

Fördelning av vindkraft mm

[Klicka här och ange underrubrik]

Innehåll

1	Fördelning av vindkraft på länsnivå	3
1.1	Scenarier, modellering och andra analyser	4
1.2	Allmänna förutsättningar i länen	6
1.3	Fördelning.....	9
1.4	Vad innebär målen i antal verk och yta?.....	15
1.5	Sammanfattande planeringsunderlag	19
	BILAGA 1 Svenska Kraftnäts checklista för viktiga aspekter vid utbyggnaden av kraftproduktion.	21

1 Fördelning av vindkraft på länsnivå

Syftet med det här dokumentet är att beskriva den metod som vi använt för att fördela det nationella utbyggnadsbehovet av vindkraft mellan olika län. För att få en kostnadseffektiv utbyggnad av vindkraft som leder till ett välfungerande elsystem är det viktigt att marknadsaktörer har en möjlighet att bygga ut efter de prissignaler på elmarknaden som ges av bland annat skillnader i elområdespriser, stamnätsnättariffer eller intäkter och utgifter från stödtjänster. En förutsättning för detta är det finns ytor tillgängliga som är möjliga att bygga på. Med tanke på att det är många faktorer som kan göra att ett vindkraftsprojekt inte kan förverkligas behöver dessa möjliga ytor vara större än den ytan som faktiskt kommer att tas i anspråk av vindkraftverken.

Det är viktigt att redan här klargöra att en exakt rättvis fördelning är svår att uppnå. Alla län har olika förutsättningar för att bygga vindkraft och dessutom olika egna ambitioner vad det gäller förnybar energi i stort eller vindkraft generellt. Vi har i princip enbart utgått från ett urval av förutsättningar som är viktiga för att få till stånd en hållbar vindkraftsutbyggnad. För de län som har egna mål som är högre än vår regionala fördelning så bör vår fördelning ses som en lägstanivå, inte som ett tak.

De förutsättningar som vi studerat för att ge en ur ett elsystemperspektiv lämplig regional fördelning har utgått från

- Scenarier om tänkta framtida behov av vindkraft från Energimyndighetens projekt 100 % förnybart till 2040
- Modelleringar på elprisområdesnivå
- Studier av hur variabiliteten hos vindkraft är beroende av geografisk fördelning
- Övergripande viktiga faktorer för ett framtida välfungerande och tillförlitligt elsystem, se vidare bilaga 1.
- Generationsväxling i olika län
- Faktisk länsyta, elanvändning och befolkning i olika län
- Tillgång till ytor med låg eller viss konfliktgrad i olika län baserat på en nationell GIS-analys,

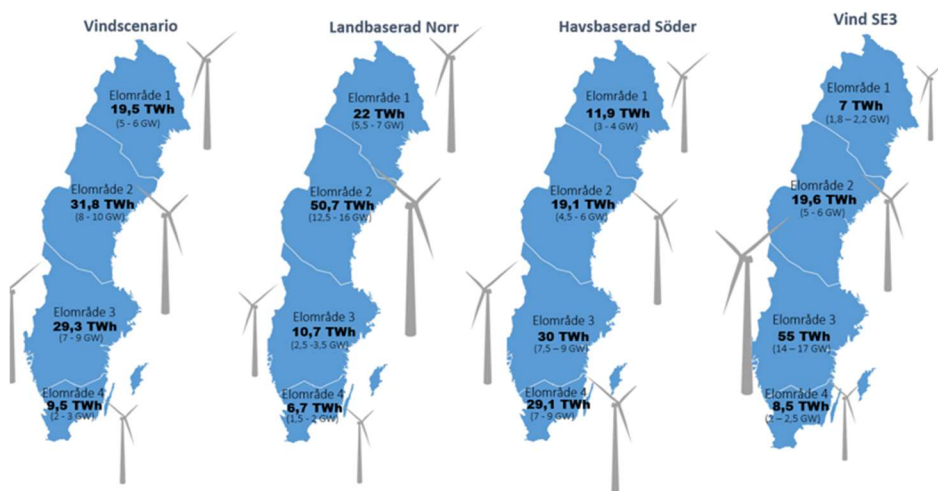
En annan viktig förutsättning som dock inte har kunnat beaktat är möjligheterna till anslutning av vindkraft till specifika platser på länsnivå. Vi har fört en dialog med Svenska Kraftnät om hur vi vid fördelningen av utbyggnadsbehovet kan ta hänsyn till elsystemet och transmissionsnätet. Svenska kraftnäts bedömning är dock att det inte är möjligt att göra en detaljerad kartläggning av lämpliga platser på grund av att förutsättningarna för elanslutning till stamnätet i en enskild punkt ständigt förändras, vilket i sin tur beror på att tillförseln och uttagen av el från

nätet hela tiden förändras. För att ändå i möjligaste mål beakta transmissionsnätet och elsystemet vid planering av vindkraftutbyggnaden har Svenska Kraftnät tagit fram en checklista med viktiga aspekter som bör beaktas. Checklistan hittar du i bilaga 1.

1.1 Scenarier, modellering och andra analyser

Det finns många vägar fram till framtidens elsystem på 2040-talet. Det handlar bland annat om hur länge befintlig kärnkraft kan finnas kvar samt om det byggs ny elproduktion, vilken typ av förnybar el som byggs och var den byggs samt hur utvecklingen av elanvändningen kommer att se ut. Detta diskuteras mer ingående i våra rapporter om 100 procent förnybart¹. I detta sammanhang är en av de viktigaste slutsatserna att de olika scenarierna innebär olika utmaningar och behov av insatser för att röja hinder.

I rapporterna har vi gjort 5 scenarier. Ett sol- och ett bikraftscenario samt tre vindkraftsscenarioer med olika placeringar av vindkraften i Sverige. Som komplement till dessa har vi i efterhand även studerat två nya scenarier. Ett vindkraftscenario med mer vindkraft i Elprisområde 3 (SE3) samt ett scenario där hälften av kärnkraften finns kvar under 2040-talet. Vid fördelningen av utbyggnadsbehovet har vi endast utgått från de fyra vindkraftsscenarioerna, vilka är illustrerade nedan. Värt att påpeka är att efter det att vi tagit fram scenariot *Vind SE3*, har flera vindkraftsprojekt i norr påbörjats som innebär att vi redan år 2023 kommer ha mer vindkraft än SE1 än vad som finns i det scenariot.



¹ Delrapport 1, Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem, Delrapport 1: Framtidens elsystem och Sveriges förutsättningar, ER 2018:16, Delrapport 2, 100 % förnybart, Scenarier, vägval och utmaningar, ER 2019:6

Generellt gäller att scenarierna är mer kostnadseffektiva och kräver mindre anpassningar av elsystemet om elproduktionen sker närmare elanvändningen. Dessutom är det bättre om elproduktion sker under tider då det finns ett behov av el (tex under vintern)². *Kraftvärmescenariot* påvisar därför många fler positiva egenskaper för elsystemet jämfört med *Solscenariot*. Eftersom vindkraft producerar när det finns tillgängliga vindar är det därför bra om vindkraft byggs så att den producerar så många timmar som möjligt under året (t.ex. genom att uppföras på platser med goda vindförhållanden och/eller genom högre torn som leder till högre vindhastigheter samt större rotorersom fångar mer vind och levererar högre effekt till generatoren)) samt att den är geografiskt spridd både inom Sverige och i förhållande till annan vindkraft i angränsande länder. Det innebär för ovanstående nämnda scenarier att *Havsbaserad Söder, där vi placerat 29 TWh i södra Sverige*, inte har ett mer välfungerande elsystem än t.ex. *vindscenariot* då det redan finns och byggs en stor mängd havsbaserad vindkraft i angränsande länder som den svenska vindkraften i *Havsbaserad Söder* kommer att samvariera med.

