



Svensk elförsörjning och effektbalansen

Detta dokument har producerats av Energiutskottet som tillhör Kungl. Vetenskapsakademien. Det speglar Energiutskottets uppfattning och skall inte ses som ett uttalande eller ställningstagande av Kungl. Vetenskapsakademien.

*Reviderad 22 juni 2015



Svensk elförsörjning och effektbalansen

Introduktion

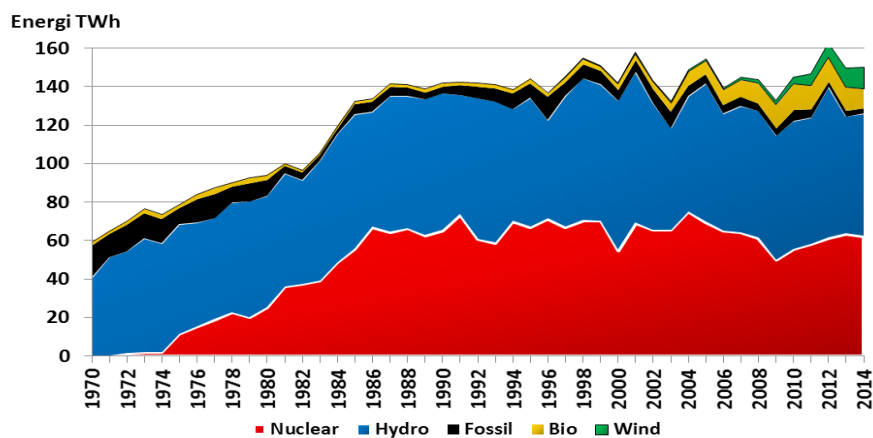
Energiområdet är idag mer dynamiskt än någonsin och står inför genomgripande förändringar såväl nationellt som internationellt. Behovet av objektiv sakkunskap för att kunna bedöma realistiska energialternativ i samhället är akut. Sådan analys är naturligtvis en självklar förutsättning för en hållbar energipolitik. Kungl. Vetenskapsakademiens energiutskott har under drygt tio år byggt upp ett omfattande kunnande kring utmaningarna, förutsättningarna och möjligheterna för våra framtida energisystem.

Sveriges energiförsörjning (se Fig.1) inklusive el har legat på en i stort sett konstant nivå under de senaste årtiondena. Den svenska elproduktionen är än så länge stabil, pålitlig och i huvudsak utan utsläpp från fossila energikällor, på grund av den goda tillgången på vatten- och kärnkraft. Jämförelsevis låga elpriser har länge varit en konkurrensfördel som inte minst svensk exportindustri haft stor nytta av. De nordiska ländernas elmarknader är idag väl integrerade och väl fungerande. Det framtida (till 2030) behovet av el i Sverige bedöms vara oförändrat för industrin och minska något när det gäller bostäder och service.

Elförsörjningen står inför omfattande förändringar i Sverige med en osäker framtid för kärnkraften, introduktionen av mer väderberoende kraft i form av vindenergi samt ambitionerna att harmonisera elförsörjningen på europeisk basis. Problemen med vindkraften är att den inte levererar effekt mer än när det blåser och då till mycket låg rörlig kostnad. Detta i sin tur leder till oregelbundna och kortare drifttider för de konventionella kraftverken, vars lönsamhet minskar samtidigt som deras funktion som producent av ”back-up-effekt” till stillastående vindkraftverk blir allt viktigare. Inte minst ökar påfrestningarna på vattenkraften. Slitaget på turbinerna ökar vid mer oregelbunden drift, och ökande fluktuationer av vattennivån i dammarna orsakar kraftigare erosion och andra miljöskador. Ökad andel intermittent kraft (vind) i det svenska elsystemet ökar risken för tillfälliga elavbrott, bortkoppling av förbrukare och introduktion av fossilbaserad balanskraft (gasturbiner och liknande). Integrationen av Europas elförsörjning får anses som osäker även om viss elöverföringskapacitet mellan länder redan finns och planeras. Men framförallt utgörs de stora hindren av att flera av de större länderna har radikalt olika uppfattning om designen av sin framtida elproduktion.

