

## Spridnings- och depositionsberäkningar

Heidelberg Materials

# Anläggning för infångning av koldioxid (CCS)

Göteborg 2024-03-08

# Anläggning för infångning av koldioxid (CCS)

Spridnings- och depositionsberäkningar

Datum	2024-03-08
Uppdragsnummer	1100053479-009
Utgåva/Status	Fastställd

Daniel Nilsson  
Sara Grundén  
Rapport

Céline Nicolas  
Modellberäkningar

Malin Broberg  
Granskare

Ramboll Sweden AB  
Box 5343, Vädursgatan 6  
402 27 Göteborg

Telefon 010-615 60 00

## Sammanfattning

Heidelberg Materials planerar för att fånga in koldioxid från rökgaser vid sin cementfabrik i Slite. Förestående luftkvalitetsutredning utreder planerad anläggnings påverkan på människors hälsa till följd av utsläpp till luft av aminer, nitraminer och nitrosaminer samt påverkan på närliggande ytvatten i form av deposition av nitraminer och nitrosaminer.

Vid spridningsberäkningarna och depositionsberäkningarna har ADMS-5 använts. Detta är en modell som är framtagen i Storbritannien av CERC (Cambridge Environmental Research Consultants).

ADMS-5 är en avancerad spridningsmodell som används för att beräkna luftkvalitetens påverkan från olika typer av industrianläggningar. Modellen kan även beräkna atmosfärisk omvandling av aminer samt beräkna deposition.

Resultaten för från spridningsberäkningarna för aminer, nitraminer och nitrosaminer i förhållande till framtagna jämförvärden för acceptabla exponeringsnivåer presenteras i nedanstående tabell.

*Koncentration i luft av aminer, nitraminer och nitrosaminer i förhållande till valda jämförvärden.*

Ämne	Tidsperiod	Jämförvärden	Högsta halt, där människor stadigvarande vistas	Högsta halt, inom hela beräkningsområdet
AMP	År	160 000 ng/m <sup>3</sup>	112 ng/m <sup>3</sup>	220 ng/m <sup>3</sup>
Piperazin	År	300 ng/m <sup>3</sup>	34,8 ng/m <sup>3</sup>	68,3 ng/m <sup>3</sup>
Nitrosamin	År	0,046 ng/m <sup>3</sup>	0,004 ng/m <sup>3</sup>	0,006 ng/m <sup>3</sup>
Nitramin	År	1 ng/m <sup>3</sup>	0,004 ng/m <sup>3</sup>	0,006 ng/m <sup>3</sup>

Samtliga resultat visar på halter under valda jämförvärden.

I nedanstående tabell redovisas beräknade koncentrationer av nitrosamin och nitramin i dricksvattentäkten Tingstäde träsk och de planerade öppna magasinerna för dricksvatten i Filehajdar-täkten, uppställt mot framtaget jämförvärde för dricksvatten.

*Beräknad koncentration av nitrosamin och nitramin i dricksvattentäkten Tingstäde träsk och Filehajdar-täkten.*

Ytvatten	Nitrosamin+Nitramin, ng/l	Jämförvärde dricksvatten, ng/l
Tingstäde träsk	0,12	4
Magasin i Filehajdar-täkten	0,11	4

Med mycket konservativa beräkningar kan det konstateras att erhållna resultat ligger långt under valt jämförvärde.

I nedanstående Tabell redovisas beräknade koncentrationer av nitrosamin och nitramin i övriga ytvatten i anläggningens närhet (Västra Brottet, Bogeviden och havsviken utanför Slite).

*Beräknad koncentration av aminer, nitrosamin och nitramin i övriga ytvatten.*

Ytvatten	Nitramin + nitrosamin, ng/l	AMP, ng/l	Piperazin, ng/l
Västra brottet	0,007	54,3	16,9
Bogeviden	0,069	557	173
Havsviken	0,055	445	138

Genomförd luftkvalitetsutredning visar på att koncentrationer av aminer, nitrosaminer och nitraminer i luft understiger framtagna jämförvärden inom hela det modellberäknade området. De högsta halterna förekommer framförallt öster om den planerade anläggningen, i huvudsak över havet. På platser där människor stadigvarande vistas inom Slite tätort så är halterna lägre. Koncentrationer av nitrosamin och nitramin i dricksvattentäkten Tingstäde träsk samt de planerade vattenmagasinen i Filehajdar-täkten till följd av deposition, understiger framtaget jämförvärde för dricksvatten. Det har genomgående i denna utredning använts konservativa antagande för att undvika underskattade resultat.



