

Gradering av vindkraftslägen i Lerums kommun med hänsyn till infrastruktur och läge

Jacob Nilsson, Johan Roger

Examensarbete

Avdelningen för Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund



Gradering av vindkraftslägen i Lerums kommun med hänsyn till infrastruktur och läge



Jacob Nilsson
Johan Roger

December 2007

Titel:

Gradering av vindkraftslägen i Lerums kommun med hänsyn till infrastruktur och läge

Title:

Gradation of wind power sites in the rural district of Lerum in view of infrastructure and site

Författare/author:

Jacob Nilsson

Johan Roger

Handledare/supervisors:

Professor Lennart Thörnqvist, Energivetenskaper, Lunds Tekniska Högskola

Per Carlson, Göteborg Energi

Examinator:

Professor Jurek Pyrko, Energivetenskaper, Lunds Tekniska Högskola

ISSN: 0282-1990

ISRN: LUTMDN/TMHP—07/5133—SE

Number of pages:

53

Sökord:

Göteborg Energi, ArcGIS, ArcMap, ArcScene, ArcCatalog, MIUU, vindkraft

Keywords:

Göteborg Energi, ArcGIS, ArcMap, ArcScene, ArcCatalog, MIUU, wind power

Abstract:

The aim of this master thesis was to find and grade suitable sites for wind turbines in the rural district of Lerum at the request of Göteborg Energi. The rural district of Lerum consists of very complicated terrain which was the reason why we picked Lerum. In addition the Swedish government bill 2005/06:143 *Miljövänlig el med vindkraft* has expressed that electricity produced out of renewable energy sources must increase with 17 TWh to the year 2016 from 2002 as base year.

The assignment was achieved by using the software program ArcGIS and its attendant tools. The process to grade these suitable sites was divided into two steps. In step 1 an overall analysis was made in order to sort out the least suitable sites. Step 2 consisted of a 3D analysis in ArcScene together with a more precise analysis in ArcMap. As result we found two interesting sites, which met our demands and specific constraints. The sound emission parameter was the most important parameter due to its significant influence on interesting sites.

Sammanfattning

I propositionen 2005/06:143 *Miljövänlig el med vindkraft* har man uttalat att el från förnybara energikällor från år 2002 till år 2016 skall öka med 17 TWh. Totalt förbereds en utbyggnad av 9,5 TWh vindkraft, varav 1,5 TWh är projekt som just nu har alla tillstånd färdiga. Resterande 8 TWh är under miljöprövning.

Göteborg Energi är ett av de företag i Sverige som satsar på förnybara energikällor där kvalitet, säkerhet och miljöbelastning är centrala frågor. De har givit oss uppdrag att finna lämpliga platser för en projektering av vindkraftverk i Lerums. Lerums kommun består av mycket skog och komplicerad terräng, vilket är anledningen till att vi fick detta uppdrag. Uppdraget utfördes med hjälp av mjukvaruprogrammet ArcGIS.

ArcGIS är ett mjukvaruprogram som hanterar geografiska informationssystem (GIS) och GIS kombinerar kart- och tabellinformation som lagras i olika filformat på datorn. Filerna lagras antingen i form av vektor- eller rasterdata, med ett specifikt koordinatsystem. Lantmäteriet förser samhället, privatpersoner och företag med geografisk information i form av kartor, flyg- och satellitbilder över Sverige med standard projektionen (koordinatsystem) "RT90 2,5 Gon V". Distributionsnätet 10-20 kV finns dock inte med i deras kartor, vilket är viktigt ur projekteringssynpunkt. Vi tog därför kontakt med de lokala nätägarna, i detta fall Lerum Energi samt Bjärke Energi, för att erhålla distributionsnätet i digital form.

Med ArcGIS olika ingående funktioner som "merge", "dissolve", "intersect", "buffer" samt "erase" etc. kunde krav på konkreta begränsningar ställas. Avstånden till närmaste elnät och väg sattes till 150 meter med hänsyn till vindkraftverkens totalhöjd. Alla områden längre bort än 400 meter till närmaste elnätet och väg uteslöts pga dyra kostnader för vägbyggnation samt elinstallation. Ljudnivåkravet på 35 dBA måste uppfyllas (525 meter i Sverige), vilket översätts till avståndet 500 meter för att underlätta granskningar i ArcMap.

En kombination av insamlad data i ArcMap resulterade i nio intressanta områden (A-I). Dessa nio platser korrelerades i en gradering steg 1 där en översiktlig bedömning gjordes. Områdena A, C, F, H och I är fem av nio platser som ansågs lämpliga. Motiveringen var platsernas goda vindförhållanden, läge samt terräng.

I en gradering steg 2 granskades kvarvarande områden i en 3D visualisering i ArcScene tillsammans med ytterligare och noggrannare granskning i ArcMap. Det visade sig att område A och F var mest lämpliga främst pga goda vindförhållanden, bra läge samt stor yta (endast för område A).

En komplettering av våra teoretisk erhållna resultat med praktiska undersökningar av intressanta "siter" anser vi vara nödvändigt för att erhålla ett komplett beslutsunderlag.

Summary

In the Swedish government bill 2005/06:143 *Miljövänlig el med vindkraft* it was said that electricity produced out of renewable energy sources must increase with 17 TWh to 2016 from 2002 as base year. An extension of wind power is now taking place of a total of 9,5 TWh, of which 1,5 TWh are projects that have all their permissions completed. Remaining 8 TWh are under probation.

Göteborg Energi is one of the companies in Sweden that are investing in renewable energy where quality, security and environmental load are considered. They have given us the assignment to find suitable sites for wind turbines in the rural district of Lerum. This was accomplished by software program ArcGIS.

ArcGIS is a software program which manages geographical informational systems (GIS). GIS is a combination of maps and table information which is stored in different file formats on the computer. The files are stored either as vector- or raster data, with a specific coordinate system. The National Land Survey provides society, private persons and companies with geographical information as maps, air photographs or satellite pictures in Sweden with the standard projection (coordinate system) "RT90 2,5 Gon V". Still the low tension grid (10-20 kV which is important of a wind power view) is not included in these maps. Therefore contact with the local gridowners (in this case Lerum Energi and Bjärke Energi) was taken in order to get the low tension grid as digital data.

With ArcGIS' different attending functions like "merge", "dissolve", "intersect", "buffer" and "erase" etc. could demands for specific constraints be made. The distances to the nearest grid and road were assumed to 150 meter with consideration to the wind turbines' total heights. All areas beyond 400 meter to nearest grid and road were erased due to expensive road- and grid installations. The sound limit of 35 dBA must be fulfilled (525 meter in Sweden), which is translated to the distance of 500 meter in order to simplify examining in ArcMap.

Combination of collected data in ArcMap resulted in nine interesting sites (A-I). These nine places were correlated in gradation step 1 where an overall analysis was made. The places A, C, F, H and I are five of nine sites which were considered suitable. The reason was the places' great wind velocities, site and terrain.

In gradation step 2 remaining sites were examined in a 3D visualization in ArcScene together with additional and more precise examining in ArcMap. It showed us that area A and F were most suitable principally due to their great wind velocities, great site and large area (place A).

We think that a supplement of our theoretically obtained results in addition with practical examinations of interesting sites would give a complete decision-making result.

Förord

Denna rapport om gradering vid vindkraftprojektering är ett resultat av ett examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola för institutionen Energivetenskaper på uppdrag av Göteborg Energi. Examensarbetet är ett obligatoriskt steg i utbildningen för Ekosystemteknik, som i vårt fall har inriktningen energiteknik. Detta arbete har kunnat komma till stånd tack vare att flera tålmodiga personer stått ut med upprepade samtal fyllda med ivriga frågor. Bland dessa är:

Handledare Lennart Thörnqvist, Per Carlson vid Göteborg Energi, Karin Larsson vid GIS-centrum Lund, Anne Meyer och Mats Jakobsson vid Lerum Energi, Lars Martinell vid Bjarke Energi, Gustav Egerup vid Vattenfall, David Ivarsson Lantmäteriutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola, Lennart Olsson, Jonathan Brynte, Anneli Löfgren

Trevlig läsning!

/Jacob Nilsson & Johan Roger

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
FÖRORD	6
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	7
1 INTRODUKTION	8
1.1 BAKGRUND	8
1.1.1 Vindkraft i Sverige.....	8
1.1.2 Göteborg Energi.....	8
1.1.3 Syfte	9
1.1.4 Frågeställningar.....	9
1.1.5 Målgrupp	10
1.1.6 Disposition	10
2 METOD	11
2.1 ARCGIS	11
2.1.1 Beskrivning.....	11
2.1.2 Insamling av data	12
2.1.3 Utförande	14
2.2 BEGRÄNSNINGAR.....	19
2.2.1 Vindkartering	19
2.2.2 Ljudemission	21
2.2.3 Avstånd till elnät.....	23
2.2.4 Avstånd till väg.....	23
2.2.5 Skuggning.....	24
2.2.6 Landskapspåverkan	24
2.2.7 Råhetsklass och vindens rörelser.....	26
3 RESULTAT	29
3.1 VINDKARTERING	29
3.2 LJUDEMISSION.....	30
3.3 AVSTÅND TILL ELNÄT.....	31
3.4 AVSTÅND TILL VÄG	32
3.5 MODIFIERING AV PARAMETRAR	33
3.5.1 25 % reduktion av alla avståndskrav.....	33
3.5.2 25 % reduktion av avståndskrav med konstant ljudnivåkrav.....	34
3.5.3 15 % reduktion av endast ljudnivåkrav.....	35
3.5.4 25 % ökning av avståndskrav med konstant ljudnivåkrav.....	36
3.5.5 1000 meter till elnätet med övriga avstånd konstanta.....	37
4 GRADERING	38
4.1 STEG 1	38
4.2 STEG 2	39
4.2.1 Område A.....	39
4.2.2 Område C.....	40
4.2.3 Område F.....	41
4.2.4 Område H samt I	42
5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	44
REFERENSER	45
BILAGOR	47
BILAGA A. PÅGÅENDE VINDKRAFTSPROJEKT I SVERIGE	48
BILAGA B. FILFORMAT FÖR VEKTOR- SAMT RASTERDATA	49
BILAGA C. TECKENFÖRKLARING ARCGIS	52

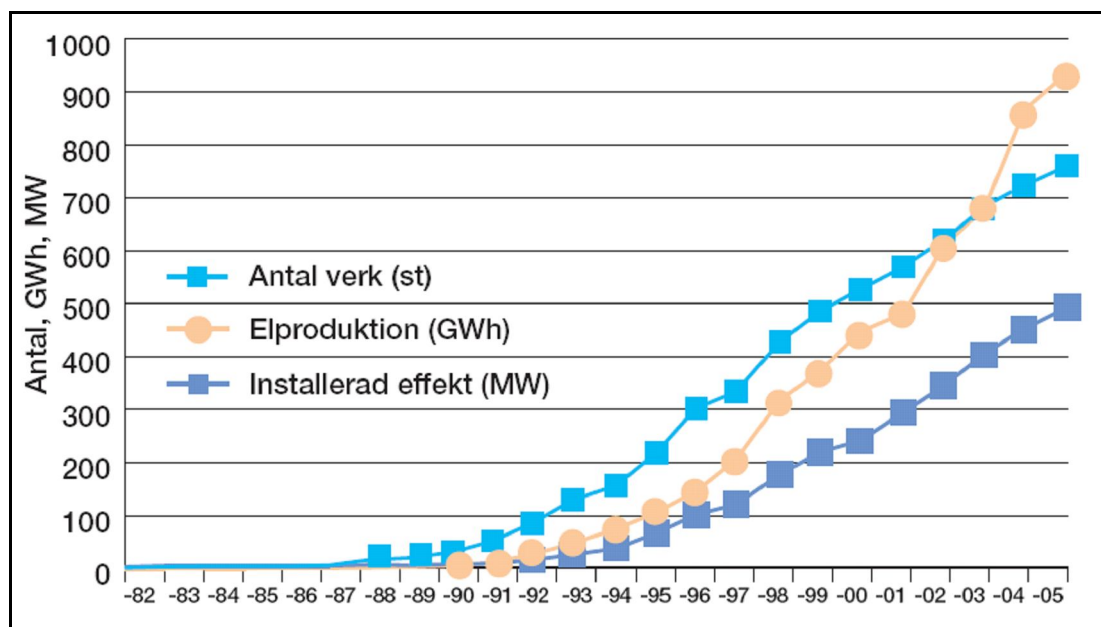
1 Introduktion

1.1 Bakgrund

1.1.1 Vindkraft i Sverige

I propositionen 2005/06:143 *Miljövänlig el med vindkraft* har man uttalat att el från förnybara energikällor från år 2002 till år 2016 skall öka med 17 TWh (Miljödepartementet 2005). Detta förutsätter en mycket omfattande utbyggnad av vindkraft.

Andelen vindkraft har under de senaste åren vuxit i den förnybara svenska elproduktionen. År 2005 var den förnybara elproduktionen från vindkraft 0,939 TWh (938 548 MWh). Elproduktionen i Sverige var samma år ca 154,6 TWh, vilket innebär att vindkraften fortfarande utgör en mycket liten del av den totala elproduktionen (Energiläget 2006, sid 20). Under åren 1982 till 2005 ökade elproduktionen från vindkraften i Sverige avsevärt, se figur 1. Den stora fördelen med vindkraft är att den vid drift inte ger några utsläpp och inte kräver några bränsletransporter. Med ökad tillförsel av vindkraftsproducerad el, som ersätter exempelvis förbränning av fossila bränslen, minskas utsläppen av bl a koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider.



Figur 1: Vindkraftens utveckling 1982 till 2005. (Energiläget 2006, sid 37)

Totalt förbereds en utbyggnad med 9,5 TWh vindkraft varav 1,5 TWh är projekt som redan har alla tillstånd färdiga. Resterande 8 TWh är under miljöprövning. (Svensk Vindkraft 2007) I Bil A visas pågående vindkraftsprojekt i Sverige.

I Sverige börjar även områden med mer komplicerad terräng att bli intressanta. Lerums kommun är ett bra exempel på detta.

1.1.2 Göteborg Energi

Göteborg Energi har ett långt förflutet inom energibranschen och redan 1846 engagerade man sig i gas och el. Efter denna tid har flera historiskt viktiga beslut tagits

och Göteborg Energi är i dag ett av Sveriges ledande energiföretag med flertalet tjänster. Företaget ser till långsiktiga lösningar med målet hållbar utveckling för att gynna både privatpersoner och enskilda företag (Göteborg Energi 2006a). Göteborg Energi är väl medveten om sitt ansvar som energiförsörjare där både kvalitet, säkerhet och miljöbelastning är centrala frågor. Företaget tillämpar idag ett miljöledningssystem där de kan styra, följa upp, utvärdera samt redovisa miljöbelastningen. Idag finns även nätverket Ekopartner som startats av Göteborg Energi. Detta ska påskynda utvecklingen av hållbar produktion och användning som hittills visat sig lyckat. (Göteborg Energi 2006b)

Totalt finns 11 vindkraftverk uppförda och är lokaliserade på Hjärtholmen, Risholmen och Torsholmen i Göteborgs hamninlopp. Tre verk har effekten 225 kW, ett verk 450 kW och sju verk 600 kW. Av dessa äger Göteborg Energi 6,5 och 0,5 verk är delägt av Shell. De övriga verken är så kallade andelsverk ägda av Göteborgsvind No 1. Några av de fabriker som används är Vestas och Bonus. Verken som ovan nämnts är av varierande storlek och kan därmed hantera vindhastigheter mellan 4-25 m/sek. Samtliga vindkraftverk är dimensionerade så att de ska ge en så god effekt som möjligt vid vald site och specifik vindhastighet och en form av reglering finns för att undvika att verken överbelastas. Detta sker genom "pitch-reglering" eller "stall-reglering". Vid högre vindhastigheter, ca 25 m/sek, stängs verken ner helt. Höjden på verken varierar och tornen är 40-50 meter höga och rotorbladen är ca 22 meter långa. Varje enskilt verk har genom serviceavtal regelbunden kontroll en gång per vecka. (Göteborg Energi 2006c)

Göteborg Energi ser vindkraft som ett bra alternativ för en hållbar elproduktion och har även utlovat att satsa hårt på detta område de kommande åren. Man har fått ett nytt tillstånd för att uppföra ett verk i Gårdsten. Andra kommande projekt är ett samarbete med Volvo där man med hjälp av vindkraft hoppas kunna uppnå en helt koldioxidfri fordonsfabrik. Göteborg Energi är också tydliga med att vindkraft måste få mer utrymme i riksdagen för att man ska kunna nå de miljömål som finns. (Göteborg Energi 2006d)

1.1.3 Syfte

Detta examensarbete syftar till att finna lämpliga platser för vindkraftsetablering i Lerums kommun. Lerums kommun består av mycket komplicerad terräng, vilket är anledningen till att just detta område skulle studeras. Göteborg Energi har inga krav på de planerade verkens storlek eller effekt.

1.1.4 Frågeställningar

Resultatet i detta examensarbete utgörs av beräkningar i programmet ArcGIS. Därför handlar frågeställningarna mycket om hur vi begränsar oss i beräkningarna.

- Hur långt måste avståndet till närmaste bostad vara för att bullernivån inte ska överskrida det fastställda riktvärdet?
- Hur många timmar per år får vindkraftverken skugga bostäder?
- Hur långt får det minst/max vara till närmaste väg?
- Hur långt får det minst/max vara till närmaste elnät? Hur stor installerad effekt kan anslutas till befintligt elnät? Vad har kommunen för riktvärden?
- På vilket sätt kan ArcGIS fungera som ett verktyg vid val av lämplig site?

1.1.5 Målgrupp

Detta examensarbete är i första hand avsett för Göteborg Energi och skall underlätta deras arbete att finna lämpliga områden för etablering av vindkraft. Arbetet skall även utgöra en guide för nyttjande av mjukvaruprogrammet ArcGIS och underlätta lokaliseringsarbetet av lämpliga vindkraftsområden för andra företag och privatpersoner.

1.1.6 Disposition

I Kapitel 1 ges en kort bakgrund till Sveriges elproduktion med vindkraft, samt en beskrivning av Göteborg Energi, som givit oss uppdraget att finna lämpliga vindkraftsområden i Lerums kommun. I detta kapitel redovisas också arbetets syfte samt vilka frågeställningar som ska besvaras.

Kapitel 2 beskriver mjukvaran ArcGIS och hur den används för att uppnå arbetets syfte. Här motiveras viktiga inparametrar i ArcGIS, men även parametrar som inte är indata kommer att beskrivas; exempelvis skuggning, landskapspåverkan samt råhetsklass, eftersom de är av stor betydelse vid gradering av intressanta vindkraftsområden. Information om årliga medelvindhastigheter inhämtas från MIUU-modellen, som på uppdrag av Energimyndigheten är framställd vid Uppsala Universitet. Modellen utgör en viktig del av arbetet och beskrivs därför närmare i detta kapitel.

Kapitel 3 redovisar resultatet i form av kartbilder och visar var det är lämpligt att placera vindkraftverk med hänsyn till avstånd till väg och elnät, bullernivå, samt vindhastighet. Här redogör vi också för vad som inträffar när inparametrarna i ArcGIS modifieras.

I Kapitel 4 graderas intressanta projekteringsområden i två steg; en översiktlig jämförelse mellan områdenas för- och nackdelar samt en 3D visualisering i ArcScene.

Kapitel 5 består av en diskussion och slutsatser av arbetet.

