

# Luftskeppens återkomst – rapport 2.

Studie om vindkraftens  
utbyggnad i Sverige med fokus på transport-  
och logistikfrågor.

November 2011

Av Matts Lundin och Ulf Svensson. Huvudfinansiär Energimyndigheten.

**Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.**

Av Matts Lundin & Ulf Svensson  
STOCKHOLM, SWEDEN  
Telefon: 08-6429312 (Matts), 08-877729 (Ulf)  
lundin.matts@bredband.net, ulfmorgan@gmail.com

**Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.**

"Utan tvivel är man inte riktigt klok"

*Tage Danielsson*

## Innehållsförteckning

<b>FÖRORD</b>	<b>7.</b>
<b>1. SAMMANFATTNING</b>	<b>8.</b>
<b>2. INLEDNING</b>	<b>12.</b>
2.1 Upplägg – undersökningen i korthet	12.
2.2 Eko-effektiv ekonomi	13.
2.3 Lättare än luft – olika farkosttyper	14.
<b>3. UPPDRAGET</b>	<b>15.</b>
3.1 Undersökningen	15.
3.2 Uppdraget	15.
3.3 Uppdragets genomförande och omfattning	16.
3.4 Fallstudier	17.
3.5 Urvalskriterier	17.
3.6 Kostnader och nyttor, värde och värderingar	21.
3.7 Centrala kunskapsfält som behandlas inom studien	25.
3.8 Perspektiv allmänt	25.
3.9 Dynamik inom transportområdet	38.
<b>4. DEN FRAMTIDA VINDKRAFTSUTBYGGNADEN</b>	<b>44.</b>
4.1 Prognoser för Sverige – nuläge och framtid	44.
4.2 Nuläge – vindkraftprojekt större än 10 MW i Sverige 2010	44.
4.3 Framtida utbyggnad av parker fram till 2020	46.
<b>5. RESULTAT OCH SLUTSATSER I KORTHET</b>	<b>49.</b>
5.1 Resultat	49.
5.2 Slutsatser	50.

<b>6. BAKGRUND</b>	<b>53.</b>
6.1 Vindkraft och transporter	53.
6.2 Val av vindkraftsparker	54.
6.3 Kostnader och värderingar, nyttor och värden	59.
6.4 Tre luftskeppsföretag – tre länder	62.
<b>7. FALLSTUDIER</b>	<b>67.</b>
7.1 Markbygden	67.
7.1.1 Allmän beskrivning av området	67.
7.1.2 Anläggningens storlek	68.
7.1.3 Antalet enheter att transportera och lyfta	68.
7.1.4 Infrastruktur	69.
7.1.5 Transportvägar	69.
7.1.6 Transportarbete	69.
7.1.7 Operativa kostnader och övriga infrastrukturkostnader	70.
7.1.8 Miljökonsekvensbeskrivning	70.
7.2 Havsnäs	76.
7.2.1 Allmän beskrivning av området	76.
7.2.2 Anläggningens storlek	76.
7.2.3 Antalet enheter att transportera och lyfta	76.
7.2.4 Infrastruktur	77.
7.2.5 Transportvägar	77.
7.2.6 Transportarbete	77.
7.2.7 Operativa kostnader och övriga infrastrukturkostnader	77.
7.2.8 Miljökonsekvensbeskrivning	77.
7.3 Topperyd	82.
7.3.1 Allmän beskrivning av området	82.
7.3.2 Anläggningens storlek	82.
7.3.3 Antalet enheter att transportera och lyfta	82.
7.3.4 Infrastruktur	82.
7.3.5 Transportvägar	83.
7.3.6 Transportarbete	83.
7.3.7 Operativa kostnader och övriga infrastrukturkostnader	83.

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

7.3.8 Miljökonsekvensbeskrivning	83.
<b>8. STRUKTURERING OCH ANALYS</b>	<b>88.</b>
8.1 Varför undersökning av lättare än luft lösningar	88.
8.2 Jämförelser med dagens teknik och lättare än luft teknik	88.
8.3 När passar luftskeppstekniken som bäst	93.
<b>9. TRE FRAMTIDSSCENARIER</b>	<b>94.</b>
9.1 Scenario 1. Business as usual	94.
9.2 Scenario 2. Storskalighet och småskalighet sida vid sida	96.
9.3 Scenario 3. Kostnadseffektiv och miljöanpassad	98.
<b>10. SLUTSATSER OCH FRAMTID</b>	<b>103.</b>
10.1 Möjligheter för Sverige	103.
10.2 Komparativa fördelar och det matematiska ramverket	104.
10.3 Transportsystemets utveckling	106.
10.4 Fördjupad analys av transportkostnaderna	108.
10.5 Demonstrationsprojekt	108.
<b>EPILOG</b>	<b>111.</b>
<b>11. REFERENSER</b>	<b>114.</b>
<b>12. RAPPORTFÖRFATTARNA</b>	<b>115.</b>
<b>13. BILAGA – Reserapport till Tyskland (pdf fil). En reserapport om CargoLifters ballongkranlösning.</b>	

## Förord

Denna studie handlar om den satsning som genomförs i Sverige inom vindkraftsområdet som en del av omställningsarbetet av det svenska energisystemet. En delsatsning som är viktig för att uppnå riksdagens klimatmål och övriga mål inom energipolitiken. Syftet med studien är att finna attraktiva lösningar på transport och logistikfrågorna som kan bli kostsamma för samhället, för företagen, för lokalt boende, för natursystemen och för klimatet om de hanteras på ett mindre fördelaktigt sätt.

Tyngdpunkten och huvudfokus i studien är på transport- och logistikrelaterade frågeställningar. Först och främst har vi jämfört konventionella transportlösningar med alternativet att också använda lättare-än-luft teknik där fokus lagts på jämförelser ur tillämpnings- och kostnadssynpunkt. För det andra har vi satt in frågorna i en vidare utvecklingsram eftersom vindkraftsutbyggnaden alstrar transporter som påverkar användningen av den befintliga infrastrukturen, byggandet av ny infrastruktur och olika ekosystemtjänster samt markanvändningen i stort.

Vi har haft ett helhjärtat stöd för genomförandet av studien från Energimyndigheten som varit studiens huvudfinansiär. Lars Alfrost på Energimyndigheten har både varit vårt bollplank på myndigheten och försett oss med viktigt underlagsmaterial. Gunnar Fredriksson Svensk Vindenergi, Carl-Heinrich von Gablenz CargoLifter, Claes Dalman PEAB, Michael Talesnikov RosAeroSystems, Kenneth Bergquist Svejvind, Gordon Taylor Hybrid Air Vehicles är några av de personer som bidragit till att undersökningen kunnat genomföras. Gunnar Lyckhage, On Line Förlag, har på ett förtjänstfullt sätt gjort denna text mera läsbar. Flera andra skulle kunna nämnas som på ett eller annat sätt pekat på synsätt, lösningar och perspektiv som är centrala när framtidens energiförsörjning ska läggas fast. Självfallet står vi ensamma ansvariga för framförda data, fakta, analyser och slutsatser.

Teknologie doktor Matts Lundin har varit projektledare och civilekonom Ulf Svensson har varit utredare.

Stockholm 2011-11-11

Matts Lundin, projektledare och Ulf Svensson, utredare

## 1. Sammanfattning.

En allt viktigare kraftkälla i den svenska energipolitiken är vindkraften som expanderat kraftigt under de senaste åren. Energimyndigheten är den myndighet som har huvudansvaret för att stödja och underlätta vindkraftsutbyggnaden och se till att energiförsörjningen både blir kostnadseffektiv och miljöanpassad. Energimyndigheten är också uppdragsgivare och huvudfinansiär av denna studie som handlar om vindkraftsutbyggnad, transporter och logistik.

Orsakerna till att transport och logistikfrågorna blivit alltmera centrala för utbyggnaden av vindkraften är flera. För det första krävs omfattande infrastrukturutbyggnad på och omkring de platser där det etableras större vindkraftsanläggningar. För det andra byggs många av de nya anläggningarna i känsliga naturmiljöer vilket negativt kan påverka djur- och växtlivet eller på annat sätt påverkar naturgeografin negativt. För det tredje är vägnätet i de aktuella utbyggnadsområdena ofta av sämre standard vilket innebär att det ofta krävs omfattande upprustning av vägstandarden för att klara av det ökade trafikarbetet. För det fjärde är kapacitetsproblem och störningsproblem på det allmänna vägnätet, med bland annat ökad dispenstrafik, en stor och växande samhällsekonomisk kostnad som uppmärksammats i samband med vindkraftsutbyggnaden. För det femte är säkerhet och trygghet i transportsektorn ett tema som alltmer apostroferas. Generellt gäller att lastbilstrafik, som är huvudalternativet för transporter vid byggnationen av ny vindkraft, är förknippade med mer olyckor och skador än andra transportsätt.

En möjlig lösning på flera av de problem som berörts ovan är att använda luftburna system, lyftballonger, luftskepp och hybridluftskepp, som kommit till ett nytt utvecklingsstadium under 2000-talet. Orsaken till det ökade intresset för denna nygamla teknik är de transport och logistikutmaningar som olika industrigrenar möter som opererar i områden med dåligt utvecklad eller obefintlig infrastruktur, militära organisationer som har stora behov av att snabbt kunna försörja militära eller civila insatser med materiel och underrättelser samt olika räddningsaktioner i samband med naturkatastrofer eller länder som kollapsat efter interna stridigheter.

Resultaten av föreliggande studie, som syftar till att ur ett tillämpningsperspektiv och ur kostnadssynpunkt jämföra användning av konventionell logistik och transporter med den alternativa, lättare än luft teknologin, visar att det är meningsfullt och rationellt att gå



vidare och undersöka möjligheterna att använda denna nya teknik i framtiden. Konkret har studien kartlagt, analyserat och jämfört vilka kostnader som konventionell logistik och transportmetoder har vid tre svenska vindkraftparker och undersökt vilka kostnader respektive möjligheter som finns för att istället använda lättare än luft teknik i större utsträckning vid de tre vindkraftsparkerna. Studien visar att det finns stora kostnadsfördelar med den nya lättare än luft tekniken utifrån den matematiska rammodell som tagits fram för denna undersökning. Denna modell identifierar tre olika kostnadskomponenter: operativa transport- och hanteringskostnader, infrastrukturkostnader och lägeskostnader. För alla dessa tre kostnadskomponenter, som i sin tur innehåller ett antal kostnadslag, bidrar den nya lättare än luft tekniken till potentiellt stora kostnadsbesparingar.

Till denna slutsats ska också läggas annan teknikutveckling, som om den tas tillvara, ytterligare skulle göra vindkraften mer kostnadseffektiv och miljöanpassad. Torn byggda i trä istället för stål, med samma massa och styrka som stål, skulle minimera utsläppen av växthusgaser. Hissanordningar för att lyfta torndelar, i kombination med lättare än luft teknik, skulle kraftigt minimera transportarbetet. Alternativt drivmedel, biologiskt nedbrytbart, skulle reducera skador på djur och växtligheten respektive på vattendrag i känsliga naturmiljöer. Dessutom kan man med lättare än luft tekniken också bli friare i valet av lokaliseringsplatser av framtida vindkraftverk vilket både kan öka elkraftsproduktionen och minimera skadeverkningar av intrånget. Överhuvudtaget finns en potential till att reducera kostnader och minimera skador eller negativ påverkan på både natur och samhälle med denna nya teknik. Det finns i dag heller ingen myndighet som ansvarar för de sammantagna ekologiska effekterna av vindkraftsutbyggnaden vilket fått Naturvårdsverket att överväga att på eget initiativ göra en sådan utredning.

Studien visar, vid en jämförande analys mellan i dag använda transport- och hanteringsmetoder och möjligheten att använda lättare än luft teknik i en framtid, även bör inkludera ett flertal tunga kostnadskomponenter utöver de operativa transportkostnaderna. Den totala kostnadsbilden bör därför omfatta ett flertal typer av kostnader i framtida, fördjupade analyser som grovt kan sammanfattas:

1. Operativa transport- och hanteringskostnader.
2. Infrastrukturkostnader inkluderande bland annat Trafikverkets krav på dispenstransporter, behov av nybyggda och förstärkta vägar, förväntade underhållskostnader av vägnätet under höst, vinter och vår.

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

3. Förväntade störningskostnader för transporter under byggprocessen på grund av väderlek och årstid.
4. Lägeskostnader för anläggande av hårdgjorda ytor för vägar samt nödvändiga hanterings- och lagerytor. Dessa kostnader inkluderar de uppkomna eko-kostnaderna.

Slutligen finns ett förslag till tillsättandet av en Vindkrafts Kommission som presenteras i kapitel 9. Framtidsscenarier. Syftet skulle vara att fördjupa och bredda kunskapsunderlaget kring transport- och logistikfrågorna respektive miljöfrågorna eftersom forskningsfronterna avancerar snabbt inom klimat- och miljöområdena. Dessutom borde man förstärka medborgarinflytandet i den fysiska planeringen eftersom de förändringar som sker i ett landskap många gånger kan vara irreversibla, påverka andra näringar och de bostads- och rekreationsområden som finns lokalt och regionalt, resurser som även är viktiga för turistindustrin.



*I Netzschkau, som ligger i Vogtland vid gränsen till Tjeckien i för detta Östtyskland, finns denna ballongsite som CargoLifter tagit över från en tidigare operatör som bedrivit ballonguppstigning för turistindustrin. Här bedriver företaget ett omfattande utvecklingsarbete för att testa allt från "parkering" av ballongen när den inte används till precisionslyft. Under sommar och semestersäsongen kommer man dock att ta upp traditionen med ballonguppstigning för turister av främst två skäl; det ger intäkter som kan användas i företaget och man får reklam för sin verksamhet. Ett tredje skäl är att turistillströmningen till Netzschkau halverats när ballongverksamheten lades ner från 400 000 besökare till 200 000. Nu räknar man med att åter dra turister till Netzschkau vilket betyder mycket för andra företag i byn. Förutom attraktionen att flyga ballong är en uppstigning den enda möjligheten för intresserade att se hela den unika bro – die Göltzschtalbrücke - som finns i fonden, även kallat det åttonde världens underverk.*

*Foto: Lars Alfrost.*

## 2. Inledning.

### 2.1 Upplägg – undersökningen i korthet

Vår uppgift är att få fram data och uppgifter om den nuvarande transportefterfrågan, samt relevanta kostnader, för utbyggnaden av vindkraften i Sverige med konventionell teknik och jämföra denna efterfrågan och dessa kostnader med ett alternativ där man också använder lättare än luft teknik. Med det senare alternativet, som är ett luftburet transportsystem och som representerar ett nytt transportutbud, kan man enligt våra preliminära bedömningar minimera investeringarna i förstärkt eller ny infrastruktur, ofta i känsliga naturmiljöer, samt undvika en del av de kapacitetsproblem och störningar på befintlig infrastruktur som uppstår i samband med byggnation av nya vindkraftparker.<sup>1</sup> Dessa vindkraftparker är dessutom ofta lokaliserade i områden med lägre standard på vägnätet. Eftersom lastbilstransporter utgör det viktigaste transportsättet för den nuvarande vindkraftsutbyggnaden krävs ofta också omfattande vägförbättringar för att transportererna ska fungera väl.

Både transport- och logistikkostnaderna är centrala delar av vindkraftsutbyggnadens samhällsekonomiska kostnader och resursanspråk vilka är föremål för en rad olika utredningar.<sup>2</sup> Dessa båda kostnadsslag består i sin tur av två huvudtyper; företagsekonomiska kostnader respektive samhällsekonomiska kostnader. De företagsekonomiska kostnaderna består framförallt av leverantörernas transportkostnader och byggande av ny infrastruktur medan de samhällsekonomiska kostnaderna omfattar allt från ökade olycksrisker på våra vägar till ökade drifts-, underhålls- och förbättringskostnader på vägnätet. Eftersom samhällets mål är att skapa en kostnadseffektiv och miljöanpassad energiförsörjning, inte minst med hänsyn till den tilltagande klimatförändringen och övriga miljömål som innefattas i vår studie, handlar vår undersökning om att identifiera och värdera relevanta kostnadsposter och resursupoffringar utifrån en modell där vi identifierar dagens och morgondagens transportefterfrågan och transportutbud.

---

<sup>1</sup> Luftskeppens återkomst. SBUF finansierad förstudie om nytt transportslag inom byggsektorn. Av Matts Lundin och Ulf Svensson mars 2009.

<sup>2</sup> Samhällsekonomi vid transporter av vindkraftverk, 2009-10-21, WSP.

## 2.2 Eko-effektiv ekonomi

En viktig anledning till att genomföra denna utredning är således att finna åtgärder inom transportområdet för att verkligen åstadkomma en mer kostnadseffektiv och miljöanpassad energiförsörjning. I en tidigare studie för SBUF konstateras att det finns en potential för att reducera transportarbetet för vindkraftutbyggnaden, samt även under drift- och underhållsskedet samt vid avveckling, via användningen av lättare än luft teknik, som exempelvis lyftballonger och luftskepp.<sup>3</sup> Förutom mindre transportarbete som ger lägre utsläpp finns också andra fördelar, som mindre ingrepp i naturen, ökad flexibilitet vad avser lokaliseringsplatser, ökad transportsäkerhet på vårt befintliga vägnät, för att nämna några av dem. Lättare än luft tekniken ger också en rad uppslag till nytänkande, innovation, minskad sårbarhet via bättre lokal resurs- och energibalans samt ökade exportmöjligheter. Dessutom stärks konkurrenskraften för svenska företag som kan delta i utvecklingsarbetet med att ta fram alternativ med lägre kostnader respektive minskad miljöbelastning. Begreppet ”eko-effektiv ekonomi”, som lanserats av vår nuvarande regeringskoalition, kan i denna kontext ses som en affärsstrategisk vision om en energikälla som nyttjar ren naturkraft i form av vind (green energy), teknologi som minimerar, eller ersätter, koldioxidkrävande material, byggande av ny infrastruktur och färre transporter, som dessutom är klimatneutrala och utsläppsfria (green technology & green infrastructure), reducerar transportarbetet i betydelsen ton per transportkilometer (green transport) samt minimerar uppoffringar och värden inom biologisk mångfald inklusive ekosystemtjänster (green impact) och som därmed kan bli en kraftfull utgångspunkt för bygget av ett hållbart samhälle.<sup>4</sup>

Utbyggnaden av den svenska vindkraften utgår från en beslutad planeringsram på 30 TWh/år till 2020 vilket motsvarar mellan 3000 och 6000 nya vindkraftsverk. Det faktiska utfallet kan dock bli både mindre eller större beroende dels på framtida beslut angående planeringsramens storlek, dels på faktisk byggnation som exempelvis påverkas av valutakurser, konjunkturläge, faktorprisernas utveckling, subventioner och elpriser. Dessutom kommer inte all förnyelsebar energi att produceras via vindkraft. Målet för förnybar el, där vindkraften är en av möjliga produktionssätt, är 25 TWh till år 2020 jämfört med år 2002. Beträffande vindkraftselens andel av den förnybara elproduktionen visar de senaste siffrorna att en trolig produktion är cirka 12,5 TWh till 2020.<sup>5</sup> Det så

---

<sup>3</sup> Se referens 1.

<sup>4</sup> Mot en eko-effektiv ekonomi – 12 svenska exempel, Miljödepartementet och Näringsdepartementet, juli 2009.

<sup>5</sup> Enligt Lars Alfrost, Energimyndigheten.

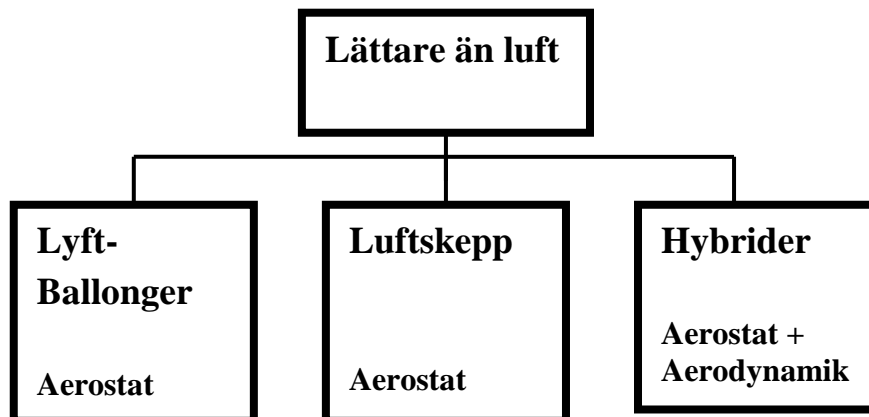
kallade ”Samarbetsmekanismer enligt EU:s förnybartdirektiv” är ytterligare en annan faktor som kan påverka vindkraftutbyggnadens omfattning i Sverige.<sup>6</sup>

### 2.3 Lättare än luft – olika farkosttyper.

Principen med lättare än luft teknik kan nyttjas i tre olika typer av farkoster. I denna studie har följande tre farkosttyper undersökts (luftburna vindkraftssystem har inte undersökts inom ramen för denna studie):

1. **Lyftballonger.** Dessa är i huvudsak konstruerade för att nyttja den vertikala lyftkraften (aerostatisk lyftkraft). Med hjälp av yttre kraft, till exempel via ett datastyrt styrsystem, vajrar och block, kan man beräkna och styra tunga lyft så att de även kan nyttjas för horisontella förflyttningar.
2. **Luftskepp.** Dessa är också konstruerade för att nyttja den vertikala lyftkraften men är dessutom utrustade med propellrar för horisontell förflyttning.
3. **Hybrider.** Är konstruerade som luftskepp men är dessutom designade för att kunna få en kompletterande lyftkraft då skeppet förflyttar sig horisontellt via en aerodynamisk lyftkraft. Detta uppnås genom att luftskeppet har en ”vingprofil”.

Figur 1. Principiell uppdelning av farkoster som nyttjar lättare än luft teknik.



<sup>6</sup> Samarbetsmekanismer enligt EU:s förnybartdirektiv, Möjligheter och begränsningar, ER 2010:18. Statens Energimyndighet 2010.

## 3. Uppdraget.

### 3.1 Undersökningen

Omställningen av det svenska energisystemet, från ett stort beroende av energikällor som producerar stora mängder koldioxid respektive kärnkraftsenergi med ändliga råvarutillgångar och stora säkerhetsrisker, till ett klimatneutralt och hållbart energisystem med förnybara energikällor, har inletts i stor omfattning under 2000-talet. Denna undersökning har valt att specialstudera vindkraftsutbyggnaden med tanke dels på att byggnationen, driften och underhållet samt avvecklingen efter 20 – 25 års drift alstrar omfattande transportarbete, dels att transportererna sker i områden som kräver förstärkning av det befintliga vägnätet, eller i många fall, ett helt nytt vägsystem vilket påverkar markanvändningen direkt och indirekt. Ett skäl att undersöka alternativa transportlösningar, i detta fall transporter och tunga lyft med lättare än luft teknik, är att potentialen för att minimera negativ påverkan bedöms vara stor samt att det finns både företagsekonomiska och samhällsekonomiska vinster att göra med ett transportsätt som har möjligheter att bli resurseffektivt och klimatneutralt.

### 3.2. Uppdraget

Denna studie syftar till att ur tillämpnings- och kostnadssynpunkt jämföra användningen av konventionella logistik- och transportlösningar inom vindkraftsområdet, företrädesvis sjötransporter, lastbilstransporter respektive mobila och fasta kranar, med alternativet att använda lättare än luft teknologi, via tre fallstudier. Framförallt är det uppbyggnaden av nya vindkraftsanläggningar som fokuseras i studien men även möjligheterna att under drifts- och avvecklingsskedet nyttja denna teknologi, kommer att diskuteras inom studiens ram.

Det övergripande målet med studien är att undersöka om det finns fördelar med att använda luftburna system för tunga lyft och transporter med avseende på kostnader, infrastrukturinvesteringar och intrångsstörningar, kapacitetsproblem och olycksrisker på vägnätet, miljöstörningar i områden med extra känslig miljö, påverkan på djur- och växtlivet samt på naturgeografin. Målet mer preciserat är att;

a) Kartlägga kostnader för konventionell logistik och transportmetoder vid tre vindkraftparker samt kartläggning av möjligheter och kostnader för tillämpning av lättare än luft teknik vid tre vindkraftparker.



b) Kartläggningen ska resultera i jämförelse som beskriver kostnadsfördelar samt kostnadsnackdelar och potential för användning av lättare än luft teknik vid vindkraftetablering.

### **3.3 Uppdragets genomförande och omfattning**

Studiens ansats, efter en revidering och i samråd med Energimyndigheten, är att projektet genomförs i enlighet med följande steg<sup>7</sup>;

1. Undersökning och kartläggning av vindkraftens utbyggnad i Sverige, dess nuläge och framtida planer, mätt i antal torn och parkstorlekar
2. Val av tre vindkraftparker, baserat på ett antal urvalskriterier.
3. Strukturering och analys av olika kostnader för transporter, byggande och etablering av dessa parker baserat på nu nyttjad transport- och hanteringsteknik.
4. Strukturering och analys av kostnader i dessa parker baserat på lättare än luft teknik (luftskepp, lyftballonger och hybrider).
5. Rapport med presentation av kostnader och jämförande analyser mellan transport- och logistikalternativen för de tre vindkraftparkerna

Datansamlingen har skett i samarbete med leverantörer av vindkraftsanläggningar, transportföretag, byggansvariga samt företag inom lättare än luft teknik.

---

<sup>7</sup> Initialt fanns en idé om att bygga upp en databas avseende transportefterfrågan alstrad av utbyggnad, drift och underhåll av Sveriges alla vindkraftsanläggningar, inklusive enheter, vikter och dimensioner som skulle transporteras och lyftas samt dess regionala fördelning. Ur denna databas skulle sedan olika selekteringar och analyser genomföras som i slutändan skulle resultera i företags- och samhällsekonomiska analyser utifrån några fallstudier. Ansatsen bedömdes vara alltför arbetskrävande utifrån valda tid- och kostnadsramar.



### 3.4 Fallstudier

Utifrån bedömning av urvalskriterierna (se nedan under rubrik 3.5 ”Urvalskriterier”) har projektet valt att studera de tre vindkraftparkerna; Topperyd, Havsnäs och Markbygden. De tre parkerna är landbaserade, i drift eller under byggnation och representerar tre olika storleksklasser. Projektet inriktar sig mot följande faktorer i dessa fallstudier.

- a) allmän beskrivning av området,
- b) anläggningens storlek,
- c) antalet enheter att transportera respektive lyfta,
- d) infrastruktur,
- e) transportvägar,
- f) transportarbete,
- g) operativa kostnader och övriga som exempelvis kostnader för infrastruktur,
- f) miljökonsekvensbeskrivning.

### 3.5 Urvalskriterier

Urvalskriteriet baseras på en grov strukturering och analys av de samhällsekonomiska kostnader som uppstår då en vindkraftanläggning/vindkraftpark skall byggas och som därefter skall servas och underhållas. Den samhällsekonomiska kostnaden utgör den viktade summan av olika kostnadskomponenter. Dessa kostnader är antingen mätbara i kronor eller icke direkt mätbara i kronor (se nedan under rubrik 3.6 ”Kostnader och nyttor, värde och värderingar”). Viktiga kostnadskomponenter går att koppla till utbudet av nödvändiga vägar som skall nyttjas vid lastbilstransporterna från leverantören till platsen där vindkraftparken skall byggas. En strukturering och analys av Trafikverkets värderingar och förhållningssätt till samtliga uppkomna kostnadsslag på grund av dessa transporter har ingått i urvalsprocessen.

### Metoden

Metoden för att välja tre typfall, det vill säga tre olika typer/lägen av vindkraftparker som skall byggas alternativt redan är byggda, är att välja tre olika platser i Sverige där en minskning av den samhällsekonomiska kostnaden, bland annat kostnaden för Trafikverket, kan förväntas bli stor om den nya lättare än luft tekniken nyttjas. Bedömningen av att en reducerad kostnad kan förväntas uppstå görs av utredarna i

samråd med Trafikverket, Energimyndigheten, Enercon och Vestas. Nedan ges några exempel på kriterier som har behandlats inför det slutgiltiga urvalet.

### **Landbaserade – havsbaserade**

I dag pågår förberedelser för både större landbaserade och havsbaserade lokaliseringar av vindkraftparker. Vid genomgång av framförallt Trafikverkets material framgår att även vindkraftparker till havs medför omfattande transporter på land. Eftersom det för närvarande inte byggs några större havsbaserade vindkraftparker i Sverige har detta alternativ strukits. Dock kan konstateras att intresset för havsbaserade lokaliseringslägen inom Europa har ökat under senare tid.

### **Orörda områden – redan exploaterade områden**

För vissa av vindkraftparkerna finns sedan tidigare en utbyggd infrastruktur som kan användas, ofta efter vissa kompletteringar. I andra fall byggs helt nya vägar, kraftledningsgator, uppställningsytor med mera på jungfrulig mark. Utifrån erfarenheterna hittills finns ännu inga av oss kända studier eller beräkningar av vad vägbyggena kostar i form av att tidigare koldioxidfällor nu blir hårdgjorda ytor. Detta är en kostnadspost bland flera för att nyttja orörd mark som ”producerar” olika typer av så kallade ekosystemtjänster och biologisk mångfald. En annan central kostnadspost i sammanhanget är förändrad markanvändning som sker genom att ett tidigare orört område blir tillgängligt. Exempelvis kan nya skogsvägar öka skogsbruket i ett område som tidigare varit för kostsamt att avverka.

