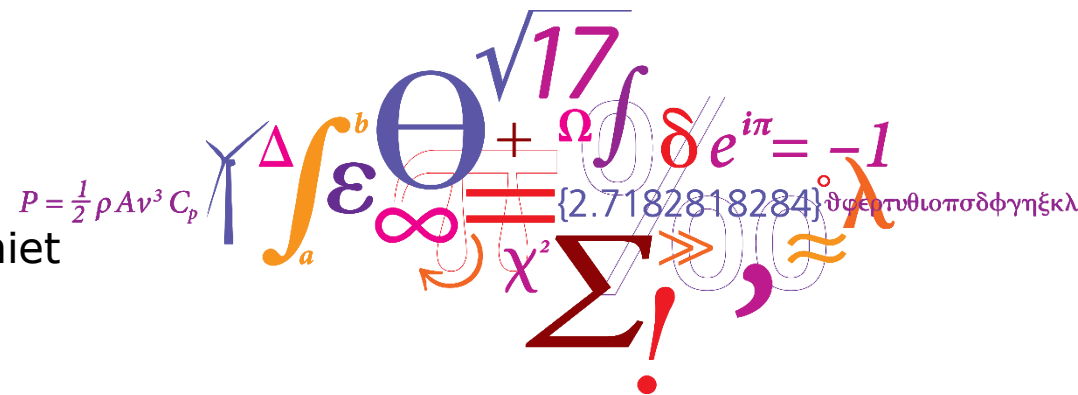


VInd i ROSkilde - VIROS

Ebba Dellwik, Carsten Weber Kock, Niels-Erik Clausen og
Asger Bech Abrahamsen, DTU Vind Energi
Kontakt: asab@dtu.dk

Tyge Kjær, RUC
Mikkel Sander, Roskilde Festival
Søren Hermansen, Energiakademiet
Musicon
EMD A/S



Afrapportering til Klimarådet for Roskilde Kommune
1 marts 2017

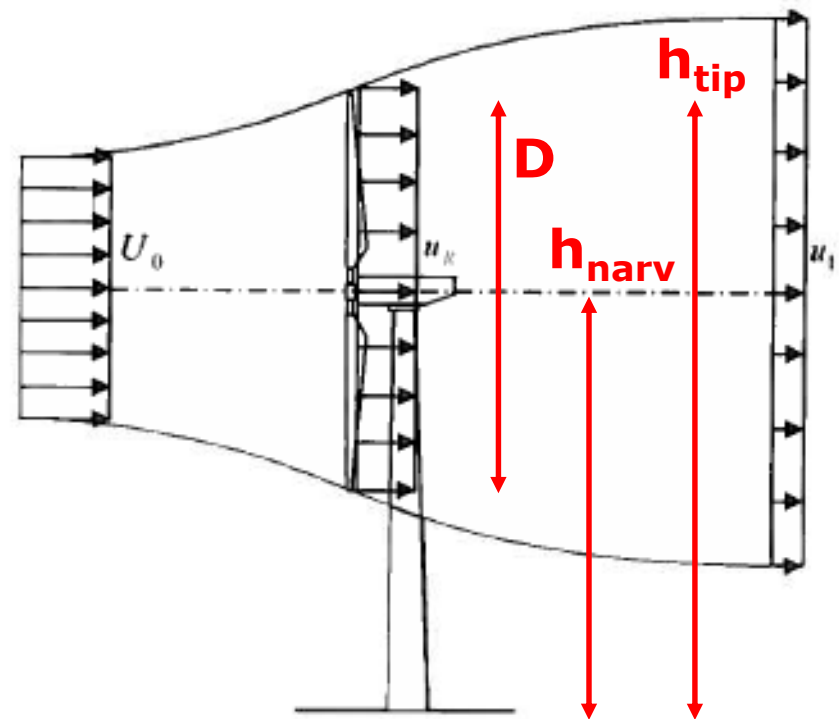
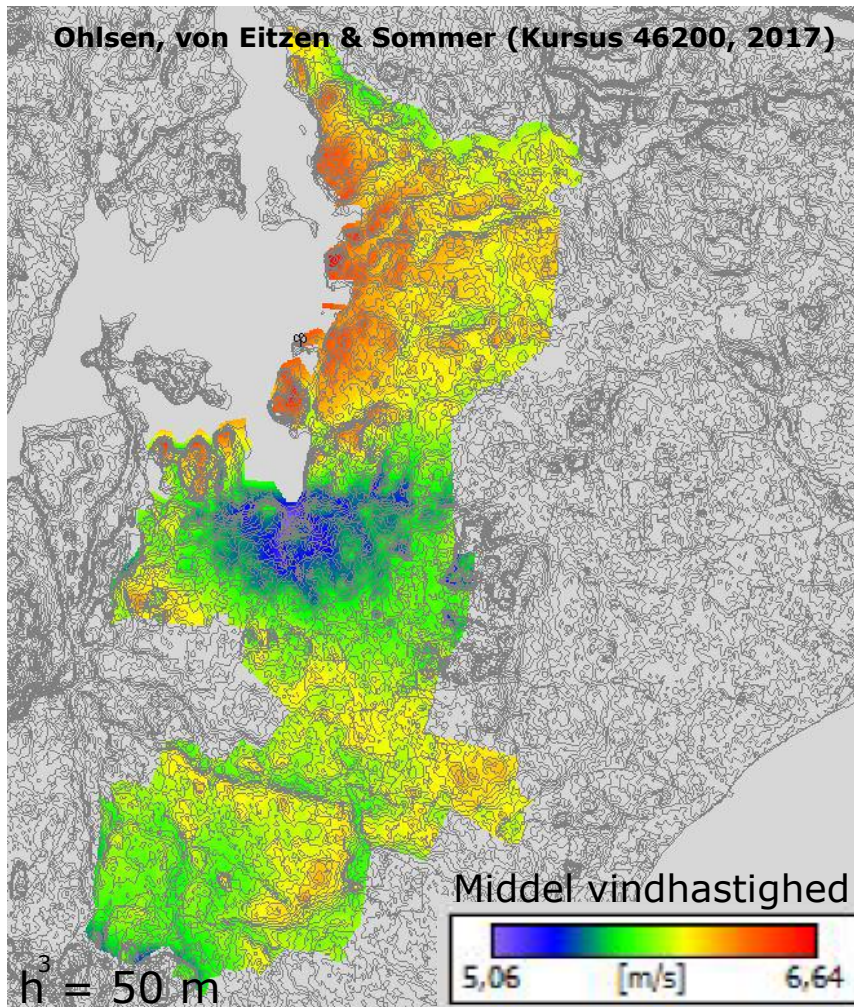
DTU Vindenergi
Institut for Vindenergi

