



Uppsala Engineering Partner

# PM - Hur mycket baskraft behövs?

Harald Klomp

Uppsala Engineering Partner

Utgåva 2014-07-01



## Innehållsförteckning

1. Sammanfattning och slutsatser. Behovet av baskraft 2-9 gigawatt.....	3
2. Inledning .....	4
3. Metodik och leverans .....	5
4. Begrepp.....	5
5. Elbasbehovet är 11-12 GW.....	7
6. Baskraftbehovet.....	8
7. Simuleringar med 45 TWh vindkraft .....	9
7.1. Simuleringsresultat visar gaskraftsbehov på ungefär 7 GW .....	9
7.2. Simuleringar visar att snabba gasturbiner behövs .....	10
8. Smarta elnät, energibesparingar, utlandsförbindelser och energilagring .....	10
8.1. Smarta elnät kan minska behovet av baskraft med cirka en gigawatt .....	10
8.2. Utlandsförbindelser kan troligtvis inte minska behovet av baskraft.....	11
8.3. Energilagring minskar reglerbehovet men inte baskraftsbehovet .....	12
9. Lennart Söder kan lätt missuppfattas .....	12
10. Referenser .....	13



## 1. Sammanfattning och slutsatser. Behovet av baskraft 2-9 gigawatt

Detta PM ska läsas som ett komplement till Jöran Hägglunds rapport om praktiska möjligheter för baskraft framtagen för SKGS (Hägglund, 2014). Vi försöker här beskriva att det behövs minst 2 GW baskraft men att 7 GW baskraft eller mer troligen är mer optimalt.

Det finns i Sverige ett basbehov av el på ungefär 11 GW. Nära 99 procent av energin konsumeras mellan 10-20 GW med en liten energimängd på mellan 20-26 GW.

Sverige har en stor obalans där 82 procent av vattenkraften produceras i norra Sverige (elområde 1 & 2) men bara 27 procent av elanvändning sker där.

Trots hög överföringskapacitet på 6,7 GW mellan norr och söder finns det behov av elproduktion även i södra Sverige.

En möjlighet är att installera 7-11 GW baskraft sett till baselbehovet vilket ger en hög kapacitetsfaktor och leveranstrygghet. Ett sådant scenario kräver små ändringar i dagens elnät.

Om istället 5 GW gaskraft installeras och överföringskapaciteten mellan norr och söder dubblas går det teoretiskt att klara sig med så lite som 2 GW baskraft. Då går det att integrera ungefär 45 TWh vindkraft.

KTH professor Lennart Söder visar i sina rapporter att det är möjligt att integrera stora mängder vindkraft, han missar dock behovet av viss baskraftsproduktion, hur överföringsbegränsningar och torrår påverkar gaskraftbehovet.

Scenario	Mängden baskraft	Mängden gaskraft	Produktion gaskraft	Produktion vind för användning i Sverige
Ingen baskraft	0 GW	7 GW	25-40 TWh	45 TWh
Minimal baskraft	2 GW	5 GW	10-35 TWh	45 TWh
Baskraft medel	5 GW	2 GW	1 TWh	30 TWh
Baskraft mycket	7-11 GW	0 GW	0 TWh	15 TWh

*Tabell 1: Baskraftscenarios, produktion i gaskraft avgörs av mängden vattenkraft som finns tillgängligt olika år. Ökad mängd baskraft ger minskat behov av vindkraft för användning i Sverige men kan öka möjligheten att montera vindkraft för export.*

Om gaskraft av något skäl inte är önskvärt behövs ungefär 7 GW baskraft. För varje GW minskad baskraft jämfört med denna nivå måste mer gaskraft installeras.

Varken smarta elnät, energilager eller utlandsförbindelser ändrar på något avgörande sätt denna ekvation.

Baskraft minskar behovet av att producera vindkraft i Sverige. Det finns däremot stora möjligheter att kombinera baskraft med export av vindkraftsel. Baskraft i södra Sverige ger ökad stabilitet i elnätet och ökar möjligheten att exportera el utan dyra ombyggnader av elnätet.

Baskraft är produktion som är att ha hög kapacitetsfaktor och låga rörliga kostnader.

Det går att ersätta baskraft med en kombination av två eller fler rörliga produktionsslag som kräver då dubbelt eller mer installerad effekt med tillkommande elnätsförstärkningar.

Det finns ingen motsats mellan baskraft och vindkraft. Snarare tvärtom.