### **Logistikupplägg – nyttjade transportslag**

I dag finns i huvudsak två typer av transportslag för att frakta material och komponenter till vindkraftverkparker; vägtrafik och sjötrafik. Järnvägen har däremot visat sig vara mycket svår att anpassa av främst två skäl. För det första överskrider de mått som godset högst får ha på järnvägen. För det andra ligger de platser som är lämpliga att bygga vindkraftparker på ofta inte i närheten av järnvägsspår. Ytterligare en aspekt är att de torn som nu byggs eller planeras i främst skogsmiljö, som kräver allt högre tornhöjder på grund av vindförhållandena i denna typ av vindmiljö, har svårt att klara transportkraven (transportmöjligheterna begränsas av att basdiametern överskrider tillåtna mått för transport på det svenska vägnätet) med nuvarande konstruktionslösningar av

ståltornen<sup>8</sup>. Det kan finnas alternativ men dessa är ännu inte tillgängliga på marknaden eller anses alltför kostsamma. Centrala logistikfrågor, förutom transportmedelsval, är frekvens, tid, kapacitet, försening och tidprecision. Även valda vägar och kombinationer av vägtrafik och sjötrafik är en del av logistikfrågorna.

### **Urvalskriterium – vindkraftparkens storlek**

Urvalet av studerade vindkraftparker bör också beakta parkens storlek (antal torn, producerad energimängd/år). Denna faktor gör det möjligt att finna indikationer på skalfördelar vad gäller kostnaderna för transporter och montering av vindkraftverken i en park om antalet torn ökar. Syftet är också att strukturera och analysera indikationer på att potentialen för att nyttja lättare än luft teknik, jämfört med nu nyttjad teknik, kan påverkas av parkens storlek.

### **Övriga samhällsekonomiska och miljömässiga faktorer**

Till övriga faktorer som är betydelsefulla vid ett urvalsförfarande kan följande läggas; a) dispenstrafikens omfattning, b) lokaliseringen visavi tillverkningsplatser (vindkraftkomponenter), c) maskin- och materialtransporter för nya vägar och annan byggverksamhet, d) transporter för lyft och montage, e) transporter för elnätutbyggnaden, f) persontransporter, g) demontering av vindkraftverk, h) restidsfördröjningar, i) olycksrisker, j) påverkan på busstrafiken, k) drift och underhåll av vägar, l) dag- eller nattransporter. Denna uppräkningslista är ett urval vilket innebär att de finns fler faktorer som kan läggas till denna lista.

### **Slutgiltigt val enligt urvalskriterierna**

De urvalskriterier som redovisats ovan har, i samband med det konkreta valet av tre vindkraftparker, kompletterats och förtydligats enligt följande:

1. Parkerna är landbaserade. Andelen havsbaserade parker är, både mätt i antal parker och i antal torn, låg och förväntas också bli det i den framtida utbyggnaden av vindkraften i Sverige.

---

<sup>8</sup> Höga torn för vindkraftverk. Vilka torn typer är intressanta? Vad kostar tornhöjden? Föredrag av Staffan Engström 2010 på seminariet "Vindkraftsforskning i fokus" den 25 november på Chalmers i Göteborg. Se även rapporten "Tall towers for large wind turbines. Elforsk rapport 10:48.

2. Parkerna refererar till tre storleksklasser enligt nedan:

- I. 1 – 4 torn.
- II. Fler än 4 torn.
- III. 1101 torn.

En variation i storleken på parker gör det möjligt att finna indikationer på olika skaleffekter, både vad gäller kostnader i nuläget och kostnader vid den framtida utbyggnaden. Vid den framtida utbyggnaden jämförs även kostnaderna och skaleffekterna mellan dagens nyttjade teknik och lättare än luft tekniken.

3. De utvalda parkerna är i drift eller är under utbyggnad.

4. Parkerna erbjuder möjligheter att få tillgång till tillförlitliga kostnadsdata.

5. De valda parkerna är; 1) Topperyd (1-4 torn), 2) Havsnäs (fler än 4 torn) och 3) Markbygden (1101 torn).

Ett mål med denna utredning är också att få fram en översiktlig transportmodell över transportefterfrågan och transportutbud och hur denna kan relateras till företagens respektive till samhällets kostnader. Via modellen kan man också ge indikationer på vad förändringar i efterfrågan på transporter respektive utbud av transporter har för effekter. Exempelvis har nya typer av luftskepp en direkt effekt på utbudet medan andra materialval eller konstruktionslösningar har en direkt effekt på efterfrågan.

### 3.6 Kostnader och nyttor, värde och värderingar

Processen att planera och bygga upp en vindkraftpark medför en mängd olika kostnader som kan ställas i relation till olika nyttor. För att göra en uppskattning av alla involverade företagsekonomiska och samhällsekonomiska kostnader har för denna studies räkning tagits fram en matematisk modell. Med följande matematiska ramverk kan man värdera olika ingående kostnadskomponenter på ett transparent och kontrollerat sätt enligt följande;

$$C_{Tot} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot x C_i$$

Där  $C_{Tot}$  = den totala sammanvägda kostnaden

$k_i$  = viktningskoefficienten för kostnadskomponenten  $i$

$C_i$  = kostnadskomponenten  $i$

På detta sätt kan man addera alla kostnadskomponenter och dessas relativa betydelse på ett strukturerat och transparent sätt.

Exempel kostnader på detaljnivå;

Den totala kostnaden, från lastning och transport från leverantören till färdig montering och drift i vindkraftparken, omfattar ett flertal kostnadskomponenter. En strukturering av dessa kan utgå ifrån tre huvudgrupperingar av kostnader.

- a) Operativa transport- och hanteringskostnader
- b) Infrastrukturkostnader
- c) Lägeskostnader

a) Operativa transport- och hanteringskostnaderna omfattar:

1. Operativa kostnader för transport med lastbil, fartyg, färja.
2. Operativa kostnader för kran vid lastning, lossning, omlastning samt lyft vid montering.

3. CO<sub>2</sub> utsläpp.
4. Tidskostnad (kapital).
5. JIT (just in time) kostnad (risk för förseningar/tidsprecision).
6. Störningar och tillgänglighet på grund av väder och årstid.
7. Varierande tillgänglighet med hänsyn tagen till tid på dygnet.

b) Infrastrukturkostnaderna omfattar:

1. Nya vägar.
2. Förstärkning och breddning av befintliga vägar.
3. Reparation och underhåll av vägar.
4. Förstärkning och underhåll av broar.
5. Förlust av naturvärden och kulturvärden.
6. CO<sub>2</sub> utsläpp.
7. Ekosystemkostnader.
8. Störningar och tillgänglighet i transporten på grund av väder och årstid.
9. Ökade tidskostnader för övrig trafik.
10. Varierande tillgänglighet med hänsyn tagen till tid på dygnet.
11. Olyckskostnader.

c) Lägeskostnaderna omfattar:

1. Hårdgjorda ytor.
2. Buller.
3. Skuggor.
4. Arrendekostnader.
5. Värdeförluster.
6. Skyddsvärde för naturskyddade områden.
7. Ekosystemkostnader.
8. Alternativ markanvändning.
9. Förändrad markanvändning för omkringliggande mark.

Exempel på nyttor med vindkraftsetableringar:

Totalnyttan med att etablera en vindkraftpark är sammanfattningsvis att:

1. Leverera hållbar elenergi.
2. Generera arbetstillfällen.
3. Levandegöra en region (regional utveckling).
4. Näringslivsutveckling.

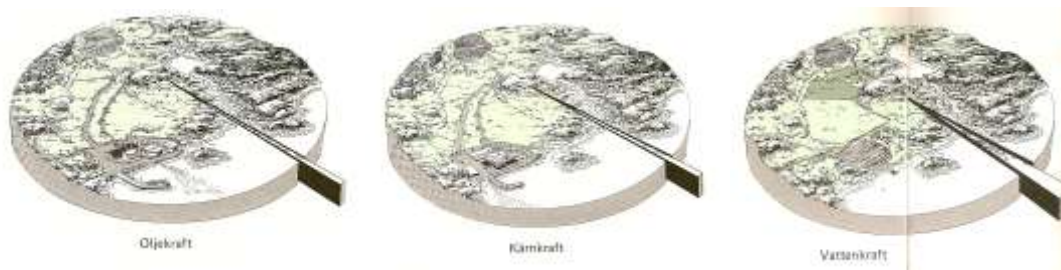
### **Värden och värderingar**

Stefan Edman, författare, miljödebattör och tidigare politiskt miljöskunnig i regeringskansliet åren 1996 – 2001, gör följande distinktion av värden och mätvärden;

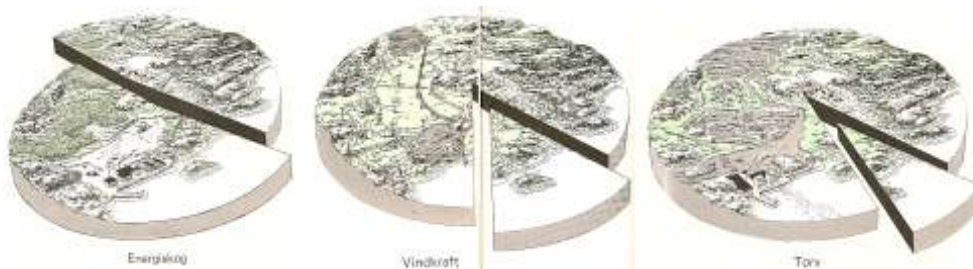
”Konflikten mellan vindkraft och miljömål av typen biologisk mångfald kan hanteras på vanligt sätt, eftersom bägge kan förses med numeriska fakta (antal eventuellt hotade arter, störningar på flyttfågelsträck med mera). Då är det värre med landskapsbilden, ”skönheten” och andra mer emotionella, subjektiva värden som inte enkelt kan mätas i till exempel kronor och ören.”

Det finns många olika slags fakta som både är svåra att mäta och att värdera, som exempelvis ljudstörningar eller bullerproblematik, vissa typer av värdeförluster på fastigheter, skuggtider, olycksrisker men också vissa natur- och kulturmiljövärden samt biologisk mångfald. I begreppet biologisk mångfald räknas också in ekologiska tjänster, så kallade ekosystemtjänster, som inledningsvis poängterats. Exempel på denna typ av naturtjänst är cirkulation av näringsämnen, vatten- och luftrening, fotosyntes, pollinering, syreproduktion, fröspridning, naturliga skadedjursbekämpare, skydd mot skadlig kosmisk strålning, mikroorganismers reningsfunktion, nybildning av jord, reglering av atmosfärens kemiska sammansättning via organismerna i biosfären, mediciner, nedbrytning av avfall, stabilt klimat, möjligheter till rekreation och andra naturupplevelser men också att naturkapitalet förser oss med mat, virke, vedråvara för att nämna några. Utomlands finns en del erfarenheter som skulle kunna bearbetas, för att bättre kunna bedöma de totala samhällskostnaderna för att ställa om det svenska energisystemet. I studien kommer dessa kostnadsposter att noteras och en grov beskrivning av dessa samband att beskrivas.

### Energiformen med små anspråk på markanvändning enligt Fysisk Riksplanering



### Energiformen med stora anspråk på markanvändning enligt Fysisk Riksplanering



I den statliga utredningen *Hushållning med mark & vatten 2*, SOU 1979:54 finns en illustration på olika energislags markanspråk vid en elproduktion om 6 TWh. Här framgår att markåtgången skiftar kraftigt mellan de olika energislagen. Dock framgår inte i denna illustration den totala markåtgången för respektive energislag där exempelvis kärnkraftens markanvändning också borde innehålla uranbrytning och slutförvaring av förbrukat bränsle samt riskzoner vid större kärnkraftsolyckor, där haveriet i Fukushima är det senaste exemplet. Stora mark- och vattenområden har nu blivit otillgängliga för lång framtid. I denna bild har vattenkraften ett relativt litet anspråk på markanvändning vilket inte stämmer med den bild som ges i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) för Markbygden där motsvarande energimängd som för vindkraftsparken skulle ta en betydande yta för dammbyggen i anspråk (ursprungligen finns det med en bild på kolkraft men den har utgått av utrymmesmässiga skäl men den motsvarar samma markanspråk som olja och kärnkraft).



### **3.7 Centrala kunskapsfält som behandlas inom studien**

Undersökning berör bland annat följande tre kunskapsområden som alla är under stark utveckling; lättare än luft teknologi, vindkraftsteknologi och klimatfrågan. Inom ramen för undersökningen har fokus legat på närtid men med viss tillbakablick på historien. När det gäller det historiska perspektivet har klimatproblematiken tidigare varit en ickefråga tills för drygt 10 år sedan då den blev en förstarangsfråga (dock upptäckte och beskrev forskaren Svante Arrhenius redan 1896 växthuseffekten och koldioxidens förmåga att stänga inne värmestrålning), medan vindkraften behandlats som en planeringsfråga med början på 1960- och 70-talen inom ramen för den fysiska riksplaneringen. Luftskeppsteknologin däremot går tillbaka till mitten av 1850-talet när de första styrbara farkosterna utvecklades i Frankrike. Dock har nytillkommande kunskap, nya material, nya erfarenheter och nya behov i grunden förändrat förutsättningarna för utvecklingen av lättare än luft farkoster.

### **3.8 Perspektiv allmänt**

Omställningen av det svenska energisystemet rymmer i sig en rad olika perspektiv, frågeställningar och ställningstaganden som vi i dag har svårigheter att till fullo kunna värdera och analysera. Ingen har facit för den framtida utvecklingen men vi som samhälle måste ändå agera. I denna studie konstateras att vindkraftsutbyggnaden befinner sig i en mycket kraftig expansionsfas och att det finns en stor optimism inom vindkraftsindustrin. Det kan också konstateras att det finns kritiska röster, där många i och för sig är positiva till vindkraften och vindkraftsutbyggnaden, men menar att etableringen av vissa vindkraftsanläggningar är dåligt anpassade till de platser som man valt för utbyggnaden. Framförallt är det faktorer kring miljön som apostroferas men även naturvärden centrala för turism- och rekreationssektorn. Nedanstående punkter är ett axplock av faktorer som kan framhållas och som kan ge en referensram åt denna studie, dess syfte och mål.

#### **1. Vindval.**

När besluten inom energiområdet fick den nuvarande inriktningen uppstod ett behov av forskning om hur vindkraft påverkar människor, natur och miljö. Programmet kom att kallas Vindval och är pågående. Initialt bedrevs en rad studier kring vattenlevande djur och fiskar eftersom det fanns en förväntan om kraftig utbyggnad av den havsbaserade vindkraften. I dag finns projekt som riktar sig mot landlevande djur som tamrenar, rovfåglar och fladdermöss eftersom dels många vindkraftsanläggningar lokaliseras till skogsområden, dels till områden i norra Sverige. Programmet omfattar i dag cirka 30

forskningsprojekt och kommer att pågå till 2012. Naturvårdsverket är ansvarig myndighet för programgenomförandet men programmet finansieras via Energimyndigheten.

Denna typ av forskningsprogram syftar bland annat till att göra det vetenskapliga underlaget mera gediget för att bland annat kunna göra bättre miljökonsekvensbeskrivningar samt underlätta planerings- och tillståndsprocesser. För att dra slutsatser av forskningen görs också syntesarbeten där man sammanställer och bedömer forskning om miljöeffekter av vindkraftsetableringar. Inom Vindval görs inga syntesarbeten av hur vindkraftsutbyggnaden påverkar markanvändningen, direkt och indirekt, nu eller i framtiden.<sup>9</sup> Inom Sveriges största vindkraftprojekt, Markbygden, anläggs totalt cirka 450 kilometer ny väg medan 250 kilometer befintlig väg rustas upp. Innebörden av ett nytt och upprustat vägnät är att tillgängligheten ökar också för andra verksamheters möjligheter att expandera, exempelvis skogsbruk, vattenkraft, gruvbrytning, rennäring, turistnäring och bergtäktsverksamhet. Stora ytor kommer således att hårdgöras vilket påverkar skilda naturprocesser, biotoper och arter. Förändrad markanvändning innebär inte automatiskt stora negativa effekter på miljön men det är viktigt att analysera och utvärdera de förändringar som kan bli följden eftersom de på sikt starkt kan påverka människor, djur och natur samt de ekosystemtjänster som naturkapitalet representerar. Inom Naturvårdsverket diskuteras också behov av forskning kring de totala miljökonsekvenserna för vindkraftsparksetableringar. Olika effekter av att ekologiska samband bryts och hydrologiska effekter av nyanlagda vägar är två exempel som pekar på behovet av mer forskning.<sup>10</sup> Dessutom kräver framtidens miljövänliga teknik både metaller och mineraler vilka bland annat finns i Sverige men, enligt Jan Magnusson, GD på SGU, till stor del saknas i Europa och i västvärlden.<sup>11</sup> I dag importeras dessa så kallade jordartsmetaller främst från Kina vilket innebär ett potentiellt behov av ny eller utvidgad gruvbrytning i Sverige. Erfarenheter från projekt där infrastrukturen byggts ut, det vill säga tillgängligheten ökat, talar också för att den ekonomiska aktiviteten ökar.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> Enligt samtal med Anna Richter Naturvårdsverket och Marianne Henningsson Linnéuniversitetet.

<sup>10</sup> Enligt samtal med Ebbe Adolfsson Naturvårdsverket.

<sup>11</sup> Debattartikel i DI den 2011-03-31, "Framtidens miljövänliga teknik kräver nya svenska gruvor."

<sup>12</sup> Fenomenet kallas ibland för nygenererad trafik eller inducerad trafik och innebär att utbyggnad av ett trafiksystem eller byggnation av en ny väg ofta leder till ökad trafik, det vill säga utöver omfördelningen av den trafik som redan finns i systemet. Stora trafikleder inom stadsregioner stimulerar till exempel en mer spridd bebyggelseutveckling medan vägar inom naturområden sänker kostnaderna för olika exploateringsändamål.

## 2. Kärnkraften.

Kärnkraftsolyckan i Japan, utlöst via en jordbävning i Stilla Havet och efterföljande tsunami, har påvisat kärnkraftens negativa påverkan på befintlig mark- och vattenanvändning. Det kommer att ta flera år att kartlägga, analysera och värdera vidden av denna katastrof men redan nu kan konstateras att mark- och vattentillgångar runt några av kärnreaktorerna har blivit obrukbara för en lång tid framåt. Under hur lång tid måste fisket upphöra i närregionen; odlad fisk, grönsaker och frukter, färskvatten, mjölk med mera kommer att vara otjänliga för mänsklig konsumtion under en viss tidsperiod. Här finns en kostnad som kommer att fortplanta sig i det japanska samhället som ingen i dag kan överblicka. Blir påverkan omfattande kommer också exploateringstrycket att öka på markanvändningen inom andra delar av landet vilket får en rad olika konsekvenser förutom stora kostnader för byggnation av ny samhällsinfrastruktur. Mark- och vattenområden kan således bli mer eller mindre helt obrukbara för människan vilket får långtgående effekter på hälsa, miljö och ekonomi.

I Tyskland har kärnkraftsolyckan i Japan dels fått opinionen att kräva nedläggning av landets 17 kärnreaktorer vilket också nyligen har beslutats, dels lyft fram en rapport till Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit om utvecklingen av strategier för att öka den förnybara energin där det framgår att kärnkraften kan läggas ner utan att man får ökade koldioxidutsläpp.<sup>13</sup> Det som krävs är att man fortsätter det program man har för omställning av sitt energisystem i ytterligare 9 år, bygger nya kraftledningar samt viss utbyggnad av gasturbinverk. Det kräver varken ny användning av kol eller nya vindkraftverk men att man ersätter en del av vindkraftverken med större och effektivare anläggningar. Enligt rapporten är tre centrala delar i strategin: fortsatt utbyggnad av förnybar el, värmeeffektivisering och utbyggd kraftvärme i kombination med effektivisering av energiförbrukningen. Till skillnad från ovan nämnda rapport talar den tyska regeringen om att det kan krävas viss utökning av användningen av fossil energi samt import av el.

---

<sup>13</sup> Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien, Leitstudie 2008.

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.



*Ballongkranlyft är det senaste exemplet på hur man kan använda lättare än luft lösningar för hållbar elenergiproduktion. Via ballongkranen AirCrane från CargoLifter kan man enkelt ta sig till lokaliseringsplatser/vindkraftanläggningar med minimal infrastruktur. Ballongen fylls antingen med helium, som är den gas som numera används mest i lättare än luft farkoster, eller med vätgas som tidigare betraktades med stor misstänksamhet. Dock kan man numera få dispens att använda vätgas till arbetsmaskiner vilket dels minimerar kostnaderna, dels gör att vätgasen kan produceras lokalt via elkraftsproduktion vid ett vindkraftverk. I dag diskuteras också möjligheterna att använda vätgas som bränsle för att driva ett luftskepp/hybrider eftersom koldioxidproblemen då försvinner helt. Foto: CargoLifter.*

### 3. Markdegradering.

Mark och vattenplanering för hela Sveriges yta, kallat den fysiska riksplaneringen, går tillbaka till 1960-talet och utgår från det faktum att olika verksamheter ställer skilda anspråk på dessa resurser, anspråk som inte alltid är förenliga.<sup>14</sup> Bakgrunden till riksplaneringens tillkomst var bland annat ett antal större etableringar inom energiområdet, som kärnkraftverk, vattenkraftverk och oljeraffinaderier samt etableringar av pappersbruk och liknande industrietableringar. Centrala begrepp i den fysiska riksplaneringen är hushållning, långsiktighet, konflikter, konsekvenser, obrutna områden och riksintressen för att nämna några. För vissa områden och/eller naturtillgångar, där det existerar efterfrågan från flera olika intressen och där området eller naturtillgången är extra känslig för naturpåverkan, är det av avgörande betydelse att hushållningen sker under villkor som är långsiktigt hållbara för att resursen inte degraderas i någon väsentlig mening. Att långsiktigt bevara de processer som bygger upp mark- och vattenresursen och dess kvalité, blir centralt i sammanhanget. Extra besvärligt blir det om man till detta lägger att när klimatet förändras så ändras till exempel också förutsättningar för skogsbruket (som kan förbättras eller försämrats), men också funktionaliteten för avsatta områden med en viss naturkvalitet. Dynamiken i detta komplexa samspel är något som olika forskningsdiscipliner måste interagera kring för att få en mer fullständig förståelse för.<sup>15</sup> När den fysiska riksplaneringen introducerades var klimatfrågan mer eller mindre en ickefråga medan anspråk, konflikter och riktlinjer för hushållning var förstarangsfrågor.

I takt med att klimatfrågorna växt i betydelse, att kunskaperna ökat om natursystemens påverkan på klimatet (och vice versa) och att vi fått nya kunskaper för att sätta ett ekonomiskt värde på ekosystemen, har forskningen producerat en mängd nya fakta och data som talar för varsam hantering av naturresurserna. Forskarna har i sammanhanget konstaterat att landbaserade ekosystem förlorat delar av sin förmåga att ta upp samt hålla kvar växthusgaser. Ett begrepp som lanserats för några år sedan är resilience och handlar om ett biosystems förmåga att ”klara av förändring och vidareutvecklas” samt ett perspektiv som genererar nya frågeställningar och nya idéer. Forskningsperspektivet handlar om att studera naturen och människan utifrån en integrerad helhet. Resilience för ett skogsområde som påverkas av en störning, till exempel en brand eller etablering av en

---

<sup>14</sup> Hushållning med mark & vatten 2, Del Överväganden och del 2 Bakgrundsbeskrivning, SOU 1979:54 och SOU 1979:55.

<sup>15</sup> Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden – begreppet Model Forest som ett exempel, Skogsstyrelsen rapport 7, 2006.

större industriverksamhet som exempelvis en större vindkraftpark, kan till exempel återgå till produktiv skogsmark om omgivningen är intakt och de processer som bygger upp markområdet är opåverkade (man talar inom forskningen om ”persistence” och menar att den interaktion som ständigt pågår på sikt återställer området i en ny balans). Om den omgivande markanvändningen påtagligt förändras kan den initiala störningen kraftig påverka möjligheterna att återställa den ursprungliga markanvändningen (här finns begreppet ”adaptability” som pekar mot en ny markanvändning som skiljer sig från den ursprungliga). Om däremot hela området omvandlas, där störningen inträffar, sker en totalt förändrad markanvändning (forskarna talar här om ”transformability” och menar en totalt förändrad markanvändning).<sup>16</sup>

#### 4. Arenor för hållbart brukande.

I Vilhelmina kommun finns sedan 2004 en arena för hållbart brukande av skogen<sup>17</sup>. Arenan, som syftar till att uppnå ett hållbart brukande för alla värden, utgår från begreppet Model Forest som är ett arbetssätt att omsätta visionen om ett uthålligt skogsbruk till praktisk verklighet. Konceptet och begreppet Model Forest (MF) är utvecklat i Kanada och syftar till att omsätta internationella konventioner i praktisk och konkret handling. Det svenska miljö kvalitetsmålet, Levande skogar, är det svenska begreppet för att bevara den biologiska mångfalden. Det innefattar också en strävan att få ut en ökad mångfald av varor och tjänster som skogen levererar. Vid sidan av Model Forest, där Vilhelmina Model Forest har följts av flera inom Sverige och Europa, finns andra liknande koncept såsom biosfärsområde, Ekokommuner, Världsarv, Eko-parker för att nämna några. Gemensamt för dessa initiativ är att de alla arbetar för ett hållbart utnyttjande av miljö- och naturresurserna integrerat med mänsklig aktivitet.

Utan att gå in i detalj kan man konstatera att arbetet i en Model Forest är ett mycket ambitiöst och gränsöverskridande arbetssätt för att nå ett uthålligt skogsbruk. Ett grundelement för arbetet är olika aktörers intressen såsom markägare, staten, myndigheter, forskare, lokalt boende och verksamma med flera samt att man långsiktigt strävar efter att mötas och enas om att finna strategiska, taktiska och operativa riktlinjer för ett hållbart nyttjande och förvaltande av ett område. Ett annat grundelement är att arbetet inom en Model Forest bygger på ett kunskapsbaserat samarbete över olika sektors- och disciplin gränser. Model Forest områdets storlek varierar också beroende på vilken fråga som behandlas. Exempelvis, för att naturligt förekommande arter ska kunna

---

<sup>16</sup> Föredrag av professor Carl Folke, Stockholm Environment Institute.

<sup>17</sup> Se referens 15.



fortleva i en livskraftig population krävs ofta att skyddet för arten i fråga både kan samspela med skogsbruket och att det formella skyddet planeras på rätt nivå vilket kan vara landskapsnivå. Andra ansatser vid sidan av landskapsnivå är ekosystemnivå och artnivå. Överhuvudtaget är Model Forest ansatsen intressant med tanke på att den har en strävan att överskrida enskilda vetenskaper och fackkunskaper, arbetar med långa perspektiv där även studier av historien ger värdefulla bidrag till både förståelsen och formandet av framtiden samt att ansatsen inte väjer för olika intressekonflikter. Tvärtom blir intressekonflikter viktig input i processen, som påverkar olika lösningsförslag till hur skilda skogs kvaliteter bäst kan brukas utifrån den breda ansats som Model Forest representerar.

## 5. Ekosystemtjänster.

Mark och vatten, och därmed förenligt djur och växtliv samt övriga processer, producerar ett antal nyttigheter för människan och övriga varelser i form av cirkulation av näringsämnen, vatten- och luftrening, fotosyntes, pollinering, syreproduktion, fröspridning, naturliga skadedjursbekämpare, skydd mot skadlig kosmisk strålning, mikroorganismers reningsfunktion, nybildning av jord, reglering av atmosfärens kemiska sammansättning via organismerna i biosfären, mediciner, nedbrytning av avfall, stabilt klimat, möjligheter till rekreation och andra naturupplevelser men också att naturkapitalet förser oss med mat, virke och vedråvara som några exempel. Dessa funktioner, resurser eller processer kallas för ekosystemtjänster (engelskans ecosystem services). Forskningen inom detta område går starkt framåt och sedan 2004 finns en mer stringent definition av dessa naturtjänster via Millennium Ecosystem Assessment som är ett FN-initierat arbete där över 1000 biologiskt inriktade forskare medverkat till att kunskapsläget stärkts inom detta område.

Numera finns en FN-konvention, Convention on Biological Diversity, till skydd för biologisk mångfald, som under oktober 2010 skärptes betydligt vid ett möte i Aichi-Nagoya Japan. Syftet med konventionen är att bevara och hållbart utnyttja världens naturkapital/jordens naturresurser. I en rapport från de sekretariat som håller i denna konvention framkommer att förändrad markanvändning är en central faktor, tillsammans med andra faktorer som exploatering av marina resurser, förändrade och nedsmutsade vattenresurser med flera faktorer, som påverkar biologisk mångfald.<sup>18</sup> Biologisk mångfald är inte enbart bra för naturens funktionssätt i allmänhet utan har också direkt

---

<sup>18</sup> Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services, 2010, Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

betydelse för klimatutvecklingen. Den amerikanske forskaren Chris Wilmers med kollegor, som forskar om klimatförändringens påverkan på markbundna system, rovdjurens påverkan på biologisk mångfald och djurlivets bevarande och sammanhållning samt nyligen varit i Sverige och talat om dessa frågor, menar att rovdjurstammens roll i klimatsammanhang är både underskattad och dåligt utforskad.