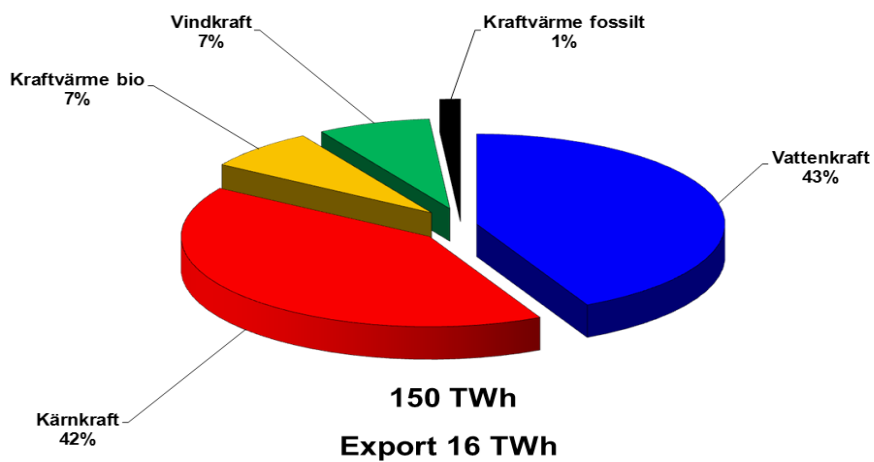
Sveriges förmåga att klara elförsörjningen vid kalla vinterdagar är beroende av den s.k. effektbalansen som byggs upp av de olika elproduktionsslagen – kärnkraft, vattenkraft, värmekraft (kraftvärme och industrimottryckskraft, kondenskraft, gasturbiner) och vindkraft (se Figur 2 och 3). Effektbalansen beskriver elsystemets momentana förmåga att balansera tillförsel och efterfrågan på el.

Elenergiproduktionen 1970 - 2014



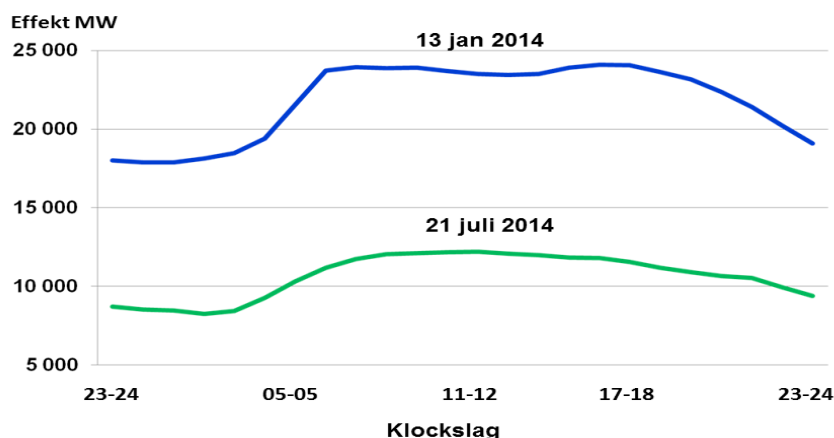
Figur 1. Den totala elproduktionen under 1970 – 2014. Källa: Energimyndigheten

Svensk elenergiproduktion år 2014



Figur 2. Den totala elenergiproduktionen 2014 (150TWh). Källa: Energimyndigheten.