## Innehållsförteckning

<b>1.</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Syfte</b> .....	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>Allmänt om aminer</b> .....	<b>1</b>
<b>4.</b>	<b>Metod</b> .....	<b>4</b>
4.1	Spridningsmodell .....	4
4.2	Atmosfärkemisk omvandling av aminer .....	4
4.3	Beräknad påverkan på ytvatten .....	5
4.4	Meteorologi .....	7
4.5	Topografi .....	8
4.6	Receptorer .....	8
4.7	Bakgrundshalter .....	9
<b>5.</b>	<b>Bedömningsgrunder</b> .....	<b>9</b>
5.1	Hälsoeffekter, förslagna jämförvärden och egenskaper för relevanta aminer, nitraminer och nitrosaminer .....	9
5.1.1	Piperazin (CAS-nummer: 110-85-0) .....	9
5.1.2	2-amino-2-metylpropanol (CAS: 124-68-5) .....	11
5.1.3	Nitrosaminer .....	12
5.1.4	Nitraminer .....	13
5.2	Nitramin och nitrosamin i dricksvatten .....	13
<b>6.</b>	<b>Anläggning</b> .....	<b>14</b>
<b>7.</b>	<b>Förutsättningar</b> .....	<b>15</b>
<b>8.</b>	<b>Resultat</b> .....	<b>15</b>
8.1	Beräknade koncentrationer i luft .....	15
8.2	Deposition av nitramin och nitrosamin .....	16
<b>9.</b>	<b>Slutsatser</b> .....	<b>17</b>
<b>10.</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>18</b>

## Bilagor

- Bilaga 1 Spridningskartor för halter i luft  
Bilaga 2 Depositionskartor

## 1. Inledning

Ramboll Sweden AB (Ramboll) har på uppdrag av Heidelberg Materials genomfört spridnings- och depositionsberäkningar med avseende på aminer vid planerad anläggning för att fånga in koldioxid vid befintlig produktionsanläggning i Slite på Gotland. Ansvarig för genomförda spridningsberäkningar är Celine Nicolas och ansvarig för förestående rapport är Daniel Nilsson.

## 2. Syfte

Heidelberg Materials planerar för att fånga in koldioxid från befintlig anläggning i Slite för vidare geologisk lagring, s.k. CCS. Befintliga rökgaser kommer förbehandlas i olika steg och därefter kommer rökgaserna ledas till en aminoskrubber där koldioxiden avskiljs. Denna teknik kan föranleda ett mindre utsläpp av aminer samt även nitrosamin och nitramin som bildas i skrubbern. De aminer som släpps ut kan även i atmosfären brytas ned till nitrosamin och nitramin. Förevarande luftkvalitetsutredning beräknar den planerade anläggningens påverkan på människors hälsa till följd av utsläpp av aminer, nitramin och nitrosamin. I utredningen har även deposition av aminer, nitrosamin och nitramin beräknats för att kunna avgöra hur ytvatten i anläggningens närhet kan påverkas.

## 3. Allmänt om aminer

Vid användning av CCS-tekniken för rening av koldioxid från rökgaser är den vanligaste metoden att använda en aminoskrubber där en aminlösning används för att avskilja koldioxiden, detta enligt en sammanställning som Chalmers Tekniska Högskola har gjort på uppdrag av Energimyndigheten. Valet av aminsammansättning beror på förhållandena vid respektive reningsanläggning. (Johansson & Kjærstad, 2019)

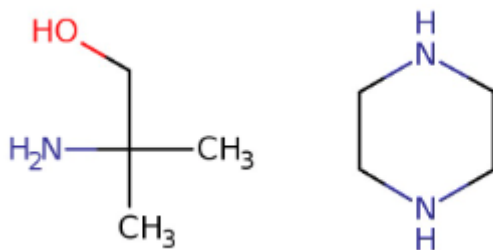
Aminer är kemiska substanser som utgår ifrån grundstrukturen hos ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), men där en eller flera av väteatomerna har ersatts med kolvätegrupper. Aminer förekommer både i naturen och i människokroppen, exempelvis i proteiner i vävnader, som signalsubstanser i nervsystemet och i form av hormoner. Aminer är kemiskt sett baser och kan därför vara så starka basiska lösningar att de kan vara frätande eller irriterande i kontakt med ögon eller hud. (Zum Dahl, 2000) Aminer är i allmänhet inte mutagena eller orsakar cancer, men vissa av dem kan dock reagera och bilda nitrosaminer, vilka är bekräftat carcinogena i djurförsök, och nitraminer som misstänks vara carcinogena (FHI, 2011). Aminer kan delas in i

tre grupper; primära, sekundär och tertiära aminer. Hos primära aminer har en väteatom i  $\text{NH}_3$  ersatts av en kolvätegrupp och hos sekundära aminer har två av väteatomerna ersatts av en kolvätegrupp, (Zumdahl, 2000).

Nedbrytningsprodukter, inklusive nitrosaminer och nitraminer, kommer att bildas i avskiljningsanläggningar från reaktioner mellan aminlösningen och kväveoxider i rökgasen. Primära aminer bildar inte stabila nitrosaminer utan dessa sönderfaller snabbt efter att dessa bildats medan sekundära och tertiära aminer kan bilda stabila nitrosaminer även om även dessa kan brytas ner genom olika kemiska reaktioner. Nitraminer kan bildas direkt från primära, sekundära eller tertiära aminer (Brakstad, Hansen, Lathouri, & Korre, 2023).