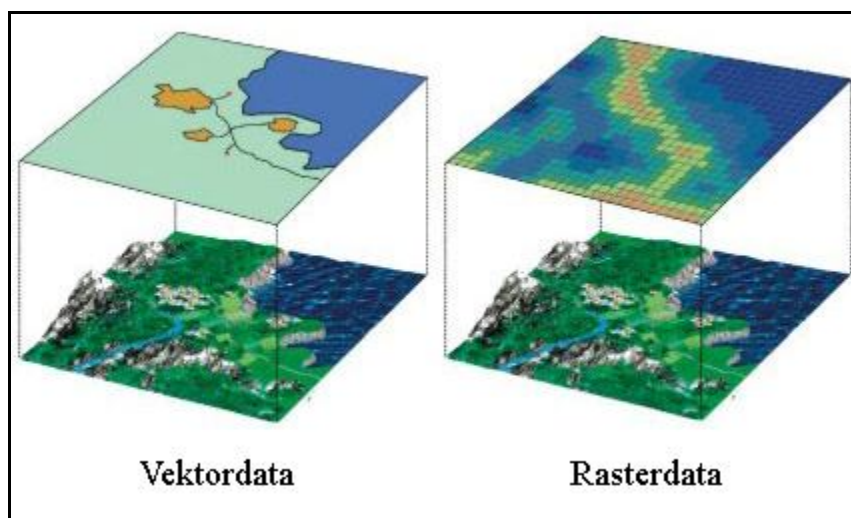
2 Metod

2.1 ArcGIS

2.1.1 Beskrivning

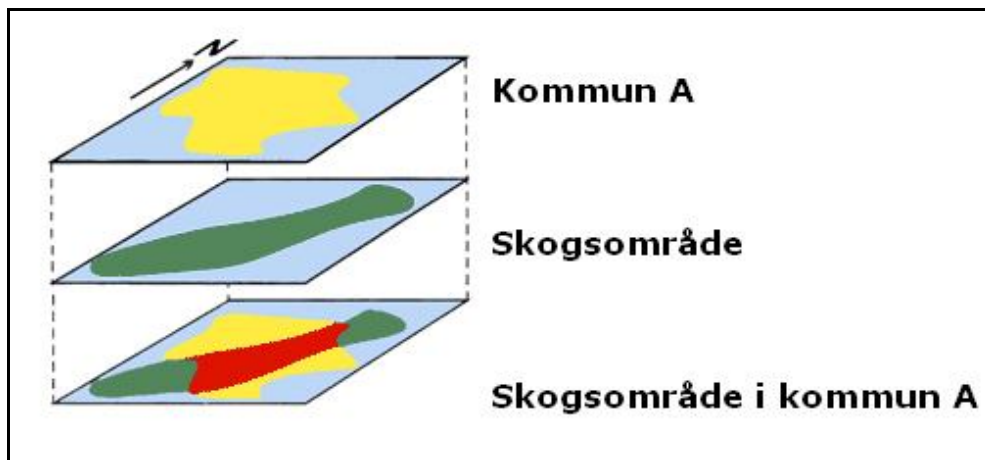
ArcGIS är ett mjukvaruprogram som hanterar geografiska informationssystem (GIS) och innehåller verktyg som ArcMap, ArcScene, ArcCatalog etc. Man kan säga att GIS är en kombination av kartor och tabellinformation som lagras i olika filformat på datorn och Bil B visar vanliga filformat och deras egenskaper. Filerna lagras antingen i form av vektor- eller rasterdata, se figur 2 nedan.

Vektordata består av polygoner, linjer och punkter, medan rasterdata består av numeriska värden. Polygoner representerar områden med gränser såsom länder och sjöar. De orange områdena i vänstra delen i figur 2 är polygoner, de svarta linjerna är linjer medan de röda punkterna är just punkter. Högra delen av figuren består av numeriska värden (rasterdata), som exempelvis kan beskriva temperatur, lutning, regn och vindhastighet. (Ormsby et.al. 2004, sid 3)



Figur 2: Vänstra figuren är lagrad i form av vektorformat medan den högra är lagrad i rasterformat. (GIS-centrum 2007a)

Kartinformationen är uppdelad i olika skikt, vilka representerar olika teman. Exempel på teman kan vara vägar, vatten, städer eller fastigheter. Figur 3 visar ett lager (kommun A) som adderas till ett annat lager (Skogsområde), vilket resulterar i ett tredje lager (Skogsområde i kommun A). (GIS-centrum 2007a)



Figur 3: Här visas ett exempel på hur man kan sätta ihop två lager till ett tredje. Anledningen kan vara att man vill beräkna andelen skog inom kommun A. (GIS-centrum 2007a)

2.1.2 Insamling av data

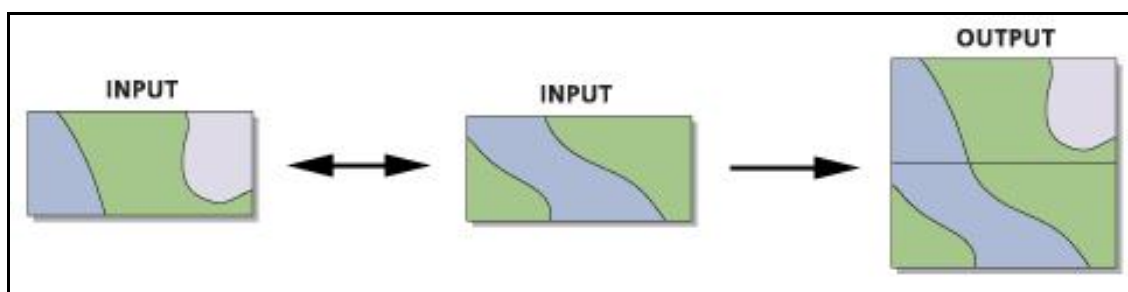
Lantmäteriet förser samhället med geografisk information i form av kartor, flyg- och satellitbilder i Sverige. Detta är dock inte gratis material, utan måste köpas av Lantmäteriet. Däremot har Lantmäteriet sedan den 1 april 2004 ingått i ett samarbete med BIBSAM (samarbetsorgan för högskolebiblioteken), där studenter och anställda vid Lunds Universitet får tillgång till Digitala Kartbiblioteket. Detta är en webbtjänst som ger tillgång till Lantmäteriets digitala kartor, bilder och höjddata.

Tillgängliga kartor och material är följande: (GIS-centrum 2007b)

- ”Sverigekartan, skala 1:1 000 000, är en karta som täcker hela landet i ett blad. Sverigekartor passar utmärkt som underlag till olika typer av temapresentationer mellan skalorna 1:1 miljon och 1:20 miljoner.”
- ”Översiktskartan, skala 1:250 000, täcker hela landet och trycks med ett län per kartblad. Hette tidigare Röda kartan. Kartan innehåller vägnät, bebyggelse, administrativa gränser, hydrografi m.m.”
- ”Väggkartan, skala 1:100 000, ger aktuell vägredovisning som viktigaste information. Hette tidigare Blå kartan. Allmänna vägar indelas i fem grundklasser. Enskilda vägar redovisas i fem klasser. Väggkartan är genom sin stora yttäckning och förhållandevis höga detaljeringsgrad en utmärkt karta för "närturism".”
- ”Terrängkartan, skala 1:50 000, täcker hela landet utom inre Norrland. Hette tidigare Gröna kartan och dessförinnan Topografiska kartan. Den ger en fullvärdig markslags-redovisning som även innefattar hyggen, blockig mark, berg i dagen och lövskog. Kartan har även en detaljerad redovisning av småvägar, stigar och vägbommar.”
- ”Topografisk karta, skala 1:10 000, är rikstäckande förutom vissa delar av fjällkedjan samt med förenklad redovisning inom vissa tätorter. Kartan motsvarar Lantmäteriets Fastighetskartan MEN utan fastighetsgränser och fastighetsinformation. Hette tidigare (i enklare form) Ekonomiska kartan.”

- ”Tätortskarta, skala 1:10 000, ger tillgång till detaljerade kartor över ca 300 tätorter. Geokodning kan göras mot vägar, adresser, offentliga byggnader och idrottsplatser.”
- ”Flygbilder, ortofoto sv./v., skala 1:10 000, levereras som geokodade bilder (raster) i olika gråtoner. Ortofoto innebär samma geometri som en karta.”
- ”Höjddata, levereras som rasterdata med höjdvärden (i meter över havet) för punkter i ett rutnät med 50-meters sida. Täcker i stort sett hela landet.”

Eftersom denna webbtjänst endast erbjuder en begränsad mängd nedladdning per gång kunde inte den mest detaljerade kartan användas. Teoretiskt skulle det dock kunna gå, eftersom ArcGIS kan addera många små områden till ett stort. Nedladdning av en karta i skala 1:10 000 skulle emellertid kräva många nedladdningar, vilket senare skulle medföra ett stort arbete i ArcMap. Med upplösningen 1: 50 000 (terrängkartan) kunde hela Lerums kommun täckas med tre nedladdningar och kombineras till ett enda lager i ArcMap med hjälp av ”merge” funktionen, se figur 4.



Figur 4: Princip av ”merge” funktionen.

Från digitala kartbiblioteket laddades terrängkartan ned i vektorformatet shape (.shp). Det finns en mängd olika filformat som är anpassade för olika ändamål, se bilaga B.

I Lantmäteriets terrängkarta fanns endast stam- samt regionnätet inkluderat. Därför tog vi kontakt med nätägarna till distributionsnätet, i detta fall Lerum Energi samt Bjärke Energi. Efter telefon- samt mailkontakt med dessa företag fick vi tillgång till distributionsnätet i hela Lerums kommun. Nästa viktiga moment att ha i åtanke är vilket koordinatsystem filformaten levereras i. Lantmäteriets standard projektion (koordinatsystem) är ”RT90 2,5 Gon V” (Lantmäteriet), varför det är viktigt att även andra indata i ArcMap också har denna projektion.

Elnätet i Sverige är uppdelat i stamnät, regionnät samt distributionsnät, se tabell 1 nedan.

Tabell 1: Elnätet i Sverige och dess spänningar.
(Energimyndigheten 2002, sid 7)

Typ	Spänning [kV]
Stamnät	220 - 400
Regionnät	40 - 130
Distributionsnät	0.4 - 20

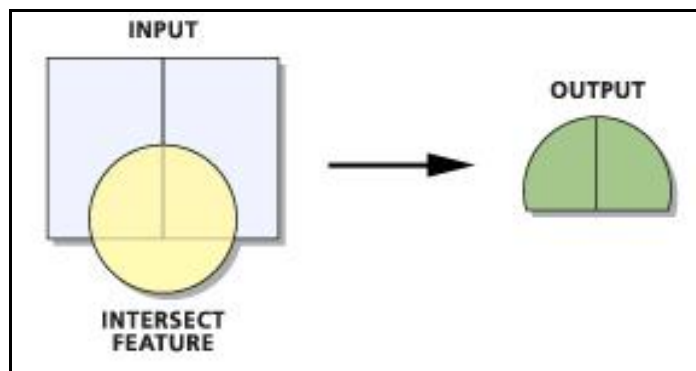
Den möjliga anslutningseffekten till en elledning är beroende av ledningens längd, spänning och impedansförhållande (motståndsförhållandet i ledningen). Anslutningskapaciteten ökar ungefär med kvadraten på spänningen, se tabell 2. Ett kort avstånd till elnätet bidrar till lägre investeringskostnad. (Boverket 2003, sid 22)

Tabell 2: Maximal effekt som kan anslutas till elledning.
(Boverket 2003, sid 22)

Storlek på anslutande elledning [kV]	Maximal installerad effekt [MW]
10	3.5
20	15
40	60

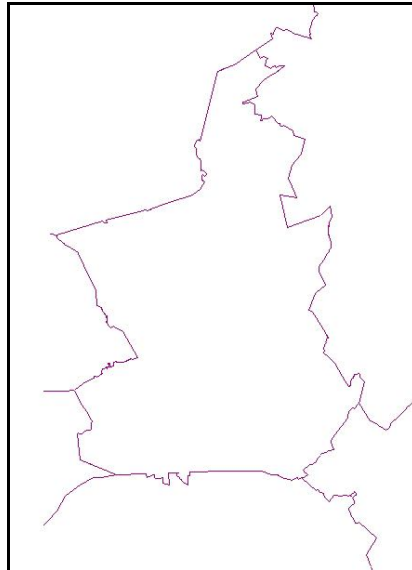
2.1.3 Utförande

Första steget är att specificera det område man tänker arbeta med. Nedladdningen av data täcker ett större område än Lerums kommun, varför man måste avlägsna områden utanför kommunen. Detta görs med "intersect" funktionen, se figur 5. Input i detta fall blir då kommunen i form av en polygon och "intersect feature" är t ex vägar i och utanför kommunen. Resultatet blir vägar innanför kommunen.



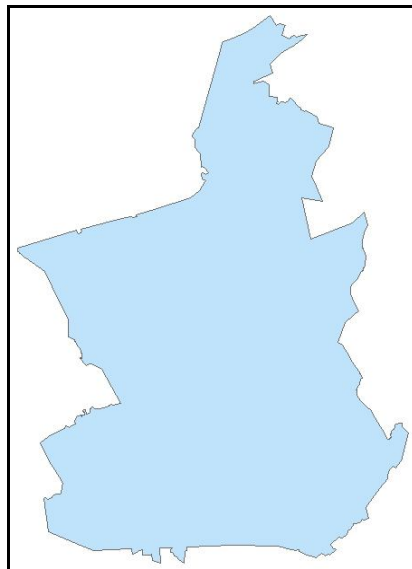
Figur 5: Princip av "intersect" funktionen i ArcMap.

Vid leverans av data består kommungränsen av en linje, se figur 6 nedan.



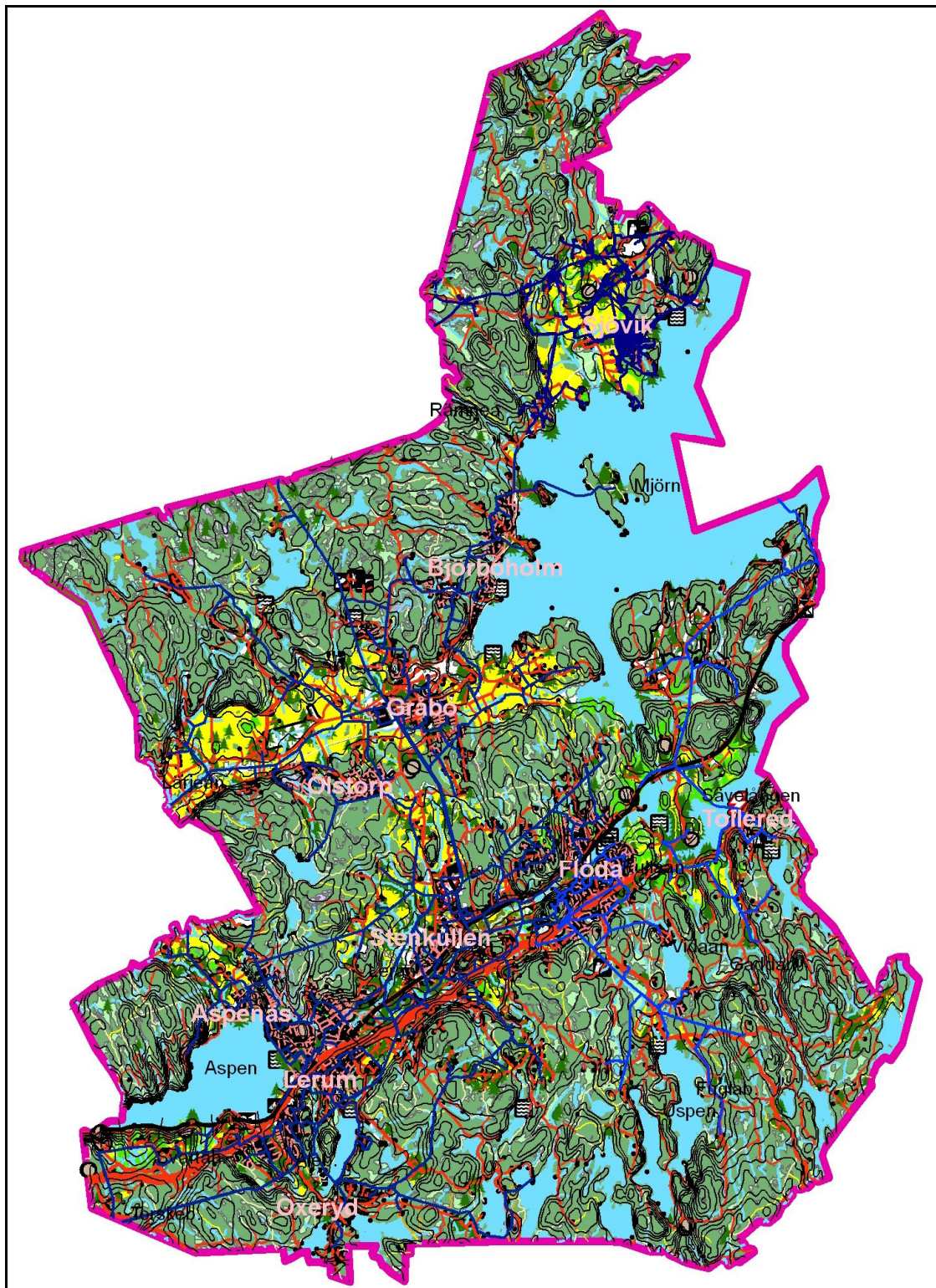
Figur 6: Kommungränsen som linje.

För att kunna transformera kommunen till ett lager bestående av en polygon används editorn i ArcMap. I editorn finns en funktion som heter "trace tool", vilken följer en önskad linje (i detta fall kommungränsen). När man valt ut vilket område som är intressant, krävs därefter att man skapar en polygon med koordinatsystemet "RT90 2,5 Gon V" i ArcCatalog. Med hjälp av kommungränsen som form av linje (se figur 6) i kombination med denna nyskapade polygon kan kommunen göras till en polygon, se figur 7 nedan.



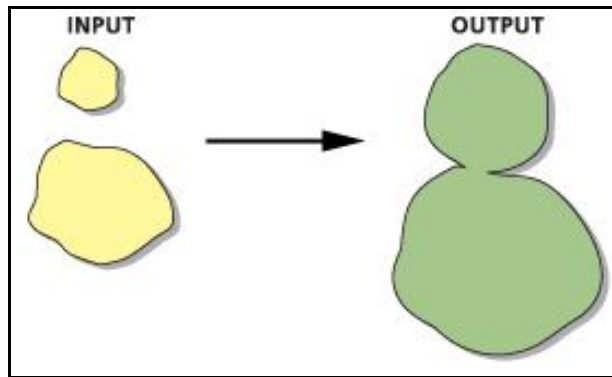
Figur 7: Kommunen i form av en polygon.

Nästa steg är att göra "intersect" på allt material från Lantmäteriet med kommunen som polygon, vilket skapar nya lager endast med data innanför kommunen. Resultatet blev en kartbild, som visar de viktigaste faktorerna (vägar, elnät, bebyggelse, skog, höjdkurvor etc.) att ta hänsyn till vid en vindkraftsprojektering, se figur 8. För att få en tydlig kartbild måste vi lägga mycket arbete på tecken, färger och symboler.



Figur 8: Lerums kommun innanför den lila gränsen. Rosa text innebär tätort.
För utförlig teckenförklaring, se Bil C.

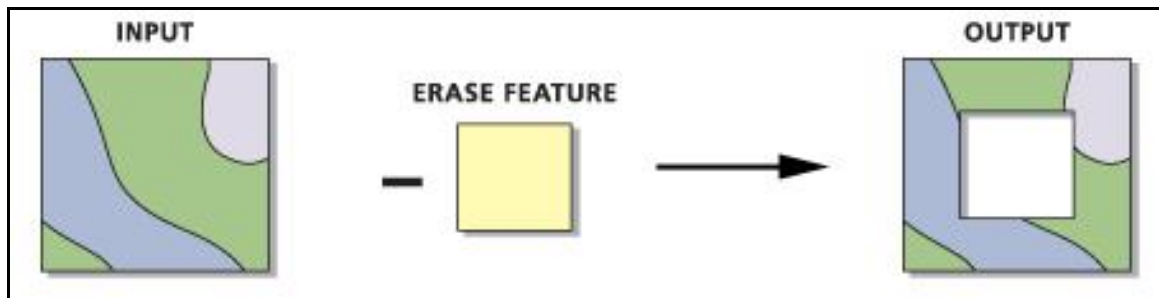
Nästa steg är bortsortering av ointressanta projekteringsområden för vindkraft. Detta görs med hjälp av funktionerna "buffer" samt "erase". "Buffer" funktionen innebär att man skapar en zon omkring det önskade lagret, se figur 9. Ett exempel kan vara att man måste följa ett specifikt avståndskrav på 500 meter.



Figur 9: Princip för "buffert" funktionen. Denna kan även appliceras på punkter och linjer.

