

MiniWind



Småskalig vindkraft – en studie av förutsättningarna för etablering vid Hörby, Sölvesborg i Blekinge län

Som en del av projektet Rural Res skall ett antal platserns lämplighet för etablering av småskalig vindkraft studeras. Detta är en studie av förutsättningarna vid Hörby, Hälleviksvägen 324, Sölvesborg i Blekinge län.

September 2010

Energikontor Sydost

Lennart Tyrberg



Författarna har ensamma ansvaret för innehållet i detta dokument. Det företräder inte nödvändigtvis Europeiska unionens åsikter. Europeiska kommissionen eller EU:s byråer ansvarar inte för någon form av användning av information som finns i dokumentet.

Innehåll

1	SAMMANFATTNING	5
2	METOD	8
3	VINDLÄGET PÅ AKTUELL PLATS	13
4	VINDMÄTNING	14
5	PLACERING AV VINDKRAFTVERKET	15
6	RÅHETSKLASS	15
7	HINDER	15
8	ELANSLUTNING	16
9	VAL AV VINDKRAFTVERK OCH TORNHÖJD.....	16
10	VÄGANSLUTNING OCH PLATSENS ÅTKOMLIGHET	16
11	FUNDAMENT	16
12	INVESTERINGSKALKYL	17
13	REFERENSER.....	18

1 Sammanfattning

Den studerade platsen ligger vid Mjällby på Listerlandet, en halvö ca 5 km öster om Sölvesborg. Avståndet till kusten är cirka 5 km. Verket är tänkt att placeras vid en gård som ligger i ett slätt plant öppet jordbrukslandskap. Ägaren överväger att installera ett småskaligt vindkraftverk på fastigheten för att i första hand täcka sitt eget behov av elenergi.

Vindkartering indikerar drygt 6,7 m/s som årsmedelvind på 49 meters höjd över justerat 0-plan. Närheten till havet i söder och sydost samt det öppna jordbrukslandskapet talar för att det råder ett bra vindläge på platsen. Det finns vidare 3 stycken 800 kW vindkraftverk inom synhåll. Deras produktion bekräftar att det är en plats med goda vindförhållanden. För att ett småskaligt vindkraftverk skall bli en lönsam investering behövs en årsmedelvind på minst 5,5 m/s. Den beräknade vindgradienten indikerar att ett torn på ca 30 m borde räcka för att nå medelvinden 6 m/s vilket med god marginal överstiger minimikraven.

Verket är tänkt att anslutas på abonnentsidan av elmätaren så att vinkraftsverkets produktion minskar behovet av inköpt el. Den producerade elenergin blir för ägaren på så sätt värd ca 1,25 kr/kWh d.v.s. det totala priset, inklusive skatter och avgifter. Vid försäljning av el blir inkomsten ca 0,50 kr/kWh. Elenergi producerad med vindkraft berättigar till elcertifikat som kan säljas för ca 0,30 kr/kWh.

En investeringskalkyl har gjorts för ett 11 kW verk med 33 meters torn. Kalkylen indikerar en återbetalningstid på 12 år. Flera av parametrarna har relativt stor osäkerhet och inför slutgiltigt beslut bör kalkylen uppdateras när offerter inhämtats. Vilken produktion som kan förväntas vid medelvinden 6 m/s är också en uppgift som behöver inhämtas från leverantören, den nu antagna produktionen är troligen något låg eftersom den utgår från medelvinden 5,5 m/s.

Avståndet till närmaste granne är så stort att störande ljud eller skuggor inte bör vara ett hinder. Det är trots det viktigt att tidigt informera kringboende och ge dem möjlighet att yttra sig.

Platsen ligger inom område som klassats som "Riksintresse för rörligt friluftsliv". Detta har inte hindrat att 3 stora vindkraftverk har byggts i närheten så det borde inte utgöra ett hinder för ett småskaligt vindkraftverk. Platsen ingår inte i några andra riksintressen eller skyddsområde. Rekommendationen är att begära förhandsbesked om bygglov i ett tidigt skede.

Förutsättningarna bedöms totalt som mycket goda om en tornhöjd på minst 30 meter väljs. Återbetalningstiden kan te sig något lång men mycket talar för att en mer noggrann kalkyl skulle ge en kortare återbetalningstid.

