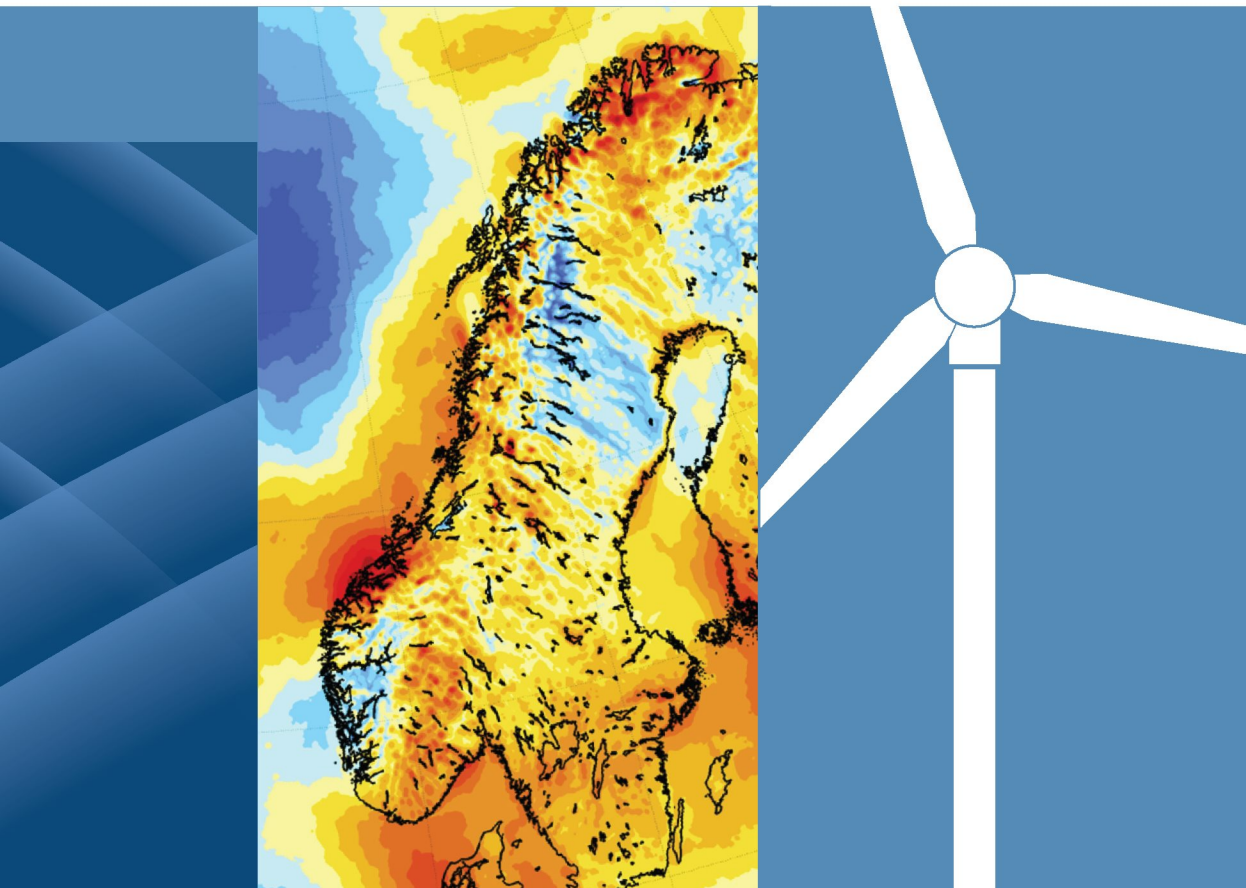




# Vindkraft - produksjon i 2012

13  
2013

R  
A  
P  
P  
O  
R  
T



# Rapport nr 13/2013

## Vindkraft - produksjon i 2012

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Redaktør:** Karen Nybakke

**Forfatter:** David E. Weir

**Forsidefoto:** Kjeller Vindteknikk AS

**ISBN:** 978-82-410-0881-8

**Sammendrag:** Dette er den årlige rapporten om vindkraftproduksjonen i Norge. Rapporten publiseres i februar hvert år, med data for det foregående året.

Data er hentet inn fra aktørene, og sammenstillingen er gjort i Ressursseksjonen i Energiavdelingen.

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

Februar 2013

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Produksjonsstatistikk for 2012</b> .....	<b>6</b>
1.1 Vindkraftverk i Norge .....	6
1.2 Produksjonsstatistikk for 2012 .....	7
<b>2 Vindforhold i 2012</b> .....	<b>8</b>
2.1 Vind- og produksjonsindekser .....	8
<b>3 Analyser av produksjon</b> .....	<b>11</b>
<b>4 Vedlegg:</b> .....	<b>14</b>

# Forord

Vindkraft kan ventes å bli et viktig supplement til det norske vannkraftsystemet og interessen for informasjon om vindkraftverk i drift og kraftproduksjon er stor. Dessuten vil vindkraftens økende betydning gjøre det viktig å få et mer presist bilde av vindkraftens bidrag i den norske kraftbalansen. For å belyse dette spørsmålet trengs erfaringsdata fra driften av norske vindkraftverk og kunnskap om hvordan vindressursen varierer fra år til år. NVE foretar derfor en årlig innsamling av produksjonsdata fra vindkraftprodusentene. Rapporten gir en sammenstilling av de innrapporterte dataene for 2012 og drøfter beregnede vind- og produksjonsindekser for 2012.

Oslo, februar 2013



David E. Weir  
Avdelingsingeniør



Håvard Hamnaberg  
Seksjonssjef

# Sammendrag

Samlet installert ytelse [MW]	704
Produksjon [GWh]	1 569
Antall turbiner	315
Gjennomsnittlig turbinstørrelse [MW]	2,2
Brukstid	2734
Kapasitetsfaktor [%]	31
Produksjonsindeks [%]	107
Tilgjengelighet [%]	95,6

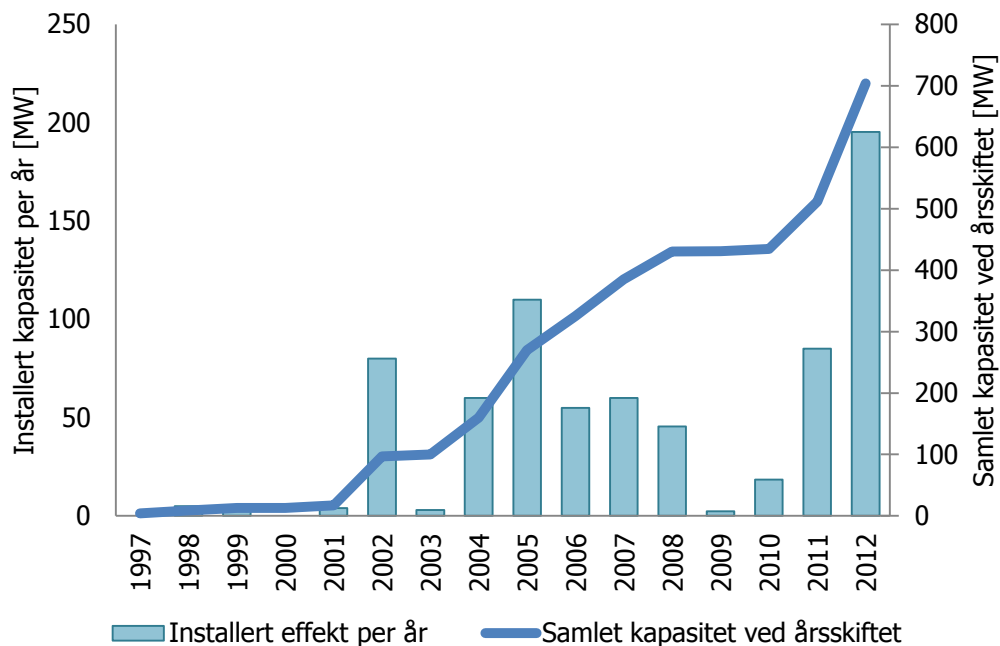
**Tabell 1** Produksjon av vindkraft 2012

I 2012 ble det installert mer vindkraft i Norge enn noe år før. Det ble også satt produksjonsrekord med en samlet kraftproduksjon fra vindkraft på ca. 1,57 TWh, tilsvarende 1,1 % av Norges elektrisitetsproduksjon. 2012 var et relativt godt vindår, med en produksjonsindeks på 107 % for norske vindparker sett under ett. Brukstiden for vindkraft var også relativt høy sammenlignet med tidligere år med et nasjonalt gjennomsnitt på 2734 fullasttimer, tilsvarende en kapasitetsfaktor på 31 %. Turbintilgjengeligheten nådde også en rekordverdi i på 95,6 % i 2012 noe som indikerer mer effektiv drift av vindkraftverkene i Norge.

# 1 Produksjonsstatistikk for 2012

## 1.1 Vindkraftverk i Norge

Figur 1 viser utviklingen i vindkraftutbyggingen i Norge de senere år. I 2012 ble det i driftsatt 195,3 MW ny vindkraft. Vindparkene Åsen II, Fakken, Lista, Ytre Vikna, Høg-Jæren II ble ferdigstilt og åpnet i 2012, og 12,5 MW ble idriftsatt på Midtfjellet I. Turbiner tilsvarende ytterligere 40 MW ble montert på Midtfjellet men disse ble ikke koblet til nettet før årsskiftet. 2012 har dermed vært året med historisk sett mest vindkraftutbygging målt i installert effekt i Norge.



Figur 1 Installert vindkraft i Norge

## 1.2 Produksjonsstatistikk for 2012

I 2012 ble det produsert 1 569 GWh fra vindkraftverk i Norge. Samlet installert ytelse er nå 704 MW fordelt på 315 vindturbiner. Vindkraften stod for 1,1 prosent av landets samlede kraftproduksjon. 2012 var et relativt godt vindår med vind- og produksjonsindekser over normalt for de fleste norske vindkraftverk.

Vindkraftverk	Eier	I drift år	Antall turbiner	Installert ytelse [MW]	Rapportert produksjon [GWh]
Andøya	Andøya Energi AS	1991	1	0,4	0,8
Hovden	Vesterålskraft Produksjon AS	1991	1	0,4	0,4
Vikna	Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk	1991	2	1,8	1,6
Hundhammerfjellet	Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk	2006	12	36,5	73,8
Fjeldskår	Agder Energi Vannkraft AS	1998	5	3,75	5,4
Harøy, Sandøy	Sandøy Energi AS	1999	5	3,75	9,6
Mehuken 1&2	Kvalheim Kraft	2001	13	22,65	67,7
Smøla 1&2	Smøla Vind AS (Statkraft)	2002	68	150,4	369,3
Havøygavlen	Arctic Wind AS	2002	16	33	86,2
Utsira 1&2	Solvind Prosjekt AS	2004	2	1	3,6
Hitra, Eldsfjellet	Hitra Vind AS (Statkraft)	2004	24	55,2	152,4
Nygårdsfjellet 1&2	Nordkraft Vind AS	2005	14	32,2	89,6
Kjøllefjord	Kjøllefjord Vind AS (Statkraft)	2006	17	39,1	130,0
Valsneset	TrønderEnergi Kraft AS	2006	4	11,5	31,2
Bessakerfjellet	TrønderEnergi Kraft AS	2008	25	57,5	170,0
Hywind	Statoil ASA	2009	1	2,3	7,5
Høg-Jæren 1	Jæren Energi	2011	26	59,8	197,9
Åsen 2	Solvind Åsen AS	2012	2	1,6	3,2
Fakken	Troms Kraft AS	2012	18	54	52,9
Ytre Vikna	Sarepta Energi AS	2012	17	39,1	41,3
Høg-Jæren 2	Jæren Energi	2012	6	13,8	5,1
Lista	Lista Vindkraftverk AS	2012	31	71,3	64,9
Midtfjellet 1	Midtfjellet Vindkraft AS	2012	5	12,5	4,9
sum			315	704	1 569

Tabell 2 Idriftsatte vindkraftverk i Norge ved utgangen av 2012 samt innrapportert produksjon i 2012

## 2 Vindforhold i 2012

Vindkraftproduksjon varierer mye fra år til år avhengig av vindforholdene. NVE har engasjert Kjeller Vindteknikk AS (KVT) til å etablere et modellert datasett over vindforholdene i årene 2000-2012. Perioden 2000 – 2011 er valgt som en referanseperiode og de gjennomsnittlige vindforholdene i denne perioden er brukt for å sette en normalverdi. Sammenligning av vindforholdene i 2012 med denne referanseperioden gjør det mulig å beregne vind- og produksjonsindekser som beskriver hvordan vindforhold og produksjon i 2012 avvek fra normalen.

### 2.1 Vind- og produksjonsindekser

Vindkraftverk	Vindindeks [%]	Produksjonsindeks [%]
Andøya	99,8	99,8
Hovden	100,6	101,4
Vikna I & II	104,2	109,1
Hundhammerfjellet	103,3	107,4
Fjeldskår	103,6	106,2
Harøy, Sandøy	108,5	116,6
Mehuken I & II	102,7	105,2
Smøla I & II	106,0	113,1
Havøygavlen	102,5	105,7
Utsira I & II	99,1	98,4
Hitra, Eldsfjellet	104,6	109,8
Nygårdsfjellet I & II	99,9	100,4
Kjøllefjord	104,2	107,7
Valsneset	104,2	110,3
Bessakerfjellet	102,2	106,1
Hywind	99,6	99,5
Høg-Jæren I	101,2	100,0
Åsen II*	101,5	102,5
Fakken	100,8	101,0
Ytre Vikna	104,2	108,9
Høg-Jæren II	101,2	100,0
Lista	103,2	105,1
Midtfjellet I	97,6	93,9
Vektet gjennomsnitt	103	107

\*estimert fordi produksjonsindeks ikke ble bestilt.

**Tabell 3** Vind- og produksjonsindekser for 2012 er beregnet for de enkelte vindkraftverkene. Gjennomsnittsverdier vektet etter installert effekt.



Tabell 3 viser at de fleste vindkraftverk i Norge hadde en høyere middelvind i 2012 enn normalt. Med sterkere vind forventes en høyere årsproduksjon, men i praksis viser det seg at den resulterende produksjonsøkningen også er avhengig av vindregimet, det vil si hvordan vinden fordeler seg på de ulike vindstyrker over året. Dette har sammenheng med at kraftverkene effektkurver ikke er lineære, og at kraftverkene ikke er i stand til å utnytte energien i ekstremvindene (vindstyrke over f.eks. 25 m/s).

For å beskrive endringene i vindregimet fra år til år er det funnet hensiktsmessig å definere både en *vindindeks* og en *produksjonsindeks*. Vindindeksen er basert kun på middelvind mens produksjonsindeksen tar hensyn til en rekke andre faktorer som også reflekterer hvordan årets vindforhold påvirker produksjonsforutsetningene i det enkelte vindkraftverk.

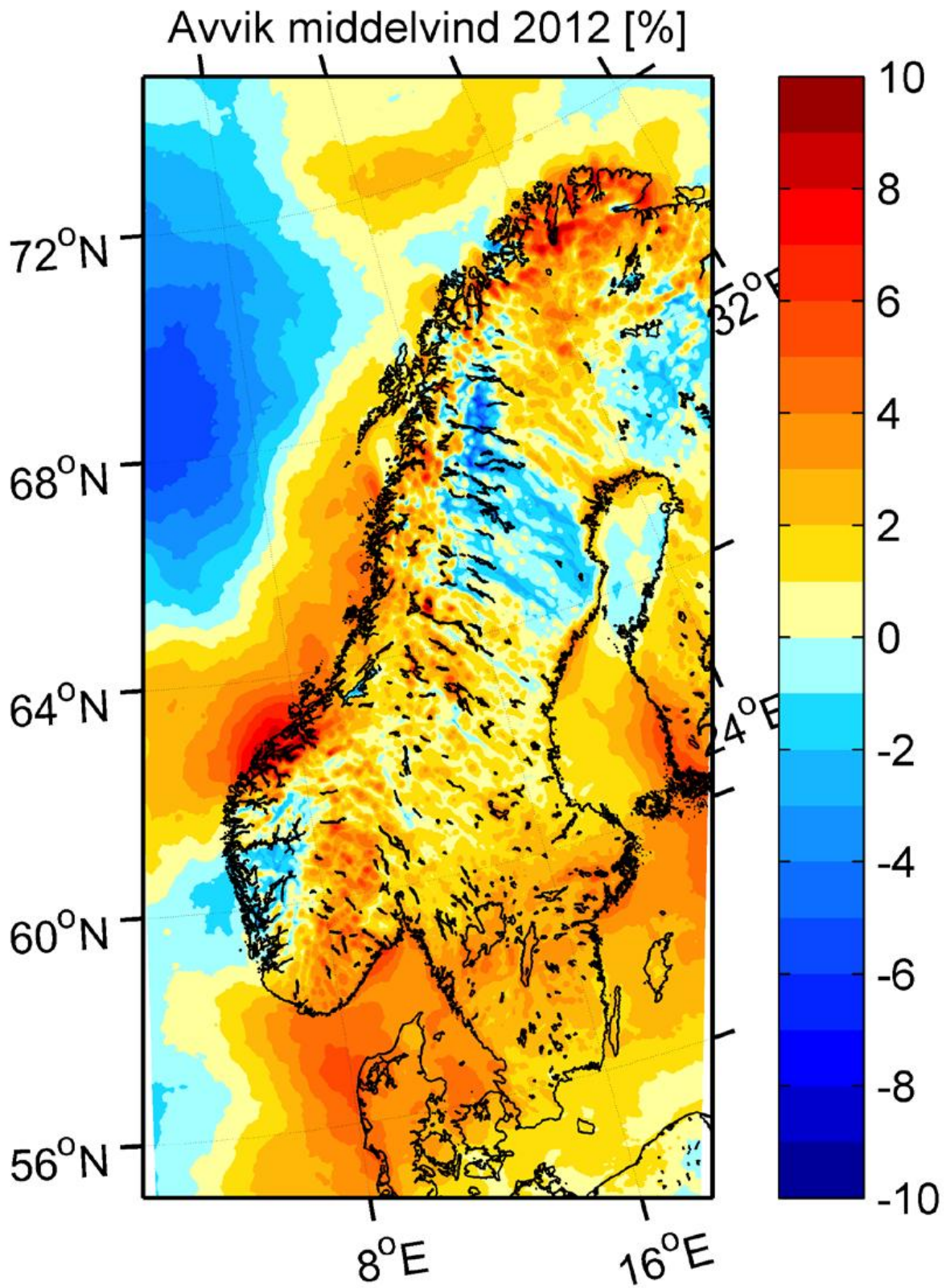
$$\text{Vindindeks [\%]} = \frac{\text{Middelvind 2012}}{\text{Middelvind i et normalår}}$$

$$\text{Produksjonsindeks [\%]} = \frac{\text{Estimert kraftproduksjon}}{\text{Produksjon i et normalår}}$$

På grunnlag av datasettet som er etablert for vindforholdene i 2012 har KVT beregnet vind- og produksjonsindekser for hvert enkelt idriftsatt vindkraftverk i Norge (se tabell 3). Produksjonsindeksene er beregnet ved at det for hvert kraftverk beregnes en årsproduksjon for et modellert kraftverk på samme sted. Det er brukt to forskjellige metoder for ulike vindkraftverk; en avansert metode for vindkraftverk over 5 MW og en forenklet metode for vindkraftverk under 5 MW og vindkraftverk under bygging i 2012.

Metodene er beskrevet i detalj i vedlegg A og B. Hovedforskjellen mellom metodene er at den avanserte tar hensyn til lokale variasjoner i vinden i parken både på grunn av terrenget og påvirkning av vinden fra andre turbiner. Ved å sammenligne et kraftverks beregnede produksjon i 2012 med kraftverkets normalproduksjon basert på referanseperioden, beregnes det hvor stor produksjon, relativt til normalproduksjonen, en teoretisk sett kunne vente i året 2012. Dette blir dermed en *produksjonsindeks* for det enkelte kraftverket basert på vindforholdene i det aktuelle året.

Figur 2 viser middelvind i 2012 i forhold til referanseperioden 2000-2011 over hele Norge i prosent. Figuren viser at det var tydelige variasjoner i vindindeksen over hele landet. De fleste områder lå over normalen for middelvind i 2012, særlig rett nord for Stadt, men det var også områder som lå under normalen, særlig på Vestlandet sør for Sognefjorden. For alle kraftverkene sett under ett er produksjonsindeksen beregnet til ca. 107 %, det vil si at landets samlede vindkraftproduksjon kan forventes å bli ca. 7 % høyere enn normalt for 2012.



Figur 2 Avvik i middelvind i 2012

### 3 Analyser av produksjon

Det er foretatt noen enkle analyser av produksjonen fra vindkraftverkene i Norge som var i normal drift i 2012. Kraftverk som har vært i en oppstartsfase i 2012 eller vært utsatt for ekstraordinære tekniske problemer er holdt utenfor. Det er mye informasjon om produksjon på parknivå som ikke kommer frem når man jobber med årlige produksjons- og tilgjengelighetstall, men det er fortsatt interessant å se på utviklingen i de årlige produksjonstallene og å sammenligne virkelig produksjon med produksjonsindeksene og estimert normalårsproduksjon. Estimert normalårsproduksjon er oppgitt av produsentene sammen med den årlige produksjonsrapporteringen.