Det finns en rad olika produkter av aminblandningar för koldioxidavskiljning som är kommersiellt tillgängliga på marknaden. Det är dock inte brukligt att leverantörer lämnar ut data och information om innehåll i dessa produkter p.g.a. kommersiell sekretess.

Det finns en aminblandning, CESAR1 som bygger på en blandning av 21 vikt-% 2-amino-2-metyl-1-propanol (AMP) och 11 vikt-% piperazin (PZ). 2-amino-2-metyl-1-propanol (AMP) räknas som en primär amin medan piperazin (PZ) är en sekundär amin, Figur 1.



Figur 1. AMP till vänster är en primär amin (ECHA, 2023), medan PZ till höger är en sekundär amin (ECHA, 2023)

CESAR1 är inte patentskyddad och det finns därför tillgängliga data för denna aminblandning. PZ är en accelerator för den långsammare AMP som har högre kapacitet att avskilja  $\text{CO}_2$  (Gibbins & Lucquiaud, 2022). Det förekommer flera försök med CESAR1 i pilot- och demonstrationsanläggningar som exempelvis Technology Center Mongstad i norska Mongstad och en dansk pilotanläggning i Esbjerg, där emissionsberäkningar följs upp med och bekräftas av uppmätta värden. Till skillnad från andra aminblandningar finns därför mycket tillgängliga data att tillgå. CESAR1 bedöms vara representativ för den aminblandning som kommer att användas i Slite eftersom den består av både en primär och en sekundär amin. Den är därför lämplig att använda i spridningsberäkningarna.

I denna rapport används CESAR1 för spridningsberäkningarna. Eftersom PZ och AMP kan reagera och bilda hälsoskadliga nitraminer och nitrosaminer, se mer information i avsnitt 4.2, så har även dessa möjliga reaktionsprodukter tagits med i bedömningen.

Varken AMP eller PZ bedöms vara persistenta i vatten, d.v.s. motståndskraftig mot nedbrytning, och bryts ned både i sötvatten och havsvatten. Båda dessa aminer bryts även ned i närvaro av solljus (Brakstad, Hansen, Lathouri, & Korre, 2023).

I vatten bryts nitrosaminer snabbt ned genom fotolys i närvaro av solljus. Nedbrytningen kommer att minska med ökande djup i vattenpelaren och begränsas när nitrosaminer rör sig till delar där det finns liten eller ingen ljuspenetration (t.ex. djupare vatten och grundvatten). Biologisk nedbrytning av nitrosaminer har visat sig vara temperaturberoende med ökad biologisk nedbrytning vid högre temperaturer. Men det skiljer sig också mellan olika nitrosaminer. Förutom temperaturberoendet spelar vattentyp roll då den biologiska nedbrytningen går snabbare vid lägre koncentrationer och i sötvattensförhållanden. Nitraminer har större resistens mot nedbrytning i solljus men är mindre oroande ur ett toxikologiskt perspektiv (Brakstad, Hansen, Lathouri, & Korre, 2023).

Den amerikanska nationella miljöskyddsmyndigheten har i en rapport sammanställt nedbrytningsdata för nitrosaminer i luft, vatten och mark (United States Environmental Protection Agency, 2016). Denna sammanställning visar på att halveringstiderna varierar beroende på vilken nitrosamin det rör sig om. Halveringstider redovisas i nedanstående Tabell 1.

*Tabell 1. Halveringstider för nitrosaminer i vatten, mark och luft.*

Avseende	Nitrosaminer
Halveringstid i vatten	15–38 Dagar
Halveringstid i mark	30–75 dagar
Halveringstid i luft	0,58–6,2 dagar

I Norge finns en testanläggning för CCS i Mongstad där provtagningar genomförts i recipienter runt anläggningen efter en längre tids drift. Dessa provtagningar visar på att halterna av nitraminer och nitrosaminer ligger under detektionsgränsen för analysmetoden både i markprover (<2 ng/g) och i vattenprover (<0,7-1,1 ng/L) (Norwegian Institute for Water Research , 2012).

## 4. Metod

### 4.1 Spridningsmodell

Vid spridningsberäkningarna och depositionsberäkningarna har ADMS-5 använts. Detta är en modell som är framtagen i Storbritannien av CERC (Cambridge Environmental Research Consultants).

ADMS-5 är en avancerad spridningsmodell som används för att modellberäkna luftkvalitetens påverkan från olika typer av industrianläggningar. ADMS-5 innefattar flera funktioner för att bland annat ta hänsyn till påverkan från komplex terräng, kustlinjer och markytans beskaffenhet. Modellen kan användas för att beräkna både koncentrationer i luft och deposition. Modellen innefattar funktionalitet för atmosfärkemiska reaktioner för kväveoxider samt särskild funktionalitet för kemiska reaktioner i atmosfären av aminer som frigörs vid avskiljning av koldioxid med aminskrubbteknik.