Det finns också några mer "mjuka" aspekter som kan tala för en investering i egen produktion av förnyelsebar elenergi. Ett eget vindkraftverk kan ge; ett känt elpris under många år, ett gott

miljösamvete och möjlighet att i framtiden ladda den egna elbilen. Det senare kallas ibland för att ha ”vind i tanken”.

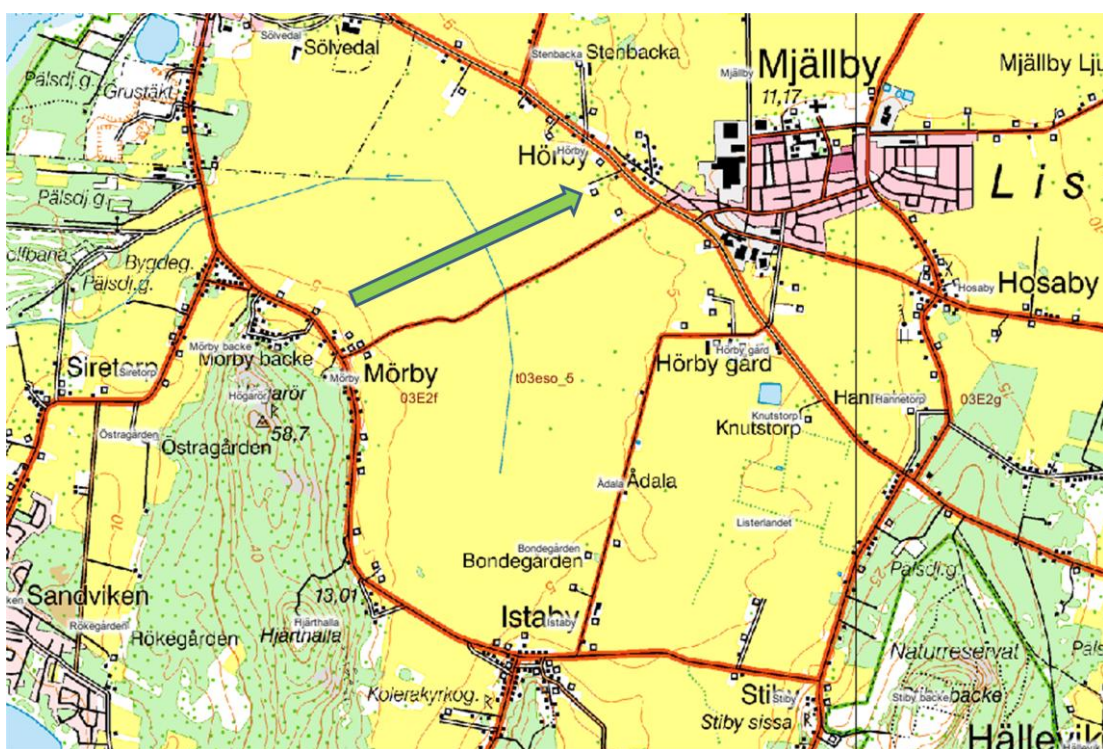


Bild 1a: Karta, den saturerade fastigheten markerad med grön pil

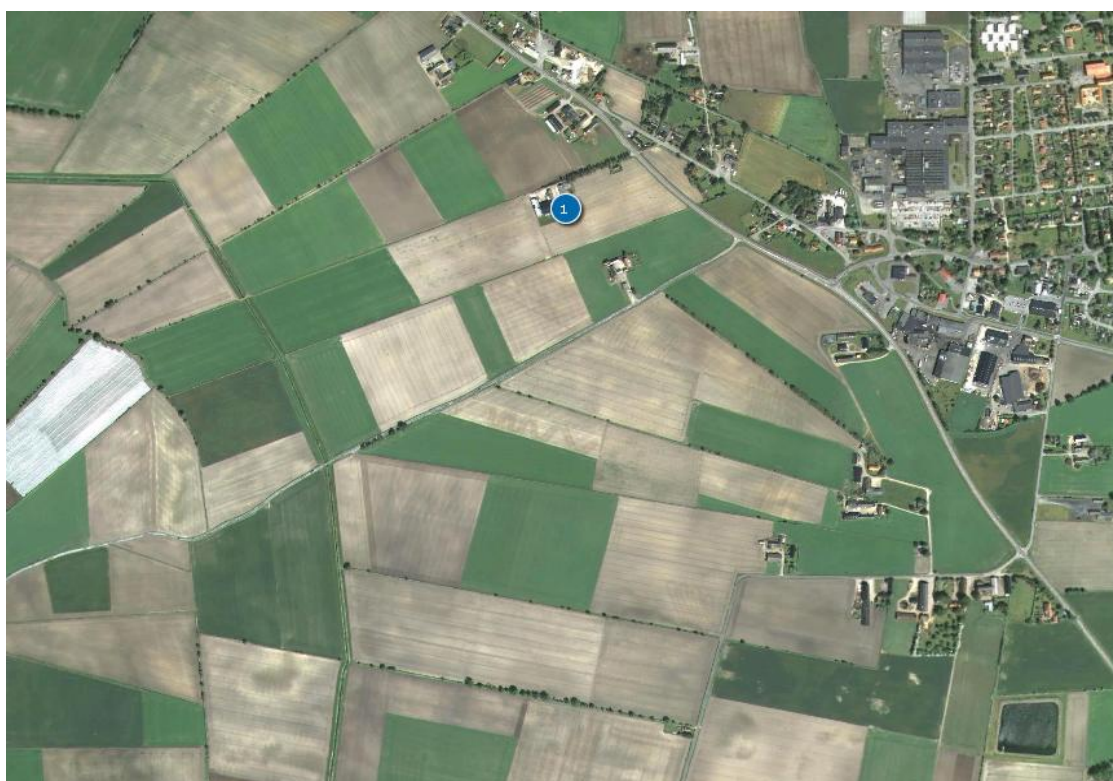


Bild 1b: Flygfoto, platsen omges av öppen och plan jordbruksmark



Bild 1c, Den studerade fastigheten Hälleviksvägen 324

2 Metod

Denna förstudie baseras på information som vindkartering, kartor och flygfoto.

2.1 *Bedömning av vindresurser*

Utan goda vindresurser saknas förutsättningar för ett lyckat vindkraftsprojekt!

Vindresurserna bedöms baserat på medelvind enligt vinkartering, omgivningens råhet samt ev. hinder som påverkar vindens energiinnehåll. Medelvinden för den studerade platsen hämtas från vindkarteringen (1) som gjorts av Uppsala Universitet på uppdrag av Energimyndigheten. Vindkartering finns för 49, 72 och 103 meter över justerat 0-plan. För småskalig vindkraft är karteringen för 49 meter den mest intressanta.

Om medelvinden är känd på en viss höjd kan den beräknas även för andra höjder enligt nedan (2).

$$v/v_0 = (h/h_0)^\alpha$$

v_0 är den kända vindhastigheten på den kända höjden h_0 .

v är den sökta vindhastigheten på höjden h

exponenten α beror av omgivningens råhet

Råhetsklass 0 (öppet vatten):	$\alpha = 0,1$
Råhetsklass 1 (öppet platt landskap):	$\alpha = 0,15$
Råhetsklass 2 (landsbygd med dungar och gårdar):	$\alpha = 0,2$
Råhetsklass 3 (mindre tätorder och låg skog):	$\alpha = 0,3$

Med hjälp av ovanstående formel kan minskningen av vindhastigheten illustreras i ett diagram, en så kallad vindgradient. Som exempel visas i bild 2 hur medelvinden 7 m/s på 50 meters höjd minskar beroende på omgivningens råhet.