“Understanding the role of abiotic factors (such as climate) in population dynamics has grown in urgency and importance in recent decades with increasing documentation of the effects of climate change on patterns of abundance, population dynamics, and species interactions (Fagan et al. 2001, Parmesan and Yohe 2003, Thomas et al. 2004).<sup>19</sup>

## 6. Fysisk planering.

Fysisk planering är i dag framförallt en kommunal angelägenhet. Det var också avsikten att kommunerna, med stöd från länsstyrelserna, själva skulle planera den fysiska miljön via det drygt 20-åriga arbete som startade 1966 inom ramen för den fysiska riksplaneringen och där den kommunövergripande översiktsplanen var det planeringsdokument som förkroppsligade decentraliseringstanken. Ett centralt mål var också att det decentraliserade arbetssättet skulle stimulera den lokala demokratin. Människor skulle ges möjlighet att påverka utformningen av den framtida miljön. Ledorden vid tiden för införandet av ”lag om hushållning av naturresurser” (den så kallade Naturresurslagen, 1987) var bland andra följande; decentralisering, handlingsberedskap, demokrati, hushållning, anspråk, konflikter, långsiktighet, riktlinjer, fortlöpande kunskapsförsörjning med flera ord. Ett riksintresse som är relativt nytt, även om markanspråk på energi fanns med från början i den fysiska riksplaneringen, är vindkraft. När vindkraften diskuterades vid denna tidpunkt var den på utvecklings- och försöksstadiet. Vidare diskuterades var det fanns lokaliseringsförutsättningar utifrån en medelvindhastighet om 6 meter per sekund eller mer samt konfliktområden där det förelåg respektive inte förelåg motstående riksintressen eller andra primära intresseområde som exempelvis jordbruket. Framförallt pekades Sveriges kuster ut samt öar som Öland och Gotland och våra större insjöar.

I dag finns ett anspråk på markområden riksintressanta för vindbruk, från regering och riksdag, kanaliserade via Energimyndigheten, som omfattar cirka 2 procent av Sveriges

---

<sup>19</sup> Global Population Dynamics and Hot Spots of Response to Climate Change, Eric Post, Jedediah Brodie, Mark Hebblewhite, Angela D. Anders, Julie A. K. Maier, and Christopher C. Wilmers, June 2009/Vol. 59 No. 6, BioScience.



yta vilket ungefär motsvarar ytan på Gotland gånger tre. Målet är att dessa områden ska kunna härbärgera vindkraft motsvarande den ram som stipulerats av statsmakterna samt få genomslag i den kommunala planeringen. Men, och det är ett viktigt men, det är att kommunerna via sitt kommunala planmonopol har det avgörande inflytandet över markens användning.<sup>20</sup>;

”Planeringens inriktning och fokus bestäms i varje enskild kommun. En planering för en hållbar utveckling förutsätter att man i varje planeringssituation gör en balanserad avvägning mellan ekonomiska, sociala, kulturella och ekologiska mål. En sådan avvägning kräver att alla ingående aspekter/intressen lyfts fram och analyseras. Då behövs samverkan och delaktighet mellan alla berörda parter eftersom ingen enskild person eller organisation kan göra anspråk på att ha en helhetssyn. Även om en balanserad avvägning mellan olika intressen är en förutsättning för hållbar utveckling är det ingen garanti för att besluten leder mot en ökad hållbarhet.”

Tidigare hade Boverket utvärderingsansvaret av miljömålsarbetet ”fysisk planering och hushållning med mark och vatten samt byggnader” men detta upphörde genom antagandet av regeringens proposition ”Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete”<sup>21</sup>. Däremot har Boverket fortfarande ett ansvar för dessa frågor men inte på samma ingående sätt som tidigare<sup>22</sup>. Kritik har riktats mot Boverket och deras arbete med hushållning av mark och vatten, att verket inte kunnat hävda de värden som man är satt att administrera. Dock framgår av olika dokument att man saknar resurser och kompetens och att detta i sin tur beror på statsmakternas prioriteringar.<sup>23</sup> Miljökvalitetsmålen har också ändrat karaktär enligt följande<sup>24</sup>; ”En förändrad bedömningsgrund för miljökvalitetsmålen föreslås som innebär att målen fortsatt är mycket ambitiösa - men inte formulerade på ett sätt som gör dem omöjliga att nå.”

---

<sup>20</sup> Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Fysisk planering och hushållning med mark och vatten samt byggnader. Boverket oktober 2003.

<sup>21</sup> Prop. 2009/10:155.

<sup>22</sup> Enligt samtal med Ylva Rönning på Boverket.

<sup>23</sup> Hushållning med landets mark- och vattenresurser - ett led i Sveriges arbete för långsiktigt hållbart samhällsbyggande. Boverkets ansvar och uppgifter i ett framtidsperspektiv. Inspel till Utredningen om Boverket, Erik Casten Carlberg Båstad 2009-02-16

<sup>24</sup> Se referens 20.

## 7. Energieffektivisering och energieffektiva transporter.

Potentialen för att energieffektivisera är stor, lönsam och till stora delar outnyttjad. Potentialen i siffror rör sig mellan 40 TWh och uppåt respektive mellan 40 – 60 procent av den nuvarande energianvändningen. Dåvarande näringsminister Maud Olofsson brukade understryka att; ”Den sparade kilowattimmen är den absolut billigaste kilowattimmen”. Frågan om bättre hushållning med energiresurserna är inte ny. Redan i arbetet med den fysiska riksplaneringen apostroferades frågan och man framhöll behovet av att hushålla med energi. I dag vet vi mer i detalj inom vilka samhällsområden som det finns stor potential att spara energi, vilka investeringar som krävs för att nå sparmålen samt lönsamheten för olika sparåtgärder. Inte minst har Energimyndigheten ett omfattande material om arbetet med energieffektivisering, hur man går till väga för att kartlägga energianvändningen inom olika verksamhetsområden, vilka stöd som man kan få med flera aspekter på detta vida verksamhetsområde. Man konstaterar också att detta arbete inte bara sparar energi och miljö utan också att ett ökat energimedvetande leder till konkurrensfördelar för de företag som involverar sina anställda i arbetet. Energieffektivisering handlar därför lika mycket om förnyelsearbete som via demonstrationsprojekt och testverksamhet, som kan få ekonomiskt stöd från Energimyndigheten, och via marknadsintroduktion och affärsutveckling, som ibland också är stödberättigat, kan utveckla Sverige till en eko-effektiv ekonomi.

En del av åtgärderna för att minimera energianvändningen vänder sig mot transporterna i samhället. Även här arbetar Energimyndigheten aktivt med allmän rådgivning, stöd och informationsinsatser. Trafikverket, som är den myndighet som har huvudansvaret för transporterna i samhället, har genomfört en rad olika utredningar som specifikt har riktat sig mot transportarbetet inom vindkraftsområdet. Det har i dessa utredningar framgått att det finns en rad olika samhällsekonomiska kostnader som uppkommer vid vindkraftsutbyggnaden, vid sidan av leverantörens transportkostnader, och man konstaterar att många av dessa transporter sker på vägar med dålig standard vilket är lika med låg bärighet och låg plan- och profilstandard.<sup>25</sup> Dessutom ökar antalet dispenser vilket tillsammans med den låga vägstandarden gör att dessa vägar riskerar att köras sönder trots att bruttovikter och axellaster inte överskrider vid dessa vägavsnitt. Utredningarna från Trafikverket fastslår också att järnvägen saknar lastbärare för att frakta dagens vindkraftskomponenter vilket inneburit att järnvägen exkluderats ur diskussionerna om energieffektiva transporter. Däremot kommer sjötransporterna att spela stor roll för den fortsatta utbyggnaden eftersom det finns en rad hamnar i Sverige

---

<sup>25</sup> Transporter till vindkraftsparker – en handbok, Trafikverket, rapport 2010:033.

som klarar de kriterier som ställs för att kunna fungera som vindkraftshamn. Avseende potentialen för att använda luftburna system vid en fortsatt utbyggnad av vindkraften är föreliggande studie ett första försök att beskriva denna möjlighet. Denna potential ska dock inte bara värderas utifrån dagens förhållanden utan också ta i beaktande att både utbud, det vill säga nya typer av lättare än luft farkoster/lyftballonger, och efterfrågan, det vill säga nya typer av material och konstruktioner för att bygga vindkraftverk, ständigt kommer att förändras. Exempelvis påverkar materialval för tornen, där ett tyskt företag utvecklat ett nytt konstruktionskoncept i trä, efterfrågan på transporter.

#### **8. Riksintresse för vindbruk – från mål till ramar.**

Energimyndigheten har tagit fram en rapport om riksintressen för vindbruk.<sup>26</sup> I rapporten framgår att de planeringsmål för vindkraften som Energimyndigheten föreslår, som förändras över tid, innebär ”att genom den fysiska planeringen ska det finnas områden förberedda som anses lämpliga för vindkraft som kan rymma en årlig produktion av 10 (eller annat mål, vår anmärkning) TWh.” Vidare framgår av regeringens regleringsbrev till Energimyndigheten följande apropå myndighetens roll i detta arbete;<sup>27</sup>

*”Planeringsmålet för vindkraft är en årlig produktionskapacitet på 10 Wh till 2015. Myndigheten ska stödja och underlätta denna omfattande utbyggnad av vindkraften. Myndigheten ska som ett led i detta arbete höja kunskapsnivån om vindkraftens egenskaper och möjligheter. Som nationell expertmyndighet ska myndigheten vara pådrivande i det nationella arbetet med att främja vindkraften.”*

Det framgår vidare av rapporten att den viktigaste aktiviteten för Energimyndigheten i dessa fall är att skapa planmässiga förutsättningar för att den aktuella planeringsramen, som är 10 TWh till 2015 och 30 TWh till 2020, ska kunna uppnås. Energimyndigheten ansvarar för att besluta om riksintressanta områden för vindbruk men samråder med Boverket och länsstyrelserna. Dock är det den enskilda kommunen som via sitt planmonopol avgör om en vindkraftsetablering kommer till stånd eller ej. En följd av Energimyndighetens ansvarsområde är också att man kontinuerligt ser över riksintresset genom att löpande uppdatera anspråk samt vid behov gör en översyn av antal områden och ytor. Frågan om man använder de utpekade riksintresseområdena eller inte går i dagsläget icke att svara på eftersom ingen för närvarande vet var alla vindkraftverk är

---

<sup>26</sup> Riksintresse vindbruk 2008, ER 2008:17, Statens energimyndighet.

<sup>27</sup> Se referens 26.

lokaliserade.<sup>28</sup> Av samma anledning vet man inte heller hur styrande områdena för riksintresset har varit eller är för nya vindkraftsetableringar, även om Energimyndigheten för närvarande tar fram en noggrann databas över samtliga vindkraftverk i Sverige. När det finns motstående riksintressen så skall det intresse ges företräde som bäst gynnar en långsiktig användning av marken, vattnet och den fysiska miljön utifrån ett hushållningsperspektiv. Utpekandet av ett område som riksintresse för vindbruk har inte heller någon juridisk verkan. I praktiken är det en avväggningsfråga som avgörs i kommunen eller i länsstyrelsen men den kan i vissa fall hänskjutas till regeringen om det är en mycket omfattande etablering som den i Markbygden i Piteå kommun (se vidare under rubriken 6.1.8 Miljökonsekvensbeskrivning).



*Detta fotomontage från Luleå och Svartön visar förutom ett konkret lokaliseringsläge också en lokaliseringsprincip. Här har den tänkta exploitören, Luleå Energi, valt ett område som redan tidigare var planerat och förberett som industriområde vilket inneburit att det finns en infrastruktur och att området ur plansynpunkt redan är tänkt för*

---

<sup>28</sup> Enligt samtal med Weronica Andersson på Energimyndigheten.



Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

*industriverksamhet. I detta konkreta fall kommer det dock inte att bli någon etablering av vindkraft eftersom Försvarmakten motsatt sig planerna med hänsyn till militärflygets behov av hinderfria flygvägar. Andra exempel på omöjliga områden för ny vindkraft är obrutet fjäll, nationalpark och luftfart. Foto: Fotomontage Luleå Kommun.*



*Bilden visar Arise Windpowers vindkraftsanläggning i Oxhult, Halland. Här framgår att det funnits ett direkt behov av att iordningställa marken specifikt för att uppföra en vindkraftspark. Generellt gäller för att ett vindkraftsverk/en vindkraftsanläggning ska kunna få stämpeln "Bra miljöval" från Naturskyddsföreningen att de inte uppförs i känsliga områden eller områden med höga naturvärden. Med detta menas till exempel skogsklädda höjder som inte har avverkats och där rödlistade arter fått en fristad eller områden nära häckningsplatser för hotade rovfåglar. Generellt gäller att nationalparker, marinreservat, natura 2000-områden, viktiga flyttfågelssträck, fågelrastplatser, stora häckningskolonier för sjöfågel eller områden där stora mängder flyttfåglar passerar inte kan omfattas av märkningen Bra Miljöval. Dessa kriterier utvecklas också kontinuerligt och nu diskuteras fladdermöss och urskogsområden som nya hinder för godkännandestämpel. Vi har inga synpunkter på Arise Windpowers anläggning i dessa avseenden som relateras ovan utan bilden åskådliggör enbart den förändrade markanvändningen. Foto: Arise Windpower.*

### 3.9 Dynamik inom transportområdet

Vindkraftsutbyggnaden i Sverige överskrider många olika gränser, gränser som är svåra att förutse, men som successivt har uppdagats i takt med att nya vindkraftverk uppförts. Exempelvis har man infört nya regler kring avvecklingen av vindkraften så att det den dag som verken är obsoleta ska det finnas en finansiering för att kunna bortföra anläggningen och återställa marken i mer eller mindre ursprungligt skick. Denna typ av kontraktsvillkor skrivs numera regelbundet in vid tillståndsgivningen i nya projekt och är ett exempel på hur ett problem tas om hand tidigt i processen. I detta avsnitt ska några exempel ges som indikerar just kraften i de förändringar som kan skönjas inom transportområdet och som på sikt helt kan förändra synen på vad som är eftersträvänsvärt att uppnå för att vindkraftselen ska bli så kostnadseffektiv och miljöanpassad som möjligt.

#### 1. Dispenstransporter av odelbart gods.

Systemet i Sverige med dispensgivning av transporter som krävs för att frakta breda och långa laster är utformat för enstaka transporter. Eftersom mängden transporter för den nu planerade vindkraftsutbyggnaden har en omfattning som vida överstiger det som regelverket var tänkt att hantera förändras nu reglerna för dispensgivningen. Bland annat kommer antalet mil som godkänns för landsvägstrafik att minimeras, från 50 mil 2010, 40 mil 2011 till 35 mil 2012 vilket innebär att Trafikverket styr dessa transporter mot en kombination av sjö och landsvägstrafik. I Sverige uppfyller 10 av 56 allmänna hamnar alla de kriterier som satts upp för att fungera som en fullvärdig vindkraftshamn.<sup>29</sup> Dessutom kan många av de kvarvarande hamnarna kompletteras med mobil krankapacitet och därmed fungera som fullt fungerande för denna verksamhet. Kombinationen sjöväg och väg gäller dock enbart för större projekt medan mindre ”parker”, 2 torn respektive enskilda torn fortfarande kommer att få dispenser för längre vägtransporter. Eftersom många projekt är av denna senare karaktär kommer även fortsättningsvis transporter att ske i stor omfattning på vårt vägnät. Många transporter av vindkraftskomponenter sker också inom områden med sämre vägstandard vilket kan innebära att transporter som fått dispens ändå måste avbrytas om det finns risk för skador på vägen. Finns skyltar uppsatta om risk för skador på väg är det skyltens anvisning som gäller.

---

<sup>29</sup> Se referens 2.

## 2. Transportsystemets utveckling.

På samma sätt som vindkraften under 1960- och 70-talet befann sig i ett utvecklings- och försöksstadiet är framtidens hållbara transportsystem något som just nu livligt diskuteras. Inom IVA genomfördes ett framtidsinriktat projekt, Projekt Transport 2030, som syftade till att lyfta fram de utmaningar vi idag ställs inför för att motsvara de mål vi ställer på transportererna i ett modernt och hållbart samhälle.<sup>30</sup> Ledningen för IVA projektet satte upp fyra arbetsgruppen kring lika många teman eller perspektiv; samhället, transportköpare, infrastrukturen och transportörer, som särskilt viktiga för att nå målen (mål bilden) och skapa en samsyn och vision över hur transportsystemet i samhället ska kunna utvecklas samt också vara en unison röst i dessa frågor. Just målbilden är central i sammanhanget och innehåller en rad olika krav och egenskaper på transportsystemet 2030. Exempel på viktiga mål är; a) att transportererna, till skillnad från tidigare, inte längre sker på bekostnad av vår miljö, b) att en transports hela kostnad, inkluderande de fulla externa kostnaderna, ska ingå i kalkylen, c) att behoven av tillgänglighet styrs av behoven hos människor respektive företag, d) att via ett avgiftssystem föra över finansiella medel till områden med svag ekonomisk bärkraft. Det viktiga är därefter att initiera en process som styr mot bland andra dessa övergripande mål. Vi kan dock konstatera att det svenska transportsystemet är mycket sårbart och nyligen har drabbats av en rad olika störningar av mycket allvarlig karaktär både inom godstrafiken och inom persontrafiken. Störningarna drabbar samhällsekonomin i stor omfattning och trots stora ansträngningar kvarstår problemen. En stor andel av medel för investeringar i nybyggnation, upprustning och underhåll kommer att läggas i våra tätorter och i stråk viktiga för våra nationella och internationella relationer vilket innebär att det lågfrekventa vägnätet, det vill säga vägar i glesbygden, inte kommer att vara de mest prioriterade. Eftersom glesbygdsvägnätet kommer att vara viktigt för utbyggnaden av vindkraften i Norrland kommer transportfrågan även framgent vara en kritisk faktor för att bygga ut vindkraften. Men, i Projekt Transport 2030 har man också identifierat större projekt med potential att utvecklas till demonstrationsmiljöer samt projekt för helt nya utvecklingsinsatser. I utredningen talar man om EU som intressent och potentiell delfinansiär. Men i följande citat framkommer också att utmaningar kan bli övermäktiga;<sup>31</sup>

”Det har blivit tydligt för alla som medverkat i projektet att vi delar en vision som bygger på samsyn om utmaningar och mål. Vi har också insett att inget enskilt företag, ingen sektor eller samhälls nivå och inte heller staten eller EU kan mobilisera de resurser och tillhandahålla de förutsättningar som krävs för att

---

<sup>30</sup> ”Hållbar mobilitet 2030”, IVA rapport, 2010 och ”Transportsystem för hållbar utveckling och konkurrenskraft”, IVA rapport, 2010, Slutrapport från projektet Transport 2030.

<sup>31</sup> Se referens 30.

kunna hantera utmaningarna och implementera nya lösningar på ett tillräckligt framgångsrikt sätt.”

Men trots detta tror man att det är viktigt inför framtiden att myndigheter, näringsliv och forskning kommer samman och gemensamt tar sig an stora försöks-, demonstrations- och utvecklingsprojekt. Dock är det mycket tveksamt om något av de framtidsprojekt som presenteras i IVA:s slutrapport överhuvudtaget har någon som helst betydelse för vindkraftstransporterna inom Sverige. Vad ett luftburet system skulle kunna innebära för dynamiken i transportsystemet har ännu inte varit uppe på agendan i några myndigheter eller akademier med ett rejält undantag. År 1985 administrerade Styrelsen för teknisk utveckling (STU) en förstudie kring lättare än luft teknik.<sup>32</sup> Denna undersökning, som är en fördjupning av ett utredningsuppdrag från SBUF, är också undantag i sammanhanget.<sup>33</sup>

### 3. Materialutveckling och nya konstruktioner.

Olika material kräver skilda transportlösningar likväl som olika konstruktioner alstrar skilda transportkoncept. Ett mycket slående exempel på vad kombinationen av material och konstruktion kan innebära utgör det tyska företaget TimberTower. Företaget har tagit fram ett torn byggt i trä. Inom vindkraftindustrin finns exempel sedan tidigare på att man använt trä för turbinbladen. Konstruktionen är relativt ny på marknaden och endast prototyper är byggda med gott resultat. De kan matcha konventionella torn i stål alternativt stål och betong. De fraktas i 40 fots containrar och byggs upp på 2 arbetsdagar. Företaget garanterar att tornet håller i 20 år. Ett träorn binder vidare cirka 400 ton CO<sup>2</sup> jämfört ett torn i stål eller betong som producerar stora mängder CO<sup>2</sup>. Trätornets massa och diameter är vidare identiska med ståltorn. Dessutom finns många områden i världen där vindkraft skulle kunna anläggas men där transportinfrastrukturen är för dåligt utbyggd. I dessa områden skulle torn i trä med fördel kunna användas. Materialet trä underlättar således transporterna samt ingår som en del i det naturliga, långsiktigt hållbara kretsloppet utöver ovan nämnda fördelar. I kombination med andra typer av lyftanordningar skulle man också kunna reducera antalet transportenheter som fraktar lyftkranar. Till slut kan man via en anordning högst upp på tornet också hissa upp generator och andra topptornsdelar. Denna anordning togs fram av det tyska företaget

---

<sup>32</sup> LTA Lighter than air, Final report 1985 – A feasibility study. The market, technical and infrastructural prospects for LTA-technology in Sweden.

<sup>33</sup> Se referens 1.



SeeBA vid millenniumskiftet men vindkraftsindustrin valde att använda konventionella kranar istället.<sup>34</sup>



*I dag används olika typer av kranlösningar när man skall lyfta på turbiner, generatorer, hubbar och sektioner. I takt med att vindkraftverken blir allt högre, i dag talar man om torn som är mellan 130 till 160 meter höga i genomsnitt samt utvecklingsprojekt i Danmark med tornhöjder på 250 meter, samt att ingående delar blir allt tyngre och allt längre, som exempelvis turbinbladen till den nya generationens vindkraftverk som ska*

---

<sup>34</sup> Weltpremiere: SeeBA errichtet 117m Fachwerkmast, Ausgabe 6/2000, WIND KRAFT JOURNAL,.

*fånga upp även svagare vindar (turbiner upp till 55 meter långa), ställs också nya krav på de lyftanordningar som tas i bruk. Var den gränsen går för lättare än luft farkoster vet vi i dag inte med säkerhet. Denna AirTruck är en modell från CargoLifter och ingår i ett skalbart modellprogram som slutar med fullskalemodellen CargoLifter 160, det vill säga ett luftskepp som tar en nettolast om 160 ton. Illustration: CargoLifter.*

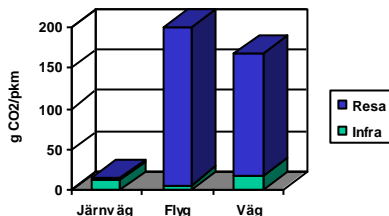
#### **4. Ultrarent drivmedel**

I Göteborg har företaget EcoPar tagit fram ett syntetiskt, paraffiniskt drivmedel för dieselmotorer som använder naturgas som råvara, vilken annars skulle facklas bort. Drivmedlet klarar EU:s drivmedelsstandard EN 590. Genom att processa gasen till flytande drivmedel, via en särskild omförpackningsteknik, kan den transporteras billigt och energisnålt samt användas som vilket drivmedel som helst men med den skillnaden att det är fritt från svavel, aromatiska och polyaromatiska kolväten. Även om produkten skulle spillas ut i känsliga vattenområden som exempelvis nära vattenskyddsområden, naturreservat, skyddsvärda biotoper eller i andra känsliga vattendrag eller naturmiljöer, krävs inga åtgärder eftersom drivmedlet är så kallat kemiskt mättat. Detta innebär också att EcoPar inte är klassat som farligt gods enligt ADR/RID bestämmelserna. Den syntetiska vätska som finns tillgänglig i dag är framställd med naturgas som basråvara. Denna gas kommer från gaskällor som annars skulle brännas upp eller inte användas (man brukar inom oljebranschen tala om antingen flared gas som är en biprodukt vid oljeutvinning och som i dag eldas upp eller stranded gas som är naturgas som inte tas om hand eftersom det är oekonomiskt att transportera och därför inte används). Genom att använda denna resurs på detta sätt ökar man hushållningen med knappa resurser enligt hushållningsprincipen. Eftersom naturgas används istället för råolja vid framställningen av syntetisk vätska av EcoPar typ så minskar utsläppen av fossil koldioxid (CO<sub>2</sub>) med mellan 20 och 40 procent beroende på hur beräkningen görs. Om en livscykelanalys görs enligt ISO-standarder (till exempel ISO 14 040 till 14 043) blir minskningen cirka 50 procent. Totalt blir CO<sub>2</sub>-utsläppen 60 till 80 procent eftersom motsvarande mängd olja inte behövs. En ökad användning av syntetiska drivmedel bidrar också till att det sker en utveckling av bio-syntetiska drivmedel genom att marknaden expanderar vilket dessutom innebär att drivmedlet blir både klimat neutralt och ultrarent. Ytterligare ett skäl till att på sikt bejaka utvecklingen av syntetiska drivmedel är beredskapsskäl. Bio-syntetiska drivmedel framställda ur råvaror från skogen och jordbruket kan enkelt framställas inom landet, vilket gör att vi i händelse av ett embargo eller en konflikt eller ett hot som gör vårt land avskuret från omvärlden ändå kan få fram de drivmedel vi behöver. Slutligen kan en framkantsposition inom syntetiska drivmedel också bli en ny svensk exportprodukt i takt med att behovet av förnyelsebara bränslen ökar på världsmarknaden.

Vi kan därmed delta i utvecklingen av globalt användbar ny teknik inom ett utvecklingsområde som bara kommer att växa i styrka under kommande år. Slutligen kan denna bränsleblandning också användas för lättare än luft farkoster som därmed skulle bli både klimatneutrala och ultrarena.

## 5. Miljödeklarerad infrastruktur

När bygget av Botniabanan startades sattes också ett arbete igång gällande infrastrukturens miljökostnader och miljöbelastning. En idé som projektledning hade var att det på passagerarbiljetten skulle framgå hur stor miljöbelastning en resa innebar men där resans andel respektive infrastrukturens andel av miljöbelastningen redovisades var för sig. En av de rapporter som framställdes i samband med Botniaprojektet handlar om hur man kan utveckla metoder för att ta fram miljödeklarationer för infrastrukturens system.<sup>35</sup> Målet med rapporten var att få fram gemensamma miljöbedömningsregler mellan de olika trafikslagen och att framhålla nyttan med denna typ av analys som är att den ska kunna användas för att styra byggande, drift och underhåll av ny infrastruktur så att den i ett livscykelperspektiv blir så miljöanpassad som möjligt. Arbetet med denna typ av analyser, men också implementeringen av arbetssättet, pågår för fullt hos det nya Trafikverket. De första miljödeklarationerna för infrastruktur och transporter i Sverige färdigställdes 2010 för just Botniabanan. De kallas för EPD analyser, som uttyds Environmental Product Declaration, och är ett informationssystem för att faktamässigt ur ett livscykelperspektiv beskriva miljöegenskaper hos produkter och tjänster eller som i fallet med Botniabanan infrastruktur och transporter. Nedanstående figur visar på ett pedagogiskt sätt hur en enskild resas CO<sub>2</sub> utsläpp som kan hänföras till själva resan respektive till infrastrukturen.<sup>36</sup> Här framgår tydligt att tågresor har mycket låg CO<sub>2</sub> belastning medan infrastrukturen för att genomföra tågresan har en relativt hög koldioxidbelastning vilket kan jämföras med flyg som har en mycket låg infrastrukturbelastning mätt i koldioxidutsläpp medan själva resan har en extremt hög CO<sub>2</sub> belastning.



<sup>35</sup> Miljödeklarerad infrastruktur – Metodutveckling för miljöbedömning av infrastrukturens system, IVL rapport B 1526, Maj 2003 av Stefan Uppenbergh, Håkan Stripplé och Malin Ribbenhed.

<sup>36</sup> Källa: IVL, Presentation av Malin Kotake, Trafikverket, vid ett seminarium den 9 juni 2011 anordnat av Miljöstyrelsen, NTM och Trafikverket.

## **4. Den framtida vindkraftsutbyggnaden.**

### **4.1 Prognoser för Sverige – nuläge och framtid**

I dagsläget finns inget centralt register för hur många vindkraftsverk som finns i Sverige respektive var de är lokaliserade. Däremot finns en rad olika register och registerhållare som tagit fram olika typer av databaser utifrån sin respektive organisations syfte och mål. Dock finns ett ambitiöst projekt på Energimyndigheten som avser att fånga in en rad olika uppgifter om antal torn, lokalisering, kapacitet, ägare och så vidare. För vårt syfte har vi använt flera olika källor för att göra en grov skattning av vilka vindkraftsprojekt som dels finns i nuläget, där vi tagit med projekt som har alla tillstånd, är under byggnad eller är i drift, dels framtida projekt utifrån bedömningar av aktörerna på vindkraftsmarknaden. Just denna sistnämnda bedömning är något osäker på grund av oklarheter som exempelvis Försvarmaktens hållning gentemot vindkraftsprojekt när flygplatser som används av Flygvapnet, lokala protester på grund av upplevda störningar av olika slag samt framtida ekonomiska förhållanden som i dag är svåra att förutse.