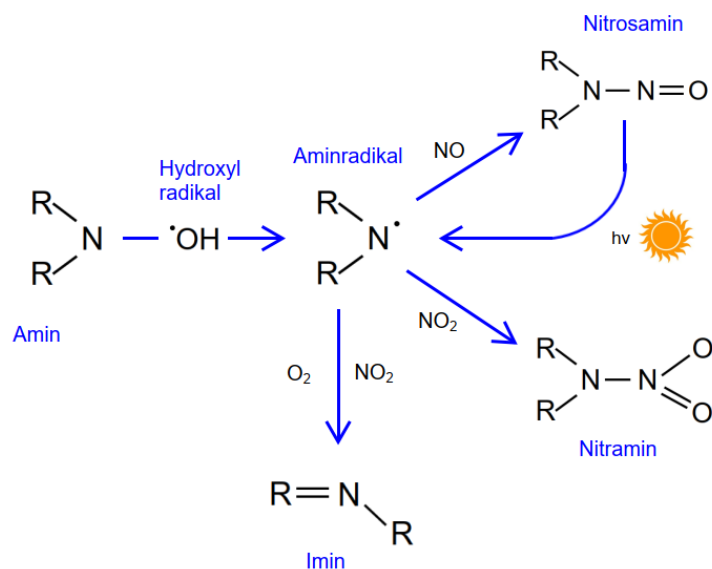
Modellen tar även hänsyn till hur föroreningar från skorstenarna påverkas av byggnader i utsläppspunkternas närhet. Luftströmningar över en byggnad skapar en "våg" över denna där det på läsidan av byggnaden skapas turbulens som kan "dra ner" rökgasplymen till marknivå. Ju lägre utsläppspunkten är i förhållande till byggnadshöjden på närliggande byggnader, desto större är risken att plymen påverkas av denna effekt.

### 4.2 Atmosfärkemisk omvandling av aminer

ADMS-5 innehåller funktionalitet för att beräkning av atmosfärkemisk omvandling av aminer till nitramin och nitrosamin. Det innebär att framräknade resultat av dessa ämnen är en summering av de direkta utsläppen av nitramin och nitrosamin tillsammans med de nitraminer och nitrosaminer som bildas i atmosfären till följd av nedbrytning av de emitterade aminerna.

De reaktioner som hanteras av ADMS-5 bygger på att gasformiga aminer som emitteras från skorstenen reagerar med hydroxylradikaler ( $\cdot\text{OH}$ ) som finns i atmosfären och bildar en aminradikal och vatten. Denna aminradikal kan tillsammans med kväveoxider i atmosfären bilda nitramin och nitrosamin. Nitrosaminer som bildas av primära aminer sönderfaller snabbt i atmosfären i närvaro av solljus, till en aminradikal.

Detta reaktionsschema kan tillämpas på en mängd olika aminer, primära, sekundära och tertiära aminer och bygger på de principer som beskrivs i rapporten Atmospheric Degradation of Amines (Nielsen, Barbara, Matthias, Marius, & Antoinette, 2011). Reaktionerna sker enligt nedanstående Figur 2.

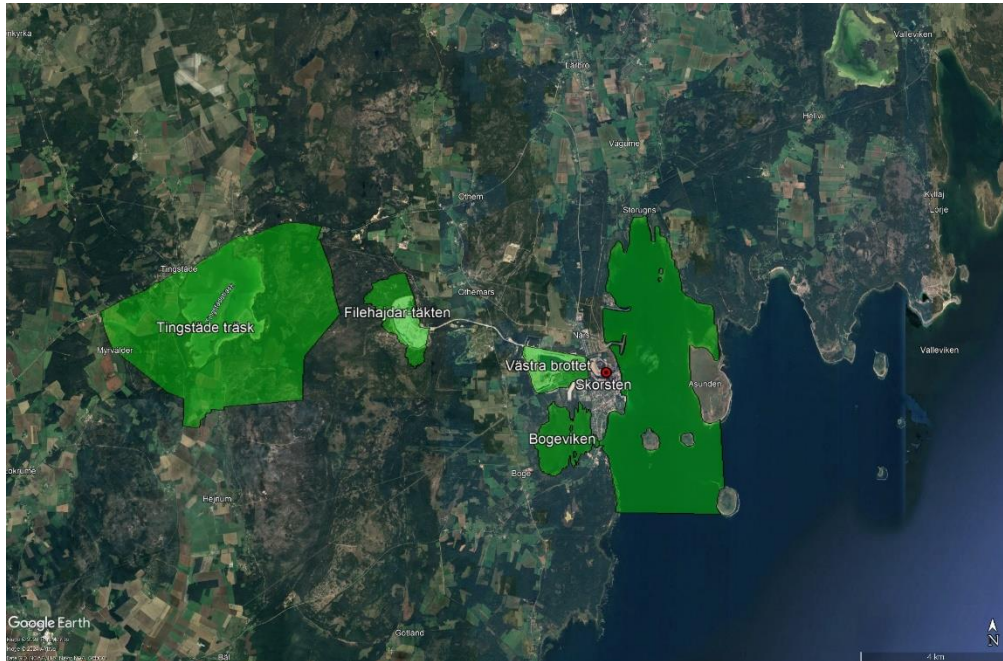


Figur 2. Reaktionsschema för den atmosfärkemiska omvandlingen av aminer.