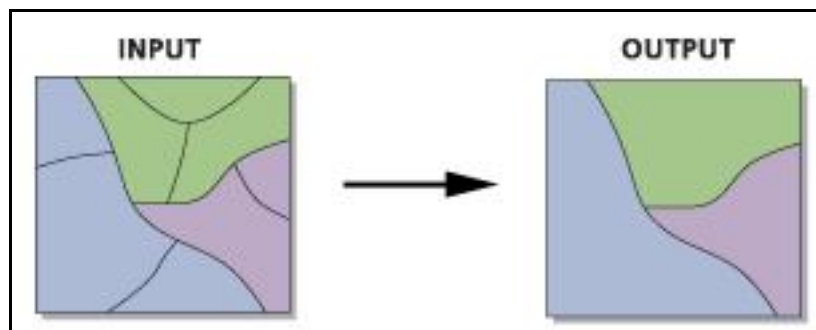
När vi skulle sortera bort områden som ligger 500 meter från ett hus eller ett bostadsområde (ljudnivåkrav) uppstod problem. Eftersom hus återges med enstaka symboler och ett bostadsområde är ett område kan dessa två inte adderas ihop till ett lager med "merge". Därför skapades först en buffert på 500 meter för respektive lager och de enstaka hussymbolerna transformeras istället till områden. Därmed kan "merge" uträttas för de två lagren.

Om man däremot inte vill visa områden som ligger inom 500 meter från en specifik plats kan dessa tas bort med "erase" funktionen, se figur 10. För att ta bort områden som ligger utanför 300 meter från t ex elnätet görs först en "buffer" med 300 meters avstånd och därefter "erase" med kommunen som polygon till input. Resultaten beskrivs närmare i kapitel 3.



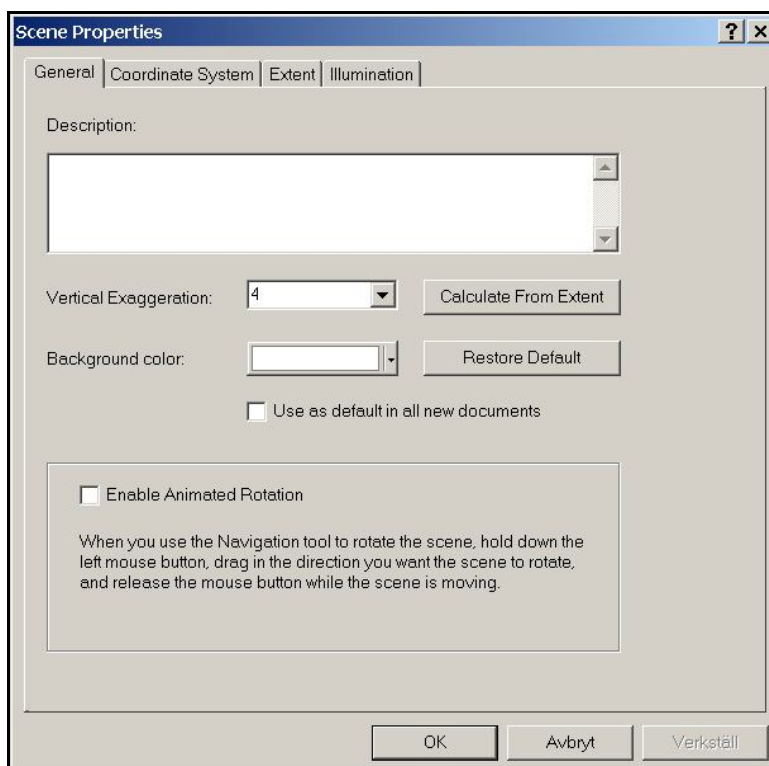
Figur 10: Princip av "erase" funktionen.

En annan funktion som kan vara användbar är "dissolve", se figur 11. Den kan t ex nyttjas efter att man skapat buffertzoner som överlappar varandra. Överlappningen i "buffert" funktionen kan undvikas genom en enkel inställning under skapandet.



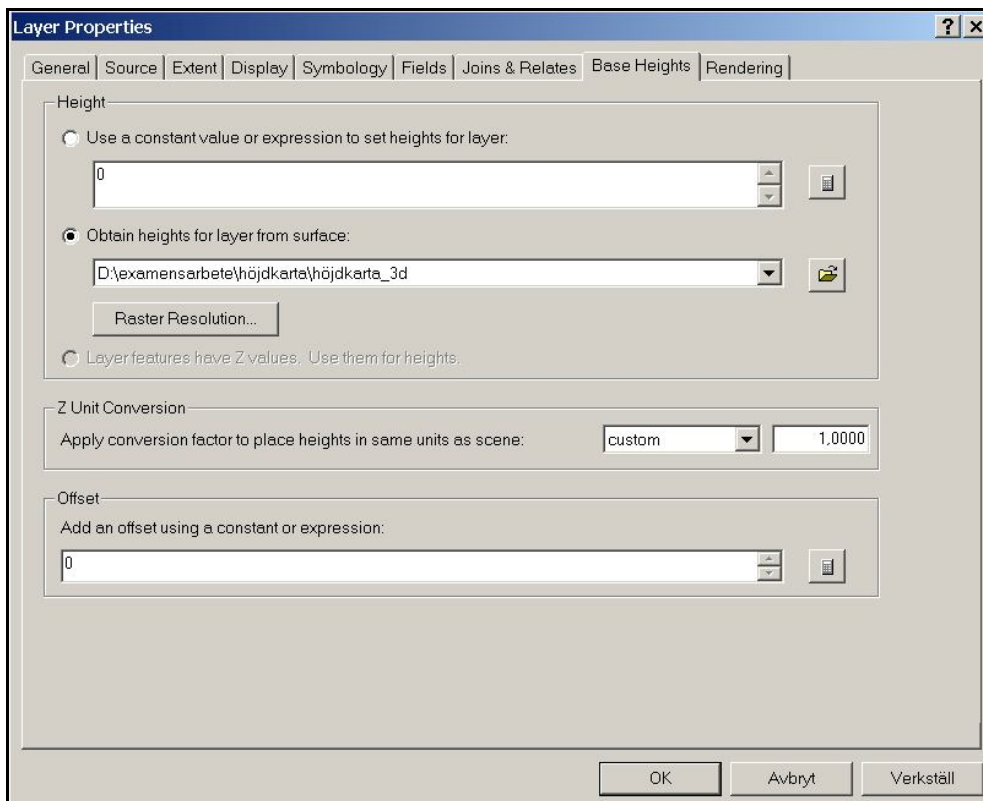
Figur 11: Princip av "dissolve" funktionen.

För att ytterligare definiera intressanta vindkraftsplatser användes höjddata som laddades hem i "grid" (GRIDASCII) format. Då behöver inte höjdvärdena multipliceras med faktorn 8,59375 jämfört med andra format. En transformation från ASCII (som representerar raster data) till ett raster dataset måste göras innan den kan läsas in i ArcScene där man kan illustrera terrängen i 3D. Höjdskillnaderna är knappt synliga i ArcScene med standard inställningar. Detta kan avhjälpas genom att högerklicka på "Scene layers" och därefter "Scene properties". Under fliken "General" finns en funktion som heter "Vertical Exaggeration" (se figur 12), vilken förstärker höjdskillnaderna visuellt. Ett visuellt realistiskt värde på denna förstärkning är 4-5.



Figur 12: "Vertical Exaggeration" under "Scene properties" i ArcScene.

Visualisering av fler lager i 3D kan också göras i ArcScene. Problemet är dock att ArcScene har svårt att hantera flera lager i 3D och visualiseringen blir ofullständig och därför begränsas nyttjandet av ArcScene. För att få en uppfattning om lokalisering i 3D kartan adderades även elnät, vägar samt kommungräns. Då måste man definiera vilket lager som ska utgöra grunden för visualiseringen i z-led (höjdled). Det görs under "Base heights" i "Layer properties" för varje lager, se figur 13.



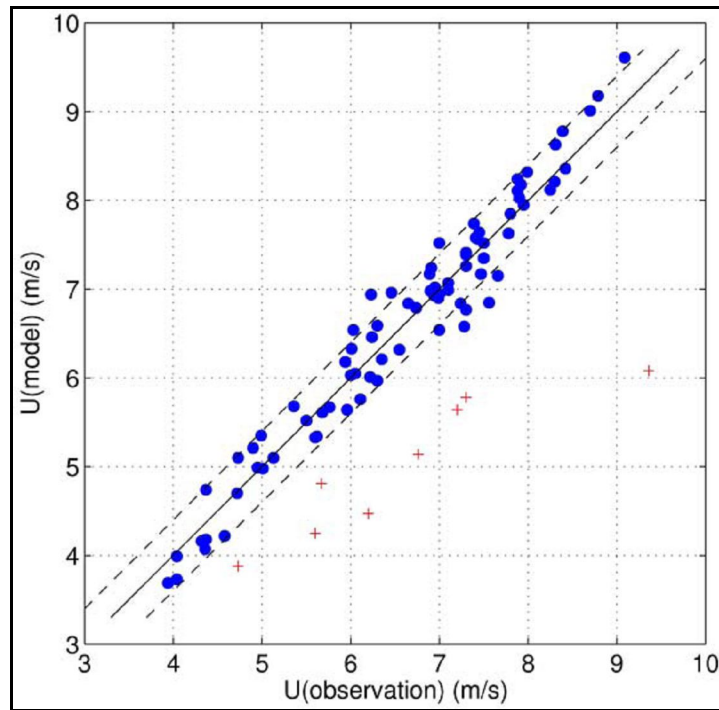
Figur 13: Definition av vilket lager som ska vara bas för observation i 3D. I detta fall väljs "Obtain heights for layer from surface" och höjdkarta_3d. Om man däremot skulle vilja att t ex vägar ska vara bas för höjden hade resultatet blivit 2D eftersom vägarna inte har något värde i z-led utan endast i x och y-led. Basen måste alltså innehålla data i x, y och z-led.

2.2 Begränsningar

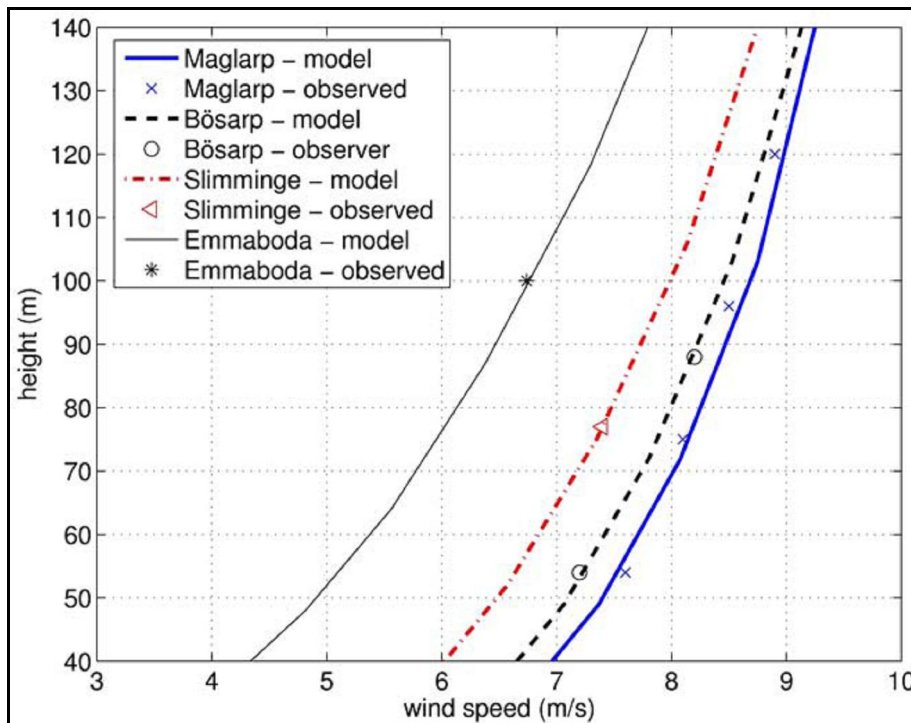
2.2.1 Vindkartering

Den vindkartering som används i detta examensarbete utgörs av MIUU modellen (Meteorologi Uppsala Universitet) och utgör en del av Energimyndighetens projekt "Kartläggning av vindpotentialen i Sverige". Modellen är en så kallad högre ordningens mesoskale-modell, som beräknar den klimatologiska medelvinden, och skildrar den observerade komplexiteten och inhomogeniteten i vindfälten både till havs och i fjällterräng. För noggrannare resultat kan en högre ordningens modell nyttjas med längre beräkningstider som konsekvens. (Bergström 2006, sid 1)

För att beräkna vindklimatet görs en sammanvägning av ett antal klimatologiskt relevanta simuleringar för olika vind- och temperaturförhållanden. Dessa är baserade på klimatologisk statistik över den geostrofiska vinden, dvs den horisontella lufttrycksgradienten. Resultatet blir en kartering av vindklimatet med en horisontell upplösning på 0.5-10 km. Essentiella indata är geostrofisk vind (styrka och riktning), havs- och marktemperaturer, topografi, ytråhet och markanvändning (Bergström 2007, sid 1-2). Studier visar att modellberäkningarna och observationer generellt sett visar på god överensstämmelse, se figur 14 samt 15.



Figur 14: Överensstämmelse mellan observationer och modellberäkningar. Symbolerna ”+” visar att modellen inte klarar av att lösa upp viss topografi. (Bergström 2007, sid 17)



Figur 15: Modellberäkningar och observationer med deras årsmedelvindprofiler för 4 olika platser. (Bergström 2007, sid 18)

Modellen har prognostiska ekvationer för vind, temperatur, luftfuktighet och turbulent kinetisk energi. Området som är av intresse är betydligt mindre än det modellerade området, vilket förklaras av att bergsområden och havsområden eller stora sjöar utanför det undersökta området kan ha betydelse för vindarna i det område som är av intresse.

Resultaten redovisas i tre rikstäckande kartor innehållande årsmedelvindhastigheter på höjderna 49, 72 och 103 meter. Höjderna avser höjden ovan nollplansförskjutningen, vilken tar hänsyn till höjden av vegetation och bebyggelse. Nollplansförskjutning är typiskt ca 3/4 av trädens höjd i en skog. För en skog som består av 20 m höga träd kommer höjden 48 m (som avser höjden ovan nollplansförskjutningen) att motsvaras av höjden $49 + 15 = 64$ m ovan markytan. (Bergström 2007, sid 2 samt 4)

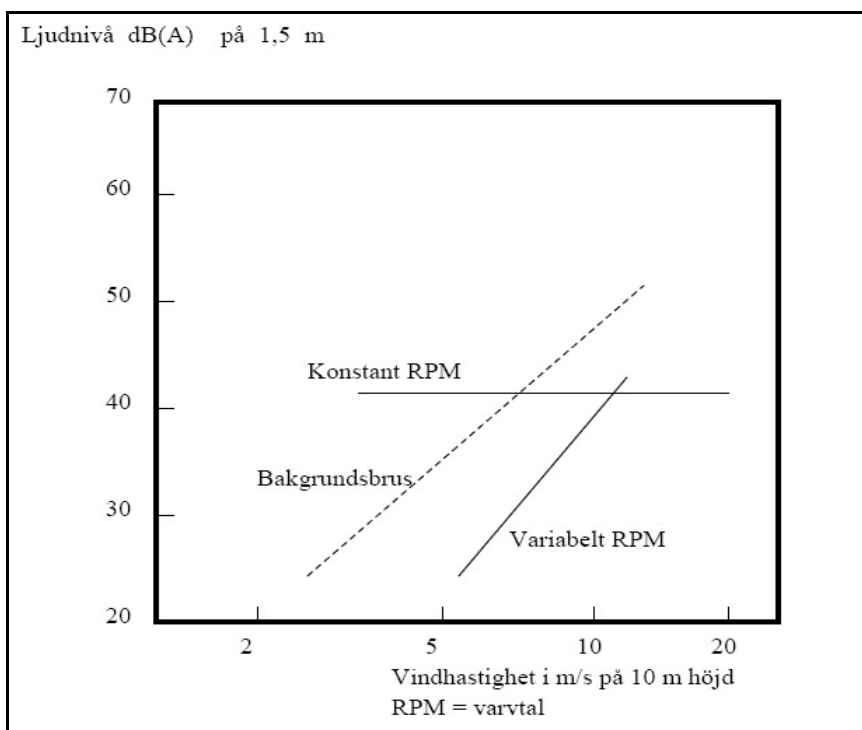
Data för denna vindkartering laddades hem från Energimyndigheten i shapeformat (Energimyndigheten 2007) med samma koordinatsystem (RT90 2,5 Gon V) som övrig indata i ArcGIS.

2.2.2 Ljudemission

Ljudet från vindkraftverk kan delas upp i två principiella delar, mekaniskt ljud och aerodynamiskt ljud. Det samlade ljudet uppstår av, som namnen antyder, dels av bladens rörelse genom luften dels av maskinhusets olika delar (Wizelius 2007, sid 200). Exempelvis kan växellåda, generator och annan kraftelektronik ge ifrån sig ett skorrande mekaniskt ljud, ofta med hörbara toner. Dessa ljud är dock mycket sällsynta från nyare vindkraftverk. Det aerodynamiska ljudet kan upplevas som "svischande", vilket har liknande karaktär som naturligt vindbrus. Detta ljud är bredbandigt och är inom 63-4000 Hz (Naturvårdsverket 2007). Vid starka vindar kan det därför bli svårt att höra detta ljud, eftersom det blir svårt att urskilja var ljudet kommer från. Detta benämns vanligen som "maskering". Styrkan av detta aerodynamiska ljud varierar kraftigt vid olika bladspets hastigheter, bladformer och turbulenta vindar.

Även om det aerodynamiska ljudet dominerar från ett vindkraftverk så är det oftast det mekaniska som upplevs mest störande. Orsaken är att detta mera konkreta ljud kan upplevas som toner (Naturvårdsverket 2001, sid 7). Dessa toner kan vara svåra att höra och kräver därför en objektiv metodisk mätning likt den för industribuller. Mätningar av emissioner görs normalt på nära avstånd från verket (aggregatets navhöjd plus rotorradie) (Naturvårdsverket 2001, sid 9). Åldern på verken samt dess storlek är även avgörande för vilka ljud som kan förväntas, men det har visat sig vara relativt små skillnader mellan ett nyare större verk i jämförelse med ett äldre mindre, eftersom det äldre låter mer på grund av gammal teknik. Ett nytt verk på ca 800 kW ger ungefär samma ljudemissioner som ett äldre på ca 300 kW. (Naturvårdsverket 2001, sid 8)

Av ovan framgår att topografin på ett positivt sätt kan ge en kortare utbredning av ljud, en form av isolering. Vid starkare vindar kan det naturliga bruset från skog och närmiljön överträffa ljudet från det maskinella och det aerodynamiska ljudet. Storleksordningen på detta naturliga brus avgörs av höjden av omgivande vindhinder. Förhållandet ändras dock när vinden avtar, då istället ljud från vindkraftverket hörs starkast (Naturvårdsverket 2001, sid 17). Beroende på om verket arbetar efter ett variabelt eller konstant varvtal så medför detta att förhållandet mellan bakgrundsbrus och ljud från verket ändras. Vid konstant varvtal är det vanligt att verket hörs tydligare eftersom bakgrundsbruset är lågt vid lägre vindhastigheter. För variabelt varvtal är bakgrundsbruset högre fram till vindhastigheter kring 20 m/s (Naturvårdsverket 2001, sid 18). Detta illustreras i figur 16.



Figur 16: Beskrivning av förhållandet mellan naturligt bakgrundsbrus och ljud från verket vid variabelt varvtal samt konstant varvtal. Man ser tydligt att ljudskillnaden mellan konstant varvtal och bakgrundsbrus är större vid lägre vindhastigheter. För variabelt varvtal så förhåller sig ljudet från verket lägre än för bakgrundsbruset fram till ca 20 m/s. (Naturvårdsverket 2001e)

Det är dock viktigt att påpeka att ovanstående figur 16 är baserad på medelvärden från viss angiven tid. I och med att aggregatets ljudnivåer fluktuerar kan ljud från vindkraftverket höras under vissa intervall men inte under någon konstant längre tid. Det finns fortfarande inte tillräckligt underlag för att kunna avgöra eller förutsätta när en maskering sker (Naturvårdsverket 2001, sid 19).