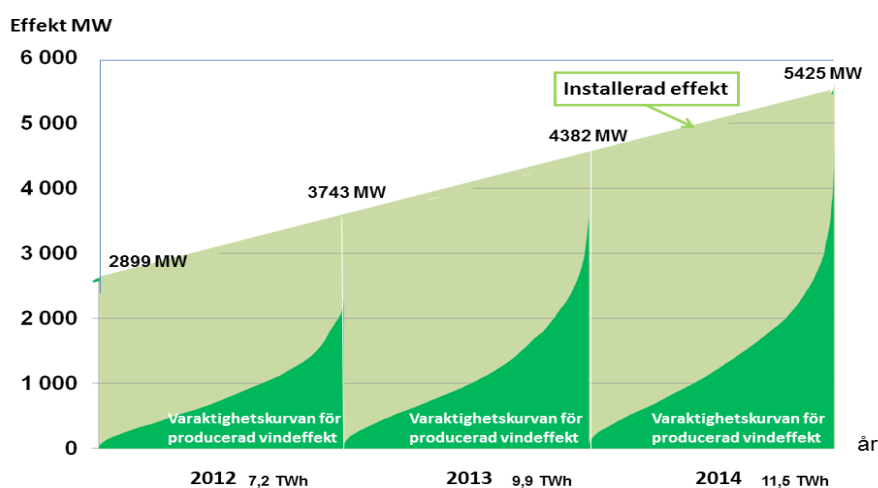
Profil över eleffektförbrukning för en vinterdag resp en sommardag



Figur 3. Dygnet typiska elförbrukning i Sverige uttryckt i MWh/h. Källa: Svenska kraftnät och Svensk Energi. Eleffektbehovet är mer än dubbelt så stort en kall vinterdag som en varm sommardag.

De olika kraftverkens installerade effekt är naturligtvis inte alltid tillgänglig. Service, översyn och reparationer av kärnreaktorer och turbiner, isproblem i vattendammar och otillräckliga vindförhållanden är exempel på orsaker till reducerad effekt (se Figur 4, 5a och b, 6, 7). Erfarenhetsmässigt kan man beräkna hur stor del av den maximala (installerade) effekten som alltid finns tillgänglig i olika kraftverk. För att undvika effektbrist, exempelvis under kalla vinterdagar, har Svenska kraftnät enligt lag än så länge (till 2020) ansvar för att upphandla en viss fastställd effektreserv. Effektreserven ska vara ett komplement till den övriga produktionskapacitet som finns på elmarknaden.

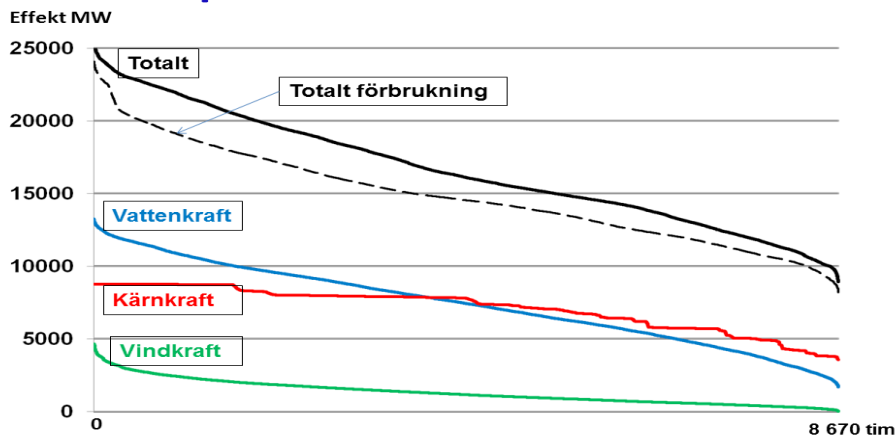
Sveriges vindeffektproduktion år 2012-2014



Figur 4. Totala vindeffektinstallationen 2012–2014 (ljustgrön) med den producerade effekten under åren (mörkgrön). Vi kan notera att med en ökning från 2 899 MW till 5 425 MW (87 %) har den producerade energin ökat från 7,2 TWh till 11,5 TWh (37 %). Den producerade energin (den gröna ytan) för varje år har varit 25–28–27 % av den ljusa ytan för varje år 2012, 2013 och 2014. Källa: Svenska kraftnät och Svensk Vindenergi.