Indhold

- Motivation for VIROS
- CO₂ udledning fra Roskilde og VIROS ambition
- VIROS opgaver
- Møller i land region og repowering
- Møller ved infrastruktur
- CO₂ fortrængning
- Ideer til at fremme lokal vindenergi
- Konklusion

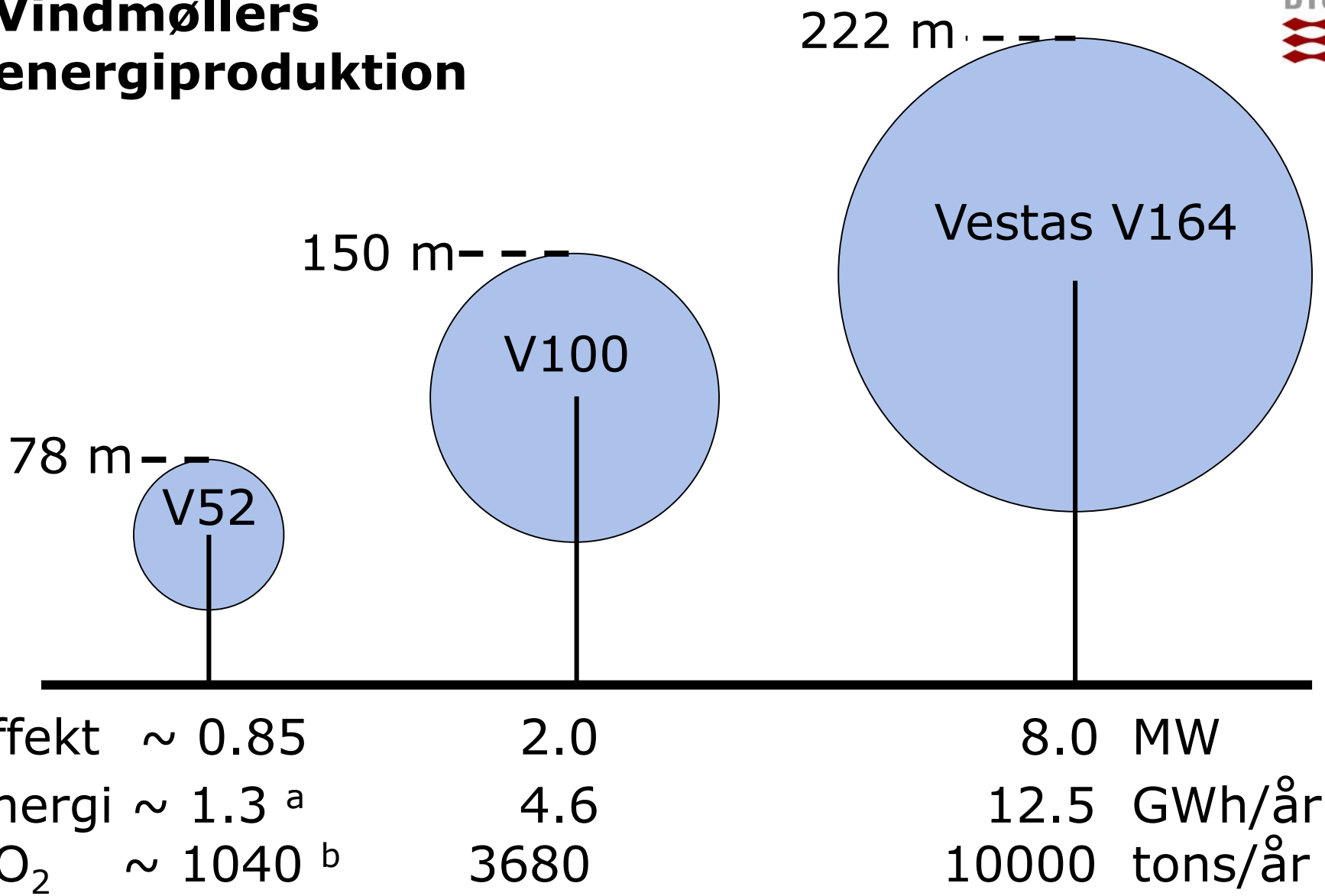
Motivation for VInd i ROSkilde - VIROS

Formålet med projektet er, at give anbefalinger til Roskilde kommune om hvordan en lokal vindenergi strategi med $h_{\text{tip}} < 100$ m kan give borgerne mulighed for, at medvirke til en grøn omstilling af kommunen frem mod 2050.



