

MiniWind





Småskalig vindkraft – en studie av förutsättningarna för etablering vid Sandvik, Ljungbyholm, Kalmar län

Som en del av projektet Rural Res skall ett antal platser lämplighet för etablering av småskalig vindkraft studeras. Detta är en studie av förutsättningarna vid Sandviksgatan i Ljungbyholm, Kalmar Län.

September 2010

Energikontor Sydost

Lennart Tyrberg



Författarna har ensam ansvar 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	7
3	VINDLÄGET.....	12
4	VINDMÄTNING	13
5	PLACERING AV VINDKRAFTVERKET	14
6	RÅHETSKLASS	15
7	HINDER	16
8	ELANSLUTNING.....	16
9	VAL AV VINDKRAFTVERK OCH TORNHÖJD.....	16
10	VÄGANSLUTNING OCH PLATSENS ÅTKOMLIGHET	17
11	FUNDAMENT.....	17
12	INVESTERINGSKALKYL	17
13	REFERENSER.....	18

1 Sammanfattning

Den studerade platsen ligger cirka 1,5 mil söder om Kalmar. Avståndet till kusten är mindre än 1 km och omgivningen består av ett relativt öppet jordbrukslandskap. Ägaren överväger att installera ett småskaligt vindkraftverk på fastigheten för att i första hand täcka sitt eget behov av elenergi men också för att sälja överskottsproduktionen.

Vindkartering indikerar drygt 6,4 m/s som årsmedelvind på 49 meters höjd över justerat 0-plan. Närheten till Kalmarsund och det relativt öppna landskapet talar för att det råder ett bra vindläge på platsen. Vindkarteringen indikerar en relativt hög råhetsklass och medelvinden minskar därför snabbt med minskad höjd över marken. För att ett småskaligt vindkraftverk skall bli en lönsam investering behövs en årsmedelvind på minst 5 m/s. Beräkningen indikerar att ett torn på minst 30 m krävs för att medelvinden skall bli drygt 5 m/s. Vindkarteringen har en relativt hög osäkerhet och den beräknade medelvinden måste därför ses som en indikering. En vindmätning på den tänkta navhöjden skulle ge en mer korrekt medelvind och indikera graden av turbulens.

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 cirka 1,25 kr/kWh d.v.s. det totala priset, inklusive skatter och avgifter. Vid försäljning av el blir inkomsten cirka 0,50 kr/kWh. Elenergi producerad med vindkraft berättigar till elcertifikat som kan säljas för cirka 0,30 kr/kWh.

Två investeringskalkyler har gjorts, dels för ett 11 kW och dels för ett 30 kW vindkraftsverk. Kalkylen indikerar en återbetalningstid på 12 respektive 10 år. Kalkylen indikerar att det större verket skulle vara en bättre investering men eftersom kapitalkostnaden inte ingår och flera av parametrarna har relativt stor osäkerhet bör offerter begäras in samt noggrann kalkyl göras för båda alternativen innan slutgiltigt investeringsbeslut.

Avståndet till närmaste granne är <100 m d.v.s. det finns risk för störande ljud och skuggor. Det är därför viktigt att grannarna tidigt informeras och får möjlighet att yttra sig. Verket bör placeras så att risken för störande ljud och skuggor minimeras. Genom att välja ett verk med låg ljud emission kan risken för störande ljud ytterligare minskas.

Platsen ligger inte inom någon form av naturskyddsområde eller riksintresse. Avståndet till närmaste skyddsområde är 500 m och borde inte utgöra ett hinder för ett småskaligt vindkraftverk. En stark rekommendation är dock att invänta bygglov innan något vindkraftverk beställs.

Förutsättningarna bedöms totalt som mycket goda om en tornhöjd på minst 30 meter väljs. Med nuvarande regler blir återbetalningstiden relativt lång men om verket håller 20 år, som alla tillverkare uppger, blir det totalt ändå en bra investering.

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”.