Den generella slutsatsen utifrån modelleringen och kvalitativa analyser är att vi bör sikta på ett mellanting mellan *Vind SE3* och *Vindscenariot*. Detta beror främst på att nära 60 procent av elanvändningen finns i elområde 3 och att all kärnkraft finns där (som i dessa scenarier helt fasats ut under 2040-talet). Även om modellresultat alltid ska tolkas med försiktighet, visar våra körningar bland annat att elanvändare i SE3 kan få en minskad kostnad på över 10 miljarder årligen i scenariot *SE3* jämfört med *Landbaserat Norr* bara på grund av ett lägre elpris. I denna bedömning är dock inte eventuella minskade kostnader medräknade på grund av ett mindre behov av nätförstärkningar från norr till söder eller lokalt i *Vind SE3*.

Här bör poängteras att det finns en hel del ny elanvändning som kan förväntas etableras i Norrland. Detta är bland annat nya serverhallar, Hybrit-projektet (stål utan kol) samt Northvolts batterifabrik. Det råder dock en stor osäkerhet om utveckling av elanvändningen, framför allt avseende de två första, men det är i vilket fall som helst inte osannolikt att vi i framtiden kan ha en ökad elanvändning i Norrland. Detta skulle i sin tur resultera i fördelar med en större vindkraftsutbyggnad i Norrland jämfört med *Landbaserat Norr*.. Ett sådant scenario kommer dock inte att minska behovet av el i södra Sverige och därmed inte behovet av vindkraft där.

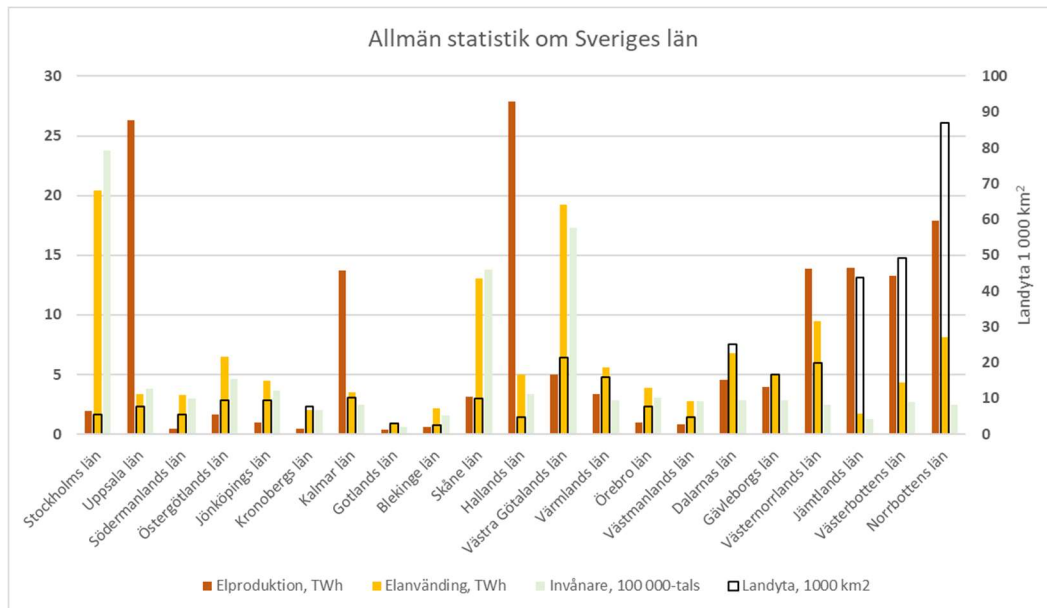
² Dessa slutsatser är sin tur beroende av exempelvis hur vi kommer att realisera potentiell flexibilitet (möjligheten att flytta elanvändning i tiden), vilka nya flexibilitetsresurser som kommer att finnas framöver (elbilar, vätgaslager mm) och hur dessa kommer att nyttjas samt även hur elsystemet strukturellt förändras på grund av nya förutsättningar så som variationer i elpriset.

Även Svenska kraftnät pekar i sin checklista på behovet av jämnt spridd vindkraft, både i väst-östlig och nord-sydlig riktning. Det är viktigt inte bara för att minska variabiliteten utan också för att kunna upprätthålla bra driftsäkerhet i elsystemet och minska behovet av omfattande stamnätsutbyggnader. Svenska Kraftnät pekar också på ett stort behov av ny elproduktion nära elanvändningen i SE3 och SE4. De lyfter också fram vikten av att återanvända de platser som redan idag nyttjas till vindkraft, då elnätet i stort anpassats efter dessa lokaliseringar. Elnätet är en infrastruktur som kräver långsiktighet och förutsägbarhet för att kunna utvecklas så att den kan svara upp mot framtida behov. Elnäten har också betydligt längre livslängd än vindkraftsanläggningar. En vindkraftspark levererar el i ca 25 år medan det distributions- och transmissionsnät som byggs för att ta emot effekten anläggs för att leverera i minst 40 år.

1.2 Allmänna förutsättningar i länen

Det vi kan ta med oss från resonemanget i föregående avsnitt är att det är bra med en spridning av vindkraften i Sverige (dvs till alla län), att det finns elproduktion nära elanvändningen samt att utgångspunkten för fördelningen bör ligga nära de två scenarierna *Vindscenariot* och *Vind SE3*. Samtidigt bör hänsyn tas till redan utbyggd vindkraft och också dess möjlighet för att generationsväxlas (se vidare i avsnitt xx). I den fortsatta analysen kommer *Landbaserad Norr* enbart att användas i för vissa jämförande analyser medan *Havsbaserad vind* utgår helt då denna fördelning är riktad på landbaserad vindkraft.

I fördelningen kommer vi också ta hänsyn tas till länets faktiska landyta, befolkning samt vilka ytor med viss möjlighet till samexistens som finns enligt genomförd GIS-analys. I Figur 1 visas några av dessa faktorer. Det är en ganska stor variation mellan länen och olika län sticker ut när det gäller olika nyckeltal. Vad gäller elproduktion och elanvändning har detta varit utgångspunkten för våra studerade scenarier och finns därför redan med som en faktor. Vid vidare fördelning har vi valt att inte använda den länsvisa elproduktionen (i dagsläget) som ett nyckeltal då vi bedömer att den kommer att förändras kraftigt i framtiden och beroende på scenario. Vad gäller elanvändning så kan den visserligen förändras (och kanske framför allt öka) men vår bedömning är att dagens procentuella fördelning av elanvändning i länen inte kommer att förändras i allt för stor omfattning, med vissa möjliga undantag så som ett eventuellt Hybrit.



Figur 1. Utvalda relevanta nyckeltal för olika län. Alla siffror gäller år 2018 utom elproduktionen som är ett medelvärde för 2014 – 2018 då detta var enda sättet att få statistik över samtliga län.

Vad gäller konflikter eller möjligheter till samexistens med andra markanvändningsintressen sammanfattas resultatet av den GIS-analys³ som har gjorts i tabell 1 nedan. De tillgängliga ytorna är uppdelade på 150 och 200 meters höjd för områden med en medelvindeffekt på 400 W/m². De är uppdelade i två klasser, klass 1 som innebär ytor där vi inte identifierat några kända konflikter och klass 2 där det finns vissa möjligheter till samexistens men där dessa områden behöver studeras närmare. Observera att vindkraftverk på 200 meter medför en större tillgänglig yta och att högre vindkraftverk med högre installerad effekt också kräver mindre yta i anspråk per producerad GWh.