### **4.2 Nuläge - vindkraftprojekt större än 10 MW i Sverige 2010**

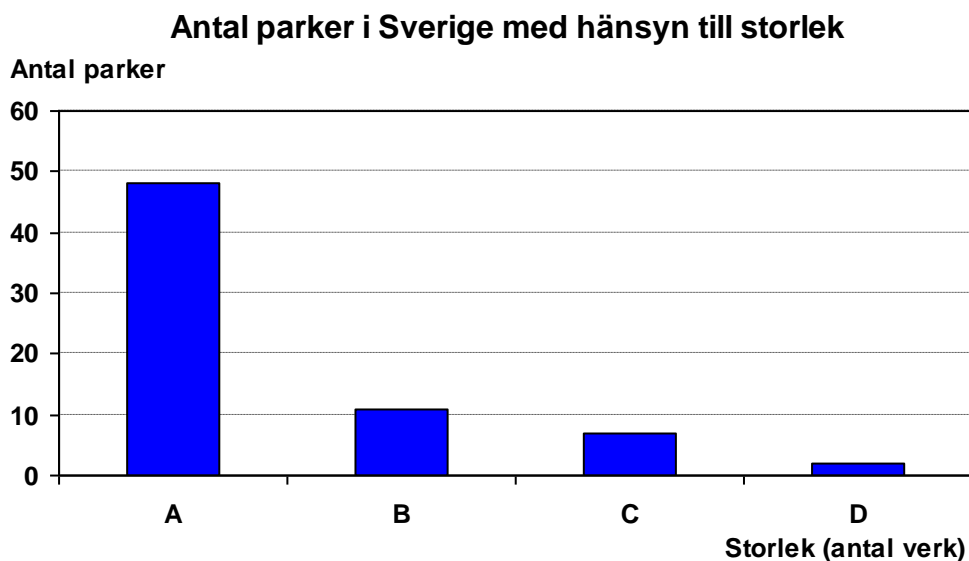
Vi har delat upp projekten, som befinner sig i olika utbyggnadsfaser, enligt följande:

Fas 1: Med alla tillstånd.

Fas 2: Under byggnad.

Fas 3: I drift.

Nedan i figur 1 visas en sammanställning av antalet vindkraftsparker som inkluderar samtliga faser. Sammanställningen bygger på bearbetade data från Svensk Vindenergi.



Figur 1. Antalet större parker (>10 MW) år 2010 i Sverige.

Parkerna i figur 1 är indelade i storleksklasser enligt nedan:

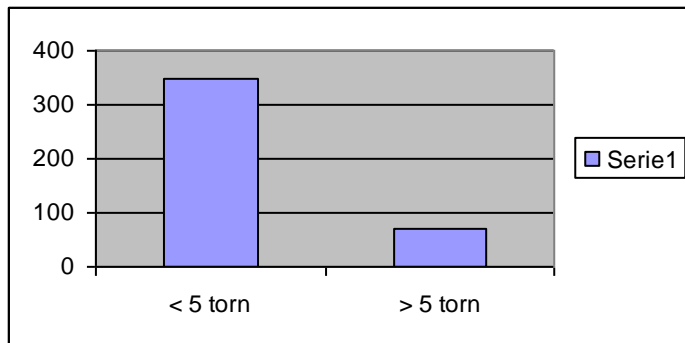
A = 5 – 10 verk

B = 11 – 20 verk

C = 21 – 100 verk

D = >100

Antalet parker som i nuläget är i olika planeringsfaser, och som är mindre än 10 MW, bedöms vara betydligt fler än de cirka 70 parker som visas i figur 1 ovan. En grov skattning indikerar att antalet parker med mindre än 5 torn är cirka 350 stycken. Den totala fördelningen av samtliga parker i Sverige som år 2010 befinner sig i någon av de tre planeringsfaserna fördelar sig i enlighet med figur 2 nedan:



Figur 2: Antal parker i olika utbyggnadsfaser år 2010, från alla med tillstånd (fas 1), under byggnad (fas 2) och i drift (fas 3).

< 5 torn: mindre parker med 1 – 4 torn

>5 torn: större parker med 5 – 1100 torn

Totala antalet torn som var i den sista fasen, det vill säga är i drift var, enligt Svensk Vindenergi, i slutet av 2009 cirka 1400 stycken. Under 2010 bedöms detta antal ha ökat till cirka 1500 stycken. En grov skattning är att cirka 400 av dessa torn finns i parker större än 10 MW – det vill säga i parker med fler än fyra torn. Antalet torn i mindre parker med 1 – 4 torn är därför cirka 1100 (1500 – 400), det vill säga omkring 75 procent.

### 4.3 Framtida utbyggnad av parker fram till 2020

Regeringen har beslutat om en planeringsram för förnybar energi på 30 TWh fram till 2020. Denna energimängd skulle därmed kunna motsvara upp till cirka 6000 vindkraftverk. En mer rimlig bedömning är dock att utgå från att det byggs cirka 25 TWh förnyelsebar energi. Upp till 15 TWh av denna energi förväntas bli producerad med vindkraft. I nuläget, år 2011, producerar vindenergin cirka 3,5 TWh.

Den framtida utbyggnaden av vindkraften de kommande 10 åren fram till år 2020, beräknas därmed kunna tillföra ytterligare 12 TWh (enligt en bedömning från Svensk Vindenergi). Detta motsvarar byggandet av cirka 2500 vindkraftverk. Fördelningen av

dessa vindkraftverk på olika parkstorlekar påverkas kraftigt av utbyggnaden av vindkraftparken i Markbygden där upp till 1101 verk skall byggas. Övriga 1400 verk (2500 – 1101) förväntas i huvudsak bli fördelade på olika parkstorlekar. En förskjutning mot de större parkerna, minst 5 torn/park, förväntas dock ske så att andelen torn i dessa större parker ökar från cirka 25 % till 70 %. Andelen torn i mindre parker (1 – 4 torn) minskar därmed från 75 % till 30 %.

Nedanstående tabell visar en uppskattad, framtida utbyggnad av vindkraften i Sverige baserad på intervjuer med centrala aktörer inom vindkraftsområdet. Två förhållanden är utmärkande, dels att en av vindkraftsparkerna, Markbygden, utgör omkring 40 procent av alla tilltänkta tornbyggen i Sverige fram till 2020, dels att cirka 85 procent av alla vindkraftsparker utgörs av mindre anläggningar som har en parkstorlek mellan 1 till 4 torn.

Av dessa mindre parker med 1 – 4 torn bedöms cirka 75 procent av tornen, det vill säga 500 torn, finnas i anläggningar med enbart 1 – 2 torn. Lastbilstransporterna till dessa mindre anläggningar berörs inte av Trafikverkets krav på att vägtransporterna på det svenska vägnätet ej får överskrida den angivna maxdistansen på 400 kilometer.

**Tabell 1 Utbyggnad av vindkraft i Sverige 2011 – 2020**

Parkstorlek antal torn	Fördelning		Fördelning	
	Antal torn	%	Antal parker	%
1 – 4	700	27	300 (a)	86
Fler än 4	900	35	50 (b)	14
1000 (c)	1000	38	1	0,1
<b>Totalt</b>	<b>2500</b>	<b>100</b>	<b>350</b>	<b>100</b>



a): Antal torn per park: cirka 2,5 stycken.

b): Antalet parker baseras på att medelantalet torn per park beräknas till drygt 17 stycken. (bearbetning av data från Svensk Vindenergi: ”Vindkraftprojekt > 10 MW i Sverige, juni 2010”)

c): Markbygden

Sammanfattningsvis innebär detta att den framtida utbyggnaden av cirka 2500 vindkraftverk fram till år 2020 fördelas på tre olika storleksklasser av vindkraftparker enligt tabell 1 ovan.

Av tabellen framgår att antalet nybyggda torn i de större parkerna (>10 MW) kommer att bli cirka 1900 stycken och i de mindre parkerna (< 10 MW) cirka 700 st. Antalet nybyggda vindkraftsparker beräknas uppgå till cirka 350 st. Dessa fördelas på cirka 85 % mindre parker och 15 % större parker.

## 5. Resultat och slutsatser i korthet.

### 5.1 Resultat

Resultaten av denna undersökning kan kort sammanfattas enligt följande;

1. Priserna för att frakta tyngre gods med lättare än luft teknik är konkurrenskraftiga visavi dagens transportmedel enligt bedömningar gjorda av lättare än luft teknikföretagen.
2. Behoven av markinfrastruktur för lättare än luft farkoster respektive ballongsystem är små jämfört med dagens nuvarande system av lastbilar, kranar och mobilkranar.
3. En betydande del av de totala transportkostnaderna faller på samhällsekonomiska kostnader som exempelvis trafikolyckor, skador, restidsfördröjningar samt extra koldioxidutsläpp.
4. Olika transportupplägg påverkar starkt hur stora koldioxidutsläppen totalt blir för att bygga en vindkraftspark.
5. Vid storskalig etablering av vindkraft förändras naturmark till industrimark. Ingen svensk myndighet har i dag kunskap om eller övervakar kontinuerligt de långsiktiga ekologiska effekterna av denna markanvändningsförändring.
6. Nollalternativet, det vill säga att inte etablera en vindkraftsanläggning, innebär inte att motsvarande mängd måste produceras av fossilbaserade lösningar, som uppges i granskade miljökonsekvensbeskrivningar. Nollalternativet kan mycket väl vara alternativ, förnybar elproduktion respektive satsningar på energieffektivisering, effektiv energianvändning eller energisparande åtgärder.
7. Områden utpekade som riksintresse för vindkraft kommer att ges en större tyngd visavi övriga riksintressen i takt med att samhället prioriterar denna kraftkälla. Däremot finns ingen automatik i att de områden som är utpekade också är de områden som exploateras.

8. De naturinventeringar som ligger till grund för miljökonsekvensbeskrivningarna (MKB) saknar en standard vilket innebär att de har olika kvalitet, ambitionsnivå och kunskapsgrund. SIS, Swedish Standards Institute, har av denna anledning startat ett projekt där experter ska enas om metoder för att genomföra denna typ av inventering. Ett av de områden som anges som grund för initiativet är vindkraftsutbyggnaden.

9. Den utredning som Naturskyddsföreningen genomförde i Västra Götaland visar att det finns stora områden som är lämpliga för vindkraftsetablering men att de undersökningar som avser skyddsvärda områden inte alltid finns med i de officiella planeringsunderlagen.

10. Det finns företag i Sverige såväl som internationellt som arbetar aktivt med nya material respektive nya konstruktioner för tillverkning av vindkraftsverk som dels påverkar vilka vikter som ska hanteras på hög höjd, dels vilka alternativa farkoster som kan användas för en effektiv och miljöanpassad hantering.

11. Vindkraftsparker till havs medför även omfattande transporter på land.

12. Den stora vinsten av att använda lättare än luft tekniken är att den totala sammanvägda kostnaden minimeras utifrån den kalkyl som beskrivs mer ingående på sidan 21 och framåt.

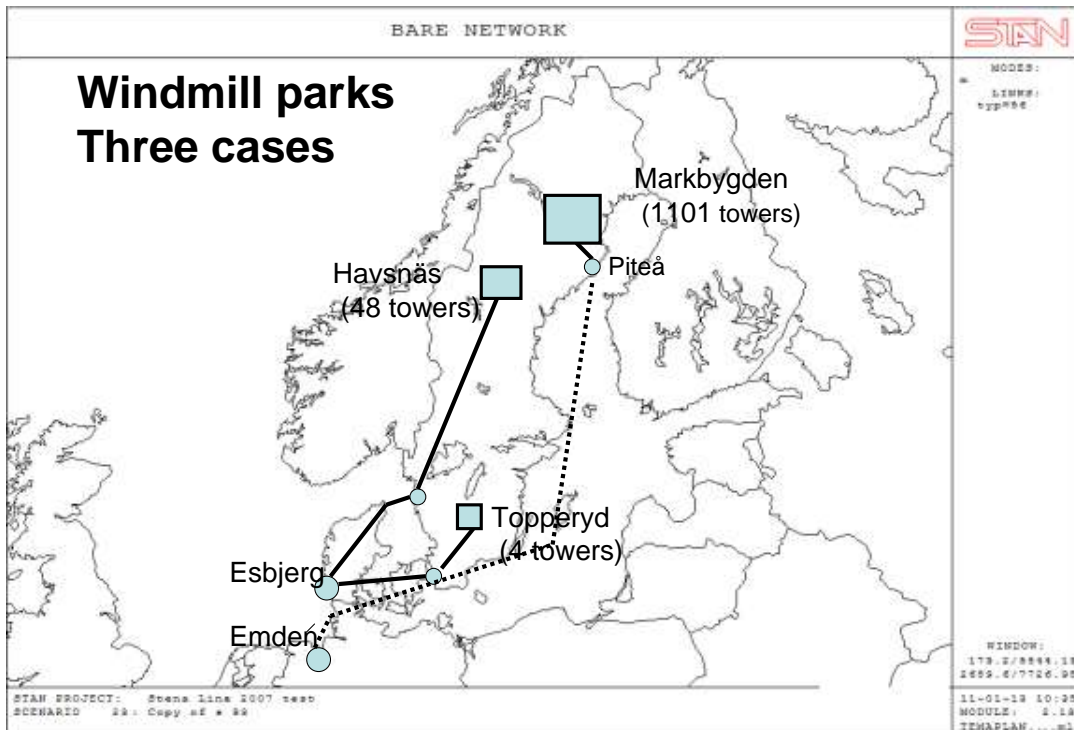
## **5.2 Slutsatser**

Denna undersökning visar att lättare än luft tekniken har en framtid under förutsättning att industri, forskning och staten gemensamt tar ansvar för att testa dessa system i större skala. Av denna undersökning framgår också att transport- och logistikkostnaderna är delade mellan vindkraftsprojektörer och samhället där de samhällsekonomiska kostnaderna är betydande men att dessa kostnader kan minskas med alternativ teknik. För att beslutsfattarna ska få ett bättre planeringsunderlag måste de processer och analyser som görs inte bara ha ett lokalt och begränsat synfält, och inte enbart handla om effekter i närtid och behandla område för område. Särskilt viktigt är detta eftersom hållbar hushållning handlar om nästkommande generationer, generationsmålet, och avser såväl sociala, ekologiska som ekonomiska aspekter. Vidare handlar hållbar utveckling om att ha en helhetssyn och ett kritiskt tänkande. I detta sammanhang kan även den fysiska riksplaneringen tjäna som inspirationskälla, eftersom dialog och demokratiskt inflytande var centrala delar av denna drygt 20 åriga planeringsform. Dialog och demokrati är inga

hinder för användning av vindkraft utan centrala förutsättningar för att slutresultatet ska bli så bra som möjligt vilket ibland innebär att det inte blir några vindkraftsetableringar alls eller att de förändras så att de passar in i visionen om ett långsiktigt hållbart samhälle. Introduktionen av vindkraft i Tyskland kan tjäna som en viktig kunskapskälla eftersom man genomförde planerna i dialog med befolkningen. Slutligen måste man vid en analys och värdering av den matematiska modell som använts i denna studie betänka att forskarsamhället ständigt tar fram nya fakta kring miljö och klimat. De finns de som poängterar att ”bevarad biologisk mångfald och intakta ekosystem är lika viktiga medel för att mildra effekterna av framtida klimatförändringar som en ökad användning av förnybar energi.”<sup>37</sup> Om så är fallet borde försiktighetsprincipen gälla och en översyn av de svenska vindkraftsplanerna genomgå en omfattande utvärdering och analys.

---

<sup>37</sup> Vindkraftverk i västra Götaland, John Lööf Green 2010-12-19/rev KH2011-01-18



*Föreliggande undersökning har valt ut tre olika parkstorlekar för att bättre kunna belysa den huvudfrågeställning som denna studie ska försöka besvara; ta fram data och uppgifter om den nuvarande transportefterfrågan, samt relevanta kostnader för utbyggnaden av vindkraften i Sverige med konventionell teknik och jämföra denna efterfrågan och dessa kostnader med ett alternativ där man också använder lättare än luft teknik.*

## 6. Bakgrund.

### 6.1 Vindkraft och transporter

I Sverige är det framförallt Trafikverket som är den myndighet som granskat dels vilka transporter som vindkraftsutbyggnaden alstrar, dels hur dessa transporter går till.<sup>38</sup> Denna beskrivning är en viktig grund för att få en uppfattning om transporternas inriktning och omfattning. Eftersom denna undersökning är inriktad på att specialstudera det odelbara godset för byggnation av nya vindkraftverk och vindkraftsparker, det vill säga de enheter som utgörs av större komponenter till vindkraftverken såsom rotorblad, rotor (nav och hub), maskinhus/generator, ståltornsmoduler, förankringsplatta och i förekommande fall betongelementringar, bör redan inledningsvis understrykas att detta bara är en delmängd av alla transporter. Detta är dessutom komponenter som kräver specialtransporter, ofta dispenser, och som tenderar att bli tyngre, längre och större för varje år. Till dessa komponenttransporter tillkommer alltså ett antal andra specialtransporter som exempelvis montagelyftkranar, servicekranar, transformatorer, kablar, infästningsplattor, master, motvikter och schaktmaskiner. Ytterligare andra typer av transporter är cement för vindkraftfundamenten, väggrus och krossmaterial samt maskiner för byggnation, vägbyggnation och vägupprustningar. Till detta kan också läggas tillverkning av vindkraftskomponenter och de transporter som är förknippade med denna produktion. Transportvägarna kan vidare delas in i principiellt tre olika kategorier enligt följande; a) närtransporter som kan vara grus, ibland betong via mobila betongstationer och krossgrus, b) regionala transporter som exempelvis schaktmaskiner och betongelementringar, c) nationella/internationella transporter består oftast av vindkraftverkskomponenter som torn, generatorer och rotorblad. Att jämföra och analysera ovanstående transporter med ett luftburet system, lättare än luft teknik, är huvudsyftet med studien men även att diskutera hur dessa nya alternativa transport- och lyftmöjligheter kan användas för att vår framtida, långsiktigt hållbara energiförsörjning både ska bli så kostnadseffektiv och så miljöanpassad som möjligt. Det är inte givet på förhand att sättet att bygga vindkraftanläggningar som används i dag är det bästa alternativet jämfört med alternativ som innehåller nya konstruktioner, nya material, nya lyftanordningar, nya lokaliseringar, nya kunskaper och nya prioriteringar.

---

<sup>38</sup> Transporter till vindkraftsparker - underlagsmaterial i koncentrat, 2010:032.

För att klara mer krävande och mer omfattande transporter utvecklas ständigt utrustningar och arbetssätt. Nya avancerade lastbärare blir ett måste för att kunna ta tyngre, längre och större laster. För att minimera olycksriskerna vid denna typ av transporter krävs att hastigheter hålls, att lastbärarna har funktioner för lastutjämning och att stipulerade vikter hålls under uppsikt. Även måtten är viktiga att hålla på ordning för transportföretagen. Förutom transporter på vägnätet sker numera fler och fler transporter som sjötransporter, delvis eftersom regelverket kring dispenser har setts över och skärpts till förmån för fler transporter via båtar. Trots att järnvägstransporter i princip är tänkbara, framförallt för mindre vindkraftverk och tillbehör, har i inget av de fall som denna studie undersökt järnvägstrafik övervägts. Låsningar i tid och kapacitet samt svårigheter att anpassa sig till rådande lastprofiler har inneburit att detta alternativt valts bort.

En rad olika faktorer påverkar transporterens omfattning samt koldioxidutsläpp och samhällskostnader. Ståltorn är långa men relativt sett lätta gentemot betongtorn. Var olika enheter är lokaliserade är en annan faktor som påverkar transportarbetet. I dag tillverkas det mesta i Tyskland respektive i Danmark. Dessutom är ofta utrustningar som specialiserade montagekranar och transportresurser lokaliserade utomlands. I takt med vindkraftsutbyggnaden i Sverige utvecklas kan man på sikt tänka sig att fler komponenter och maskinresurser lokaliseras till Sverige med mindre transportsträckor som följd.

## 6.2 Val av vindkraftsparker

### Havsnäs Vindkraftspark

En anledning till valet att göra en fallstudie av vindkraftsparken Havsnäs var de studier som gjorts av transport- och logistikuppläggen.<sup>39</sup> Transport- och logistikupplägg handlar framförallt om frekvens, tid, kapacitet och ruttval. Utifrån ett detaljerat dataunderlag gällande avstånd, transportvägar, antal moduler, följebilar, bränsleförbrukning för fordon respektive för överfart över Kattegatt med Stena Line Grenå – Varberg och Fredrikshamn - Göteborg samt sjötransport Odense – Köpmanholmen, har konsultföretaget räknat ut koldioxidutsläppen från leverantören i Danmark till vindkraftsparken Havsnäs. Man understryker från konsultföretagets sida att det är viktigt att denna typ av transporter och miljöpåverkan mäts med metoder som är enhetliga, generella och vedertagna eftersom denna typ av transporter förväntas öka kraftigt i Sverige. Dock är uppdraget avgränsat till

---

<sup>39</sup> CO<sub>2</sub>-utsläpp från transporter av vindkraftverk till vindkraftsparken Havsnäs i Jämtland från leverantören i Danmark, IVL, arkivnummer U2499, 2009-07-10.



att enbart handla om koldioxidutsläpp medan annan påverkan av godstransporter som buller, markintrång, vibrationer och utsläpp av farliga ämnen i luften som exempelvis från dieselavgaser och liknande inte finns med. Inte heller den mekanism där CO<sub>2</sub> fallor, företrädesvis skog och vegetation, ersätts av hårdgjorda ytor för byggnation av vägar finns med. Man understryker också att de största utsläppen av växthusgaser vid byggnation av vindkraftverk hänför sig till dels produktion av komponenter av vindkraftverken, dels till monteringen vid uppställningsplatsen (mellan 72 till 90 procent av de kumulativa växthusgasutsläppen, dock ingår inte effekter av förlorade CO<sub>2</sub> fallor i dessa siffror).<sup>40</sup>

Tre olika logistikupplägg har analyserats enligt följande:

1. I detta alternativ transporteras godset med lastbil från tillverkningen i Danmark till Havsnäs Vindkraftspark. Överfart mellan Danmark och Sverige sker med färja via Grenå – Varberg eller Fredrikshamn – Göteborg. Undantaget är rotorbladen som transporters över bron mellan Köpenhamn och Malmö.
2. Alternativ 2 innebär att godset transporteras med lastbil från fabrik till Esbjerg hamn i Danmark för vidare sjötransport till Köpmanholmen i Sverige. Från Köpmanholmen transporteras godset med lastbil till Havsnäs Vindkraftspark.
3. Logistikupplägg 3 liknar alternativ 2 men med den skillnaden att man använder hamnen i Odense istället för den i Esbjerg (detta alternativ var inget som tillverkaren föredrog/föreslog).

Valet av transport- och logistikupplägg föll slutligen på alternativ 1. När man jämför de olika alternativen, som innehåller både transporter för alla komponenter till ett vindkraftverk och kranar som behövs för monteringen samt följevilar, kom man fram till att logistikupplägg 3 var att föredra medan alternativ 2 var minst fördelaktigt om returgods ej togs upp. Dock är det mycket troligt att returlast kan tas upp av fartygen vilket gör att både alternativ 2 och 3 är överlägsna alternativ 1. Vid val av Odense som utskeppningshamn istället för Esbjerg minskas utsläppen med 18 ton CO<sub>2</sub> per vindkraftverk. För alternativ 1 genereras 80 ton CO<sub>2</sub> per kraftverk.

---

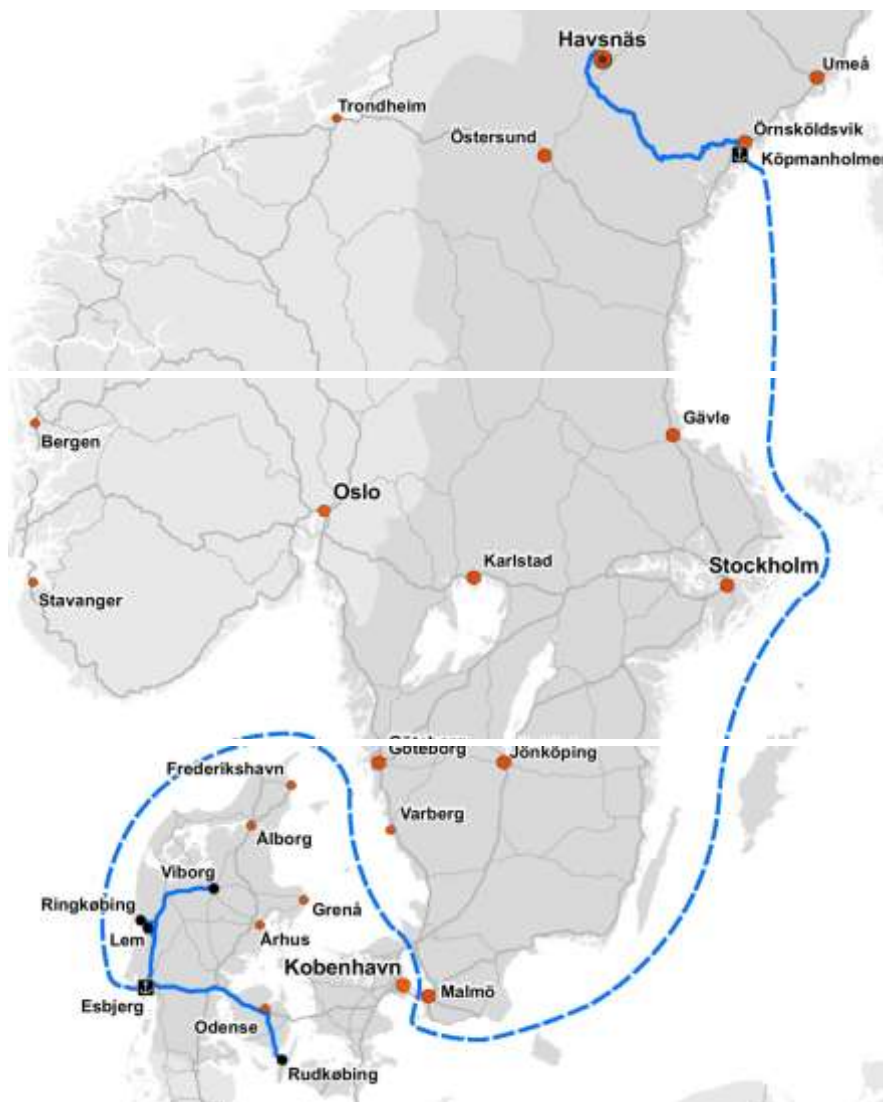
<sup>40</sup> A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies, Energy, Volume 32, Issue 9, artikel av Daniel Weisser, 2007.

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.



*Denna kartbild visar de vägar som varit aktuella för transporter av vindkraftskomponenter från Vestas i Danmark till Havsås i Jämtland. Bilden kommer från IVL Rapporten U 2499 från 2000. Siffror kring transporterna är borttagna.*

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.



*Denna kartbild visar transportvägen på land i Danmark, sjövägen mellan hamnen i Esbjerg i Danmark till Köpmanholmen i Sverige och transporten på land Köpmanholmen – Havnäs. Bilden kommer från IVL Rapporten U 2499 från 2009. Siffror kring transporterna är borttagna.*

Sjötransporterna blir fördelaktiga med tanke på att dessa oftast tar returfrakter medan lastbilarna, som oftast är specialfordon och inte sällan framförs under tidspress, sällan eller aldrig gör det. Räknas sedan CO<sub>2</sub> utsläppen för transporter om i g/CO<sub>2</sub> per kWh genererad el för ett 2MW verk som är den typ som används i Havsnäs Vindkraftspark, står transporten för 0,8 g/CO<sub>2</sub> per kWh genererad el under kraftverkets livslängd (beräknad livslängd uppges till 20 år med en produktion av 4 600 MWh el per år). Slutsatsen är att koldioxidutsläppen enklast kan minskas genom att använda sjövägen. Alternativet att använda lättare än luft teknik för dessa transporter, liksom för övriga två fall i denna studie, kommenteras i kapitel 7.

### **Markbygden**

Vindkraftsparken i Markbygden är inte bara Sveriges i särklass största vindkraftspark utan en av världens största landbaserade etableringar. Till skillnad från Havsnäs Vindkraftspark är utbyggnaden bara påbörjad och väntas bli helt utbyggd senast den 31 december 2021. Via Energimyndigheten har man också fått extra medel för att hantera utmaningar relaterade till transporter och tunga lyft. Projektstatus är i dag att hela projektet är tillstyrkt via regeringsbeslut och att första etableringen av 12 vindkraftverk i Dragliden är i drift. Denna etablering ingår som en del av ett pilotprojekt för att utvärdera olika frågeställningar och utmaningar som detta projekt möter. Man har även fått projektet i Stor-Blåliden godkänt som också detta är av pilotkaraktär. För etapp 1 i huvudprojektet pågår för närvarande en tillståndsprocess där villkor och tillstånd prövas via länsstyrelsens miljöprövningsdelegation. Förutom mängden transporter är byggperiodens längd av intresse i detta fall. För det första sker en teknisk utveckling under byggperioden som kan påverka utfallen för transporterna i en rad olika avseende. För det andra kan det finnas förutsättningar att lättare än luft tekniken kan engageras i projektet. För det tredje finns eventuella skaleffekter i ett projekt av denna storlek som kan gynna, eller missgynna, lättare än luft tekniken.