Hur snabbt dessa reaktioner sker i atmosfären beror på vilken amin som släpps ut. Detta styrs i ADMS-5 med ett antal konstanter för reaktionshastighet för respektive amin och respektive reaktion. Mängden tillgängliga hydroxylradikaler styrs framförallt av mängden tillgängligt ozon i atmosfären varför bakgrundshalter av ozon används i modellen. Bildandet av nitramin och nitrosamin från aminradikalen i ovanstående reaktionsschema styrs av mängden tillgängliga kväveoxider i atmosfären varför bakgrundshalter av kvävemonoxid och kvävedioxid används i modellen.

#### 4.3 Beräknad påverkan på ytvatten

Deposition av aminer, nitraminer och nitrosaminer sker i form av torrdeposition och våtdeposition. Depositionen beräknas i ADMS-5 tillsammans med den atmosfärkemiska omvandlingen av aminer till nitramin och nitrosamin. Deposition har fokuserats till de ytvatten som finns i närheten av anläggningen. Detta rör sig om dricksvattentäkten Tingstäde träsk samt planerade öppna vattenmagasin i Filehajdar-täkten. Vattnet i magasin avses användas bland annat för dricksvattenproduktion. Utöver dessa har deposition beräknats vid Västra brottet, Boge Viken och havsviken Vägumeviken med angränsade ytterskärsområde som finns direkt öster om Slite, Figur 3.



*Figur 3. Ytvatten i närheten av Heidelberg Materials anläggning i Slite tillsammans med planerad skorsten för CCS-anläggningen.*

För att kunna avgöra påverkan på dricksvattentäkter och övriga ytvatten har en förenklad och konservativ metodik använts för att beräkna koncentrationer av nitramin och nitrosamin i vatten.

För Tingstäde träsk har det totala nedfallet över vattenskyddsområdet runt sjön beräknats under ett år. För de planerade ytvattenmagasinen i Filehajdar-takten har ett område runt takten använts. Dessa ytor framgår i mörkgrönt i Figur 3. Det förutsätts i dessa beräkningar att allt nedfall inom respektive området når dricksvattentakten. Detta är ett mycket konservativt antagande då stora delar av nedfallet kommer infiltreras i mark och brytas ned och enbart en liten del av nedfallet kommer nå Tingstäde träsk/vattenmagasinen. Detta resulterar i en mängd av aminer, nitramin och nitrosamin som dividerats med den totala volymen i Tingstäde träsk/vattenmagasinen för att erhålla en koncentration. I beräkningarna har det inte tagits hänsyn till nedbrytning av aminer, nitramin eller nitrosamin vilket även detta är ett mycket konservativt antagande. Det har förutsatts att det över tid sker en jämvikt över tillförd mängd och urtagen mängd nitramin och nitrosamin till följd av den omsättning som sker.

För övrigt ytvatten, Figur 3, har det totala nedfallet för på själva vattenytan beräknats, men i övrigt så har beräkningarna skett på samma sätt. För havsviken utanför Slite är omsättningen av vattenmassan stor, cirka ett dygn. Ovanstående beräkningar kan därför antas vara mycket konservativa då vattenmassan i havsviken i praktiken kommer spädas ut kontinuerligt. De ytor och volymer som används framgår av nedanstående Tabell 2.

Tabell 2. Ytor och volymer som använts för beräkning av koncentrationer av nitramin och nitrosamin i vatten.

Ytvatten	Area (m <sup>2</sup> )	Volym (m <sup>3</sup> )
Tingstade träsk	20 908 000	3 560 000
Magasin i Filehajdar-täkten	2 079 000	600 000
Västra brottet	1 493 000	16 000 000*
Bogeviken	2 058 000	2 058 000
Havsviken	17 589 000	97 712 000

\*Avser den totala volymen av den framtida sjön, när hela Västra brottet är vattenfyllt.

#### 4.4

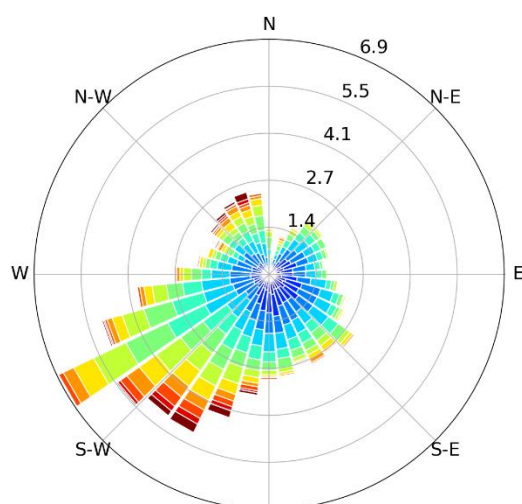
### Meteorologi

ADMS-5 använder sig av timvisa meteorologiska data. I föreliggande projekt har meteorologiska data hämtats från mätningar vid Visby flygplats för år 2019–2022 med stationsnummer 025900 vilket bedöms vara representativt för Slite.