För vindkraft finns på grund av ovanstående faktorer särskilda tillämpningsvärden från Naturvårdsverket (RR 1978:5). Exempelvis gäller nattetid 40 dBA vid bostäder och 35 dBA vid planlagd fritidsbebyggelse.

I Sverige använder man sig av modeller där experter inom akustikområdet avgör riktvärden och bestämmelser istället för att följa de internationella värdena enligt ISO9613-2. Resultaten mellan dessa modeller skiljer sig dock mycket lite (vid en beräkning för 500 meter är differensen 2 dBA, vilket är gränsen för vad en människa kan uppfatta skillnad på) (Wizelius 2007, sid 204). Tabell 3 nedan visar avståndskraven i Danmark, Holland och Sverige.

Tabell 3: Avstånd till 35, 40 och 45 dBA i Danmark, Holland och Sverige. (Wizelius 2007, sid 204)

dBA	ISO9613-2 [m]	Danmark [m]	Holland [m]	Sverige [m]
35	465	525	555	525
40	325	325	325	325
45	205	195	185	195

När det gäller kommunens riktvärde hänvisar de till Naturvårdsverkets regler. (Rådman 2007)

Som indata i ArcMap har vi valt att använda oss av avståndet 500 meter, som ungefär representerar gränsen för 35 dBA. Anledningen till valet av 500 meter istället för 525 meter är att det blir lättare att studera jämna avstånd i ArcMap. Dessutom väljs ofta kravet för 40 dBA, vilket ger ett betydligt kortare avstånd.

2.2.3 Avstånd till elnät

Samma korta avstånd (150 meter) gäller för elnätet som för vägar. Ett vanligt avstånd till elnäten från vindkraftverk i områden kring Lerums kommun i Västergötland är 300-500 meter. I dessa delar av Sverige är elnätet ganska glest (tätorter samt större befolkningsområden försummade) och därför borde avståndet till närmaste elnät inte vara alltför kort, eftersom många intressanta projekteringsområden kan försvinna i bortsorteringen. (Ljungström 2007)

Närmsta tillåtna avstånd till elledning med starktström från ett vindkraftverk är enligt kommunens översiktsplan 100 meter. (Rådman 2007)

Som indata i ArcMap har vi valt att använda oss av ett minsta avstånd på 150 meter (pga tornets totalhöjd vid fall) och maximala avståndet 400 meter från närmaste elnät.

2.2.4 Avstånd till väg

Avståndet från ett vindkraftverk till närmaste bilväg måste minst vara tornets totalhöjd (pga fallrisk), dvs navhöjden inklusive ett rotorblads längd. Totalhöjden på de planerade verken antas vara ca 135 meter, 90 meter navhöjd plus 45 meter rotorblad (Egerup 2007). Anledningen till denna höjd är skogens inflytande på vindhastigheten en bit över trädtopparna (se kapitel 2.2.7) samt att vindhastigheterna på högre höjd alltid är större, vilket ger mer elproduktion från verken.

Vägar som är mycket lite trafikerade såsom skogsvägar, grusvägar eller sämre bilvägar räknas inte. Därför försumrades dessa när "buffer" och "erase" användes i ArcGIS. Detta gjordes med hjälp av "open attribute table" på ett lager. I denna tabell finns all kartinformation lagrad som koder, vilken förklaras närmare i Digitala Kartbibliotekets kodlista (Digitala Kartbiblioteket 2007). För terrängkartan finns redan tydliga förklaringar i attributtabellen. När denna tabell är öppen kan man trycka på "options" och därefter "select by attributes". Där kan sedan villkor skapas, i detta fall väljs alla vägar utom sämre bilvägar, grusvägar, skogsvägar etc, för vad lagret ska visa. Därefter måste selekterade attribut exporteras till en ny shape (.shp) fil. Detta görs genom att högerklicka på det lager med selekterade attribut och välja data → export data.

Minsta tillåtna avstånd till motorväg från ett vindkraftverk är enligt kommunens översiktsplan 150 meter. (Rådman 2007)

Som indata i ArcMap har vi valt att använda oss av maximala avståndet 400 och minsta avstånd 150 meter från närmaste bilväg, pga tornets totalhöjd vid fall, i enlighet med kommunens översiktsplan. Motiveringen till att vi inte valde ett längre avstånd än 400 meter är kostnaden för att avverka skog, spränga och lägga väg då ökar markant, läs mer i kapitel 2.2.7.

2.2.5 Skuggning

Under flera dagar under året finns risk för att skuggor uppkommer då ljuset från solen inte infaller önskvärt mot ett vindkraftverk. Olägenheten med skuggor är att dessa kan störa närboende genom upprepade svepningar, risken för reflektering från vindkraftverket är närmast försumbar då man idag kan hantera detta genom antireflexbehandling. Största skuggeffekten från ett verk uppstår vid solens upp- och nedgång vid det teoretiskt maximala avståndet på en skugga för ett verk med en rotordiameter på 45 m är 4,8 km. I praktiken är skuggavståndet för ett stort verk (2 MW) bara 1.4 km (dock tar man hänsyn och gör beräkningar för 2 km). (Wizelius 2007, sid 206)

Det som bidrar till skuggbildning mot exempelvis ett hus är faktorer som väder, vindriktning, solstånd, topografi och anläggningens drifttid. Störst skuggbildning på ett specifikt område får man då solen skiner vinkelrätt från klar himmel från solens upp- till nedgång mot verket (Boverket 2003, sid 51). Det är emellertid viktigt att påpeka att de riktvärden som finns angivna för buller avser 6-10 rotordiametrar, vilket är så långt från verket att så stora skuggor endast uppkommer under en kort tid under ett år (Wizelius T 2007, sid 206). I dagsläget finns inte några egentliga riktvärden, rekommendationer eller krav för vilka skuggeffekter man maximalt kan acceptera som skuggbildning (Wizelius 2007, sid 209). Boverket har dock angivit att, om den kumulativa störningen för verken inte är längre än 30 timmar årligen och inte över 30 min per dag kan man bortse från skuggan som ett hinder vid projektering. (Boverket 2003, sid 53)

När det gäller skuggbildning finns det inte några särskilda riktlinjer för Lerums kommun, som istället använder naturvårdsverkets branschfaktblad "Vindkraftverk på land", där man bland annat redovisar olika domslut om skuggbildning. (Rådman 2007)

2.2.6 Landskapspåverkan

Eftersom vindkraftverk ofta är relativt stora i jämförelse med den omgivning de befinner sig i och samtidigt rör sig, så tilldrar de sig uppmärksamhet var man än placerar dem. Upplevelsen av dem är dock mycket subjektiv och blir därmed svår att formulera något direktiv för. På grund av detta gör man vanligen en bedömning utifrån kommunens översiktsplan. Problematiken ökar samtidigt med att området kring den valda platsen för vindkraftverket kan förändras under verkets 20-25 åriga livstid. (Wizelius 2007, sid 210)

Vad som kan uppfattas värdefullt varierar med tiden och mellan olika människor. Man brukar tala om allmänna värden när människor uppfattar något som värdefullt. Det finns tre olika typer av värden: kunskapsvärden, upplevelsevärden och bruksvärden. (Boverket 2003, sid 29)

- *Kunskapsvärden:* "Kunskapsvärden, vetenskapliga värden eller dokumentvärden utgörs ofta av enstaka element eller avgränsade områden/miljöer som skyddade värdefulla byggnader, fornlämningar eller biotoper." (Boverket 2003, sid 29)
- *Upplevelsevärden:* "Upplevelsevärden handlar om att olika landskap ger upphov till känslor av igenkännande, nyfikenhet, beundran, hemkänsla, exotism osv. Det är främst denna kategori som har en stark individuell del. Olika människor upplever landskapet olika eftersom de har olika bakgrund, kunskap, intressen och förväntningar på sin omgivning." (Boverket 2003, sid 29)

- *Bruksvärden*: ”Bruksvärden handlar om hur områden används eller kan användas: för jord- och skogsbruk, för undervisning och andra pedagogiska syften, för turism, samt för att utveckla kretsloppslösningar.” (Boverket 2003, sid 29)

Orientering, dominans, kontrast, komplexitet samt symbolvärden är begrepp som beskriver vindkraftverkens relation till landskapet. De möjliggör också jämförelser mellan olika landskap eller lokaliseringar.

- *Orientering*: ”Det finns en individuell del i varje upplevelse. Vi har behov av att lätt kunna orientera oss i vår omgivning, bl a för att känna oss trygga. Begreppet orientering är ett försök att beskriva detta behov. Lätt igenkännbara element, så kallade landmärken (t ex kyrkor) och markanta terrängformer, dalgångar och andra tydligt riktade landskapselement utgör sådant som de flesta använder för sin orientering. Avgörande för upplevelsen när man förflyttar sig i landskapet är dynamiken mellan det öppna och det slutna och mellan olika skalor och riktningar.” (Boverket 2003, sid 29)
- *Dominans*: Viktigt i sammanhanget är att man gör klart för sig hur man ska tolka ”att se” ett verk. Även om ett verk rent teoretiskt kan synas är frågan om det praktiskt någonsin kommer ses eller betraktas från någon. Typiskt exempel på detta är vid projektering i skogsområden då anknytning till bostäder sällan förekommer. Om så är fallet att vindkraftverket syns vid en reell visuell bedömning behöver inte verket dominera landskapsbilden. Uppfattningen är att allt inom ett område med 350 meters radie från verket (10 navhöjder) kan påverkas dominerande av verket, vilket är nära ljudemissionsgränsen för 40 dBA. Vid god sikt är ett verk synligt 400 navhöjder från verket. (Wizelius 2007, sid 212)
- *Kontrast*: ”Kontrast handlar om graden av olikhet. Ett vertikalt element i ett landskap dominerat av horisontella linjer ger en stor kontrast. Horisonten är viktig i alla landskap. Allt som sticker upp och bryter horisonten registreras. Det betyder att vi väldigt snabbt registrerar objekt som vindkraftverk, kanske främst i flacka landskap. Likaså utgör ett modernt inslag i ett historiskt landskap en stor kontrast. Det saknas dock ett enkelt värderingssamband; ibland värderar vi kontrasterande element högt, ibland lågt.” (Boverket 2003, sid 30)
- *Komplexitet*: ”Med begreppet komplexitet menas graden av variationsrikedom. Ett landskap med få element är ensartat. Innehåller det många element kan det vara kaotiskt. Däremellan finns omväxlande landskap med stor komplexitet. Det finns ingen direkt koppling mellan hur vi värderar ett landskap och dess komplexitet. Ett ensartat landskap som Ölands alvar är högt skattat av de flesta, medan den omväxling som finns i ett övergivet industriområde inte lika självklart upplevs positivt. I ett landskap med hög komplexitet märks nya inslag normalt inte lika mycket som i ett variationsfattigt landskap.” (Boverket 2003, sid 30)
- *Symbolvärden*: ”Landskapet som helhet, liksom element i landskapet kan också ha symbolvärden. Symbolvärdet påverkar i hög grad även människors uppfattning om

vad som är positiva eller negativa inslag eller vad som är vackert och passar in i landskapet eller tvärtom.” (Boverket 2003, sid 30)

Tidssambandet är ytterligare en viktig aspekt i samspelet mellan vindkraftsverken och den miljö man tänkt placera dem i. Eftersom vindkraftverk är en symbol för ny teknik och ett modernt samhälle kan ett verk i historiska områden upplevas olämpligt. (Boverket 2003, sid 31)

Människan har problem med att reellt bedöma höjder på avstånd samt se skillnad i höjd på två större objekt (Miljödepartementet 1999, sid 16). Detta visar på komplexiteten av att dela in eller värdera några specifika riktlinjer för landskapspåverkan.

2.2.7 Råhetsklass och vindens rörelser

All form av vind är luft i rörelse som styrs av tryckgradientkrafter, Corioliskraften, gravitationskraften samt friktionskraften. Tryckgradienten uppstår på grund av temperaturskillnader mellan olika platser. Eftersom atmosfären naturligt strävar efter att utjämna dessa skillnader i tryck kommer luftmassor att röra sig från högtryck till lågtryck. När jorden samtidigt rör sig runt sin axel kommer vindarna att följa jordens yta i en krökt rörelse. Därför rör sig hög- och lågtryck mot varandra i olika mönster på norra respektive södra halvklotet. Detta fenomen (Corioliskraften) ger upphov till två rörelser, motursrörelser kring lågtryck och medurs kring högtryck. När balans mellan tryckgradientkrafter och Corioliskraften råder bildas geostrofiska vindar. Dessa vindar befinner sig på 500-1000 meter över markytan och störs ej av markfriktionen. På lägre höjder påverkas vinden av markens form och skrovlighet, så kallad råhet. (Swedish Weather Centre 2007)

Markens friktion är en faktor som tydligt påverkar vindens hastighet och rörelse. Därför har man gjort en klassificering av terrängen i olika råhetsklasser, se tabell 4. Vindhastigheten bromsas upp pga markfriktionen, som minst i råhetsklass 0 respektive mest i klass 4, varför en placering av ett vindkraftverk utifrån ett energiproduktionsperspektiv lämpar sig bäst i råhetsklass 0.

Tabell 4. Råhetsklasser. (Wizelius 2007, sid 61)

Råhetsklass	Karaktär	Terräng	Lägvare	Gårdar	Tätorter	Skog
0	Hav, sjöar, fjordar	Öppet vatten.	-	-		
1	Öppet landskap med sparsam vegetation och bebyggelse.	Platt till jämnt kuperat.	Endast låg småvegetation.	0-3 gårdar per km ² .		
2	Landsbygd med en blandning av öppna ytor, vegetation och bebyggelse.	Platt till starkt kuperat.	Skogsdungar, alléer är vanliga.	Upp till 10 gårdar per km ² .	Byar och små tätorter förekommer.	
3	Mindre tätorter eller landsbygd med många gårdar, dungar och lägivande hinder.	Platt till starkt kuperat.	Många dungar, vegetation och alléer/trädridåer.	Många gårdar, > 10 per km ² .	Många byar, små tätorter eller förstäder.	Låg skog.
4	Större städer eller hög skog.	Platt till starkt kuperat.	-	-	Större städer.	Hög skog.

Det är av stor betydelse hur området ser ut och hinder utgör en stor del av markfriktionen. Vinden påverkas av hindrets bredd, höjd och porositet. Vid beräkning utgår man från att ett hinder kan skapa stark turbulens två hinderhöjder framför hindret och närmare 20 hinderhöjder efter hindret, se figur 17. Maximalt når turbulensen dubbla höjden av hindret efter det att vinden träffat hindret. Vad som även kan förändra vindens rörelser är slutningar och backar. Om backen är fri från skog kan virvlar uppstå, vilket leder till turbulens och en minskning av vindens energiinnehåll. Detta gäller inte om backen är täckt med skog eller liknande kompakt vegetation. Då ett område är kraftigt varierat i sin formation (komplex formation) krävs en noggrann mätning kring den plats man önskar placera vindkraftverket på eftersom olika fenomen kan uppstå. (Wizelius 2007, sid 62)



Figur 17: Turbulens från ett hinder med höjden H (i detta fall ett hus). Det grå området representerar stark turbulens. (Wizelius 2007, sid 62)

Tunneleffekt är ett fenomen som kan uppstå i dalar där vindar får möjlighet att komprimeras eller anrikas. I dalar med liten markfriktion ökar tunneleffekten, men däremot uppstår ingen tunneleffekt i dalar med hög markfriktion, utan snarare bildas en ansamling av turbulenta vindar. (Wizelius 2007, sid 63)

Vid placering av vindkraftverk bör man även ta hänsyn till den förhärskade vindriktning, dvs varifrån det blåser mest. I södra och mellersta Sverige är den förhärskade vindriktningen sydväst, varför man borde lokalisera vindkraftverken i en linje från sydost till nordväst, dvs vinkelrätt mot den förhärskade vindriktningen. (Miljödepartementet 1999, sid 13)

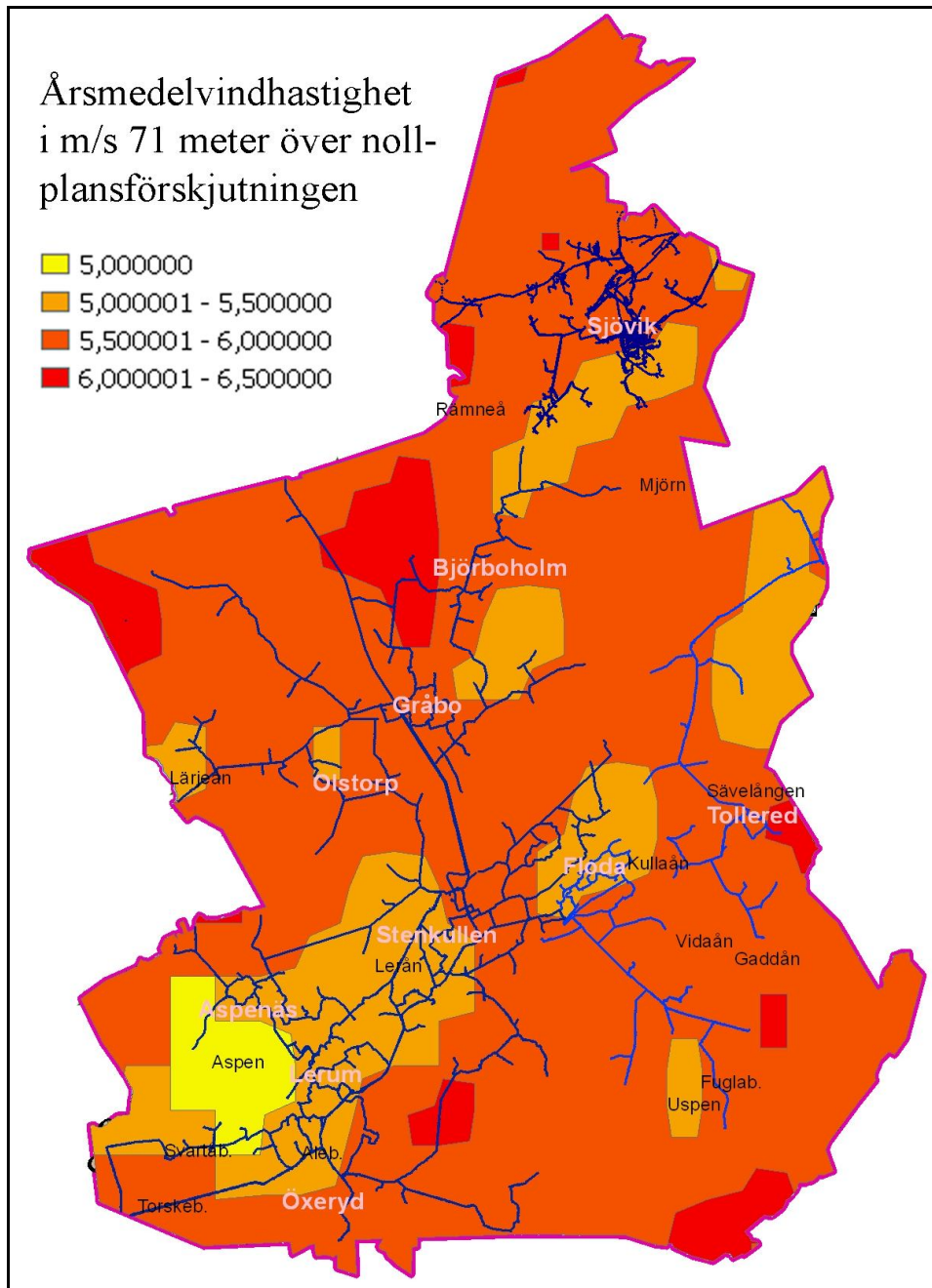
Om verken är placerade i ”rätt” riktning dvs från sydost till nordväst är avståndet 4 rotordiametrar mellan verken ett rimligt avstånd. Däremot vid placering av verken i ”fel” riktning är ett minsta avstånd på 5 rotordiametrar lämpligt. (Egerup 2007)
När det gäller placering av vindkraft i skog måste man ta hänsyn till markägarens rätt till ersättning för skogsavverkning och eventuell försämrade förutsättningar för markanvändning och hur terrängen i skogen ser ut. Är det t ex stenigt och blockigt måste man spränga, vilket ökar kostnaderna även om detta är en förhållandevis liten del av den totala investeringskostnaden. (Egerup 2007)

3 Resultat

För att förtydliga teckenförklaringen för elnätet till figurerna i detta kapitel är 10 kV ledningar ljusblå linjer, de kompakta ledningarna uppe i Sjövik är en blandning av 10 och 20 kV, återstående, dvs merparten är 20 kV.