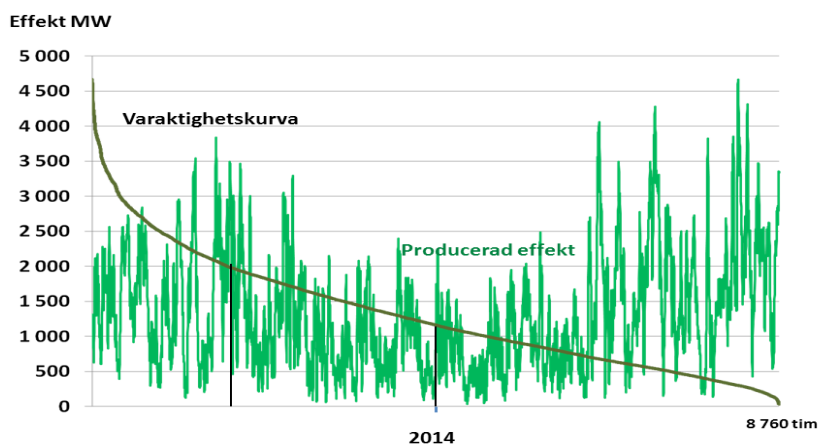
Årsproduktion

Eleffektproduktionen under år 2014



Figur 5a. Varaktighetsgrafer för den totala eleffektproduktionen under 2014. I det totala bidraget (svart) saknas bidraget från kraftvärme från industrier. Varaktighetsgrafer visar fördelningen av effekten varje timme som en funktion av det sammanlagda antalet timmar som effekten överskrider en viss effekt under en månad eller ett år. Ytan under varaktighetskurvan ger sedan energiproduktionen under en månad eller år. Källa: Svenska kraftnät.

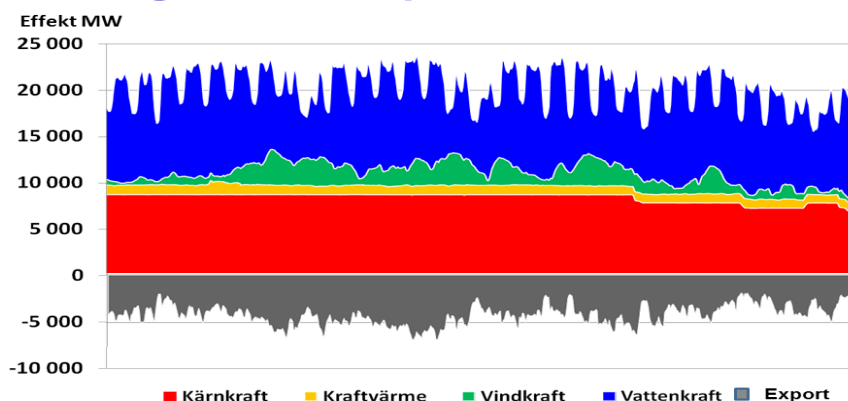
Sveriges vindeffektproduktion år 2014



Figur 5b. Figuren visar hur vindkraftproduktionen (grön) varierade under årets 8 760 timmar (från 1 januari till 31 december). Varaktighetskurvan (svart) beskriver under hur lång tid en viss producerad effekt varit tillgänglig. Vindkraften har exempelvis bidragit med 1 160 MW under halva året och med 2 000 MW under 1 720 timmar. Källa: Svenska kraftnät.