## 2. Inledning

SKGS har beställt föreliggande PM för att undersöka hur mycket baskraft som behövs i Sverige.

Detta PM ger en närmare beskrivning av hur mycket baskraft som behövs som bakgrund till SKGS rapporten ”Ny baskraft till konkurrenskraftiga priser” (Hägglund, 2014).

Slutsatserna och rekommendationerna är författarens, och speglar inte nödvändigtvis SKGS åsikt.

### 3. Metodik och leverans

Rapporten är skriven för beslutsfattare inom energisektorn. En grundläggande förståelse av det svenska energisystemet förutsätts. Rapporten skall innehålla tillräckligt med information även för beslutsfattare som saknar djupa kunskapar

Metoden kommer vara genomgång av relevanta rapporter kombinerat med simuleringar.

Punkter vi kommer diskutera är

- Hur stor baslast används idag?
- Hur mycket baskraft måste vi ha?
- Hur påverkar saker som smarta elnät, mer utlandsförbindelser, energieffektivisering och energilagring behovet av baskraft
- Några kommenterar kring professor Lennart Söders rapport.

Avslutningsvis presenteras några slutsatser och rekommendationer.

### 4. Begrepp

Begrepp	Definition
Effekt	Mäts i watt (W, kW, MW, GW, osv). Är ett mått på hur fort energi förbrukas eller konsumeras. Sveriges elbehov varierar mellan 10-26 GW på ett år. Även enheten kWh/h används ibland för effekt.
Installerad effekt	Högsta effekt en viss enhet kan producera eller konsumera.
Medeleffekt	Den effekt som en viss enhet i medel producerar/konsumerar per år.
Kapacitetsfaktor	Kvoten mellan medeleffekt och installerad effekt. Mäts i procent.

