems>, [9 april 2014].
- U.S Department of Energy, 2012b. Planning a Home Solar Electric System, <http://energy.gov/energysaver/articles/planning-home-solar-electric-system>, [9 april 2014].
- U.S Department of Energy, 2013. Planning for Home Renewable Energy Systems, <http://energy.gov/energysaver/articles/planning-home-renewable-energy-systems>, [9 april 2014].
- White, L., Lloyd, B., Wakes, S., 2013. Are Feed-in Tariffs suitable for promoting solar PV in New Zealand cities?, Energy Policy nr 60 2013, s. 167-178.

BILAGA 1 - FALLSTUDIE A

Mikroproduktion av el av Love Jonsson & Jonas Persson

Jonsson, L & Persson, J. Mikroproduktion av el. I boken Smart om smarta nät (Pyrko, red.). Lunds Universitet, Energivetenskaper, LUTMDN/TMHP-14/3053-SE, 2014.

Slutsatser

- Utifrån de studerade rapporterna kring mikroproduktionens påverkan på elnätet, tekniska aspekter, samt de studerade lagtexterna kan några generella slutsatser dras:
- En hög penetrationsnivå av mikroproduktion i ett lågspänningsnät i Sverige kan tolereras innan gränsvärden uppnås.
- På grund av rådande tekniska och ekonomiska förutsättningar bedömer författarna penetrationsnivån av mikroproduktion från vindkraft i Sverige som låg inom en överskådlig tidsperiod.
- Baserat på den studerade litteraturen kring solinstrålning, tillgänglig teknik och ekonomiska incitament finner författarna det inte som troligt att penetrationsnivån av solceller för mikroproduktion i Sverige inom en överskådlig tidsperiod kommer att vara så hög att den påverkar lågspänningsnäten.

BILAGA 2 - FALLSTUDIE B

Solel på Solbjer av Li Wiberg och Juliane Albrecht

Wiberg, L & Albrecht, J: Sol på Solbjer. En studie i hur solceller kan bidra till hållbarheten i en ny stadsdel, Lunds Universitet, Energivetenskaper, LUTMDN/TMHP-13/5298-SE, 2013.

Slutsatser

Elbehov i byggnaderna

Elbehovet i byggnaderna på Solbjer följer olika riktlinjer och certifieringssystem. Det skulle kunna sänkas antingen genom att Lunds kommun ställer krav på en lägre elanvändning istället för att endast sätta upp mål och visioner, eller genom att endast ge erbjudande om att få bygga på Solbjer till byggherrar som, likt Solbjer Bostad AB, själva tar initiativ att hålla elanvändningen låg.

Relevanta solcellstekniker

Utvecklingen av nya solcellstekniker som är billigare och har högre verkningsgrad är på snabb frammarsch, men dessa kommer inte att vara aktuella för byggnationen på Solbjer. Detta beror på att byggherrarna i allmänhet ser trygghet hos leverantören som en väldigt viktig faktor, och byggherrarna anser att detta är svårt att uppnå med nya, otestade solcellstekniker. För Solbjer rekommenderas monokristallina solceller, vilket är den teknik som är störst på marknaden i dagsläget.

Installations- och driftskostnader

Installationskostnaderna i denna rapport är relativt höga, och är det som begränsar byggherrarnas vilja att installera större mängder solceller på Solbjer. Driftskostnaderna bedöms i praktiken som obefintliga, och är en stor anledning till varför byggherrarna ställer sig positivt till installation av solceller, speciellt om byggherren ska fortsätta att förvalta fastigheten efter det att byggnationen är färdig.

Potential för solelproduktion

Potentialen för alla planerade byggnader på Solbjer uppgår till 6,1 GWh/år, vilket motsvarar 70 % av områdets elbehov. Då de byggnader som i dagsläget saknar byggherrar exkluderas från beräkningarna är potentialen för solelproduktion istället 4,5 GWh/år, vilket motsvarar 62 % av elbehovet för dessa byggnader. Potentialen för solel på Solbjer är hög. Den är inte så hög att den når upp till de mål och visioner som finns om ett energibehov som helt täcks av

förnybar energi, men då solceller inte är det enda alternativet för produktion av förnybar el på Solbjer bör potentialen för förnybar el på Solbjer kunna närma sig målen och visionerna.