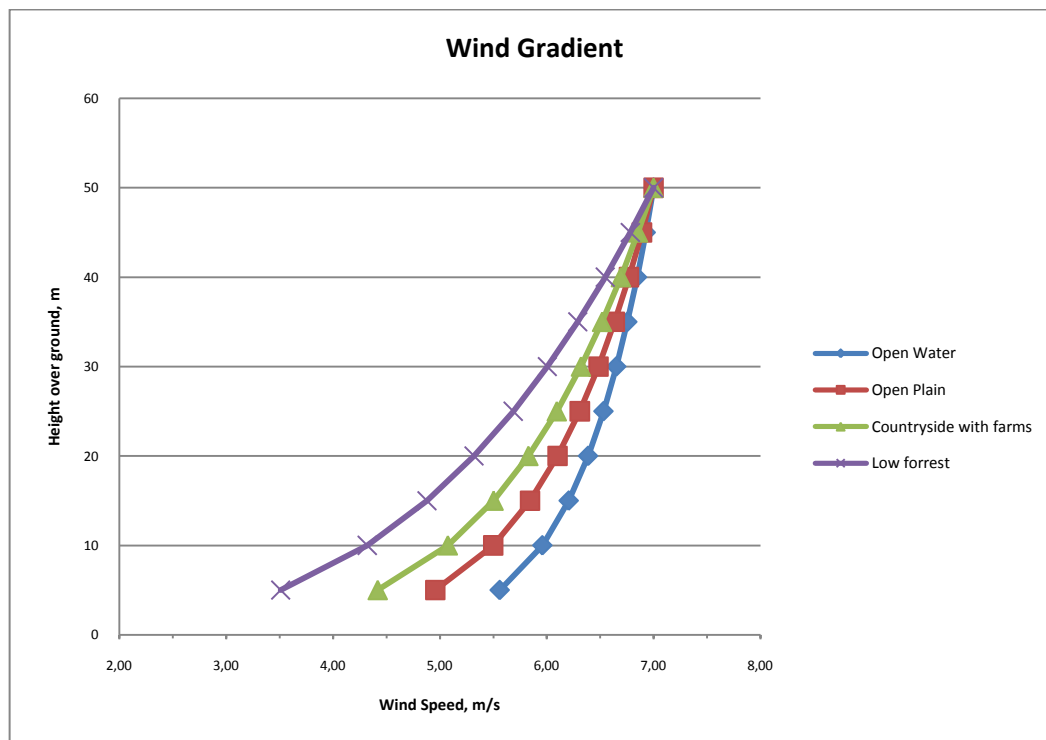


Bild 2, Vindens medelhastighet minskar med höjd över marken och omgivningens råhet

Baserat på vindkarteringen för 49 och 72 meter samt omgivningens råhet görs en beräkning som redovisas i ett vindgradient diagram för den aktuella platsen, se kapitel 3. Osäkerheten i diagrammet är relativt hög då det baseras på vindkarteringen (1) som för en viss plats kan ha en osäkerhet på +/- 20 %. Trots osäkerheten visar diagrammet hur vindhastigheten minskar med höjd över marken och vikten av att välja tillräckligt högt torn för att nå upp till vind med högt energiinnehåll.

Graden av turbulens påverkar vindhastighet och därmed energiinnehållet i vinden. Hög grad av turbulens ger också stora påkänningar på vindkraftverket och kan förkorta dess livslängd. Graden av turbulens är svår att bedöma och höjden på torn bör därför väljas så att det med god marginal kommer över omgivande hinder. En vindmätning på tänkt navhöjd ger förutom medelvind också information om graden av turbulens.

2.2 Beräkning av energiproduktion

Vindens effekt beräknas med följande formel (2)

$$P_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

P_{kin} = kinetisk effekt (W)

ρ = luftens täthet (kg/m³), 1,25 kg/m³ vid temperaturen +9°

A = arean (m²)

v = lufthastigheten (m/s)

Eftersom vindens effekt är proportionell mot vindhastigheten i kubik ger även ett litet fel i vindhastigheten ett stort fel i effekten och energiproduktionen.

Det finns verktyg för att mer noggrant beräkna bl.a. energiproduktion för planerade vindkraftverk. WindPro från danska EMD är något av standard för projektering av storskaliga vindkraftverk i Sverige. Att göra en beräkning med hjälp av WindPro innebär en kostnad som normalt inte är försvarbar för småskalig vindkraft i synnerhet som resultatet i vissa lägen kan ha en relativt stor osäkerhet.

För småskalig vindkraft är vindmätning på aktuell navhöjd oftast den bästa metoden för att få fram tillförlitliga vinddata och därmed ett bra underlag för produktionsberäkning. Även en enkel vindmätning innebär en kostnad men den går ofta att motivera då den ger ett bra underlag för beslut om investering i ett vindkraftverk. Förstudien ger en rekommendation om att vindmätningar bör göras före investeringsbeslut. Om medelvinden är osäker eller vinden misstänks ha hög grad av turbulens rekommenderas alltid vindmätning.

2.3 Vindmätning

För att kunna beräkna årsmedelvärdet på vindhastigheten behöver vinddata samlas in under en relativt lång period. Vinden bör mätas på den tänkta navhöjden. En mätperiod på 12 månader krävs för att osäkerheten skall bli några få % -enheter. Kortare period ger högre osäkerhet men ger ändå en bra indikation. Graden av turbulens går att bedöma redan efter några veckors eller någon månads mätning. Vid hög grad av turbulens bör annan placering eller högre torn övervägas.