³ Fler tillgängliga ytor har studerats i avsnitt xxx

Tabell 1. Ytor utan känd konflikt (Klass 1) samt ytor med möjlighet till samexistens (Klass 2) för 150 respektive 200 meter navhöjd. Exemplet rör vindkraft med en tillgänglig vind på 400 W/m².

	Landyta (km ²)	150m höjd		200m höjd	
		Klass 1 (km ²)	Klass 2 (km ²)	Klass 1 (km ²)	Klass 2 (km ²)
Stockholms län	5 581	111	1 826	114	1 877
Uppsala län	7 784	226	2 355	385	3 605
Södermanlands län	5 521	105	3 038	114	3 792
Östergötlands län	9 509	63	2 987	178	4 038
Jönköpings län	9 578	112	4 720	131	6 260
Kronobergs län	7 723	139	3 326	173	5 797
Kalmar län	10 149	430	4 207	716	6 007
Gotlands län	3 003	0	1 670	0	1 670
Blekinge län	2 546	0	589	0	790
Skåne län	10 060	42	4 912	48	5 356
Hallands län	4 870	106	3 050	106	3 057
Västra Götalands län	21 488	349	10 155	386	10 912
Värmlands län	15 832	492	1 663	1 855	7 855
Örebro län	7 753	342	3 161	531	4 928
Västmanlands län	4 795	82	1 315	652	2 794
Dalarnas län	25 181	622	4 126	1 722	12 126
Gävleborgs län	16 580	1 271	2 820	3 470	8 223
Västernorrlands län	19 856	33	5 074	175	13 261
Jämtlands län	43 647	85	14 485	395	28 068
Västerbottens län	49 292	0	10 549	0	31 563
Norrbottnens län	87 005	0	5 739	0	26 787

1.2.1 Vindkraft idag och pågående utbyggnad

Idag finns vindkraft installerad som motsvara cirka 25 TWh årsproduktion. Det pågår en omfattande utbyggnad som kommer medföra att vi år 2023 har närmare 45 TWh vindkraft. Både den befintliga vindkraften och utbyggnaden är mycket ojämnt fördelat mellan länen.

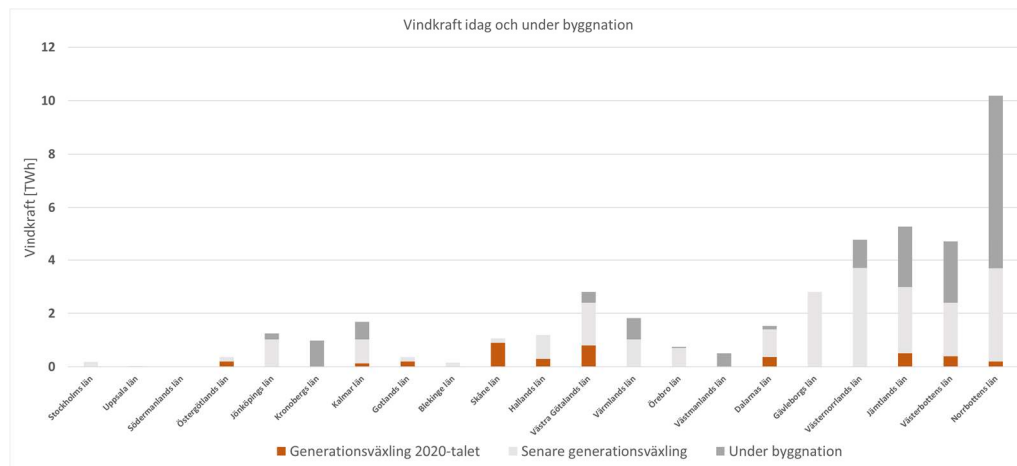
Det är samtidigt viktigt att ha med sig att en strategi som sträcker sig till 2040-talet innebär att i princip samtliga dagens verk kommer att behöva genomgå en generationsväxling. Detta eftersom den ekonomiska livslängden för ett vindkraftsverk idag är cirka 20-25 år. Vid en generationsväxling ersätts gamla vindkraftverk av nya verk på samma plats. Det innebär således att platsen med tillhörande infrastruktur återanvänds och att ny mark inte behöver tas i anspråk för vindkraft. I delar av södra Sverige, där det både finns många befintliga vindkraftverk och många konkurrerande markbehov kommer generationsväxling troligen stå för en stor del av den framtida utbyggnaden av vindkraft

. Eftersom dagens moderna vindkraftverk producerar betydligt mer el både per verk och per installerad effekt (pga högre antal fullasttimmar) kan generationsväxling medföra en betydande höjning av elproduktionen utan att ta mer yta i anspråk.

För att förstå generationsväxlingens potential så står ungefär 4 TWh vindkraft inför generationsväxling under 2020 – talet (vindkraftverk byggda före 2010).

Skulle dessa bytas ut mot dagens moderna verk (i detta exempel 7 MW) skulle de med samma totala installerade effekt kunna producera 7 – 8 TWh. Samtidigt skulle det bara behövas en sjättedel så många verk. Med samma bibehållna ytanspråk som dessa verk upptar idag skulle produktionen kunna bli 12 TWh. Värt att poängtera är att generationsväxlingens utmaningar skiljer sig åt mellan olika län. En stor del av den tidiga vindkraften uppfördes i södra och sydvästra Sverige, där det idag kan vara svårt att uppföra höga verk på grund av konflikter med andra intressen. Den tidiga vindkraften har också ett betydligt mer splittrat ägarskap än senare vindkraft, vilket kan försvåra framtida investeringar i generationsväxling.

Figur 2 visar vindkraftsproduktionen i samtliga län i Sverige idag med utgångspunkt i deras elproduktion. När vindkraftsutbyggnaden ska fördelas behöver hänsyn tas till detta. Dels för att det som tidigare nämns finns stora fördelar med att fortsätta producera vindkraftsel där det redan finns vindkraft, dels för att nyttja den stora potential till ökad elproduktion som generationsväxling innebär. Inget län kommer att få en fördelning som är lägre än summan av befintlig vindkraft och vindkraft under byggnation.



Figur 2. Vindkraft i drift och under byggnation. Vindkraft i drift är uppdelad i produktion som kan vara aktuellt för generationsväxling under 2020-talet (verken är tagna i drift före år 2010) samt övrig vindkraft. Antas 20 – 30 års livslängd kommer alla dessa verk behöva generationsväxla före 2040-talets slut. Siffrorna är baserad på ungefärlig normalårsproduktion.

1.3 Fördelning

I detta kapitel diskuteras och illustreras ett antal metoder för att fördela drygt 80 TWh landbaserad vindkraft mellan olika län för att sedan resultera i en konkret fördelning. Fördelningen är en sammanvägning av de nedan beskrivna metoderna och en kvalitativ analys.

Förklaringen till att vi siktar på drygt 80 TWh, när strategins utgångspunkt är ett nationellt utbyggnadsbehov på 100 TWh, är att vår fördelning endast omfattar landbaserad vindkraft. När det gäller geografisk fördelning av den havsbaserad vindkraften hänvisar vi till de ställningstaganden som görs inom ramen för havsplaneringen. Vår bedömning är att 20-30 TWh är möjligt att inrymma i de områden som hittills pekats ut för energiutvinning i granskningsversionen av havsplanerna. Detta ska dock inte uppfattas som ett tak för den havsbaserade vindkraften.