Vindkraftverk	Rapportert produksjon [GWh]	Normalårsproduksjon [GWh]	Rapportert produksjon dividert med produksjonsindeks for 2012 [GWh]
Andøya	0,8	1	0,8
Hovden	0,4	1	0,4
Hundhammerfjellet	73,8	79,7	68,8
Fjeldskår	5,4	12,1	5,1
Harøy, Sandøy	9,6	10	8,2
Mehuken 1&2	67,7	65	64,4
Smøla 1&2	369,3	356	326,5
Havøygavlen	86,2	100	81,5
Utsira 1&2	3,6	3,5	3,6
Hitra, Eldsfjellet	152,4	138	138,8
Nygårdsfjellet 1&2	89,6	104	89,2
Kjøllefjord	130,0	119	120,7
Valsneset	31,2	35	28,3
Bessakerfjellet	170,0	175	160,3
Hywind	7,5	8	7,5
Høg-Jæren 1	197,9	186,4	197,9

**Tabell 4** Oppgitt normalårsproduksjon, rapportert produksjon og rapportert produksjon [GWh] dividert med produksjonsindeksen.

Produksjonsresultatene i Tabell 5 er normalisert til både fullasttimer og energi per sveipt areal. Dette for å lettere kunne sammenligne kraftverkernes produksjon med hverandre, uavhengig av kraftverkernes størrelse. Fullasttimer er definert som følger:

$$Fullasttimer = \frac{\text{Årlig produksjon [MWh]}}{\text{Installert ytelse [MW]}}$$

Trenden i Norge har vært at antall fullasttimer har hatt en positiv utvikling i de senere årene etter hvert som både teknologien og kunnskapsnivået i bransjen har utviklet seg. Fullasttimer er avhengig av teknologi, ressurs og effektiv drift av vindkraftverket. Noen av de viktigste

parametrene som gir mange fullasttimer er stor rotordiameter, liten generatoreffekt og høy middelvind i vindparken.

Det er også hensiktsmessig å sammenligne kraftverkernes produksjon ved å se på produsert energi per sveipt areal:

$$\text{Energi per sveipt areal} = \frac{\text{Årlig produksjon vindkraftverk [kWh]}}{(\text{antall turbiner}) \times \pi \times (0,5 \times \text{rotordiameter [m]})^2}$$

Dette er en annen type produksjonsnormalisering som også er bestemt hovedsakelig av teknologi og ressurs, men i motsetning til fullasttimer er det nå *liten* rotordiameter og *stor* generatoreffekt som gir høye verdier (i tillegg til vindressursen og effektiv drift av parken). Trenden i bransjen har gått mot større og større rotordiameter etter hvert som teknologien har gjort det mulig. Dette slår som regel positivt ut i form av mange fullasttimer fordi turbiner med større rotor i forhold til installert effekt får flere fullasttimer per år. Man får imidlertid en mer nyansert forståelse ved å også studere vindkraftverkernes produksjon ved å ta hensyn til energi per sveipt areal, siden det forholdstallet representerer en vurdering av parkstørrelsen opp mot den energien som er produsert.

Vindkraftverk	I drift år	Fullasttimer	Energi per sveipt areal [kWh/m <sup>2</sup> ]
Andøya	1991	2064	909
Hovden	1991	1015	416
Hundhammerfjellet	2006	2023	966
Fjeldskår	1998	1447	509
Harøy, Sandøy	1999	2564	1061
Mehuken 1&2	2001	2989	1601
Smøla 1&2	2002	2455	1065
Havøygavlen	2002	2612	1033
Utsira 1&2	2004	3580	1432
Hitra, Eldsfjellet	2004	2762	1191
Nygårdsfjellet 1&2	2005	2783	988
Kjøllefjord	2006	3326	1448
Valsneset	2006	2716	1970
Bessakerfjellet	2008	2957	1718
Hywind	2009	3257	1420
Høg-Jæren 1	2011	3310	1121
gjennomsnitt		2734	1330

**Tabell 5** Fullasttimer og energi produsert per sveipt areal for vindkraftverk som var i normal drift i 2012. Gjennomsnittsverdien for fullasttimer er vektet etter parkstørrelse.

Brukstiden for alle kraftverkene sett under ett er ca. 2734 timer, som tilsvarer en kapasitetsfaktor på 31 %. Brukstiden varierte mellom 1015 og 3580 timer for kraftverk i normal drift. Energi per sveipt areal varierte mellom 416 og 1970.

Med tilgjengelighet menes andel av tiden et vindkraftverk har vært driftsklart. Alle vindturbiner er tidvis utilgjengelig for produksjon på grunn av vedlikehold, tekniske feil og andre uregelmessigheter. Hvis et kraftverk består av flere turbiner beregnes gjennomsnittlig tilgjengelighet for vindturbinene. En vindturbin regnes i denne sammenheng som tilgjengelig også når den står stille som følge av for svak eller for sterk vind. Årstilgjengelighet sier med

andre ord noe om den tekniske driftsstabiliteten til vindkraftverket, men intet om vindforholdene.

Årstilgjengeligheten for kraftverk i normal drift varierte i 2012 mellom 56 % og 99,2 %. Vektet etter parkstørrelse er gjennomsnittlig tilgjengelighet for produksjonssystemet 95,6 %. Dette er noe høyere enn tidligere år og reflekterer trolig en læringseffekt og høyere kompetanse i driften av norske vindkraftverk.

## 4 Vedlegg:

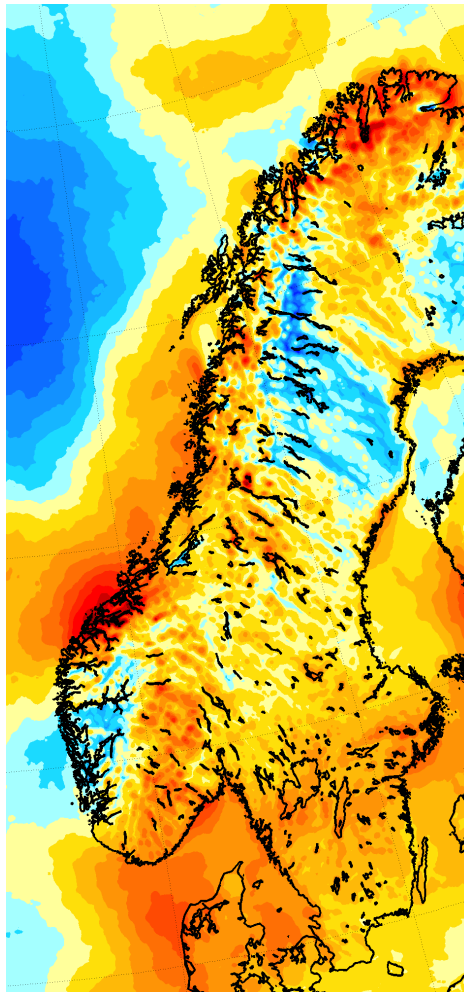
A: Vind- og produksjonsindekser 2012

B: Vind- og produksjonsindekser 2011



# Vind- og produksjonsindekser 2012

Rapport nr: KVT/2013/R007/RK



Rapportnummer <b>KVT/RK/2013/007</b>	Dato 30.01.2013
<b>Vind- og produksjonsindekser for Norge 2012</b>	Klassifisering Åpen
	Utgave nummer. 0
	Antall sider 12
Kunde <b>NVE</b>	Status Endelig
Kundens referanse <b>David E. Weir</b>	

**Sammendrag**

Denne rapporten beskriver vind- og produksjonsindeksene for vindparkene i Norge for 2012. Det er benyttet to ulike metoder for beregning av produksjonsindekser. Metode 1 tar hensyn til tekniske forhold samt lokale topografiske og klimatiske forhold i vindparken. Metode 2 er en enklere og mer generalisert metode.

Det er oppført fire nye vindparker i Norge i 2012, Midtfjellet, Lista, Ytre Vikna og Fakken. For disse vindparkene er metode 2 benyttet i beregningen av produksjonsindekser.



Vindindeksene viser store geografiske variasjoner i 2012. For vindparkene i Norge varierer vindindeksene fra 97.6 % til 108.5 %, med den høyeste verdien for Harøy Sandøy vindpark. De høyeste vindindeksene ser man rett nord for Stadt og for Harøy Sandøy vindpark tilsvarer dette en produksjonsindeks på 116.6 %. For Midtfjellet Vindpark tilsvarer en vindindeks på 97.6 % en produksjonsindeks på 93.9 %.

**Forbehold**

Selv om det i arbeidet med denne rapporten, så langt vi kjenner til, er benyttet oppdaterte analysemetoder, og vi i vårt arbeid forsøker å gi et så godt resultat som mulig, kan Kjeller vindteknikk AS ikke holdes ansvarlig for resultatene i rapporten eller for framtidig bruk av denne, og heller ikke for eventuelle direkte eller indirekte tap som skyldes eventuelle feil i rapporten.

**Revisjonshistorie**

Utgave	Dato	Antall eksemplarer	Kommentar	Distribusjon
Endelig	30.01.2013	Elektronisk		Åpen

	Navn	Dato	Signatur
Utført av	Reiar Kravik		
Kontrollert av	Lars Tallhaug	30/1-2013	
Godkjent av	Erik Berge	30.01.2013	



# Innhold

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DATAGRUNNLAG</b> .....	<b>5</b>
	2.1 WRF	5
	2.2 EFFEKTURVER	6
	2.3 TURBINPOSISJONER	7
	2.4 TERRENG OG RUHETSDATA	7
<b>3</b>	<b>METODE</b> .....	<b>8</b>
	3.1 PRODUKSJONSINDEKSER BEREGNET MED METODE 1	8
	3.2 PRODUKSJONSINDEKSER BEREGNET MED METODE 2	8
<b>4</b>	<b>VIND- OG PRODUKSJONSINDEKSER 2012</b> .....	<b>9</b>
	4.1 RESULTAT FOR 2012	9
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFI</b> .....	<b>12</b>

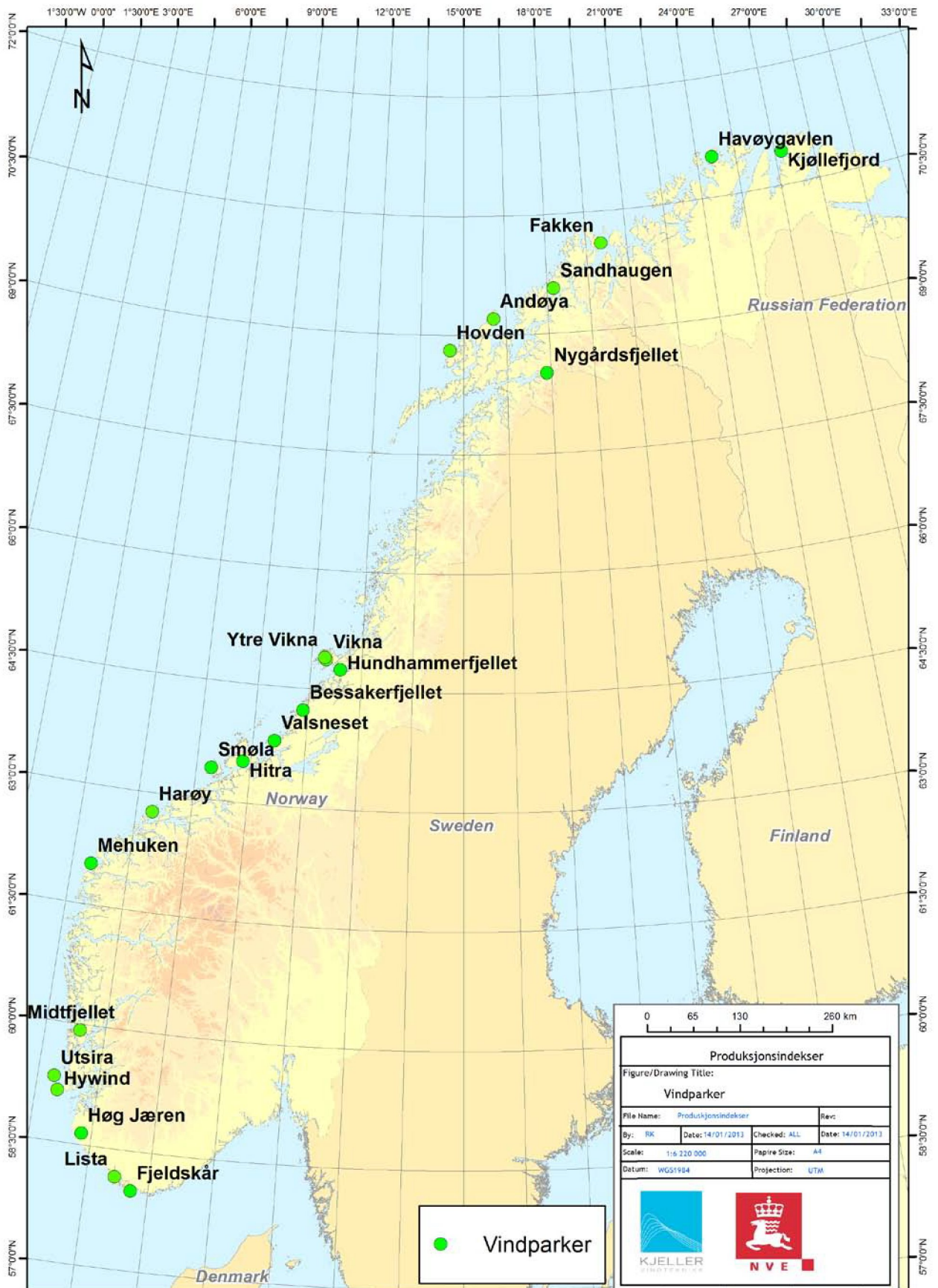
# 1 Innledning

---

Indekser for årlig vind og vindenergiproduksjon er levert av Kjeller Vindteknikk til NVE siden 2006. Metodikken har endret seg underveis i denne perioden ettersom tilgangen på vinddata har blitt bedre. I denne rapporten benyttes to metodikker beskrevet i tidligere rapporter, (KVT/RK/2012/069 2012) og (KVT/RK/2010/028 2010).

Det har vært fire nye vindparker under oppføring 2012, Midtfjellet, Lista, Ytre Vikna og Fakken. Vind- og produksjonsindekser for disse parkene er inkludert i denne rapporten.

En oversikt over vindparkene i Norge er gitt i Figur 1-1.



Figur 1-1 Vindparker i Norge.

## 2 Datagrunnlag

For å beregne vind- og produksjonsindekser er det benyttet en meteorologisk modell (WRF) som beregner vindhastighet og vindretning for hver time i et grid som dekker Norge. Data for det nærmeste gridpunkt til hver vindpark er benyttet i denne analysen.

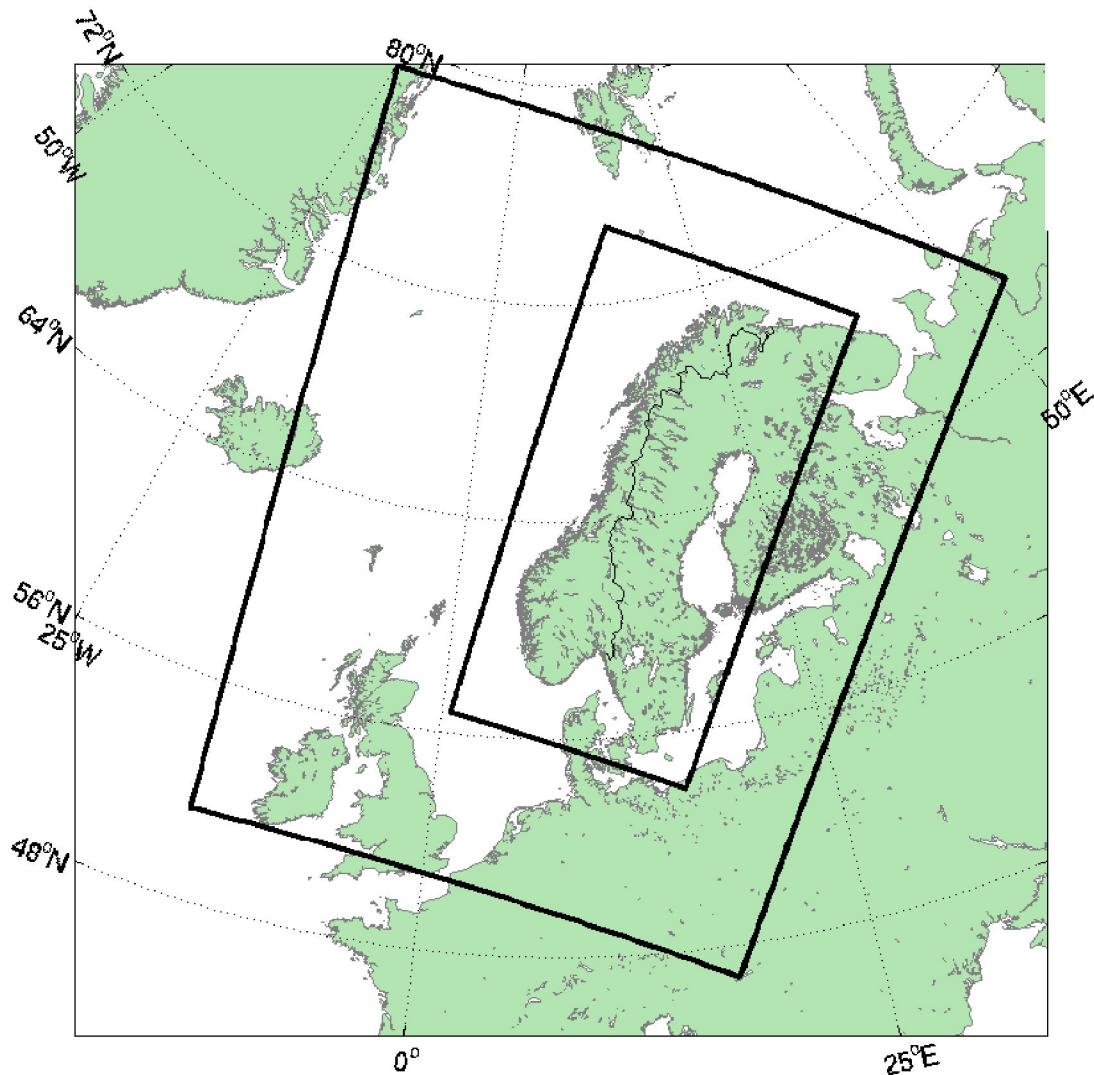
### 2.1 Beskrivelse av WRF simuleringene

Weather Research and Forecast (WRF) modellen er en mesoskala numerisk værvarslingsmodell som benyttes både for værvarsling og til forskningsformål. En beskrivelse av modellen finnes på siden <http://www.wrfmodel.org/>.

Versjon 3.2.1 benyttet for denne analysen er beskrevet i (Skamarock, et al. 2008). Øvrig informasjon angående modellens oppbygging, numeriske rutiner og fysiske detaljer er beskrevet i for eksempel (Klemp, Skamarock and Dudhia 2000) og (Michalakes, et al. 2001). Utvikling av modellen gjøres i hovedsak av ulike forsknings- og akademiske organisasjoner i USA. Modellen har et stort antall brukere, noe som blant annet skyldes at modellen representerer state-of-the-art innen mesoskala modellering, modellen er godt dokumentert og at programvaren er åpen.

De viktigste input parametrene til modellen er geografiske og meteorologiske data. De geografiske dataene er fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Disse dataene inkluderer topografi og albedo. Vegetasjon er hentet fra N50 data fra Statens kartverk i Norge og fra GSD Markttäcke fra Landmäteriet for områder i Sverige. Disse parametrene er spesielt viktig for vindhastighetene i beregningslagene nærmest bakken. Meteorologiske data brukes som initial- og grensebetingelser. Globale meteorologiske data med oppløsning på 1° og seks timer er gitt fra National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Data fra NCEP tar utgangspunkt i Final Global Data Assimilation System (FNL). Det globale meteorologiske datasettet består av mange observasjoner, både fra værstasjoner på bakkenivå, vertikal profilmålinger basert på radiosonder, luftfartøy og satellitter. Alle observasjonene samles i en modell, og man oppnår da et godt bilde av situasjonen i atmosfæren fire ganger per døgn. Ytterligere informasjon angående datasettet finnes på siden <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/para/parabout.html>.

Vinddata fra mesoskala modellen WRF med en horisontaloppløsning på 1 km x 1 km for 2005 er beskrevet i (Byrkjedal og Åkervik 2009). Byrkjedal & Åkervik, 2009, gir også en detaljert beskrivelse av WRF modellen. For å beregne de årlige vind- og produksjonsindeksene er det nødvendig med lengre tidsserier. Det er for Norge kjørt en WRF simulering med 4 km x 4 km horisontal oppløsning for perioden 2000-2012. Oppsettet av simuleringen med 4 km x 4 km er vist i indre rektangel i Figur 2-1. Det er også tatt ut trykk- og tetthetsdata for 4 km x 4 km simuleringen for å beregne tetthet for vindparkene. Dataene fra WRF modellen har en oppløsning i tid på 1 time.



Figur 2-1 Modelloppsett for WRF modellen. Det innerste rektangelet viser modelloppsettet med 4 km x 4 km horisontal oppløsning som er kjørt for perioden 2000-2011.

## 2.2 Effektkurver

Det er ut fra offentlig tilgjengelig materiale funnet informasjon om effektkurvene til de ulike vindturbinene i de ulike vindparkene. Turbintypene som er benyttet i de ulike vindparkene er gitt i Tabell 2-1. Effektkurvene til de ulike vindparkene er gitt i (KVT/RK/2012/069 2012) og er hentet fra WindPRO2.8 (Harstveit, K. 2004) sin database. For Hundhammerfjellet vindpark er det ikke funnet en effektkurve for de tidligere 3.0 MW SCANWIND turbinene. Kjeller Vindteknikk har derfor valgt å benytte en Vestas V90 3.0 MW turbin i alle posisjonene på Hundhammerfjellet. For Smøla 1 det ikke funnet effektkurve for Bonus 2.0 MW turbinen, og effektkurven som er benyttet for disse turbinene er en nedskalert Bonus 2.3 MW som også er benyttet i Smøla 2. Effektkurvene for de ulike turbinene er hentet fra WinPRO2.8.