En vindmølle bremser vinden og bremse-energien kan laves til strøm

Vindmøllers energiproduktion

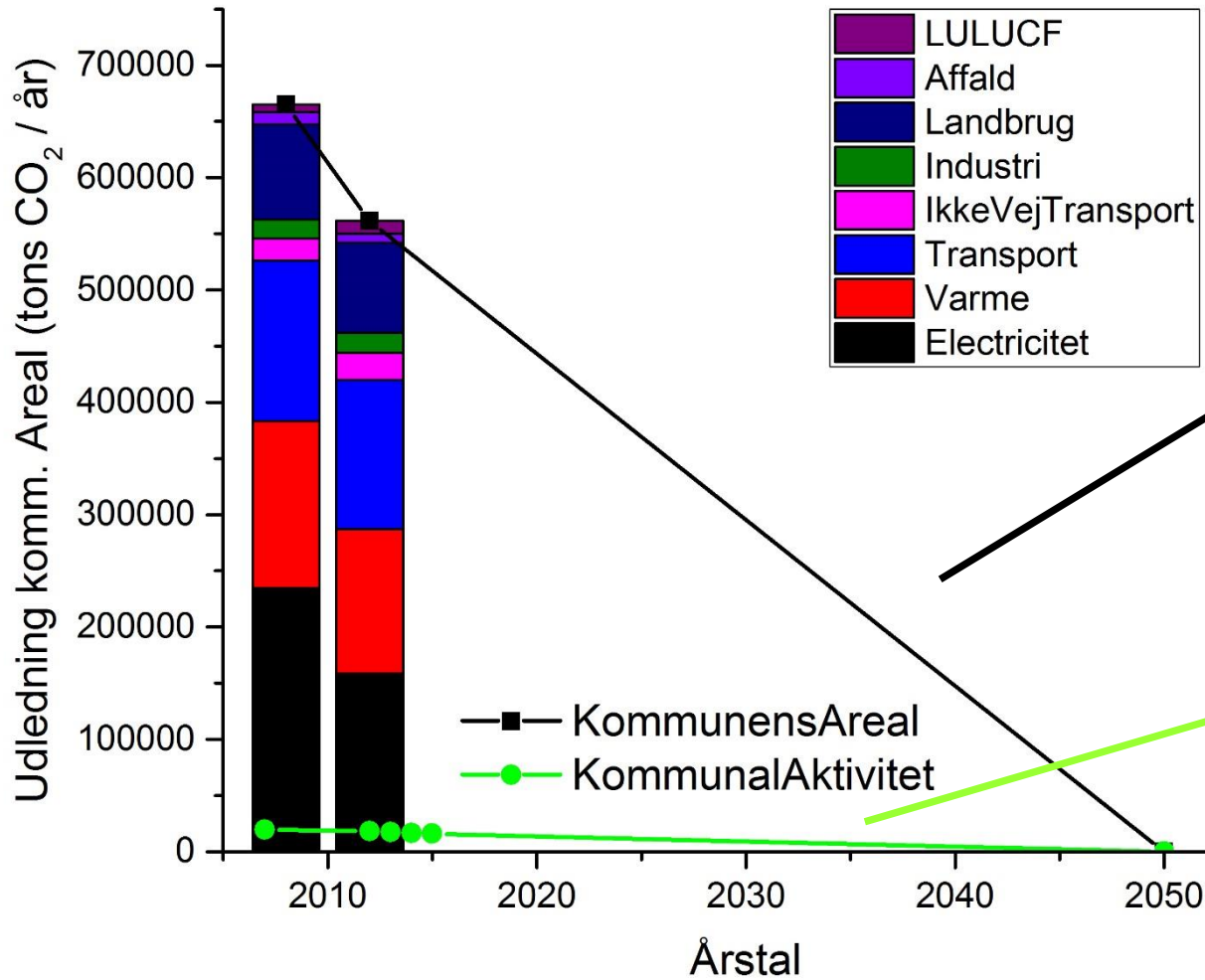


^AProduktion for V-52 mølle ved Ikea i Tåstrup og konservativ areal skalering uden vindprofil effekt

^BFortrængning af udledning estimeret med 0.8 kg CO₂/kWh svarende til kulkraft

CO₂ udledning fra Roskilde og VIROS ambition

CO₂ udledning fra Roskilde kommunes areal



Kommunens areal

- 500000 tons CO₂/år
- ~ 50 stk V-164
- National / Regional strategi

Kommunal aktivitet

- 16000 tons CO₂/år
- ~ 15 stk V-52 møller
- ~ 20 % af CO₂ fra el
- Lokal strategi
- **VIROS mål**

VIROS opgaver

Okt-dec (DTU).	Opgave 1	<p>Bestemme kriterier for placering af mellemstore møller i Roskilde</p> <p>Case 1: Levetidsforlængelse og repowering af Roskilde møller</p> <p>Case 2: 10 bynære møller</p> <p>Case 3: møller i landzone</p>
Jan 2017	Opgave 2	Cases med mellemstore møller behandles af DTU studerende i kurset ” Planning and development of wind farms” (DTU, Januar 2017)
Marts-dec	Opgave 3	<p>Interessant møde: Info møde på 2 timer en aften om ”Vind i Roskilde”. Relevante interessenter som for eks. Erhvervsforum Roskilde, borgere, IQ Roskilde, Danmarks Naturfredningsforening, byråd, skoler og andre uddannelsesinstitutioner inviteres. (DTU, Roskilde Festival og Musicon).</p> <p>Tidspunktet for mødet fastsættes blandt partnerne i ”Vind i Roskilde”. ?</p>
Jan-Marts	Opgave 4	<p>Evaluering af energi produktion, CO₂ reduktion, barrierer og overslag på økonomien af mellemstore møller og ejerskabsmodeller (DTU og Roskilde Festival).</p>

VIROS opgaver

Marts-Juli	Opgave 5	Visualisering af udvalgte cases (DTU og EMD A/S)
Juli-Dec	Opgave 6	Sammenfatte fordele og ulemper af en lokal vindmølle strategi baseret på 100 m møller i Roskilde (DTU)
Jan 2018	Opgave 7	Afsluttende projekt rapport og åbent borgermøde med fremlæggelse (Alle).

Udgangspunkter

- Max møllehøjde på 100 m for at få plads (125-150 m til høring i 2013)
- 100 m møller udbydes ikke længere i Danmark. Det forventes dog at komme igen når store dele af danske møller over 20 år skal udskiftes.
- Reduktion af kommunens CO₂ udledning er hovedformålet med møllerne

