

Bilaga 3. Flimmermodelleringsrapport

Storbötet 2-vindkraftsprojektet

Datum	14.3.2025
Författare	Toni Hägerth
Granskare	Vesa Vähäkuopus
Projektnummer	12004615

Innehåll

1	Bakgrund	3
1.1	Utredning och objekt.....	3
1.2	Kunder	4
1.3	Verkställare	4
2	Vindkraftverk och skuggflimmer	4
3	Riktvärden	5
4	Metoder och källdata.....	5
4.1	Metodik	5
4.2	Väderdata	6
4.3	Granskade fall	7
5	Resultat	9
5.1	Osäkerhetsfaktorer	10
5.2	Förebyggande av skuggflimmer	10
6	Slutsatser	11
7	Källor	11

Bilagor:

Bilaga 1: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativ ALT0. I denna granskningssituation genomförs inga kraftverk i området och skuggflimmerkonsekvenserna från andra vindkraftsprojekt i omgivningen har beaktats i beräkningen.

Bilaga 2: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT0+.

Bilaga 3: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT1.

Bilaga 4: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT0+. Beräkningen har beaktat de sammantagna konsekvenserna med andra vindkraftsprojekt i omgivningen.

Bilaga 5: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT1. Beräkningen har beaktat de sammantagna konsekvenserna med andra vindkraftsprojekt i omgivningen.

1 Bakgrund

1.1 Utredning och objekt

Neoen Renewables Finland Oy (Neoen) och PROKON Wind Energy Finland Oy (Prokon) planerar ett vindkraftsprojekt i Vörå kommun, kallat Storbötet 2. Dessutom planeras ytterligare en ny turbin i det intilliggande vindkraftsområdet Storbötet 1 i Nykarleby. Projektet omfattar totalt 8 turbiner med en teoretisk maxeffekt på cirka 80 MW. Turbinernas totala höjd är maximalt 300 meter, med en navhöjd på 200 meter och en rotordiameter på 200 meter. Förutom vindkraftverken kommer området att innefatta en transformatorstation samt nödvändiga servicevägar och elanslutningar. Sitowise Oy ansvarar för miljökonsekvensbedömningen av projektet. Det planerade produktionsområdet visas på kartan (Bild 1-1).

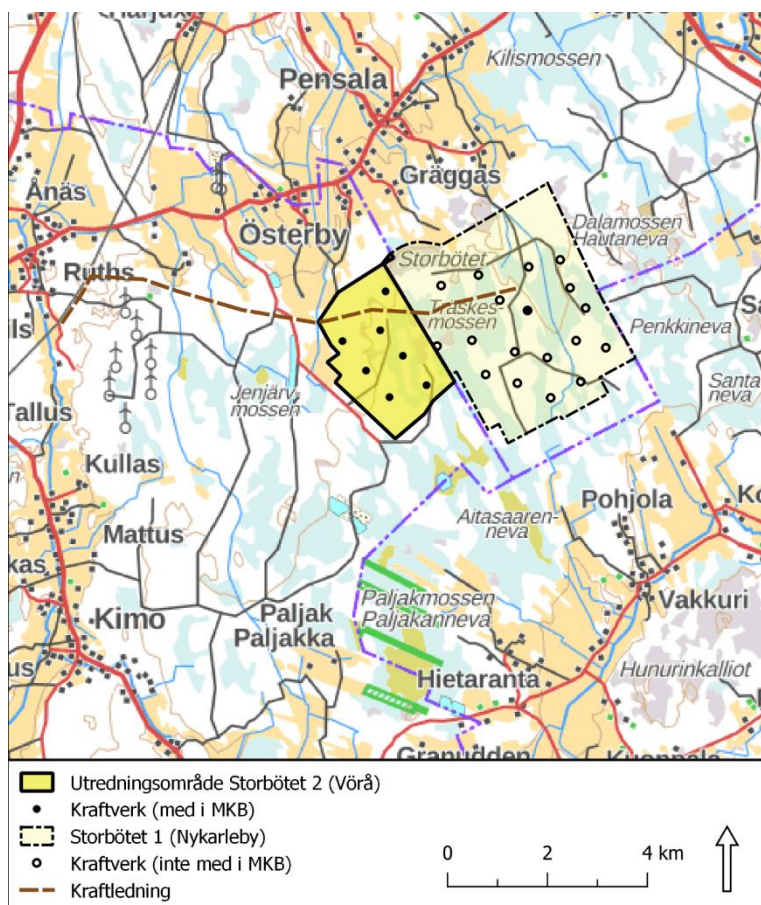


Bild 1-1. På kartan visas Storbötet 2 till vänster, Storbötet 1 till höger. Kraftverken som är med i MKB är utmärkt med svart, de övriga kraftverken i Nykarleby är i drift (MKB-programmet, Sitowise Oy)