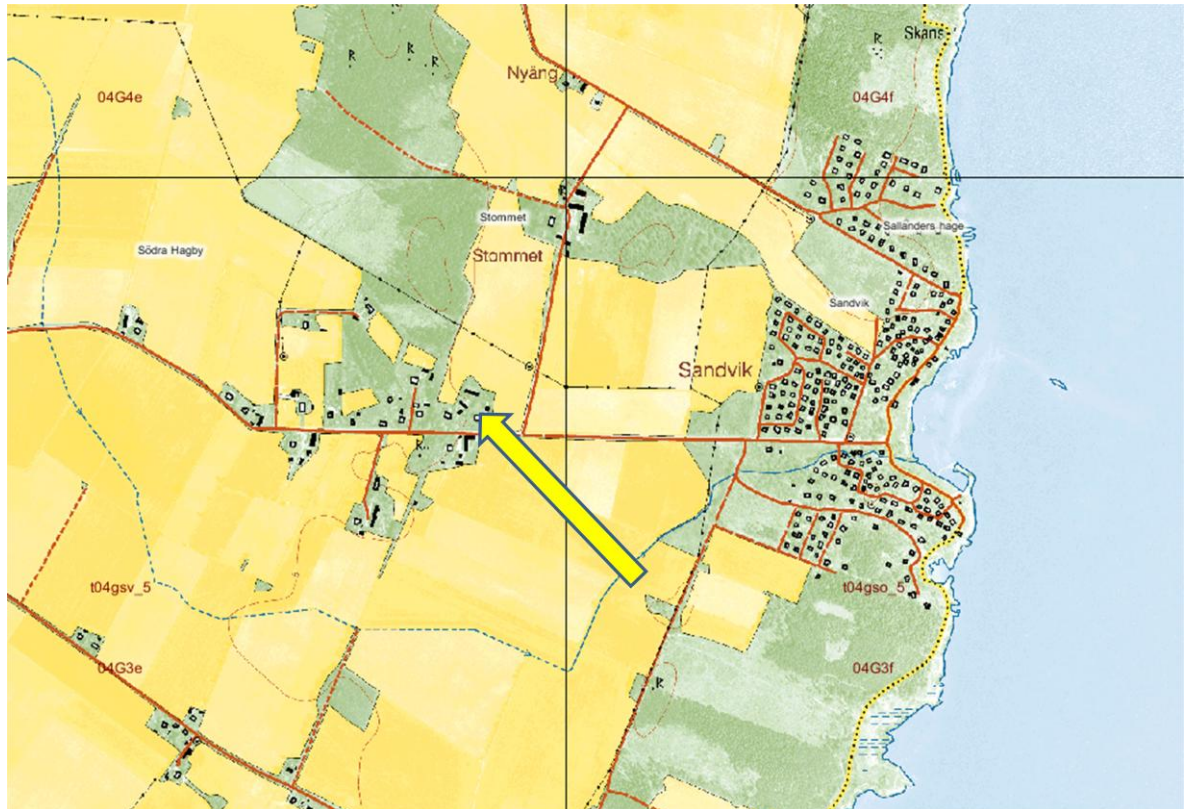


Bild 1, Den studerade fastigheten vid Sandviksvägen, Ljungbyholm, Kalmar län

2 Metod

Denna förstudie baseras på information som vindkartering, kartor och flygfoto. Vidare har ägaren intervjuats och den tänkta platsen besökts.

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.