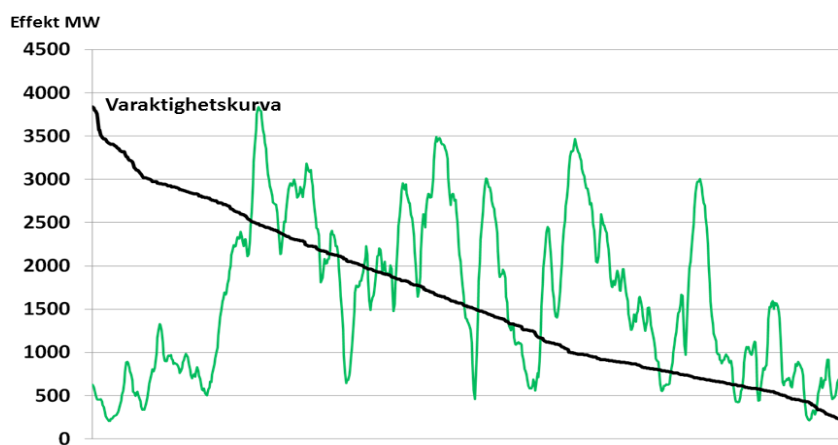
Månadsproduktion

Sveriges eleffektproduktion mars 2014



Figur 6. Röda fältet visar kärnkraften som är konstant över tiden. Vattenkraften varierar beroende på dygnsbehovet av eleffekt. Dygnsvariationen balanseras av vattenkraften medan kärnkraften hålls konstant (baskraft). Vi konstaterar att den regelbundna dygnsvariationen spänner över ca 5 000 MW. Eleffektproduktionen överensstämmer med den totala elförbrukningen inklusive elexporten. Notera att vindkraftsproduktionen överensstämmer ganska väl med elexporten. Källa: Svenska kraftnät.

Sveriges vindeffektproduktion mars 2014



Figur 7. Vindeffektproduktionen under mars månad 2014 (jämför med Fig. 6) med varaktighetskurvan. Vi ser att snabba variationer inträffar under hela månaden och att den producerade effekten varierar mellan 200 och 3 800 MW. Källa: Svenska kraftnät.

Svenska kraftnät, som har det yttersta ansvaret för att det alltid är balans mellan elproduktion och elförbrukning i Sverige, gör varje år prognoser för kommande vinters effektbalans. I planeringen för att tillgodose detta elbehov med de elproduktionsanläggningar som beräknas vara i drift under prognosperioden räknar Svenska kraftnät med att kärnkraft, vattenkraft och värmekraft har en tillgänglighetsfaktor på 90 % av den installerade effekten, dvs. de utgör baselen. För vindkraft tillämpas en tillgänglighetsfaktor på endast 6 %, vilket baseras (Svenska kraftnät) på att man utgår från det minsta effektvärdet för vindkraften under 90 % av årets alla timmar (332 MW) dividerat med den totalt installerade vindkrafteffekten (5 370 MW i slutet av år 2014). I den kraftbalansrapport som Svenska kraftnät ska lämna till regeringen i juni 2015 kommer en tillgänglighetsfaktor på 11 % att tillämpas, baserat på att de utgår ifrån det minsta effektvärdet under 90 % av de fyra vintermånaderna istället för under hela året. Detta har vi tagit hänsyn till i tabell 2 i scenariot för år 2050 och i figur 8. (Not: Egentligen är tillgänglighetsfaktorn 85 % för vattenkraften, eftersom 5 % reserveras för den erforderliga frekvensregleringen).

Ett exempel på den stora variationen i producerad effekt ges i tabell 1 som visar effektproduktionen och effektbehovet (förbrukning) i Sverige under två dagar i januari 2015.

Elproduktionen i Sverige två janaridagar

	2015-01-23	2015-01-29
	kl 08.00	kl 11.00
	MW	MW
Total produktion	23 324	23 027
Varav kärnkraft	8 015	8 021
Varav vattenkraft	12 925	9 975
Varav värmekraft	2 129	1 633
Varav vindkraft	250	3 396
Varav övrig elkraft	5	2
Förbrukning	22 151	20 353
Export	1 173	2 677

Sveriges installerade vindeffekt 5 500 MW

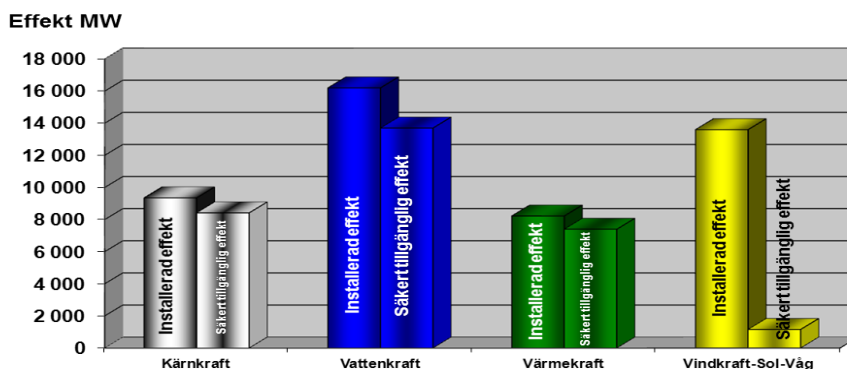
Tabell 1 visar hur de olika kraftslagets produktion varierar under kort tid beroende på väderförhållandena. Källa: Svenska kraftnät.