1.2 Kunder

Neoen Renewables Finland Oy
PROKON Wind Energy Finland Oy

1.3 Verkställare

Sitowise Oy
Helsinginkatu 15, 20500 Turku
+358 20 747 6000 | vaihde

Toni Hägerth, FM, bullerexpert
Tel. +358 40 843 6485
toni.hagerth@sitowise.com

Vesa Vähäkuopus, DI, bullerexpert
Tel. +358 44 427 9590
vesa.vahakuopus@sitowise.com

2 Vindkraftverk och skuggflimmer

Med skuggning eller flimmer från vindkraftverk avses en regelbundet återkommande, flimrande skuggeffekt. Skuggeffekten orsakas vid observationspunkter när kraftverket är i drift och solen befinner sig bakom kraftverket från observationspunktens perspektiv. De faktorer som främst påverkar skuggeffekten är väderförhållandena:

- Flimmer kan endast uppstå under soligt väder.
- Flimmer kan endast uppstå under tillräckligt blåstigt väder när kraftverket är i drift.
- Områdets omfattning för flimmer beror på solens höjdposition. Skuggeffekten är störst när solen skiner lågt.
- Flimmereffekten är störst när vindriktningen är medvind eller motvind från observationspunkten till kraftverket. Det uppstår inget flimmer i sidovind.

På grund av ovanstående faktorer är skuggeffekten vid en observationspunkt inte konstant utan varierar beroende på tid på klockslag och årstid. Skuggeffekten kan sträcka sig upp till 1...3 km från kraftverket beroende på kraftverkets höjd, rotorns storlek, placering och solens position.

Mängden flimmer kan granskas per dygn (minuter per dag, min/d) eller årligt (timmar per år, h/a). Flimmermängden kan beräkningsmässigt bedömas antingen enligt så kallade teoretiska värsta möjliga (worst case) eller enligt så kallade verkliga förhållanden (real case). I det teoretiska värsta fallet antar man att solen är synlig under hela tiden mellan soluppgång och solnedgång och att kraftverken är i ständig drift så att rotorn alltid är riktad mot eller bort från objektet. Detta kan inträffa för en enskild observationspunkt dagligen men återspeglar inte den verkliga långvariga situationen.

Syftet med den verkliga situationens bedömning är att uppskatta de realistiska skadliga konsekvenserna under en längre granskningsperiod. I beräkningarna beaktas sannolikheten för solsken, kraftverkens drifttid under olika årstider och vindriktningens sannolikhet.

3 Riktvärden

I Finland har det inte fastställts riktvärden eller gränsvärden för flimmar. Enligt anvisningen "Planering av vindkraftverksbyggande" utgiven av Miljöministeriet rekommenderas att använda riktvärden och rekommendationer från andra länder för bedömning av skuggeffekter [1].

I Tyskland, Sverige och Danmark finns följande rekommendationsvärden för flimmar orsakat av kraftverk:

- Det rekommenderade verkliga flimmarvärdet (real case) är 8 timmar per år (Sverige och Tyskland).
- Det rekommenderade verkliga flimmarvärdet (real case) är 10 timmar per år (Danmark).
- Det rekommenderade teoretiska maximala flimmarvärdet (worst case) är 30 minuter per dag och 30 timmar per år (Tyskland) [1].

4 Metoder och källdata

4.1 Metodik

Beräkningen av skugg/flimmarkonsekvenser har utförts med beräkningsprogrammet WindPRO 4.0, med programvarans SHADOW-modul som beräkningsmetod. Beräkningen beaktar solens riktning och höjd, kraftverkets placering och egenskaper (höjd, rotorns storlek och bladprofil) samt observationspunktens placering. Dessutom beaktas i den verkliga situationens beräkning väderparametrar som sannolikheten för solsken och kraftverkets driftstimmar inom olika sektorer. Programmet utför beräkningen för hela året, uppdelat i 1-minutsintervaller. Resultatet ger den teoretiska maximala flimmar mängden (worst case) samt den verkliga mängden (real case) i minuter per dag och timmar per år.

Teoretiskt kan kraftverkets skugga "sprida sig" upp till fem kilometers avstånd från kraftverket när solen skiner lågt och terrängformer inte begränsar sikten. Praktiskt sett minskar dock störningen från skuggeffekten när vindkraftverkets blad "täcker" solen mindre med ökande avstånd. Skuggeffekten har beräknats enligt en etablerad praxis där skuggeffekten anses sprida sig till ett avstånd där rotorbladets bredd täcker minst 20 % av solen. Detta innebär att rotorbladets bredd- och formparametrar som används i beräkningen påverkar beräkningsavståndet och mängden flimmar.

Beräkningen har använt en terrängmodell baserad på lantmäteriets 10 m x 10 m höjdpunktsdata. Skuggeffektens kontrollpunkter har placerats på områden för närmaste bostads- och fritidsbyggnader. Som observationsreceptortyp har en så kallad

växthusmodell använts, där receptorn registrerar flimmar oavsett dess ankomstriktning. För kontrollpunktens höjd har 2 m över marken använts.