Vindmätning används regelmässigt vid projektering av storskalig vindkraft då vindläget är osäkert t.ex. i skog men det är en dyr aktivitet. Dock finns det idag på marknaden vindmätare anpassad för projektering av småskalig vindkraft i ett prisläge som gör att vindmätning borde bli en vanlig aktivitet även vid projektering av småskalig vindkraft.

En vindmätare bör mäta både vindhastighet och vindriktning samt lagra tidstämplade data med kort intervall t.ex. 10 minuter. Varje post skall innehålla datum, tid, vindriktning, medel- och maxhastighet under perioden (10 minuter). Med hjälp av en sådan mätserie kan vindens energiinnehåll i olika riktningar beräknas. Skillnaden mellan medel- och maxvindhastighet ger en indikator på graden av turbulens i vinden.

Vinddata bör samlas in regelbundet samt analyseras minst 1 gång per månad. Skulle kvalitén på vinden inte räcka till för en bra produktion kan plats och måthöjd behöva ändras så att optimal höjd och placering kan hittas.

2.4 Val av vindkraftverk och tornhöjd

För att produktionen skall bli bra kräver de flesta verk en medelvind i storleksordning 5,5 m/s. Höjden på tornet bör därför väljas så att rotorn kommer upp i ostörd vind med medelvinden minst 5,5 m/s. Valet av tornhöjd underlättas betydligt om vindmätning, enligt ovan genomförs. Utan vindmättningsdata bör tornhöjden väljas så att vindhastigheten 5,5 m/s uppnås med marginal.

Inför det slutgiltiga valet av tornhöjd behöver kostnaden för den extra tornhöjden jämföras med den högre energiproduktionen som förväntas p.g.a. höjningen av tornet. Ofta ger en höjning av tornhöjden så stor produktionsökning att återbetalningstiden förkortas för den totala investeringen.

Om storleken på vindkraftverket väljs så att årsproduktionen blir något mindre än den egna förbrukningen kan en stor del av produktionen användas för att minska behovet av inköpt el och blir då värd ca 1,25 kr/kWh. Som tumregel kan 75 % av verkets produktion räknas som minskat behov av inköpt el. Övriga 25 % blir överskott som levereras till elnätet och kan säljas men värdet blir då knappt 0,50 kr/kWh. För att sälja el krävs vidare timmätning. Den kostar 1500 per år i fast avgift d.v.s. det krävs ett överskott på minst 3000 kWh för att täcka den fasta kostnaden. Vid lägre överskott är det bättre att skänka bort överskottet. Inget är ännu beslutat men olika regelförändringar för att göra det mer lönsamt för små producenter att sälja sitt elöverskott diskuteras. Förslaget om att införa så kallad nettodebitering skulle göra det möjligt att kvitta egen förbrukning mot överskott levererat till elnätet. Hela verkets produktion skulle då kunna räknas som besparing och återbetalningstiden för de mindre verken förkortas med 1–2 år.

Då det krävs ett högt torn för att nå upp till god vind kan tornet bli så dyrt att totalkostnaden ger en oacceptabelt lång återbetalningstid. Ett alternativ i detta läge kan vara att välja största möjliga verk. Stort verk på högt torn ger hög produktion och investeringen per producerad kWh blir därmed lägre. Kapitalbehovet blir större men totalt kan detta bli den bästa investeringen.

2.5 Hinder

Störande hinder bör undvikas, i synnerhet i den förhärskande vindriktningen. Bild 4 illustrerar hur vinden påverkas av ett hinder. Av bilden framgår också att störningen når upp till $2 \cdot$ hindrets höjd och har en utsträckning på 20 gånger hindrets höjd.