I alla metoder utgår vi från de vindkraftsscenarier som beskrivs i början av kapitlet. I *vindscenariot* finns exempelvis 29 TWh vindkraft i elområde 3 i. Dessa 29 TWh kan därefter fördelas utifrån olika principer (t.ex. baserad på yta, befolkning, elanvändning) per län. Alla län ligger inte helt och hållet i enbart ett elområde. För att vara transparenta visas nedan en tabell på hur stor del av de olika länens landyta som ligger i respektive elområde, vilket är vad vi utgått ifrån. Det bör noteras att vi dock inte kunnat placera olika faktorer så som befolkning eller elanvändning i annat än länen som helhet. Vår utgångspunkt har varit att om 20 procent av länet ligger i ett elområde finns också 20 procent av elanvändning i detta elområde. Eftersom detta sannolikt inte stämmer med verkliga förhållanden innebär det en viss svaghet i metoden för län som har en stor del av ytan inom mer än ett elområde men bedöms ändå ge ett tillräckligt bra resultat.

Tabell 2. Hur stor del av länens yta som ligger inom ett specifikt elområde.

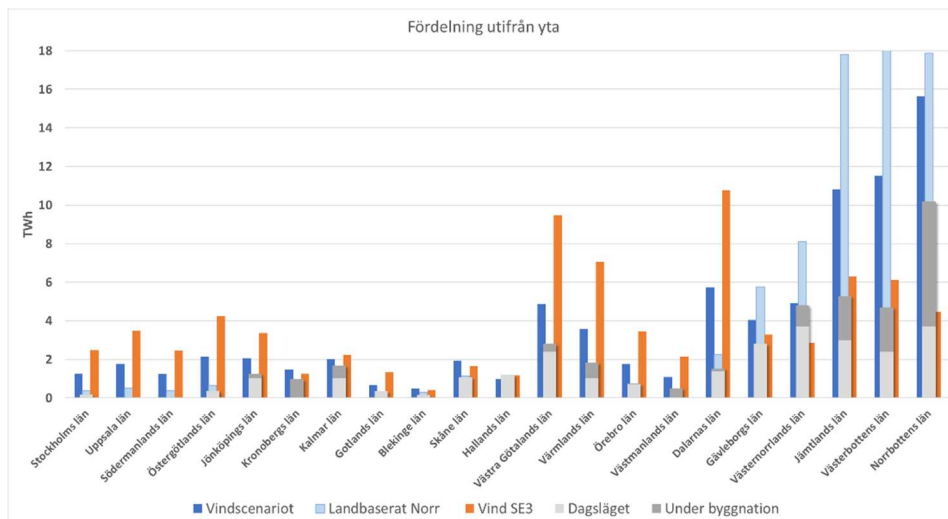
Län	Elprisområde	Andel, %
Stockholms län	SE3	100
Uppsala län	SE3	100
Södermanlands län	SE3	100
Östergötlands län	SE3/SE4	99,9/0,1
Jönköpings län	SE3/SE4	67/33
Kronobergs län	SE3/SE4	0,01/99,99
Kalmar län	SE3/SE4	20/80
Gotlands län	SE3	100
Blekinge län	SE4	100
Skåne län	SE4	100
Hallands län	SE3/SE4	27/73
Västra Götalands län	SE3/SE4	98/2
Värmlands län	SE3	100
Örebro län	SE3	100
Västmanlands län	SE3	100
Dalarnas län	SE2/SE3	6/94
Gävleborgs län	SE2/SE3	82/18
Västernorrlands län	SE2	100
Jämtlands län	SE2/SE3	99,9/0,1
Västerbottens län	SE1/SE2	21/79
Norrbottens län	SE1/SE2	99,99/0,01

1.3.1 Fördelning utifrån yta

Ett enkelt sätt att fördela vindkraften i strategin är att bara utgå från den faktiska landyta som varje län har. Utgående från scenarierna *Vindscenariot*,

Landbaserad Norr och *Vind SE3* illustreras en tänkt fördelning i Figur 3 tillsammans med dagens vindkraft och vindkraft under byggnation. Här uppstår en utmaning i att Vind SE3 medför en fördelning av vindkraft i norr som är lägre än vad som faktiskt kommer att finnas inom några år.

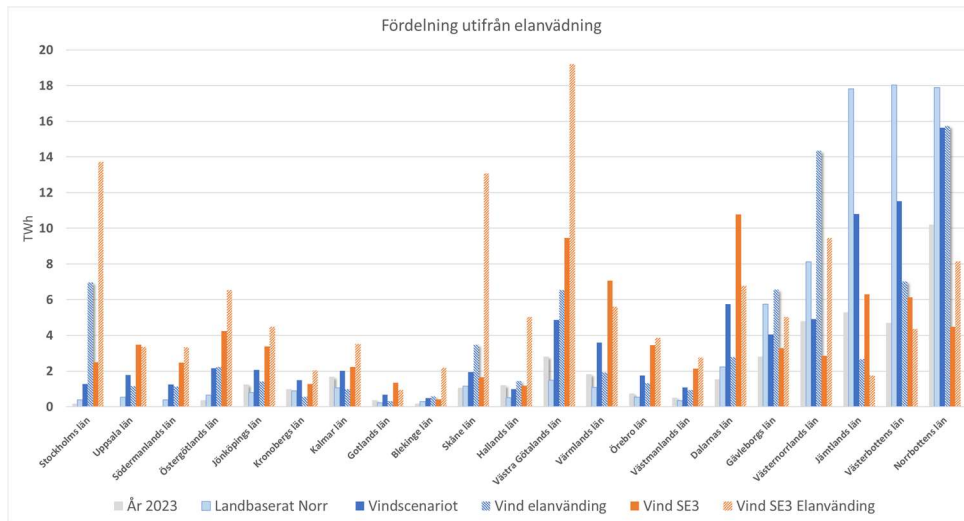
Faktisk yta är en viktig faktor vid fördelningen men den säger inte så mycket om exempelvis eventuella motstående intressen eller behov av mer elproduktion. Resultatet från nedanstående figur kommer att användas som referens i fortsatta fördelningar. Vindkraftsproduktionen i ”dagsläget” och ”under byggnation” kommer i fortsatta figurer slås samman och benämnas ”År 2023” då all den vindkraft som är under byggnation beräknas att vara i drift.



Figur 3. Fördelning av vindkraft med utgångspunkt från olika scenarier och länens faktiska landyta.

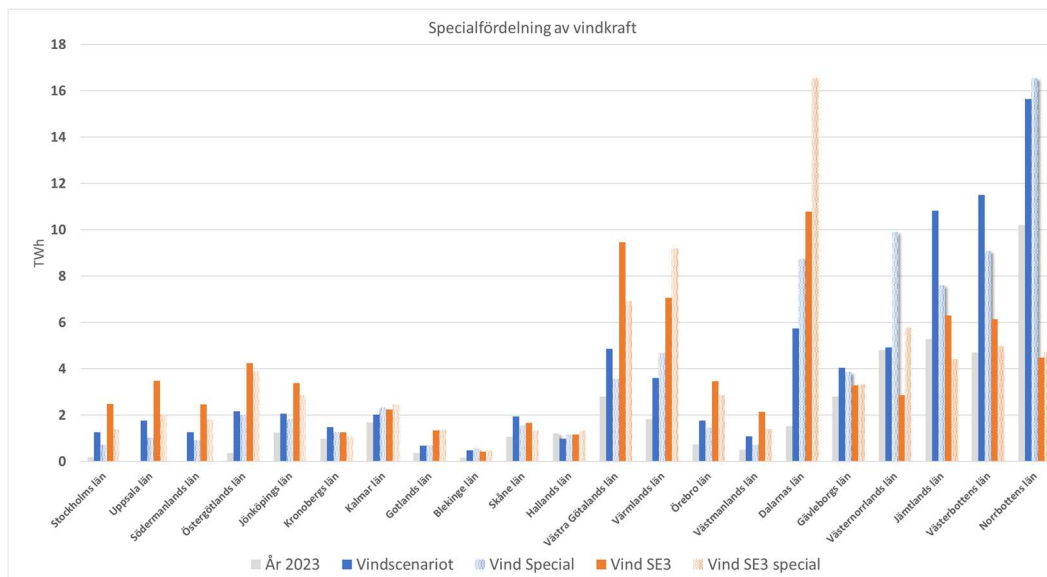
1.3.2 Fördelning utifrån elanvändning, befolkning mm