Sammanfattningsvis kan konstateras att vindkraftens oregelbundna och svårförutsägbara variationer under åren (Figur 4) måste balanseras främst med hjälp av vattenkraften. Vindkraften bidrar idag med 13,7 % av den installerade effekten i Sveriges elsystem men med endast 1,2 % när det gäller säkert tillgänglig eleffekt under kalla dagar (se Tabell 2). Energimässigt (totalt under året) bidrar vindkraften idag med ca 8 %.

Framtida produktion

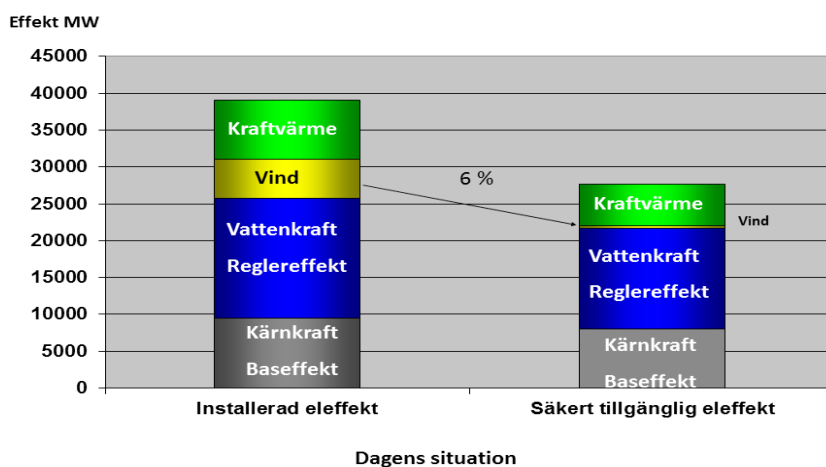
I framtidsscenariet för år 2050 som KVA:s energiutskott tagit fram utgör vindkraften hela 22,2 % av den totala installerade effekten medan den säkert tillgängliga effekten från vind bara är 3,8 % (trots att den totala energimängden under året uppgår till nästan 15 %). Vid en utbyggnad av den intermittenta elenergin till 25 TWh enligt Energiutskottets 2050-scenario kommer dagens installerade vattenkraft och nuvarande elnät inte att räcka till för att kunna kompensera och ta emot den väderberoende elenergin fullt ut (Figur 8). Den installerade effekten 2050 har uppskattats till 13,5 GW (25 TWh/år) för en mix av de väderberoende energislagen vind, våg och sol. Scenariet förutsätter att elnäten byggs ut samt att lagringsmöjligheterna (t.ex. batterier, vätgas, värmelagring, pumpkraftverk) utvecklas. Den säkert tillgängliga effekten kommer att räcka för belastningstoppar exempelvis vintertid med en elförbrukning på dagens nivå (Fig. 9). Skulle elanvändningen öka jämfört med nuläget måste installation av ny kompenserande kraft aktualiseras.

Sveriges installerade eleffekt och säkert tillgänglig eleffekt för år 2050



Figur 8. Bilden ger effektvärden baserade på Energiutskottets elenergiscenario för år 2050. Den väderberoende effekten har ökat påtagligt jämfört med dagens situation. Scenariet förutsätter vissa effektökningar också för de andra kraftslagen samt förstärkning av kraftledningsnätet för att ökningen av väderberoende elenergi ska kunna absorberas. Samma effektillgänglighetsfaktorer som idag har använts för alla kraftslagen. Vindkraftens andel i installerad effekt utgör hela 22 % (14 % 2014) men den säkert tillgängliga effekten uppgår bara till 3,8 % (1,2 % 2014). Källa: Energiutskottets scenario för år 2050.