Tabell 2-1 Turbintype i de ulike vindparkene i Norge

Vindpark	Steg 1	Steg II
Smøla	Bonus 2.0 MW 76	Bonus 2.3 MW 82
Høg Jæren	Siemens SWT 2.3 MW 93	
Bessakerfjellet	Enercon E71 2.3 MW	
Hitra	Bonus 2.3 82	
Kjøllefjord	Siemens 2.3 MW 82	
Havøygavlen	Nordex N80 2.5 MW	Siemens SWT 3.0 MW 101
Nygårdsfjellet	Siemens SWT 2.3 MW 82	Siemens SWT 2.3 MW 93
Mehuken	Vestas V52 0.85	Enercon E71 2.3 MW
Valsneset	Enercon E71 2.3 MW	
Hundhammerfjellet	Vestas V90 3.0 MW*	
Lindesnes	Wind World W4800/740	

\*Valgt pga manglende effektkurve for turbinene i vindparken

## 2.3 Turbinposisjoner

Posisjonene til alle vindkraftverkene i Norge er tilgjengelig i N50 databasen<sup>1</sup>. Den delen av databasen som inneholder posisjoner oppdateres to ganger i året. Data med alle turbinposisjonene i Norge er levert av Nordeca, og er mottatt i april 2012. En oversikt over vindparkene i Norge er gitt i Figur 1-1. For Høg-Jæren vindpark er det gjort beregninger med 26 vindturbiner basert på N50 databasen pr april 2012.

## 2.4 Terreng og ruhetsdata

Ruheten til terrenget i og rundt vindparkene er vurdert, og tegnet manuelt for bruk i WindPRO beregningene av parkeffektkurver. Ruhetsklassifiseringen som er brukt for prosjektene er gitt i Tabell 2-2. Høydekoter med ekvidistanse 20 meter er tatt ut av N50 databasen for områdene i og rundt vindparkene, og disse er brukt i beregningene i WindPRO.

Tabell 2-2 Oversikt over valgte ruhetsklasser for beregning av parkeffektkurver for norske vindparker.

Type område	Ruhetslengde z0 [m]
Sjø/vann	0.0002
Bart fjell	0.03
Jordbruksområde	0.1
Skog	0.6

<sup>1</sup> www.statkart.no

## 3 Metode

---

### 3.1 Produksjonsindekser beregnet med metode 1

Det er utarbeidet et WindPRO prosjekt for hver enkelt vindpark for å beregne effektkurvene til de ulike vindparkene. WindPRO prosjektene består av høydekoter og ruhetslengde til terrenget i og rundt vindparkene, langtidskorrigerede vindforhold i vindparken, turbinposisjoner og turbinetype. Ved å benytte disse parametrene i WindPRO blir det beregnet retningsspesifikke effektkurver (12 sektorer) og en effektkurve som antar en normal vindretningsfordeling. Disse effektkurvene tar hensyn til effektkurven til hver enkelt turbin, topografien i vindparken og wakeeffektene mellom turbinene. De retningsspesifikke effektkurvene (12 sektorer) og effektkurven som antar en normal vindretningsfordeling er presentert i (KVT/RK/2012/069 2012). Øvrige tap påvirker ikke indeksen, og er derfor utelatt.

Ut fra de retningsspesifikke effektkurvene er det beregnet produksjonsindekser for 2012 basert på timesdata av vind, trykk og temperatur.

### 3.2 Produksjonsindekser beregnet med metode 2

Metode to for beregning av produksjonsindekser er beskrevet i (KVT/RK/2010/028 2010). For disse vindparkene er det benyttet en normalisert effektkurve basert på en Siemens 2.3 MW turbin med 5 % vaketap. Vaketape i de små vindparkene påvirker energiproduksjonen mindre enn i større vindparker med flere rekker med vindturbiner. Den normaliserte effektkurven og timesdata av vind er benyttet for å beregne produksjonsindekser for 2012.

## 4 Vind- og produksjonsindekser 2012

---

Det er beregnet produksjonsindekser for 2012 i forhold til en langtidsserie på 12 år, 2000-2011. Langtidsreferansen på 12 år er valgt for å kunne sammenligne resultatene fra tidligere år, (KVT/RK/2012/069 2012) .

### 4.1 Resultat for 2012

Det er beregnet vind- og produksjonsindekser for 2012 for alle vindparker i Norge, og disse er presentert i Tabell 4-1. Det er utført vind og produksjonsindekser for fire nye vindparker i Norge, Midtfjellet, Lista, Ytre Vikna og Fakken. Metodikk 2 benyttet ved beregning av produksjonsindekser for disse vindparkene.

Figur 4-1 viser avvik i middelvind for hele Norge, og en kan se fra figuren at 2012 var et år med geografiske variasjoner i middelvinden. For vindparkene, Tabell 4-1, ser en at det er fem vindparker som har lavere middelvind enn normalt. Når det gjelder produksjonsindeksen er det derimot fire vindparker som skal produsere lavere enn normalt. Forskjellen mellom antall vindparker med lavere vind enn normalt og produksjonsindeks lavere enn normalen skyldes at andre forhold enn middelvinden har betydning for produksjonen. Dette kan blant annet være retningsvise vaketap, turbinplassering, turbintype og tetthet.

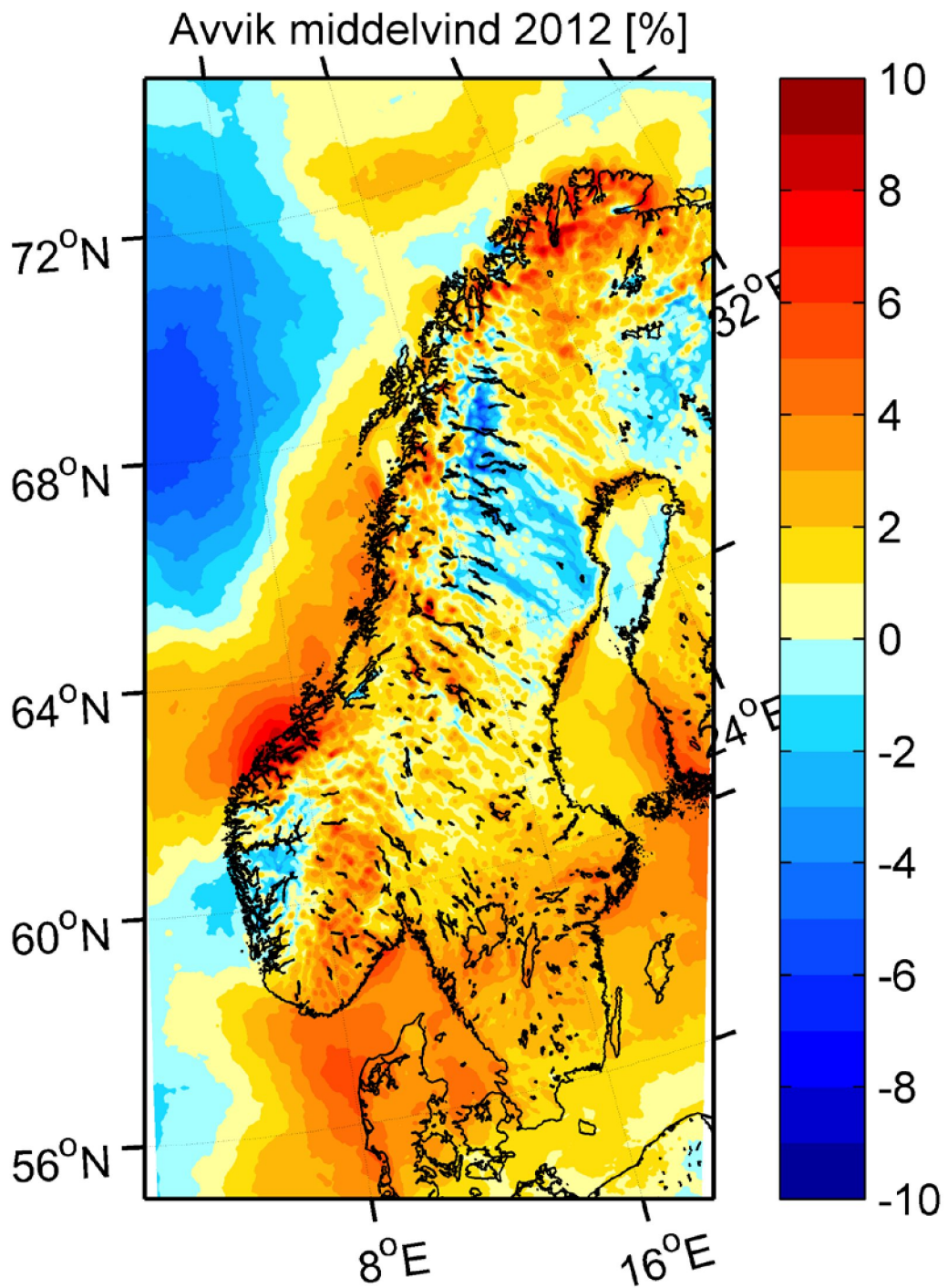
Den høyeste vind og produksjonsindeksen finner man i vindparkene rett nord av Stadt, Harøy Sandøy, Smøla og Hitra. For Harøy Sandøy er vindindeksen 108.5 %, noe som gir en produksjonsindeks på 116.6 %.

For Høg Jæren Vindpark er vindindeksen høyere enn produksjonsindeksen. Dette skyldes at andre forhold enn middelvinden har betydning for energiproduksjonen.



Tabell 4-1 Middelvind for 2012 (U2012) og langtidsvind for 2000-2011 (U2000-2011) fra WRF, samt vind og produksjonsindeks for vindparkene i Norge. For vindparker med grå bakgrunn er metode 2 (forenklet) benyttet for beregning av produksjonsindeks.

	U2012	U2000- 2011	Vindindeks 2012 [%]	Produksjonsindeks 2012 [%]
Andøya	7.1	7.1	99.8	99.8
Hovden Vesterålen	8.5	8.5	100.6	101.4
Vikna I & II	8.6	8.2	104.2	109.1
Harøy Sandøy	8.7	8.0	108.5	116.6
Sandhaugen	7.2	7.1	101.4	102.5
HYWIND	9.6	9.7	99.6	99.5
Midtfjellet	8.5	8.7	97.6	93.9
Fakken	7.2	7.1	100.8	101.0
Ytre Vikna	8.7	8.4	104.2	108.9
Lista	8.9	8.6	103.2	105.1
Utsira	9.2	9.3	99.1	98.4
Mehuken	10.4	10.1	102.7	105.2
Smøla	7.8	7.4	106.0	113.1
Havøygavlen	8.5	8.3	102.5	105.7
Hundhammerfjellet	8.1	7.8	103.3	107.4
Høg Jæren	9.2	9.1	101.2	100.0
Eldsfjellet Hitra	7.8	7.5	104.6	109.8
Fjeldskaar Lindesnes	8.9	8.6	103.6	106.2
Gartefjellet Kjøllefjord	8.5	8.2	104.2	107.7
Nygaardsfjellet	6.5	6.5	99.9	100.4
Valsneset	8.7	8.3	104.2	110.3
Bessakerfjellet	8.9	8.7	102.2	106.1



Figur 4-1 Avvik i middelvind i % for 2012 sammenlignet med en referanseperiode fra 2000 til 2011.

## 5 Bibliografi

---

Byrkjedal, Ø., og E Åkervik. «Vindkart for Norge.» 9/2009: NVE, 2009.

Harstveit, K. «Estimating long-term wind distribution from short-term data set using a reference station.» *European Community Wind Energy Conference, EWEC*, 2004: 87-90.

Klemp, J. B., W. C. Skamarock, and J. Dudhia. *Conservative split-explicit time integration methods for the compressible non-hydrostatic equations*. see <http://www.wrf-model.org/>, 2000.

KVT/RK/2010/028. *Vind- og produksjonsindekser for Norge 2009*. Kravik, R, Berge, E. and Byrkjedal, Ø: Kjeller Vindteknikk (NVE report), 2010.

KVT/RK/2012/069. *Vind- og produsjonsindekser 2011*. Kjeller: KVT, 2012.

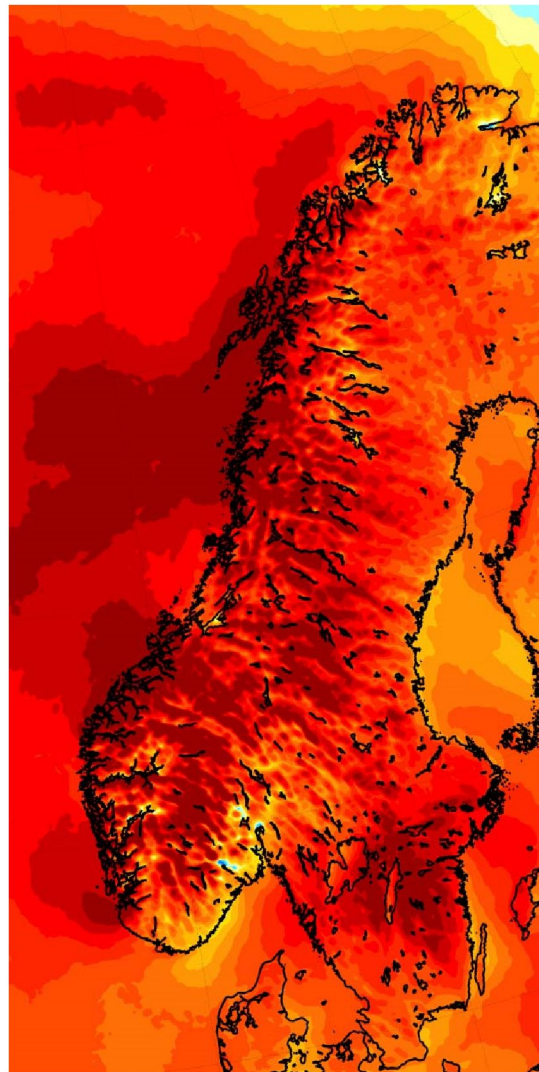
Michalakes, J., S., Dudhia, J. Chen, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, og W. Skamarock. *Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model*. Singapore: Eds. Walter Zwiefelhofer and Norbert Kreitz. World Scientific, 2001, 269-27.

Skamarock, W. C., et al. *A Description of the Advanced Research WRF Version 3*. Technical Note NCAR/TN-475+STR, Boulder, U.S.: NCAR, 2008.



# Vind- og produksjonsindekser 2011

Rapport nr: KVT/2012/R069/RK



Rapportnummer <b>KVT/RK/2012/069</b>	Dato 13.11.2012
<b>Vind- og produksjonsindekser for Norge 2011</b>	Klassifisering Åpen
	Utgave nummer. 2
Kunde <b>NVE</b>	Antall sider 16
Kundens referanse <b>David E. Weir</b>	Status Endelig

**Sammendrag**

En ny metode er utarbeidet for å beregne vind- og produksjonsindekser for vindparker i Norge. Denne metoden bruker lokalt terreng og ruhet, langtidskorrigerede vindforhold, lokale tetthetsvariasjoner, turbinposisjoner og turbinetype for å beregne produksjonsindekser i de ulike vindparkene. Den nye metoden er benyttet for de større vindparkene i Norge. For de mindre vindparkene i Norge antas det at blant annet vakeeffekter vil ha mindre betydning og opprinnelig metode (KVT/RK/2010/028, 2010) er derfor benyttet ved beregning av produksjonsindekser. Den nye metoden gir et bedre resultat når man ser på rapportert produksjon dividert med produksjonsindeks for 2010 og 2011 sammenlignet med opprinnelige metode.

Vindindeksene for 2011 viser vind over normalen for hele landet. For vindparkene i Norge varierer vindindeksene fra 105.1 % til 110.4 %, med den høyeste verdien for Smøla vindpark. For Smøla vindpark tilsvarte dette en produksjonsindeks på 117.8 %. Produksjonsindeksen for de resterende vindparkene varierte mellom 108.1 % og 119.2 %.




Vind og produksjonsindekser er også beregnet for alle år tilbake til 2006 med referanseperiode fra 2000-2011. Dette fører til at indeksene kan avvike noe fra tidligere rapporter. Fra produksjonsindeksene kan en se at 2007 og 2011 var gode år for vindkraft.

**Forbehold**

Selv om det i arbeidet med denne rapporten, så langt vi kjenner til, er benyttet oppdaterte analysemetoder, og vi i vårt arbeid forsøker å gi et så godt resultat som mulig, kan Kjeller Vindteknikk AS ikke holdes ansvarlig for resultatene i rapporten eller for framtidig bruk av denne, og heller ikke for eventuelle direkte eller indirekte tap som skyldes eventuelle feil i rapporten.

**Revisjonshistorie**

Utgave	Dato	Antall eksemplar	Kommentar	Distribusjon
1	31.08.2012		Endelig	
2	13.11.2012		Tilrettelegging for offentliggjøring	

	Navn	Dato	Signatur
Utført av	Reiar Kravik og Sónia Liléo	13/11/2012	
Kontrollert av	Lars Tallhaug	13/11-2012	
Godkjent av	Erik Berge	13.11.2012	

# Innhold

---

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DATAGRUNNLAG</b> .....	<b>5</b>
	2.1 WRF	5
	2.2 EFFEKTURVER	6
	2.3 TURBINPOSISJONER	7
	2.4 TERRENG OG RUHETSDATA	7
<b>3</b>	<b>METODE</b> .....	<b>8</b>
	3.1 EFFEKTURVER	8
	3.2 PRODUKSJONSINDEKSER BEREGNET MED NY METODE FOR STØRRE VINDPARKER	8
	3.3 PRODUKSJONSINDEKSER FOR SMÅ VINDPARKER	12
<b>4</b>	<b>VIND- OG PRODUKSJONSINDEKSER 2011</b> .....	<b>13</b>
	4.1 RESULTAT FOR 2011	13
	4.2 INDEKSER FOR TIDLIGERE ÅR	14
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFI</b> .....	<b>16</b>
	APPENDIKS A EFFEKTURVER FOR TURBINENE.....	
	APPENDIKS B EFFEKTURVER FOR VINDPARKENE .....	
	APPENDIKS C KART OVER OMRÅDENE .....	

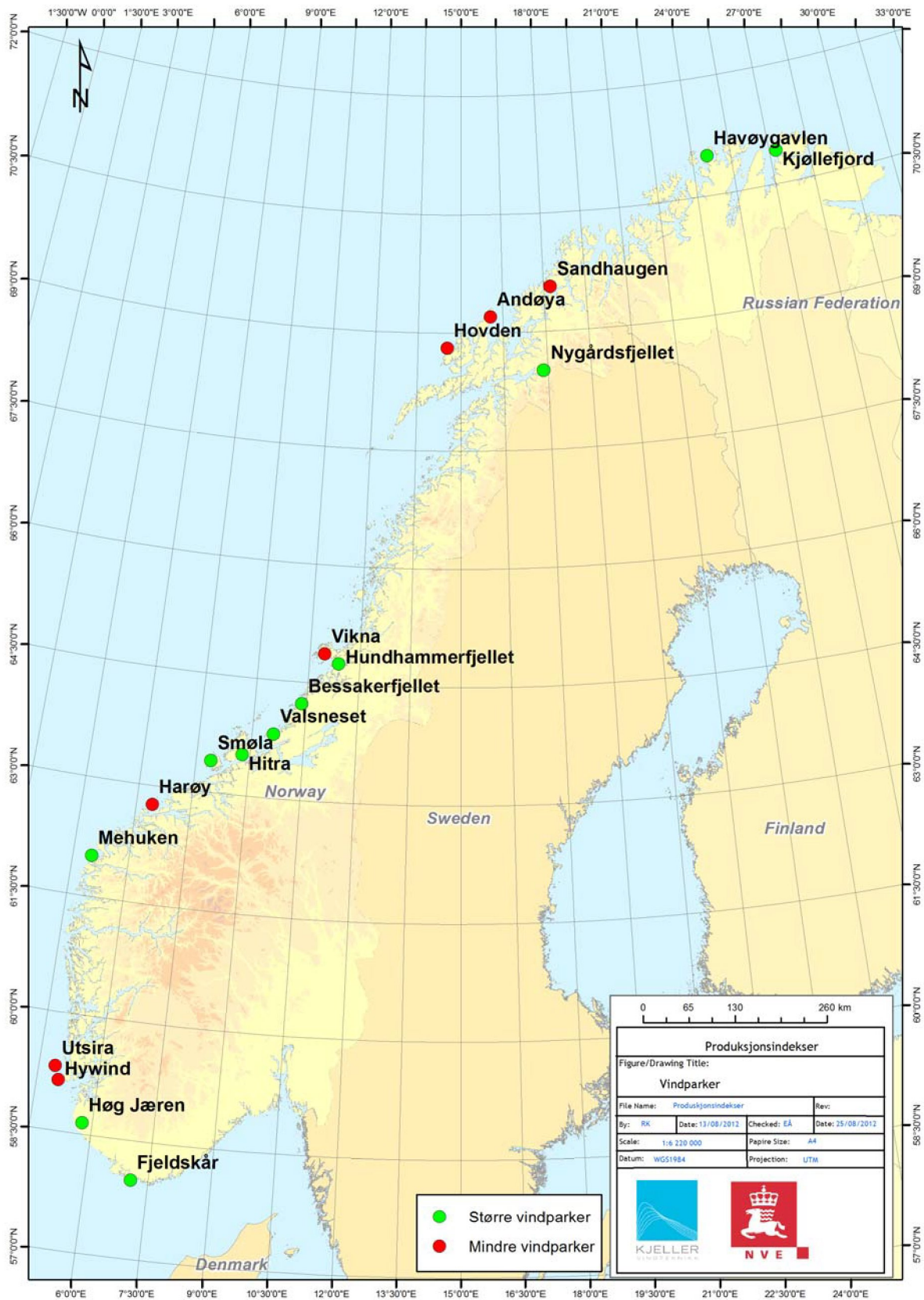
# 1 Innledning

---

Indekser for årlig vind og vindenergiproduksjon er levert av Kjeller Vindteknikk til NVE siden 2006. Metodikken har endret seg underveis i denne perioden ettersom tilgangen på vinddata har blitt bedre.