Växtligheten i området kring kontrollpunkten har en betydande inverkan på den upplevda skuggeffekten vid kontrollpunkten. Även en liten trädbevuxen zon som blockerar sikten kan effektivt ta bort flimmar. Det bör emellertid beaktas att vegetationen inte nödvändigtvis är ett permanent skydd, exempelvis kan avverkning förändra skyddseffekten. Den reducerande påverkan av vegetationen på flimmar kan beaktas beräkningsmässigt från fall till fall. I denna utrednings beräkning har vegetationens påverkan inte beaktats.

4.2 Väderdata

Solskensstatistiken som användes i beräkningen av den verkliga situationen presenteras i tabell 1. Solskensstatistiken baseras på medelvärden från jämförelseperioden 1991–2020, publicerade av Meteorologiska institutet från observationsstationen i Seinäjoki Pelmaa. Uppgifterna har hämtats från Meteorologiska institutets webbservice den 7 mars 2024 [2].

Tabell 1: Solskensdagar per månad, Seinäjoki Pelmaa

Månad	Medeltalet för antalet solskensstimmar per dygn [h/d]
Januari	0,97
Februari	2,54
Mars	4,68
April	6,30
Maj	8,61
Juni	9,20
Juli	8,65
Augusti	6,68
September	4,67
Oktober	2,58
November	1,03
December	0,55

Driftstiderna för vindkraftverk som använts i uträkningen för verkliga situationer presenteras i tabell 2. Uppgifterna är indelade i 12 sektorer och redovisas som drifttimmar per år. Vindriktning och -hastighetsdata har insamlats från granskningsområdet via den vindatlas-webbtjänst som underhålls av Meteorologiska institutet den 22 januari 2025 [3]. Beräkningen har antagit att kraftverken är i drift när vindhastigheten vid 200 m höjd över marken är mellan 3–25 m/s.

Tabell 1 Vindkraftverkens driftstid per år per sektor

Vindriktning	Driftstid för vindkraftverk [h/a]
Norr	707
Nordnordost	526
Ostnordost	365
Ost	296
Ostsydost	460
Sydsydost	649
Syd	946
Sydsydväst	1306
Västsydväst	1184
Väst	778
Västnordväst	529
Nordnordväst	477

4.3 Granskade fall

I denna utredning har alternativen för miljökonsekvensbedömningens (MKB) ALT0, ALT0+ och ALT1 granskats enligt följande information:

- ALT0: Projektet genomförs ej.
- ALT0+: Projektet genomförs med 8 kraftverk enligt den befintliga bygglovsplanens layout och ritningar. Vid området i Vörå finns 7 kraftverk med en navhöjd på 134 m och en rotordiameter på 162 m (Vestas V162 kraftverkstyp). På området i Nykarleby finns ett kraftverk med en navhöjd på 166 m och en rotordiameter på 172 m (Vestas V172 kraftverkstyp).
- ALT1: Projektet genomförs med 8 kraftverk enligt det nya planen, där alla kraftverk har en navhöjd på 200 m och en rotordiameter på 200 m.

För båda alternativen har även de sammantagna konsekvenserna med andra närliggande vindkraftsprojekt granskats. I alternativ ALT0 (projektet genomförs ej) har skuggeffekten från befintliga och planerade projekt i omgivningen granskats. Modelleringen har beaktat följande närliggande projekt:

- Storbackens vindkraftsprojekt (i drift), 9 kraftverk, navhöjd 150 m, initialvärdet för flimmeranalys baserat på Vestas V150 4,3 MW kraftverkstyp. Placeringen av kraftverken har beaktats utifrån bygglovets information.

- Sandbackesn vindkraftsprojekt (under konstruktion), 10 kraftverk, navhöjd 115 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Siemens Gamesa 6,6 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Mörknäskogens och Trollkullens vindkraftsprojekt (i drift), 6 kraftverk, navhöjd 159 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Nordex 5,9 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Norpigs vindkraftsprojekt (i drift), 1 kraftverk, navhöjd 100 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Lagerwey L100-2,5 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Jeppo vindkraftsprojekt (i drift), 2 kraftverk, navhöjd 137 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Vestas V126 3,3 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Storböten 1 vindkraftsprojekt (i drift), 17 kraftverk, navhöjd 166 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Vestas V162 6,2 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Björkbacken vindkraftsprojekt (planerat), 26 kraftverk, initialvärden för flimmeranalys baserat på Vestas V162 6,2 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Norrkängens vindkraftsprojekt, 1 kraftverk (i drift), navhöjd 169 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Vestas V162 6,2 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån bygglovets information.
- Dalalandets vindkraftsprojekt (planerat), 15 kraftverk, navhöjd 200 m. Placering, höjd och bladprofil har beaktats utifrån rapporter för buller och skuggeffektsmodellering enligt MKB-förfarandet [4].
- Vargit mossens vindkraftsprojekt (planerat), 9 kraftverk, navhöjd 215 m, initialvärden för flimmeranalys baserat på Siemens Gamesa SG 6,0 MW kraftverkstyp. Placeringen och höjden har beaktats utifrån rapporter för buller och skuggeffektsmodellering enligt MKB-förfarandet [5].