Ett annat sätt att fördela vindkraften i olika län är utifrån deras respektive elanvändning då det tidigare konstaterats att elproduktion nära elanvändning är en viktig faktor. I Figur 4 visas resultatet av en sådan fördelning. Med tanke på att Stockholm, Skåne och Västra Götalands län har en jämförelsevis mycket hög elanvändning blir också fördelningen till dessa områden mycket hög. Dessa tar inte hänsyn till exempelvis att det bor mycket folk här som i sammanhanget kan medföra många motstående intressen.



Figur 4. Fördelning av vindkraft utifrån elanvändning för olika scenarier. I figuren visas också, som jämförelse, fördelningen utifrån yta från Figur 3 samt förväntad vindkraftsproduktion år 2023.

Ett sätt att fördela mer realistiskt kan vara att väga samman några av de betydelsefulla faktorerna som redovisades i Figur 1. I Figur 5 visas en fördelning som utgår från en sammanvägning av elanvändning, landyta och befolkning. Resultatet blir en något mer balanserad fördelning än att exempelvis utgå från bara elanvändning. Län så som Dalarna och Norrbotten får dock mycket stor fördelning på grund av att de i sitt respektive elområde har relativt stor yta, låg befolkning och hög elanvändning.

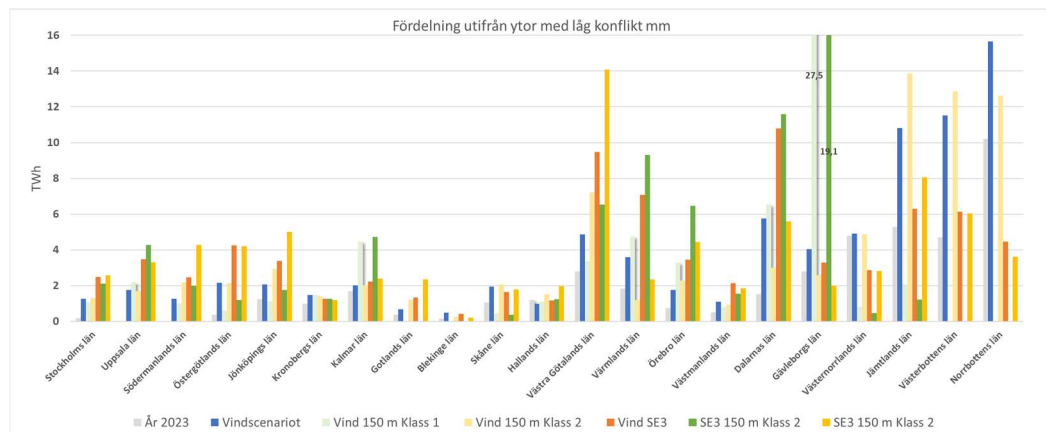


Figur 5. Fördelning efter faktorn $\frac{\text{Elanvändning} \times \text{yta}}{\text{Befolkning}}$. I figuren visas också, som jämförelse, fördelningen utifrån yta från Figur 3 samt förväntad vindkraftsproduktion år 2023.

1.3.3 Fördelning med hänsyn till ytor med låg konflikt med andra intressen

I stället för att bara ta hänsyn till befolkning kan de, med hjälp av GIS-analys, framräknade ytorna med låg konfliktgrad med andra intressen i Tabell 1 användas som fördelningsnyckel. Det är inte säkert att det är möjligt att bygga vindkraft på dessa ytor, men analysresultatet ger en fingervisning om var det kommer att finnas mer utmaningar vid en planeringsprocess. Ett problem med metoden är att det inte finns några konfliktfria ytor i hela SE1, på grund av konflikter med renskötselns intressen, varför ingen fördelning kan göras utifrån Klass 1-ytor. Vissa län i södra Sverige har inte heller några Klass 1-ytor och fördelas enligt denna metod heller ingen vindkraft. Gävleborgs län har den största konfliktfria ytan och får därför en mycket hög fördelning.

Kalmar län och Kronobergs län har relativt stora klass 1-ytor jämfört med andra län av liknande storlek. Länen ligger dock till största del i elområde 4 och på grund av att scenarierna inte har så stor mängd landbaserad vindkraft där blir inte fördelningen så hög ändå.



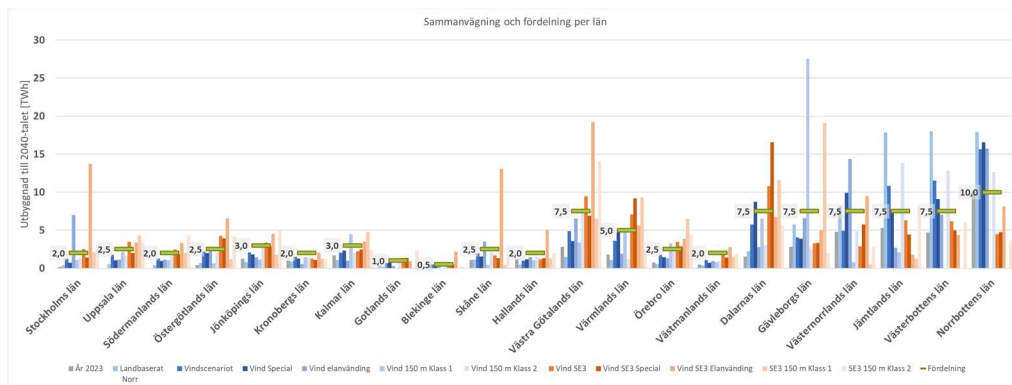
Figur 6. Fördelning utifrån ytor med olika konfliktgrad med data från Tabell 1. Y-axeln är avskuren och siffrorna för Gävleborgs län är istället utskrivna i staplarnas mitt. I figuren visas också, som jämförelse, fördelningen utifrån yta från Figur 3 samt förväntad vindkraftsproduktion år 2023.