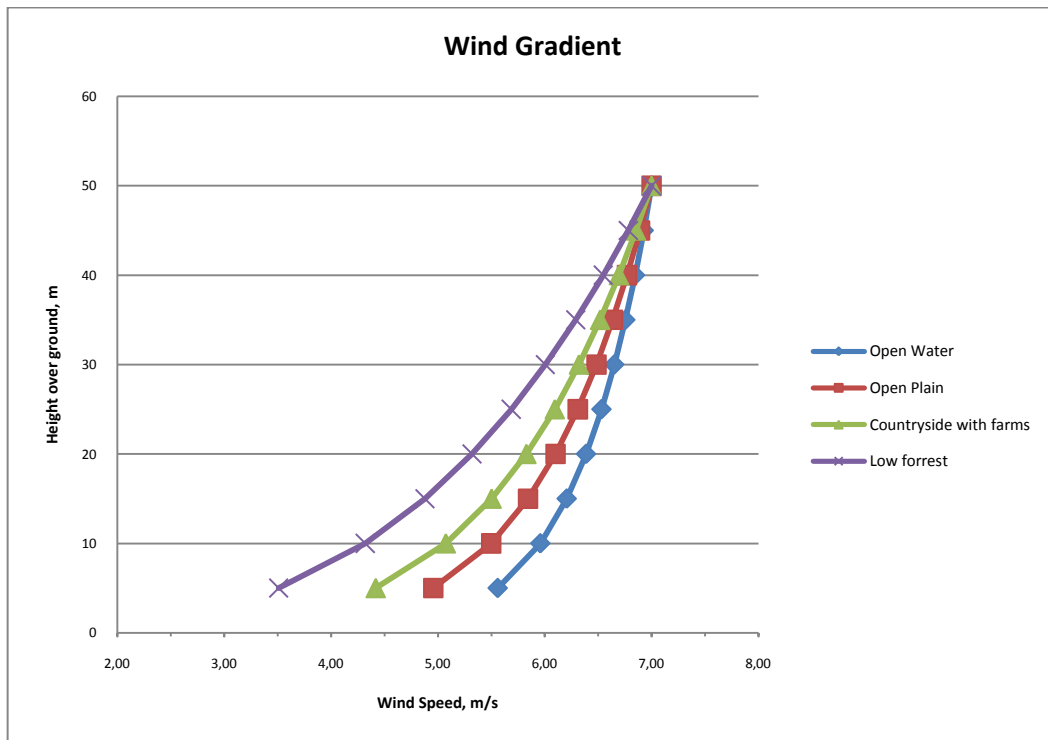


Bild 2, Vindens medelhastighet minskar med höjd över marken och omgivningens råhet

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)

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

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 tidstämlade 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 mät höjd 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 m/s. Höjden på tornet bör därför väljas så att rotorn kommer upp i ostörd vind med medelvinden minst 5 m/s. Valet av tornhöjd underlättas betydligt om vindmätning, enligt ovan genomförs. Utan vindmättningsdata bör tornhöjden väljas så att vindhastigheten 5 m/s uppnås med god 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.

I förstudien finns två investeringskalkyler, en för ett mindre verk som täcker den egna förbrukningen och ett för ett stort verk, se kapitel 13.

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.

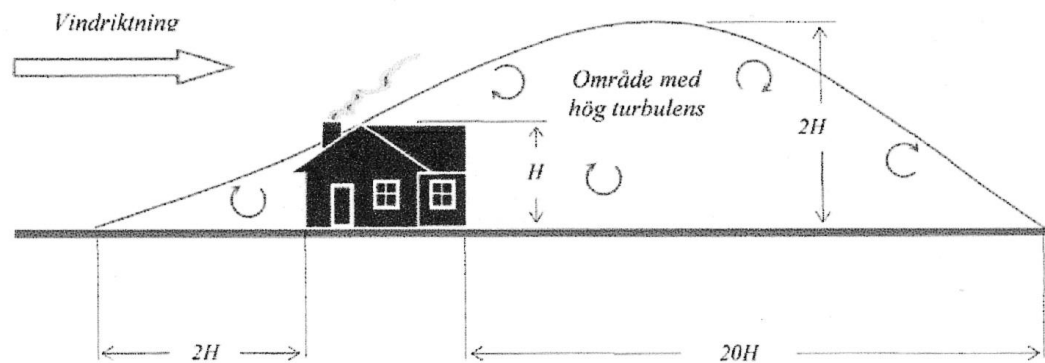


Bild 3. Hinders påverkan på vinden (2)

3 Vindläget

Vindkarteringen (1) gjord vid Uppsala Universitet på uppdrag av Energimyndigheten indikerar att årsmedelvinden är 6,4 m/s på 49 m och 7,2 m/s på 72 m vid den aktuella fastigheten.

Med hjälp av formeln i kapitel 2.2 ovan kan konstateras att råhetsklass 3 skulle ge den skillnad i medelvind som vindkarteringen anger. Råhetsklass 3 används för låg skog och mindre samhälle. Flygbilder ger intryck av ett relativt öppet jordbrukslandskap men visar också att det finns en hel del hus och vegetation i omgivningen. Troligen är råhetsklass 3 något hög men genom att använda den i beräkningen undviker vi att överskatta medelvinden på de lägre höjderna.