De første vindindeksene ble utarbeidet ved å homogenisere vindobservasjoner for et utvalg av met.no sine 10 m vindstasjoner langs Norges kyst. Dette ble gjort ved hjelp av hindcast offshore modelldata, og ved deretter å justere vindnivået til vindklimaet i vindparkene. I 2009 utarbeidet Kjeller Vindteknikk et vindkart for Norge ved å utføre 1 år med meso-skala beregninger i 1 km x 1 km ruter og 10 år med meso-skala beregninger i 5 km x 5 km ruter (Byrkjedal og Åkervik, 2009). Dette datasettet gav en mer spesifikk vind- og produksjonsindeks for de gjeldende vindparkene i Norge. Datasettet gav også et innblikk i de store variasjonene i vindindeksen over korte geografiske områder (KVT/RK/2010/028, 2010).

Hensikten med denne rapporten er å beskrive en videreutvikling av metodikken for å beregne vind- og produksjonsindekser, samt og presentere og diskutere resultatene fra den nye metodikken. Den nye metodikken benytter data fra 1 km x 1 km simuleringen som i tidligere metode i tillegg til data fra en langtidssimulering, 2000-2011, med en horisontal oppløsning på 4 km x 4 km. Det er også benyttet eksakte turbinposisjoner, turbintype, samt lufttetthet og vindretning fra WRF for å ta hensyn til ulike forhold som påvirker energiproduksjonen i vindparkene.



Figur 1-1 Vindparker i Norge. Større vindparker der ny metode er benyttet i beregning av produksjonsindeks er gitt i grønn, mens mindre vindparker der en enklere metode er benyttet i beregningen av produksjonsindekser er gitt i rødt.



## 2 Datagrunnlag

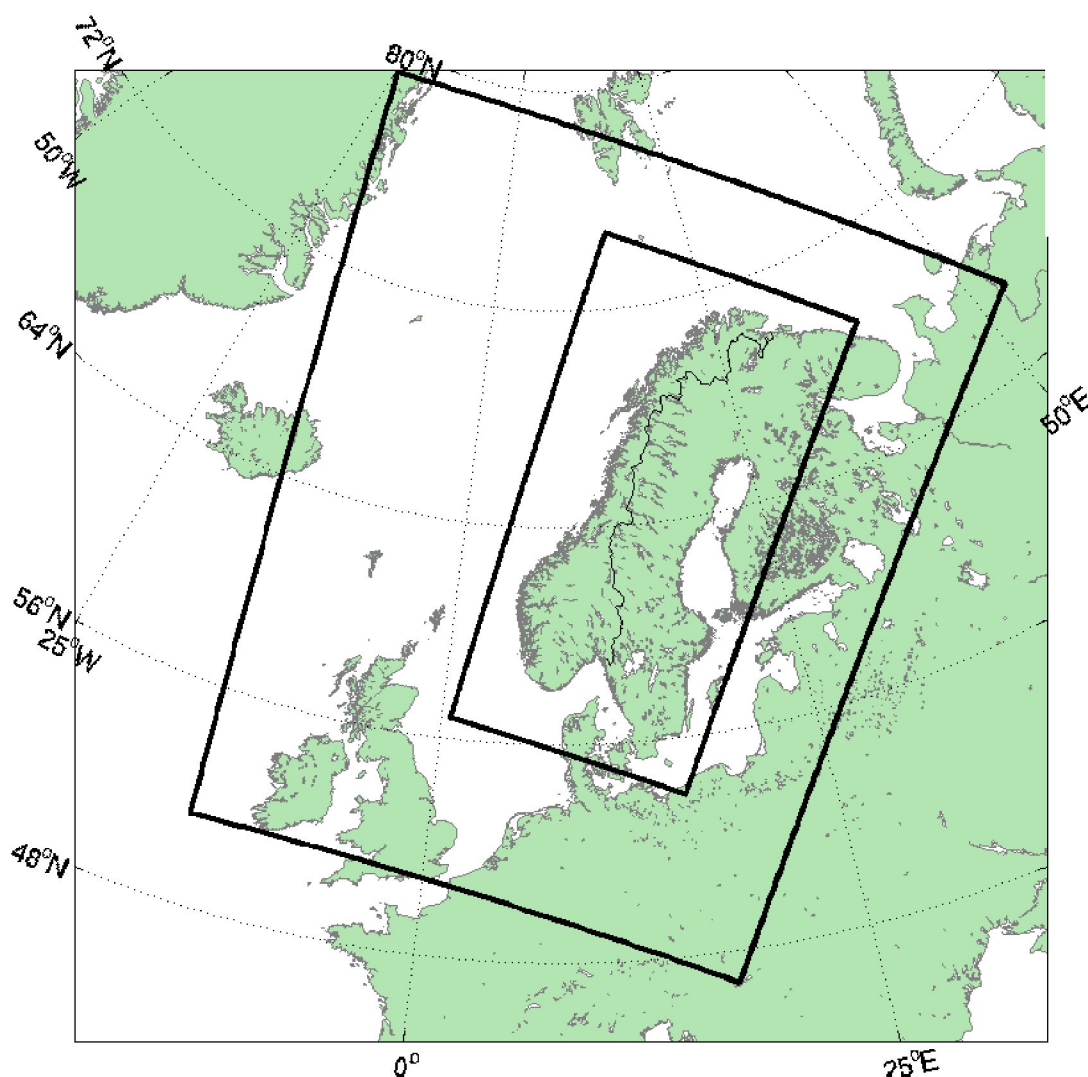
### 2.1 WRF

Weather Research and Forecast (WRF) modellen er en mesoskala numerisk værvarslingsmodell som benyttes både for værvarsling og til forskningsformål. En beskrivelse av modellen finnes på siden <http://www.wrfmodel.org/>.

Versjon 3.2.1 benyttet for denne analysen er beskrevet i (Skamarock, et al., 2008). Øvrig informasjon angående modellens oppbygging, numeriske rutiner og fysiske detaljer er beskrevet i for eksempel (Klemp, Skamarock, & Dudhia, 2000) og (Michalakes, Chen, Hart, Klemp, Middlecoff, & Skamarock, 2001). Utvikling av modellen gjøres i hovedsak av ulike forsknings- og akademiske organisasjoner i USA. Modellen har et stort antall brukere, noe som blant annet skyldes at modellen representerer state-of-the-art innen mesoskala modellering, modellen er godt dokumentert og at programvaren er åpen.

De viktigste input parametrene til modellen er geografiske og meteorologiske data. De geografiske dataene er fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Disse dataene inkluderer topografi og albedo. Vegetasjon er hentet fra N50 data fra Statens kartverk i Norge og fra GSD Marktäkce fra Landmåteriet for områder i Sverige. Disse parametrene er spesielt viktig for vindhastighetene i beregningslagene nærmest bakken. Meteorologiske data brukes som initial- og grensebetingelser. Globale meteorologiske data med oppløsning på 1° og seks timer er gitt fra National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Data fra NCEP tar utgangspunkt i Final Global Data Assimilation System (FNL). Det globale meteorologiske datasettet består av mange observasjoner, både fra værstasjoner på bakkenivå, vertikal profilmålinger basert på radiosonder, luftfartøy og satellitter. Alle observasjonene samles i en modell, og man oppnår da et godt bilde av situasjonen i atmosfæren fire ganger per døgn. Ytterligere informasjon angående datasettet finnes på siden <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/para/parabout.html>.

Vinddata fra mesoskala modellen WRF med en horisontaloppløsning på 1 km x 1 km for 2005 er beskrevet i (Byrkjedal & Åkervik, 2009). Byrkjedal & Åkervik, 2009, gir også en detaljert beskrivelse av WRF modellen. For å beregne de årlige vind- og produksjonsindeksene er det nødvendig med lengre tidsserier. Det er for Norge kjørt en WRF simulering med 4 km x 4 km horisontal oppløsning for perioden 2000-2011. Oppsettet av simuleringen med 4 km x 4 km er vist i indre rektangel i Figur 2-1. Det er også tatt ut trykk- og tetthetsdata for 4 km x 4 km simuleringen for å beregne tetthet for vindparkene. Dataene fra WRF modellen har en oppløsning i tid på 1 time.



Figur 2-1 Modelloppsett for WRF modellen. Det innerste rektangelet viser modelloppsettet med 4 km x 4 km horisontal oppløsning som er kjørt for perioden 2000-2011.

## 2.2 Effektkurver

Det er ut fra offentlig tilgjengelig materiale funnet informasjon om effektkurvene til de ulike vindturbinene i de ulike vindparkene. Turbintypene som er benyttet i de ulike vindparkene er gitt i Tabell 2-1. Effektkurvene til de ulike vindparkene er gitt i Appendiks og er hentet fra WindPRO2.8 (EMD, May, 2012) sin database. For Hundhammerfjellet vindpark er det ikke funnet en effektkurve for de tidligere 3.0 MW SCANWIND turbinene. Kjeller Vindteknikk har derfor valgt å benytte en Vestas V90 3.0 MW turbin i alle posisjonene på Hundhammerfjellet. For Smøla 1 det ikke funnet effektkurve for Bonus 2.0 MW turbinen, og effektkurven som er benyttet for disse turbinene er en nedskalert Bonus 2.3 MW som også er benyttet i Smøla 2. Effektkurvene for de ulike turbinene er hentet fra WinPRO2.8 og er vedlagt i Appendiks A.

Tabell 2-1 Turbintype i de ulike vindparkene i Norge

Vindpark	Steg 1	Steg II
Smøla	Bonus 2.0 MW 76	Bonus 2.3 MW 82
Høg Jæren	Siemens SWT 2.3 MW 93	
Bessakerfjellet	Enercon E71 2.3 MW	
Hitra	Bonus 2.3 82	
Kjøllefjord	Siemens 2.3 MW 82	
Havøygavlen	Nordex N80 2.5 MW	Siemens SWT 3.0 MW 101
Nygårdsfjellet	Siemens SWT 2.3 MW 82	Siemens SWT 2.3 MW 93
Mehuken	Vestas V52 0.85	Enercon E71 2.3 MW
Valsneset	Enercon E71 2.3 MW	
Hundhammerfjellet	Vestas V90 3.0 MW*	
Lindesnes	Wind World W4800/740	

\*Valgt pga manglende effektkurve for turbinene i vindparken

## 2.3 Turbinposisjoner

Posisjonene til alle vindkraftverkene i Norge er tilgjengelig i N50 databasen<sup>1</sup>. Den delen av databasen som inneholder posisjoner oppdateres to ganger i året. Data med alle turbinposisjonene i Norge er levert av Nordeca, og er mottatt i april 2012. En oversikt over vindparkene i Norge er gitt i Figur 1-1. En oversikt over turbinposisjonene i hver enkelt vindpark er gitt i Appendiks. Høg-Jæren vindpark er under utbygging, og det er 26 vindturbiner i N50 databasen pr april 2012.

## 2.4 Terreng og ruhetsdata

Ruheten til terrenget i og rundt vindparkene er vurdert, og tegnet manuelt for bruk i WindPRO beregningene av parkeffektkurver. Ruhetsklassifiseringen som er brukt for prosjektene er gitt i Tabell 2-2. Høydekoter med ekvidistanse 20 meter er tatt ut av N50 databasen for områdene i og rundt vindparkene, og disse er brukt i beregningene i WindPRO.

Tabell 2-2 Oversikt over valgte ruhetsklasser for beregning av parkeffektkurver for norske vindparker.

Type område	Ruhetslengde z0 [m]
Sjø/vann	0.0002
Bart fjell	0.03
Jordbruksområde	0.1
Skog	0.6

<sup>1</sup> www.statkart.no

## 3 Metode

### 3.1 Effektkurver

Det er utarbeidet et WindPRO prosjekt for hver enkelt vindpark for å beregne effektkurvene til de ulike vindparkene. WindPRO prosjektene består av høydekoter og ruhetslengde til terrenget i og rundt vindparkene, langtidskorrigerede vindforhold i vindparken, turbinposisjoner og turbintype. Ved å benytte disse parametrene i WindPRO blir det beregnet retningsspesifikke effektkurver (12 sektorer) og en effektkurve som antar en normal vindretningsfordeling. Disse effektkurvene tar hensyn til effektkurven til hver enkelt turbin, topografien i vindparken og wakeeffektene mellom turbinene. De retningsspesifikke effektkurvene (12 sektorer) og effektkurven som antar en normal vindretningsfordeling er presentert i Appendiks B.

### 3.2 Produksjonsindekser beregnet med ny metode for større vindparker

Det er utviklet en metode som beregner produksjonsindekser basert på effektkurvene beregnet for hver enkelt vindpark og tidsserier av vind, vindretning, trykk og temperatur. De ulike parameterne bidrar i ulik grad, og en følsomhetsanalyse er derfor gjort for de ulike parameterne. I følsomhetsanalysen er det fokusert på parameterne;

- Middelvindnivå
- Tetthet
- Ulike effektkurver
- Samlet vurdering av ny metode

To forkortelser er benyttet i denne følsomhetsanalysen, og disse er som følger:

- PI = Produksjonsindeks [%]
- RP = Rapportert produksjon [GWh/år]

Informasjonen om hvilken middelvind det er i hver enkelt park er sprikende ut fra offentlig tilgjengelig informasjon. For at denne analysen skal gjøres med en mest mulig uavhengig metode for alle parkene, har vi benyttet vinddata fra mesoskalamodellen WRF med en tidsoppløsning på en time for å beregne middelvind i vindparkene. Langtidsmiddelvind for tre av vindparkene som tidligere har blitt skalert skjønnessig (KVT/RK/2010/028, 2010) og (KVT/RK/2010/028, 2010) er nå ikke skalert for å gjøre produksjon og vindindeksen mest mulig uavhengig for alle vindparker. Det er gjort en sensitivitetstest for to vindparker der produksjonsindeksen er beregnet med ulik langtidsmiddelvind og resultatene er gitt i Tabell 3-1. Tabellen viser at variasjonen i produksjonsindeks fra år til år er større med lav middelvind enn med høy middelvind i vindparken. Vi finner både den høyeste og den laveste produksjonsindeksen i kolonnen for lav middelvind. Dersom produksjonsindeksen skal brukes til nøyaktige analyser av normalårsproduksjonen for et anlegg, vil det ha betydning å ha god kunnskap om nivået på middelvinden. I en samlet nasjonal oversikt over produksjonsindekser mener vi det er tilstrekkelig å benytte den modellerte vinden for alle anleggene. I en slik nasjonal oversikt mener vi også at det å bruke en uavhengig kilde til å angi middelvindnivået (WRF) i de ulike vindparkene er viktig for at alle vindparkene skal behandles likt.

**Tabell 3-1** Produksjonsindeks for Kjøllefjord og Bessakerfjellet ved ulike middelvind.

Middelvind	Kjøllefjord			Bessaker		
	Lav 7.8	Middels 8.2	Høy 8.6	Lav 8.3	Middels 8.7	Høy 9.1
2000	98.4	99.1	99.6	103.1	102.4	101.7
2001	97.3	97.3	97.3	90.9	91.3	91.7
2002	86.6	87.6	88.5	96.8	96.7	96.6
2003	99.7	98.9	98.4	94.1	94.6	95.0
2004	103.0	103.0	102.8	102.1	102.6	103.0
2005	113.1	112.5	112.0	102.2	102.3	102.3
2006	104.8	104.1	103.5	100.9	100.8	100.8
2007	100.7	100.6	100.5	105.7	105.9	105.9
2008	89.6	89.8	90.2	98.4	98.1	97.8
2009	100.0	100.2	100.3	105.1	104.8	104.5
2010	99.2	99.7	100.0	89.6	90.6	91.5
2011	107.6	107.3	106.9	111.1	110.0	109.1

Lufttettheten for en vindpark påvirker energiproduksjonen i vindparken. Lufttettheten avhenger av trykk og temperatur og varierer fra år til år. Dette påvirker produksjonen. Det vil også ha betydning hvilken vindhastighet det er i varme og i kalde perioder. I den nye produksjonsindeksen har vi tatt hensyn til både trykk og temperatur når vi beregner produksjonen fra time til time. Tidligere ble tettheten holdt konstant for alle vindparker med standardtetthet på  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .

Forskjellen i produksjonsindeks ved å bruke standardtetthet og timesverdier av tetthet er gitt i Tabell 3-2 for Bessakerfjellet. Tabellen viser at det er en differanse på opp til 0.5 % mellom produksjonsindeksen beregnet med standard tetthet og produksjonsindeksen beregnet med timesverdier av tetthet. En tilsvarende analyse av produksjonsindeksen og tetthet for Kjøllefjord viser tilsvarende differanse i produksjonsindeks for standard tetthet og timesverdier av tetthet som Bessakerfjellet med verdier mellom -0.4 %-0.3 %.

**Tabell 3-2** Produksjonsindeksen ved å bruke standard tetthet og timevis tetthet for Bessakerfjellet i tillegg til differansen mellom de to ulike produksjonsindeksene.

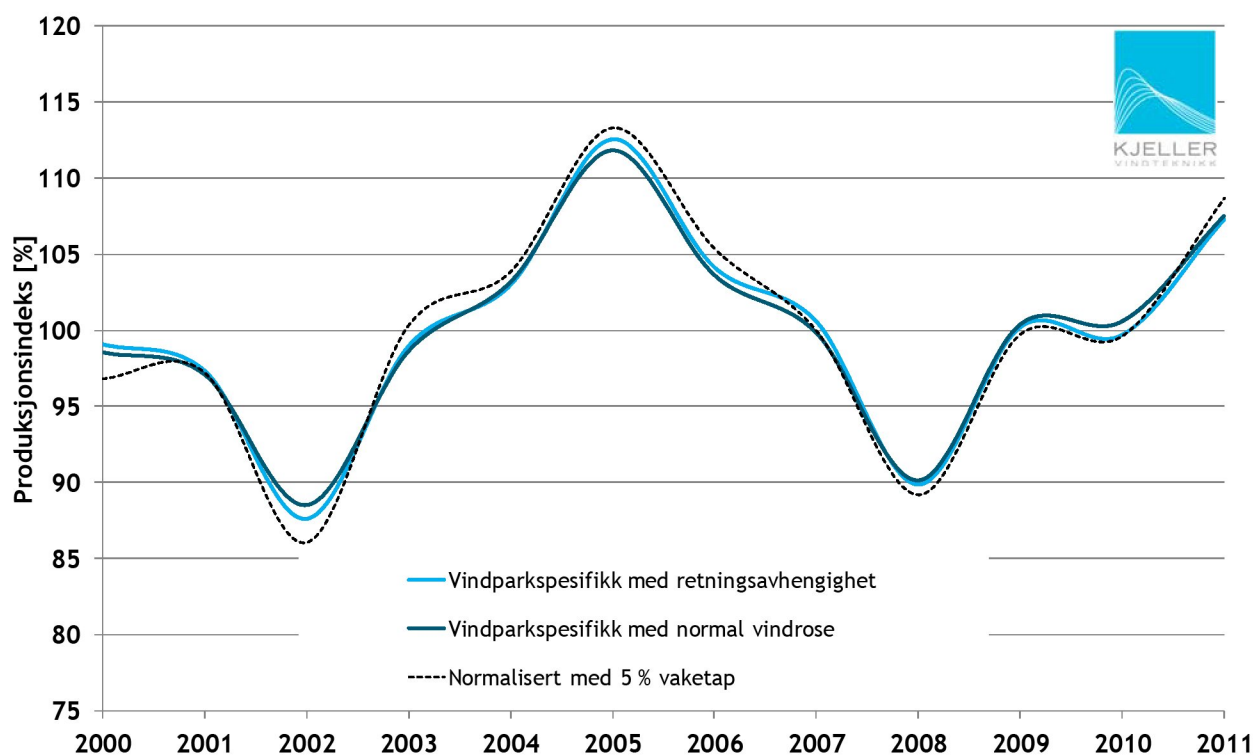
År	Bessakerfjellet [%]		
	Produksjonsindeks med standard tetthet ( $1.225 \text{ kg/m}^3$ )	Produksjonsindeks med timesverdier av tetthet	Differanse i produksjonsindeks ( $\Delta$ PI)
2000	102.4	102.4	0.0
2001	91.0	91.3	-0.3
2002	96.6	96.7	-0.1
2003	94.5	94.6	-0.1
2004	102.7	102.6	0.1
2005	102.3	102.3	0.0
2006	101.0	100.8	0.2
2007	106.0	105.9	0.2
2008	98.3	98.1	0.2
2009	104.8	104.8	0.0
2010	90.1	90.6	-0.5
2011	110.2	110.0	0.2

Det er i tidligere analyser benyttet en normalisert effektkurve basert på en Siemens 2.3 MW turbin med et vaketap på 5 % (KVT/RK/2010/028, 2010). For de nye analysene av hver enkelt vindpark er det utarbeidet en effektkurve basert på turbinplassering, vindforhold og turbintype for hver enkelt vindpark. Retningsspesifikke effektkurver er beregnet for 12 sektorer, og en effektkurve er beregnet ut fra normal vindretningsfordeling. Den siste gir parkens totale effekt uavhengig av vindretning, mens den retningsspesifikke effektkurven gir effekt som funksjon av vindhastighet og retning. Enkelte vindparker kan ha en utforming som gjør at de er følsomme for variasjoner av retningsfordeling fra år til år. Figur 3-1-Figur 3-3 viser produksjonsindekser for tre ulike vindparker basert på tre ulike effektkurver:

- vindparkspesifikk med retningsavhengighet
- vindparkspesifikk med normal vindrose
- normalisert effektkurve med 5 % vaketap