1.3.4 Sammanvägd fördelning

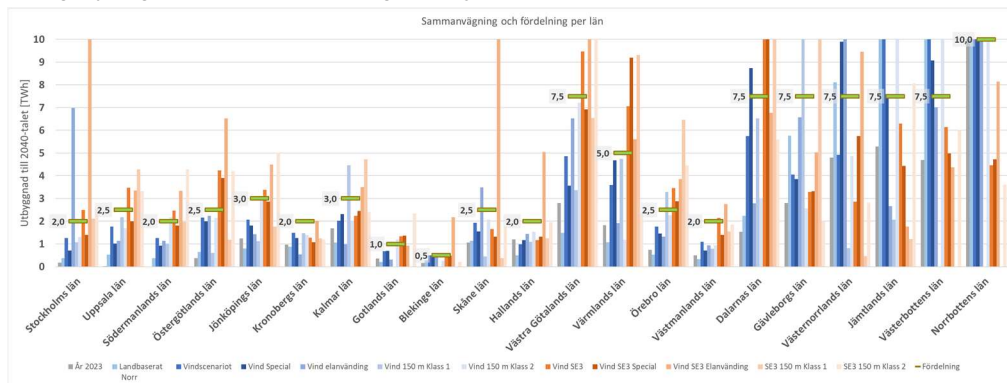
Med utgångspunkt från de fördelningsmetoder vi tittat på samt utifrån dagens vindkraftsproduktion och vindkraften under byggnation har vi gjort en sammanvägd bedömning av fördelningen i varje län. Vi har valt nivåer på utbyggnadsbehoven som är indelade i 0,5 TWh-steg då vi inte anser att det som

planeringsunderlag är meningsfullt att ha mer exakta siffror än så. Fördelningen visas i Figur 7. Resultat av den sammanvägda bedömningen är att summan av den regionala fördelningen ligger nära 90 TWh och fördelningen per elområde blir:

	SE1	SE2	SE3	SE4
Vindproduktion, TWh	12	28	38	10



Figur 7. Sammanställning av resultatet från alla fördelningsmetoder tillsammans med Energimyndighetens valda fördelning för varje län.



Figur 8. Samma som Figur 7 men med beskuren y-axel.

Vissa län i södra Sverige så som Halland, Skåne och Kronobergs län kan tyckas ligga något högt jämfört med resultaten från de olika metoderna. Detta är dels för att ta hänsyn till att den landbaserade vindkraften ligger ganska lågt i alla scenarier i elområde 4 samt att Skåne och Hallands län har en ganska stor mängd vindkraft idag som med en generationsväxling har potential att öka markant i årsproduktion. Samtidigt har Kronobergs län både en faktisk yta och klass 1-ytor som är större än flera av de län som har samma planeringsmål (2 TWh).

1.4 Vad innebär målen i antal verk och yta?

Ett fördelningsmål i TWh kan vara svårt att relatera till med avseende på exempelvis hur många vindkraftverk det innebär samt vilken yta det tar upp. I detta avsnitt kommer vi därför att resonera om det och redovisa olika räkneexempel som belyser detta..

Viktigt att tänka på är att strategin tar sikte på 2040-talet och berör anläggningar som byggts ända tillbaka på 90-talet. Det handlar alltså om en period på 60 år där det redan skett en stor och snabb teknikutveckling, som också väntas fortsätta. För att illustrera utveckling kan detta exemplifieras med att det i början av 90-talet var vanligt med vindkraftverk med runt 0,2 MW installerad effekt som producerade ungefär 0,3 GWh per år och krävde en yta på cirka 300 km² per TWh. Just nu utvecklas turbiner på 20 MW som kan producera 70 – 100 GWh per år (beroende på var de placeras) samt skulle ta upp en yta på runt 25 km² per TWh. Produktionen per verk har alltså blivit cirka 300 gånger större samtidigt som den tar upp en tolftedels yta.

För denna strategi kommer det sannolikt inte vara ett val mellan just dessa två tekniker men även inom de tekniker som är tillgängliga på marknaden idag så kommer möjligheten att kunna bygga vindkraftverk med hög effekt, på hög höjd och i bra vindlägen att påverka hur många verk det rör sig om och vilken yta som behöver tas i anspråk. Eftersom det finns fler platser med bra vindar på högre höjder, innebär hög navhöjd också att mängden yta som i varje län är lämplig för vindkraft ökar och därmed också sannolikheten för att kunna bygga där det inte finns motstående intressen.

I Tabell 3 illustreras några tekniker som kan vara särskilt viktiga att ta hänsyn till vid en generationsväxling och de teknikval som finns eller kan finnas framöver. Värt att notera är att cirka 80 TWh vindkraft på land, som är en målbild för denna strategi, sannolikt innebär både färre verk och mindre yta än vindkraften tar upp idag. Även om 20 MW-turbiner på land sannolikt ligger långt fram i tiden så kan det ändå vara intressant att notera att detta skulle innebära färre än 1 000 turbiner i hela Sverige för att producera 80 MW.

Tabell 3. Några olika storlekar på turbiner och vad de skulle innebära för en utbyggnad av 1 TWh årsproduktion. Både 12 MW turbinen och utvecklingen mot 20 MW avser i dagsläget havsbaserad vind. Det utesluter dock inte att turbiner i denna storlek på sikt blir tillgängliga

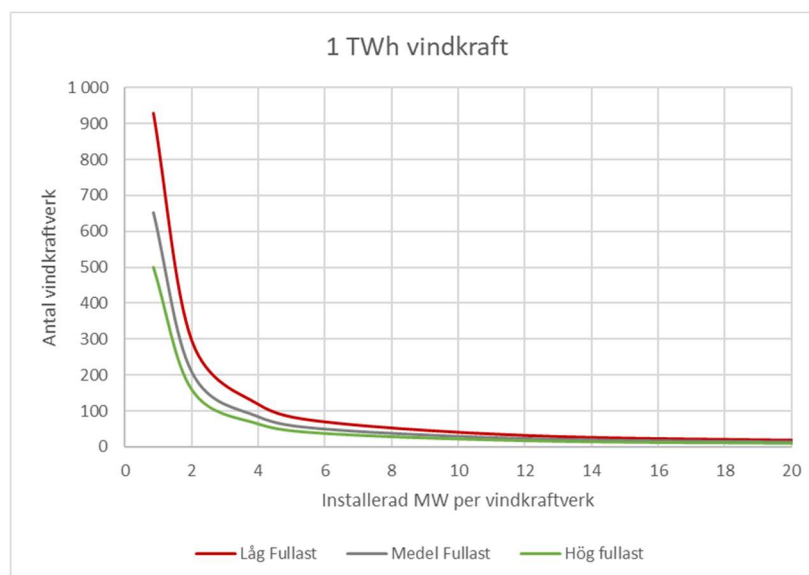
även för landbaserad vind. I dagsläget planeras för landbaserade vindturbiner i Sverige som är mellan 5 och 7 MW.

Teknik	När?	Totalhöjd	Antal verk per TWh	Yta per TWh
0,8 MW	Runt år 2000	70 m	700 st	60 km ²
2 MW	Dominerande år 2005 - 2015	100 - 200 m	150 - 300 st	50 - 70 km ²
4 MW	Modern landbaserad teknik	200 m	80 st	55 km ²
6 MW	Modern landbaserad teknik	230 m	50 st	45 km ²
12 MW	Stötst verket på marknaden	300 m	20 st	39 km ²
20 MW	Utvecklas i dagsläget	>300 m	12 st	28 km ²

1.4.1 Betydelsen av höga verk med hög installerad effekt

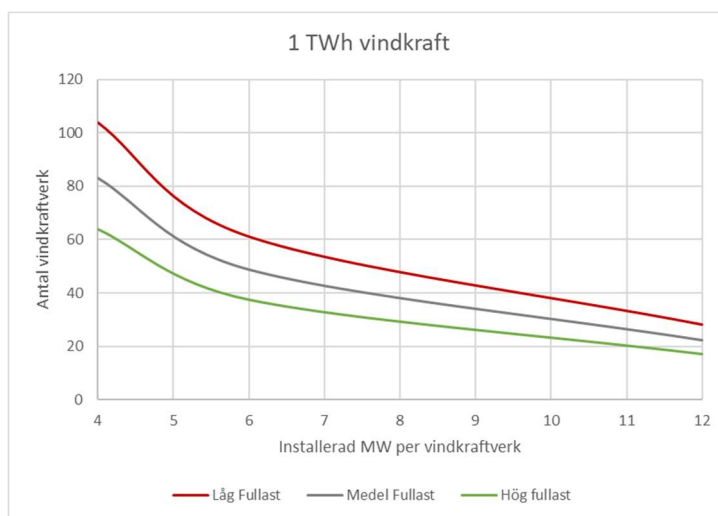
Innan vi illustrerar några exempel på vad de olika målen för länen motsvarar i antal verk och ytanspråk behöver några mer övergripande resultat redovisas.