### **Topperyd**

Vindkraftanläggningen i Topperyd är den minsta av de tre vindkraftsparker som valts ut i denna studie. Valet av denna anläggning motiveras utifrån frågan om lättare än luft lösningar även är applicerbara på mindre vindkraftsanläggningar. Vilka nackdelar respektive vilka fördelar finns med att välja en mindre anläggning ur lättare än luft transportsynpunkt? Vanligtvis krävs endast en anmälningsplikt för mindre anläggningar med färre än 5 torn men trots detta finns en miljökonsekvensbeskrivning i detta fall.

### 6.3 Kostnader och värderingar, nyttor och värden

Vid beräkning av den klimatpåverkan som transportererna förväntas ge kan man förhålla sig på en rad olika sätt. I den miljökonsekvensbeskrivning som till exempel görs för projekt Markbygden finns ett resonemang om hur man kan se på framtidens energianvändning i allmänhet och elenergianvändning i synnerhet. Man utgår från ett noll-alternativ och konstaterar att om ny elproduktion ska ersätta den förväntade produktionen i Markbygden blir denna med all säkerhet mer eller mindre miljömässigt sämre. Även om man räknar in energieffektivisering bedömer man att vårt samhälle behöver mer elenergi, inte minst utifrån det faktum att Sverige 2008 fick uppdrag från EU att öka andelen elproduktion från förnyelsebara källor från 39 procent till 49 procent. Med tanke på att behovet av förnyelsebar el, till exempel för elbilar och plug-in-hybrider, förväntas öka menar man att både ökad förnyelsebar el och energieffektivisering är två huvudvägar i framtiden. I miljökonsekvensbeskrivningen jämför man även utsläppen från alla transporter som krävs under byggtiden, drifttiden och avvecklingen. Man räknar med att under en tioårsperiod kommer 100 lastbilstransporter per dygn att angöra området samt att antalet lokala transportrörelser blir knappt 200 rörelser per dygn. Totalt beräknas transportökningen under tioårsperioden för lastbilstransporter att uppgå till 45 miljoner transportkilometer. Vindkraftsetableringen förväntas också innebära en allmän trafikökning som dels är direkt förknippad med exploateringen, dels med den ökade allmänna förbättringen av den lokala ekonomin samt tillresande turister och ”nyfikna”. Eftersom en lastbil släpper ut cirka 2 kilo koldioxid per kilometer blir den totala mängden koldioxidutsläpp 100 000 ton för samtliga lastbilstransporter.

I miljökonsekvensbeskrivningen ställer man denna siffra mot produktionen av förnyelsebar el och konstaterar att årsproduktionen från Markbygden, när anläggningen är helt utbyggd, kommer att spara motsvarande 12 miljoner ton koldioxid per år (jämfört med om man producerar elen på icke förnyelsebart sätt). Koldioxidutsläppen från lastbilstrafiken skulle då motsvara tre dagars elproduktion, eller 1,5 dagar om man använder EcoPar´s syntetiska diesel (om deras beräkningsmetod stämmer). Dock kvarstår övriga risker som olycksrisker, hälsorisker samt vägslitage. Utredarna menar dock att denna trafikökning motsvarar den trafik som fanns när skogsbruket var som mest omfattande i området vilket gör att man bedömer att konsekvenserna blir små. Dessutom kommer vägarna i området att upprustas för att projektet ska kunna genomföras, vilket motverkar slitaget.

Mot detta skulle man också kunna ställa övriga effekter som vägbyggena förorsakar som ökad fragmentisering av landskapet, förlorade CO<sub>2</sub> fällor genom hårdgjorda ytor,

störningar för naturmiljön och på den biologiska mångfalden samt därmed förknippade ekosystemtjänster men också minskad attraktivitet för natur- och friluftsturister och ökade olycksrisker på vägnätet. En annan typ av argumentation är att vi svenskar redan i dag använder mer energi respektive elenergi än världsmedborgaren vilket skulle tala för en minskning av elproduktionen i landet eller att vindkraftsel ersätter el som produceras av kärnkraft. Enligt IEA (International Energy Agency) var 2010 det år i världshistorien som vi haft de högsta växthusgasutsläppen någonsin trots att vi samtidigt haft en ekonomisk recession.<sup>41</sup> En slutsats man kan dra av detta är att kostnader, uppföringar och nyttor bör ställas mot värden och värderingar och värderas utifrån olika scenarier om framtiden.

### Miljökvalitetsmålen

I kapitel 3, ”6. Fysisk planering”, framgår att de miljökvalitetsmål som är beslutade är viktiga att förhålla sig till i olika exploateringsituationer. I denna utredning för Energimyndigheten är det följande fem miljökvalitetsmål som lyfts fram som extra viktiga att ta hänsyn till vid en analys; begränsad klimatpåverkan, frisk luft, bara naturlig försurning, ingen övergödning och levande skogar. I miljökonsekvensbeskrivningen för Markbygden framgår apropå miljökvalitetsmålet ”levande skogar” följande;<sup>42</sup>

”Mest påtaglig blir den direkta förlust av skogsmiljöer som kommer att ske, tillsammans med en ökad fragmentering bland annat till följd av ett utökat vägnät. Dessutom kommer förändrat mikroklimat och olika typer av buller och aktiviteter att tillkomma. Skygga arter, liksom de som är svårspredda eller knutna till mer slutna skog riskerar att minska på sikt inom utredningsområdet. Bedömningen av konsekvenser görs med en viss osäkerhet som har sin bakgrund i att vindkraftsparken är mycket stor och att det inte finns några liknande projekt att ställa bedömningarna i relation till.”

Projektledningen menar att denna problematik kan lösas med de skadelindrande åtgärder man föreslagit, som exempelvis att undanta vissa områden från exploatering. Detsamma gäller för de myrar som finns i området som har den största förekomsten av naturvärdeklassade myrar av den högsta värdeklassen, inte bara inom området utan också i ett landskapsperspektiv. Även här menar man att dessa områden kan fredas med olika skadelindrande åtgärder som kommer att redovisas i den miljöprovning som slutligen

---

<sup>41</sup> Meddelande från IEA, [http://www.iea.org/index\\_info.asp?id=1959](http://www.iea.org/index_info.asp?id=1959)

<sup>42</sup> Vindkraft i Markbygden – ett regionalt industriprojekt inom förnyelsebar energi, MKB, 2008-05-26.



görs av länsstyrelsen. Apropå miljö kvalitetsmålet ”levande skogar” inom Markbygden, där skogarna inte är unika i ett landskapsperspektiv på samma som myrområden, framkommer följande;

#### ”Mål

De nationella delmål som kan vara relevanta för vindkraftetableringen i Markbygden avser framförallt naturskydd av värdefulla skogsmiljöer. Ett nationellt delmål innebär att fornlämningar och andra kända kulturlämningar i skogslandskapet inte skadas

#### Analys

Lokaliseringen och utformningen av vindkraftanläggningen kan göras så att värdefulla skogliga naturmiljöer som kan komma ifråga för naturskydd inte tar skada. Delmålet om skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar avser i första hand skogsbruket. Lokalisering och utformning av vindkraftanläggningen kommer att göras med målet att begränsa skadorna på denna typ av miljöer.”

Projektledningen menar att trots förluster av skogsmiljöer, barriäreffekter, fragmentisering via ett utökat vägnät, hydrologiska effekter av vägar, brytande av ekologiska samband, förändrat mikroklimat med mera så går detta att hantera via skadelindrande åtgärder. Åtgärder som avses kommer att presenteras inom ramen för det fördjupade analysarbete exploatören själv gör inför den slutgiltiga tillstånds- och villkorsprövning som länsstyrelsen genomför inför varje ny utbyggnadsetapp. Utredningsmaterialet kommer således att kompletteras med en landskapsanalys för varje ny etapputbyggnad samt en konsekvensanalys av den slutgiltiga designen av verkslokaliseringen.

#### **Miljö kvalitetsmålen generellt**

Förutom miljö kvalitetsmålet ”levande skogar” finns fyra andra som föreliggande studie har att relatera till. I den senaste utvärderingen från Naturvårdsverket av miljö kvalitetsarbetet framgår att systemet görs om i och med antagandet av regeringens proposition ”Svenska miljö mål – för ett effektivare miljöarbete”.<sup>43</sup> Naturvårdsverket

---

<sup>43</sup> Miljö målen på ny grund, Rapport 6433, Naturvårdsverkets utökade årliga redovisning av miljö kvalitetsmålen 2011, Maj 2011.



kommer framgent att samordna miljömålsuppföljningen och göra fördjupade utvärderingar av både miljö kvalitetsmålen och generationsmålet.<sup>44</sup>

#### 6.4 Tre luftskeppsföretag – tre länder

De tre luftskeppsföretag som presenteras i denna studie representerar tre olika länder där samtliga under mycket lång tid arbetet med lättare än luft teknik. I denna avdelning kommer en kort beskrivning att ges av varje företag.

##### Tyskland: CargoLifter

Tyskland är för många det land som mest förknippas med lättare än luft farkoster, eller luftskepp, eftersom företaget Zeppelin startades här. Företagsnamnet Zeppelin blev liktydigt med Zeppelinare för alla typer av lättare än luft farkoster undantaget ballonger. Frankrike är annars det land i Europa som var först med att utveckla både ballonger och senare styrbara ballonger eller luftskepp, därav namnet ”dirigeables”, styrbar på franska. Företaget CargoLifter och dess historia kan delas in i två perioder. Första perioden är från starten 1996 till ekonomisk insolvens 2002. Två år innan man startade bolaget, det vill säga år 1994, var det ett projekt som initierats av diverse industriföretag där ABB var ett av de mest engagerade. År 2000 börsintroducerades företaget där man snabbt fick cirka 70 000 nya aktieägare varav de flesta var privatpersoner och andra mindre aktieägare. Den andra perioden startade på uppdrag av de tidigare aktieägarna med uppdrag att föra erfarenheterna vidare och i dag har man siktet inställt på att utveckla lyftballonger för tunga lyft och så kallade last-mile lösningar (vilket innebär transporter till över en kilometer eller mer).

Företagets ledning består av en blandning av dem som var med från början och en del mycket engagerade och kunniga aktieägare. Förutom att förvalta erfarenheter av vad det tidigare bolaget uppnått är inriktningen för tillfället fokuserad på att utveckla system för lyftballonger. Satsningen bygger på att traditionella kranar har begränsningar i höjdlöd respektive begränsningar i sidled vilket inte en ballongkran har. Dessutom har man samma lyftkraft inom det område som vadersystemet omfattar, stationär lösning, men lyftkraften kan också bli mobil genom att man har ett eller flera dragfordon eller motsvarande (kan till exempel vara en båt). Eftersom ballongkranen inte kräver omfattande infrastruktur och är lätt att frakta till otillgängliga områden är den enklare att

---

<sup>44</sup> Generationsmålet innebär att den nationella miljöpolitiken ska formas på det sättet att de stora miljöproblemen är lösta till nästa generation.

operera än många traditionella lyftanordningar. Eftersom helikoptrar har en maxkapacitet på 20 ton, är extremt energislukande och ofta relativt dyra är dessa inte anpassade för riktigt tunga lyft men har fördelar i andra avseenden genom att de är relativt snabba. I dagsläget kan man hantera ballonger som hanterar tunga lyft från 2 ton upp till 75 ton.

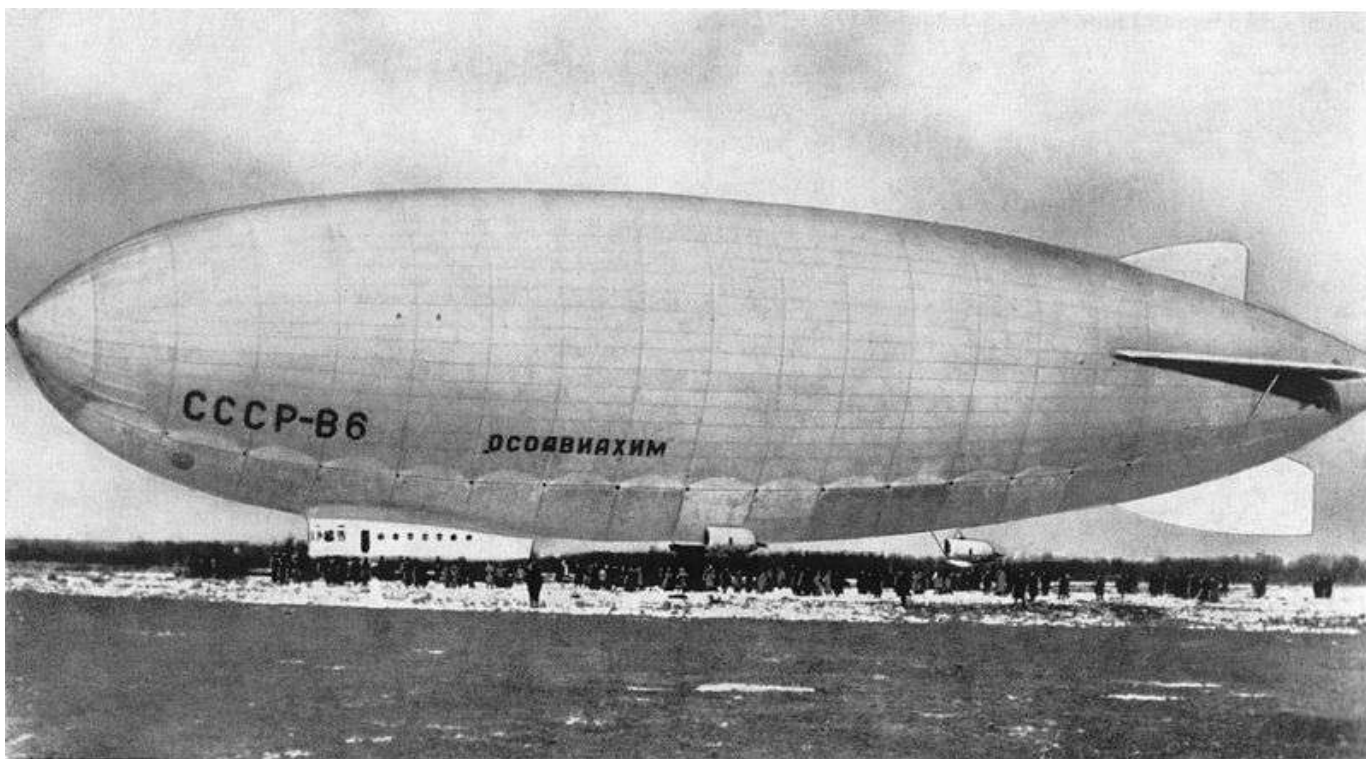


*Denna bild visar den hangarbyggnad som byggdes i syfte att parallellt producera två luftskepp av typ CL160. Det vi ser på bilden är också den största ballongkranen som företaget byggde och som hade kapacitet att lyfta en nyttolast om 75 ton. Hangaren är i sig en imponerande byggnad som har måtten 360 meter lång, 220 meter bred och 106 meter hög. Ytan inne i byggnaden kan samtidigt härbärgera 13 Boeing 747. Foto: CargoLifter*

### **Ryssland: RosAeroSystems**

Luftskeppshistorien kan peka på många exempel där både ryska, och tidigare sovjetiska projekt visar på omfattande kompetens och avancerade applikationer. Ett samtida är användningen av luftskepp för kraftledningsinspektioner där RosAeroSystems står för den mobila plattformen där fördelarna gentemot helikopterburna system framförallt

handlar om hög kvalitet på insamlade data, långa operationstider och låg miljöbelastning. Företagets erfarenheter används också inom andra energisammanhang för datainsamling, övervakning och säkerhet. Företaget RosAeroSystems har tillverkat flera certifierade luftskepp och har opererat på en specialdesignad luftskeppsbas utanför Moskva. Man har också varit involverade i projekt med anknnytning till Arktis, som förväntas spela en ny roll som råvarukälla för Ryssland.



*Under sovjettiden fanns ett omfattande intresse för utveckling av lättare än luft farkoster. Detta luftskepp, SSSR-V6 OSOAVIAHIM som är det engelska namnet, byggdes inom ett statligt sovjetiskt luftskeppsprogram. Bakom just detta luftskepp stod den italienske ingenjören och luftskeppsdesignern Umberto Nobile som också var engagerad av den italienska militären, främst känd som den förste som flög över Nordpolen. År 1937 satte ovanstående sovjetiska luftskepp ett nytt världsrekord i uthållighet genom att flyga i 130 timmar och 27 minuter och slog därmed ett tidigare rekord satt av luftskeppet Graf Zeppelin. Även vid denna tid var exploateringen av Arktis ett av målen med luftskeppsutvecklingen.*

RosAeroSystems har inte bara kunder och potentiella kunder inom Ryssland, utan också i andra delar av världen. Företaget samarbetar också med olika leverantörer av utrustningar för mätning, övervakning och miljöprojekt. Till detta ska läggas satsningen på hybridskepp för tunga transporter och tunga lyft.

### **England: Hybrid Air Vehicles**

England tillhör en av de nationer som arbetat länge inom lättare än luft teknik. En av pionjörerna inom den engelska luftskeppsindustrin var ingenjören, designern och luftskeppsbyggaren Roger Munk. Under hans ledning utvecklades en rad nya uppfinningar och förbättringar som i dag blivit standard inom luftskeppsindustrin. Han var också en av grundarna till Hybrid Air Vehicles, som för närvarande utvecklar konceptet kring tunga och långväga transporter samt tunga lyft. Det företaget gjort är att till denna teknik lägga nya material och modern teknologi. På detta sätt har man skapat nya produkter som är attraktiva på marknaden som för närvarande dels drivs av säkerhetsfrågor, dels av miljöaspekter vilka båda är marknads- och samhällsområden som växer.

Det som företaget självt ser som fördelar med sin design och konstruktion, specifikt beskrivet för Arktiskområdet men som också gäller mer generellt för andra miljöer, är bland annat följande faktorer; a) har låg miljöbelastning, b) är billigare än isvägarna och en tredjedel av kostnaden för flyg, c) kan leverera från punkt till punkt, d) behöver ingen särskild infrastruktur för att operera, e) kan hantera ner till – 60 graders kyla, f) kan starta och landa i vindhastigheter upp till 40 knots (74 km/timma) och flyga/flyta upp till 80 knots (148 km/timma), g) reducerar genom sin kapacitet logistikkostnader och tidsåtgång vilka har stora effekter på större projekt som både kan handla om känsliga transporter (ammunition) och transporter till exploateringsområden (gruvindustriprojekt) samt g) är mer industripassad i sin design än flygindustripassad, vilket gör den till ett industriellt verktyg snarare än en del av ett konventionellt flygsystem.

Enligt utvecklare på Hybrid Air Vehicles finns en stor potential att både göra deras hybridskepp mera bränslesnåla än till exempel flygplan som bär motsvarande last, respektive att använda andra bränslen, som exempelvis vätgas, vilket gör företagets produktutbud ytterst konkurrenskraftigt.

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.



*Mängden potentiella kunder som hört av sig till Hybrid Air Vehicles (HAV) berör alla samhällsområden, företag, humanitära organisationer men också turistindustrin vilket talar för hybridskeppens mångsidighet. Användningen av deras system är inte bara anpassad eller byggd för arktiska områden utan passar inom alla typer av geografiska miljöer. Ovan illustreras behovet av snabba farkoster inom den amerikanska tullen och deras krav av att kunna operera över stora områden oberoende av om man är luftburna eller sjöburna, vilket är fullt möjligt eftersom man kan landa på vatten med detta designutförande. Detta gör också att dessa farkoster är extra lämpliga inom större humanitära operationer, eftersom de kan operera utan konventionell infrastruktur. Illustration: HAV.*



## 7. Fallstudier.

Denna studie har omfattat genomgång av tre olika vindkraftsanläggningar i tre skilda storleksklasser. Den första och största är Markbygden utanför Piteå kommun i Norrbottens län med en planerad utbyggnad av 1101 verk. Topperyd är den minsta enheten i studien med sina 4 vindkraftverk och är lokaliserad i Nässjö kommun i Jönköpings län. Den tredje och sista anläggningen finns i Havsnäs i Strömsunds kommun i Jämtlands län som för närvarande också är den största vindkraftsparken i drift i Sverige. Denna sistnämnda anläggning omfattar 48 vindkraftverk. I detta kapitel beskrivs både allmänna uppgifter om etableringarna respektive detaljerade fakta och data om transportererna.

### 7.1 Markbygden

Markbygden är Sveriges i särklass största vindkraftsanläggning när den är färdigutbyggd. Bolaget Markbygdens Vind AB, som utvecklar och ansvarar för uppbyggnaden, ägs av Svevind Holding (till 75 procent) som är ett privatägt svenskt företag, tillsammans med tyska vindkraftföretaget Enercon (resterande 25 procent). Nedanstående beskrivning syftar till att ge en bild av projektet och centrala fakta kommer att presenteras. Speciellt kommer transporterernas omfattning, inriktning och betydelse att belysas.

#### 7.1.1 Allmän beskrivning av området

Markbygden ligger väster om Piteå och öster om Älvsbyn. Totalt är området som berörs av vindkraftsverksamheten cirka 450 km<sup>2</sup> stort där en mindre yta (mellan 3 och 4 procent eller 15 km<sup>2</sup>) direkt påverkas via nya vägar, uppställningsytor, vindkraftstornen respektive nya kraftledningsgator. Området genomkorsas av tre stora kraftledningar. Det finns befintliga skogsvägar inom området men det krävs också omfattande nybyggnationer av vägar samt upprustning av befintligt skogsbilsnätverk. Området är relativt gles befolkat och ligger på en höjdplatå mellan 220 till 550 meter över havet. Inom området har rennäringen intressen eftersom nästan hela vindkraftsområdet utgörs av vinterbetesmarker. Skogsbruket är annars den dominerande näringen. Eftersom projektet är av mycket omfattande karaktär har man låtit regeringen tillåtlighetspröva anläggningen enligt Miljöbalken där regeringen funnit att pågående markanvändning inte kommer att påtagligt försvåras. Av de speciella villkor som är uppsatta för projektet handlar flera punkter om rennäringens fortsatta bedrivande och hur naturvärdena i området ska kunna skyddas. I slutet av maj 2011 tecknades en överenskommelse mellan Markbygden Vind

AB och Östra Kikkejaurs sameby, som är den sameby som drabbas hårdast av en utbyggd vindkraftsetablering, som innebär att man hittat en samarbetsform för hur problem som uppstår ska hanteras så att båda verksamheterna kan fungera långsiktigt sida vid sida.<sup>45</sup> Apropå avtalet säger Anders Ruuth, ordförande Östra Kikkejaurs sameby:<sup>46</sup>

– Vi lär få anledning att träffas många gånger framöver för att samråda om olika saker. Det är ju fortfarande svårt att i detalj sja om vad utbyggnaden av vindkraften innebär för renskötseln. Men nu har vi hittat både ekonomiska och verksamhetsmässiga lösningar som vi tror borgar för ett bra samarbete och att vi i samförstånd kan lösa oförutsedda problem som dyker upp under resans gång.

### **7.1.2 Anläggningens storlek**

Totalt installerad effekt beräknas till mellan 2500 och 4000 MW. Den beräknade energiproduktionen beräknas uppgå till mellan 8 till 12 TWh per år. Denna produktionssiffra motsvarar alltså drygt hälften av ramen för svensk, landbaserad vindkraft om 20 TWh som regeringen 2008 beslutade att vi skulle uppnå till 2020. En annan jämförelsesiffra är att den totalt installerade effekten motsvarar de fyra reaktorerna i kärnkraftverket i Ringhals. Antalet verk som får uppföras är 1101, men eftersom vindkraftverken hela tiden blir mer effektiva och får högre effekt kan det slutgiltiga antalet enheter minska. Senast 31 december 2021 ska alla byggnads- och anläggningsåtgärder vara slutförda och tillåtligheten gäller i 30 år framåt från den dag verksamheten tagits i drift.

### **7.1.3 Antalet enheter att transportera och lyfta**

I nedanstående tabell finns en uppställning av de komponenter som ska transporteras och i vissa fall lyftas för de verk som valts i projekt Markbygden. Observera att det under byggnadstiden kan de ske förändringar med hänsyn till att nya typer av torn introduceras på marknaden och nya konstruktioner tas i bruk. Tabellen nedan visar att ett enskilt vindkraftverk omfattar 78 olika enheter med en lägsta vikt från 2 ton till en högsta vikt om 75 ton. Den hösta vikten för lyft är för generatorm som väger 75 ton. För att få totalantalet enkelresor för transport av dessa enheter ska man multiplicera med 1101. Antalet transporter av turbinblad/rotorblad uppgår som exempel till 4500 enkelresor. I framtiden skulle transportarbetet kunna minimeras om projektet väljer att producera

---

<sup>45</sup> Pressrelease 2011-05-30, Svevind.

<sup>46</sup> Se referens 45.



turbinbladen lokalt. Till komponenterna har denna studie också valt att i sammanhanget ta med transporter och lyft av kranar, eftersom dessa dels måste transporteras i delar, dels utgöra cirka 10 till 15 procent av alla transporter för ett normalt vindkraftsprojekt enligt Trafikverket. För att man ska kunna resa kranen krävs också en servicekran för att lyfta huvudkranen.

#### **7.1.4 Infrastruktur**

Som ovan påpekats finns ett antal befintliga skogsbilvägar i exploateringsområdet. Till området finns två bra vägar som går att använda efter viss upprustning av vägstandarden på vissa vägsträckor. Dessutom går en järnväg genom området som på grund av obefintliga lastbärare och för stora enheter att transportera inte går att använda. Den har av denna anledning helt uteslutits från planeringen. Den infrastruktur i form av vägar som krävs för att förse projektet med material, komponenter, specialfordon, persontransporter med mera måste därför kraftigt byggas ut och därför planeras nybyggnation av vägar på total cirka 450 kilometer medan cirka 250 kilometer måste upprustas. Kostnaderna för nya och upprustade vägar belastas framförallt projektören men även samhället kommer att bidra med en del av dessa kostnader.

#### **7.1.5 Transportvägar**

De långväga transporterna av komponenter till vindkraftverken går från Emden i norra Tyskland via båt till Piteå hamn för att därefter transporteras med lastbil till exploateringsområdet. Via de nya dispensreglerna för transporter av odelbart gods kommer denna transportväg att väljas. Det som kan förändra transportvägarna för komponenterna är att projektet väljer att köpa delarna från någon annan plats, börja tillverka lokalt eller regionalt samt alternativt utnyttja lättare än luft transporter när det blir möjligt.

#### **7.1.6 Transportarbete**

Enligt miljökonsekvensbeskrivningen behövs mellan 100 och 200 lastbilstransporter per vindkraftverk inbegripet transporter av komponenter till verken, kabel- och el-anläggning samt material för fundamentet. Till detta kommer övriga transporter för att bygga nya vägar respektive underhålla gamla uppställningsplatser och transporter av montagelyftkranar samt persontransporter. Dessutom förväntas en allmän ökad ekonomisk aktivitet inom området som ökar trafikflödena generellt. Även turister och intresserade är grupper som bedöms öka sitt resande i området. Man har också räknat ut att den genomsnittliga transportsträckan för utifrån kommande lastbilstrafik är cirka 150

kilometer för en tur- och returresa vilket för hela anläggningsperioden skulle motsvara 30 miljoner transportkilometer. Motsvarande siffra för transporter inom vindparksanläggningen uppskattas till 15 miljoner transportkilometer. Till detta skall läggas att ungefär samma antal transportkilometer bedöms för avvecklingsfasen, det vill säga 45 miljoner. Av siffrorna i nedanstående tabell framgår att komponenterna för varje torn uppgår till 69 stycken.

### **7.1.7 Operativa kostnader och övriga infrastrukturkostnader**

Transportarbete definieras i statistiska sammanhang som tonkilometer medan trafikarbete avser körda kilometer eller omfattningen av trafik inom ett avgränsat område under en viss tid och uttrycks i fordonskilometer. I Markbygden finns fyra olika typer av transporter med lastbil på grund av projektets storlek; internationella transporter från vindkraftstillverkaren, nationella transporter av material för el-materiel, kablar, kranar och liknande, lokala transporter av betong, armeringsjärn och liknande samt interna transporter av till exempel ballast för vägbyggnation. Alla dessa typer av operativa kostnader uttrycks antingen som transportarbete eller trafikarbete. Någon detaljerad uppställning av de olika operativa kostnaderna har inte varit möjlig att ta fram inom ramen för denna utredning, utan enbart de kostnader som hänför sig till de internationella transporterna (se nedanstående tabell). Alla dessa transporter påverkar dock infrastrukturkostnaderna i större eller mindre omfattning. Inte heller detta har varit möjligt att i detalj urskilja i denna studie. Däremot finns en infrastrukturkostnad som går att räkna fram delvis med hjälp av den modell som Trafikverket använde för Botniabanen. Dessutom tillkommer ett mer kvalificerat underlagsmaterial dagligen från det samlade forskarsamhället, som innebär att de ekologiska kostnadskomponenterna skulle kunna beräknas med en högre precision än tidigare.