Solelproduktion enligt byggherrarnas förutsättningar

Solelproduktionen uppgår enligt förutsättningar från byggherrarna till 3,3 GWh/år, vilket motsvarar 46 % av deras byggnaders elbehov. Detta jämförs med siffrorna då de byggnader som inte har tilldelats några byggherrar exkluderas i Kapitel 12.4. Då hänsyn tas till byggherrarnas förutsättningar och önskemål är solelproduktionen, som väntat, lägre än potentialen. Här gäller ett liknande resonemang som för elbehov i byggnaderna, nämligen att en högre faktisk solelproduktion skulle kunna uppnås om de mål och visioner som finns gällande området övergick i krav, eller att byggherrar som själva tar initiativ till att installera solceller med större exklusivitet erbjuder de byggrätter som finns.

Goda förutsättningar för att solcellssatsning genomförs

De flesta byggherrar som är aktuella för byggnation på Solbjer vill gärna bidra till den hållbara vision som finns, bland annat genom att installera solceller, men kan inte installera så mycket som potentialen tillåter på grund av ekonomiska skäl. De anser i dagsläget att det inte är lönsamt att installera solceller, och att återbetalningstiden för ett sådant system är för lång. Detta behöver Lunds kommun, Kraftringen, Brunshögsprojektet och andra ingående parter diskutera för att finna en lösning. Denna lösning skulle kunna inkludera bland annat subventioner, delat ägandeskap eller att ett mer fördelaktigt pris betalas ut till byggherrarna för solel som matas in på elnätet.

BILAGA 3 - FALLSTUDIE C

Micro-generation in local power grids av Karin Hansson och Sara Olsson

Hansson, K & Olsson, S: Micro-generation in local power grids. Lunds Universitet, Energivetenskaper LUTMDN/TMHP-14/5307-SE, 2014.

Denna rapport har fokuserat på hur laststyrning och energilager kan balansera variationerna i ett lokalt elnät med en hög andel mikroproduktion från solceller och småskaliga vindkraftverk. För att undersöka detta, har både en litteraturstudie av möjliga lösningar, samt en fallstudie av en planerad stadsdel i Malmö, d.v.s. Hyllie, utförts.

De viktigaste resultaten från denna studie är att belastningen från mikroproduktionen i ett bostadsområde väsentligt kan komma att överstiga efterfrågan vid vissa tillfällen, huvudsakligen mitt på dagen under sommartid. Om området däremot består av en blandning av bostäder och kommersiella verksamheter, kommer belastningen inte att överskrida kapacitetsgränsen i nätet. De mest lovande lösningarna för att hantera laster som överstiger nätkapaciteten i ett lokalt elnät, är batterier och kritisk topp-prissättning. För närvarande, och troligen inom den närmsta framtiden, är batterier betydligt dyrare än nätutbyggnad. Dessutom är ägandet av energilager begränsat för nätägaren.

Rekommendationer för framtiden är att mikroproduktion bör tas i beaktning vid planeringen av ett lokalt elnät med bostadslast, då produktionen i detta fall kan överstiga nätkapaciteten.

Nyckelord: Mikroproduktion, nätägare, energilager, laststyrning, effektvariationer

Research questions

The following questions have been in focus and are answered throughout the report:

- How does a typical load profile look like for a local grid with residential and commercial activities as well as a high penetration of micro-generation?
- Is the conventional electricity grid dimensioned to handle micro-generation or does further measures have to be taken in the future?
- What are the most promising sustainable energy storage possibilities for a local grid with a high penetration of micro-generation?
- Which Demand Response method is the most suitable for peak reductions?
- Is Demand Response and/or energy storage enough to balance the intermittent micro-generation?
- Can energy storage be an economically viable solution compared to reinforcements in the grid?
- How are the solutions regulated and how does this affect the implementation of the solutions?

Conclusions

The main conclusions from both the literature study and the case study are:

- In a residential area with a high penetration of micro-generation, the load from production will exceed the demand load during some occasions. Therefore, consideration has to be taken regarding micro-generation when planning a local grid with undiversified demand profiles.
- In a more diversified area, like Hyllie, the conventional dimensioning of the grid will be able to support a high penetration of micro-generation as the total load will not increase.
- The Energy Storage technologies that are most suitable for local peak shaving in an area with high micro-generation are NaS and Li-ion batteries because of their favourable technical and environmental aspects.
- The Demand Response method that is the most promising for peak shaving is Critical Peak Pricing.
- With the prices of today, investments in battery storages in a local grid, as an alternative to T&D upgrades are not economical without subsidies. However, DR is a more economical solution but this is not sufficient to reduce all intermittencies.
- The business-case for balance solutions in a more diverse area is rather to smooth the load duration curve with ES and DR in order to be able to connect more customers to the same loop. It would then be possible to avoid investment in T&D upgrade.
- Presently, the legislations regarding the ownership of energy storages regulate the DSO's possibilities to operate storages as electricity trading is prohibited for a DSO.