3.1 Vindkartering

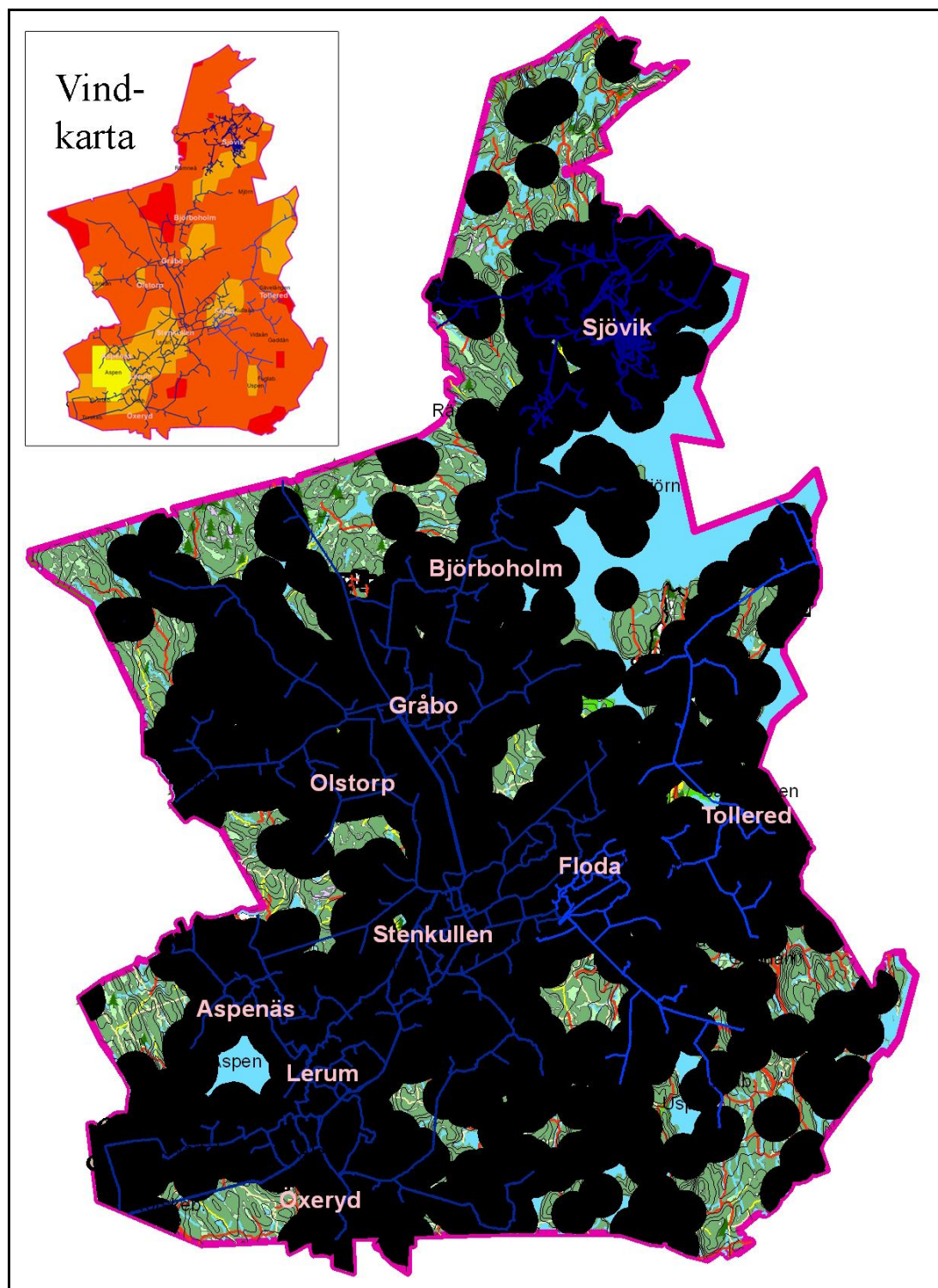
Vindkarteringen från energimyndigheten har applicerats på Lerums kommun. Det skiljer sig endast 1,5 m/s mellan min- och maxvärden i årsmedelvindhastighet 71 meter över nollplansförskjutningen.



Figur 18: Vindkarta över Lerums kommun 71 meter över nollplansförskjutningen. Det kompakta elnätet i Sjövik består av både 10 kV och 20 kV ledningar. Ljusblå ledning är 10 kV och återstoden 20 kV.

3.2 Ljudemission

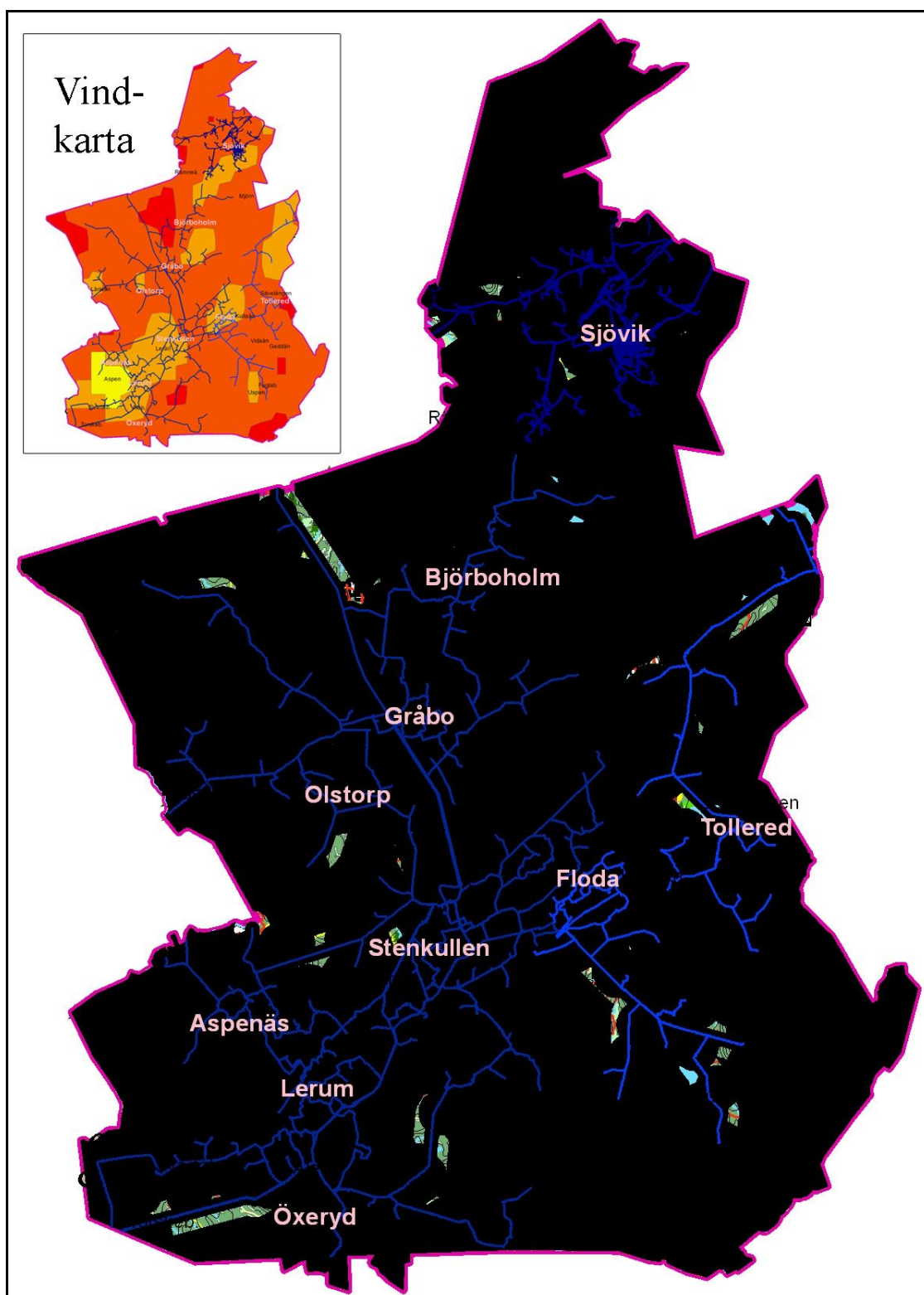
Första buffertzonen har adderats till kartan, se figur 19. Avståndet till närmaste hus måste vara minst 500 meter, vilket representeras av radien på de svarta cirklarna. I mitten av dessa finns alltså ett hus. Icke svartmarkerade områden är intressanta områden för projektering av vindkraft med hänsyn till ljudemission.



Figur 19: 500 meter buffert från all bebyggelse pga ljudnivåkrav på ca 35 dBA. Med avståndskravet 500 meter uppfylls även kraven för skuggning.

3.3 Avstånd till elnät

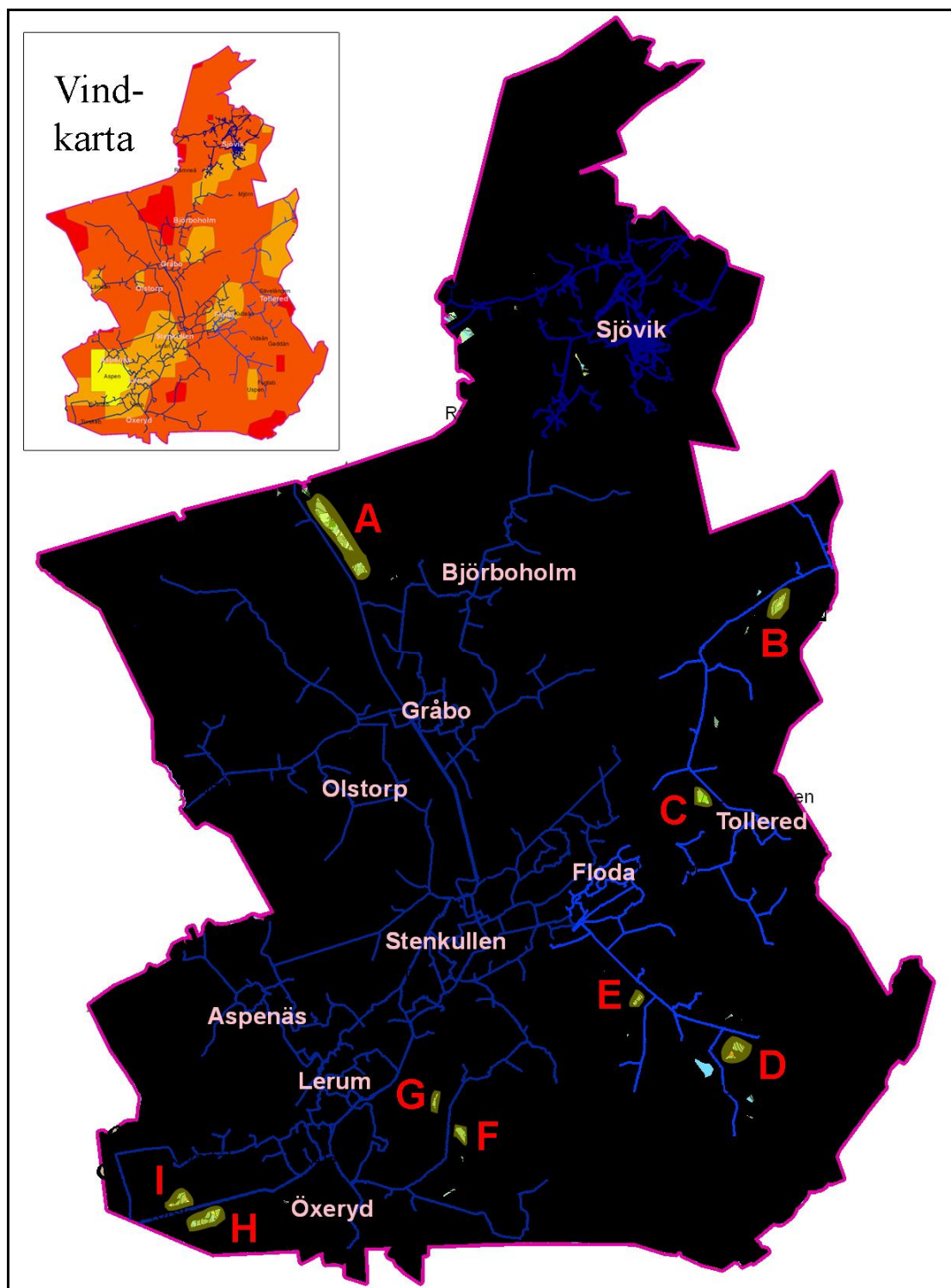
I nästa steg adderades ytterligare ett villkor; avstånd till elnät. Avståndet måste vara minst 150 meter och max 400 meter från elnätet. Resultatet av ljudemissions- samt elnätskravet visas i figur 20.



Figur 20: Alla områden inom 150 meter till elnätet samt bortom 400 meter från elnätet är bortsorterade. Ljudnivåkravet från figur 19 ingår.

3.4 Avstånd till väg

Figur 21 nedan visar resultatet av kraven på ljudemission, elnät samt vägar. Därmed kunde intressanta vindkraftsområden markeras inför graderingen i kapitel 4.



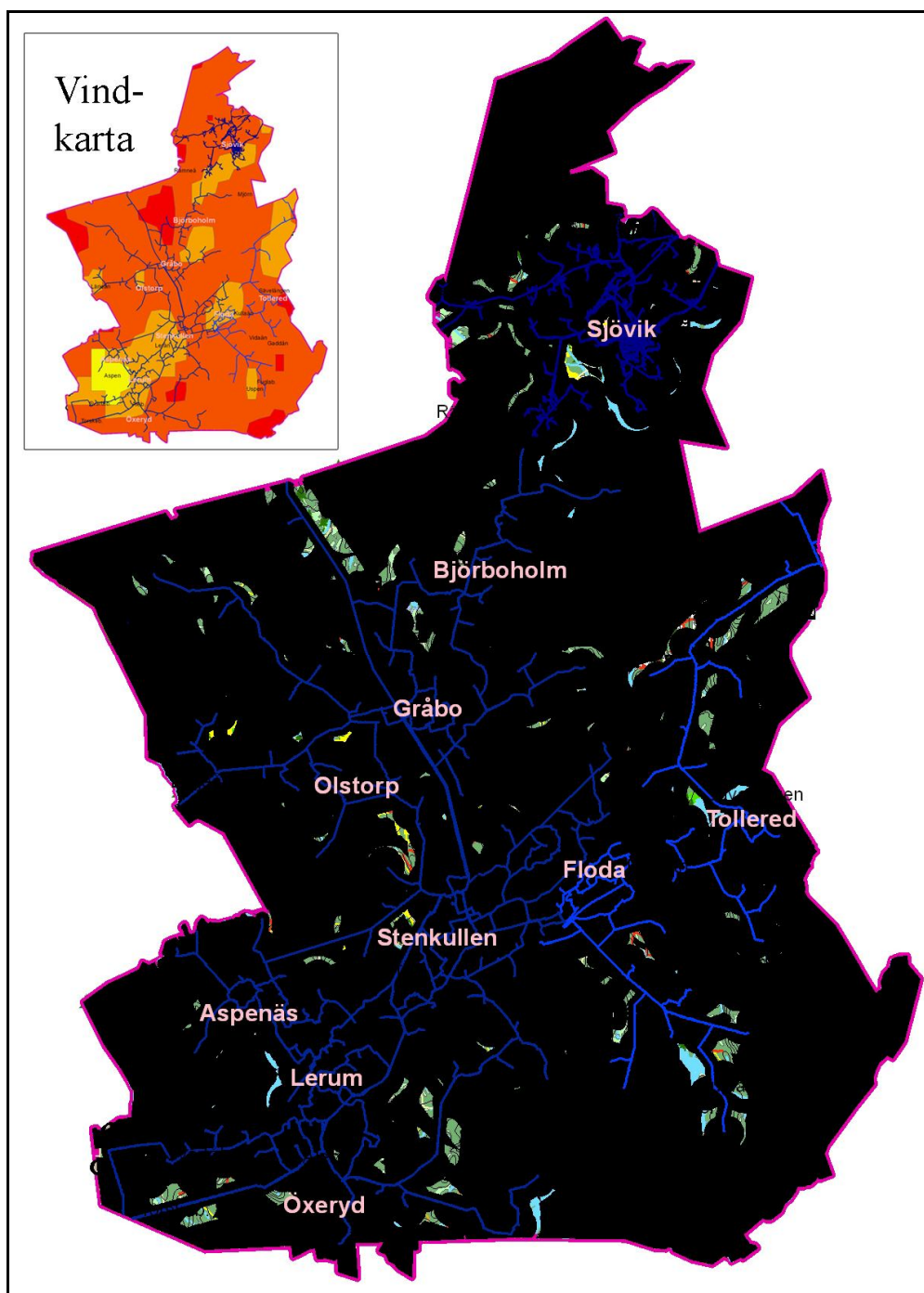
Figur 21: Alla områden inom 150 meter till vägar samt bortom 400 meter från vägar är bortsorterade. Bortsorterade områden från figur 19 samt 20 ingår. Gula områden med röd bokstav visar rimliga platser för projektering.

3.5 *Modifiering av parametrar*

Detta kapitel beskriver hur resultatet påverkas av en modifiering av ingående parametrar i ArcMap. De minsta avstånden (150 meter) hålls konstanta eftersom det inte är acceptabelt att ändra dessa värden.

3.5.1 25 % reducereing av alla avståndskrav

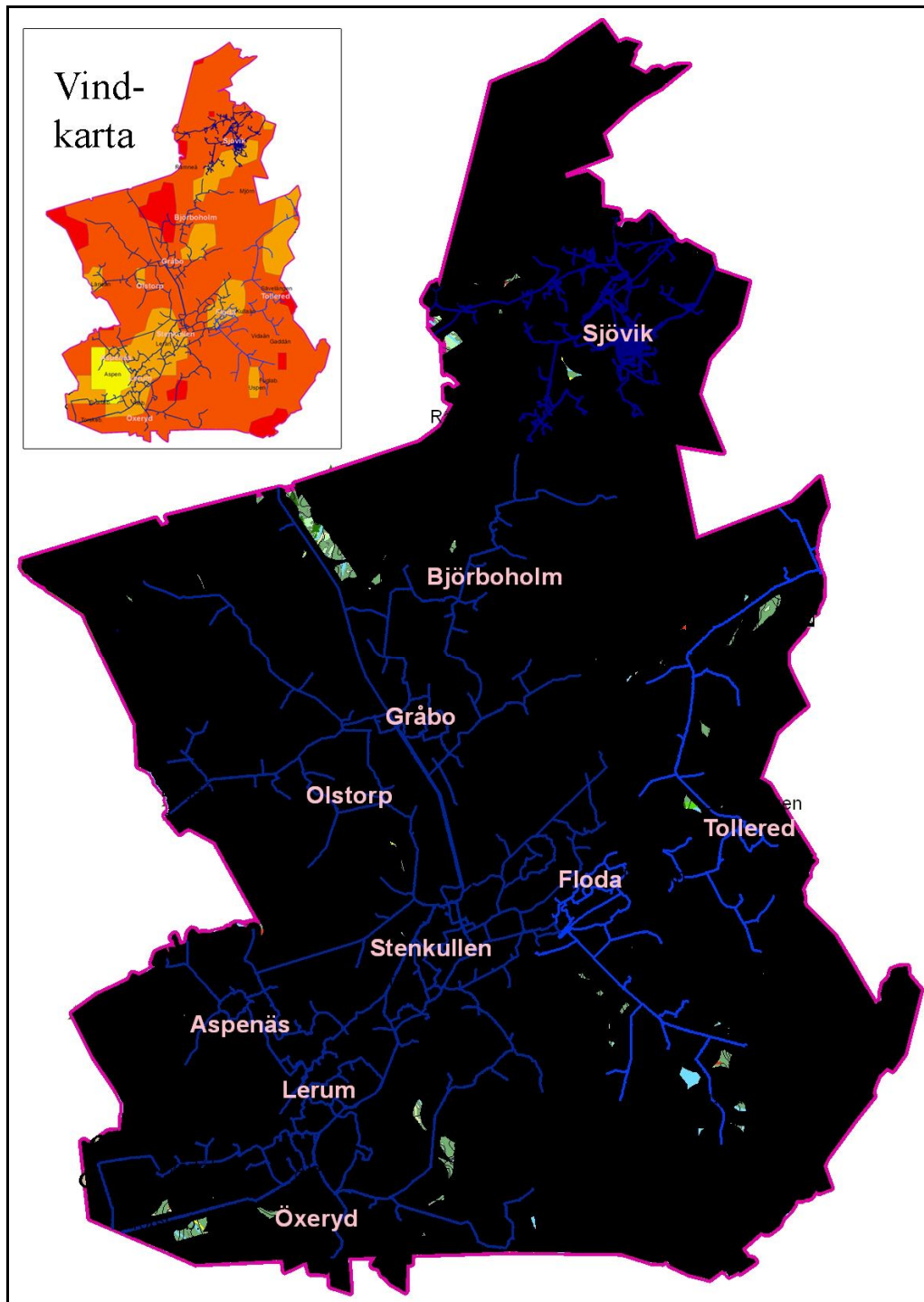
En reducereing av alla avståndskrav ger en mängd tillkommande intressanta områden, se figur 22 nedan.