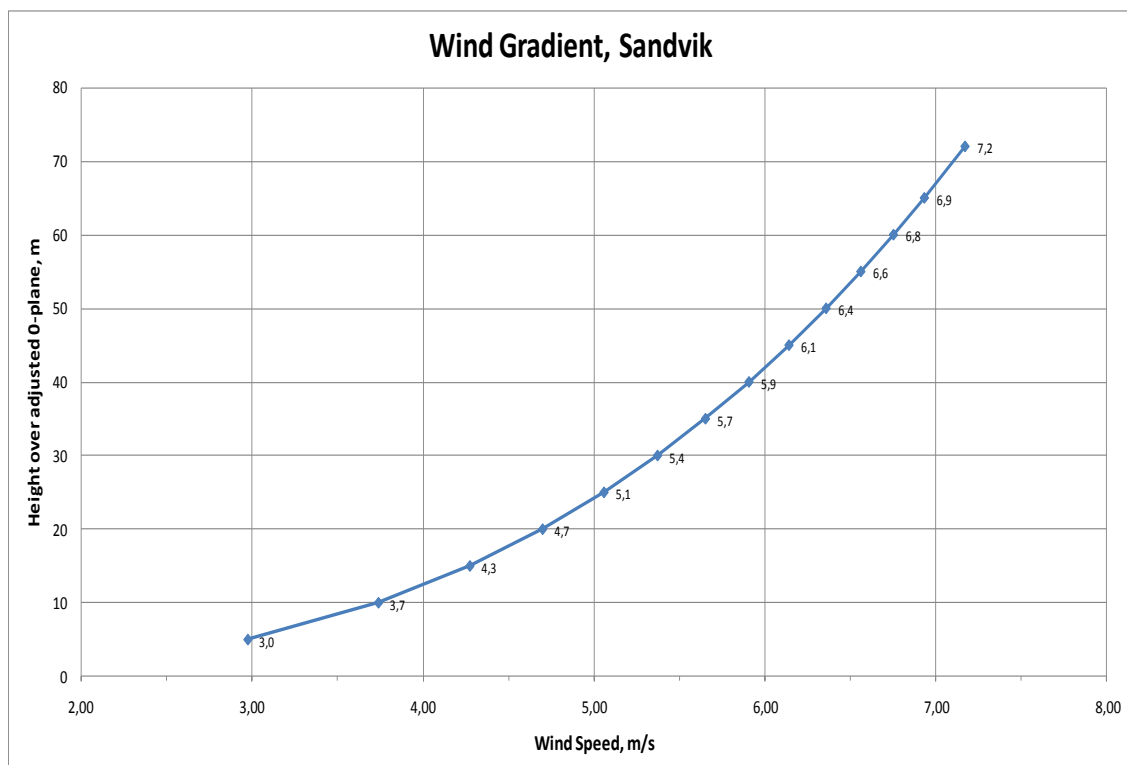


Bild 4. Vinhastighet - höjd över justerat 0-plan som på den aktuella platsen är 11 m öh.

Notera att höjden i bilden ovan är relativt justerat 0-plan. Den tänkta platsen ligger nära 5-meters kurvan medan det justerade 0-planet är 11 m öh. Medelvinden för ett 36 meters torn blir därför 5,4 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 m/s. Bild 4 indikerar att det ett torn på minst 30 meter bör väljas. Vindens energiinnehåll beror förutom av medelvinden också av graden av turbulens. Detta talar också för att ett högt torn är att föredra.

De energirika ostliga vindar från havet störs av bebyggelsen i kustbandet. Störningen är störst på lägre höjd. Detta är ytterligare ett argument för att välja ett relativt högt torn.

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.

Ofta ger en höjning av tornet en så pass stor produktionsökning att kostnaden för det högre tornet mer än väl uppvägs.

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.

Mycket talar för att vindläget på denna plats är tillräckligt bra. Den extra kostnad som vindmätning innebär är kanske därför svår att motivera. Dock, bästa sättet att minska osäkerheten i produktionsberäkningen är att basera den på en vindmätning.

5 Placering av vindkraftverket

Som framgår av bilden nedan är verket tänkt att placeras på åkern ca 80 meter öster om bostadshuset. Avståndet till den egna bostaden och grannar blir så långt att störande ljud och skuggor troligen inte blir störande. Efter att flygbilden togs har de högsta träden fällts och västliga vindar blir därmed mindre störda. För att ytterligare minska påverkan på vindar från sydost skulle verket kunna flyttas söderut mot Sandviksvägen. Dock blir kabeldragningen på så sätt längre och den extrakostnaden måste ställas mot den förväntade produktionsökningen. Nackdelen blir dock att kabeldragningen blir längre och Om verket kan placeras något längre



Bild 5; Den tänkta placeringen av vindkraftverket. Bostaden och transformatorn är också utmärkta på bilden.

6 Råhetsklass

Som flygfotona nedan visar är det ett jordbrukslandskap med en hel del bebyggelse och växtlighet. Som nämnts i kapitel 3 ovan har råhetsklass 3 använts vid vindkarteringen vilket gäller för låg skog. En mer noggrann klassificering av omgivningarna ger troligen en något lägre råhetsklass eftersom de till stor del utgörs av plan åkermark. Genom att använda en något hög råhetsklass får vi en marginal i beräkningen som minskar risken för att vinden och därmed energiproduktionen överskattas.

Viktigaste vindarna för energiproduktion är troligen öster och sydväst. I båda riktningarna finns minst 500 m åkermark vilket är utmärkt. Hus och träd i nordväst påverkar troligen energiproduktionen marginellt eftersom energiinnehållet i den vindriktningen normalt är låg.