Elproduktionen från ett enskilt verk beror förutom på effekt också på antal fullasttimmar, eller kapacitetsfaktorn. I ett planeringsperspektiv, så som detta avser, så kommer bra vindlägen och möjligheten till en hög totalhöjd att påverka både effekt och fullasttimmar. Höga höjder möjliggör högre effekt, större rotordiameter och åtkomst till bättre vindar. För att illustrera detta visas antal verk för att producera 1 TWh årsproduktion el beroende på effekt per verk och olika fullasttimmar i Figur 9.



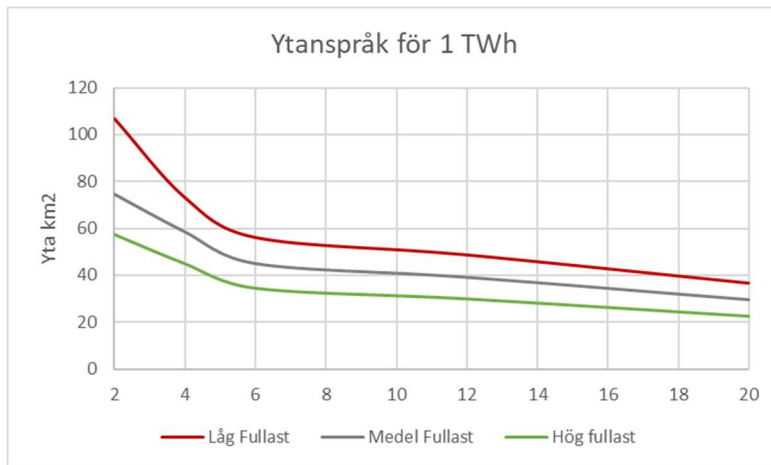
Figur 9. Antal verk som behövs för att producera 1 TWh el för olika effekter per verk samt låga eller höga fullasttimmar.

Fram till 2040-talet lär det sannolikt vara vindkraftsturbiner på mellan 4 – 12 MW som byggs ut (även om större verk är möjligt). Även i detta teknikområde kommer möjligheten att bygga stora turbiner i bra vindlägen spela en stor roll för antal verk vilket illustreras tydligare i Figur 10. Det krävs exempelvis tre gånger så många vindkraftverk i storleksordningen 4 MW med låga fullasttimmar jämfört med 7 MW i bra vindlägen.



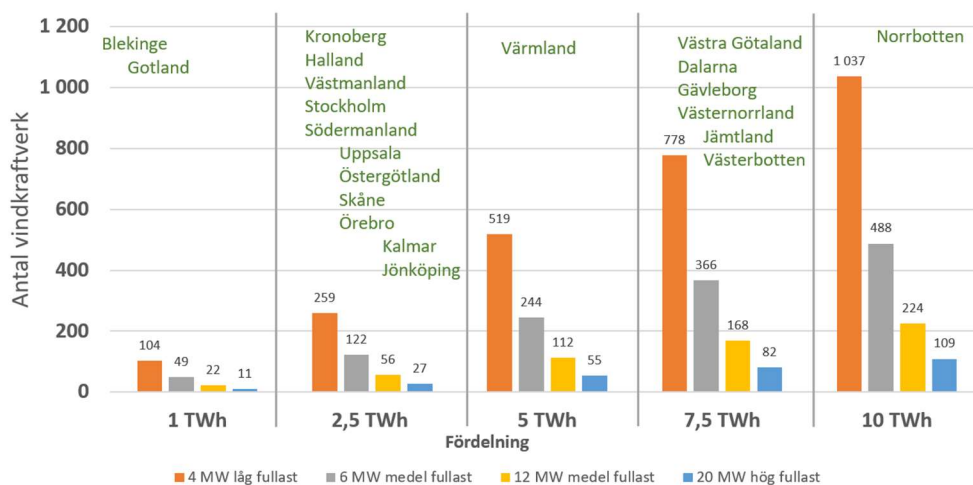
Figur 10. Antal verk för att producera 1 TWh el för olika effekter per verk samt låga eller höga fullasttimmar.

Även för ytanspråken så finns ett liknande samband även om det inte är lika starkt som för *antal verk*. Analogt med exemplet ovan så tar en 4 MW turbin med låga fullasttimmar upp dubbelt så mycket yta som en 7 MW turbin med höga fullasttimmar. Det bör här noteras att den totala ytan som en vindkraftpark på olika sätt påverkar omfattar både parken i sig och en yta runt parken. Vissa delar av denna yta tas i permanent anspråk så som de faktiska turbinerna med fundament och ställverken. För dagens moderna verk på 4 – 7 MW, som har vindkraftsblad som är 70-90 meter långa, är avståndet mellan turbinerna runt 1 km vilket innebär att ytor mellan verken sannolikt kan användas till andra ändamål men innebär samtidigt att en större yta runt om parken påverkas av vindkraften i jämförelse om verk med lägre totalhöjd och mindre rotorerna uppförs

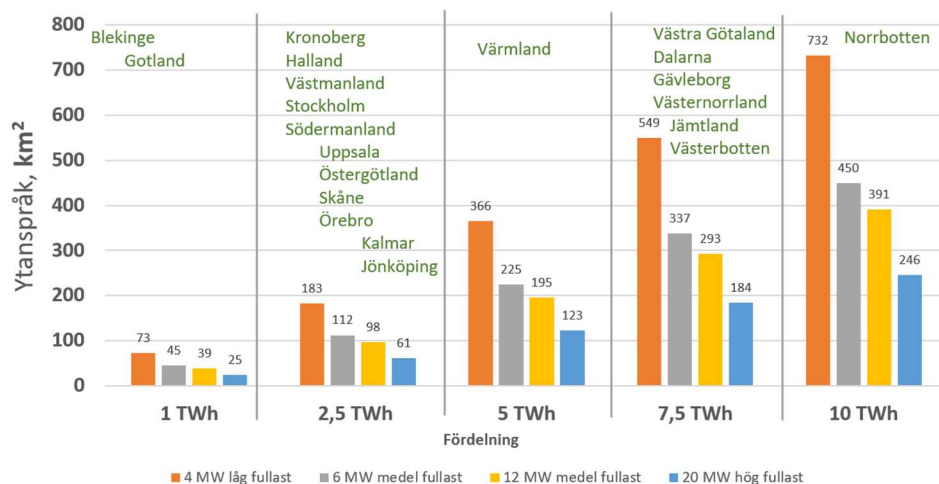


1.4.2 Yta och antal verk för olika län

Beroende på vilka typ av vindkraftverk som byggs och vilka typen av vindlägen och höjder som möjliggörs kan de olika fördelningsmålen i TWh innebära olika antal verk och ytanspråk. I Figur 11 och Figur 12 visas detta för några varianter av årsproduktion av el från vindkraft. Länen är inskrivna i diagrammen ungefär där deras respektive utbyggnadsbehov är satta. I dagsläget är uppgifterna för 4 – 7 MW-turbiner mer relevanta för landbaserad vindkraft. För ett planeringsunderlag som siktar på 2040-talet är det dock viktigt att ta med teknik som finns på marknaden för havsbaserad vindkraft samt teknik under utveckling, som på sikt kan bli tillgängligt även för landbaserad vindkraft.