Figur 22: Max avstånd från väg och elnät är nu 500 meter. Ljudnivåkravet ligger på avståndet 375 meter, vilket i Sverige närmar sig gränsen för 40 dBA.

3.5.2 25 % reducereing av avståndskrav med konstant ljudnivåkrav

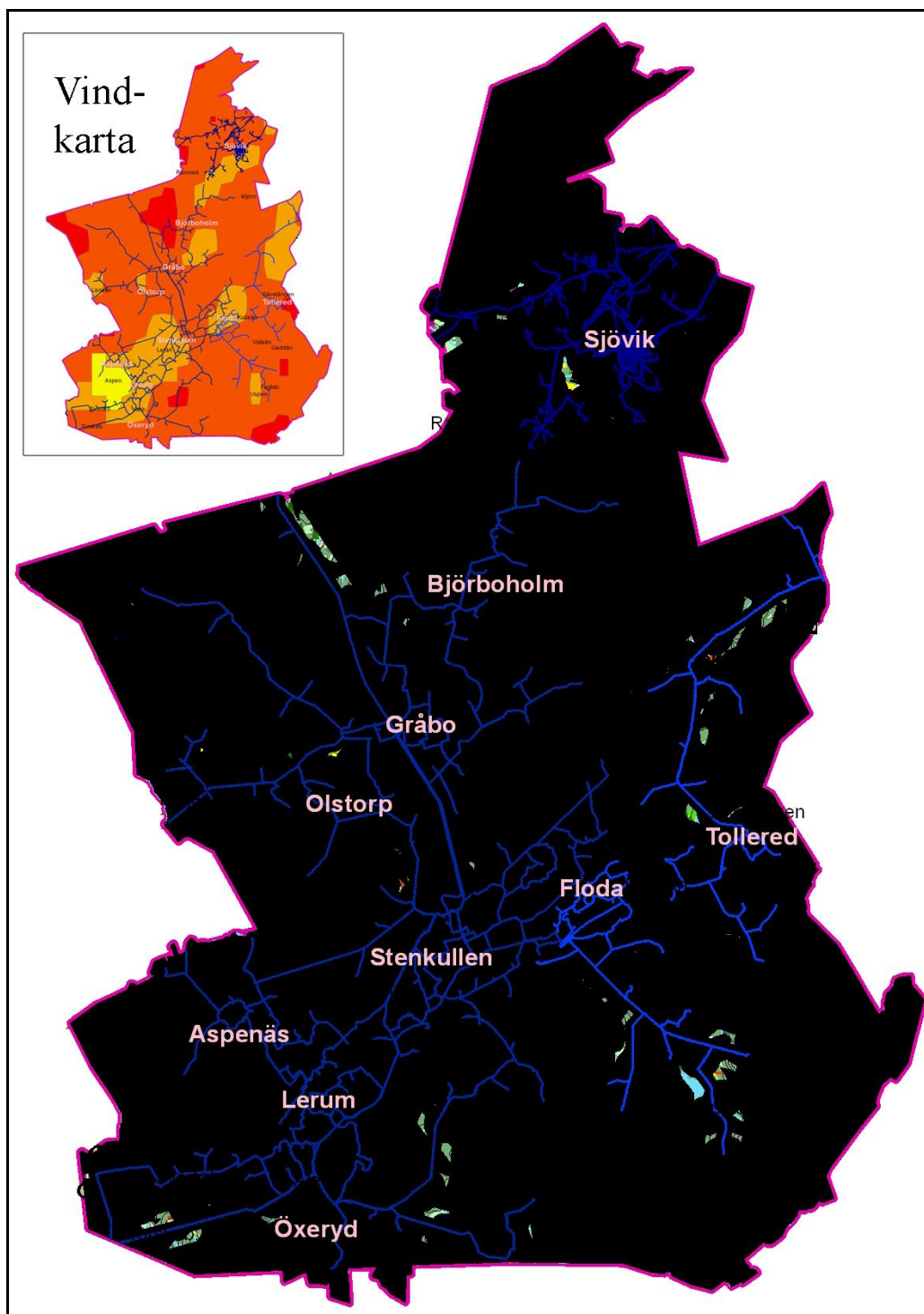
Resultatet i denna figur visar den starka betydelsen av ljudnivåkravet. Reduceringen av avståndet med 125 meter för ljudet är alltså skillnaden mellan resultatet i figur 22 och 23.



Figur 23: Max avstånd från väg och elnät är nu 500 meter. Ljudnivåkravet är däremot konstant och är 500 meter.

3.5.3 15 % reducereing av endast ljudnivåkrav

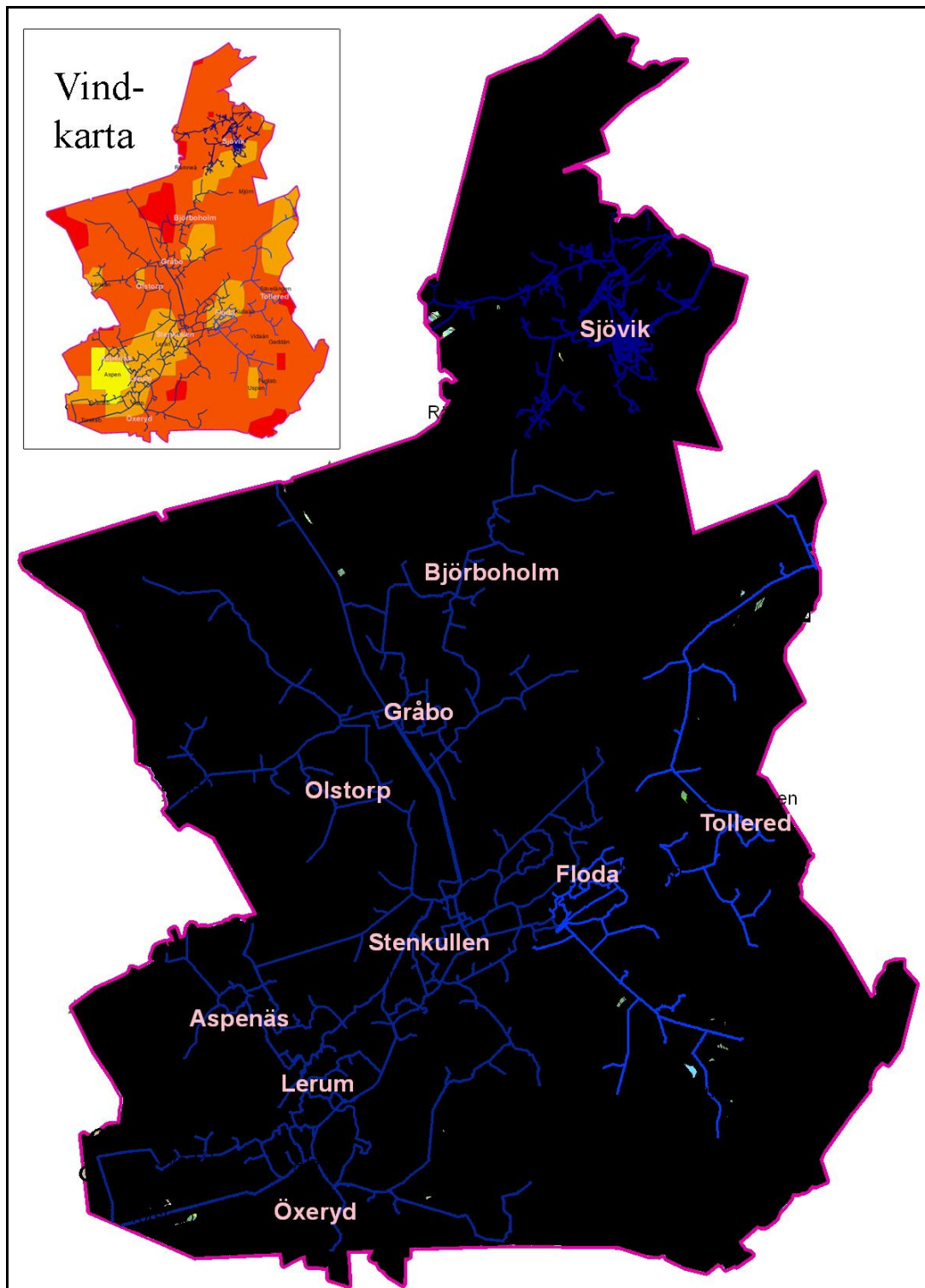
En reducereing av 15 % på ljudnivåkravet ger en del tillkomna områden, se figur 24. Ljudnivåkravet påverkar endast områden som ligger nära hus och bebyggelse. Exempelvis skulle en ökning av ljudnivåkravet med 25 % inte påverka område A (se figur 21), som är beläget i ett glest befolkat område.



Figur 24: Avståndet för ljudnivåkravet är nu 425 meter. Övriga krav är konstanta. Ett par områden har tillkommit i jämförelse med figur 21.

3.5.4 25 % ökning av avståndskrav med konstant ljudnivåkrav

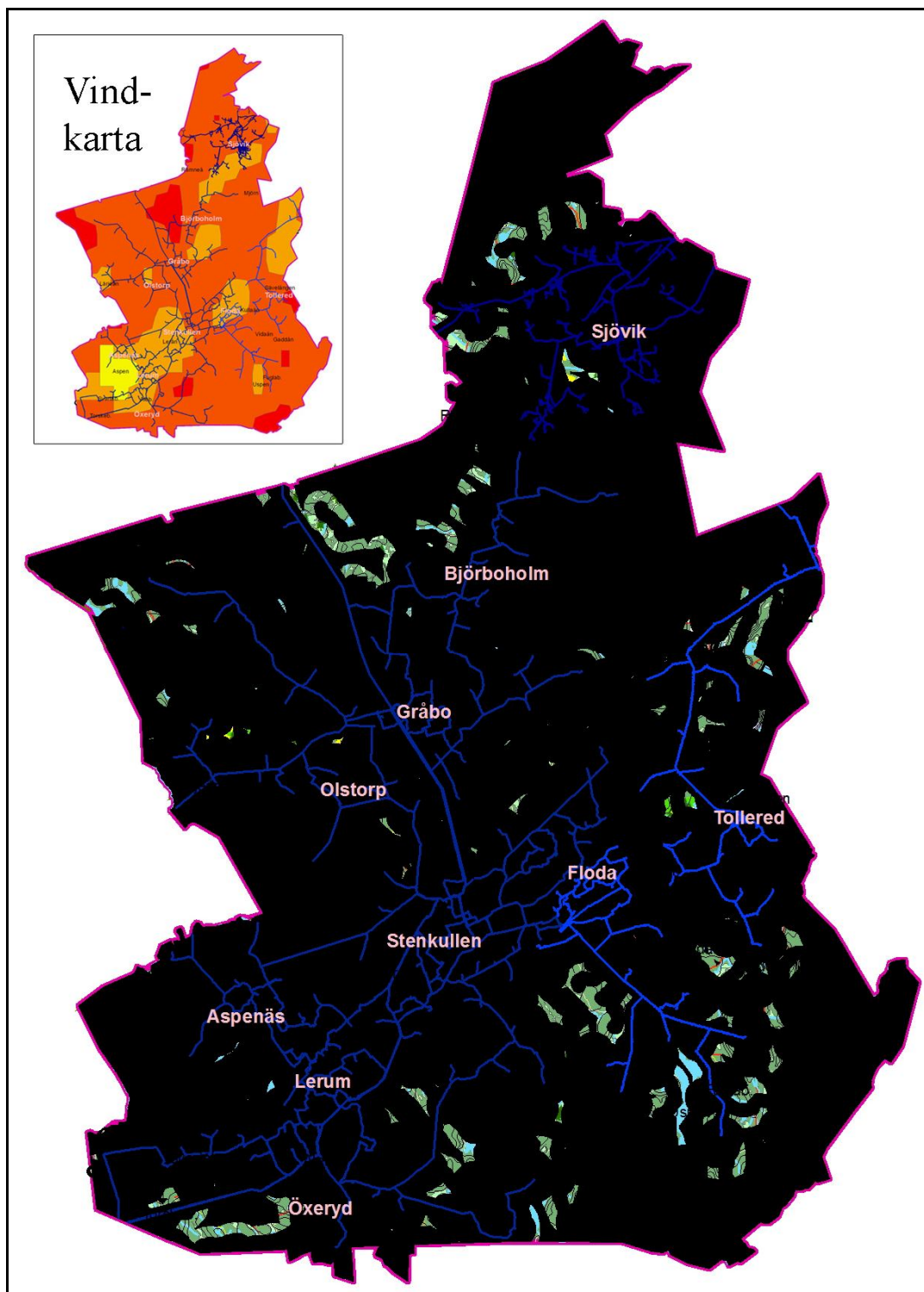
Det är inte acceptabelt att öka ljudnivåkravet till mer än vad som är nödvändigt. Därför hålls ljudnivåkravet på 500 meter konstant. Resultatet framgår av figur 25. Tester med ökat krav på ljudnivån tillsammans med vägar och elnät gav ett "helsvart" resultat i hela kommunen. Orsaken till resultatet i figur 25 beror på att kravet för avstånd till både väg och elnät måste uppfyllas.



Figur 25: Max avstånd till elnät och väg är 300 meter. Ljudnivåkravet är konstant på 500 meter.

3.5.5 1000 meter till elnätet med övriga avstånd konstanta

För att undersöka hur resultatet påverkades av avståndet till elnätet ändrades detta till 1000 meter. Resultatet visas i figur 26. Man kan se att antal områden har blivit betydligt fler, men att de fortfarande är relativt smala.



Figur 26: 1000 meter till elnätet med övriga avstånd konstanta.

4 Gradering

Här graderas områden markerade med en röd bokstav från figur 21. I steg 1 värderas för- och nackdelar för att eliminera de minst lämpliga siterna. Steg 2 kommer att utgöras av en noggrann undersökning av kvarvarande ”siter” i en 3D visualisering i ArcScene kombinerad med analyser i ArcMap.

4.1 Steg 1

Tabell 4: För- och nackdelar med respektive intressant vindkraftsområde.

Område	Fördelar	Nackdelar
A	Goda till mycket goda vindförhållanden. 20 kV ledning finns, vilket ger möjlighet till större anläggningar. Avlångt område och relativt stort, jämn terräng, glest med hus i närheten. Ytan står vinkelrätt mot den förhärskande vindriktningen.	Relativt mycket sankmark och en del vatten i området.
B		Relativt dåliga vindförhållanden. Tyvärr finns endast 10 kV ledning, vilket begränsar den maximala installerade effekten. Mycket ojämn terräng och en del sankmark.
C	Goda vindförhållanden. En del av området är öppen mark. Relativt jämn terräng.	Endast 10 kV ledning. Känsligt område med tanke på att det finns ett slott i närheten.
D	Goda vindförhållanden. Sydvästra delen är jämn och där finns en sämre bilväg samt en traktorväg som man skulle kunna utnyttja om de inte är alltför dåliga.	Endast 10 kV ledning. Ligger innanför riksintresseområde. ¹ Den nordöstra delen i område D är ej intressant pga stora höjdskillnader.
E	Goda vindförhållanden. Relativt jämn terräng.	Endast 10 kV ledning. Ligger innanför riksintresseområde ¹ , en del sankmark. Litet område.
F	Mycket goda vindförhållanden. 20 kV ledning finns. Relativt platt och jämnt. Ytan står lämpligt i förhållande till den förhärskande vindriktningen.	Ligger innanför riksintresseområde. ¹
G	Goda vindförhållanden. 20 kV ledning finns. Jämn terräng.	En del sankmark. Litet område.
H	Goda vindförhållanden. 20 kV ledning finns. Goda förutsättningar för anslutning till väg. Avlångt område och relativt stort.	Ligger innanför riksintresseområde. ¹ Sluttande område.
I	Goda vindförhållanden. 20 kV ledning finns. Goda förutsättningar för anslutning till väg eller sämre väg och traktorväg.	Ligger delvis innanför riksintresseområde. ¹ Ojämn terräng.

¹ Länsstyrelsen 2007, <http://www.gis.lst.se/gisvg/htm/viewer.asp>, 2007-11-28

Eftersom den kinetiska energin i vinden är beroende av vindhastigheten i kubik anser vi att denna parameter är mest betydelsefull. Nästa viktiga parameter anser vi vara områdets läge och terräng. Om området t ex är beläget vinkelrätt mot den förhärskade vindriktningen och förhåller sig väl till landskapets struktur och utformning ser vi detta som en god anledning till en projektering av vindkraftverk. Skillnaden vid bedömning av 10 eller 20 kV ledningar ser vi som liten då områdena endast tillåter en byggnation av ett fåtal vindkraftverk.

Resultaten och värderingarna i tabell 2 kan inte enbart förklaras med ett par bilder exporterade från ArcGIS utan måste noggrant undersökas i olika skalor samt inklusive/exklusive olika lager etc i ArcGIS.

4.2 Steg 2

Av ovanstående tabell framgår att område A, C, F, H och I är intressanta att studera. H och I betraktar vi som ett område med tanke på dess gemensamma egenskaper och dess belägenhet intill varandra. Det är viktigt att betrakta dessa i 3D visualiseringar för att se hur landskapets höjdskillnader framträder (vit färg utgör hög höjd och svart färg låg höjd). Varje höjdvärde är klassificerat till en specifik färg. Exempelvis illustrerar den gråsvarta nordöstra delen i figur 28 en sjö. De vita områdena i samma figur representerar höga höjder.

Vid bedömning av parametrarna orientering, dominans, kontrast, komplexitet och symbolvärden kombinerar vi 3D figurerna från ArcScene med 2D granskningar i ArcMap. Problemet är som tidigare redovisats att 2D granskningarna i ArcMap kräver minst 10 olika exporterade figurer per område eftersom kartorna inte kan visa all information i samma figur. Därför kan läsaren inte få en fullständig bild av resultaten.