### **7.1.8 Miljökonsekvensbeskrivning**

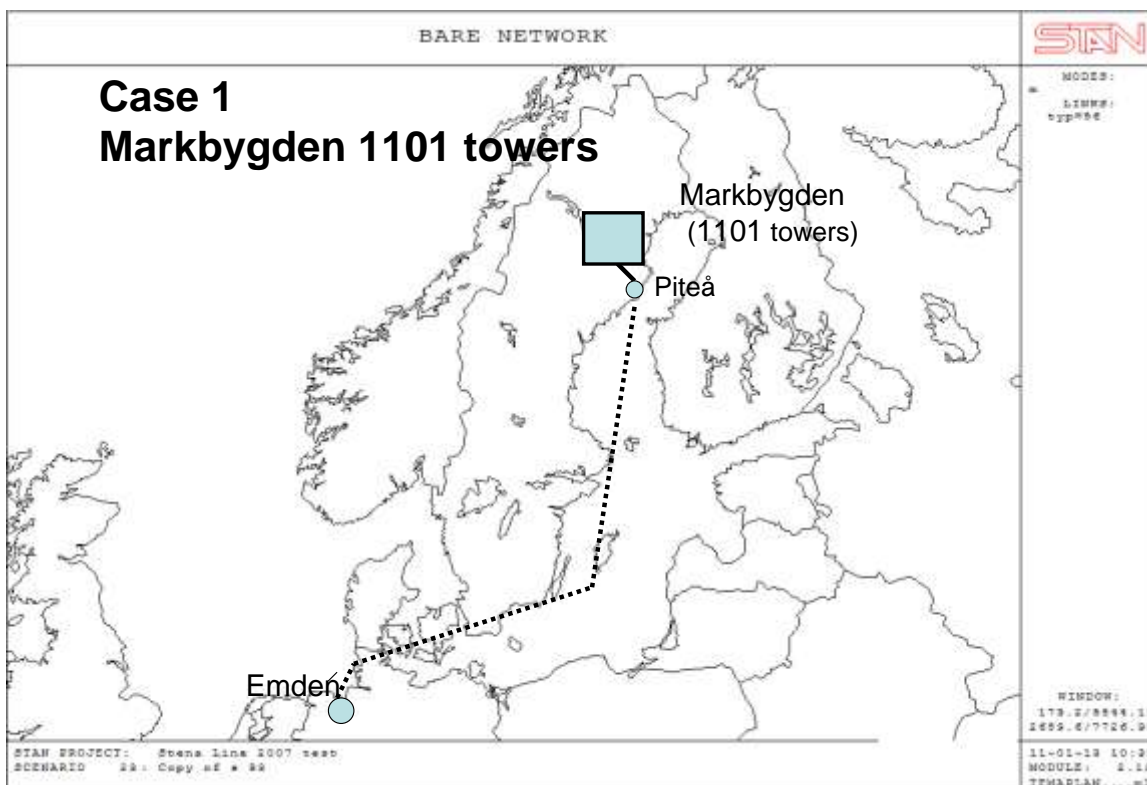
Det är en mycket omfattande miljökonsekvensbeskrivning som gjorts för vindkraftsexploatering i Markbygden.<sup>47</sup> I denna avdelning kommer bara de delar att kommenteras som direkt berör transportfrågorna. I kapitel 8 under rubriken ”När passar luftskeppstekniken som bäst” kommenteras övriga frågor som är relaterade till att exempelvis bygga helt nytt vägsystem i skogsmarksområden, vilket kommer att påverka dessa naturmiljöer i olika avseenden. Dessa sistnämnda delar ingår inte heller i den

---

<sup>47</sup> Vindkraft I Markbygden – ett regionalt industriprojekt inom förnyelsebar energi, Miljökonsekvensbeskrivning 2008-05-26.

föreliggande miljökonsekvensbeskrivningen, vilket är viktigt att understryka, utan kommer att finnas med i fördjupad form i den tillståndsprövning där villkor och tillstånd meddelas, som länsstyrelsen kommer att behandla inför varje ny etapp i utbyggnaden av Markbygden, där en mer djupgående konsekvensanalys kommer att göras av exploitören omfattande till exempel konsekvenser för enskilda våtmarker, för bäckar och landskapsbilden vid enskilda bostadshus. Det är också livsmiljöer vid vattendrag, våtmarker och våtmarkskomplex som bedöms som mest utsatta vid en exploatering.

När det gäller transporterna sägs i miljökonsekvensbeskrivningen att det regionala vägnätet i Markbygden har bärighetsklass 1 och kvalitetskravklassen pendlar mellan 1 och 2. Detta innebär att området kan ta emot både ökade trafikflöden och tyngre fordonsvikter. På vissa vägsträckor finns tjäl- och bärighetsproblem som kommer att åtgärdas och därefter förväntas den tunga trafiken på det regionala vägnätet fungera året runt. Inom själva Markbygdsområdet krävs, som påtalats ovan, att det byggs cirka 450 kilometer ny väg för att klara av transporterna inom, till och från området. En rad anslutningspunkter till det regionala vägnätet krävs också för att transporterna ska uppfylla skilda krav, exempelvis trafiksäkerhetskrav. Den dominerande markanvändningen i området är skogsbruk och via det nyanlagda vägnätet kommer både åtkomsten av skogsråvara att öka samt likaså möjligheterna att transportera råvaran. Nyanlagda vägar bedöms till 10 meter i medelbredd enligt miljökonsekvensbeskrivningen vilket skulle motsvara en yta om 6,5 kvadratkilometer.



*Denna figur visar den transportväg som det odelbara godset färdas från Enercons fabriker i norra Tyskland till Piteå hamn och Markbygden. Första delsträckan går via sjövägen för att därefter fortsätta på landsväg. Alternativt skulle denna transport helt kunna ske via vägtransport men med helt andra konsekvenser för koldioxidutsläppen, underhåll och drift av vägar samt effekter på trafiksäkerheten. Statsmakterna har via ändrade regler för dispenstransporter tvingat större projektägare att använda det samlade mest samhällsekonomiska transportupplägget vid byggnation av större vindkraftsparker.*

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

**Fall 1: Markbygden – 1101 torn**

<b>Moduler</b>	<b>Antal enheter 1 torn</b>	<b>Ton/enh. 1 torn</b>	<b>Längd m/enh. 1 torn</b>	<b>Antal Lastbilar/torn 1 torn</b>
Vingar	3	10	50	3
Hub	1	20	5	1
Spoiler	3	2		3
Generator	1	75	5	1
Maskinhus	1	10		1
Segment	30	18 – 27	5	30
Segment	30	28 -40	5	30
<b>Total</b>	69			69

*Denna sammanställning, ovan och nedan, över transporter och transportenheter kan skilja sig från de uppgifter som finns i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) och andra dokument kring projektet. Detta är ganska naturligt eftersom planerna ändras, tekniken utvecklas samt att villkor och tillstånd via länsstyrelsens miljöprövningsdelegation kan påverka den slutgiltiga utformningen av exploateringsområdet. Av denna anledning kan kostnadsuppskattningar förändras över tid på grund av en rad olika skäl. Observera att kostnaderna för fundament inte finns med i denna sammanställning.*

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

**Vägar**

Nya:	450 km
Uppgraderade:	250 km
Kostnader totalt:	5000 Mkr ( 1101 torn)
Kostnad per torn:	4500 000 Kr/torn

**Transporter**

Transporttid med fartyg (Emden – Piteå):	6 dagar
Transportdistans med fartyg (Emden – Piteå):	2000 km
Transportkostnad med fartyg (Emden – Piteå): (Inkluderat: transport, lastning, avlastning, lagring)	1000 000 Kr/torn
Transporttid med lastbil (Piteå – Markbygden):	1 dag
Transportdistans med lastbil (Piteå – Markbygden):	80 km
Transportkostnad med lastbil (Piteå – Markbygden):	500 000 kr/torn
Kostnad för kranhantering:	1000 000 Kr/torn

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.



*CargoLifter har gjort ett antal tester och beräkningar med transport av vindkraftsturbiner eftersom dessa kan vara svåra att transportera i svåra terrängförhållanden. En transport av dessa turbinblad för de fall vi granskat visar att på grund av längden på dessa turbinblad innebär det att de vägar och den infrastruktur som ibland krävs måste anpassas till dessa transporter. Med ballonglyft kan man hantera dessa transporter, så kallade last mile problematiken, på ett annorlunda sätt som minskar behovet av omfattande infrastrukturutbyggnader. Man kan också tänka sig att underhållet av förstörda turbinblad kan effektiviseras via CargoLifters AirCrane. Foto: CargoLifter*



## **7.2 Havsnäs**

Etableringen av Havsnäs Vindkraftspark i Strömsunds kommun, Jämtlands län, är ett exempel på en ny trend inom vindkraftsindustrin. Tidigare har vindindustrin valt lägen nära kuster och på land som exempelvis inom jordbruksbygder. Nu är det framförallt inlandslokaliseringar som fått ett stort uppsving och där är anläggningen i Havsnäs ett bra exempel på denna nya trend. Dessa inlandsetableringar sker ofta i skogsområden som har speciella vindförhållanden att ta hänsyn till. Exempelvis krävs ofta högre torn för att optimera anläggningen eftersom medelvindhastigheten generellt är högre ju högre upp man kommer vilket kraftigt ökar elproduktionen.

### **7.2.1 Allmän beskrivning av området**

Havsnäs Vindkraftspark är en färdigställd anläggning och är i dag Sveriges största landbaserade vindkraftspark. Anläggningen ägs av Nordisk Vindkraft AB till 25 procent och av HG Capital till 75 procent (ett engelskt privatkapitalbolag specialiserade på investeringar inom vind, sol och vatten) och invigdes i september 2010. Nordisk Vindkraft är i sin tur ett helägt dotterbolag till RES Group, som är ett globalt ledande bolag inom förnyelsebar energi med huvudkontor i Hertfordshire England. Området man valt ligger cirka 20 kilometer norr om Strömsund. Inom området har man placerat vindkraftverken på tre höjder. På Ritjelsberget står 21 verk, på Järvsand står 16 verk och på Ursåsen står 11 verk.

### **7.2.2 Anläggningens storlek**

Anläggningen består av 48 verk med en effekt på 95,4 MW samt en beräknad årsproduktion på 250 - 375 GWh. Som ovan påpekats innebär detta att totalt 48 vindkraftverk omfattas i detta projekt. Av miljökonsekvensbeskrivningen framgår att företaget RES Group letat efter ett område för en större vindkraftanläggning och funnit att antalet möjliga lokaliseringalternativ är begränsade. Av två potentiella etableringsalternativ i Strömsunds kommun, Alavattnet respektive Frostviken, valdes Alavattnet på grund av färre negativa miljökonsekvenser samt bättre vindförhållanden.

### **7.2.3 Antalet enheter att transportera och lyfta**

Vindkraftverket i Havsnäs är av annan typ än i Markbygden vilket innebär färre delar att transportera. Totalt innehåller varje verk 10 delar. Spännvidden i ton räknat är från minsta enheten på 2 till högsta på 85.

#### **7.2.4 Infrastruktur**

För att bygga ut vindkraften i Havsnäsprojektet krävdes ny vägbyggnation även om man upprustat befintliga vägar inom området. Totalt har man byggt cirka 35 kilometer ny väg. En fördel i exploateringen av Havsnäsområdet har varit att det redan finns en befintlig stamnätsledning på 220 kV som genomkorsar området, ägd av Svenska Kraftnät. För att knyta ihop de tre områdena kommer man att använda luftledningar medan man inom respektive område använder markbelagd kabel.

#### **7.2.5 Transportvägar**

Från början av projektet övervägdes att använda både sjötransporter och vägtransporter. Slutligen valdes vägtransporter för samtliga vindkraftskomponenter från Vestas i Danmark. På sidan 56 finns en karta över de tre huvudvägar som initialt valdes ut som möjliga transportleder.

#### **7.2.6 Transportarbete**

Enligt miljökonsekvensbeskrivningen behövs mellan 100 och 200 lastbilstransporter per vindkraftverk inbegripet transporter av komponenter till verken, kabel- och el-anläggning samt material för fundamentet. Till detta kommer övriga transporter för att bygga nya vägar respektive underhålla gamla, uppställningsplatser samt transporter av montagelyftkranar. Det vill säga antalet transporter är lägre jämfört med antalet som krävs i Markbygden som bland annat beror på att Vestas konstruktion skiljer sig gentemot Enercons genom att bestå av färre komponenter per torn.

#### **7.2.7 Operativa kostnader och övriga infrastrukturkostnader**

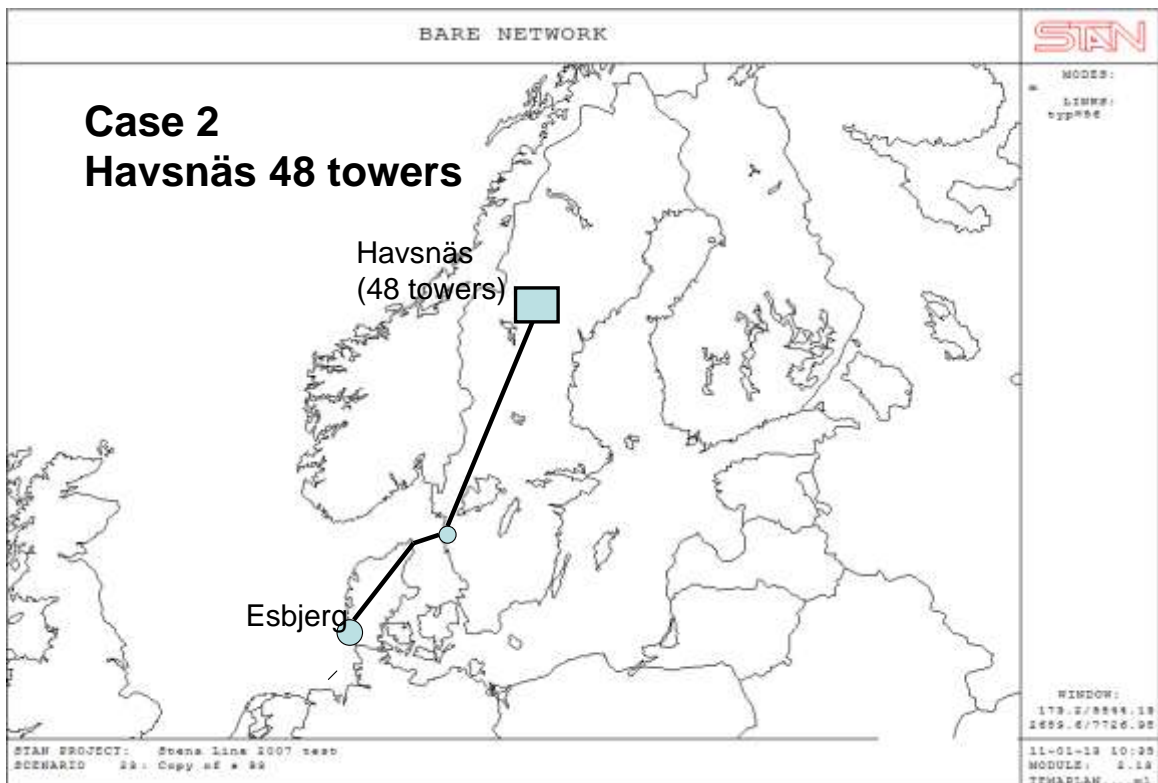
På samma sätt som för Markbygden finns data för de operativa kostnaderna att frakta komponenter från vindkraftsproducenterna till Havsnäs. Även kostnader för att hårdgjorda ytor har beräknats men dessa kostnader är inte desamma som infrastrukturkostnaden enligt den modell som presenteras på sidan 21 och framåt i denna rapport.

#### **7.2.8 Miljökonsekvensbeskrivning**

Det som framförallt påverkas mycket negativt med vindkraftsetableringen i Havsnäsområdet är det rörliga friluftslivet, turismen samt jakt och fiske. Övriga konsekvenser är enligt miljökonsekvensbeskrivningen antingen små eller kan hanteras på ett sätt som minimerar intrångets skadeverkningar. Vad beträffar friluftslivet, turismen,

jakt och fiske framhåller man att den positiva naturupplevelsen som i dag existerar kraftigt kommer att försämrats vilket kan innebära att turister, besökare och lokalt boende söker sig till andra platser. Eftersom dessa aktiviteter är omfattande inom området påverkas både boende och besökande turister. Även populära utsiktsplatser försämrats i kvalitet vilket understryker att de upplevelsevärden som området besitter har degraderats. Man spekulerar dock i att det finns besökare som lockas hit av just vindkraftparken men det finns inga siffror som analyserar plus och minus i denna turiststatistik.

Av miljökonsekvensbeskrivningen framgår också att miljökonsekvenserna av transporter fram till projektområdet inte inbegrips i analysen och inte heller tillverkningen av de olika vindkraftskomponenterna. Inte heller ledningsdragningar ingår i miljökonsekvensbeskrivningen eftersom denna fråga senare ska behandlas i samband med ansökan om koncession.



*Havsnäs är ett exempel på en inlandslokalisering som blivit allt vanligare i dag till skillnad från tidigare då etableringar främst har legat nära kusterna eller på land, dock inte i inlandet. Genom denna nya lokaliseringssinriktning frekventeras ett glest och*

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

*lågtrafikerat allmänt och enskilt vägnät med låg plan- och bärighetsstandard. För att dessa vindkraftsetableringar ska kunna genomföras krävs dessutom ofta helt ny väg i tidigare orörd natur, upprustning av tidigare skogsbilväg samt allmän upprustning av befintligt regionalt vägnät för att klara ökad tung trafik.*

**Fall 2: Havsnäs – 48 torn**

Moduler	Antal	Ton/enh.	Längd	Antal
	enheter		m/enh.	Lastbilar/torn
	1 torn	1 torn	1 torn	1 torn
Vingar	3	10	50	3
Hub	1	20	5	1
Maskinhus	1	85	13	1
Segment 1	1	75	24	1
Segment 2	1	57	26	1
Segment 3	1	35	21	1
Segment 4	1	28	23	1
Fixring	1	16	5	1
Total	10			10

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

*Vindkraftanläggningen i Havsnäs skiljer sig åt i en rad olika avseenden från den i Markbygden. Vindkraftverken kommer till exempel från företaget Vestas i Danmark vilket bland annat innebär att antalet komponenter som behöver transporteras är lägre än för vindkraftverk från Enercon. Kostnaderna för fundament finns inte med i denna sammanställning.*

**Vägar**

Nya:	35 km
Uppgraderade:	22 km
Kostnader totalt:	60 Mkr (48 torn)
Kostnad per torn:	1250 000 Kr/torn

**Transporter**

Transporttid med lastbil (Esbjerg – Havsnäs):	4 dagar
Transportavstånd med lastbil (Esbjerg – Havsnäs):	1400 km
Transportkostnad med lastbil (Esbjerg – Havsnäs):	1000 000 Kr/torn
Kostnad för kranhantering:	400 000 Kr/torn



*RosAeroSystem är ett ryskt företag som designat, producerat och certifierat flera olika typer av luftskepp. Denna AU 30 är ett så kallat multipurpose luftskepp(mångsidig användning) som bland annat kommer att användas för forskning inom Arktiskområdet för att bland annat mäta isens tjocklek samt samla in andra vetenskapliga data. Bilden visar en start i -40 graders temperatur vilket inte är några som helst problem för ett luftskepp. Tvärtom ökar lyftkraften vid låga temperaturer.*

### **7.3 Topperyd**

Topperyd i Nässjö kommun i Småland är den minsta anläggningen inom denna studie. Anläggningen ägs av Luftbolaget AB medan Eolus Vind AB i Hässleholm projekterar, uppför och förvaltar vindkraftsparken. Projektet är det första i Nässjö kommun och är också ett exempel på en tidig inlandsetablering i ett skogsområde. I juli 2007, när miljökonsekvensbeskrivningen lämnades in för den första etappen, var kunskaperna mindre utvecklade om vindkraft i skogsmiljöer.

#### **7.3.1 Allmän beskrivning av området**

Projektet är ett av de första i skogsmiljö vid denna tidpunkt i Sverige vilket inneburit att kunskapen om på vilket sätt skogen påverkar eller inte påverkar vindens energiinnehåll initialt var låg. Det konstaterades att det krävs höga torn för att utvinna så mycket kraft som möjligt vilket också innebar att man satsade på att bygga högt. Det framgår också att beräkningarna var mindre precisa avseende den årliga elproduktionen från de båda verken.

#### **7.3.2 Anläggningens storlek**

Första etappen om två torn följdes av en andra där ytterligare två torn uppfördes vilket innebär att Topperyd omfattar totalt fyra torn. Detta innebär att anläggningen är förhållandevis liten för att betecknas som vindkraftspark.

#### **7.3.3 Antalet enheter att transportera och lyfta**

Av nedanstående tabell framgår att varje torn omfattar 10 komponenter att transportera och lyfta. Jämfört med de båda andra vindkraftsanläggningarna är avstånden betydligt kortare i detta fall. Detta innebär också att anläggningen klarar sig inom reglerna för dispenstransporter, vilka kräver att man använder sjötransporter för längre transportavstånd vilket innebär att transporterna i detta fall kan ske på vägnätet. Dessutom tillhör denna anläggning kategorin enstaka torn, vilket innebär att projektet skulle få dispens även om avståndet varit längre än 500 kilometer.

#### **7.3.4 Infrastruktur**

När miljökonsekvensbeskrivningen färdigställdes konstaterades att det krävdes en fyra meter väg av bra standard och att man kunde använda befintliga vägar i området i största möjliga utsträckning. Efter att man bestämt den exakta vägsträckningen konstaterades att



det krävdes nybyggnation av totalt 2,5 kilometer ny väg för anläggningen i Topperyd. Däremot krävdes ingen upprustning av befintligt vägnätverk

### **7.3.5 Transportvägar**

Att transportera vindkraftverken från fabrik till produktionsplatsen blev efter valet av tillverkare enkelt. Eftersom endast fyra verk skulle uppföras och man valde Vestas som leverantör så innebar detta att lastbilstransport direkt från fabrik både var enklast och billigast.

### **7.3.6 Transportarbete**

Transportarbetet liknar i hög grad det som gäller för anläggningen i Havsnäs. Den stora skillnaden är att i Topperyd är det delar till endast 4 torn som ska transporteras.

### **7.3.7 Operativa kostnader och övriga infrastrukturkostnader**

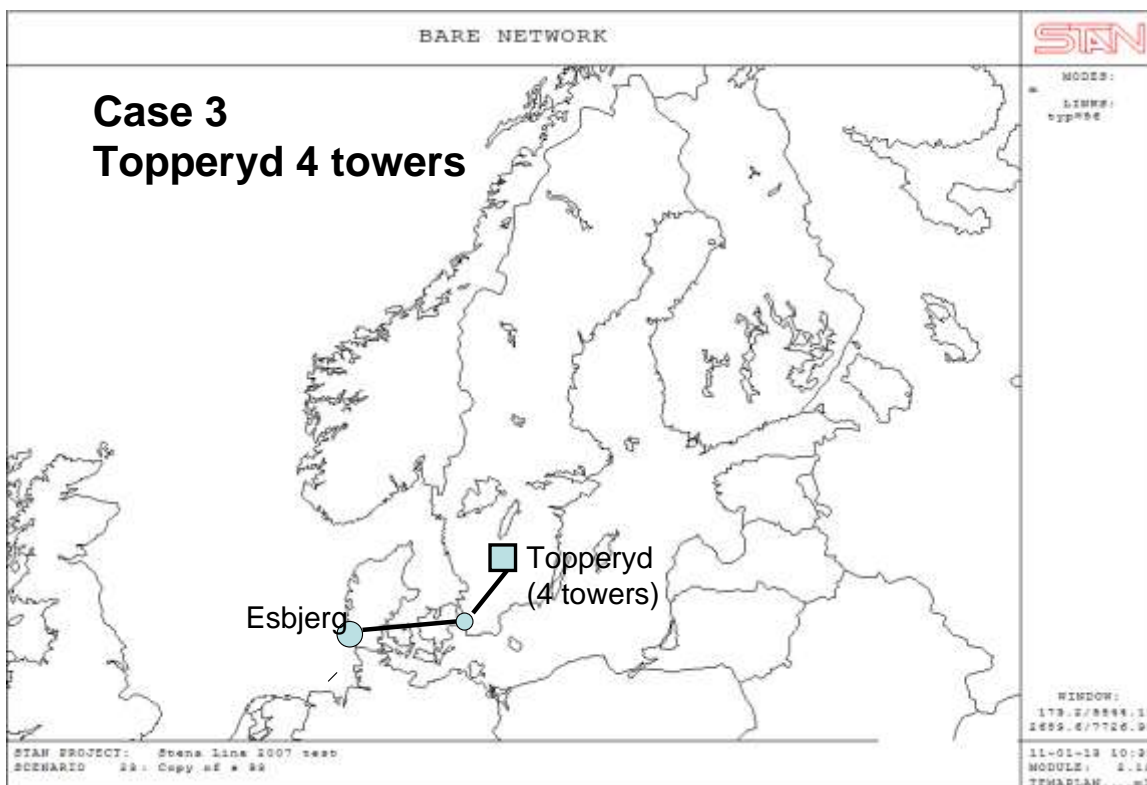
Jämfört med anläggningen i Havsnäs är kostnaden för lastbil lägre i detta fall på grund av transportens längd. Däremot är krankostnaden lika hög vilket är viktigt att uppmärksamma.

Vindkraftsanläggningen i Topperyd är av mindre omfattning vilket också innebär att intrånget är mindre. Relativt sett skulle dock detta intrång kunna påverka övriga infrastrukturkostnader mer jämfört med övriga två anläggningar. Denna typ av analys har dock inte gått att färdigställa utifrån föreliggande utredningsmaterial.

### **7.3.8 Miljökonsekvensbeskrivning**

Av miljökonsekvensbeskrivningen framgår att de negativa miljökonsekvenser som uppstår i Topperyd kan hanteras enligt Eolus Vind. Vissa smärre problem kan dock uppstå under driften som exempelvis rörliga skuggor för två bostäder. Landskapsbilden kommer att påverkas eftersom de syns från omkringliggande höjder men eftersom avstånden är långa dominerar inte kraftverken landskapet. Etableringen inom ett skogsområde gör också att verken avskärmas av skogen. Riksintressen för naturvård, Natura 2000 områden eller andra skyddsvärda områden finns överhuvudtaget inte inom området. Cirka 1000 meter från området finns ett mindre riksintresse för naturmiljön i form av ett välbevarat odlingslandskap. Utredarna hänvisar också till Vindkraftsutredningen, SOU 1999:75, där det konstateras att varken vilda eller tama

däggdjur påverkas av vindkraften i någon större utsträckning och därmed är etableringen i Topperyd för störningar av djurlivet inget större problem.