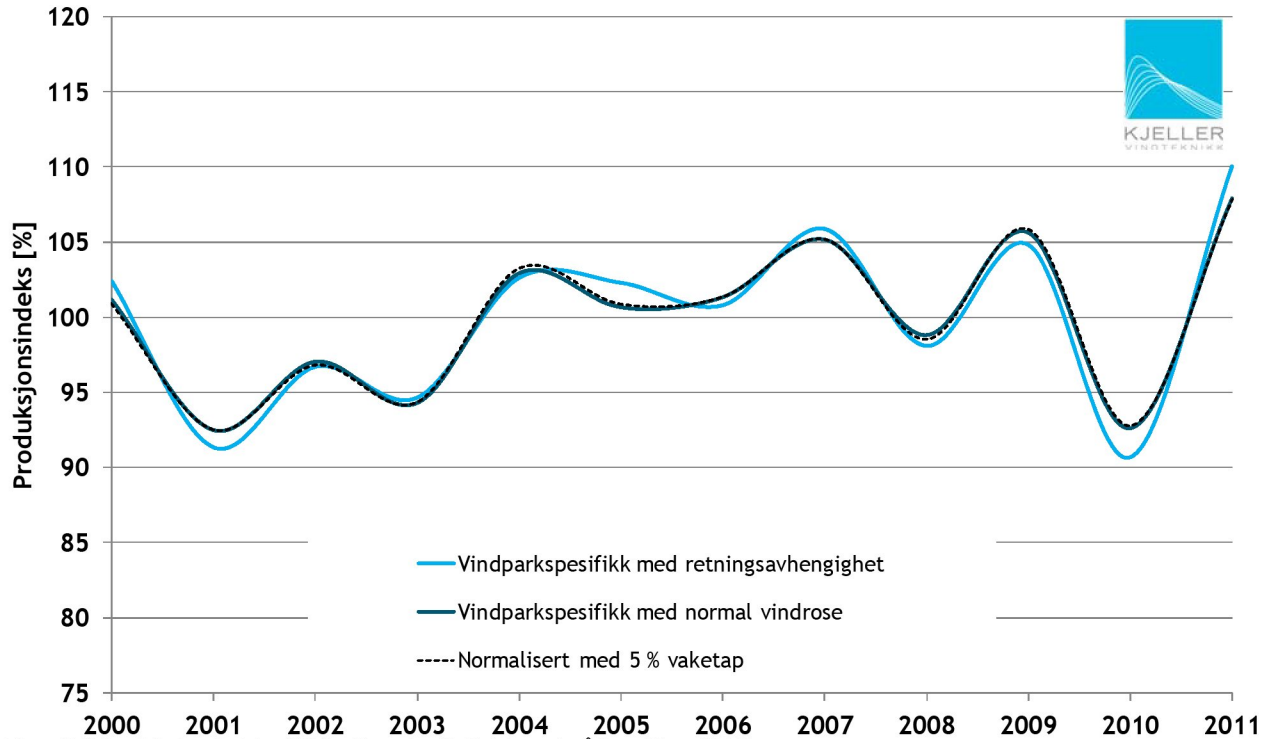
Figurene viser at i enkelte år har det stor betydning å ta hensyn til vindretningen i de ulike vindparkene. De største forskjellene i produksjonsindekser ser man på Bessakerfjellet (Figur 3-2) for 2005, der vi ser at den effektkurven som tar høyde for vindretning avviker med 1-2 % enheter fra de to andre effektkurvene. Andre større avvik ser vi i 2001 og 2010 for Bessakerfjellet og for Kjøllefjord (Figur 3-1) i 2002. For Kjøllefjord ser vi også at det er stor variasjon i produksjonsindeksen mellom de tre ulike effektkurvene. For Smøla vindpark (Figur 3-3) ser en mindre avvik i produksjonsindeksen for de ulike effektkurvene.

#### Produksjonsindeks med ulike effektkurver på Kjøllefjord



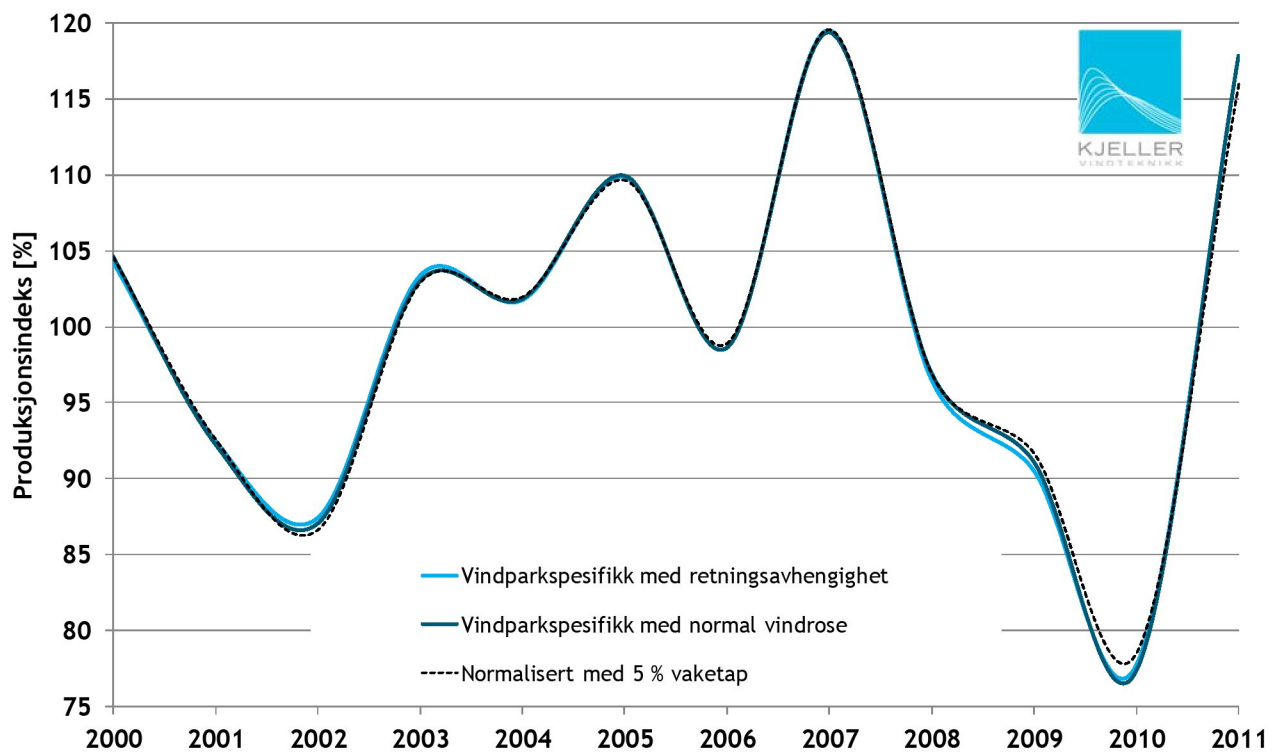
Figur 3-1 Produksjonsindeks (PI) for Kjøllefjord basert på tre ulike effektkurver

### Produksjonsindeks med ulike effektkurver på Bessakerfjellet



Figur 3-2 Produksjonsindeks (PI) for Bessakerfjellet basert på tre ulike effektkurver

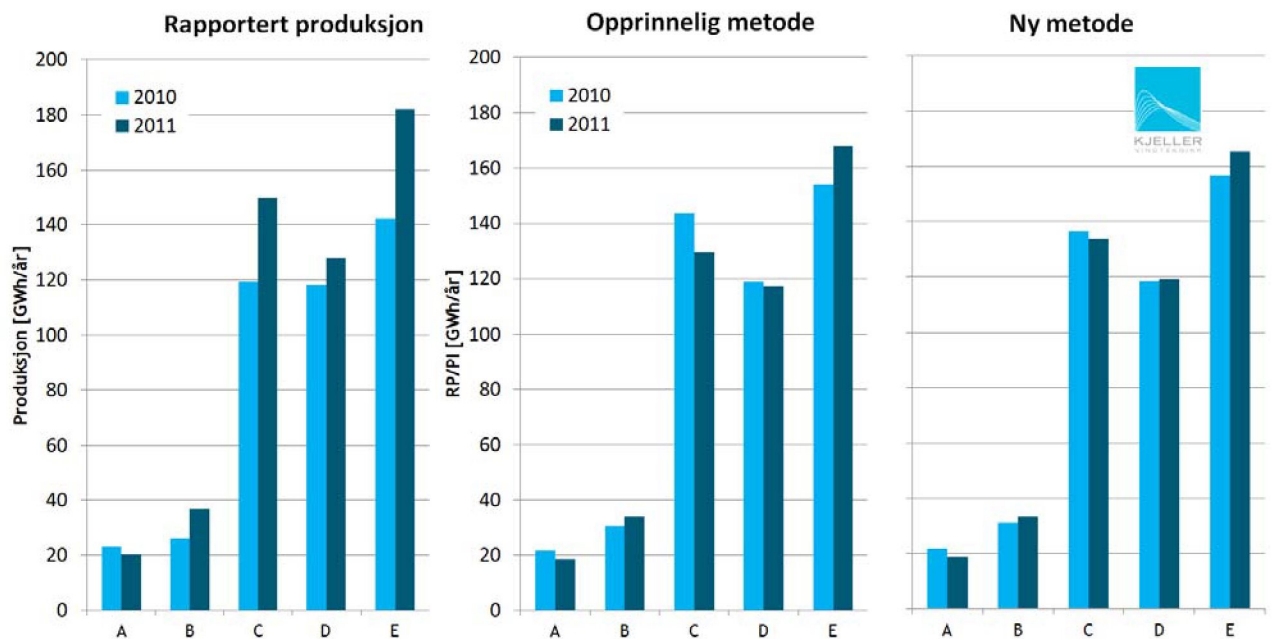
### Produksjonsindeks med ulike effektkurver på Smøla



Figur 3-3 Produksjonsindeks (PI) for Smøla basert på tre ulike effektkurver

I dette kapitlet har vi sammenlignet produksjonsindeks fra den nyutviklede metoden med den opprinnelige produksjonsindeksen. Den nyutviklede produksjonsindeksen er sammenlignet med den opprinnelige og dette er illustrert for 5 ulike vindparker for to ulike år. Årene 2010 og 2011 er godt egnet som eksempler fordi 2010 hadde utpreget lav vind over store deler av Norge og 2011 hadde høy vind over Norge. Vi har valgt å illustrere dette ved å dividere rapportert produksjon med produksjonsindeksen for de 5 vindparkene. Det er da grunn til å tro at produksjonsindeksen gjør at de ulike årene blir mer like, og at den nyutviklede indeksen gjør dette i større grad enn den opprinnelige metoden.

Totaleffekten av den nye metoden som benytter retningsspesifikke effektkurver sammenlignet med den opprinnelige metoden basert på normalisert effektkurve for beregning av produksjonsindeks er vist for 5 vindparker i Figur 3-4. Figuren viser rapportert produksjon i diagrammet til venstre. I de to diagrammene til høyre er rapportert produksjon dividert med produksjonsindeksen for henholdsvis opprinnelig metode (i midten) og ny metode (til høyre). Diagrammet viser at det blir mindre forskjell mellom de to årene (2010 og 2011) med den nye metoden enn med den opprinnelige metoden. Det ser derfor ut til at den nye metoden fanger opp flere av faktorene som bestemmer produksjonen enn den opprinnelige metoden. Andre faktorer som ikke er med i denne analysen, som tilgjengelighet, kan være med på å gi sprik i normalisert produksjon dersom tilgjengelighetstapet er større i 2010 enn 2011 eller omvendt.



Figur 3-4 Diagrammene viser rapportert produksjon, rapportert produksjon(RP) dividert med produksjonsindeks(PI) basert på opprinnelig metode (venstre), basert på normalisert effektkurve, og ny metode (høyre), som benytter retningsspesifikke effektkurver(høyre), for 2010 og 2011. Diagrammene er vist for 5 ulike vindparker (A = Nygaardsfjellet 1, B = Valsneset, C = Hitra, D = Kjøllefjord, E = Bessakerfjellet).

### 3.3 Produksjonsindekser for små vindparker

For mindre vindparker er den opprinnelige metoden for beregning av produksjonsindekser, beskrevet i (KVT/RK/2010/028, 2010), benyttet. For disse vindparkene er det benyttet en normalisert effektkurve basert på en Siemens 2.3MW turbin med 5 % vaketap. Vaketape i de små vindparkene påvirker energiproduksjonen mindre enn i større vindparker med flere rekker med vindturbiner, og dermed er den gamle metoden ansett for å gi et godt estimat av produksjonsindeksene for de mindre vindparkene.



## 4 Vind- og produksjonsindekser 2011

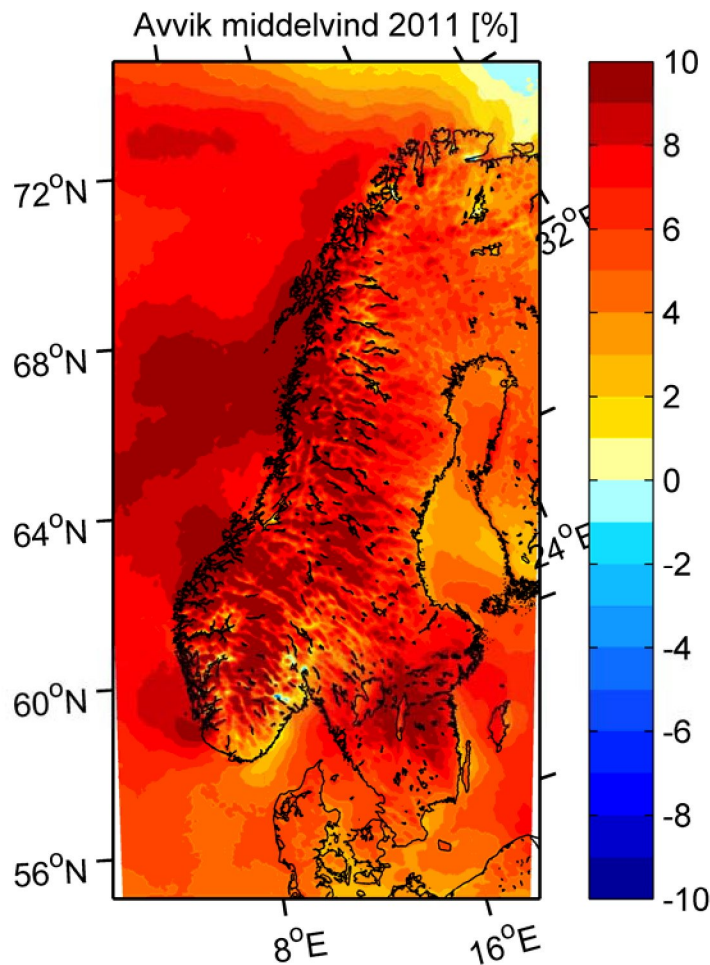
Det er beregnet produksjonsindekser for 2011 i forhold til en langtidsserie på 12 år, 2000-2011. Tidligere produksjonsindekser har vært basert på kortere tidsserier på 10 og 11 år. Det er derfor også laget produksjonsindekser for tidligere år fra 2006 for alle vindparkene i Norge med 12 års referanseperiode.

### 4.1 Resultat for 2011

Det er beregnet vind og produksjonsindekser for 2011 for alle vindparker i Norge, og disse er presentert i Tabell 4-1. Figur 4-1 viser avvik i middelvind for hele Norge, og en kan se fra figuren at 2011 var et år med god vind i Norge med stort sett positive avvik fra sør til nord. For vindparkene, Tabell 4-1, ser en at vinden har vært over 5 % høyere enn normalt for alle vindparkene, med de høyeste verdiene rundt Stadt. Produksjonsindeksen varierer mer fra vindpark til vindpark, med verdier mellom 8 % og 19 % høyere produksjon enn normalt. En kan se av tabellen at enkelte vindparker har mindre forskjell mellom vindindeks og produksjonsindeks enn andre, noe som kan skyldes at man har fått med retningsvise vaketap, turbinplassering, turbin type og tetthet i de nye beregningene. Produksjonsindeksen gir de høyeste verdiene i forhold til normalen på Andøya, Sandhaugen og Smøla.

Tabell 4-1 Middelvind for 2011 (U2011) og langtidsvind for 2000-2011 (U2000-2011) fra WRF, samt vind og produksjonsindeks for vindparkene i Norge. For mindre vindparker (grått) er opprinnelig metode for beregning av vindindeks benyttet.

	U2011	U2000- 2011	Vindindeks 2011 [%]	Produksjonsindeks 2011 [%]
Andøya	7.8	7.1	109.1	119.2
Hovden Vesteraalen	9.4	8.5	110.2	115.6
Vikna I & II	8.9	8.2	107.9	114.6
Sandhaugen	7.6	7.1	107.4	117.2
Utsira	10.1	9.3	108.6	115.4
Haroy Sandoy	8.8	8.0	110.9	114.3
HYWIND	10.5	9.7	109.0	115.4
Mehuken	11.1	10.1	110.0	112.4
Smøla	8.2	7.4	110.4	117.8
Havøygavlen	8.8	8.3	106.4	111.0
Hundhammerfjellet	8.5	7.8	108.7	113.3
Høg Jæren	9.8	9.1	108.1	111.7
Eldsfjellet Hitra	8.2	7.5	109.6	111.8
Fjeldskaar Lindesnes	9.1	8.6	105.7	108.1
Gartefjellet Kjøllefjord	8.7	8.2	105.8	107.3
Nygaardsfjellet	6.8	6.5	105.1	108.4
Valsneset	8.8	8.3	106.5	110.2
Bessakerfjellet	9.2	8.7	105.2	110.0



Figur 4-1 Avvik i middelvind i % for 2011 sammenlignet med en referanseperiode fra 2000 til 2011.

## 4.2 Indekser for tidligere år

Det er beregnet vind- og produksjonsindekser for årene 2006-2010 i Tabell 4-2 og Tabell 4-3. Produksjonsindeksene er oppdatert med ny metode for de større vindparkene, i tillegg til at referanseperiode er forlenget til å være fra 2000 til 2011 sammenlignet med tidligere rapporter (KVT/RK/2010/028, 2010) og (KVT/RK/2011/022, 2011) for de mindre vindparkene. Siden referanseperioden er forlenget med flere år vil vind- og produksjonsindeksene avvike fra tidligere rapporter. Fra tabellene ser vi at det er store variasjoner fra park til park og fra år til år.

Tabell 4-2 Vindindekser for vindparker i Norge fra 2006 til 2011. Referanseperioden er 2000-2011. For mindre vindparker(grått) er opprinnelig metode for beregning av vindindeks benyttet.

	Vindindeks [%]					
	2011	2010	2009	2008	2007	2006
Andøya	109.1	98.5	103.6	101.4	104.0	102.1
Hovden Vesteraalen	110.2	95.6	103.0	100.6	103.1	102.9
Vikna I & II	107.9	92.1	98.4	99.5	104.1	100.4
Sandhaugen	107.4	100.6	102.9	100.0	102.7	102.3
Utsira	108.6	92.0	96.2	100.2	101.6	99.7
Harøy Sandøy	110.9	85.4	103.6	99.3	108.5	98.8
HYWIND	109.0	91.8	96.3	99.9	102.1	99.8
Mehuken	110.0	84.6	100.7	99.5	104.2	101.8
Smøla	110.4	88.1	96.2	97.9	108.3	98.8
Havøygavlen	106.4	97.4	97.2	95.2	102.9	105.0
Hundhammerfjellet	108.7	90.8	100.9	99.1	103.6	101.4
Høg Jæren	108.1	94.3	104.4	99.2	100.3	99.4
Eldsfjellet Hitra	109.6	90.6	97.5	98.3	106.8	98.1
Fjeldskaar Lindesnes	105.7	97.3	101.5	101.1	104.7	96.4
Gartefjellet Kjøllefjord	105.8	99.0	99.7	94.7	100.5	102.4
Nygaardsfjellet	105.1	103.6	101.4	103.2	102.8	101.4
Valsneset	106.5	91.0	102.2	99.0	104.2	99.2
Bessakerfjellet	105.2	94.4	102.6	99.1	103.7	101.4

Tabell 4-3 Produksjonsindekser for vindparker i Norge fra 2006 til 2011. Referanseperioden er 2000-2011. For mindre vindparker(grått) er opprinnelig metode for beregning av produksjonsindeks benyttet.

	Produksjonsindeks [%]					
	2011	2010	2009	2008	2007	2006
Andøya	119.2	94.5	107.9	102.3	109.1	103.9
Hovden Vesteraalen	115.6	91.5	103.7	99.0	105.6	104.2
Vikna I & II	114.6	85.5	95.3	98.6	108.4	99.1
Sandhaugen	117.2	98.6	106.6	100.0	106.4	105.0
Utsira	115.4	87.0	95.3	97.3	101.0	98.7
Harøy Sandøy	114.3	77.3	106.7	96.6	120.5	98.5
HYWIND	115.4	87.7	95.3	96.3	100.8	99.0
Mehuken	112.4	78.0	103.4	97.2	108.8	100.0
Smøla	117.8	77.7	90.5	96.5	119.5	98.6
Havøygavlen	111.0	96.6	96.6	89.8	104.6	106.7
Hundhammerfjellet	113.3	87.3	105.1	97.3	104.5	98.7
Høg Jæren	111.7	90.1	106.0	97.9	98.9	100.5
Eldsfjellet Hitra	111.8	87.4	95.8	97.1	115.2	97.5
Fjeldskaar Lindesnes	108.1	98.1	103.4	101.1	106.9	94.6
Gartefjellet Kjøllefjord	107.3	99.7	100.2	89.8	100.6	104.1
Nygaardsfjellet	108.4	105.3	103.2	105.0	104.3	102.3
Valsneset	110.2	83.8	105.9	99.2	106.7	98.8
Bessakerfjellet	110.0	90.6	104.8	98.1	105.9	100.8

## 5 Bibliografi

---

Byrkjedal, Ø., & Åkervik, E. (2009). Vindkart for Norge. 9/2009: NVE.