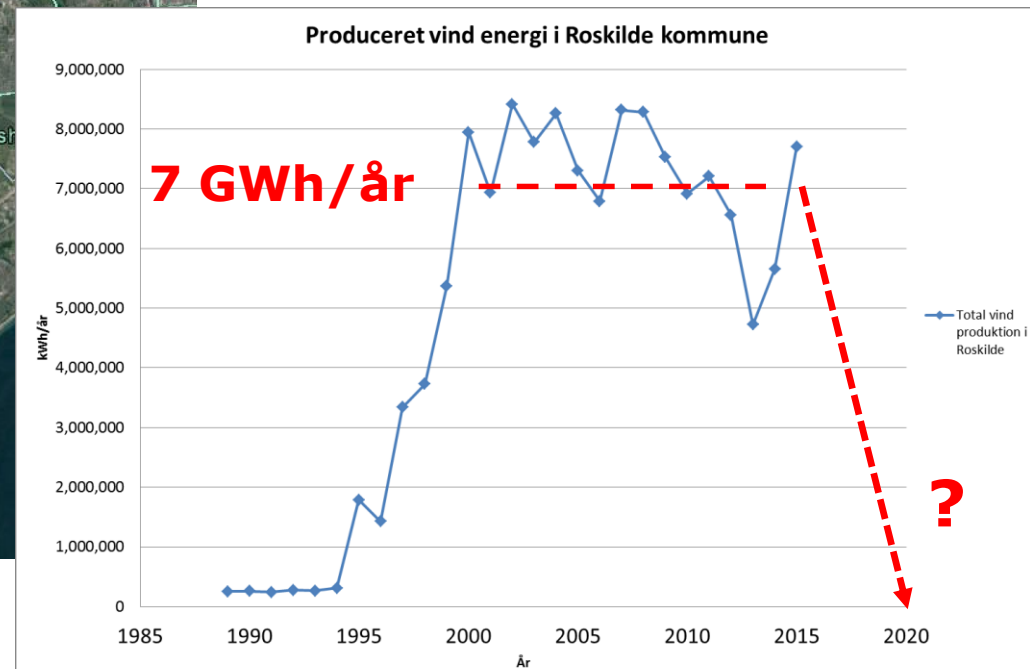
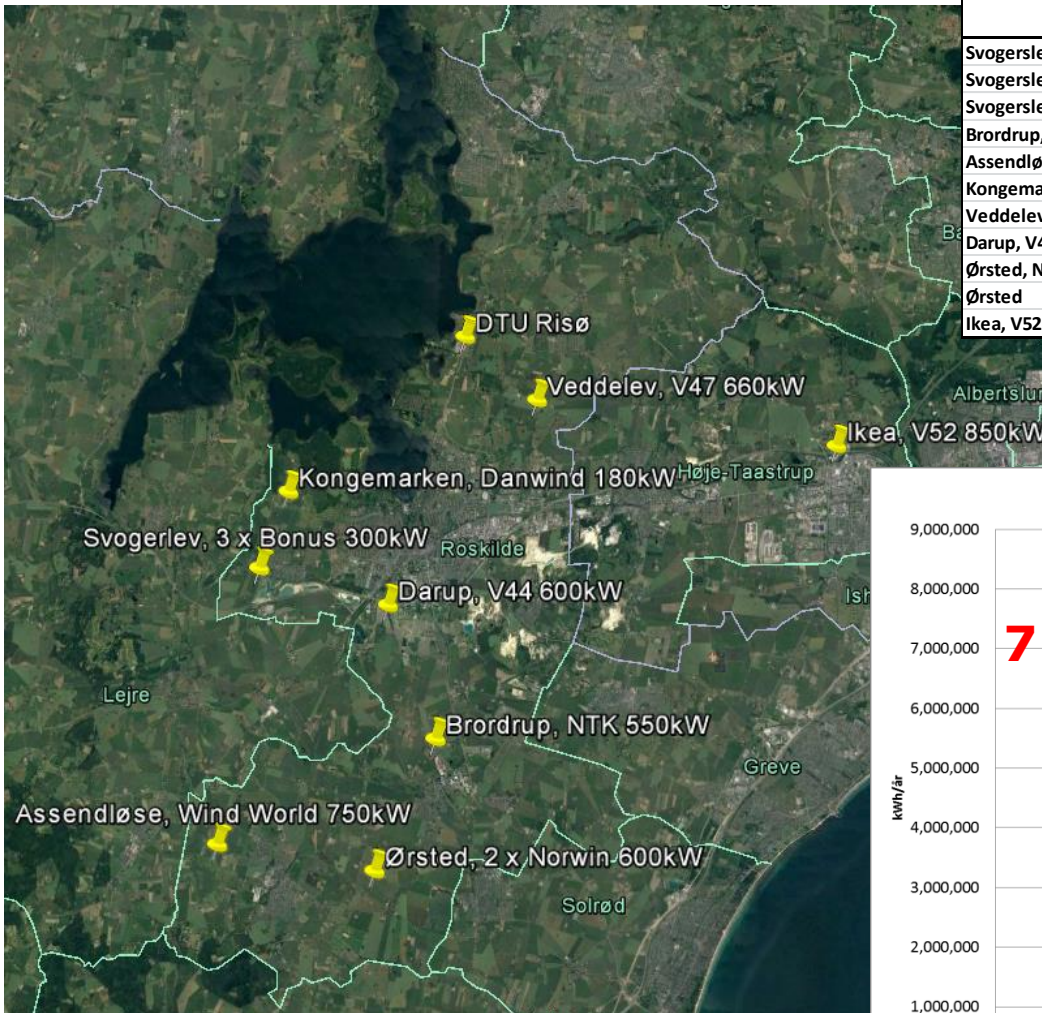
Forbehold

VIROS projektet undersøger mange placeringer af vindmøller for at evaluere hvor meget energi de kan lave. Dette betyder ikke at der er konkrete planer om at opføre en vindmølle, hvilket kræver en detaljeret projektering. Øvelsen viser dog hvordan en placering kan diskuteres med borgerne omkring møllen.

Nuværende vindmøller i Roskilde kommune

"Navn"	Opstart	m ² /kW	Average		
			kWh	kWh/kW	kWh/m ²
Svogerslev, Bonus 300kW	17-07-1994	2.52	435,470.7	1,451.6	577.0
Svogerslev	14-07-1994	2.52	435,470.7	1,451.6	577.0
Svogerslev	14-07-1994	2.52	435,470.7	1,451.6	577.0
Brordrup, NTK 550kW	18-06-1996	1.95	738,213.3	1,342.2	686.6
Assendløse, Wind World 750kW	10-05-1999	2.41	1,189,465.9	1,586.0	657.3
Kongemarken, Danwind 180kW	05-09-1988	2.31	200,830.9	1,115.7	483.4
Veddelev, V47 660kW	10-08-1999	2.63	1,228,299.3	1,861.1	708.0
Darup, V44 600kW	01-06-1996	2.53	966,411.3	1,610.7	635.6
Ørsted, Norwin 600kW	16-12-1998	2.77	1,081,903.2	1,806.2	651.0
Ørsted	16-12-1998	2.77	1,116,427.7	1,863.8	671.8
Ikea, V52 850kW	24-03-2011	2.50	1,279,339.9	1,505.1	602.4

Kilde: <http://www.ens.dk/info/tal-kort/statistik-noegletal/oversigt-energisektoren/stamdataregister-vindmoller>



Princip for placering af en mølle i VIROS

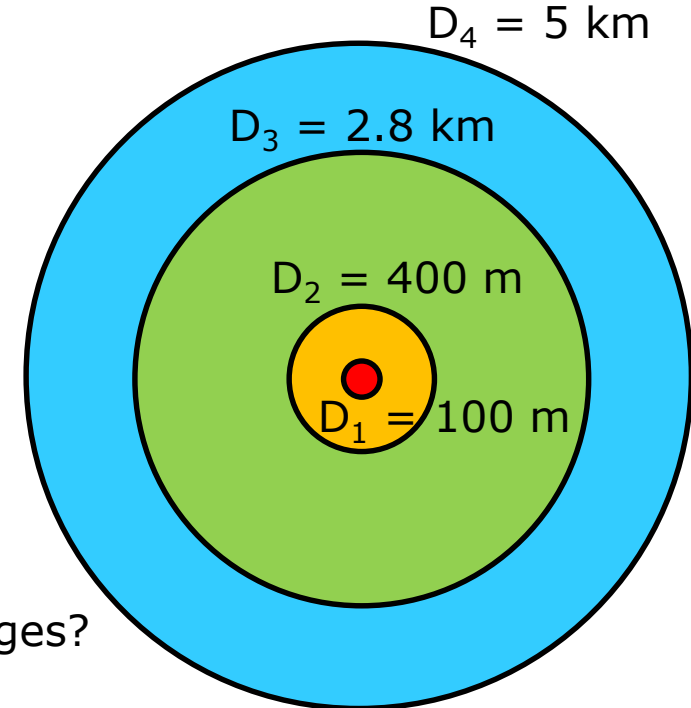
- 1 x h_{tip} cirkel = Mølleposition
 - Ejerskab af jord (privat, kommunal eller stat)
 - Ejerskabsmodel af mølle (privat, møllelaug og type, andele?)
 - Møllemodel ($h_{tip} < 100$ m, f.eks. Vestas, Enercon eller EWT)
 - Afstand til vej