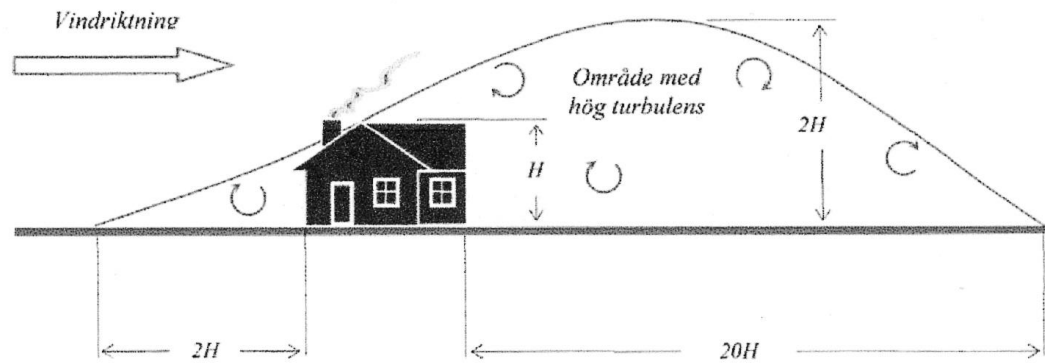


Bild 3. Hinders påverkan på vinden (2)

3 Vindläget på aktuell plats

Vindkarteringen (1) gjord vid Uppsala Universitet på uppdrag av Energimyndigheten indikerar att årsmedelvinden är 6,7 m/s på 49 m och 7,4 m/s på 72 m vid den aktuella fastigheten.

Med hjälp av formeln i kapitel 2.2 ovan kan konstateras att råhetsklass 2 skulle ge den skillnad i medelvind som vindkarteringen anger. Råhetsklass 2 används för öppet och platt landskap med få grådrar och andra hinder som kan störa vinden. Flygbilden 1b bekräftar att råhetsklass 2 är rimlig att använda.

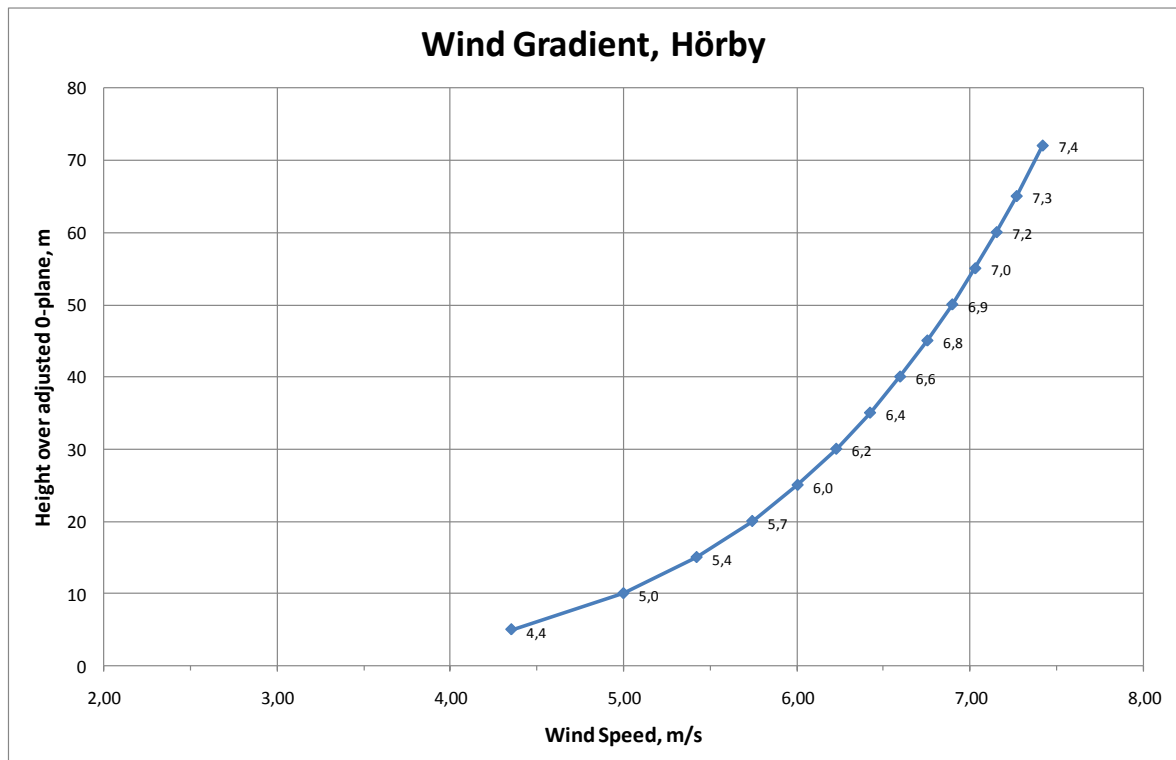


Bild 4. Vindhastighet - höjd över justerat 0-plan som på den aktuella platsen är 10 m öh.