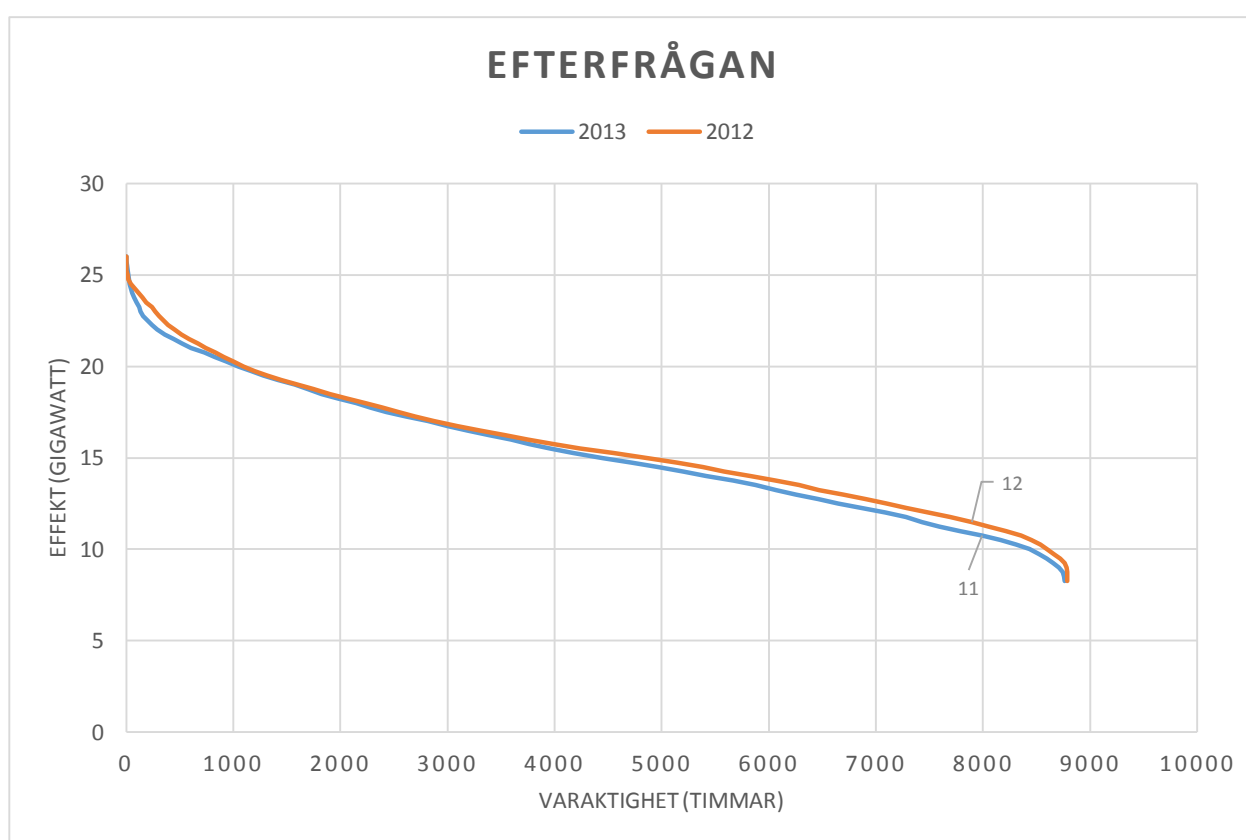


Tillgänglig effekt	Den lägsta effekt som finns tillgängligt med hög sannolikhet.
Effektvärde	Kvoten mellan tillgänglig och installerad effekt. Mäts i procent. Skall inte förväxlas med kapacitetsfaktor.
Energi	Den mängd som flödat i elnätet mellan producenter och konsumenter under en viss tid. Mäts i enheten Joule som är en wattsekund (Ws). Eftersom Joule är en så liten enhet är antalet kilojoule per timme eller kilowattimme (kWh) ett vanligare mått. Sverige konsumerar ungefär 15 000 kWh per person och år.
Effektvariation	Hur fort effekten ändras. Mäts i enheten watt per sekund (W/s) eller för ett helt elnät i gigawatt per timme (GW/h).
Basbehov	Basbehovet är den effektnivå som råder 90 procent av tiden på året.
Baskraft	Enheter som är konstruerade för att producera el med en kapacitetsfaktor på över 80 procent. Dessa enheter har långsam möjlighet till effektvariation men i gengäld mycket bra bränsleekonomi.
Reglerkraft	Enheter som är konstruerade för snabb effektvariation men på bekostnad av sämre bränsleekonomi.
Gaskraft	I rapporten menas produktion som snabbt kan variera och som tekniskt bäst möts med naturgasdrivna gasturbiner. Dessa har en verkningsgrad på omkring 30 procent. Gaskombinationskraftverk har närmast dubbelt så hög verkningsgrad men är sämre på effektvariation och är därför att beteckna som baskraft.
Intermittent kraft	Produktion vars produktion är beroende av väder för att producera. Dessa enheter har ofta låg eller inget effektvärde. Vindkraft är ett exempel på intermittent kraft.
Smarta elnät	Möjligheten att automatiskt styra efterfrågan. Har historiskt används för att öka kapacitetsfaktor för elproduktionssystemet genom att jämna ut efterfrågan mellan dag och natt.

Överföringskapacitet	Elnät har en begränsning vad den högsta effekt som kan överföras.
----------------------	---

## 5. Elbasbehovet är 11-12 GW

Basbehovet av el kan sägas vara det effektbehov som har en varaktighet på minst 8000 timmar vilket motsvarar vad baskraft kan leverera.



Figur 1: Efterfrågans varaktighet visas här. Baskraft ger full effekt i ungefär 8000 timmar. Underhåll planeras ofta till de 760 timmar då efterfrågan är lägst vilket är sommartid i Sverige. Basbehovet vid 8000 timmars varaktighet var 12 GW för 2012 och 11 GW för 2013 (data: Svenska Kraftnät timvärden).

För 2012 och 2013 varierade det svenska elbehovet mellan 8,5 GW till 26 GW (se Figur 1). Energibehovet var 137 TWh år 2012 och 134 TWh år 2013. De sista 6 GW mellan 20-26 GW utgjorde enbart 1 TWh (1,3 %) av energibehovet.



	<b>Medel 2012/2013</b>	<b>Procent</b>
Totalt energibehov	135 TWh	100,0 %
Basbehov 0-11 GW	96 TWh	71,6 %
Reglerbehov 11-20 GW	38 TWh	28,0 %
Spetsbehov 20-26 GW	1 TWh	1,3%

Tabell 2: Medelvärden för 2012 och 2013

## 6. Baskraftbehovet

För åren 2012 och 2013 kunde vi i förra stycket se att Sverige har ett basbehov på ungefär 96 TWh, ett reglerbehov på 38 TWh och ett spetsbehov på 1 TWh (se Tabell 2).

Vattenkraft, kraftvärme och mottryck ger sammanlagt ungefär 80 TWh.