- 4 x h_{tip} cirkel = Afstandskrav til bygning

- 28 x h_{tip} cirkel = Kirkehøring

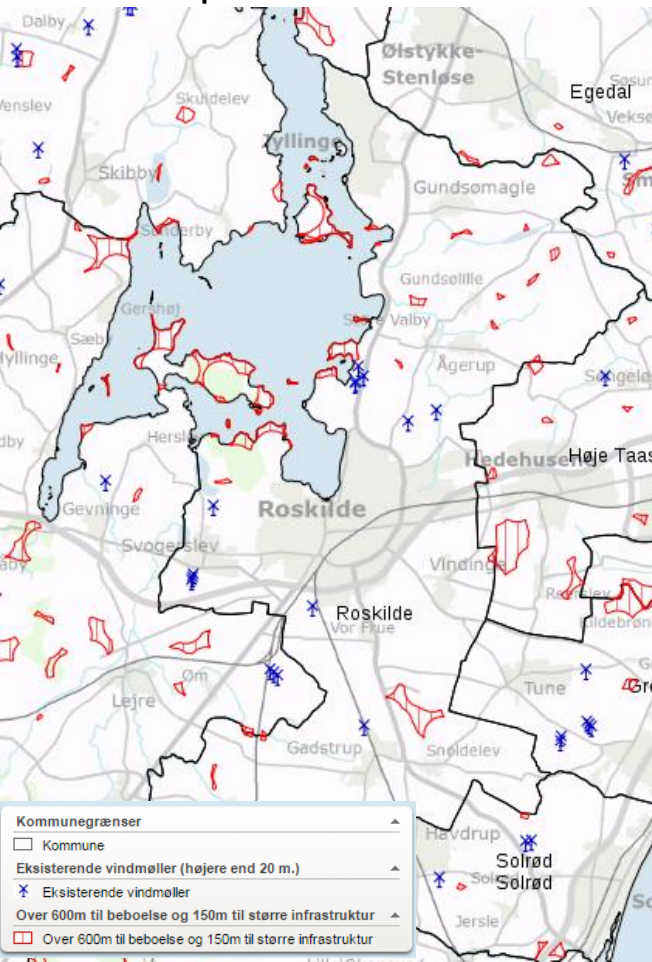
- 5 km medejer & kompensations-cirkel
 - Borgere tilbydes min 20 % medejerskab
 - Ejendomme skal måske kompenseres !
 - Skal der opkøbes ejendom som skal nedlægges?

- Undersøg restriktioner for areal udnyttelser (Naturpark, fjorden mm)