Placeringen av kraftverken i alternativ ALT0+ och ALT1 presenteras i tabellerna 3 och 4. I alternativ ALT0+ användes initialvärden för Vestas V162 kraftverk i Vörå (rotordiameter 162 m, maximal bladbredd 4,32 m och bredd 90 % avstånd från bladspetsen 1,69 m) och för kraftverket i Nykarleby användes Vestas V172 initialvärden (rotordiameter 172 m, maximal bladbredd 4,35 m och bredd 90 % avstånd från bladspetsen 1,26 m). I alternativ ALT1 användes vindkraftverkstypens Vestas V172 bladprofil och en rotordiameter på 200 m i beräkningen.

Tabell 3: Placering av vindkraftverken i alternativ ALT0+.

Kraftverk	Ostlig koordinat (ETRS-TM35FIN)	Nordlig koordinat (ETRS-TM35FIN)
1	277567	7028191
2	277063	7027491

3	277644	7027566
4	278030	7028044
5	278121	7027346
6	277778	7026710
7	278166	7026407
8	280535	7027893

Tabell 2 Placering av vindkraftverken i alternativ ALT1.

Kraft- verk	Ostlig koordinat (ETRS-TM35FIN)	Nordlig koordinat (ETRS-TM35FIN)
1	278520	7026478
2	277844	7026356
3	277532	7027600
4	276863	7027429
5	277866	7028260
6	277457	7026880
7	278095	7027242
8	280535	7027893

5 Resultat

Den verkliga årliga mängden skuggeffekter orsakade av kraftverkens drift presenteras på kartorna i bilaga 1–5. Resultaten för alternativ ALT0 visar mängden skuggeffekter som orsakas av de andra vindkraftsprojekten i området.

Skuggeffekten bedömdes dessutom vid 6 granskningspunkter, som ligger vid bostads- och fritidsbyggnader. Information om granskningspunkterna presenteras i tabell 4. Granskningspunkterna A-D ligger norr om det granskade projektområdet. Observationspunkterna E och F ligger norr och söder om området Storbötet 1. Vid dessa granskningspunkter ville man försäkra sig om att det granskade projektet inte ökar skuggeffekten inom närliggande projekts påverkningsområde. Tabell 5 presenterar beräkningsresultaten för granskningspunkterna i granskningssituationerna ALT0, ALT0+ och ALT1 samt vid samverkande granskning. Resultaten visar, förutom den verkliga årliga mängden flimmer även den teoretiska maximala mängden per år.

Tabell 3 Placering av granskningspunkter och byggnadernas användning.

Gransk- ningspunkt	Ostlig koordinat (ETRS-TM35FIN)	Nordlig koordinat (ETRS-TM35FIN)	Bruk
A	275969	7029605	Fritidsbo- stad
B	277145	7029837	Permanent bostad
C	277178	7029900	Permanent bostad
D	277798	7030244	Permanent bostad
E	279599	7030559	Permanent bostad

F	282876	7025017	Permanent bostad
---	--------	---------	------------------

Tabell 4 Denna tabell visar resultaten i form av den verkliga årliga mängden skuggeffekter (real case, h/a) samt den teoretiska maximala mängden (worst case, h/a). Nivåer som överskrider rekommenderat värde är markerade i rött

Gransk-nings-punkt	ALT0 (nuläge)		ALT0+		ALT1		ALT0+ total-konsekvenser		ALT1 total-konsekvenser	
	real	worst	real	worst	real	worst	real	worst	real	worst
A	1:35	12:44	0:00	0:00	0:00	0:00	1:35	12:44	1:35	12:44
B	0:00	0:00	2:16	22:53	2:02	16:16	2:16	22:53	2:02	16:16
C	0:00	0:00	2:12	22:34	1:55	16:06	2:12	22:34	1:55	16:06
D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
E	6:13	42:28	0:00	0:00	0:00	0:00	6:13	42:28	6:13	42:28
F	4:14	16:45	0:00	0:00	0:00	0:00	4:14	16:45	4:14	16:45

Enligt beräkningsresultaten är skuggeffekterna i alternativ ALT0+ och ALT1 i princip av samma storlek. Skugg/flimmermängden i alternativ ALT1 är något mindre jämfört med iALT0+. De granskade kraftverken orsakar skuggflimmerkonsekvenser vid kontrollpunkterna B och C norr om projektområdet, men både den verkliga skuggeffekten och den teoretiska maximala mängden skuggflimmer vid kontrollpunkterna underskrider rekommenderade värden.