Installerad eleffekt och eleffektbalans



Figur 9. Installerad eleffekt och effektbalans i Sverige år 2015. Det framgår av bilden att den säkert tillgängliga effekten räcker för att säkra en eltillförsel på dagens nivå även kalla vinterdagar. Källa: Svenska kraftnät.

År	2014-15		2050	
	Installerad MW	Tillgänglig MW	Installerad MW	Tillgänglig MW
Vattenkraft	16 150	13 700	16 201	13 700
Kärnkraft	9 531	8 004	9 351	8 416
Värmekraft	8 079	5 515	8 222	7 400
Vindkraft	5 370	332	10 500	1 155
Solkraft	65	0	3 000	0
Tot	39 195	27 551	47 274	30 672
Vindeffektandel	13,70 %	1,20 %	22,20 %	3,8 %

Tabell 2. Prognos för installerad och säkert tillgänglig eleffekt 2014–2015 och 2050. Källa: Energimyndigheten, Svenska kraftnät samt Energiutskottets scenario för år 2050.

Rapporten har sammanställts av Energiutskottets arbetsgrupp bestående av:
Harry Frank, Dick Hedberg, Rickard Lundin och Elisabeth Rachlew



Referenser

Svenska kraftnät *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden vintrarna 2012/2013 och 2014/2015*

Energimyndigheten *Energiläget 2012*, ET 2012:34

Kungl. Vetenskapsakademien, Energiutskottet, *Varför högst 10 TWh vindkraft i Sverige?*
<http://kva.se/sv/Vetenskap-i-samhallet/Energi/Vindkraft>

Kungl. Vetenskapsakademien, Energiutskottet, *Energy resources and their utilization in a 40-year perspective up to 2050*
<http://kva.se/sv/Vetenskap-i-samhallet/Energi/Framtidsscenarier>

SKGS, *Ny baskraft till konkurrenskraftiga priser*
<http://skgs.org/ny-baskraft-till-konkurrenskraftiga-priser>

Svenskt Näringsliv, *Sveriges framtida elbehov—Hur mycket elkraft behövs?*,
http://svensknaringsliv.se/material/rapporter/sveriges-framtida-elbehov-hur-mycket-elkraft-behovs_591160.html

Bergman Lars, *Granska stödet till förnybar el*, SVD Brännpunkt
http://svd.se/opinion/brannpunkt/granska-stodet-till-fornybar-el_3646850.svd

SOU 2014:37 *De svenska energimarknaderna, Långtidsutredning*
<http://www.regeringen.se/rattsdokument/statens-offentliga-utredningar/2014/06/sou-201437/>



Kungl. Vetenskapsakademiens energiutskott

Elisabeth Rachlew (ordf.)	Professor emeritus i fysik
Birgitta Bremer	Professor Bergianus emeritus
Harry Frank	Tekn.dr
David G. Gee	Seniorprofessor i orogen dynamik
Karl Grandin	Professor, civilingenjör
Claes-Göran Granqvist	Seniorprofessor i fasta tillståndets fysik
Ingmar Grenthe	Professor emeritus i oorganisk kemi
Dick Hedberg	Fil.dr
Olle Inganäs	Professor i biomolekylär och organisk elektronik
Peter Jagers	Professor i matematisk statistik
Rickard Lundin	Professor i rymdfysik
Karl-Gustaf Löfgren	Professor i nationalekonomi
Karl-Göran Mäler	Professor emeritus i nationalekonomi
Kerstin Niblaeus	Tekn.dr/F.d. generaldirektör för Europeiska Unionens råd
Bengt Nordén	Professor i fysikalisk kemi
Torbjörn Norin	Professor emeritus i organisk kemi
Lars Rask	Professor i medicinsk biokemi
Villy Sundström	Professor i kemisk fysik
Björn von Sydow	Universitetslektor/F.d. talman