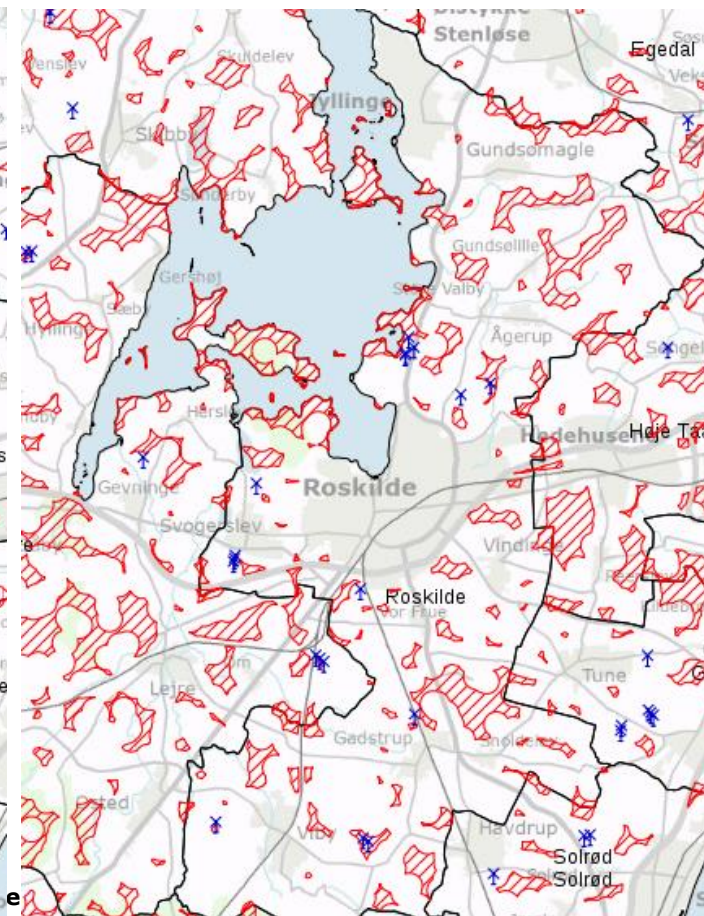


Hvilken mølle størrelse passer bedst? Afstandskrav til beboede bygninger

$H_{tip} = 150 \text{ m}$

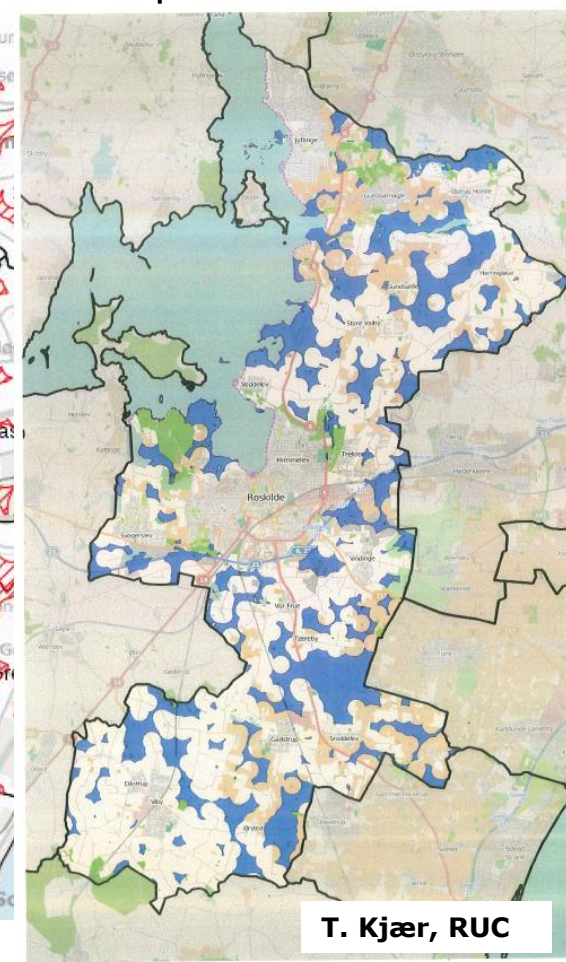


$H_{tip} = 100 \text{ m}$



Erhvervsstyrelsen (erhvervsstyrelsen.dk)

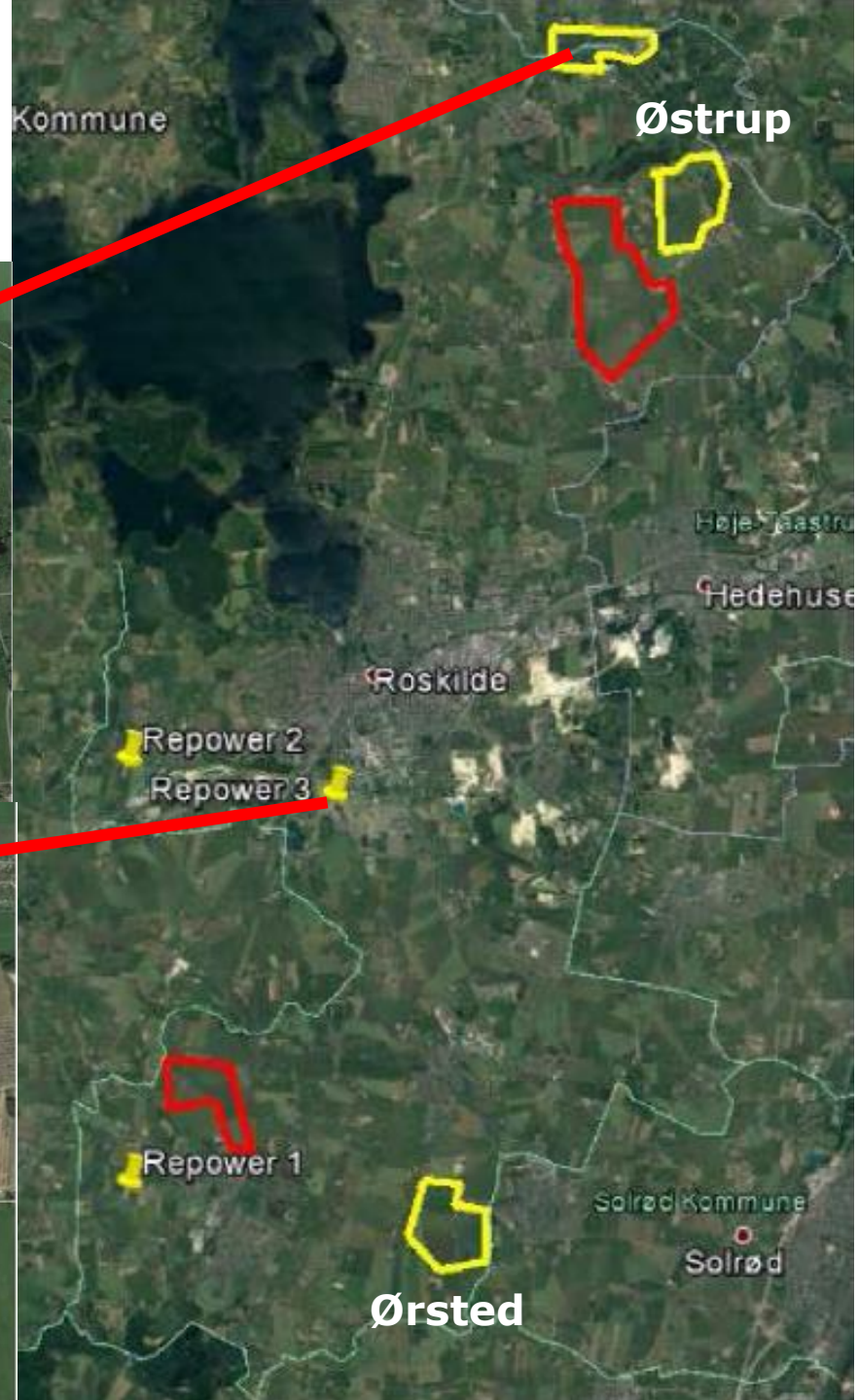
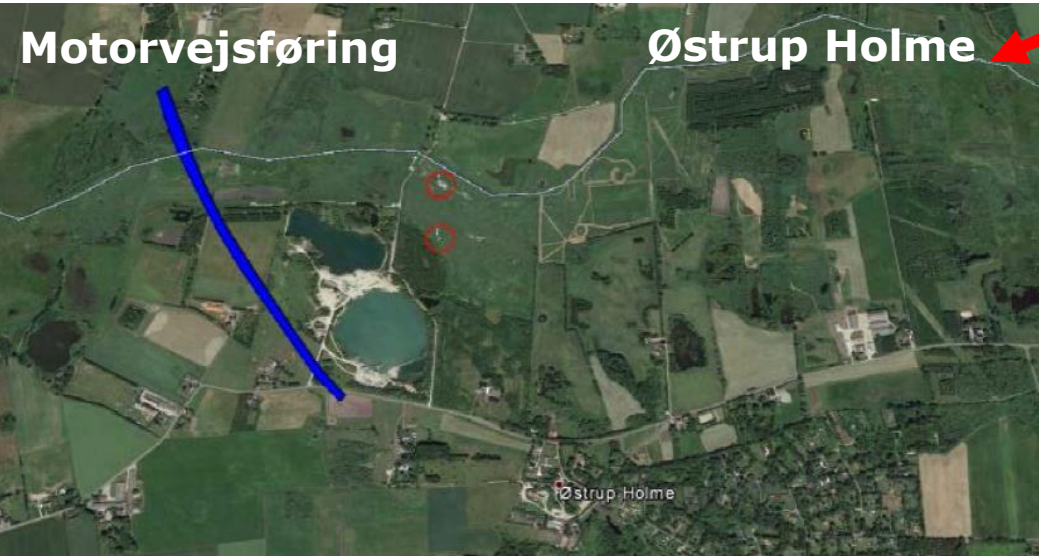
$H_{tip} = 80 \text{ m}$