Timvisa meteorologiska observationerna för följande parametrar används i modellen:

- Vindhastighet
- Vindriktning
- Temperatur
- Molnmängd
- Lufttryck
- Luftfuktighet
- Nederbörd

Vindförhållanden vid anläggningen visar att sydvästliga vindar dominerar, se Figur 4.

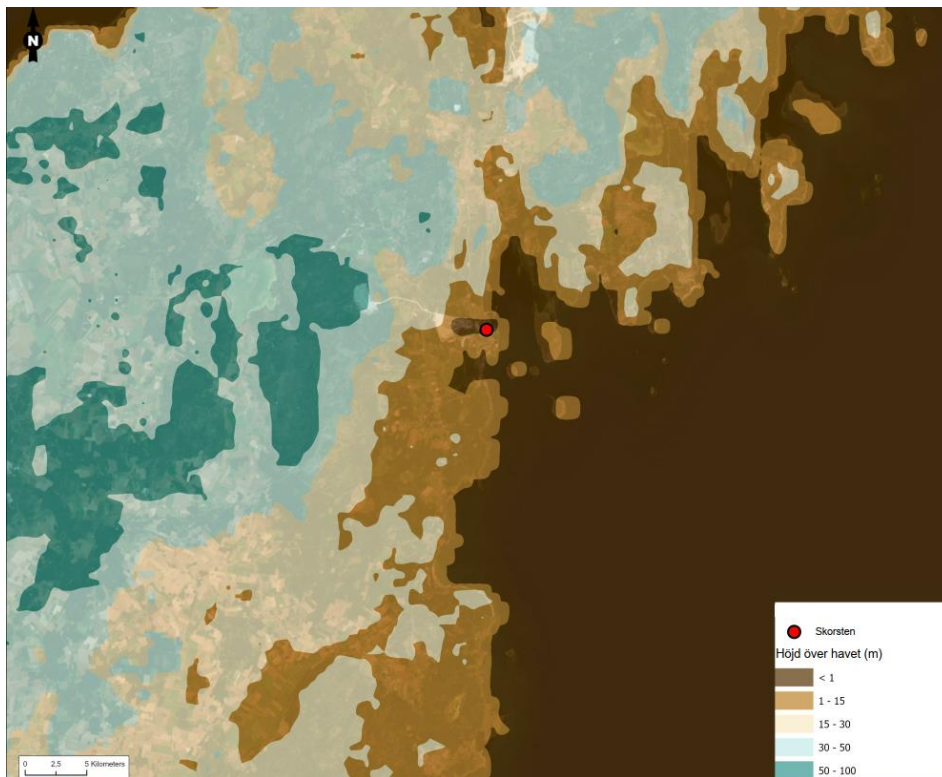


Figur 4. Vindros som visar vindförhållanden vid planerad anläggning.



#### 4.5 **Topografi**

Topografin i det modellerade området är relativt okomplicerad. I det modellberäknade området varierar höjderna mellan cirka 0 och 100 m, Figur 5.



Figur 5. Topografiska förhållanden runt Heidelberg Materials anläggning i Slite.

#### 4.6 **Receptorer**

För att kunna avgöra halter i olika delar av modellområdet använder man sig av så kallade receptorer. I varje receptorpunkt beräknas haltbidraget från skorstensplymen. Med en tätare placering av receptorerna förbättras den rumsliga upplösningen i spridningsmodellen. I modellberäkningarna har en upplösning på 140 meter använts i hela modellområdet d.v.s. avståndet mellan varje beräkningspunkt är 140 m. För beräkningar av koncentrationer har höjden för receptorerna satts till 1,5 m ovan mark och för depositionsberäkningarna är receptorhöjden 0 m ovan mark.

Förutom ovanstående så har specifika receptorer lagts inom Slite tätort inom områden där människor stadigvarande vistas.

#### 4.7 **Bakgrundshalter**

Bakgrundshalter av ozon och NO<sub>2</sub> mäts vid Hoburgen på södra Gotland men redovisas enbart som årsmedelvärde (SMHI, 2023). För att kunna beräkna den atmosfärkemiska nedbrytningen av aminer så kräver modellen timvisa bakgrundshalter av ozon, NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub>. Dessa data har därför hämtats från Norra Kvill för tidsperioden 2019–2022 (SMHI, 2023). Efter jämförelse med bakgrundsdata som årsmedelvärde (ozon och NO<sub>2</sub>) som finns tillgängliga på Gotland (Hoburgen) bedöms dessa bakgrundsdata som representativa.