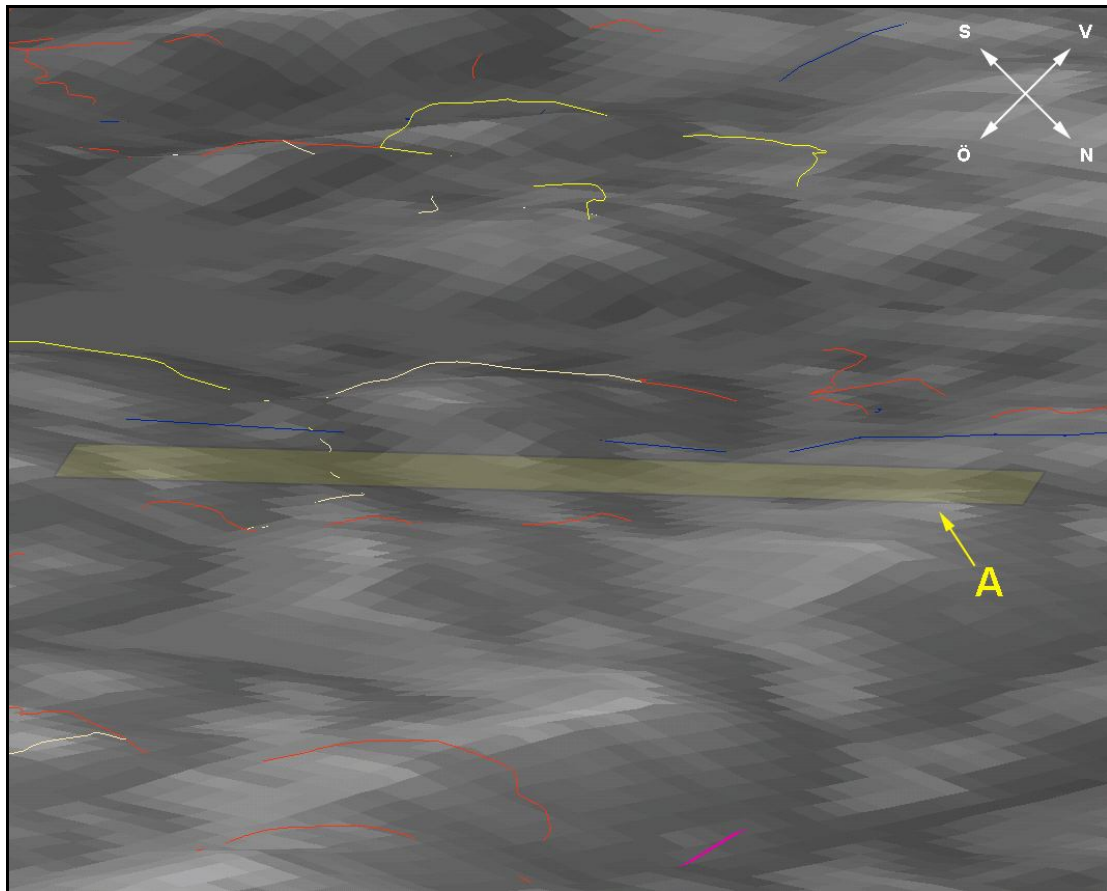
4.2.1 Område A

Område A är ett avlångt område och man kan tänka sig en projektering av 2-4 vindkraftverk längs med området och inte bara begränsa sig enbart till det gula området eftersom det inte finns några hus i närheten, i sydost och öster ligger närmaste hus tillsammans med skjutbana ca 1 km bort. Det faktum att placeringen hamnar ytterligare 100 meter utanför området bör inte medföra några stora merkostnader i förhållande till den totala investeringskostnaden. Däremot måste kraven för minsta avstånd i kommunens översiktplan och gränsen för det aktuella ljudnivåkravet uppfyllas.

Landskapsstrukturen runt område A är något oregelbunden (se figur 27), vilket minskar risken för hög kontrast till omgivningen, såvida man inte placerar vindkraftverken på hög höjd. Med oregelbunden struktur menar vi att det inte finns mönster i terrängen. Detta medför att placeringen av vindkraftverken försvåras eftersom det inte finns några mönster att följa. Området är lokaliserat i skog eller sankmark, vilket gör att verkens dominans minskar i landskapet. Vindkraftverken kommer markant öka orienteringen i området pga dess glesa bebyggelse.

Höjdskillnaderna i sydväst (uppåt i figur 27) kan tänkas ha en viss betydelse för vindhastigheten vid område A.

Vi bedömer område A som lämplig ”site” främst med tanke på platsens goda vindresurser, stora yta och kringområdets glesa bebyggelse. De stora sankmarkerna kan emellertid utgöra ett problem.



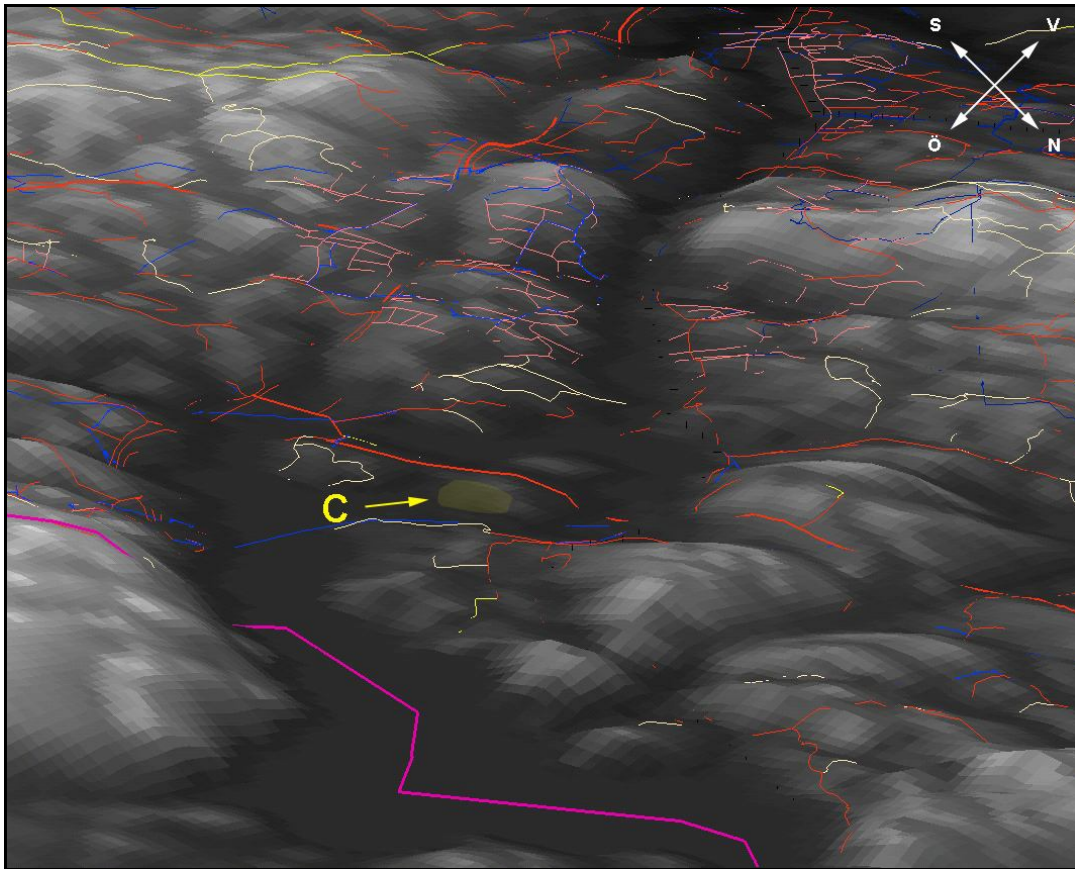
Figur 27: Det gula genomskinliga området visar den ungefärliga lokaliseringen för en intressant projekteringsplats. Figuren visar platsen från nordost. Anledningen till detta perspektiv är att man ska kunna se om det finns höjder/hinder som kan påverka vinden från den förhärskade vindriktningen. ArcScene är inte särskilt bra på att visualisera lager i z-led som följer höjdskillnader, vilket förklarar de ofullständiga linjerna i figuren.

4.2.2 Område C

I område C kan man pga den lilla tillgängliga ytan placera ett eller maximalt två verk. Området är lokaliserat i en miljö som kan karaktäriseras som gammal och kulturell. Eftersom vindkraftverk förknippas med en modern tid och utveckling, kan en placering i område C upplevas olämplig. Platsen är i förhållande till kringområdet högt belägen, vilket kan medföra att ett planerat verk skulle upplevas alltför dominerande. Naturen runt den aktuella platsen är mycket varierande. Trots denna omgivning skulle ett verk öka komplexiteten, kontrasten samt orienteringen, men i detta fall finns redan ett slott att orientera sig efter. Detta är inte tydligt markerat i exporterade figurer utan kan endast ses med noggrann ”inzoomning” samt rätt prioritering av lager i ArcMap.

Höjdskillnaderna i sydväst (uppåt i figur 28) kan tänkas bromsa vinden och skapa turbulens vid område C.

Vi bedömer område C som icke lämpligt för en projektering, främst med tanke på områdets kulturella värden samt osäkerheten angående vindhastigheten.



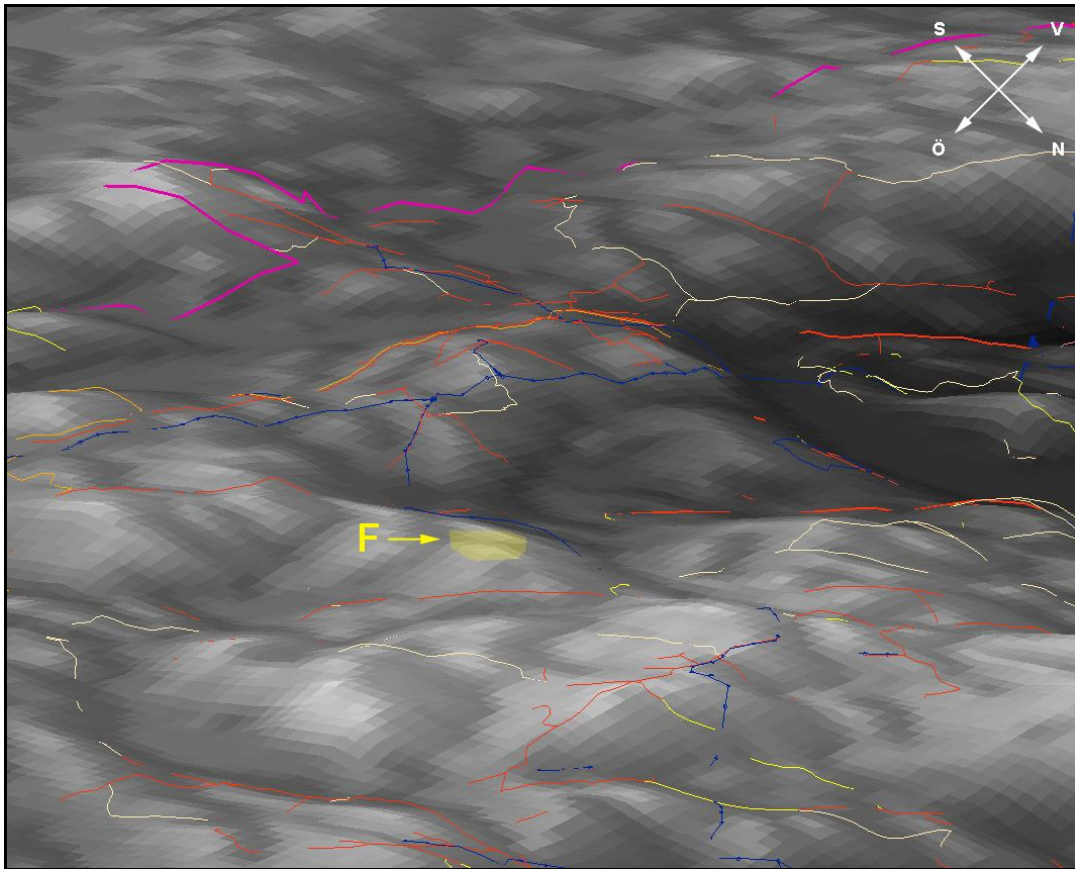
Figur 28: Det gula genomskinliga området som den gula pilen pekar mot visar det intressanta projekteringsområdet. Figuren är tagen i samma riktning som figur 27. Höjderna från sydväst kan tänkas ha en påverkan på vinden vid det gula genomskinliga området. Av denna 3D bild framgår att det gula området är relativt jämnt och platt.

4.2.3 Område F

En noggrann analys pekar mot att område F är högst beläget av de kvarvarande intressanta platserna. En byggnation av verk längs kullen skulle medföra ökad kontrast, dvs blockering av sikten mot horisonten och dominans eftersom platsen är så högt belägen. Däremot är kullen nästan vinkelrätt placerad i förhållande till den förhärskade vindriktningen (sydväst), vilket resulterar i två positiva utfall; goda vindförhållanden och landskapets struktur, se figur 29. Platsen är dock jämn och relativt lättåtkomlig. Komplexiteten är låg inom området, men i den omgivande naturen finns höjdskillnader, sankmarker och mindre vattenområden, vilket ökar komplexiteten något. Orienteringen är gemensam med övriga områden dvs den ökar. Denna del av kommunen är relativt tätt befolkad.

Vindhastigheten bör vara relativt hög, eftersom platsen är högt belägen och det mot sydväst inte finns några högre kullar eller toppar (uppåt i figur 29) som kan bromsa vinden eller skapa turbulens.

Vi bedömer område F som en lämplig "site" pga områdets relativt jämna struktur och bra läge.



Figur 29: Det gula genomskinliga området som den gula pilen pekar mot visar det intressanta projekteringsområdet. Figuren är tagen i samma riktning som figur 27. Här ser man att det gula området ligger relativt högt.

4.2.4 Område H samt I

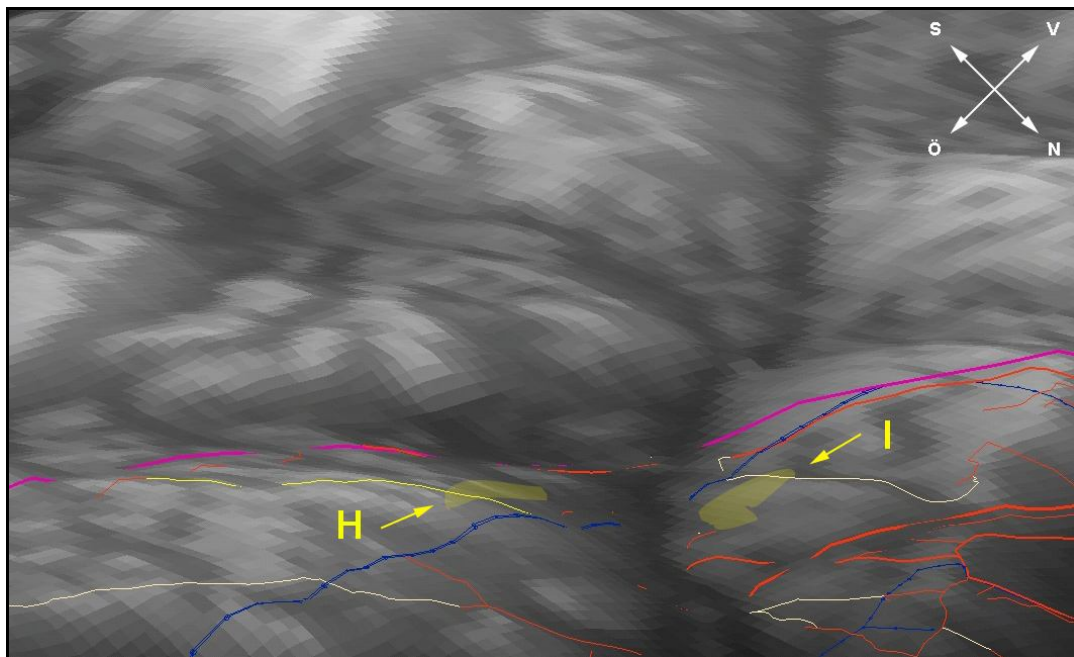
Plats H är belägen på sluttningen mot sankmarksområdet och ån som rinner i dalen. På motsatt sida av dalen, en bit uppför sluttningen, befinner sig område I, se figur 30. Man kan tänka sig att denna dal skapar en tunneleffekt, vilket skulle öka vindhastigheten eftersom den omges av kraftiga höjdskillnader. Platsen ligger inte riktigt nere i dalgången, utan befinner sig en bit upp på sluttningen och är täckta av skog. Platsen I kan därför räknas bort.

Däremot skulle man kunna tänka sig en placering av två till tre vindkraftverk i område H och en bit österut, parallellt med elledningen, upp mot toppen av denna kulle. Det som begränsar området österut är att det inte finns någon bra väg, men istället finns där en traktorväg. Om kvaliteten på denna väg inte är tillräckligt bra skulle man kunna förbättra den. Detta underlättas av att man slipper avverkning av skogen och dessutom är kommunen i de flesta fall positiv till vägar och ett utökat nätverk.

Ytterligare en stor fördel med platsen är att det inte finns några hus belägna i öster, sydost, söder och sydväst inom ett avstånd på 1 km. Denna del av kommunen är väldigt glest befolkad, men tyvärr är platsen belägen inom ett riksintresseområde. Därför måste speciellt tillstånd sökas hos Länsstyrelsen, vilket oftast försvårar och förlänger beslutsprocessen om en eventuell projektering.

En projektering på plats H och en bit österut kommer att öka kontrasten, orienteringen, dominansen och komplexiteten eftersom där finns skog, kuperad terräng, sankmark och vattendrag.

Områdena H och I bedömer vi som icke lämpliga "siter" pga områdenas svåra struktur samt att platserna befinner sig inom ett riksintresseområde.



Figur 30: De gula genomskinliga områdena som de gula pilarna pekar mot visar de intressanta projekteringsområdena. Figuren är tagen i samma riktning som figur 27. Områdena är inte skalenliga (H är större än I).

5 Diskussion och slutsatser

För att kunna hantera mjukvaruprogrammet ArcGIS och dess verktyg för att addera indata från olika källor krävs ett gemensamt format med samma ingående koordinatsystem.

De lokala elnätsägarna behandlar och lagrar digitalt material på olika sätt. Lerum Energi använder sig till exempel av ett annat verktyg än ArcGIS och lagrar sitt material i .dxf filer och med ett annorlunda koordinatsystem.

Insamling av digital kartinformation gjordes i grunden från Lantmäteriet och detta utgjorde en stor del av de indata som sedan användes i ArcGIS. Det var emellertid möjligt att sammanfoga .dxf filerna från Lerum Energi genom en enkel transformering till .shp med materialet från Lantmäteriet (.shp), men informationen placerades inte i samma geografiska område pga olika koordinatsystem. Därför fick kontakt åter tas med Lerum Energi för att erhålla korrekt data. Detta påverkade inte det slutliga resultatet.

En kombination av insamlad data i ArcMap resulterade i nio intressanta områden (A-I). Dessa nio platser korrelerades i en gradering steg 1 där en översiktlig bedömning gjordes. Vi kom fram till att områdena A, C, F, H och I är intressanta ur projekteringssynpunkt. Platsernas goda vindförhållanden, lägen samt terräng motiverar detta ställningstagande.

Den mest betydelsefulla parametern för bortsortering av irrelevanta projekteringsområden är ljudemissionen. En minskning av enbart denna parameter med 25 % i förhållande till övriga krav gav en stor skillnad i resultatet, vilket var skillnaden mellan figur 22 och 23. En ökning med 25 % av övriga krav resulterade i en helsvart kommun, dvs det finns inga intressanta områden, men detta beror huvudsakligen på att både avståndskravet för vägar och elnät måste uppfyllas. Ljudnivåkravet på 500 meter var en bra parameter som varken gav för få eller för många områden att studera.

I en gradering steg 2 granskades kvarvarande områden i en 3D visualisering i ArcScene tillsammans med en ytterligare och noggrannare granskning i ArcMap. Det visade sig att område A och F var mest lämpliga, främst pga goda vindförhållanden, bra lägen samt stor yta (endast för område A).

Vi anser att ArcGIS som mjukvaruprogram är väl anpassat för vindkraftsprojekteringar när det gäller konkreta begränsningar och krav på t ex ljudnivå som kan översättas till ett fast avstånd. Eftersom dessa konkreta faktorer är enkla att hantera erhålls mer tid för fokusering på de mer svårgraderade faktorerna t ex landskapspåverkan.

En komplettering av våra teoretiskt erhållna resultat med praktiska undersökningar av intressanta "siter" anser vi vara nödvändigt för att erhålla ett komplett och relevant beslutsunderlag.