Energislag	Energi [TWh] <sup>1</sup>	Installerad effekt [GW] <sup>2</sup>	Tillgänglig effekt [GW]
Vattenkraft	torrår: 50 normalår 65 vårår 75	16	14
Kraftvärme	15-16	5	4

Vattenkraften får av ekologiska skäl inte producera noll utan måste ha en viss minimiproduktion. Under 2012 gick produktionen aldrig ner under 3 GW men 2013 gick den under enstaka timmar ner under 2 GW.

Vi gör antagandet att vattenkraften måste producera minst 2 GW motsvarande cirka 17 TWh.

Vattenkraften har alltså ett reglerkapacitet enligt följande tabell

---

<sup>1</sup> Enligt Svensk Energi webbplats <http://www.svenskenergi.se>

<sup>2</sup> Enligt Svenska Kraftnät, (Svenska Kraftnät, 2013)





	Produktion [TWh]	Basproduktion [TWh]	Reglerkapacitet [TWh]
Torrår	50	17	33
Normalår	65	17	48
Torrår	75	17	58

Tabell 3: Extra reglerkapacitet för vattenkraften

Teoretiskt skulle alltså 45 TWh vindkraft kunna regleras med vattenkraft givet dagens elbehov.

## 7. Simuleringar med 45 TWh vindkraft

Vi har provat att simulera elproduktionen med 45 TWh vindkraft där vi använt oss av 2013 års produktionsstatistik. Vi har använt statistik från Svenska Kraftnät med timvärden för produktion och förbrukning.

Vi har gjort simuleringen dels enligt kopparplåtsmetoden som innebär att elnätet saknar överföringsbegränsningar. Vi har också gjort simuleringen med ett snitt mellan elområde 2 och elområde 3, detta snitt kallar Svenska kraftnät för ”snitt 2”.

### 7.1. Simuleringsresultat visar gaskraftsbehov på ungefär 7 GW

Baserat på Svenska kraftnät rapport om effektbehov vintertid (Svenska Kraftnät, 2013) har gjort följande antaganden

- Kraftvärmen och annan värmekraft producerar oförändrat jämfört med 2013 ungefär 15 TWh
- Kärnkraften tas bort helt
- Vattenkraften kan maximalt producera 13,7 GW
- Vattenkraften måste minst producera 2 GW
- 82 procent av vattenkraften sker norr om snitt 2
- 27 procent av elbehovet är norr om snitt 2
- All värmekraft och gaskraft placeras i elområde 3 och 4
- Hydrologiska och fysiska begränsningar antas vara oförändrade jämfört med idag.
- Energiförbehovet kommer inte ändras nämnvärt framöver (Fleming, 2014)



	Gaskraft effekt [GW]	Gaskraft energi [TWh]	Gas Kapacitets-faktor	Import (+) Export (-) [TWh]
Kopparplåt	6.8	16.0	27%	-0.4
6,8 GW begränsning snitt 2 Vindkraft 50 procent i norr	7.8	25.8	37%	-10.2
13,6 GW begränsning snitt 2 Vindkraft 50 procent i norr	6.8	13.4	23%	2.1
6,8 GW begränsning snitt 2 Vindkraft 0 procent i norr	7.1	19.3	31%	-3.7

En notering är att torrår kan gaskraften behöva producera ytterligare 15 TWh. Det är osannolikt att gaskraften kan köras med biogas då det 2012 producerades mindre än 2 TWh biogas. Det behövs ungefär mellan 2-3 TWh gas för varje TWh el.

## 7.2. Simuleringar visar att snabba gasturbiner behövs

Vattenkraft effektvarierar idag som mest 3,5 GW/timme. Med 45 TWh vindkraft behövs gasturbiner som kan variera effekten med 2,5 GW/h eller ungefär 30 procent/timme. Gasturbiner som kan startas och stoppas så snabbt är ungefär hälften så bränsleeffektiva som gasturbiner som är byggda för baskraftproduktion (kombinationskraftverk).

## 8. Smarta elnät, energibesparingar, utlandsförbindelser och energilagring

### 8.1. Smarta elnät kan minska behovet av baskraft med cirka en gigawatt

Smarta elnät kan användas för att ge ökad snabb reglerförmåga. För varje GW snabbreglering kan lite drygt motsvarande ökad mängd intermittent kraft installeras. Om vindkraft installeras med 35% kapacitetsfaktor kan mängden baskraft minskas med 3 TWh.