Observationspunkterna A, E och F påverkas av skuggflimmer från andra omgivande projekt. Det granskade projektet ökar inte skuggflimret vid dessa kontrollpunkter.

5.1 Osäkerhetsfaktorer

Vid beräkningen av den verkliga situationen för skuggmodelleringen beaktas soltimmar och kraftverkens driftstider med hjälp av statistiska väderdata. De statistiska uppgifterna baseras på långsiktiga medelvärden från mätresultaten vid närliggande kontrollpunkter. På kort sikt kan väderförhållanden avvika från medelvärdet, vilket kan resultera i att den verkliga mängden skuggflimmer avviker från beräkningsresultatet för den verkliga situationen.

Planerna för området förbereder användningen av kraftverk med rotordiameter på 200 m. Sådana kraftverk används ännu inte i Finland, vilket innebär att det finns osäkerheter bland annat rörande bladprofilen.

5.2 Förebyggande av skuggflimmer

De mest betydande faktorerna för att förebygga störningar av skuggflimmer är kraftverkens höjd, rotnors storlek och placering. Tillräckliga skyddsavstånd till känsliga objekt bör säkerställas i planeringsskedet för att undvika orimliga störningar i omgivningen. Genom att avlägsna/flytta kritiska kraftverk kan den totala effekten avsevärt minska. Det är också möjligt att vid behov reducera betydande störningar med kraftverkens styrsystem genom att stoppa driften under kritiska tidsperioder.

6 Slutsatser

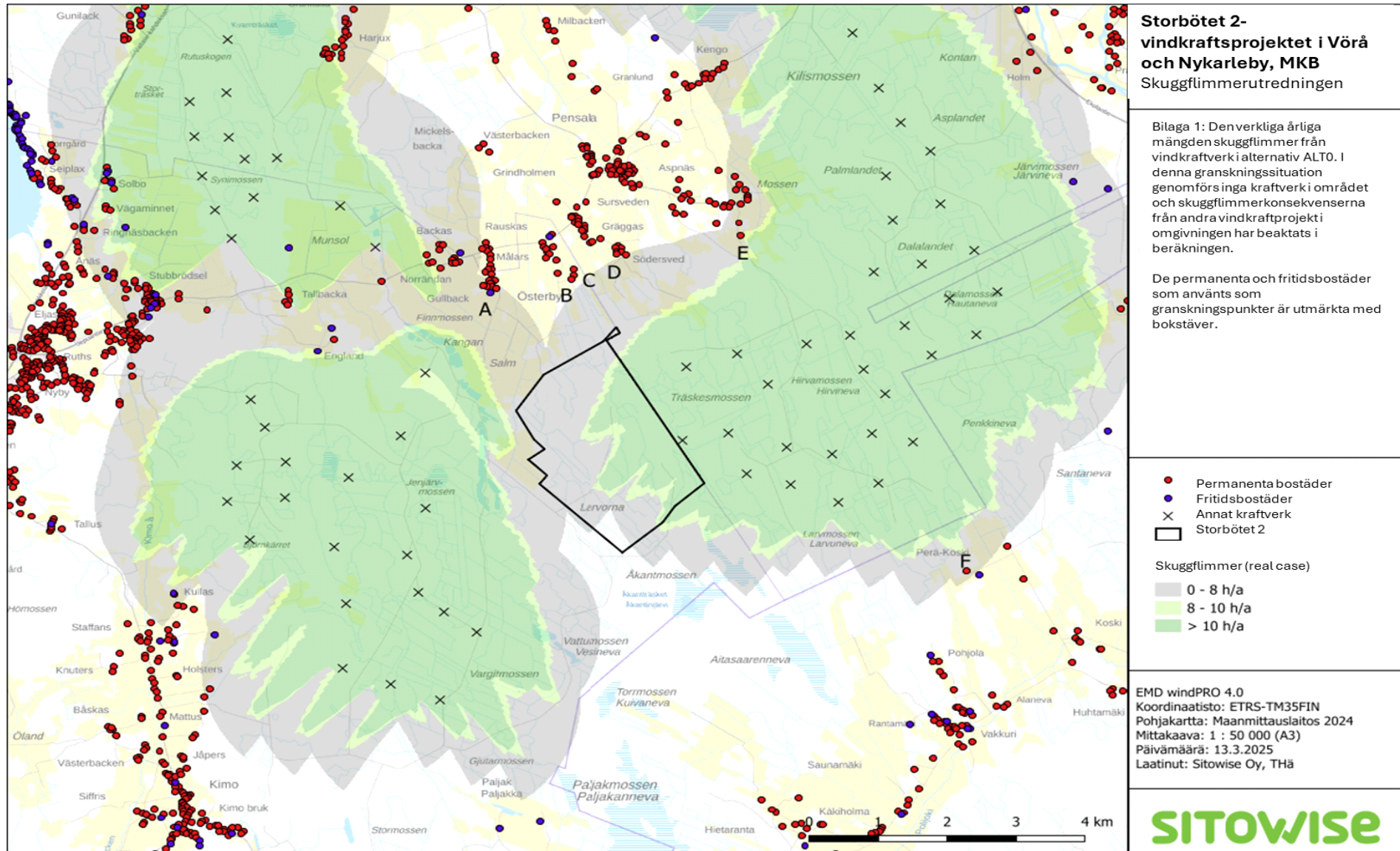
Följande slutsatser kan dras:

- Alternativ ALT0+ och ALT1 har ungefär likvärdiga skuggflimmerkonsekvenser.
- Det granskade projektet orsakar en mindre skuggflimmerkonsekvens vid några bostadsfastigheter norr om projektområdet. Den teoretiska maximala mängden skuggflimmerkonsekvens underskrider vid alla granskningspunkter den rekommenderade nivån på 30 timmar per år, och den verkliga mängden skuggflimmer underskrider det rekommenderade värdet på 8 timmar per år.
- Kraftverken i det granskade projektet ökar inte skuggflimmerkonsekvenserna inom påverkningsområdet av de omgivande projekten.

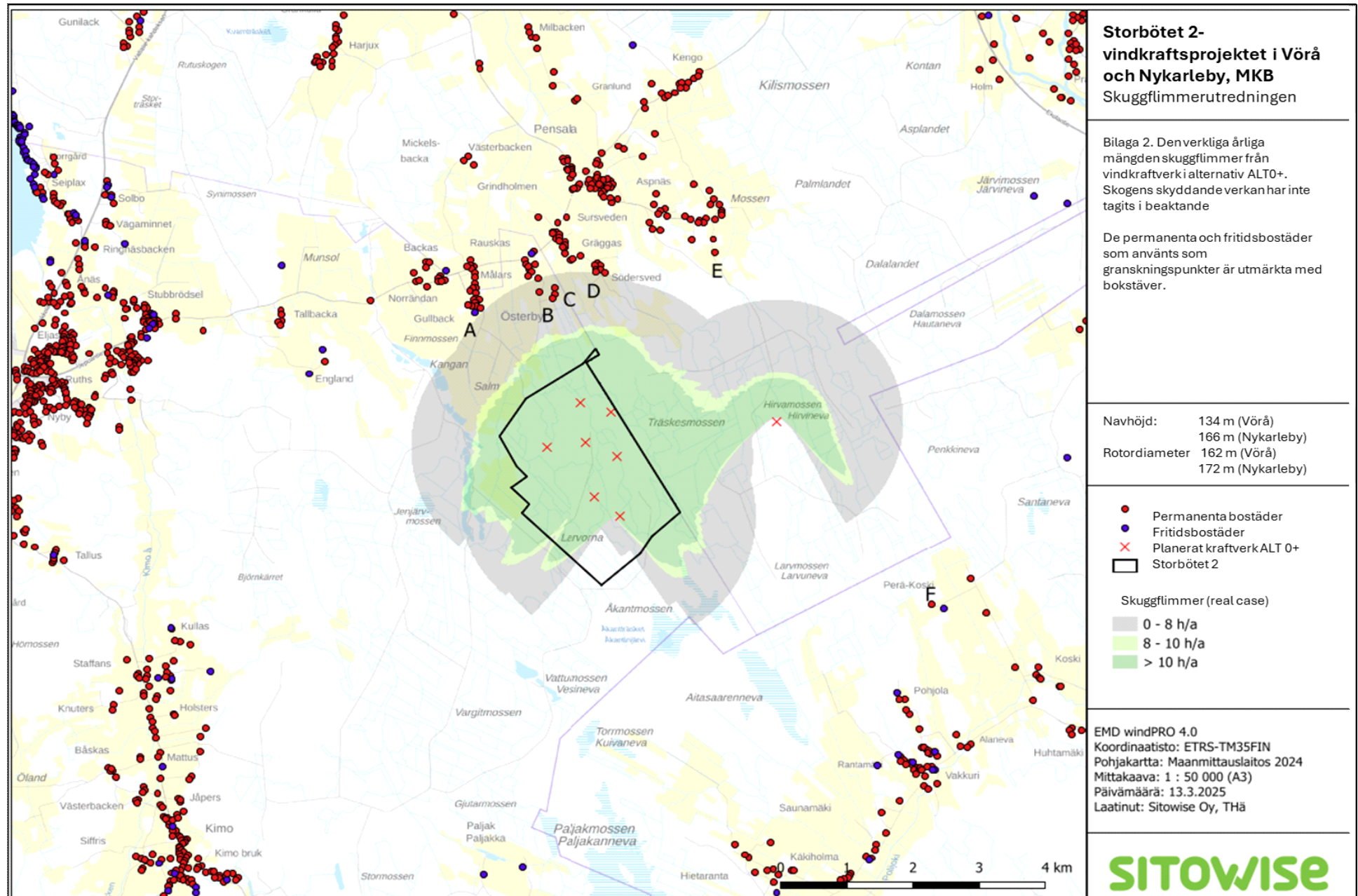
7 Källor

- 1 Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016, Tuulivoimalarakentamisen suunnittelu, Ympäristöministeriö, 2016.