Figur 11. Antal vindkraftverk för olika tekniker och olika utbyggnadsbehov. Länen är inskrivna ungefär där de har sina respektive utbyggnadsbehov.



Figur 12. Ytanspråk för olika tekniker och olika utbyggnadsbehov. Länen är inskrivna ungefär där de har sina respektive utbyggnadsbehov.

1.5 Sammanfattande planeringsunderlag

I Tabell 4 finns de regionala utbyggnadsbehoven samlade tillsammans med ungefärlig yta och antal verk samt en angiven planeringsyta, som motsvarar den ytan som vi anser länsstyrelserna bör planera för vindkraft. Enligt vår bedömning bör planeringsytan vara tre gånger så stor som den uppskattade ytan som kommer att upptas av vindkraftverk. Att vi valt faktorn tre motiveras enligt följande: I genomsnitt cirka 30% av tillståndsansökningar och 45% av antalet vindkraftverk får avslag i tillståndsprocessen. Vidare är det många vindkraftsprojekt som startas men aldrig kommer så långt som till en inlämnad tillståndsansökan på grund av att det dyker upp ett lokalt hinder t.ex. i form av en stark negativ lokal opinion eller ett örnbö i närheten av platsen hinder som inte är kända i planeringsfasen. För att ta hänsyn till oförutsägbarheten i tillståndsprocessen har vi bedömt att planeringsytan bör vara minst dubbelt så stor som den faktiska utbyggnadsytan. Utöver denna marginal ser vi ett behov av att ge kommunerna ett handlingsutrymme i sin översiktsplanering genom att i den regionala planeringen ta fram flera möjliga alternativa områden som kommunerna kan välja mellan och också för att möjliggöra en viss konkurrens och valmöjlighet för vindkraftsprojektörer. Mot bakgrund av detta anser vi att planeringsytan sammantaget bör vara tre gånger så stor som den faktiska utbyggnadsytan. Värt att notera är att planeringsytan, trots denna marginal, fortfarande står för en liten andel av samtliga läns yta, som högst runt 6 procent.

Tabell 4. Sammanfattande tabell med regionala utbyggnadsbehov. * Ytanspråk och antal verk utgår i denna tabell från en 6 MW turbin med 3 500 fullasttimmar. ** Planeringsytan är i detta fall satt till 3 gånger ytanspråket, bland annat för att ge handlingsutrymme för kommunerna i sin planering., *** Total landyta avser allt land 100 meter från sjöar, vattendrag och hav.

	Fördelning, TWh	Antal verk*	Ytanspråk* km ²	Planerings- yta** km ²	Total land- yta*** km ²	Ytanspråk, %	Planerings- yta, %
Stockholms län	2	95	90	270	5 581	1,6%	4,8%
Uppsala län	2,5	119	113	338	7 784	1,4%	4,3%
Södermanlands län	2	95	90	270	5 521	1,6%	4,9%
Östergötlands län	2,5	119	113	338	9 509	1,2%	3,5%
Jönköpings län	3	143	135	405	9 578	1,4%	4,2%
Kronobergs län	2	95	90	270	7 723	1,2%	3,5%
Kalmar län	3	143	135	405	10 149	1,3%	4,0%
Gotlands län	1	48	45	135	3 003	1,5%	4,5%
Blekinge län	0,5	24	23	68	2 546	0,9%	2,7%
Skåne län	2,5	119	113	338	10 060	1,1%	3,4%
Hallands län	2	95	90	270	4 870	1,8%	5,5%
Västra Götalands län	7,5	357	338	1 013	21 488	1,6%	4,7%
Värmlands län	5	238	225	675	15 832	1,4%	4,3%
Örebro län	2,5	119	113	338	7 753	1,5%	4,4%
Västmanlands län	2	95	90	270	4 795	1,9%	5,6%
Dalarnas län	7,5	357	338	1 013	25 181	1,3%	4,0%
Gävleborgs län	7,5	357	338	1 013	16 580	2,0%	6,1%
Västernorrlands län	7,5	357	338	1 013	19 856	1,7%	5,1%
Jämtlands län	7,5	357	338	1 013	43 647	0,8%	2,3%
Västerbottens län	7,5	357	338	1 013	49 292	0,7%	2,1%
Norrbottens län	10	476	450	1 350	87 005	0,5%	1,6%

BILAGA 1 Svenska Kraftnäts checklista för viktiga aspekter vid utbyggnaden av kraftproduktion.

Vid etablering av kraftproduktion i kraftsystemet är det viktigt att utbyggnaden av hela kraftsystemet tas i beaktande. Detta gäller oavsett vilken produktion som etableras.

Geografiska områden

- Det är utifrån kraftsystemets perspektiv bäst om ny produktion etableras inom elområde SE3 och SE4 – så nära förbrukningen som möjligt.

SE3 och SE4 består på stamnätets nivå av ”tre ben”. Att produktionen som ansluts inom hela elområdet är jämt fördelat avseende storlek och position mellan öst och väst samt i de allra sydligaste delarna att storleken på den anslutande produktionskällan/parken är jämn på både öst- och västsidan. Detta behöver även stämmas av med nätutbyggnader samt redan befintlig produktion.

- Det är storleken (MW) på parken som avgör på vilken spänningsnivå de ansluts. Oavsett spänningsnivå är det fördelaktigt med ovan beskrivna placering inom landet.
- Användande av befintlig nätkonstruktion för anslutning i så stor utsträckning som möjligt för att spara på miljö, skapa en förutsägbarhet för vart produktion geografiskt kommer att befinna sig över tid.
- Återanvändning av tillstånd för befintliga vindkraftsanläggningar. Det är av vikt att det finns en ”tryckpunkt” kvar i systemet så att systemplaneringen kan ske med största tillförlitlighet som möjligen går. Det är viktigt för kraftsystemets planering så att nya anslutningar av både produktion och förbrukning kan ske på ett effektivt sätt. Produktion måste tillföras i södra Sverige för att effektivisera och upprätthålla överföringskapaciteten så att majoriteten av kraften i norra delen av landet kan tillgodogöras och via transmission föras ner till södra delarna. För att få ett kostnadseffektivt, miljömässigt kraftsystem är det helt avgörande att ha en viss fördelning av produktionen i södra delarna av landet.

Konstruktion och driftsäkerhetsaspekter

- Bygga ett kraftsystem som vid intagnät är driftsäkert och effektivt. Detta måste med i tillståndprocessen.
- Vindkraften behöver tekniskt utvecklas till att som minst uppfylla de tekniska kraven för anslutning till elsystemet i Sverige (alla anläggningar från 0,8 MW omfattas). Detta omfattar allt från spänningsreglering, stabiliserande egenskaper samt tillgänglighetsaspekter.
- Länsstyrelserna har en viktig del i att förstå hur de bidrar till den nationella elförsörjningen – och hur då den nationella elförsörjningen också bidra till att samtliga län får en kostnadseffektiv och säker tillgång på el. Därför behöver även länsstyrelser ha kännedom om hur etablering av produktion påverkar kraftsystemets driftsäkerhet och den totala leveranssäkerheten.
- Vidare behöver vindkraften, i enlighet med anslutningskraven och kraven om elberedskap, uppfylla kraven om styrbarhet och observerbarhet för att kunna delta i normaldrift så väl som nöddrift och återuppbyggnadstillstånd. Detta kräver omfattande utveckling av kontrollrum, styrsystem och IT-säkerhetslösningar. Denna aspekt är även av stor vikt för att uppfylla säkerhetsskyddslagstiftningen.