### 5. **Bedömningsgrunder**

#### 5.1 **Hälsoeffekter, förslagna jämförvärden och egenskaper för relevanta aminer, nitraminer och nitrosaminer**

Det finns flera olika aminer som kan användas för att avskilja koldioxid. Den aminblandning som denna utredning utgår ifrån är en lösning som kallas CESAR1 som är en blandning av piperazin (PZ) och 2-amino-2-metylpropanol (AMP). Denna aminblandning bedöms vara representativ för de aminer som ska användas i verksamheten. Hälsoaspekterna av PZ, AMP samt de biprodukter, nitrosaminer och nitraminer, som kan bildas i processen eller i atmosfären beskrivs nedan. Informationen är främst hämtad från Europeiska unionens kemikaliemyndighet ECHAs databas. Inom EU finns det krav på att ämnen som används inom EU och EES skall vara registrerade i enlighet med Europeiska unionens Reach-förordning<sup>1</sup>. Delar av dessa registreringar görs tillgängliga i databasen som förvaltas av ECHA.

##### 5.1.1 **Piperazin (CAS-nummer: 110-85-0)**

Piperazin (PZ) är en industrikemikalie som består av en ringformad struktur med fyra kolatomer och två kväveatomer. Piperazin är en så kallad sekundär amin vilket innebär att en av väteatomerna i amingruppen är utbytt mot en kolatom. Piperazin har två sekundära amingrupper. Det är en reaktiv substans som främst används som synteskemikalie i kemiska reaktioner, men även som funktionell ingrediens i gas-reningsvätskor på industriell nivå, exempelvis inom CSS-tekniken. (European Commission Joint Research Centre, 2005)

Piperazin är registrerad hos den europeiska kemikaliemyndigheten ECHA, och kemikaliesäkerhetsinformation om piperazin finns publicerad i ECHAs kemikaliedatabas (ECHA, REACH registered substance factsheets - Piperazine (CAS 110-85-0), 2023). En sammanställning av informationen i databasen visar att direktkontakt med piperazin orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon. I lägre koncentrationer blir effekterna mildare, och koncentrationer lägre än 2,2% piperazin gav ingen irritation alls vid försök på människor. Ämnet är dock även sensibiliserande både vid hudkontakt och inandning, vilket innebär att det kan

---

<sup>1</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (Reach) och inrättande av en europeisk kemikaliemyndighet (Förordning - 1907/2006 - SV - REACH - EUR-Lex (europa.eu))

orsaka allergiska reaktioner efter upprepad exponering. Djurstudier indikerar också att piperazin skulle kunna skada fertiliteten (förmågan att skaffa barn) samt påverka fosterutvecklingen. Dessa indikationer misstänkts vara relevanta även för människor.

Vid riskbedömning av kemikalier inom Reach, tas så kallade DNEL-värden<sup>2</sup> fram för att skydda människors hälsa från hälsofarliga kemikalier. Dessa är ett slags jämförelsevärden, som anger den exponeringsnivå under vilken det inte förväntas uppkomma några skadliga effekter på människors hälsa. Det tas fram olika DNEL-värden för både arbetstagare och allmänhet för ett ämne, beroende på vilket sätt man kan komma i kontakt med ämnet – via inandning, hudkontakt eller förtäring. För att kunna bedöma eventuella hälsorisker av piperazin från anläggningen i Slite, så är det relevant att titta på piperazins DNEL-värde för allmänheten när det kommer till exponering via inandningsluft.

I registreringsunderlaget för piperazin har de företag som är ansvariga för Reach-registreringen dock dragit slutsatsen att det inte förekommer några hälsofaror för allmänheten och därmed inte heller tagit fram något DNEL-värde. Det finns däremot ett DNEL-värde framtaget för arbetstagares exponering via inandningsluft som är likställt med det svenska hygieniska gränsvärdet på 0,1 mg/m<sup>3</sup> utifrån 8 timmars exponering som Arbetsmiljöverket har tagit fram. (Arbetsmiljöverket, 2021) Med detta som utgångspunkt och utifrån de riktlinjer som ECHA har tagit fram (ECHA, European Chemicals Agency, 2012) är det möjligt att beräkna ett DNEL för allmänheten. Enligt ECHAs vägledningsdokument så lägger man till ytterligare säkerhetsfaktorer, en faktor 3 som tar hänsyn till skillnader i exponeringstid (8 timmar för arbetstagare, 24 timmar för allmänheten) och en faktor 10 för särskilt känsliga personer i populationen, vilket inkluderar barn och äldre. Utifrån det faktum att piperazin misstänks kunna skada fertiliteten och påverka fosterutvecklingen är det även rimligt att lägga till ytterligare en faktor 10 för att skydda foster i känsliga utvecklingsstadier, enligt samma myndighetsdokument.

---

<sup>2</sup> DNEL-värde: "Derived no effect level", så kallad härledd nolleffektnivå

Tabell 3. Beräkning av piperazins DNEL-värde för allmänheten vid exponering via inandning.