*Topperyd ligger i Nässjö kommun i Jönköpings län. Det är den minsta vindkraftsanläggningen i denna undersökning. Valet av transportmedel var inte svårt med tanke på avståndet till fabriken i Danmark respektive antalet enheter som skulle transporteras.*

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

**Fall 3: Topperyd – 4 torn**

Moduler	Antal enheter 1 torn	Ton/enh. 1 torn	Längd m/enh. 1 torn	Antal Lastbilar/torn 1 torn
Vingar	3	10	50	3
Hub	1	20	5	1
Maskinhus	1	85	13	1
Segment 1	1	75	24	1
Segment 2	1	57	26	1
Segment 3	1	35	21	1
Segment 4	1	28	23	1
Fixring	1	16	5§	1
Total	10			10

*I detta fall finns, enligt våra preliminära bedömningar, ekonomiska förutsättningar att använda lättare än luft farkoster för transport av komponenter till dessa 4 verk. För att avgöra för och nackdelar i detta fall måste man dock göra en fördjupad analys där de specifika förutsättningarna klarläggs. Generellt är lönsamhet högre i större parker. Kostnaderna för fundament finns inte med i denna sammanställning.*

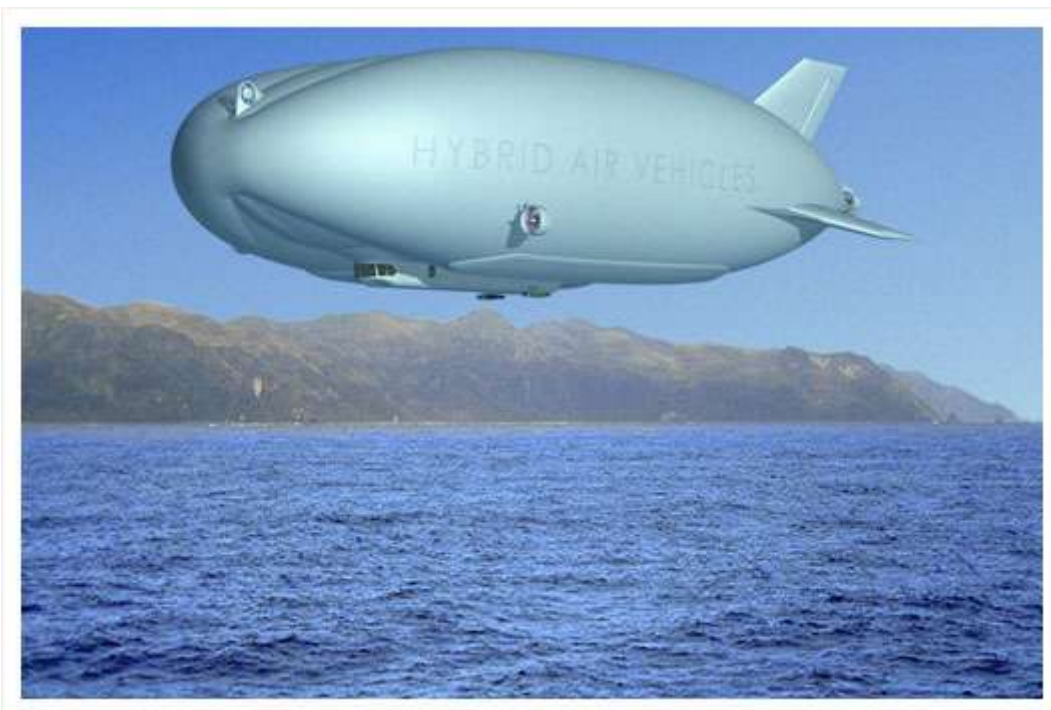
Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

**Vägar**

Nya:	2,5 km
Uppgraderade:	0
Kostnader totalt:	2 Mkr (4 torn)
Kostnad per torn:	500 000 Kr/torn

**Transporter**

Transporttid med lastbil (Esbjerg – Topperyd):	3 dagar
Transportavstånd med lastbil (Esbjerg – Topperyd):	500 km
Transportkostnad med lastbil (Esbjerg – Topperyd):	700 000 Kr/torn
Kostnad för kranhantering:	400 000 Kr/torn



*Det engelska företaget Hybrid Air Vehicles ska enligt kontrakt med Northrop Grumman leverera ett hybridluftskepp till U.S. Army att sättas in i Afghanistan i början av 2012. Detta kontrakt har också inneburit att företaget fått en rad kontakter med företag världen över som vill använda skeppet för civila ändamål. Förutom att frakta skilda typer av laster är det tänkt att också användas för tunga lyft. Kapaciteten för tunga lyft är cirka hälften av den last man kan bära. Det vill säga fraktar med 200 ton har man kapacitet att lyfta 100 ton. Den främste utvecklaren bakom detta hybridluftskepp, där hybrid står för både aerodynamisk och aerostatisk lyftkraft, var Roger Munk (död 2010) som sedan tidigt 70-tal varit den drivande kraften bakom en rad nya luftskepps konstruktioner och patent vilka gjort denna satsning på hybridskepp möjlig.*

## 8. Strukturering och analys.

### 8.1 Varför undersökning av lättare än luft lösningar?

Denna undersökning har som främsta fokus att ur tillämpnings- och kostnadssynpunkt jämföra användningen av konventionella logistik- och transportlösningar med alternativet lättare än luft teknologin. En osäkerhet att hantera i undersökningen är dynamiken inom både vindkraftsområdet och inom lättare än luft tekniken. Inom båda områdena sker stora förändringar inom kort tidsrymd vilket innebär svårigheter att förutse framtiden. En annan osäkerhetsfaktor är bedömningen av den ekologiska kostnaden för att producera vindkraftsel. En strid ström av vetenskapliga rapporter produceras inom en rad olika ämnesområden av relevans för att bedöma denna centrala, långsiktiga kostnadspost.<sup>48</sup>

### 8.2 Jämförelser av dagens teknik och lättare än luft teknik

Jämförelsen grundar sig på en skattning av olika kostnader som uppstår då en vindkraftanläggning skall etableras och byggas. De olika kostnadskomponenterna och deras strukturella uppdelning redovisas i kap. 3.6. Uppdelningen kan sammanfattas enligt nedan:

- a. Operativa transport- och hanteringskostnader.
- b. Infrastrukturkostnader.
- c. Lägeskostnader.

Jämförelsen görs utifrån dagens teknik med nyttjande av lastbilstransporter och hantering med kran, jämfört med kostnadsbilden för lättare än luft tekniken, det vill säga nyttjande av luftskepp och lyftballonger.

Jämförelsen har gjorts för tre olika vindkraftparker:

1. Markbygden, 1101 verk.
2. Havsnäs, 48 verk.
3. Topperyd, 4 verk.

---

<sup>48</sup> Julinumret av Science och värderingen av skogen som CO<sub>2</sub> regulator.

En allmän beskrivning av de tre parkerna redovisas i kapitel 7. Två olika företag har levererat och anlitats vid byggandet.

1. Enercon (Tyskland). Leverans till Markbygden
2. Vestas (Danmark). Leverans till Havsnäs och Topperyd.

Tornens konstruktion, mätt i antal byggelement, elementens vikt och längd samt tornets totalvikt redovisas i tabell a nedan.

Företag	Antal Komp.	Vikt/komp Ton	Längd/komp meter	Vikt/torn ton
Enercon	70	5 – 75	5 – 50	1000
Vestas	10	5 – 85	5 – 50	500

Tabell a. Tornens komponenter och dimensioner

Kostnadsjämförelsen görs för komponenter som i nuläget kan kopplas till den på föregående sida angivna uppdelningen a -c enligt följande:

- a. Operativa transporter – och hanteringskostnader: Lastbilstransporter och kranhantering.
- b. Infrastrukturkostnader: Byggande av nya vägar samt förstärkning av befintligt vägnät.
- c. Lägeskostnader: Anläggande av hårdgjorda ytor för kran och mellanlagring.

Beräkningen av kostnaden för de ovan angivna komponenterna har gjorts i samråd med leverantörer och byggansvariga för de tre parkerna.

Motsvarande kostnader vid nyttjandet av lättare än luftteknik har beräknats i samråd med tre olika företag som utvecklar och designar luftskepp och lyftballonger:



Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

1. Hybrid Air Vehicles. England (luftskepp/hybridskepp)
2. RosAerosSystem. Ryssland (luftskepp/hybridskepp)
3. Cargo Lifter GmbH. Tyskland (lyftballonger och luftskepp)

De tre företagen utvecklar ett antal luftskepp och lyftballonger som i korthet redovisas nedan:

**Hybrid Air Vehicles:**

Typ	Last (ton)	Hastighet (km/tim)	Distans (km)
HAV 266	20	130	2000
HAV 366	50	190	2200
HAV 606	100	180	5900

**Ros Aeros System:**

Typ	Last(ton)	Hastighet(km/tim)	Distans(km)
Atlant 30	30	130	2000
Atlant 100	60	130	4000
Atlant 300	170	130	5000

**Cargo Lifter:**

Typ	Last(ton)	Hastighet(km/tim)	Distans(km)
Ballong (Air truck) (CL 160)	>75		last mile

En grov skattning av de operativa kostnaderna med lastbil beräknas till mellan 0,5 – 1,3 miljoner kronor per torn. Tillkommande kostnader för hantering och montering med kran av byggelement beräknas till 0,5 – 1,0 miljoner kronor per torn. Den sammanlagda transport- och hanteringskostnaden beräknas till i snitt cirka 1,5 miljoner kronor per torn för de tre studerade parkerna. Variationer i kostnaderna beror bland annat på variationen i antal byggelement i tornen från de två leverantörerna samt variationen i transportavståndet till parkerna.

Motsvarande operativa kostnader med luftskepp har bedömts utifrån att skeppen har både en transportfunktion och en funktion för lyft och montering, det vill säga en kranfunktion. Dessutom har den operativa kostnaden i det här fallet även beaktat att denna kostnad har två kostnadskomponenter. Den ena är distansberoende (kr/ton km) och den andra är tidsberoende (kr/ton tim). Transportdistansen kommer att reduceras på grund av att luftskeppet har en distans motsvarande ”fågelavståndet” jämfört med lastbilens ruttval som styrs av tillgänglig infrastruktur och ett dispensförfarande med Trafikverket/Transportstyrelsen som beaktar bärighet, vägbredd, kurvatur och trafikförutsättningar. Transportdistansen till de tre parkerna bedöms därmed reduceras med cirka 30 procent. Transporttiden kommer också att reduceras på grund av en kortare distans men också på grund av luftskeppets högre hastighet. Luftskeppets hastighet, som uppgår till i snitt 150 km/tim, jämfört med lastbilens med 70 km/tim, tillsammans med den kortare distansen, ger en samlad tidsreduktion på minst 65 procent.

Den samlade kostnadsbilden för transport och montering av en vindkraftanläggning visar, utifrån de tre luftskeppsföretagens bedömningar, klara indikationer på att lättare än lufttekniken har en framtida potential för dessa transporter. Detta stärks ytterligare av de möjligheter till kostnadsbesparingar som kan göras i de två övriga kostnadsområdena: infrastrukturkostnader respektive lägeskostnader. En skattning av dessa kostnader som i nuläget gäller för de tre parkerna redovisas i tabell b nedan (nästa sida).

Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.

Park	Nya och förstärkta vägar Mkr/torn	Hårdgjorda ytor/torn		Totalt Mkr/torn
		Mkr	m2	
Markbygden	4,0	1,5	3000	5,5
Havsnäs	1,2	0,5	1000	1,7
Topperyd	0,5	0,5	1000	1,0

Tabell b. Kostnader för nya och förstärkta vägar samt för hårdgjorda ytor för kranar och mellanlagring.

Variationen i kostnaden per torn som redovisas i tabellen beror bland annat på närheten till det befintliga vägnätet och lämpliga anslutningspunkter till detta som distanstransporten kräver.

Till de kostnader som ovan redovisas bör också övriga logistikkostnader och miljö- och ekologiska kostnader beaktas.

Logistikkostnaderna beaktar bland annat kapitalkostnaden för det bundna kapitalet under transporten. En reducerad transporttid medför en reducerad kapitalkostnad. Ytterligare en kostnad som påverkas är möjligheten att utföra nödvändiga transporter med hänsyn till säsongvariationer såsom väderlek, isläggning, tjälskador samt avstängning av vägnät enligt Trafikverkets anvisningar.

De förväntade skadekostnaderna på vägnätet tillsammans med de störningskostnader som belastar logistikkostnaden vid transporten och byggprocessen, beroende på de ovan nämnda, kan bli betydande. En estimering av dessa förväntade kostnader (C), utgår ifrån sannolikheten för att skadan eller störningen uppstår (P), multiplicerat med kostnadsnivån för detta (k) enligt nedan

$$C = P \times k$$

Miljökostnaden beaktar bland annat uppkomna emissioner i samband med transporten och hanteringen. Emissionernas omfattning gäller inte enbart transporten av de olika elementen till vindkraftanläggningen utan även de lastbilsrörelser som uppkommer för att

transportera kranar till parken samt också för att bygga och förstärka vägnätet och anlägga erforderliga hårdgjorda ytor.

Det totala behovet av hårdgjorda ytor för Markbygden motsvarar i och med detta en yta på cirka 3 miljoner m<sup>2</sup>. Det motsvarar hårdgjord yta för cirka 80 mil väg. Dessa konsekvenser bör därför beaktas vid bedömningen av olika ekokostnader

Båda dessa typer av kostnader bedöms kunna reduceras signifikant med hjälp av lättare än lufttekniken.

### **8.3 När passar luftskeppstekniken som bäst**

För att besvara denna fråga krävs betydligt fler parametrar och fakta att ta hänsyn till än denna undersökning haft möjlighet att granska. Här ska några perspektiv presenteras som kan ge viss vägledning i en sådan diskussion.

Ska anläggningen leverera till den lokala, regionala eller nationella/internationella marknaden? I dag finns en trend där lokala, mindre anläggningar etableras vilka serverar ett närområde. Lokaliseringen av denna typ av anläggning är känslig eftersom den kan påverka allt från fastighetsvärden, sikt, buller med flera faktorer. Ofta etableras dessa anläggningar också i områden med spridd bebyggelse vilket skärper kraven på att vindkraftverken hamnar rätt. Dessutom är det extra viktigt att ett enstaka vindkraftverk placeras på ett sådant sätt att det optimerar energiproduktionen samtidigt som det minimerar kostnader för infrastruktur som vägar och ledningar. I detta fall är det rimligt att lättare än lufttekniken kan tjäna som ett ypperligt verktyg för precisionsetablering.

Även större vindkraftsanläggningar med omfattande transportbehov i perifera lägen med dålig vägstandard och i känsliga miljöer torde vara av stort intresse för denna teknik. I detta fall kan man minimera alla de tre kostnadskomponenter som presenterats i kapitel 3.6. Hur stor potentialen är beror på hur de ingående enskilda komponenterna i kalkylmodellen beräknas. Dessa komponenter är i dag föremål för en rad olika undersökningar vilket gör att en mer fullständig kalkyl kommer att kunna göras även för den ekologiska kostnaden eller enligt modellen företrädesvis lägeskostnaden men också stora delar av infrastrukturkostnaden. Enligt lättare än lufttillverkarna kan även mindre vindkraftsparker försörjas med konkurrenskraftiga transporter vilket gör att detta teknologiområde bör studeras mera i detalj samt testas i konkreta projekt när förutsättningar finns.

## 9. Tre framtidsscenarier.

Året är 2021 och vindkraften i Sverige har kommit för att stanna men vilka system och lösningar blev mest framgångsrika? Tog utvecklingen flera inriktningar eller fortsatte huvudspåret med allt större och tyngre enheter som var etablerat i början 2011? Vad blev bra, vad blev mindre bra?

### 9.1 Scenario 1. Business as usual

Många i Sverige jämförde med utvecklingen i Tyskland och konstaterade att vårt land borde ha presterat bättre eftersom förutsättningarna här var mycket bättre än där. Man glömde vad den tyska forskaren Dörthe Ohlhorst slog fast i en artikel 2011, skriven av frilandsjournalisten Henrik Andersson, där hon beskriver hur utvecklingen i Tyskland startat brett redan 30 år tidigare innan Sverige fick upp farten i vindkraftsutbyggnaden i början av 2010-talet.<sup>49</sup> Förklaringarna handlade enligt Dörthe Ohlhorst om tidiga satsningar på teknik för att bland annat förenkla överföringen till nätet, och stabila regelverk som gjorde att investeringarna blev förutsägbara. Konkret innebar detta att statsmakterna tvingade operatörerna att ta emot den energi som producenten inte hade behov av, vilket tillsammans med ”deltagande stadsplanering” gav gynnsamma ekonomiska incitament att satsa storskaligt. Vad beträffande deltagande stadsplanering, som i en svensk kontext skulle kunna motsvara översiktsplan, var detta en process där lokalbefolkningen involverades i samhällsplaneringsprocessen. Konkret ändrades den tyska plan- och bygglagen 1996 där vindkraftverk betecknades som en ”privilegierad konstruktion” samtidigt som vindkraftsverkens placering skulle bli föremål för en gemensam och öppen planeringsprocess med stort lokalt inflytande. Dock var vindkraftverken, som ofta uppfördes av lantbruksföretag som ett svar på oljekriserna på 1970-talet, från början av det enklare slaget, relativt små och med många brister.

I Sverige var förhållandena på 2010-talet likvärdiga med de i Tyskland på 1980-talet så till vida att det fanns oklarheter i tillståndsgivningsprocessen, villkoren för att driva verksamheten där exempelvis avvecklingsskedet och dess kostnader inte var helt reglerade samt att Försvarmaktens intressen klarades ut först efter diverse utredningar. Vid denna tid fanns också oklarheter beträffande ekonomin för vindkraftsetableringar i skogsmiljö, där bland annat Vattenfall var skeptiska till att satsa för fullt trots att man

---

<sup>49</sup> Hareportage.se/medvind\_et\_3-08.pdf

hade statsmakernas uppgift att driva på vindkraftsutbyggnaden. I en radiointervju uttalade chefen för Vattenfalls svenska vindkraftssatsning, Eva Vitell, att det krävs högre vindkraftverk än de 150 meter som då var vanliga i skogsmiljö för att nå stipulerade avkastningsmål.<sup>50</sup> Anledningen var att träden var i vägen för vinden med följd att det skapades turbulens samt att vindarna var bättre högre upp. Detta tema med allt högre vindkraftverk skapade vid denna tid också en animerad miljöstrid i Danmark. På danska västkusten byggde statsmakterna under ledning av Naturstyrelsen, under Miljöministeriets ansvarsområde, ett testcenter för mycket höga vindkraftverk i Österlid. Planerna var mycket kontroversiella eftersom man var tvungen att hugga ned en skog och testcentret påverkade miljön starkt i negativ riktning. Danmarks miljöminister, Karen Ellemann, uttalade sig den 11 februari 2011 sig i Frederiksborg Amts Avis enligt följande:

”Den danske eksport af miljøteknologi var på hele 43 milliarder kroner i 2008. Regeringen satser på at gøre Danmark til et fuldskala laboratorium for udvikling og afprøvning af nye miljøteknologiske løsninger, sådan som vi f. eks. har gjort med vindmølletestcentret i Østerild. Og vi har gode muligheder for at blive et laboratorium på det grønne område.”

Trots kontroverserna, som höll på att fälla den dåvarande danska regeringen, byggdes testcentret där främst Vestas kunde genomföra sina utvecklingsplaner. Så här i efterhand kan sägas att det fanns lokaliseringsplatser för dessa gigantiska vindkraftverk vars torn mätte 250 meter plus tillkommande höjd för turbinbladen. Det vill säga att bara tornen var högre än Turning Torso i Malmö, som är Sveriges högsta byggnad, och som mäter 190,4 meter. Dock var det på ytterst få platser i Sverige som dessa vindkraftverk byggdes eftersom dessa mötte stort motstånd bland främst lokalt boende och verksamma.

Antalet transporter som krävdes för att transportera alla komponenter till den storskaliga vindkraftutbyggnaden kom att diskuteras alltmer i samband med att stora skador uppstod på vägnätet och turistindustrin började protestera. Även framkomligheten med tidsförluster för alltfler vägtrafikanter gjorde att transportfrågan kom att diskuteras alltmer. Frågan gällde också: vem skulle betala? Genombrottet för luftskepp och hybridluftskepp i mitten av 2015 kom att ställa transport- och logistikproblemen på sin spets. Nu fanns ett fullgott alternativt transportsätt som var extremt miljövänligt men som initialt inte hade kapacitet att klara av all transportefterfrågan. Genom att statsmakterna

---

<sup>50</sup> ”Kritik mot höga vindkraftverk i skogen”, Ekot den 1 juli 2011.

parallellt satsade på energieffektivisering i stor skala blev utbyggnadstakten av vindkraften lugnare vilket gjorde att vissa typer av transporter, bland annat för de allt längre turbinbladen, ålades att fraktas med luftskepp till platser som annars medförde alltför stora ingrepp i känsliga naturmiljöer eller inbegrep i form av omfattande vägbyggnation.

## 9.2 Scenario 2. Storskalighet och småskalighet sida vid sida

Vertical Wind i Uppsala presenterade år 2009 en nygamal konstruktion, nämligen den vertikallaxlade turbinen med en direkt driven generator på marknivå. Denna konstruktion hade flera fördelar inte minst ur transport- och logistiksynpunkt eftersom inga stora och tunga delar behövde lyftas upp på höga höjder. Man hade också anammat trä som konstruktionsmaterial för tornbygget vilket minskade konstruktionens CO<sub>2</sub> utsläpp. Efter en trög start hittade man sin nisch genom att både medverka i storskaliga, havsbaserade konsortium och i den lilla skalan med andelsägda vindkraftverk. Förutom att producera förnybar energi engagerade man sig också i ett utvecklingsprojekt som gick ut på att lära sina kunder och kundernas kunder grundläggande energianalys. Orsaken var dels att medarbetarna hade forskarbakgrund, dels visade sig att detta var en stor konkurrensfördel visavi övriga aktörer på marknaden. Begrepp som energieffektivisering, effektiv energianvändning, energisparande, energibesparing och energihushållning blev var mans egendom genom ett ihärdigt arbete i en mängd studiecirkelr lander runt.<sup>51</sup>

Vid slutet av 2011, som i flera olika avseenden var en tid när flera gamla sanningar sattes på ända av nya forskningsresultat, blev det en tillfällig avmattning i den svenska vindkraftsutbyggnaden. Främst var det den ekonomiska turbulensen i världen som stoppade många nya etableringar men också att den ekologiska kostnaden ökade. En del ekonomer varnade för en negativ diskonterad ränta av naturkapitalet. Denna diskussion hade dock det goda med sig att statsmakterna via Energimyndigheten och Naturvårdsverket startade en utredning i den fysiska riksplaneringens anda, som var en världsunik planeringsform som pågick i Sverige från 1966 till och med 1988 med fokus på hushållning med mark, vatten, energi mm, vilken kom fram till att utbyggnaden kunde fortsätta men att den skulle anpassas på ett bättre sätt till naturmiljön, alternativa näringars utveckling som turistindustrin, CO<sub>2</sub> påverkan samt transporter- och logistiklösningar som minimerade transportarbetet respektive infrastrukturens andel av miljöbelastningen.

---

<sup>51</sup> Energiindikatorer 2011, Rapport från Energimyndigheten, Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål, ER 2011:12.



Som en del av en bredare ansats av vindkraftsutbyggnaden uppmärksammades också en del innovationer och äldre teknologier inom olika delar av det spektra som denna energiproduktionskälla representerar. Förutom det inledande exemplet med Vertical Wind fanns också andra. Exempelvis uppmärksammades möjligheterna att använda lättare än luft tekniken för vissa moment i transport- och logistikkedjan. På detta sätt vann man minskad miljöbelastning i form av olika komponenttransporter som ersatte vissa sjö- och landtransporter, främst turbinblad, samt minskad markanvändning genom att det lokala skogsvägnätet kunde minimeras i både omfattning och längd. Företaget CargoLifters ballongkranlösning visade sig ha stora fördelar för transporter och lyft för så kallade last mile applikationer. Nu krävdes inte längre omfattande vägbyggnation i skogsmark utan ett nytt system för lyft och förflyttningar utvecklades, även kallat Heaven Bridge, i det energisamarbete som vid denna tid startades tillsammans med Tyskland, som vid sidan av Sverige i dag är ledande nation på områdena förnybar energiproduktion i kombination med den lägsta eko-kostnaden. Sveriges miljöminister Andreas Carlgren och Roger Tiefensee skrev i en DN redan den 7 juli 2011 att Tyskland och Sverige skulle intensifiera samarbetet kring förnybar energi och energieffektivisering vilket också blev fallet.<sup>52</sup>

Ett annat tema som bör uppmärksammas vid en tillbakablick är tillsättningen av högnivåpanelen för global hållbarhet. Tyvärr misslyckades detta arbete kapitalt eftersom man, som oftast i dessa sammanhang, glömde mobilisera och kommunicera med befolkningarna. Trots goda ambitioner, och ett och annat gott exempel på motsatsen, kom dessa initiativ i början av andra decenniet på 2000-talet inte att avsätta några avgörande framsteg. Istället var det hyresgästkollektivet, fackföreningar, solidaritetsrörelser och andra folkliga sammanslutningar som med hjälp av statsmakterna via bland annat stöd från Energimyndigheten, till slut, fick i gång ett omfattande globalt livsstilsprojekt som omdanade inte bara energiproduktionen utan också energikonsumtionen. Ledstjärnan i arbetet var ”många bäckar små” och vindkraften var en viktig del av den nya energimixen.

I sammanhanget kan också nämnas den rapport som SWECO genomförde inom klimatområdet som framförallt fick beslutsfattare i norra Sverige att ta ett nytt tag i energi- och transportfrågorna. Detta dels eftersom man hade många energiintensiva

---

<sup>52</sup> “Sveriges energiförsörjning ska vara helt förnybar 2050”, av miljöminister Andreas Carlgren och Roger Tiefensee, DN den 7 juli 2011.

fabriksanläggningar, dels var beroende av långväga transporter.<sup>53</sup> I en artikel i Svenska Dagbladet i augusti 2011 underströk också representanter från industrin, kommuner och län att de värden som finns i norra Sverige, till exempel utvinning av malm till ett värde av 20 miljarder som vidareutvecklas av det svenska industrisystemet till ett värde av 550 miljarder kronor, kräver ett betydligt bättre transportsystem för att fungera väl.<sup>54</sup> Till detta kan också läggas skogsindustrin och dess produktionsvärde om cirka 220 miljarder kronor per år, som dessutom gynnades av klimatförändringen. I rapporten från SWECO konstaterades att klimatförändringarna under 2000-talet till och med 2100-talet skulle bli högst påtagliga med både för- och nackdelar för olika näringar. Exempelvis skulle nederbörden öka i Norrland, växtperioden förlängas, förutsättningarna för djur och växtliv förändras, klimatet blir varmare och skulle likna klimatet som fanns i Skåne i början av 2000-talet. Rapporten konstaterade att skogsindustrin, jordbruket, energisektorn och turistnäringen skulle kunna utvecklas kraftigt om man verkligen ville och det ville beslutsfattarna.

### **9.3 Scenario 3. Kostnadseffektiv och miljöanpassad**

Många var djupt bekymrade i början av 2000-talet över klimatförändringarnas påverkan på livet på jorden. Vid denna tid slogs både utsläppsrekord och temperaturrekord på löpande band trots en omfattande ekonomisk recession som under en tid övergick i en depression. Investeringarna inom vindkraftsområdet var vid denna period ryckig, kontroversiell och dåligt ekologiskt anpassad. Från vindkraftsindustrin sida var man mest negativ mot de regelverk som fanns och som innebar att tillståndsgivningen, enligt deras åsikt, var oförutsägbar och därmed rättsosäker. De var också kritiska till det svenska försvaret som man menade lade en död hand på områden som både hade goda vindförhållanden och var relativt okontroversiella utifrån miljösynpunkt. En tredje punkt var enligt vindkraftsförespråkarna att allmänheten hela tiden fick motstridiga fakta vilket försvårade möjligheterna att föra en konstruktiv dialog om utbyggnadens för- och nackdelar. Motståndarna mot vindkraftsutbyggnaden klagade i sin tur på bristande insyn i de lokaliseringstuderingar som gjordes inför varje ny etablering och att de estetiska värdena, naturens skönhet och andra estetiska värden, ofta negligerades. Även Naturskyddsföreningen, som i grunden tycker att vindkraftens utbyggnad är av godo, även om man vid denna tid allt oftare framförde kravet på ökad energieffektivisering som

---

<sup>53</sup> Norrland – Klimatet förändras och förändrar, Utredning från SWECO november 2008.

<sup>54</sup> Svenska Dagbladet, 12 augusti 2011.

en lika viktig åtgärd för att minimera klimatpåverkan, hade synpunkter på hur miljöfrågorna hanterades;<sup>55</sup>

”Exempelvis måste det beaktas att bevarad biologisk mångfald och intakta ekosystem är lika viktiga medel för att mildra effekterna av framtida klimatförändringar som en ökad användning av förnybar energi.”

Stöd för denna uppfattning fick man också i den forskning som handlade om skogens betydelse för CO<sub>2</sub> balansen.<sup>56</sup> Allt detta tillsammans föranledde att Energimyndigheten, med stöd av Naturvårdsverket, Naturskyddsföreningen, forskare, konsulter, utvecklare, föreningar med flera grupper gjorde en ”state of the art”-utredning för att beakta alla aspekter av vindkraftsutvecklingen i en bredare analysram än vad som dittills hade gjorts i Sverige, och som fick namnet Vindkrafts Kommissionen. Nedan följer en uppräknig av några av de utgångspunkter som lyftes fram vid denna tidpunkt;

a) Den omfattande kartläggningen, analysen och bedömningen av biologisk mångfald och därtill hörande ekosystemtjänster som managerades av Secretariat of the Convention on Biological Diversity.<sup>57</sup> Här uppmärksammas dessa fenomen och den påverkan förändringarna i dessa storheter bland annat har på klimatförändringen. Denna kartläggning lyfte bland annat upp kombinationen av markanvändningsförändringar med exploatering av skogar respektive modifiering av vattenresurser som exempelvis floder.

b) Frågan om vad utbyggnaden har för effekter på direkta markanvändningseffekter (direct land use change – LUC) respektive indirekta markanvändningseffekter (indirect land use change - ILUC).<sup>58</sup> Dessa frågor hade tidigare framförallt apostroferats i samband med produktion av biodrivmedel men i takt med vindkraftsutbyggnadens fortsatta expansion blev denna problematik också relevant att studera i Sverige. Detta har bland annat uppmärksammats via EU:s förnybarhetsdirektiv där vissa områden har etiketteras som ”no go areas” som exempelvis skogsmark.

---

<sup>55</sup> Rapporten “Vindkraft i Västra Götaland”, John Löf 2010-12-19/rev KH 2011-01-18.

<sup>56</sup> Science juli 2011.

<sup>57</sup> Se referens 18.