- 2 Ilmatieteen laitos, Auringonpaistetilastot. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>
- 3 Ilmatieteen laitos, Suomen tuuliatlas. Saatavissa: <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/>
- 4 Dalalandet tuulivoimapuisto, Uusikaarlepyy, Suomi. Melu ja väkelaskennat, Kjeller Vindteknikk Oy, 7.11.2023.
- 5 Vargitmossenin tuulivoimahanke, Vöyri. Melu ja välkemallinnusraportti, FCG Finnish Consulting Group Oy, 24.9.2024.

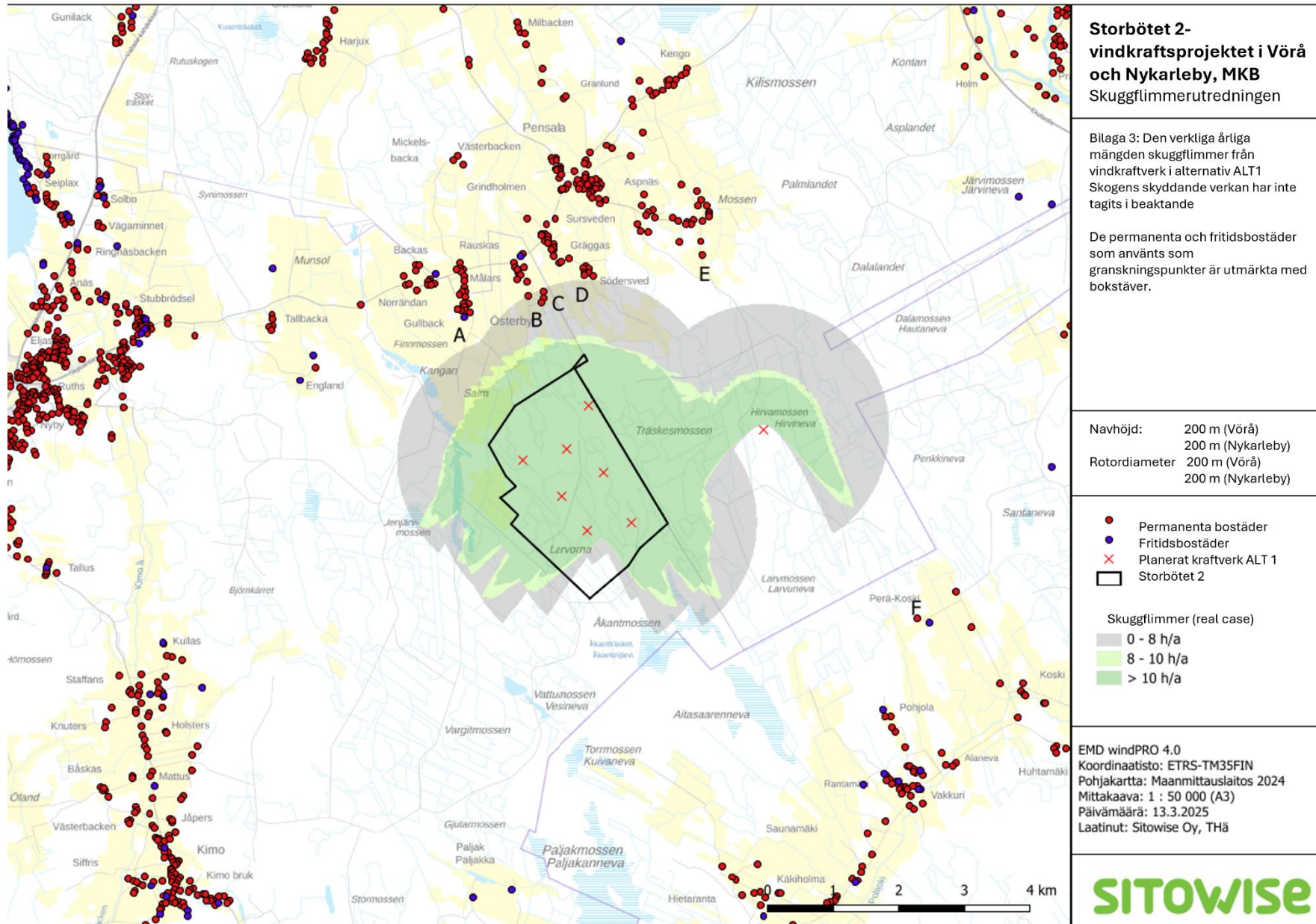
Bilaga 1: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativ ALT0. I denna granskningssituation genomförs inga kraftverk i området och skuggflimmerkonsekvenserna från andra vindkraftsprojekt i omgivningen har beaktats i beräkningen.