Notera att höjden i bilden ovan är relativt justerat 0-plan. Den tänkta platsen ligger nära 5-meters kurvan i kartan medan det justerade 0-planet är 10 m öh. Medelvinden för ett 35-meters torn blir därför 6,2 m/s vilket är den beräknade medelvinden 30 meter över justerat 0-plan.

För att produktionen skall bli bra kräver de flesta vinkraftverk en medelvind på minst 5,5 m/s. Vindgradienten ovan indikerar att den medelvinden skulle kunna nås med en tornhöjd på 20 m.

Vindens energiinnehåll beror förutom av medelvinden också av graden av turbulens. Detta talar för att ett högre torn bör väljas. Ofta ger en höjning av tornet en så pass stor produktionsökning att kostnaden för det högre tornet mer än väl uppvägs. Rekommendationen blir därför att välja ett torn med höjden 30–35 meter.

Som nämnts i kapitel 2.1 har vindkarteringen för en viss plats en relativt hög osäkerhet. Vindgradienten i bild 4 får därför inte läsas som en exakt beskrivning av vindläget. Att

vindläget på denna plats är bra styrks av att 800 kW verken som står ca 1 km från gården har en produktion på över 1600 MWh under ett normalår vilket är en bra produktion.

4 Vindmätning

För att närmare undersöka vindläget krävs en vindmätning. Bäst resultat uppnås om mätningen görs på den valda navhöjden. Enligt föregående kapitel borde därför vindmätningen göras på 30 m höjd. Mätdata bör samlas in och analyseras månadsvis. Att månadsvis analysera data är viktigt för att så tidigt som möjligt upptäcka om vindläget på den valda platsen och höjden är sämre än förväntat. Om analysen indikerar för hög grad av turbulens bör ny plats och/eller mätthöjd väljas.

En 30 m hög vindmätningmast innebär en relativt hög kostnad. I stället för att helt avstå från vindmätning är en mätning på lägre höjd ett acceptabelt alternativ t.ex. 20 m. En sådan mätning kan tillsammans med den framräknade vindgradienten (bild 4) användas för att verifiera vinden på den valda platsen.

I detta fall då den framräknade vindgradienten indikerar ett vindläge som med god marginal räcker är den extra kostanden som vindmätning innebär något svår att motivera.

5 Placering av vindkraftverket

Ägarens förslag är att placera verket ungefär som pilen i bild 5 visar. Bästa placeringen ur vindsynpunkt hade varit sydost om gården men om ett så högt torn väljs så att det med god marginal når över dubbla höjden på byggnaderna kommer troligen inte byggnaderna att nämnvärt minska produktionen.



Bild 5; Möjlig placering av vindkraftverket

6 Råhetsklass

Som flygfotot i bild 1b visar består omgivningarna av ett öppet och plant jordbrukslandskap. Landskapet beskrivs bäst av råhetsklass 2. I nordost ligger samhället Mjällby och för den vindriktningen bör råhetsklass 3 användas. Förhärskande vindriktning är sydväst varför störningen från samhället Mjällby troligen inte kommer att äventyra en god energiproduktion.

I sydväst nära kusten finns en höjd på 45 m som ger visst lä för vindra från havet. Men produktionen på de befintliga 800 kW verken indikerar att störningen inte är större än att vinden räcker till för en bra produktion.

7 Hinder

Som framgår av flygbilderna är omgivningen i huvudsak fri från hinder förutom byggnaderna på fastigheten.

Dock måste det vindvak (störning) som de stora verken ger upp hov till att nämnas. I lä om ett vindkraftverk är vinden kraftigt stör upp till ca 7 rotordiametrar. I detta fall har verken en rotordiameter på 48 meter och närmaste verket står över 500 m bort. Störningarna från de

stora verken bör därför inte ge någon större påverkan på produktionen. Omvänt gäller också, det lilla verket bör inte märkbart störa de stora verken.

8 Elanslutning

Verket skall anslutas på abonnentsidan av elmätaren. Fastigheten har en årlig förbrukning på ca 10 000 kWh och huvudsäkringen är idag 20 A. Den låga elförbrukningen förklaras av att fastigheten värms upp med eldning av halm.

Kontakt med elnätssleverantören bör tas snarast för att kontrollera om det finns några hinder eller restriktioner för anslutning av ett gårdsverk.