Bild 6. Flygfoto över Sandvik med omgivningar. Den aktuella platsen vid markeringen. Hämtat från hitta.se.

7 Hinder

Väster om den tänkta platsen finns flera hus och trädgårdar. Störningen från hinder illustreras i bild 3. Som tumregel kan sägas att vinden är kraftigt störd upp till dubbla hinderhöjden. Ett högt torn bör därför väljas. Med en tornhöjd på minst 30 meter kommer verket troligen över den kraftigt störda vinden.

8 Elanslutning

Verket skall anslutas på abonnentsidan av elmätaren. Fastigheten har en årlig förbrukning på ca 20 000 kWh och huvudsäkring är idag 20 A.

Eftersom planen är att välja ett vindkraftverk med en större produktion än den egna förbrukningen behövs högre huvudsäkring. Kontakt med elnätssleverantören bör tas snarast för att kontrollera kostanden för en höjning av huvudsäkring.

I bild 5 är närmaste transformator markerad. Avståndet till bostaden är ca 100 m. Om ett 30 kW verk väljs kan det bli nödvändigt att förstärka kabeln fram till transformatorn. En möjlighet skulle kunna vara att lägga en ny kabel mellan transformatorn och vindkraftsverket, placera elmätare vid verket och lägga ny kabel från mätaren över åkern fram till bostaden.

9 Val av vindkraftverk och tornhöjd

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

Oftast väljs ett verk som ger en årsproduktion strax under årsförbrukningen. I detta fall skulle det innebära att verk med på 10–15 kW eftersom årsförbrukningen är ca 20 000 kWh. Som överslagsberäkning kan antas att ett vindkraftsverk producera motsvarande 1800 fulleffektimmisar i ett bra vindläge. För ett 10 kW verk ger det en produktion på 18 000 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 kan detta alternativ i vissa fall ger bästa totala avkastningen. Lämplig storlek blir då 30–45 kW. Nackdelen är att ett stort verk kan upplevas som dominerande och längre avstånd till bostadshus och grannar krävs för att inte ljud och skuggor skall bli störande.

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 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

En väg går just intill den tänkta placeringen i åkerkanten ca 80 meter öster om bostaden. Väganslutning kan troligen ordnas till låg kostnad.

11 Fundament

Ett gravitationsfundament i betong behöver gjutas. Troligen har marken tillräcklig bärighet så att pålning inte krävs men expert bör konsulteras för att bedöma om pålning eller andra förstärkningar behövs. Ett betongfundament väger 25–30 ton.

12 Investeringskalkyl

En investeringskalkyl som visar återbetalningstid har gjorts dels för ett 11 kW och dels för ett 30 kW vindkraftverk. 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 vilket främst gynnar det dyrare 30 kW verket.

Verkens årliga produktion har antagits motsvara 1800 fulleffekttimmar. Med en medelvind mellan 5 och 5,5 m/s är 1800 timmar ett rimligt värde. 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. Vindens frekvensfördelning överstämmer väl med en Weibull-fördelning som beror av en formfaktor och en skalfaktor (2). Faktorena kan vara olika trots att medelvinden är den samma och energiinnehållet kan därför inte beräknas enbart med hjälp av medelvinden. Ofta används formfaktorn = 2 vilket ofta ger en överskattning av energiproduktionen. På den höjd som är aktuell för småskalig vindkraft ger ofta fromfaktorn 2,4 en mer korrekt beräkning av energiproduktionen.

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. Nettodebitering gynnar främst det mindre 11 kW verket.

Kalkylen för ett 11 kW verk



Kalkyl 11 kW.xlsx

Återbetalningstiden blir 12 år. 75 % av verkets produktion antas kunna användas för att minska behovet av inköpt el. Från 1 april tas inte längre ut någon avgift för timmätning förutsatt att elabonnenten är nettoförbrukare d.v.s. förbrukningen överstiger produktionen på årsbas.

Med nettodebitering förkortas återbetalningstiden med ca 2 år förutsatt att hela överskottet kan ersätta förbrukning.

Kalkylen för ett 30 kW verk



Kalkyl 30 kW.xlsx

Återbetalningstiden blir 10 år. Försäljning av elöverskottet ger i detta fall den största inkomsten. Nettodebitering ger i detta fall endast en mindre positiv påverkan. Hur investeringen skall finansieras påverkar återbetalningstiden och måste därför tas med i kalkylen för att totala avkastningen skall kunna bedömas.

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