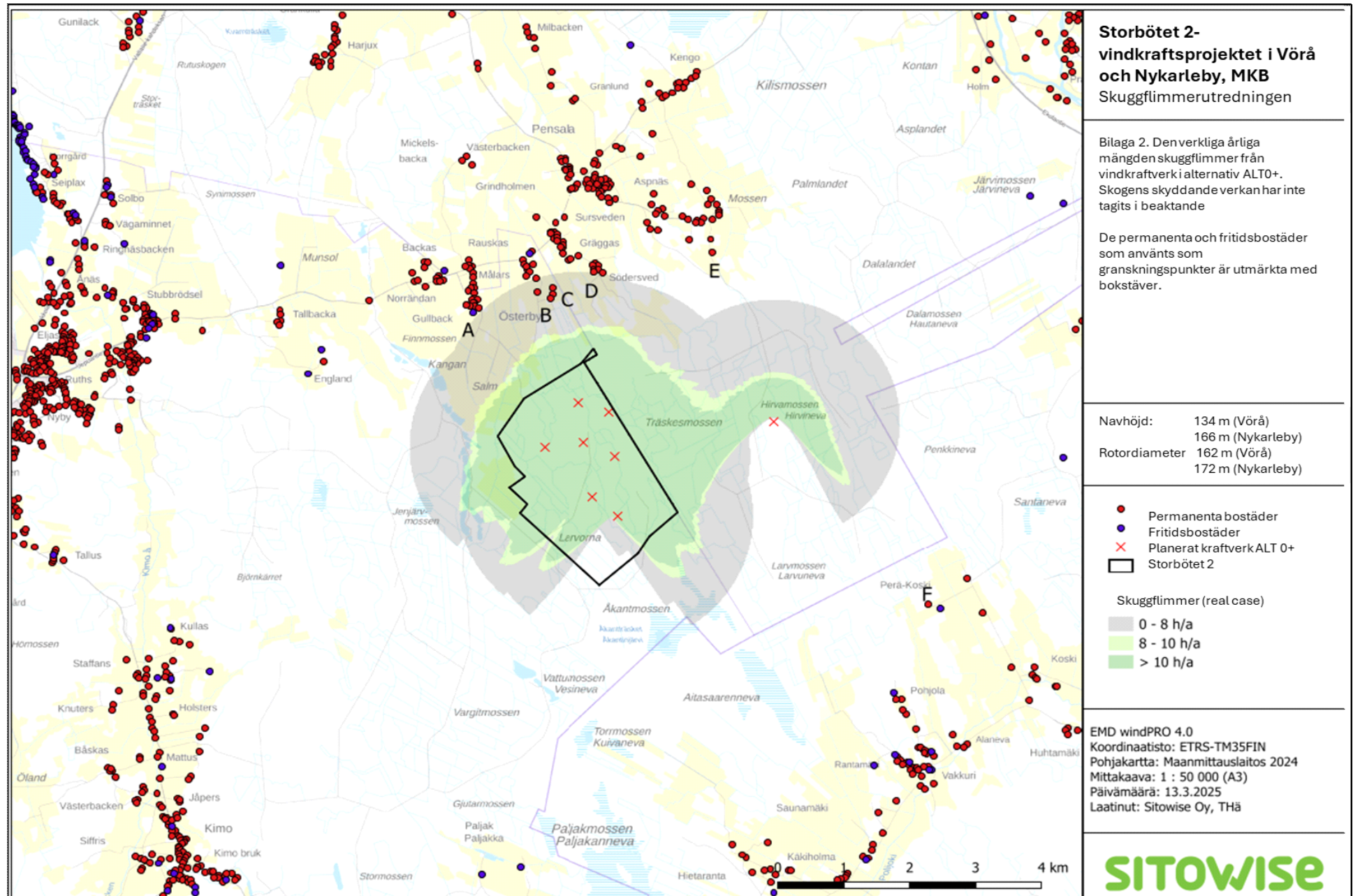
Bilaga 2: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT0+.



Bilaga 3: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT1.



Bilaga 4: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT0+. Beräkningen har beaktat de sammantagna konsekvenserna med andra vindkraftsprojekt i omgivningen.



Bilaga 5: Den verkliga årliga mängden skuggflimmerkonsekvenser från vindkraftverk i alternativet ALT1. Beräkningen har beaktat de sammantagna konsekvenserna med andra vindkraftsprojekt i omgivningen.