T. Kjær, RUC

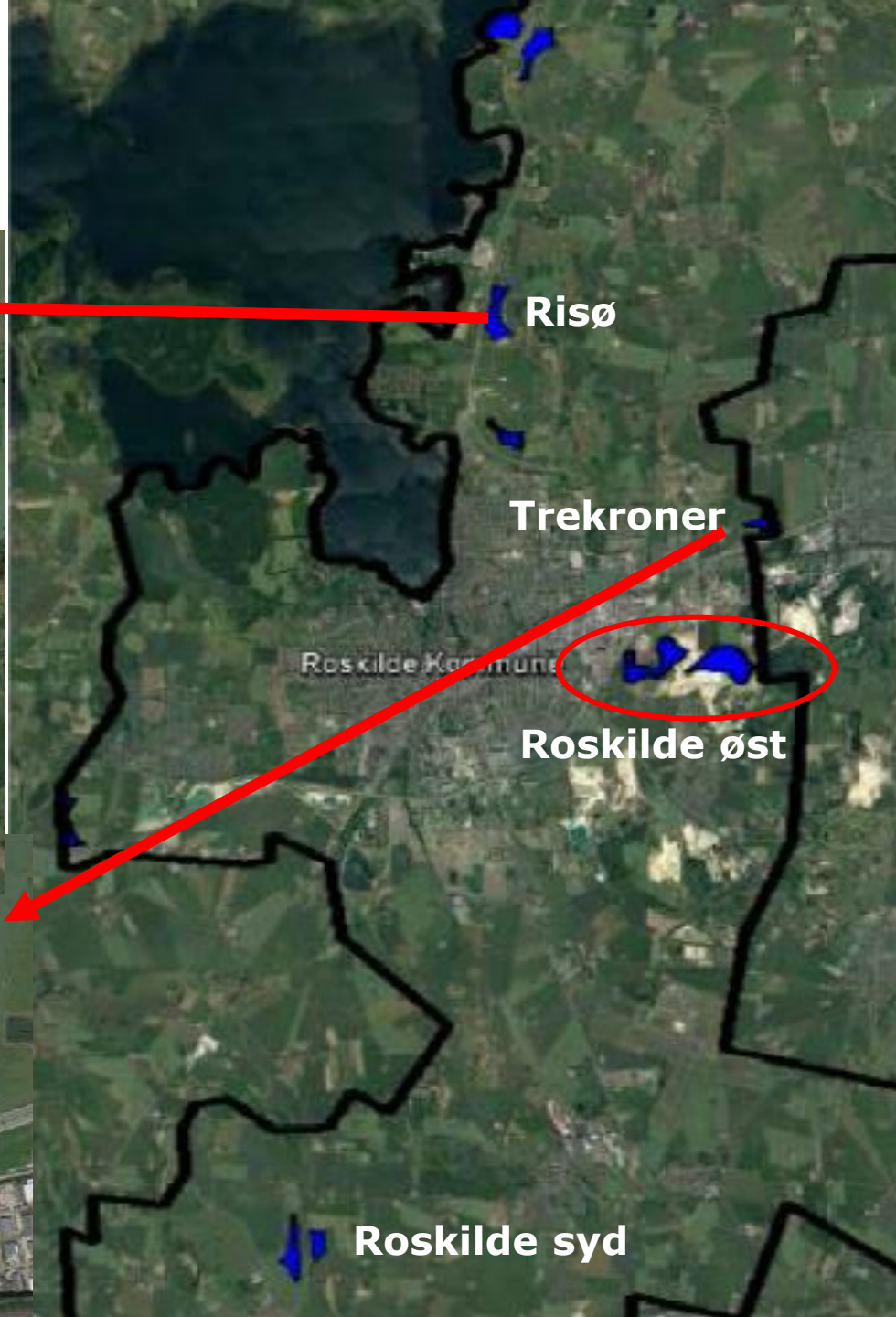
Eksempler på møller i land region og repowering

Ohlsen, von Eitzen & Sommer (Kursus 46200, 2017)



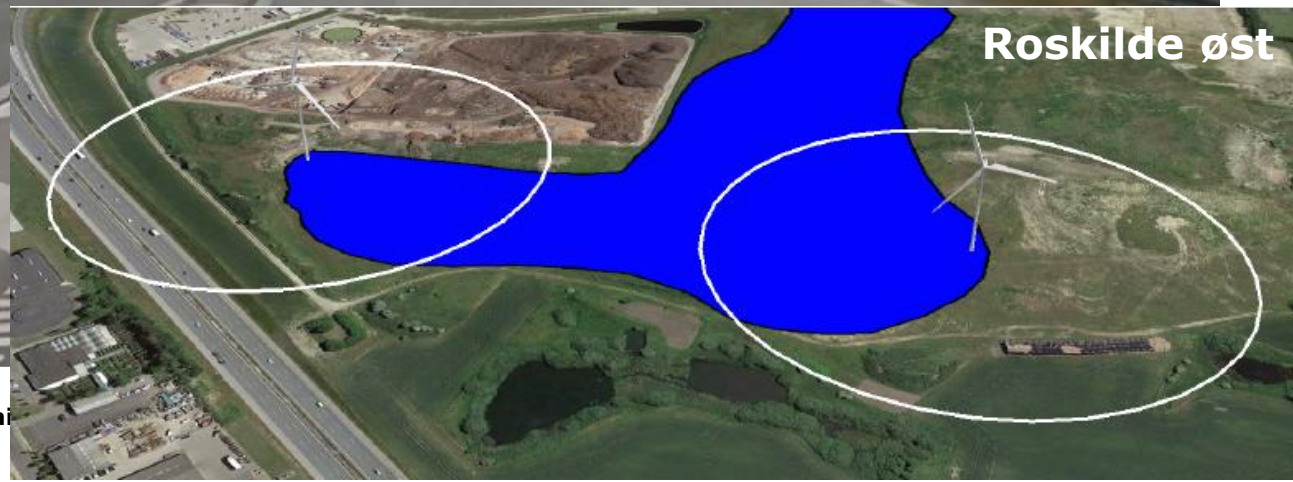
Eksempler på møller ved veje og jernbane