EMD. (May,2012). *WindPRO 2.8 User Guide. 1. Edition.* EMD International AS.

Klemp, J. B., Skamarock, W. C., & Dudhia, J. (2000). *Conservative split-explicit time integration methods for the compressible non-hydrostatic equations.* see <http://www.wrf-model.org/>.

KVT/RK/2010/028. (2010). *Vind- og produksjonsindekser for Norge 2009.* Kravik, R, Berge, E. and Byrkjedal, Ø: Kjeller Vindteknikk (NVE report).

KVT/RK/2011/022. (2011). *Vind- og produksjonsindekser for Norge 2010.* Kjeller: KVT.

Michalakes, J., Chen, S. D., Hart, L., Klemp, J., Middlecoff, J., & Skamarock, W. (2001). *Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model.* Singapore: Eds. Walter Zwiefelhofer and Norbert Kreitz. World Scientific.

Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., et al. (2008). *A Description of the Advanced Research WRF Version 3.* Boulder, U.S.: NCAR.

## Appendiks A Effektkurver for turbinene

---

Effektkurvene for alle vindturbintypene for vindparkene i Norge er hentet ut fra WindPRO2.8. En oversikt over turbintypene i de norske vindparkene er gitt i Tabell 2-1. For Hundhammerfjellet vindpark er det ikke funnet en effektkurve for de tidligere 3.0 MW SCANWIND turbinene. Kjeller Vindteknikk har derfor valgt å benytte en Vestas V90 3.0 MW turbin i alle posisjonene på Hundhammerfjellet. For Smøla 1 det ikke funnet effektkurve for Bonus 2.0 MW turbinen, og effektkurven som er benyttet for disse turbinene er en nedskalert Bonus 2.3 MW. De ulike effektkurvene er listet opp under:

Wind speed [m/s]	Vestas V52 850 [kW]	Windworld W-4800 750 [kW]	Siemens SWT 82 2.3MW [kW]	Vestas V90 3.0MW [kW]	Siemens SWT 93 2.3MW [kW]	Bonus 82 2.3MW [kW]
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	26	17	75	77	98	52
5	67	48	159	190	212	148
6	125	93	291	353	385	288
7	203	157	473	581	625	476
8	304	242	714	886	941	729
9	425	349	1020	1273	1350	1055
10	554	467	1390	1710	1835	1419
11	671	574	1772	2145	2223	1769
12	759	650	2083	2544	2297	2041
13	811	703	2243	2837	2299	2198
14	836	736	2291	2965	2300	2267
15	846	747	2299	2995	2300	2291
16	849	748	2300	3000	2300	2298
17	850	740	2300	3000	2300	2300
18	850	727	2300	3000	2300	2300
19	850	713	2300	3000	2300	2300
20	850	699	2300	3000	2300	2300
21	850	687	2300	3000	2300	2300
22	850	679	2300	3000	2300	2300
23	850	676	2300	3000	2300	2300
24	850	677	2300	3000	2300	2300
25	850	681	2300	3000	2300	2300

Wind speed [m/s]	Siemens SWT 101 3.0MW [kW]	Enercon E70 2.3 MW [kW]	Bonus 76 2.0MW skalert fra Bonus 82 2.3MW [kW]
1	0	0	0
2	0	2	0
3	48	16	0
4	128	53	45
5	263	121	129
6	469	230	250
7	757	383	414
8	1138	596	634
9	1620	866	917
10	2189	1212	1234
11	2697	1580	1538
12	2933	1885	1775
13	2991	2077	1911
14	2999	2262	1971
15	3000	2300	1992
16	3000	2310	1998
17	3000	2310	2000
18	3000	2310	2000
19	3000	2310	2000
20	3000	2310	2000
21	3000	2310	2000
22	3000	2310	2000
23	3000	2310	2000
24	3000	2310	2000
25	3000	2310	2000

Wind speed [m/s]	Nordex N80 2.5 MW [kW]
3	1
3.5	24
4	60
4.5	105
5	160
5.5	225
6	302
6.5	392
7	496
7.5	615
8	749
8.5	896
9	1055
9.5	1222
10	1396
10.5	1573
11	1752
11.5	1931
12	2100
12.5	2237
13	2340
13.5	2416
14	2465
14.5	2492
15	2500
15.5	2500
16	2500
16.5	2500
17	2500
17.5	2500
18	2500
18.5	2500
19	2500
19.5	2500
20	2500
20.5	2500
21	2500
21.5	2500
22	2500
22.5	2500
23	2500
23.5	2500
24	2500
24.5	2500
25	2500

## Appendiks B Effektkurver for vindparkene

---

Det er utarbeidet vindparkeffektkurver for 11 vindparker i Norge i WindPRO2.8. Inngangsdata er høydekoter og ruhetslengde til terrenget i og rundt vindparkene, langtidskorrigerede vindforhold i vindparken, turbinposisjoner og turbinetype. Vindhastigheten i effektkurven er gitt i et punkt i WRF modellen for en høyde. Effektkurven tar høyde for at hver enkeltturbin ikke har samme vindhastighet som det aktuelle modellpunktet. Ved å benytte disse parametrene i WindPRO er det beregnet retningspesifikke effektkurver (12 sektorer) og en effektkurve som antar en normal vindretningsfordeling (Park WTG) og disse er listet opp under.





Wind speed [m/s]	Park WTGs [kW]	Mehuken											
		N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	4	5	4	5	4	5	5	4	3	4	4	5	5
2.5	28	35	29	32	26	32	31	27	22	24	22	34	38
3.5	178	193	181	179	139	165	162	174	170	189	177	204	193
4.5	543	578	547	544	424	493	512	548	530	578	528	584	569
5.5	1147	1218	1153	1162	929	1061	1108	1158	1114	1203	1106	1220	1205
6.5	2037	2167	2054	2075	1682	1907	1984	2050	1969	2114	1959	2163	2153
7.5	3255	3461	3285	3323	2713	3070	3179	3271	3139	3367	3118	3456	3446
8.5	4843	5151	4880	4955	4087	4604	4756	4862	4664	4989	4611	5150	5143
9.5	6824	7245	6884	6967	5781	6550	6779	6878	6573	6995	6449	7189	7205
10.5	9088	9644	9165	9253	7774	8851	9139	9180	8741	9242	8515	9533	9617
11.5	11605	12290	11694	11849	10074	11467	11844	11729	11124	11713	10798	12125	12286
12.5	14319	15017	14439	14705	12610	14354	14809	14447	13712	14400	13310	14907	15072
13.5	17039	17606	17248	17557	15372	17363	17706	17123	16333	17094	16045	17719	17692
14.5	19274	19688	19506	19732	18051	19767	19848	19326	18582	19292	18647	19917	19726
15.5	20783	21035	20892	21122	20223	21168	21197	20736	20233	20753	20592	21311	21150
16.5	21797	21944	21892	22091	21531	22095	22105	21727	21344	21816	21793	22188	21989
17.5	22395	22473	22463	22578	22272	22548	22555	22357	22099	22460	22472	22590	22471
18.5	22651	22690	22691	22709	22617	22695	22704	22648	22523	22685	22695	22710	22678
19.5	22720	22726	22730	22729	22716	22724	22728	22721	22698	22726	22728	22728	22723
20.5	22730	22730	22730	22730	22730	22728	22730	22730	22728	22730	22730	22730	22730
21.5	22694	22730	22730	22730	22730	22730	22730	22730	22730	22730	22730	21880	22730
22.5	22529	22730	22730	21880	22730	22730	22503	22730	22730	22730	21880	21880	21880
23.5	21720	21880	21880	21880	22248	21880	21880	21880	21880	21030	21030	21087	21880
24.5	21247	21880	21880	21030	21030	21030	21880	21880	21030	20180	20180	21030	21880
25.5	20792	21880	21030	20180	20180	21030	21030	21030	21030	20180	20180	20180	21030
26.5	19470	18720	20180	20180	20180	15560	20180	18720	20180	20180	20180	20180	17870
27.5	18176	15560	17870	20180	17870	13250	17870	17870	20180	19330	20180	13250	17870
28.5	14745	15560	14710	14710	15560	10940	8630	15560	17020	19330	14710	10940	10940
29.5	8849	9240	9240	2310	10090	6320	8630	11550	13860	6930	2310	4010	8630

Wind speed [m/s]	Park WTGs [kW]	Lindesnes											
		N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	15	18	23	20	18	10	6	13	27	30	13	2	5
4.5	88	106	116	110	91	63	54	95	126	132	83	44	55
5.5	215	251	269	259	220	165	149	233	288	298	207	127	154
6.5	400	462	489	474	408	316	293	433	519	536	386	254	299
7.5	658	752	791	767	669	534	499	707	834	862	638	438	505
8.5	998	1130	1187	1148	1015	825	775	1064	1246	1286	971	687	781
9.5	1427	1603	1680	1620	1449	1200	1130	1509	1757	1805	1396	1015	1142
10.5	1922	2133	2225	2146	1943	1650	1564	2020	2315	2364	1898	1430	1584
11.5	2428	2651	2741	2654	2441	2139	2055	2538	2831	2872	2420	1923	2084
12.5	2875	3075	3143	3067	2879	2605	2547	2983	3212	3246	2883	2443	2585
13.5	3230	3381	3432	3372	3233	2998	2972	3307	3485	3510	3249	2905	3015
14.5	3484	3595	3628	3581	3482	3303	3303	3539	3663	3678	3505	3258	3337
15.5	3645	3721	3735	3703	3637	3523	3533	3687	3748	3753	3666	3509	3560
16.5	3727	3766	3770	3755	3717	3651	3667	3755	3771	3769	3744	3669	3696
17.5	3748	3766	3760	3754	3738	3710	3733	3769	3749	3741	3759	3742	3755
18.5	3727	3728	3715	3719	3717	3721	3746	3744	3698	3685	3734	3760	3762
19.5	3682	3671	3653	3664	3672	3697	3723	3694	3633	3619	3684	3738	3732
20.5	3625	3606	3587	3603	3616	3653	3679	3632	3566	3552	3623	3694	3681
21.5	3564	3542	3523	3541	3558	3602	3624	3569	3503	3489	3560	3636	3621
22.5	3508	3483	3466	3487	3505	3546	3566	3509	3450	3441	3501	3575	3559
23.5	3463	3438	3426	3447	3465	3498	3512	3458	3417	3415	3455	3517	3502
24.5	3435	3413	3409	3424	3441	3464	3469	3425	3408	3409	3427	3469	3456
25.5	3176	3408	3410	2732	2743	3437	3438	3411	3415	2734	3418	3432	3421
26.5	2543	3418	2738	2049	2057	3435	3430	3413	1371	685	2737	3422	3414
27.5	1241	1371	0	682	683	1375	2057	2051	0	0	681	3426	2734
28.5	569	0	0	683	681	684	1368	685	0	0	682	683	1367
29.5	379	0	0	0	682	682	682	0	0	0	685	681	683

Wind speed [m/s]	Park WTGs [kW]	Hundhammerfjellet											
		N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	8	21	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	15
3.5	966	1375	496	213	133	614	1429	1539	778	90	34	734	1611
4.5	2642	3415	1827	1207	1019	2051	3497	3723	2305	920	829	2249	3845
5.5	5180	6557	3752	2721	2317	4103	6633	7079	4603	2233	1926	4467	7347
6.5	8838	11055	6476	4816	4156	7051	11269	11958	7861	4014	3547	7635	12381
7.5	13604	16879	10161	7615	6599	11053	17271	18178	12242	6393	5672	11918	18763
8.5	19024	23260	14808	11174	9778	16066	23824	24799	17548	9485	8448	17204	25470
9.5	24416	29132	20108	15476	13682	21606	29910	30711	23227	13393	11933	22911	31315
10.5	28810	33253	25537	20381	18094	27048	33999	34339	28558	18054	16014	28352	34745
11.5	31782	35272	30329	25398	22705	31563	35604	35676	32488	23149	20395	32549	35799
12.5	33656	35878	33671	29909	27085	34281	35956	35966	34666	28138	24843	34784	35982
13.5	34824	35989	35369	33342	30662	35470	35996	35999	35624	32228	28890	35660	36000
14.5	35497	36000	35911	35226	33192	35888	36000	36000	35935	34797	32053	35936	36000
15.5	35817	36000	35993	35842	34794	35983	36000	36000	35995	35781	34212	35992	36000
16.5	35943	36000	36000	35976	35607	35999	36000	36000	36000	35975	35359	36000	36000
17.5	35984	36000	36000	35997	35907	36000	36000	36000	36000	35999	35808	36000	36000
18.5	34058	30000	36000	36000	35984	36000	36000	30000	36000	36000	35957	36000	33000
19.5	30964	24000	36000	36000	35999	36000	33000	27000	36000	36000	35994	36000	15000
20.5	21237	18000	36000	36000	36000	36000	6000	6000	33000	36000	36000	36000	3000
21.5	17944	9000	27700	33000	36000	36000	3000	3000	23000	36000	36000	33000	0
22.5	12751	3000	27000	29000	36000	27000	0	0	6900	36000	36000	15000	0
23.5	9377	0	13800	23100	36000	9000	0	0	3300	33900	36000	9000	0
24.5	7193	0	3700	16500	30000	6000	0	0	0	25200	36000	6000	0
25.5	4920	0	3000	9000	21000	6000	0	0	0	15000	30000	0	0
26.5	2203	0	0	3000	12000	0	0	0	0	3000	21000	0	0
27.5	1153	0	0	3000	9000	0	0	0	0	0	12000	0	0
28.5	862	0	0	0	9000	0	0	0	0	0	9000	0	0
29.5	708	0	0	0	3000	0	0	0	0	0	9000	0	0

Wind speed [m/s]	Park WTGs [kW]	Bessakerfjellet											
		N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	27	30	32	27	22	18	27	33	34	27	21	20	23
2.5	256	287	317	255	187	140	250	331	350	255	167	147	200
3.5	958	1057	1158	950	727	582	931	1222	1282	945	666	599	765
4.5	2384	2608	2868	2358	1830	1491	2323	3019	3163	2344	1689	1531	1920
5.5	4783	5211	5728	4729	3708	3039	4676	6006	6296	4708	3433	3133	3887
6.5	8358	9088	9982	8253	6531	5386	8181	10436	10931	8220	6062	5568	6829
7.5	13306	14494	15856	13216	10482	8675	13070	16420	17224	13188	9760	8963	10964
8.5	19576	21243	23163	19492	15625	13045	19282	23934	25039	19423	14597	13492	16341
9.5	27017	29290	31835	27078	21884	18418	26791	32454	33978	27044	20537	19043	22892
10.5	34947	37800	40611	35452	29149	24837	34989	40648	42503	35561	27476	25618	30563
11.5	42164	45255	47627	43130	36608	31915	42496	47327	48984	43323	34790	32899	38490
12.5	48128	50807	52738	49206	43529	39004	48729	52261	53614	49335	41866	40253	45424
13.5	52837	54994	56138	53826	49584	45703	53469	55590	56495	54107	48417	47045	51141
14.5	55825	57198	57503	56602	53839	51275	56397	57302	57591	56801	53375	52562	55240
15.5	57133	57698	57733	57556	56121	54896	57503	57712	57745	57631	56086	55919	57147
16.5	57583	57748	57750	57737	57023	56712	57730	57749	57750	57746	57320	57345	57680
17.5	57709	57750	57750	57750	57424	57436	57750	57750	57750	57750	57690	57684	57748
18.5	57740	57750	57750	57750	57631	57668	57750	57750	57750	57750	57746	57743	57750
19.5	57003	57750	57750	57750	57717	57734	57750	55440	55440	57750	57750	57750	57750
20.5	56342	55440	55440	57750	57745	57747	57750	53130	55440	57750	57750	57750	57750
21.5	52656	52668	49049	54670	57750	57750	57750	42042	42350	57750	57750	57750	57750
22.5	44411	43505	25410	50820	54362	57750	48510	29029	21021	55440	57750	57750	57750
23.5	33153	18095	13860	35112	49203	55902	36960	10857	6391	41657	53130	55440	57750
24.5	22057	3311	6776	20790	39270	55440	22099	2310	0	14476	48356	53900	42504
25.5	10966	2310	0	6930	18480	46200	2387	0	0	0	32340	39270	17248
26.5	6622	0	0	0	11550	32340	0	0	0	0	20790	32340	2310
27.5	2571	0	0	0	11550	13860	0	0	0	0	11550	4620	0
28.5	910	0	0	0	4620	4620	0	0	0	0	4620	2310	0
29.5	385	0	0	0	4620	2310	0	0	0	0	0	2310	0









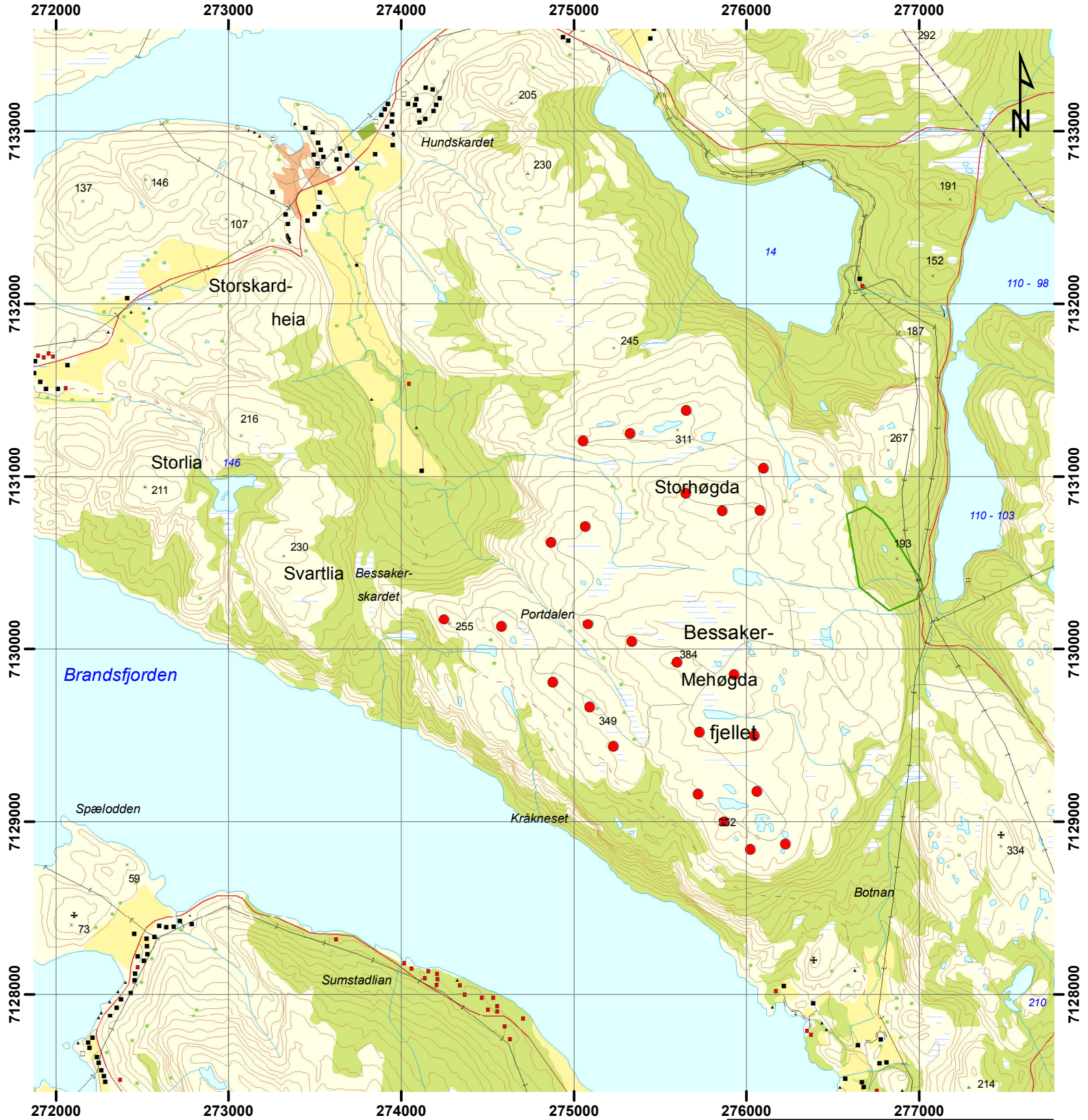




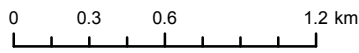


# Appendiks C Kart over områdene

---



● Vindturbiner

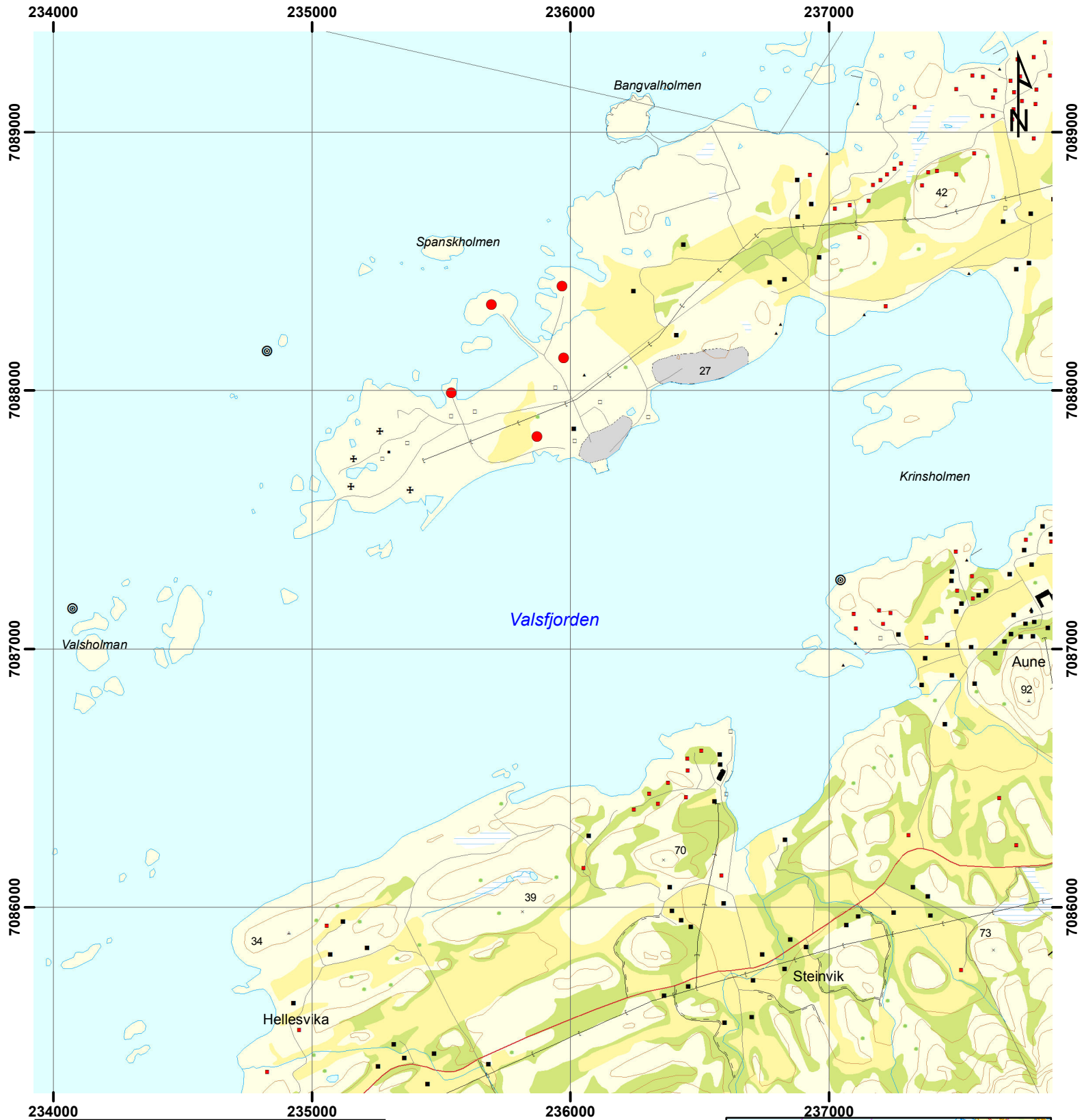


### Bessakerfjellet

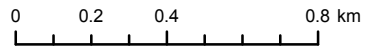
Figure/Drawing Title:  
Turbinplassering