Bedömare vi har pratat med kan smarta elnät öka snabbregleringen fullt utbyggt med så mycket som 3 GW. Det skulle kunna minska behovet av baskraft med ungefär 9 TWh eller 1,1 GW.

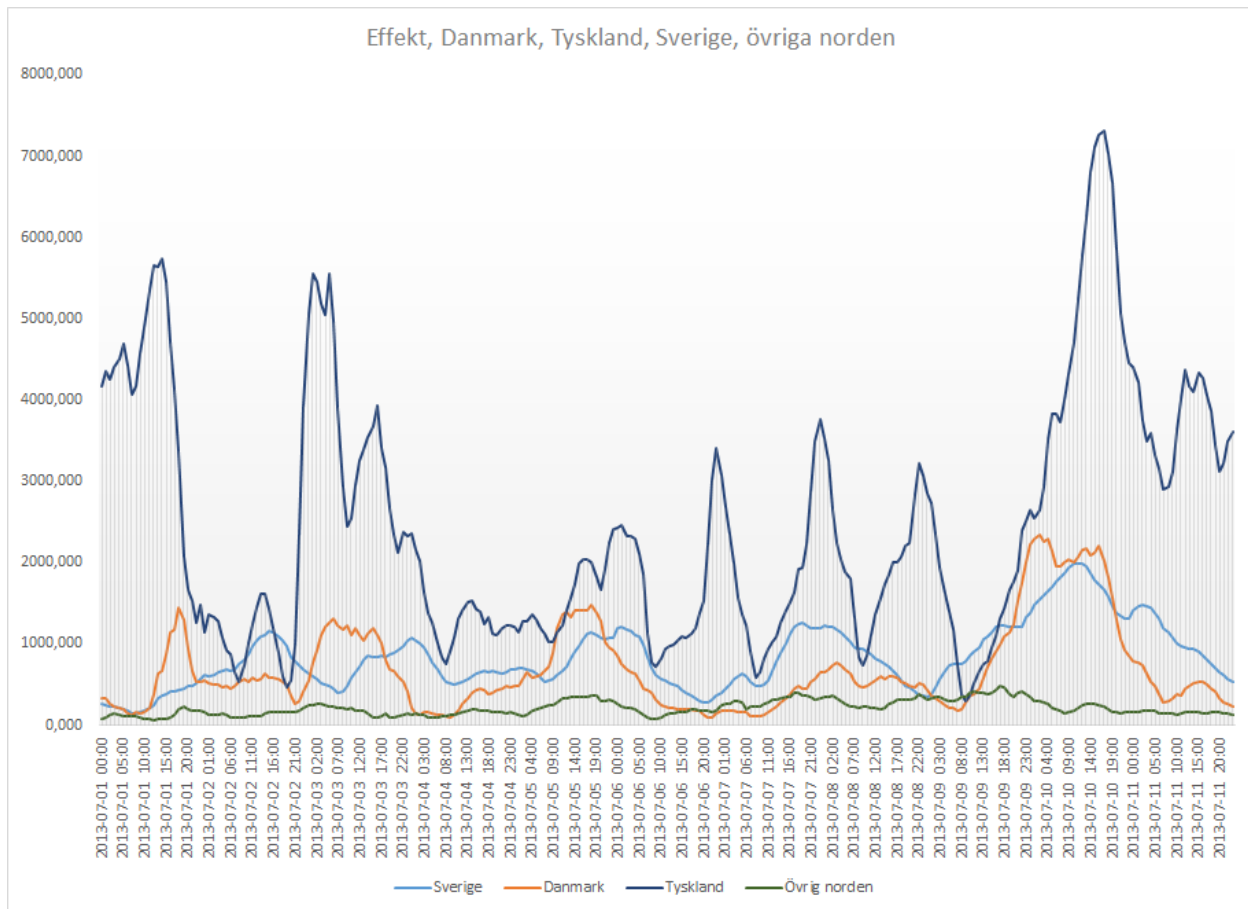
Det är svårt att veta om detta verkligen går att realisera i praktiken.



## 8.2. Utlandsförbindelser kan troligtvis inte minska behovet av baskraft

Utlandsförbindelser kan antingen användas för att importera baskraft och då minska behovet av egen baskraft på motsvarande sätt. Importeras reglerkraft kan mängden baskraft minska också på samma sätt som smarta elnät (se stycke 8.1).