Referenser

Bergström H. 2006, version 2006:1, *Vindpotentialen i Sverige på 1 km-skala*, erhållen från Gustav Egerup på Vattenfall

Bergström H. 2007, *Vindpotentialen i Sverige på 1 km skala*,
[http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC125730F0020FECE/\\$file/Vindpotentialen%20i%20Sverige%20på%201%20km%20skala_2007.pdf](http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC125730F0020FECE/$file/Vindpotentialen%20i%20Sverige%20på%201%20km%20skala_2007.pdf), 2007-11-16

Boverket 2003, *Planering och prövning av vindkraftsanläggningar*, ISBN 91-7147-737-3, jan 2003, nedladdningsbar via
<http://www.boverket.se/shopping/ShowItem.aspx?id=940&epslanguage=SV>, 2008-11-12

Digitala Kartbiblioteket 2007, <http://kartavdelningen.sub.su.se/DKB/>, 2007-11-15

Egerup G. 2007, Vattenfall, telefonkontakt 2007-11-05, 2007-11-23 samt 2007-11-29

Energimyndigheten 2007,
http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=05CEC0C7711739A1C1257299003D2B01, 2007-11-03

Energimyndigheten 2006, Energiläget 2006, sid 20 samt 37

Energimyndigheten, 2002, *Överföring och lagring av energi*, IVA – Energiframsyn Sverige i Europa, Multitryck Eskilstuna, 2002, sid 7,
[http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/Over_IVA.pdf/\\$FILE/Over_IVA.pdf?OpenElement](http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/Over_IVA.pdf/$FILE/Over_IVA.pdf?OpenElement), 2007-11-12

GIS-centrum 2007a, <http://www.giscentrum.lu.se/vadargis.htm>, 2007-11-12

GIS-centrum 2007b, <http://www.giscentrum.lu.se/geodataUniAnstalld.htm>, 2007-11-12

GIS-centrum 2007c, <http://www.giscentrum.lu.se/vadargisFilformat.htm>, 2007-11-12

Göteborg Energi 2006a,
http://www.goteborgenergi.se/Om_Goteborg_Energi_Finansiell_information_Historik_DXNI-592680_.aspx, 2007-11-08

Göteborg Energi 2006b, http://www.goteborgenergi.se/Files/dok/broch/GE_2002.pdf, 2007-11-08

Göteborg Energi 2006c,
<http://www.goteborgenergi.se/Files/dok/miljo/MiljrapportVindkraft2006.pdf>, 2007-11-08

- Göteborg Energi 2006d, http://www.goteborgenergi.se/Om_Goteborg_Energi_Var_verksamhet_Ny_energi_Vindkraft_DXNI-5283_.aspx, 2007-11-08
- Lantmäteriet, http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Entrance.aspx?id=73, 2007-11-12
- Ljungström H. 2007, Vestas, telefonkontakt 2007-10-26
- Länsstyrelsen 2007, <http://www.gis.lst.se/gisvg/htm/viewer.asp>, hämtad 2007-11-28
- Miljödepartementet 2005, *Miljövänlig el med vindkraft - åtgärder för ett livskraftigt vindbruk*, Proposition 2005/06:143, <http://www.regeringen.se/sb/d/5968/a/60661>, 2007-09-09
- Miljödepartementet 1999, *Rätt plats för vindkraften Del 2*, SOU 1999:75, Stockholm 1999, ISBN 91-38-10177-7, sid 16
- Naturvårdsverket m fl 2001, *Ljud från vindkraftverk*, Rapport 6241, dec 2001, ISBN 91-620-6241-7, nedladdningsbar via <http://www.naturvardsverket.se/Documents/bokhandeln/bokhandeln.htm>, 2007-11-12
- Naturvårdsverket 2007, <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Buller/Buller-fran-vindkraft/>, 2007-11-12
- Ormsby T., Napoleon E., Burke R., Groess C., Feaster L. 2004, *Getting to know ArcGIS desktop*, second edition 2004, ISBN 1-58948-083-X, ESRI Press, sid 3
- Rådman G. 2007, Miljöinspektör Lerums kommun, skriftligt erhållna regler och riktvärden via mail, 2007-11-07.
- Swedish Weather Centre (SWC) 2007, <http://www.weather.se/vaderskola/seglare/3-5.shtml>, 2007-11-19
- Svensk Vindkraft 2007, http://www.svenskvindkraft.se/index.php?option=com_content&task=view&id=47&Itemid=60, 2007-11-09
- Wizelius T. 2007, *Vindkraft i teori och praktik*, Studentlitteratur 2007, ISBN 978-91-44-02660-2

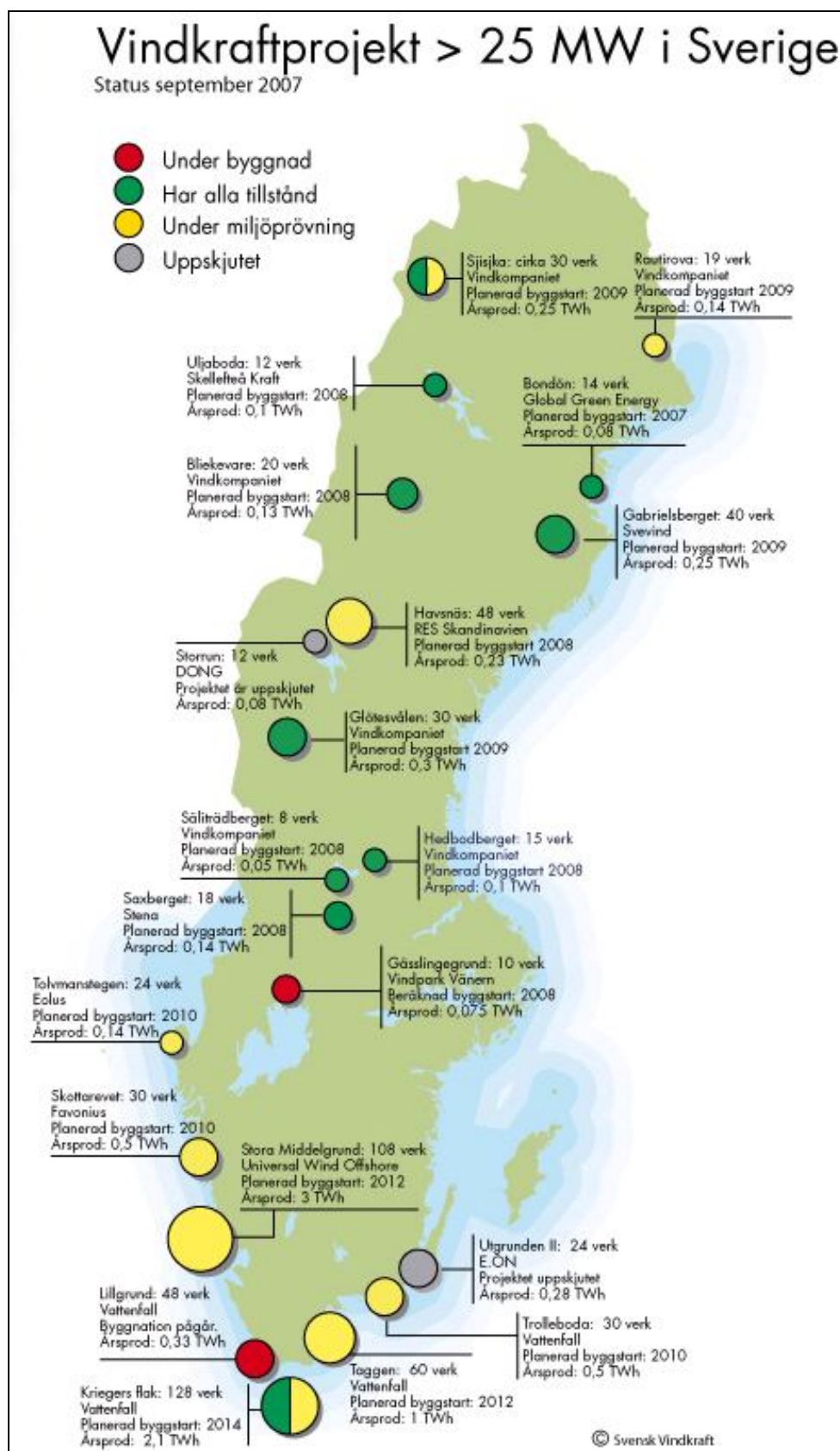
Bilagor

Bilaga A. Pågående vindkraftsprojekt i Sverige (större än 25 MW).

Bilaga B. Filformat för vektor- samt rasterdata

Bilaga C. Teckenförklaring ArcGIS

Bilaga A. Pågående vindkraftsprojekt i Sverige



Figur A1: Pågående vindkraftsprojekt i Sverige 2007. (Svensk Vindkraft 2007)

Bilaga B. Filformat för vektor- samt rasterdata

Tabell B1: Vanliga filformat för vektordata. (GIS-centrum 2007c)

Filformat	Namn	Beskrivning
ARC	ESRI Generate Line	Enkelt ASCII-format, vilket kan hantera punkt- och linjedata.
DGN	MicroStation Design Files	DGN är det interna formatet för MicroStation, ett CAD-program. Formatet är väldokumenterat och standardiserat, vilket gör det möjligt att användas som överföringsformat. DGN-filer innehåller detaljerad visualiseringsinformation (display).
DLG	Digital Line Graphs	DLG används av US Geological Survey (USGS) för att hantera vektorinformation från tryckta papperskartor. Det innehåller mycket exakt koordinatinformation och sofistikerad information om objektklassifikation, men ingen annan attributdata. DLG innehåller ingen visualiseringsinformation (display). DLG är framför allt tillhandahållet av USGS och en del andra myndigheter i USA, vilka har använt formatet vid publicering av ett stort antal digitala kartor.
DWG	Autodesk Drawing Files	DWG är det interna användarformatet för AutoCAD (CAD betyder Computer-Aided Design). AutoCAD kan konvertera DWG-filer till DXF-filer utan att förlora grafisk information. Det finns ett antal olika sätt att lagra attributdata i DWG-filer. En vanlig standardmetod är den som använder Extended Entity Data (EED) för att länka attributdata, men även andra metoder är möjliga. P.g.a. av bristen på standard för länkning av attributdata kan problem uppstå vid filtransport mellan olika system.
DXF	Autodesk Drawing eXchange Format	DXF är ett vanligt överföringsformat för vektordata. Det innehåller visualiseringsinformation, och stöds av nästan alla grafikprogram. Det finns flera olika sätt att lagra attributdata i DXF och att länka DXF-objekt till externa attribut (se DWG ovan). Eftersom det inte finns någon attributstandard, klarar inte alla program som utger sig att stödja DXF att importera attributdata fullständigt.
E00	ARC/INFO interchange file	E00 är ett överföringsformat, som finns både i ASCII- och binärform. Det används för att överföra filer mellan olika versioner av ARC/INFO, men det är läsbart även av många andra GIS-program.
GML	Geography Markup Language	XML-standard för överföring och lagring av geografiska vektordata. Den har antagits av Open GIS Consortium.
KF85	Kommunförbundets transfereringsformat (ISOK)	Formatet kan hantera punkt-, linje- och yobjekt samt text och symboler. För närvarande är det dock inte möjligt att överföra attributdata.
MIF/MID	MapInfo Interchange Format	MIF/MID är MapInfo:s standard överföringsformat, som kan hanteras av många andra GIS-program. Formatet hanterar tre typer av information: geometri, attribut och visualisering.



















































Tabell B2: Vanliga filformat för vektordata. (GIS-centrum 2007c)

Filformat	Namn	Beskrivning
SDTS	Spatial Data Transfer System	SDTS är ett överföringsformat utvecklat i USA och är avsett för hantering av all typ av geografisk data. SDTS kan lagras som ASCII eller binärt. I princip kan all geografisk data kodas med SDTS, inkluderat koordinatinformation, komplex attributinformation, och visualiseringsinformation. Denna mångsidighet medför även en ökad komplexitet. För att förenkla detta har fler standarder utvecklats som delprojekt i SDTS. Den första av dessa är Topological Vector Profile (TVP), vilken används för att lagra viss typ av vektor data.
SHP	ESRI shapefile	Shape är ArcView:s interna vektorformat. Utöver shapefilen (*.shp) finns en fil som hanterar attributdata (*.dbf) och en indexeringsfil (*.shx). Formatet kan importeras av andra GIS- programvaror.
SVG	Scalable Vector Graphics	XML-standard för presentation av vektordata på Internet. Har antagits av World Wide Web Consortium.
TIGER	Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing Files	TIGER är ett ASCII-överföringsformat nyttjat av USA:s statistiska centralbyrå (US Census Bureau) för att lagra vägkartor. Det innehåller kompletta geografiska koordinater och är linjebaserat. De viktigaste attributen innehåller gatunamn och adressinformation. TIGER innehåller ingen visualiseringsinformation.
VPF	Vector Product Format	VPF är ett binärt format nyttjat av US Defense Mapping Agency. Det är väldokumenterat och kan användas internt såväl som överföringsformat. Det innehåller geometri och attributinformation men ingen visualiseringsinformation. VPF-filer benämns även VMAP product. Digital Chart of the World (DCW) är publicerad i detta format.
VXP	Idrisi32 ASCII vector export format	IDRISI 32:s vektorexportformat (ASCII).
WMF	Microsoft Windows Metafile	WMF är ett vektorfilformat för Microsoft Windows operativsystem. WMF-filer är egentligen en samling av GDI (Graphics Device Interface) beställningsfunktioner även dessa interna för Microsoft Windows miljöer.

Tabell B3: Vanliga filformat för rasterdata.(GIS-centrum 2007c)

Filformat	Namn	Beskrivning
ADRG	Arc Digitized Raster Graphics	ADRG är ett format nyttjat av militären i USA för att lagra papperskartor i rasterformat.
BIL	Band Interleaved by Line	Band Interleaved by Line (BIL) är ett format som används för hantering av bilder med stor färginformation, vilket är särskilt vanligt inom fjärranalyssystem. Den primära skillnaden mellan BIL och formaten BIP och BSQ är den teknik som används för att lagra ljusintensitetsvärden, vilka är infångade simultant för respektive färg eller spektralt band.
BIP	Band Interleaved by Pixel	Band Interleaved by Pixel (BIP) är ett format som används för hantering av bilder med stor färginformation, vilket är särskilt vanligt inom fjärranalyssystem. Den primära skillnaden mellan BIP och formaten BIL och BSQ är den teknik som används för att lagra ljusintensitetsvärden, vilka är infångade simultant för respektive färg eller spektralt band.
BSQ	Band Sequential	Band Sequential (BSQ) är ett format som används för hantering av bilder med stor färginformation, vilket är särskilt vanligt inom fjärranalyssystem. Den primära skillnaden mellan BSQ och formaten BIL och BIP är den teknik som används för att lagra ljusintensitetsvärden, vilka är infångade simultant för respektive färg eller spektralt band.
DEM	Digital Elevation Model	DEM är ett rasterformat nyttjat av USGS (US Geological Survey) för att återge höjdinformation. I motsats till andra rasterformat representerar inte cellernas värde i en DEM av ett färgintensitetsvärde utan av ett höjdvärde för en markposition på jordens yta.
*.dem, *.hdr	DEM ArcInfo	ArcINFO:s (ESRI) höjddataformat.
GTOPO30	Global 30 Arc Second Elevation Data Set	GTOPO30 är en global, digital höjdmodell med en horisontell cellstorlek på ca 1 km GTOPO30 är hämta från olika raster- och vektordatakällor.
GeoTIFF	GeoTIFF	GeoTIFF är en form av TIFF (Tag Image File Format) för georefererad rasterdata.
GRIB	GRid In Binary	GRIB är World Meteorological Organisations (WMO) standard för gridbaserad meteorologisk data.
PCX	PC Paintbrush Exchange	PCX är ett vanligt rasterformat som används av många skanners och grafikprogram.
SDTS	Spatial Data Transfer Standard	SDTS är ett format avsett för transport av geografisk information. En SDTS-variant är den med rasterprofil, gjord som standardformat för överföring av rasterdata. Dock är detta protokoll inte ännu slutbearbetat.
TIFF	Tagged Image File Format	Liksom PCX är TIFF ett vanligt rasterformat producerat av ritprogram och skanners. TIFF-format ger en relativt stor bildfil men komprimerar data utan förlust av information.

Bilaga C. Teckenförklaring ArcGIS

<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> hojdkurva — <input checked="" type="checkbox"/> trk_js <ul style="list-style-type: none">  Station <input checked="" type="checkbox"/> trk_ns <ul style="list-style-type: none">  Biologiskt naturminne, upplysningssymbol  Naturminne, geologiskt eller biologiskt <input checked="" type="checkbox"/> trk_fs <ul style="list-style-type: none">  Bebyggelselämning, symbol  Byggnadsminne, upplysningssymbol  Fornlämning, mindre  Fornlämning, upplysningssymbol  Kulturhistorisk lämning, minnessten  Milstolpe, symbol  Minnessten, upplysningssymbol  Ruin, symbol <input checked="" type="checkbox"/> trk_vo <ul style="list-style-type: none">  Cykelväg, parkväg  Eljusspår  Gångbro och spång, linje  Gångstig  Traktorväg  Underfart, för övrig väg eller led  Vandringsled  Vandringsled, längs väg <input checked="" type="checkbox"/> trk_nl <ul style="list-style-type: none">  Djurskyddsområde  Naturresevat  Naturresevat, sammanfallande med annan gräns <input checked="" type="checkbox"/> trk_ks <ul style="list-style-type: none">  Transformator , symbol 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> trk_hl <ul style="list-style-type: none">  Fors, linje  Vattendrag under markyta  Vattendrag, kartografisk klass 2  Vattendrag, kartografisk klass 3  Vattendrag, kartografisk klass 1 <input checked="" type="checkbox"/> trk_fl <ul style="list-style-type: none">  Fornlämningsavgränsning <input checked="" type="checkbox"/> trk_bl <ul style="list-style-type: none">  Anläggnings- och rekreatiomsområde, heldragen linje  Anläggnings- och rekreatiomsområde, streckad linje  Byggnadslinje, större byggnad <input checked="" type="checkbox"/> trk_al <ul style="list-style-type: none">  Kommungräns <input checked="" type="checkbox"/> trk_vl <ul style="list-style-type: none">  Allmän väg, klass 1  Allmän väg, klass 1, i underfart  Allmän väg, klass 2  Allmän väg, klass 2, i underfart  Allmän väg, klass 3  Allmän väg, klass 3, i underfart  Bilväg  Bilväg, i underfart  Bättre bilväg  Bättre bilväg, i underfart  Gata  Gata i sluten bebyggelse  Gata, i underfart  Gata, större  Genomfartsgata, -led  Genomfartsgata, -led, i underfart  Järnväg i underfart
--	--

Figur C1: Teckenförklaring ArcGIS.

<ul style="list-style-type: none"> Järnväg med dubbelspår, elektrifierad Järnväg med enkelspår, elektrifierad Motorväg Motorväg, i underfart På- och avfartsväg, klass 1 På- och avfartsväg, klass 3 Sämre bilväg Uppfartsväg <input checked="" type="checkbox"/> trk_ss <ul style="list-style-type: none"> Ströskog, symbol <input checked="" type="checkbox"/> trk_bs <ul style="list-style-type: none"> Badplats, symbol Begravningsplats, symbol Campingplats, symbol Dammbyggnad Dammbyggnad, mindre Fotbollsplan, symbol <ul style="list-style-type: none"> Gård, symbol Herrgård, symbol Hus, storleksklass 1, symbol Hus, storleksklass 2, symbol Hus, storleksklass 3, symbol Hus, storleksklass 4, symbol Idrottsplats, symbol Kyrka, mindre, symbol Kyrka, symbol Mast Mast, symbol Skjutbana, mindre, symbol Skjutbana, symbol <ul style="list-style-type: none"> Slott, symbol Torn, symbol Vindkraftverk, symbol Vindskydd, symbol 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Lerum Energi elnät <ul style="list-style-type: none"> 20 kV <input checked="" type="checkbox"/> Lerum Energi elnät <ul style="list-style-type: none"> 10 kV <input checked="" type="checkbox"/> Bjärke Energi elnät <ul style="list-style-type: none"> 10 samt 20 kV <input checked="" type="checkbox"/> trk_y3 <ul style="list-style-type: none"> Blockig mark <input checked="" type="checkbox"/> trk_y2 <ul style="list-style-type: none"> Berg i dagen Sankmark, normal Sankmark, svårframkomlig <input checked="" type="checkbox"/> trk_y1 <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Annan öppen mark <input type="checkbox"/> Annan öppen mark utan skogskontur Fritidsbebyggelse Hög bebyggelse Industriområde Låg bebyggelse Lövskog Skog, barr- och blandskog Sluten bebyggelse Vattenyta Vattenyta med diffus strandlinje Åker
--	---

Figur C2: Teckenförklaring ArcGIS.