File Name: <a href="#">Turbinplassering Bessakerfjellet</a>		Rev: 0	
By:RK	Date:29/08/2012	Checked:EB	Date:29/08/2012
Scale: 1:30 000		Papire Size: A4	
Datum: WGS1984		Projection: UTM33	



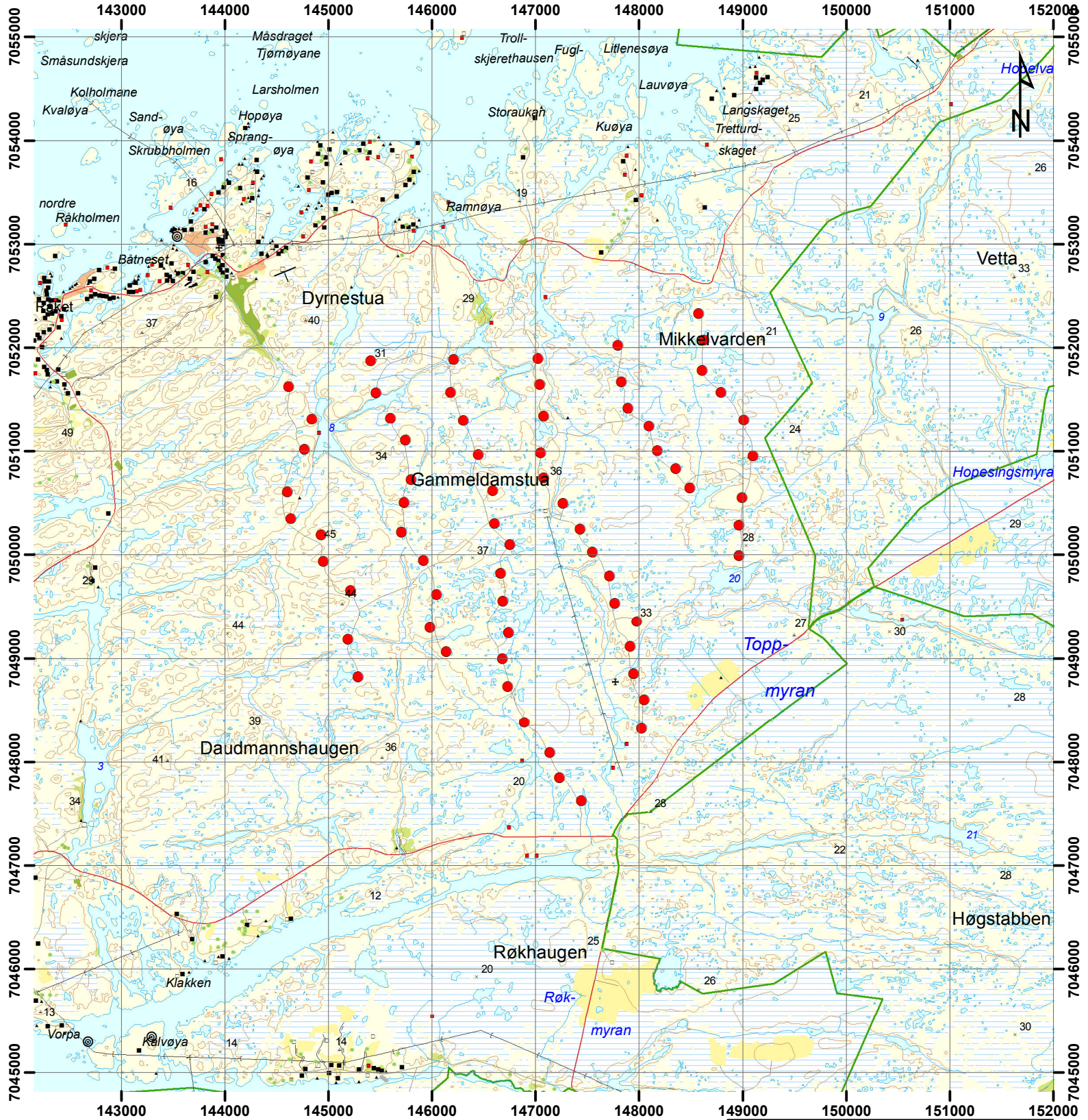


● Vindturbiner

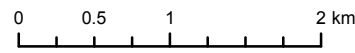


<b>Valsneset</b>			
Figure/Drawing Title: <b>Turbinplassering</b>			
File Name: <a href="#">Turbinplassering Valsneset</a>		Rev: 0	
By: RK	Date: 30/08/2012	Checked: EB	Date: 30/08/2012
Scale: 1:20 000		Papire Size: A4	
Datum: WGS1984		Projection: UTM33	



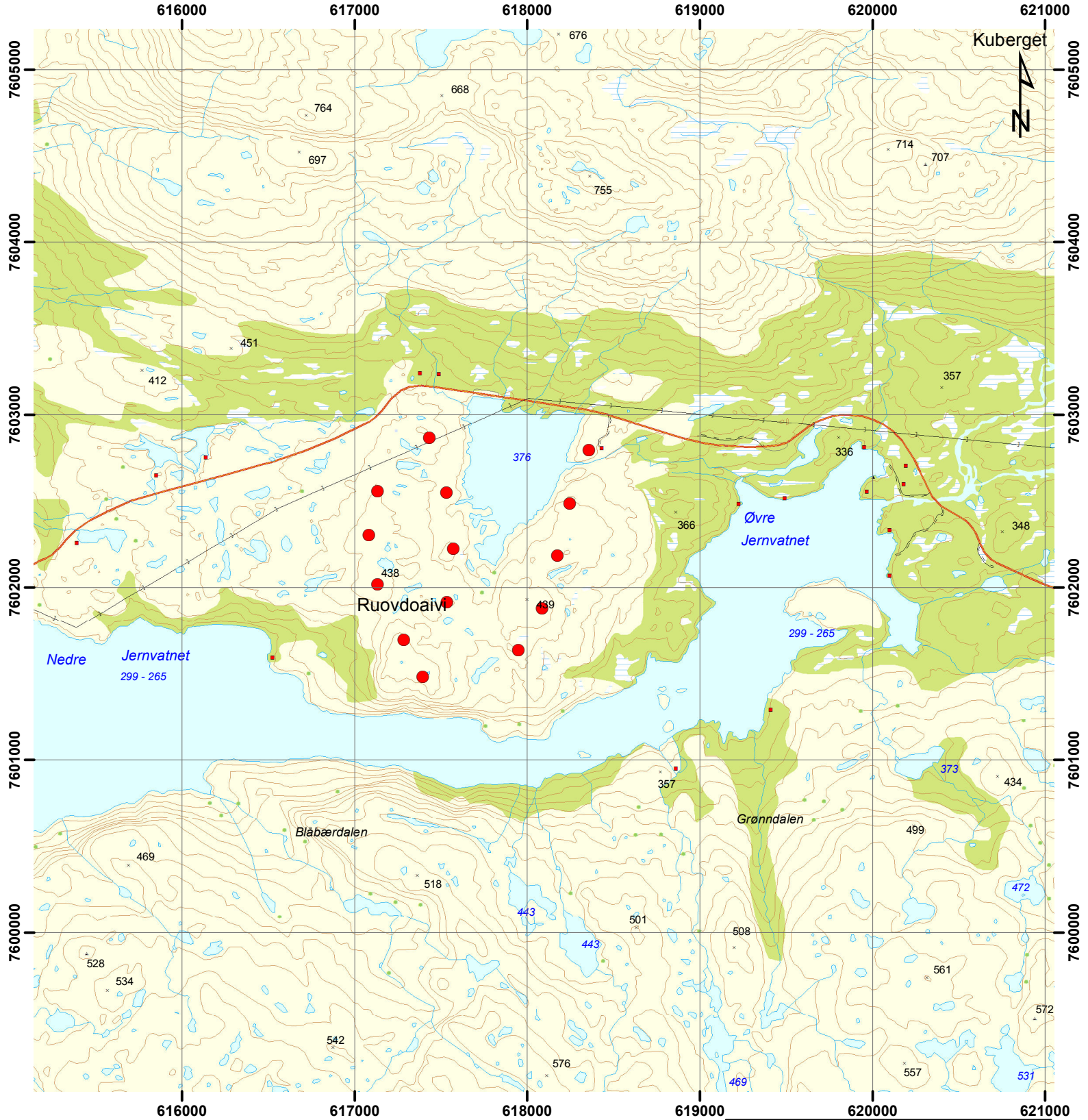


● Vindturbiner



Smøla			
Figure/Drawing Title: Turbinplassering			
File Name: Turbinplassering Smøla		Rev: 0	
By:RK	Date:30/08/2012	Checked:EB	Date:30/08/2012
Scale: 1:50 000		Papire Size: A4	
Datum: WGS1984		Projection: UTM33	





● Vindturbiner

0 0.3 0.6 1.2 km

### Nygårdsfjellet

Figure/Drawing Title:  
Turbinplassering

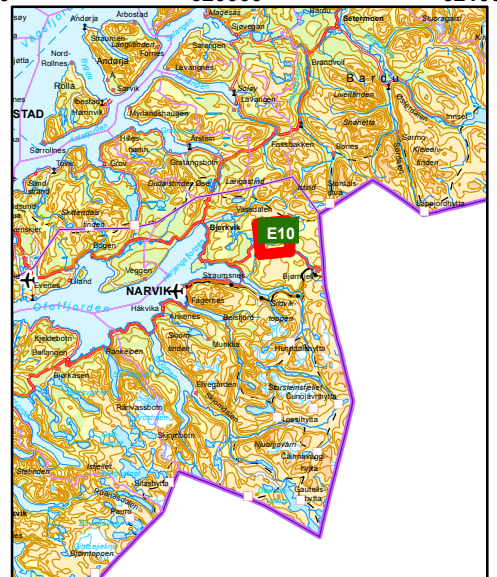
File Name: Turbinplassering Nygårdsfjellet Rev: 0

By:RK Date:30/08/2012 Checked:EB Date:30/08/2012

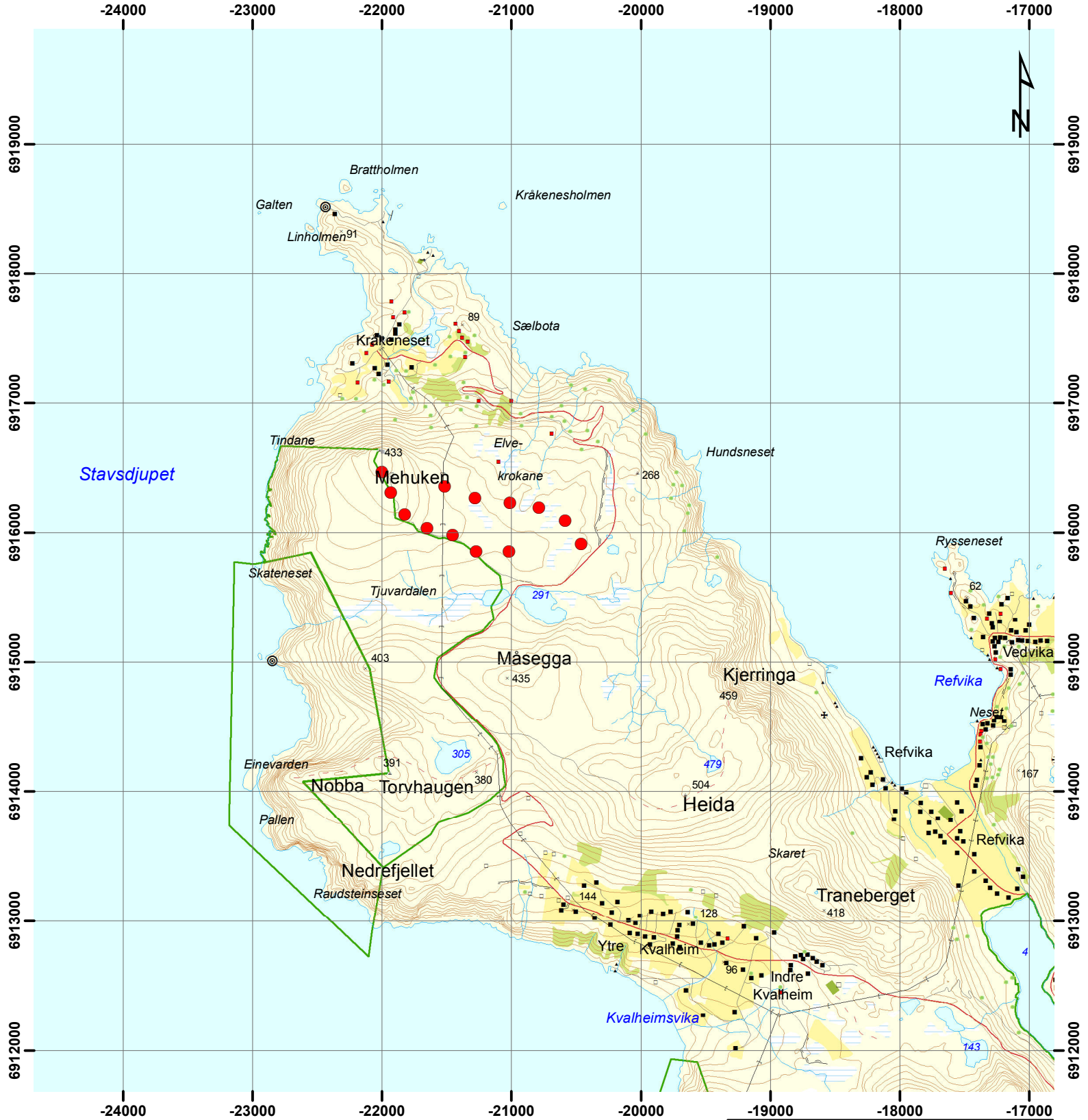
Scale: 1:30 000 Papire Size: A4

Datum: WGS1984 Projection: UTM33

**KJELLER**  
VINDTEKNIKK







● Vindturbiner

0 0.425 0.85 1.7 km

### Mehuken

Figure/Drawing Title:

Turbinplassering

File Name: Turbinplassering Mehuken

Rev: 0

By:RK

Date:30/08/2012

Checked:EB

Date:30/08/2012

Scale: 1:40 000

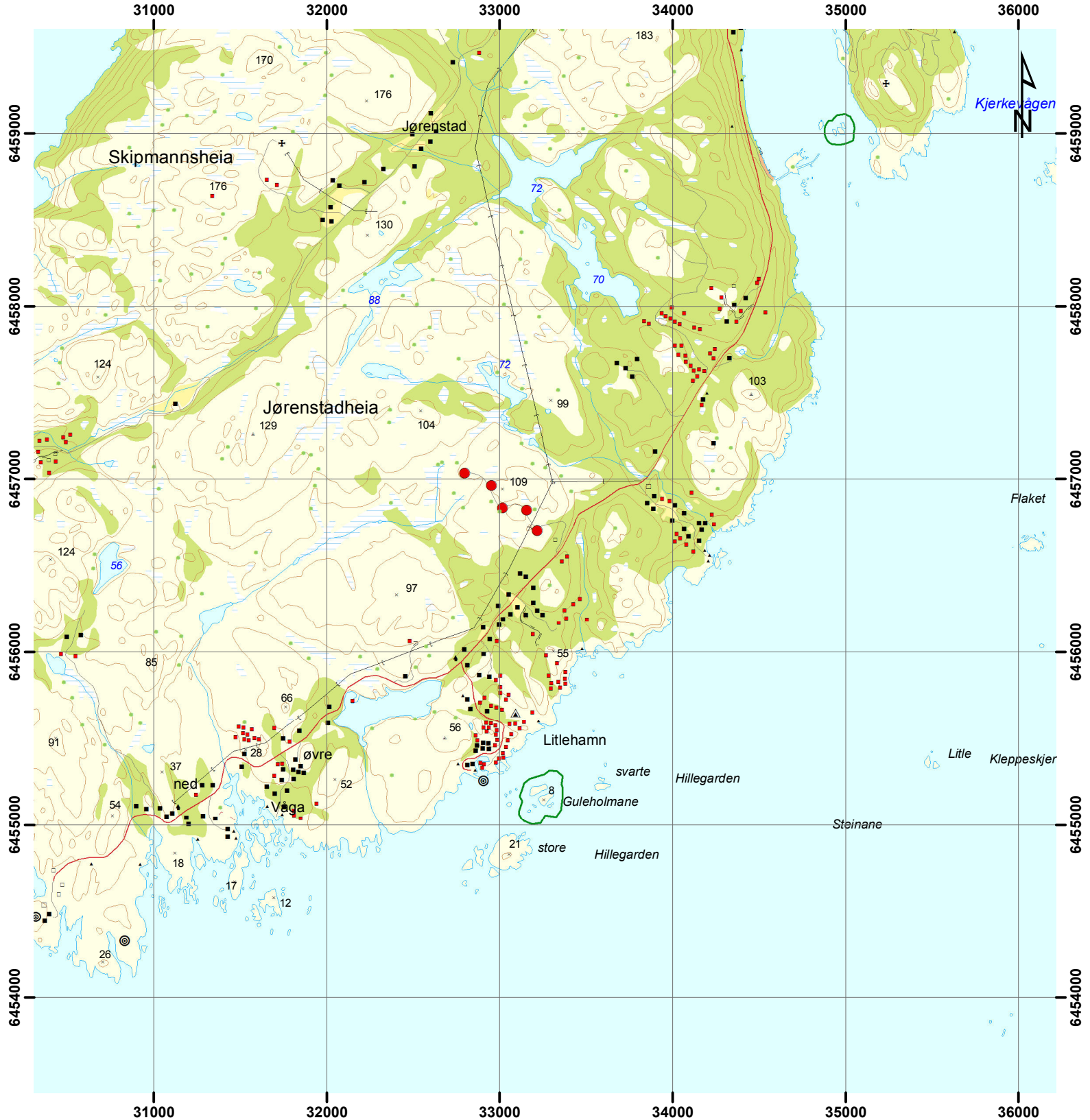
Papire Size: A4

Datum: WGS1984

Projection: UTM33

**KJELLER**  
VINDTEKNIKK





● Vindturbiner

0 0.3 0.6 1.2 km

### Lindesnes

Figure/Drawing Title:

Turbinplassering

File Name: Turbinplassering Lindesnes

Rev: 0

By:RK

Date:30/08/2012

Checked:EB

Date:30/08/2012

Scale: 1:30 000

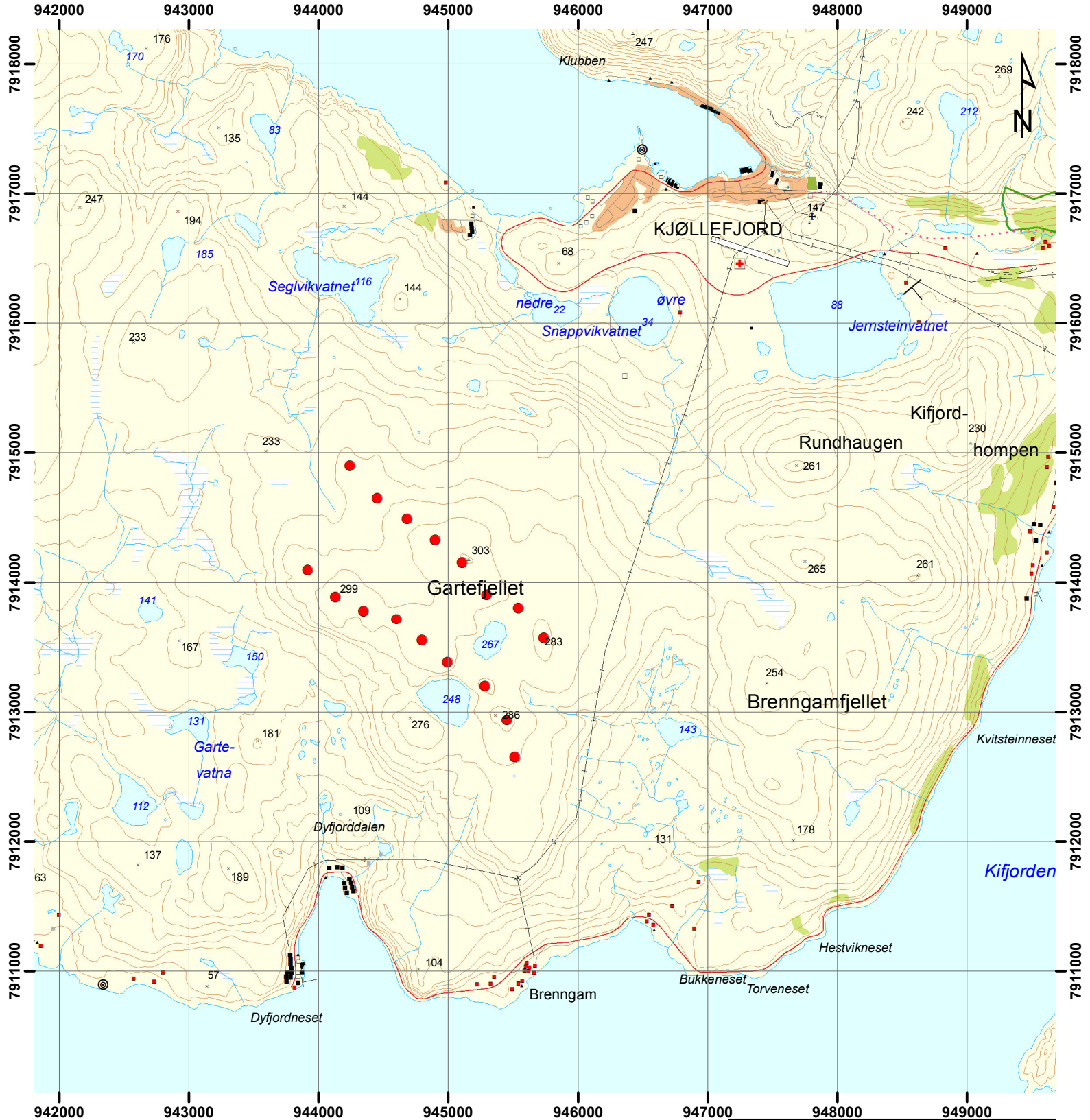
Papire Size: A4

Datum: WGS1984

Projection: UTM33

**KJELLER**  
VINDTEKNIKK





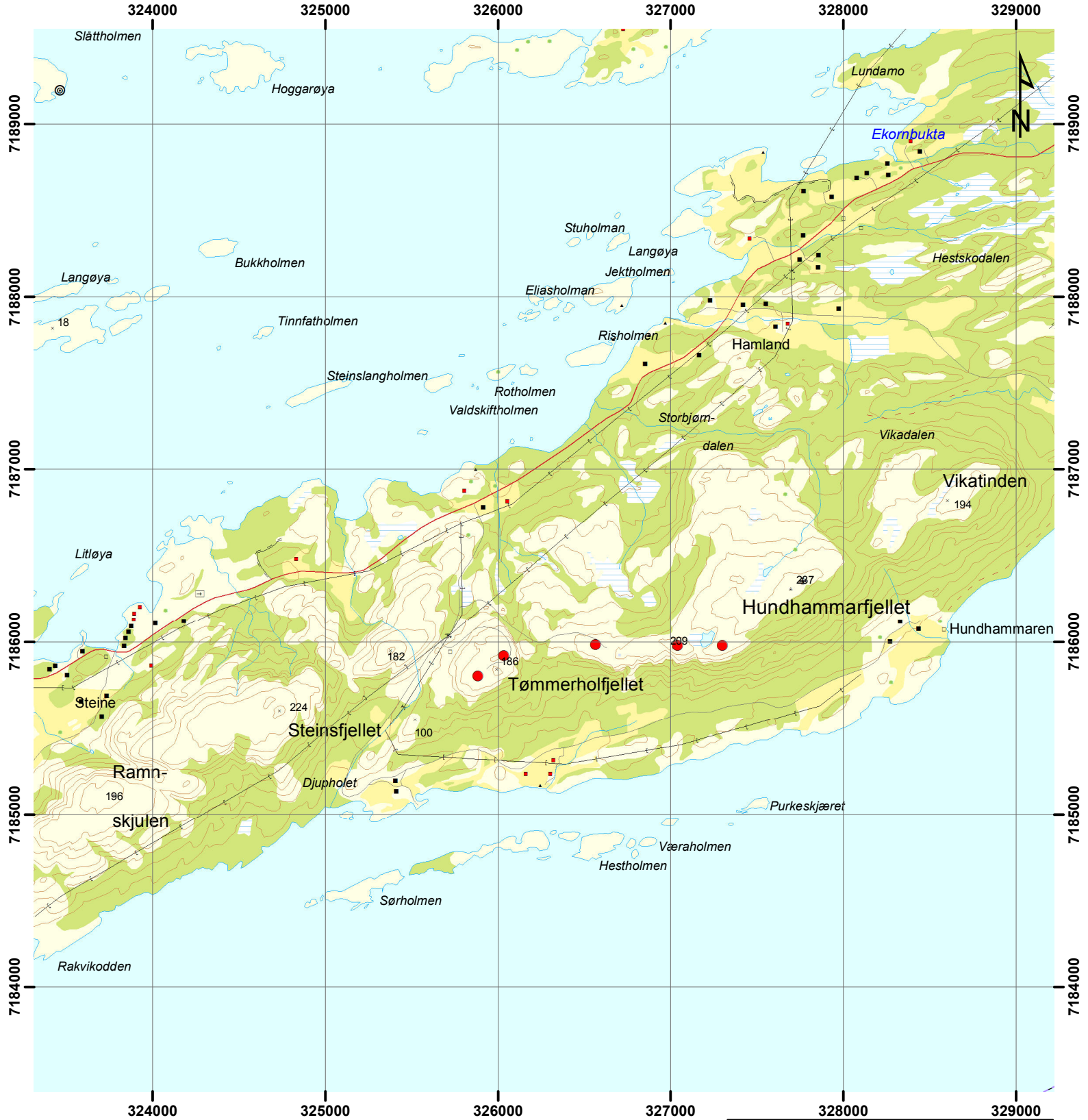
● Vindturbiner

0 0.425 0.85 1.7 km

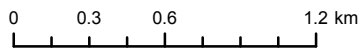
Kjøllefjord			
Figure/Drawing Title: Turbinplassering			
File Name: Turbinplassering Kjøllefjord		Rev: 0	
By:RK	Date:30/08/2012	Checked:EB	Date:30/08/2012
Scale: 1:40 000		Papire Size: A4	
Datum: WGS1984		Projection: UTM33	

**KJELLER**  
VINDTEKNIKK





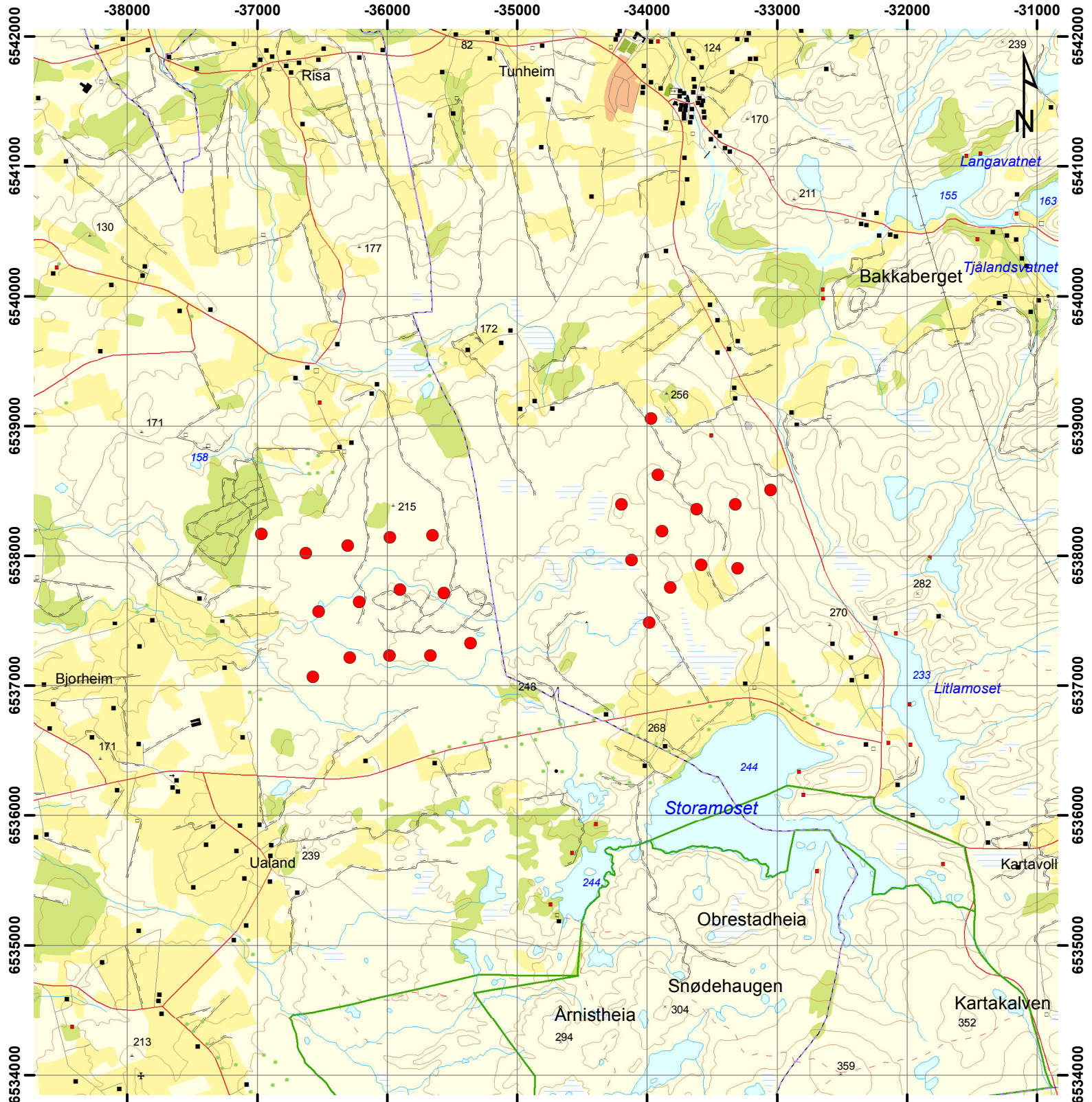
● Vindturbiner



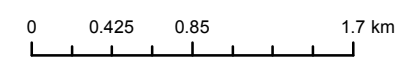
Hundhammerfjellet			
Figure/Drawing Title: Turbinplassering			
File Name: Turbinplassering Hundhammerfjellet		Rev: 0	
By: RK	Date: 30/08/2012	Checked: EB	Date: 30/08/2012
Scale: 1:30 000		Papire Size: A4	
Datum: WGS1984		Projection: UTM33	

**KJELLER**  
VINDTEKNIKK



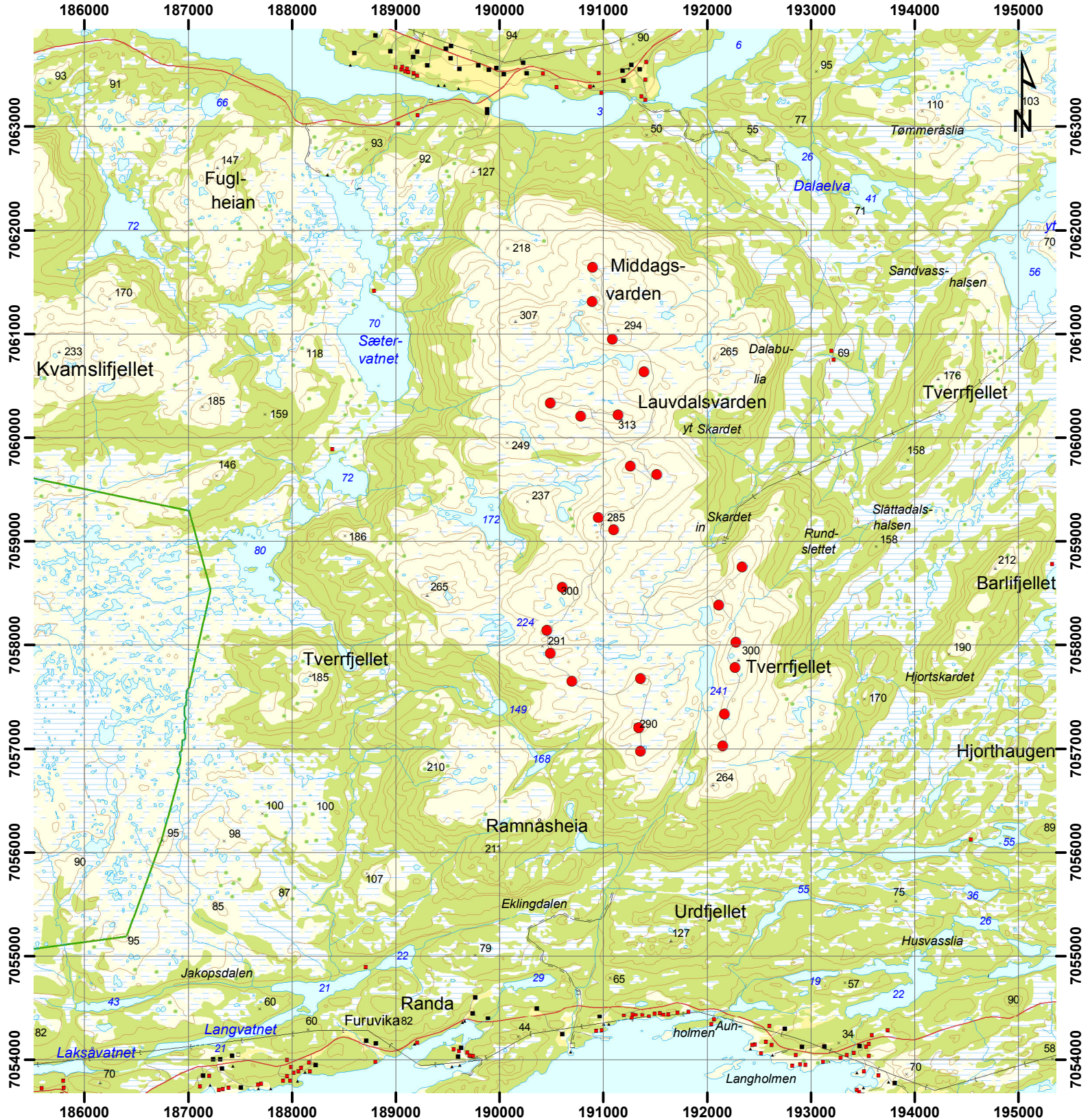


● Vindturbiner

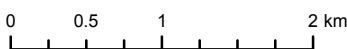


<b>Høg-Jæren</b>			
Figure/Drawing Title: <b>Turbinplassering</b>			
File Name: <b>Turbinplassering Høg-Jæren</b>		Rev: <b>0</b>	
By: <b>RK</b>	Date: <b>30/08/2012</b>	Checked: <b>EB</b>	Date: <b>30/08/2012</b>
Scale: <b>1:40 000</b>		Papire Size: <b>A4</b>	
Datum: <b>WGS1984</b>		Projection: <b>UTM33</b>	





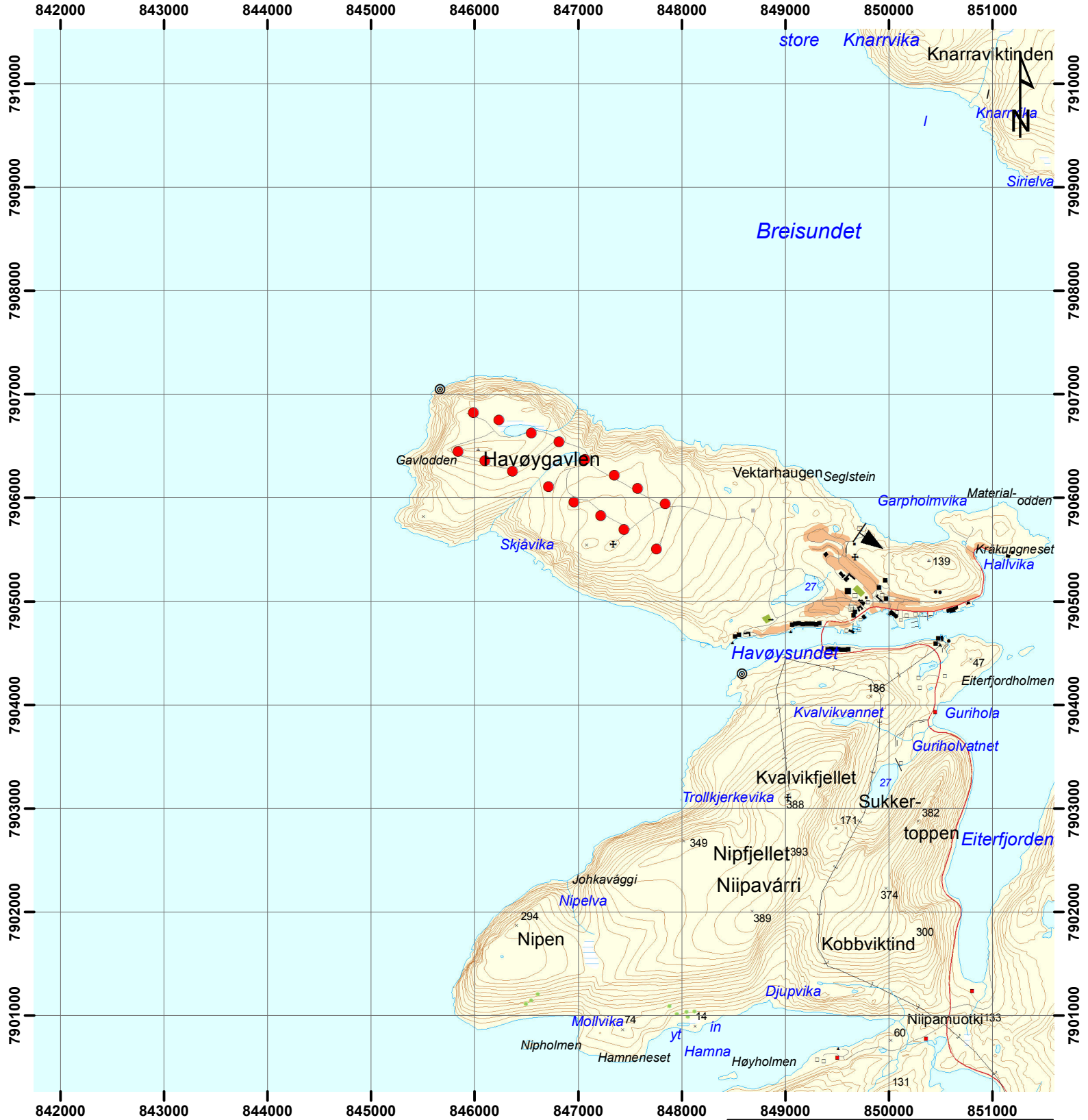
● Vindturbiner



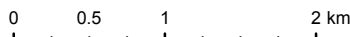
<b>Hitra</b>			
Figure/Drawing Title: <b>Turbinplassering</b>			
File Name: <b>Turbinplassering Hitra</b>		Rev: <b>0</b>	
By: <b>RK</b>	Date: <b>30/08/2012</b>	Checked: <b>EB</b>	Date: <b>30/08/2012</b>
Scale: <b>1:50 000</b>		Papire Size: <b>A4</b>	
Datum: <b>WGS1984</b>		Projection: <b>UTM33</b>	

**KJELLER**  
VINDTEKNIKK





● Vindturbiner



Havøygavlen			
Figure/Drawing Title: Turbinplassering			
File Name: <a href="#">Havøygavlen turbinplassering</a>		Rev: 0	
By: RK	Date: 30/08/2012	Checked: EB	Date: 30/08/2012
Scale: 1:50 000		Papire Size: A4	
Datum: WGS1984		Projection: UTM33	



Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

## **Utgitt i Rapportserien i 2013**

- Nr. 1 Roller i det nasjonale arbeidet med håndtering av naturfarer for tre samarbeidende direktorat
- Nr. 2 Norwegian Hydrological Reference Dataset for Climate Change Studies. Anne K. Fleig (Ed.)
- Nr. 3 Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed
- Nr. 4 Faresonekart skred Odda kommune
- Nr. 5 Faresonekart skred Årdal kommune
- Nr. 6 Sammenfatning av planlagte investeringer i sentral- og regionalnettet for perioden 2012-2021
- Nr. 7 Vandringshindere i Gaula, Namsen og Stjørdalselva
- Nr. 8 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 9 Energibruk i kontorbygg – trender og drivere
- Nr. 10 Flomsonekart Delprosjekt Levanger. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 11 Årsrapport for tilsyn 2012
- Nr. 12 Report from field trip, Ethiopia. Preparation for ADCP testing (14-21.08.2012)
- Nr. 13 Vindkraft - produksjon i 2012





Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