Eplov, Mosbech, Kazda & Menke (46200, 2017)



Kombiner vind + motorvej + oplade elbiler

Eplov, Mosbech, Kazda & Menke (Kursus 46200 vind farm planlægning, 2017)



Resultat fra vind farm planlægning rapporter



Position	Turbine	Antal	AEP GWh	AEP90
Land placering				
Østrup	E-82 - 2 MW	3	13,8	7,7
Østrup holme	E-82 - 2 MW	2	9,1	4
Ørsted	E-82 - 2 MW	3	13,55	7,44
Repower				
Darup	EWT DW54	1	--	--
Svogerslev	EWT DW54	1	1,88	1,041
Assendløse	EWT DW54	3	5	2,7
Bynære				
Roskilde South (Tog)	E-82 - 2 MW	2	14,6	10,5
Risø (A6)	E-82 - 2 MW	3	16,9	12,4
Roskilde East (Motorvej)	E-82 - 2 MW	2	9,3	5,1
Total		20	84,13	50,881
CO2 fortrængning [tons CO2]			67304	40705

Turbulens kræver ny beregning





*Kulkraft fortrængning : 0.8 kg/kWh

> 16000 tons CO₂ fra kommunens aktivitet 😊

Ideer til at fremme lokal vindenergi

- Kommunen ligger jord til nogle af møllerne og kan stille krav om 100 % udbud på andele til borgerne i kommunen. F.eks. Energi park ved Roskilde øst / Trekroner, hvor vindenergi kobles til opladning af el-biler fra motorvejen.
- Dialog blandt kommende andelshavere om hvilken forrentning de forventer af projektet
- Flere møller i samme projekt (Rabat på møllerne, Rabat på fundamenter og en samlet VVM undersøgelse)
- Dialog blandt borgere inden for 5 km cirklen om ejendomskompensation bliver aktuel inden at VVM undersøgelse og projekt udarbejdes. Hvordan?
- Dialog med kirkerne og menighedsråd om indsigelse inden VVM
- Deltagelse af non-profit organisationer, så som Roskilde Festival
- Deltagelse af firmaer som kan få energi og sit logo på møllen (Eks. Ikea)
- Lokal vindenergi skaber lokal aktivitet og lokale arbejdspladser

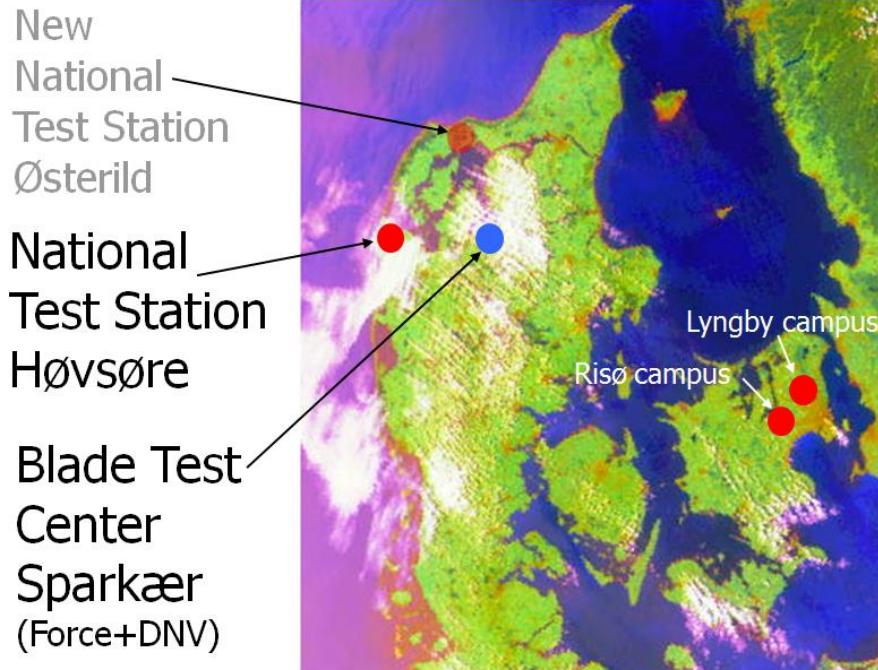
Konklusion

- VIROS CO₂ fortrængningsambition: 16000 tons CO₂/år
- Mølle installations-arealet i kommunen er langt større for 100 m møller end for 150 m møller: $h < 125-150$ m
- Vindresursen og placering af $h < 100$ m møller er blevet undersøgt af DTU studerende i DTU Master kurset "Vind farm planlægning 46200"
- 20 møller i Roskilde
 - Energi ~ 51-84 GWh/år 
 - CO₂ fortrængning ~ 41000 – 67000 tons CO₂/år 
 - Estimat på fortrængningspris* ~ 5000 – 8000 kr / tons CO₂
 - Pris på vindenergien* ~ 0.5 kr/kWh
- TO DO: Visualisering & Vindmøllelaug diskussion
- **Anbefalinger til vindenergistrategi for Roskilde kommune $h < 100$ m**

VIROS partnere

- DTU Vind Energi** Afdelingen for vind energi under Danmarks Tekniske Universitet (DTU) er verdens førende inden for forskning og udvikling af vind energi.
- RUC** Institut for Mennesker og Teknologi under Roskilde Universitets Center er foretrukken samarbejdspartner for Roskilde Kommune inden for Energi planlægning.
- Roskilde Festival** Arrangerer en af Europas største musikfestivaler med en ambition om at være bæredygtig.
- Musicon** Udvikler en ny bydel i Roskilde med en ambition om en bæredygtig profil.
- Energiakademiet** Samsø Energiakademi har speciale i bæredygtig udvikling i tæt samarbejde med lokalbefolkningen og Samsø kommune med henblik på at blive Fossil Fri Ø i 2030.
- EMD A/S** Udvikler computer programmer til beregning af vindmøllers energi produktion og visualisering af møller i landskabet.

DTU Wind Energy Department



...From resource to grid

DTU Wind Energy 235 staff members

Including 150 academic staff members and 40 PhD students

WIND ENERGY SYSTEMS

- Wind resources and siting
- Wind power integration and control
- Offshore wind energy
- Wind energy and society



WIND TURBINE TECHNOLOGY

- Aero-elastic design
- Structural design and safety
- Mechanical components
- Electro-technical components



WIND ENERGY BASICS

- Aero and hydro dynamics
- Boundary-layer meteorology and turbulence
- Light, strong materials
- Remote sensing and measurement technology