Med den föreslagna placeringen intill ekonomibyggnaderna blir kabeldragningen relativt kort och därmed inte så dyr att projektets totala lönsamhet äventyras.

9 Val av vindkraftverk och tornhöjd

Som tidigare nämnts rekommenderas en tornhöjd på minst 30 m för att med god marginal nå upp till god medelvind.

Oftast väljs ett verk som ger en årsproduktion strax under årsförbrukningen. I detta fall skulle det innebära att verk på 5–10 kW eftersom årsförbrukningen är ca 10 000 kWh. Som överslagsberäkning kan antas att ett vindkraftsverk producera motsvarande 1800 fulleffekttimmar i ett bra vindläge. För ett 5,5 kW verk ger det en produktion på strax under 10 000 kWh per år.

Alternativt kan ett större verk väljas och överskottet säljas. Eftersom investeringen per årligen producerad kWh oftast blir lägre för ett större verk är förslaget i detta fall att välja ett 11kW verk.

Om försäljningen av överskottet genererar stora intäkter att gränsen för hobbyverksamhet överskrid kan vindkraftverket ev. betraktas som näringsverksamhet och därmed beskattas som sådan. Om det är stor risk att intäkterna kommer att bli så stora behöver skattereglerna närmare utredas. Inget hindrar att man låter ett småskaligt vindkraftverk ingå i en näringsverksamhet men kalkylen måste i så fall göras med det som förutsättning.

10 Väganslutning och platsens åtkomlighet

Med den föreslagna placeringen invid ekonomibyggnaderna behöver troligen ingen ny väg att byggas.

11 Fundament

Ett gravitationsfundament av betong behöver byggas och upptar en yta v 15–25 m².

12 Investeringskalkyl

En investeringskalkyl som visar återbetalningstid har gjorts för ett 11 kW. Kalkylerna är baserade på ett antal antaganden och resultatet skall därför ses som en indikering. Inför slutgiltigt investeringsbeslut måste kalkylen uppdateras efter att offerter inhämtats på vindkraftverk, elanslutning, fundament, väg, kranbil m.m.

Någon kapitalkostnad har inte tagits med i kalkylen.

Verkens årliga produktion har antagits motsvara 1800 fulleffekttimmar. Med en medelvind ca 6 m/s som vindgradienten indikerar borde en högre produktion kunna antas. Men just nu behålls 1800 timmar som en försiktighetsåtgärd. Verkets produktion har mycket stor påverkan på resultatet och beror av verkets effektkurva, vindens medelhastighet och vindens frekvensfördelning. En uppmätt effektkurva skall begäras i offertförfrågan. Vindens medelhastighet och frekvensfördelning kan verifieras med hjälp av vindmätning.

Inflationen har antagits bli 4 % i genomsnitt. Elprisökningen senaste åren varit närmare 10 % per år. En känslighetsanalys med 2, 4 och 6 % inflation ger en god bild av hur inflationen påverkar resultatet. Vilken inflation som skall väljas i kalkylen beror på vilken förväntning köparen har på elprisökningar.

De elpriser som antagits är något lägre än vad som gäller just nu. Inför investeringsbeslut bör priserna ses över och justeras.

Kalkylerna baseras på nu gällande regler. Om nettodebitering införs kommer återbetalningstiden att bli kortare.

Kalkylen för ett 11 kW verk



Kalkyl 11 kW.xlsx

Återbetalningstiden blir 12 år. Om en högre produktion och snabbar prisökning på el antas kommer återbetalningstiden att förkortas. 75 % av verkets produktion har i kalkylen antagits kunna användas för att minska behovet av inköpt el. Eftersom den årliga förbrukningen endast är 10 000 kWh kommer i detta fall en mindre del att kunna användas för egen förbrukning och detta förlänger återbetalningstiden så pass mycket att hela investeringen blir tveksam.

Alternativt skulle ett mindre vindkraftverk väljas på t.ex. 5 kW. Vindförhållandena är så pass bra att en lägre mast skulle kunna räcka. I så fall rekommenderas att en vindmätning på t.ex. 20 m startas för att verifiera att vinden på den nivån räcker för en god produktion.

13 Referenser

1. Uppsala Universitet, Vindkartering enligt UMII modellen, hämtat 2010-01-20 från www.energimyndigheten.se
2. Tore Wizelius, Vindkraft i teori och praktik, Studentlitteratur, 2007