Importerar istället vind eller solenergi så kan de i liten eller ingen utsträckning användas för att ersätta baskraft. Både solenergi och vindkraft i våra grannländer är tidsmässigt kraftigt korrelerat till svensk vind och sol. Uttrycket ”det blåser alltid någonstans” stämmer helt enkelt inte (se också Figur 2).



Figur 2: Vind i sveriges grannländer kraftigt korrelerat till svensk vindkraft. Liten "överlagring".

Minskning av baskraft och ökat utnyttjande av reglerkraft i grannländerna gör att vi bedömer att någon minskning av baskraft genom utlandsförbindelser är svår att påräkna.



### 8.3. Energilagring minskar reglerbehovet men inte baskraftsbehovet

Energilagring nämns som en möjlighet att minska mängden baskraft. Idag finns pumplager eller batterier som möjliga sätt att lagra elenergi.

Av termodynamikens lagar följer att ett energilager förbrukar el vid uppladdning och urladdning. Ett pumplager förbrukar enligt Vattenfall ungefär 25 procent av energin som passerar lagret. Samma siffra är rimligt att anta för batterier.

Om lagret laddas och laddas ur vid samma effekt så kommer lagret att behöva laddas 57 procent av tiden och kan användas för att producera el högst 43 procent av tiden.

Eftersom de flesta intermittenta kraftslag har en kapacitetsfaktor på väsentligt lägre än 57 procent minskar energilagring egentligen inte behovet av baskraft.

Energilagring kan alltså minska behovet av reglerkraft men inte baskraft. Det är vår bedömning att energilagring är väsentligt dyrare än naturgaseldade gasturbiner.

## 9. Lennart Söder kan lätt missuppfattas

KTH professorn Lennart Söder har gjort en rapport om möjligheten att installera stora mängder intermittent elproduktion (Söder, 2013) (Söder, 2014).

Söders har version 3 av sin rapport ett exempel på 16 GW vind och 11 GW sol. Söder räknar med att denna mix har en tillgänglig effekt vintertid på 15 procent. Eftersom solen inte skiner när elbehovet vintertid är som störst innebär detta exempel att vindkraft skulle ha en tillgänglig effekt på 25 procent.

Sannolikheten att vindkraft är tillgängligt med 25 procent är endast 35 procent. Svenska kraftnät kräver en sannolikhet på 90 procent vilket ger ett effektvärde på 6 procent. Detta exempel har därför utgått från version 4 av rapporten (2014-06-22)

I första delen i rapporten landar Söder i att det behövs ny gaskraft motsvarande 3 GW om all kärnkraft avvecklas.

I del tre av Söders rapport använder han istället samma effektvärde som Svenska Kraftnät, SvK nämligen 6 procent.

I detta fall kommer han fram till att det behövs 5 GW gaskraft som behöver producera 1 TWh el (enbart spetslast).

Söder räknar har i version 4 inkluderat överföringsbegränsningar. Han har dock placerat vindkraften i huvudsak i södra Sverige.

I praktiken finns en maximal överföring mellan norr och syd på 6,5 GW.

Våra simuleringar visar att Söder underskattar hur mycket gasturbiner som behövs med ungefär 2 GW. Våra simuleringar med timvärden för 2013 skulle det dessutom behövts en produktion på 16 TWh gaskraft. Vi har gjort också gjort simuleringar med torrår och begränsningar i elnätet. Slutsatsen från dessa simuleringar är att Söders beräkningar måste anses vara allt för optimistiska.

## 10. Referenser

Fleming, M. S., 2014. *Hur mycket el behövs i framtiden?*, u.o.: Svenskt Näringsliv.

Hägglund, J., 2014. *Ny baskraft till konkurrenskraftiga priser*, u.o.: SKGS.

Svenska Kraftnät, 2013. *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden vintrarna 2012/2013 och 2013/2014*, u.o.: u.n.

Söder, L., 2013. *På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige (Version 3.0)*, u.o.: KTH.

Söder, L., 2014. *På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige (Version 4.0)*, u.o.: KTH.



Uppsala Engineering Partner

2014-07-01

Uppsala 2014-07-01

---

Harald Klomp, Vd

Uppsala Engineering Partner

Broby Hage 2

75597 Uppsala

Telefon, 0709621063

Mail, [harald@uep.se](mailto:harald@uep.se)

Rapporten är skriven på uppdrag av Basindustrins energisamarbete SKGS.  
Författaren är civilingenjör och ekonom och oberoende utredningskonsult.

Slutsatser i detta PM är författarens egna och utgör inte ett ställningstagande av SKGS.