<sup>58</sup> Indirekt förändrad markanvändning (ILUC) – en omtvistad fråga, Skrift från SVEBIO, av Kjell Andersson,

c) Transporternas påverkan på miljön och de samhällsekonomiska effekterna av ökat transportarbete var studier som initierade under 2000-talets första decennium.<sup>59</sup> Det konstaterades att de samhällsekonomiska kostnaderna var betydande och att valet av transportupplägg starkt påverkade dessa kostnader. Dessa utredningar uppmärksammade också det ökade antalet dispenstransporter som krävdes för framförallt de mindre parkerna som tenderade att bli alltfler.<sup>60</sup> Även dessa transporter kostade samhället stora resurser vilket innebar att denna fråga blev en viktig del av arbetet i kommissionen.

d) Det arbete som SIS, Swedish Standards Institute, initierade kring naturvärdesinventering, som är ett viktigt underlag för att göra miljökonsekvensbeskrivningar (MKB), uppmärksammades eftersom dessa inventeringar ligger till grund för större exploateringar som till exempel vid väg- järnvägs- och vindkraftsbyggen.<sup>61</sup> SIS påtalar att dessa inventeringar och utredningar är av skiftande kvalitet vilket föranlett institutet att skapa en svensk standard för naturvärdesinventering. Så här skriver man om syftet med arbetet:

”Det huvudsakliga syftet med en naturvärdesinventering är att beskriva och värdera biologisk mångfald. Någon beskrivning av hur inventeringen ska gå till och vad den ska innehålla finns inte. En standard kan till exempel innehålla mallar för hur bedömningar ska göras och vilka utbildningskrav som kan ställas på dem som ska utföra inventeringarna.”

e) Via olika aktörers aktivitet producerades en mängd fakta som annars lätt hade blivit glömda och gömda i den strida ström av rapporter som vid denna tid existerade kring miljö- och klimatfrågorna. En rapport från en Nya Zeeländsk stiftelse, som arbetar med den så kallade fas 2 epoken innebärande att människan måste leva inom vår miljöns ekologiska ramar, apostroferade att den totala mängden koldioxid som ett land producerar ibland sker utanför landets gränser.<sup>62</sup> Rapportens största förtjänst var att den inte bara försökte beskriva vägar framåt utan också ställa upp pedagogiska modeller där ekonomi, miljö och sociala dimensioner relateras till varandra på ett trovärdigt sätt. Man underströk också att ett lands relationer med alla andra länder måste in i kalkylen för att den ska bli mera sanningsenlig.

---

<sup>59</sup> Samhällsekonomi vid transporter av vindkraftverk, WSP 2009-10-21.

<sup>60</sup> Se kapitel 4 för prognoser över den framtida vindkraftsutbyggnaden i Sverige.

<sup>61</sup> <http://www.sis.se/Tekniska-kommitter/TK-550-599/TK-555/>

<sup>62</sup> ”Strong Sustainability for New Zealand – Principles and Scenarios,

f) Ett sista exempel på underlag för Vindkrafts Kommissionens arbete var det arbete som initierades av Naturvårdsverket och som senare blev en viktig del av hela kommissionens arbete. Initiativet var Naturvårdsverkets eget eftersom man uppfattade att naturmiljöfrågorna hitintills hade handlat om hur olika arter berörs men inte hur ekologin som helhet påverkas när större vindkraftsparker byggs. Exempel på frågeställningar man ville studera var de hydrologiska effekterna av nya vägar, effekter i naturmiljön när biologiska samband bryts, så kallade barriäreffekter och liknande frågor. Denna aspekt togs också upp av den tidigare professorn i kulturgeografi, Torsten Hägerstrand, som underströk att dränering av vatten ”utgör våra mest omfattande irreversibla ingrepp i landskapet”.<sup>63</sup>

Målet med denna jättesatsning var att skapa en förnybar energiproduktion som också var exemplarisk ur miljösynpunkt utifrån en bredare utgångspunkt. Även vindkraftsindustrin, som ju själva alltid tog upp miljöaspekterna i sin argumentation för vindkraften, deltog aktivt i arbetet. Globalt talade man om *green energy* men sällan om *green transport*, *green infrastructure*, *green technology* och *green impact* vilket gjorde att Vindkrafts Kommissionens arbete blev mycket uppmärksammat runt om i världen.

Därtill genomfördes ett omfattande utvecklingsarbete tillsammans med Tyskland som blev det land vi i Sverige kom att arbeta nära beträffande förnybar energi. Detta var inte så konstigt eftersom Tyskland dels var aktiv redan på 1980-talet där man utvecklade gedigen teknik (överföring av småskalig elproduktion till elnätet) och fasta regelverk (bland annat hur den el som levererades småskaligt skulle ersättas), dels hade en rad medelstora företag som satsade på egna idéer utan att snegla på aktiemarknaden. För det andra var det CargoLifters initiativ, och specifikt vid denna tid deras arbete med sin ballongkranskonstruktion, som kraftigt kom att förändra behoven av kranar vid tunga lyft och därmed transportarbetet. Tillsammans med två andra tyska företag, SeeBA som tagit fram en lyftanordning att placera på ett vindkraftstorn och TimberTower som tillverkade torn i trä, kom man att rita om kartan för hur vindkraftsetablering kunde ske mer ekologiskt, ekonomisk, klimatvänligt och transport- och logistiskt smart. För det andra kan nämnas den satsning som gjordes på energieffektivisering och som svenska företag gjorde tillsammans med bland andra Siemens som låg i framkant inom detta område. För det tredje bör framhållas den erfarenhet som fanns inom tysk bostadspolitik där hyresgästerna hade en helt annan roll som energiproducenter och var involverade i den

---

<sup>63</sup> Mark och vatten år 2010, Bostadsdepartementet Ds 1988:35, Framtidsbedömningar om kulturlandskapets utveckling.

**Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter.  
Slutrapport.**

totala energihushållningen. Denna sektor, lite beroende hur den definieras, står för drygt 30 procent av den svenska energiförbrukningen vilket gör den central för klimatarbetet.

.

## 10. Slutsatser och framtid.

### 10.1 Möjligheter för Sverige

Transporter och logistiklösningar är delar av fundamentala förutsättningar för att överhuvudtaget få tillstånd en etablering av en vindkraftsanläggning. Byggnation av en produktionsanläggning för vindenergi alstrar omfattande transportarbete av både när- och fjärrtransportkaraktär. Material, komponenter, vägbyggnation, arbetskraft, tjänster, stödresurser och så vidare, allt ska transporteras, ta fysisk plats och påverkar rummets och platsens egenskaper respektive upplevelsedimensioner. Även vägar och kraftledningsgator är delar av de fundamentala förutsättningarna vilka ingår i den totala infrastrukturinvesteringen och miljöbelastningen. Vindkraftsetableringarna påverkar även andra aktiviteter i samhället, där ökad tillgänglighet till områden som tidigare varit mer eller mindre avskärmade från ekonomisk aktivitet öppnas upp, vilket i många fall är positivt under förutsättning att dessa följdinvesteringar är acceptabla ur miljösynpunkt.

En ny inriktning på vindkraftsutbyggnaden, med många fler mindre vindkraftverk för lokal närproduktion av elenergi, innebär till exempel att förutsättningarna för transporter och logistik förändras.<sup>64</sup> I en forskningsrapport framgår att det finns en nisch för mindre enheter, som främst är viktig för lokal nivå;

“There are niche markets for small wind turbines, with a small contribution in fulfilling renewable targets but market size in number of turbines large enough for commercial activity.”

För dessa mindre anläggningar är det inte rimligt att kräva sjötransporter i förekommande fall eftersom detta skulle bli orimligt dyrt även om samordning mellan olika vindkraftsetableringar ibland skulle kunna fungera. Samtidigt som denna elproduktion inte kan räknas in i samhällets baskraft är antalet inte obetydligt, och den kan expandera om satsningarna blir framgångsrika, samt trygga elförsörjningen främst i lokalsamhällen.

Vad ger då detta för nya möjligheter för Sverige? Med lättare än luft lösningar kan en del av de nackdelar med långa avstånd som finns i landet, som innebär omfattande förstärkning, utbyggnad och förslitning av vägnätet, till stora delar försvinna vad beträffar

---

<sup>64</sup> NordVind Windpower technology: history, status and vision, RESEARCH REPORT VTTR0835809



vindkraftsutbyggnaden. En del av transporterna, företrädesvis fjärrtransporterna, lyfts bort medan andra, exempelvis kranar för tunga lyft som dessutom representerar en ansevärd mängd av alla transporter, ersätts av enstaka transporter för samma ändamål eller reduceras kraftigt. Dessa lättare än luft lösningar ger också möjligheter till att lokalisera vindkraftsanläggningar inom områden som med konventionella transporter och logistiklösningar i dag anses vara för dyra eller komplicerade. Det ger samhället nya frihetsgrader att placera verken där de gör mest nytta och minst skada. Lokala demokratiska processer är dessutom en tillgång i detta perspektiv och inget som står i vägen för utvecklingen.

## 10.2 Komparativa fördelar och det matematiska ramverket

Denna studie visar att det finns en rad olika komparativa fördelar med att använda lättare än luft tekniken. Om de luftskeppsföretag som i dag verkar på marknaden lyckas åstadkomma verklig förändring inom transport och logistikområdet kan detta ha stora konsekvenser för inte minst uppbyggnaden av den svenska vindkraften, oberoende om den är storskalig eller småskalig: Fördelarna med luftskepp har följande karaktär:<sup>65</sup>

- a) att de kan arbeta i bebyggd miljö stora delar av dygnet på grund av att de är tystgående,
- b) de har därmed stor tillgänglighet vilket minimerar kapitalkostnaderna,
- c) de är dels energisnåla, och de kräver inte hårdgjorda ytor vid tunga lyft eller vid transport,
- d) de har låga utsläppsnivåer och potential att bli helt klimatneutrala på grund av utvecklad motorteknik,
- e) de kan leverera komponenter från en plats till en annan utan omlastning,
- f) de stör inte andra transportslag utan är ett komplement till andra transportsätt,
- g) de är tillgängliga även när vägnätet (tjäle) eller sjövägen (is) inte kan användas,
- h) de kräver inga omfattande infrastrukturinvesteringar utan verkar på lokala villkor,
- i) de kan nå alla platser på ett enkelt sätt utan krav på ny infrastruktur,
- j) genom låga krav på infrastruktur kan de enkelt etablera nya transportrutter,
- k) har fördelen att inte vara belastade med invanda tankemönster inom transportområdet,

---

<sup>65</sup> Se referens nummer 1.

Redan i dag finns exempel på lättare än luft teknik inom energiområdet som poängterats ovan. Kraftledningsövervakning med integrerad underhållsplanering är i dag det främsta exemplet på lättare än luft teknikapplikationer. Tunga lyft med CargoLifters lösning är ett annat och nära förestående exempel på vad denna teknik har för potential oaktat de ekologiska fördelarna. Enligt företrädare för CargoLifter finns det mer som talar för att deras teknik passar in i det svenska vindkraftsprogrammet än i det tyska eftersom deras vindkraftverk är lokaliserade nära befintlig infrastruktur och att nästa steg i deras utveckling är att öka produktionskapaciteten inom det befintliga vindkraftsbeståndet. Däremot finns förfrågningar från andra länder inom EU där investeringar i vindkraft fortfarande ligger på en låg nivå och där CargoLifters teknik skulle kunna passa in bättre.

En central del av analysen är den kalkyl, eller matematiska ramverk, som presenterats och beskrivits på sidan 21. Det är utifrån denna utgångspunkt som en allsidig värdering av denna studie och dess slutsatser kan genomföras. Den förutsätter givetvis att luftskeppsföretagen både kan transportera tunga komponenter längre sträckor och kan lyfta dessa på plats i de fall som redovisats inom denna studie. CargoLifter, som för närvarande utvecklar hanteringsprocedurerna med ballonger för tunga lyft, har bevisat en förmåga att lyfta tunga objekt, fram till i dag 55 ton, men med en kapacitet på 75 ton.<sup>66</sup> För övriga luftskeppsföretag i denna studie, RosAeroSystem och Hybrid Air Vehicles, kan vi konstatera att båda har byggt ett antal certifierade luftskepp och har förmåga att designa och konstruera hybridluftskepp. I fallet Hybrid Air Vehicles vet vi också att de följer den plan som är uppgjord med amerikanska försvarsmakten om att leverera det första hybridluftskeppet för insatser i Afghanistan. Även CargoLifter har vid sidan av tunga lyft också planer på att producera luftskepp för långa transporter. Utifrån deras tidigare erfarenheter kommer denna produktionsplan att följa en steg för steg strategi där lastkapaciteten ökar för varje projekt i ett utvecklat modulsystem. I deras tidigare planer var målet att skapa ett traditionellt luftskepp med en transport- och lyftkapacitet på 160 ton. Vad beträffar RosAeroSystem och Hybrid Air Vehicles hybridluftskepp kommer dessa att kunna transportera dubbelt så tunga laster jämfört med hur mycket de kommer att kunna lyfta ett objekt på en och samma plats. Det vill säga bygger man ett hybridluftskepp som kan transportera laster upp till 200 ton, kommer deras lyftkapacitet att vara 100 ton. Detta hänger samman med att dessa farkoster kombinerar aerodynamiska och aerostatiska principer.

---

<sup>66</sup> Reserapport till Tyskland (pdf fil). En reserapport om CargoLifters ballongkranlösning.

Förutom att transportererna blir luftburna, och därmed varken stör andra transportslag eller belastar vägnätet, finns också andra aspekter som ska värderas. De kostnadskategorier som tagits upp och analyserats för denna undersökning, operativa transport- och hanteringskostnader, infrastrukturkostnader och lägeskostnader, är enligt luftskeppsföretagen lättare än luft tekniken konkurrenskraftiga redan när det gäller de operativa transport- och hanteringskostnaderna. De menar dessutom att det finns en potential för att dessa farkoster ska bli ännu mera attraktiva i framtiden genom dels att de ska kunna ta mycket större laster, dels att framdrivningstekniken gör farkosterna utsläppsfria och därmed klimatneutrala. Vad avser infrastrukturkostnader och lägeskostnader så är möjligheterna att spara resurser och minimera olägenheter ännu större. Att slippa bygga omfattande infrastruktur inom känsliga naturområden minimerar inte bara direkta kostnader utan behåller de kvaliteter som är centrala för att behålla den biologiska mångfalden respektive de ekosystemtjänster som orörd natur producerar.

Tekniken ger också möjligheter till att välja en helt ny inriktning vid lokalisering och placering av framtida vindkraftsverk. På detta sätt kan mycket bra vindlägen väljas även om terrängförhållandena är besvärliga, givetvis under förutsättning att alla andra lokaliseringfaktorer är gynnsamma. Prioritet bör givetvis ges för markområden som sedan tidigare redan är påverkade, men med bra vindförhållanden, vilka kan vara äldre industriområden, vattenkraftsdammar, gruvområden och liknande platser.

Till detta ska läggas innovationer, befintliga såväl som kommande, som stimulerar vindkraftslösningar som minimerar transportarbetet (alla typer av lyftanordningar inklusive lättare än luft samt nya tornkonstruktioner), ökar användningen av material som binder koldioxid (främst torn och andra komponenter som kan tillverkas i trä) samt minimerar behovet av hårdgjorda ytor (fordon som har lågt axeltryck och som klarar av skogsbilvägar).

### **10.3 Transportsystemets utveckling**

I studien ”Tvågradersmålet i sikte?” granskade en grupp forskare år 2007 villkoren för att transportsystemet ska kunna anpassas till ett långsiktigt hållbart samhälle.<sup>67</sup> Slutsatserna av forskarnas analys visar att det krävs kraftiga trendbrott gentemot den nuvarande utvecklingen. Forskarna sammantar på följande sätt:

---

<sup>67</sup> Tvågradersmålet i sikte? Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050, Rapport 5754, oktober 2007. Utgiven av Naturvårdsverket.

”I alla scenarier krävs dock betydande trendbrott i förhållande till dagens utveckling, gällande både produktion och konsumtion av energi. Exempelvis krävs en ökad tillförsel av koldioxidneutral primärenergi, en kraftfull teknikeffektivisering och att dagens snabba ökning av inte minst lastbilstransporter, flygresor och resurskrävande varukonsumtion bryts. Detta innebär också betydande utmaningar för beslutsfattande i politik och planering.”

Totalt omfattar de utsläpp som forskarna granskat cirka 80 procent av de totala svenska utsläppen av växthusgaser. För att få ner utsläppen med 85 procent krävs enligt forskarna följande åtgärder:<sup>68</sup>

”De åtgärder som utifrån denna studie framstår som nödvändiga eller i alla fall strategiskt mycket viktiga för att möjliggöra uppfyllelse av målet om 85 % minskad förbrukning av växthusgaser förutsätter både en teknikutveckling men också att förändringar genomförs när det gäller politik och planering samt i människors vardagsliv.”

Nuvarande transportslag kommer också att dominera i framtiden och inget nytt och revolutionerande finns ännu i sikte på transportområdet. Däremot läggs en hel del resurser på att dels försöka samordna nuvarande transportslag på ett kraftfullare sätt via samverkan istället för att konkurrera, inte minst med hjälp av ny teknik, dels konstateras att transportvolymerna om knappt 20 år kommer att vara 50 procent större än i dag samtidigt som transportsystemet ska bli oberoende av fossila bränslen.<sup>69</sup> Som påtalats tidigare i denna rapport är transportsystemet inget man heller förändrar radikalt kortsiktigt utan är ett systembygge som har mycket lång livslängd. Transportsystemet konsumerar också stora markresurser vilket inte minst Trafikverkets undersökningar för Botniabanan bekräftar.<sup>70</sup> Dessutom måste alla delar i systemet servas, underhållas och uppgraderas till dagens standard och helst förbättras för att möta en situation där transportvolymerna och antalet resenärer förväntas vara 50 procent större än i dag till 2030. Denna utmaning är stor, omfattande och mycket komplicerad, vilket den hittillsvarande utvecklingen visat. Exempelvis svårigheterna med att byta ut fossila bränslen mot

---

<sup>68</sup> Se referens 67.

<sup>69</sup> Nationellt forum för gemensam strategiutveckling i transportsektorn, för en hållbar samhällsutveckling, av Energimyndigheten, Trafikverket och Vinnova med intressenter från näringsliv och akademi. Initiativet presenterades under Almedalsveckan i Visby 2011.

<sup>70</sup> Se referens 36.

biobränslen, eftersom produktionen dels ska se till att förse marknaden med stora mängder nytt bränsle som dessutom ska vara långsikt hållbara, dels att distributionen ska fungera i alla delar av landet, vilket visat sig svårt i praktiken.

#### **10.4 Fördjupad analys av transportkostnaderna**

Studien visar, vid en jämförande analys mellan i dag använda transport- och hanteringsmetoder och möjligheten att i framtiden använda lättare än luft teknik, även bör inkludera ett flertal tunga kostnadskomponenter utöver de operativa transportkostnaderna. Den totala kostnadsbilden bör därför omfatta ett flertal typer av kostnader i framtida, fördjupade analyser som grovt kan sammanfattas:

- a) Operativa transport- och hanteringskostnader.
- b) Infrastrukturkostnader inkluderande bland annat Trafikverkets krav på dispenstransporter, behov av nybyggda och förstärkta vägar, förväntade underhållskostnader under höst, vinter och vår.
- c) Förväntade störningskostnader för transporter under byggprocessen på grund av väderlek och årstid.
- d) Lägeskostnader för anläggande av hårdgjorda ytor för vägar samt nödvändiga hanterings- och lagerytor. Dessa kostnader inkluderar de uppkomna eko-kostnaderna.

#### **10.5 Demonstrationsprojekt**

För att få underlag till en mer omfattande satsning från svensk sida på lättare än luft teknik krävs en satsning som utgår från specifikt svenska förhållanden. Ett förslag är att skapa ett demonstrationsprojekt där intressenterna i det svenska samhället för byggnation och drift av vindkraftsanläggningar tillsammans med myndigheter, forskare, företag utvecklar en ny modell som syftar till att reducera kostnader för transporter, logistik och infrastruktur som i dag kraftigt belastar samhällsekonomi och miljö.

Ett embryo till ett demonstrationsprojekt finns redan genom den satsning som Svevind AB gör i Markbygden med stöd av Energimyndigheten.<sup>71</sup> Även för anläggningen i Havsnäs har utgått stöd från Energimyndigheten. Regeringen vill med olika åtgärder minska kostnaderna för att bygga ny vindkraft parallellt med att man vill öka kunskaperna kring metod- och teknikutveckling som har en strategisk betydelse inför

---

<sup>71</sup> Pilotprojekt vindkraft – Storskalig vindkraft i norra Sverige. Beslut 2009-04-20. Dnr 2008-001220.

framtiden. Av denna anledning har projektet i Markbygden fått extramedel för att bland annat specialstudera frågor kring transporter och resning av mycket höga torn. Via programmet ”Teknikutveckling och marknadsintroduktion i samverkan” finns ett instrument för regeringen och Energimyndigheten att underlätta för vindkraftsprojektörerna att våga satsa på avancerad teknikutveckling utan att behöva ta hela risken själva

Konkret kommer Svevind AB att i Markbygden uppföra vindkraftverk med torn där navhöjden är 138 meter medan totalhöjden, det vill säga höjd inklusive turbinbladen, är över 150 meter. Detta kommer att innebära dels tunga transporter, dels att man kommer att använda stora kranar. Dessutom tillkommer stora uppställningsytor för att kunna hantera alla komponenterna i byggskedet. I slutredovisningen av projektet i Markbygden kommer också en redovisning att ske av vägnätsplaneringen, masshantering, projektering och anläggandet av vägar, vägarnas passage över våtmarker med flera frågor.



*CargoLifters senaste tillskott inom lättare än luft tekniken, en testballong, som kan lyfta upp till 3 ton. Luftballongen finns i Netzschkau i sydöstra Tyskland, nära gränsen till Tjeckien. Nästa steg är att arbeta med större ballonger samt med nya tillämpningsområden. Från företagets sida ser man mycket positivt på samarbetet med Sverige eftersom vi dels är ett innovativt industriland med rätt inställning till nydanande teknik, dels har ett potentiellt stort behov av denna teknologi för att inte minst minimera de ekologiska kostnaderna i samband med vindkraftsutbyggnaden. Den största ballongen företaget testat har lyft 55 ton med 20 tons marginal till maxlyftskapacitet.*



## Epilog

Som påpekats ett flertal gånger i denna studie produceras kontinuerligt nya resultat, rapporter, nyheter och innovationer kring vindkraft, klimat och lättare än luft farkoster. Här presenteras kort några fakta som sätter nytt ljus över denna studie, dess resultat och slutsatser.

### **Kommersiella genombrott**

#### **Hybrid Air Vehicles**

Några dagar innan denna rapport lämnades in för granskning på Energimyndigheten presenterades den första kommersiella beställningen av fraktluftskepp någonsin. Det är det engelska företaget Hybrid Air Vehicles (HAV) som fick en order att leverera hybridluftskepp till det kanadensiska företaget Discovery Air Innovations, helägt dotterbolag till Discovery Air, som opererar över hela världen och är verksamma inom frakt, brand, flyg och inom det militära området. I kommentarerna till denna affär framkommer att företaget räknar med att lägga en beställning på upp till 45 hybridluftskepp med en lastkapacitet av 50 ton. Inom den konfiguration som HAV tagit fram kommer man att kunna hantera frakter upp till 200 ton. Målet är att i framtiden kunna operera hybridluftskepp med en kapacitet om 1000 ton.

#### **CargoLifter**

I slutet av oktober släppte CargoLifter nyheten att man fått sitt första kommersiella uppdrag, vilket råkar handla om ett arbete för vindkraftsbranschen. Konkret handlar uppdraget om att bygga en 140 meter hög mast för vindmätning. Denna operation kommer att utföras med deras Balloon Crane System (BCS) med en kapacitet att lyfta 2,5 ton. Redan nästa år kommer man att kunna lyfta 5 ton men målet är kunna lyfta totalt 60 ton med detta systemkoncept. Det ursprungliga CargoLifter har erfarenhet av att lyfta totalt 55 ton.

#### **Markanvändningsfrågorna har blivit förstarangsfrågor**

Nyligen presenterades två olika dokument som påverkar synen på markanvändningen och dess betydelse för den framtida utbyggnaden av vindkraften i Sverige. För det första har regeringen gett Miljömålsberedningen ett tilläggsdirektiv som handlar om att utveckla en

ny strategi för en långsiktigt hållbar markanvändning där syftet är att nå generationsmålet och miljökvalitetsmålen.<sup>72</sup> Av regeringens direktiv framkommer också att beredningen ska arbeta utifrån ett helhetsperspektiv samt att man även ska analysera hur begreppet långsiktigt hållbar markanvändning ska definieras. Regeringen, företrädd av miljöminister Lena Ek, nämner vindkraften som en av de faktorer som påverkar den framtida markanvändningen.

För det andra har en europeisk forskargrupp, där även den svenske professorn i växtekologi, Bengt-Gunnar Jonsson, vid Mittuniversitetet deltagit och presenterat en omfattande vetenskaplig artikel om betydelsen av stora, sammanhängande naturområden och dessas betydelse för hanteringen av klimatförändringarnas effekter.<sup>73</sup> Bland annat lyfter artikelförfattarna fram betydelsen av nybyggnationen av vägar i känsliga områden och dess potentiellt mycket negativa effekter. Resultaten bygger på ett omfattande vetenskapligt underlag och en av slutsatserna är att det krävs fördjupad forskning för att närmare kunna beskriva betydelsen av de krafter som är verksamma i denna omvandling. I detta sammanhang kan också 2011 års vinnare av Crafoordpriset i biovetenskaper, professor Ilkka Hanski, understryka allvaret i ovanstående forskares resultat när han i en artikel inleder på följande vis; ”Habitat loss has been, and still is, the greatest threat to biodiversity.”<sup>74</sup>

### **Klimatkrisen fördjupas**

I början november 2011 kom en rapport om att de globala utsläppen av koldioxid ökar snabbare än det scenario som FN:s klimatpanel beskrev som ett ”värsta scenariot”. Uppgifterna kommer från det amerikanska energidepartementet och innebär att målet att jordens medeltemperatur inte ska öka mer än två grader kommer att överskridas.

### **Till sist**

På ett seminarium den 13 oktober 2011, hos den av Energimyndigheten stödda organisationen Sustainable Innovation (SUST), betonar Andres Muld som är

---

<sup>72</sup> Tilläggsdirektiv till Miljömålsberedningen (M 2010:04) Strategi för en långsiktigt hållbar markanvändning – med syfte att nå generationsmålet och miljökvalitetsmålen. Dir. 2011:91.

<sup>73</sup> Roadless and Low-Traffic Areas as Conservation Targets in Europe, Nuria Selva, Stefan Kreft, Vassiliki Kati, Martin Schluck, Bengt-Gunnar Jonsson, Barbara Mihok, Henryk Okarma, Pierre L. Ibisch. *Environmental Management* (2011) 48:865–877 DOI 10.1007/s00267-011-9751-z.

<sup>74</sup> Habitat Loss, the Dynamics of Biodiversity, and a Perspective on Conservation, Ilkka Hanski. *AMBIO* (2011) 40:248–255 DOI 10.1007/s13280-011-0147-3

generaldirektör på Energimyndigheten, särskilt betydelsen av energieffektiviseringen inom såväl industrin som vardagslivet;

– Här har myndigheten en viktig uppgift, säger Andres Muld:

”Många tror att energieffektivisering kan lösas helt av marknaden eftersom lösningar finns samtidigt som det är mycket lönsamt. Detta har vi dock inte sett mycket av. Tvärtom går utvecklingen långsamt.

Energieffektivisering handlar inte bara om tekniska lösningar utan även om beteende, attityder och kunskap. Det handlar om att ge konsumenterna tjänster som gör de lätt för dem att se sin energianvändning och lätt för dem att styra den. Det handlar om att konsumenterna får kunskaper och möjligheter att påverka och ställa krav.

På Energimyndigheten tycker vi att det är viktigt att arbeta med kunskap, attityder och beteenden. Man kan se det som en trappa där vi på lägsta steget börjar med medvetenhet och sedan, trappsteg för trappsteg, kommer kunskap, attityd, intentioner, handling och högst upp att vidmakthålla beteendet.”

## 11. Referenser.

Detta är ett urval av personer som vi kontaktat och fått värdefull information från.

1. Kenneth Bergquist, Svevind, fallstudie Markbygden.
2. Claes Dahlman, PEAB.
3. Gunnar Fredriksson, Svensk Vindenergi.
4. Robert Axelsson, SLU Garpenberg.
5. Per Angelstam, SLU, Garpenberg.
6. Sven Dressler, Enercon.
7. Henrik Assarsson, Vestas.
8. Gordon Taylor, Hybrid Air Vehicles.
9. Michael Talesnikov, RosAero Systems.
10. Carl von Gablenz, CargoLifter.
11. Bertil Petersson, fallstudie Topperyd.
12. Örjan Hedblom, Svensk Vindkraftförening.
13. Lars Östman, Trafikverket.
14. Thomas Holmstrand, Trafikverket.
15. Rolf Rubensson, fallstudie Havsnäs.

## 12. Rapportförfattarna.

Matts Lundin är skeppsbyggare och mariningenjör samt utbildad forskare på KTH. Han har arbetat som forskare inom transportsektorn och varit lärare och föreläsare i Farkostteknik på KTH. Hans doktorsavhandling har titeln ”En värdering av hanteringssystem för enhetslaster i svenska hamnar”. Han har de senaste åren arbetat som konsult på Temaplan och Tyrens med uppdrag inom transportsektorn med uppdrag från trafikverken, SIKA och olika transportföretag, bland annat rederier och hamnar. Han har också medverkat i ett flertal EU projekt och har därmed etablerat ett kontaktnät i den svenska och europeiska forskarvärlden. Sedan 2009 driver han bolaget TAF Consulting med specialinriktning mot lättare än luft teknik.

Ulf Svensson är utbildad civilekonom på Handelshögskolan i Göteborg. Han har arbetat som forskare på Chalmers Tekniska Högskola, Arkitektursektionen, avdelningen för Stadsbyggnad och Trafikplanering. Bland längre uppdrag kan nämnas arbete med strukturomvandlingen i Bergslagen, svenskt bistånd via SIDA, användning av digitala verktyg för grafisk produktion och turistfrågor. Han arbetar numera som konsult och projektledare med inriktning mot framtidens transportsystem och energifrågor. Är medlem i Airship Association sedan många år.