Benämning	Värde	Kommentar
DNEL för arbetare	0,1 mg/m <sup>3</sup>	Värdet baseras på piperazins DNEL-värde för arbetstagare i Reach-registreringen (ECHA, REACH registered substance factsheets - Piperazine (CAS 110-85-0), 2023), som är i linje med AFS 2018:1 (Arbetsmiljöverket, 2021). Det utgår ifrån 8 timmars exponering
Säkerhetsfaktor	3	Omskalning med hänsyn till skillnader i exponeringstid (8 h - arbetstagare, 24 h - allmänheten) i enlighet med gällande praxis (ECHA, European Chemicals Agency, 2012)
Säkerhetsfaktor	10	Hänsyn till känsliga individer i enlighet med gällande praxis (ECHA, European Chemicals Agency, 2012)
Säkerhetsfaktor	10	Hänsyn till foster i enlighet med gällande praxis (ECHA, European Chemicals Agency, 2012)
DNEL för allmänheten	0,0003 mg/m <sup>3</sup>	Beräknad dygnsexponering i enlighet med gällande praxis (ECHA, European Chemicals Agency, 2012) $0,1/(3*10*10) = 0,0003$

### 5.1.2

#### **2-amino-2-metylpropanol (CAS: 124-68-5)**

2-amino-2-metylpropanol (AMP) är en industrikemikalie av familjen alkanolaminer och den innehåller som gruppnamnet anger en kvävebaserad amin-grupp. Den används som startmaterial i en rad olika syntesprocesser, bland annat inom läkemedelsindustrin. Andra användningsområden är inom kosmetika, rengöringsprodukter och smörjmedel. AMP är, liksom piperazin, registrerad under den europeiska kemikalielagstiftningen och kemikaliesäkerhetsinformation finns tillgänglig hos ECHA (ECHA, REACH registered substance factsheet - 2-amino-2-metylpropanol (CAS 124-68-5), 2023).

De främsta identifierade hälsoriskerna med AMP är att den kan orsaka ögonirritation. I den tillgängliga kemikaliesäkerhetsinformationen anger de ansvariga kemiföretagen att de har skärpt klassificeringen gällande ögonskador från kategori 2 som är allmänt gällande i EU till kategori 1, vilket motsvarar risk för allvarliga ögonskador vid kontakt med ämnet i koncentrerad form.

I registreringsunderlaget för AMP presenteras ett DNEL-värde för allmänheten när det kommer till exponering via inandningsluft. Detta DNEL-värde är 1,6 mg/m<sup>3</sup> och är framtaget av de ansvariga kemiföretagen. I de beräkningar som

presenteras för hur DNEL-värdet är framtaget används inte de standardfaktorer som ECHA förespråkar (ECHA, European Chemicals Agency, 2012), utan riskbedömaren argumenterar att substansens egenskaper rättfärdigar användningen av lägre faktorer. Utifrån försiktighetsprincipen skulle det därför kunna vara berättigat att applicera ytterligare en faktor 10 på det befintliga DNEL-värdet, och det justerade DNEL-värdet skulle i så fall vara 0,16 mg/m<sup>3</sup> (ECHA, European Chemicals Agency, 2012). Detta värde har använts om jämförvärde i denna utredning

### 5.1.3

#### **Nitrosaminer**

Det finns ett stort antal olika nitrosaminer, och de flesta av dem är cancerframkallande, vilket är den mest kritiska hälsoeffekten hos denna grupp av kemiska substanser. Den europeiska läkemedelsmyndigheten (EMA) granskade år 2020 nitrosaminer då det framkommit att de även kan förekomma som biprodukter i olika läkemedel. EMAs rapport visar att nitrosaminer generellt sett är både carcinogena och mutagena, men att det finns en stor variation i hur potenta de är. EMA anser att nitrosaminer är så kallade genotoxiska carcinogener, vilket innebär att varje exponering för ämnet ökar risken att utveckla cancer. (EMA, 2020)

För att hantera ämnen där det saknas möjlighet att fastställa exakta jämförelsevärden, så som för genotoxiska carcinogener, diskuterar man i riskbedömnings-sammanhang i stället acceptabla exponeringsnivåer där sannolikheten för att den negativa effekten uppstår i befolkningen är tillräckligt låg för att inte ge upphov till oro. Denna nivå brukar presenteras som den koncentration av ämnet som skulle orsaka en ökad risk med 1:1 000 000 per livstid, eller ett ytterligare cancerfall för var miljonte person som exponeras för denna halt under hela sin livstid.

Både den danska motsvarigheten till Naturvårdsverket (Dk-EPA, 2023), och det norska Folkehelseinstituttet (FHI, 2011) har tagit fram rapporter om hälsoeffekter hos aminer och deras reaktionsprodukter (nitrosaminer och nitraminer) specifikt kopplat till CSS-tekniken. Båda dessa nordiska myndigheter redovisar acceptabla exponeringsnivåer i liknande storleksordning. Eftersom den danska publikationen är nyast används de värdena som underlag för denna sammanställning. Baserat på den kunskapssammanställning som den danska myndigheten gjorde, kom man i rapporten fram till olika referensvärden för olika nitrosaminer, se tabell 4 nedan. (Dk-EPA, 2023)

Tabell 4. Acceptabla exponeringsnivåer för olika nitrosaminer där sannolikheten att drabbas av cancer ökar med 1:1 000 000 vid exponering genom inandning för dessa halter av respektive ämne under en livstid (Dk-EPA, 2023)

Kemiskt namn	CAS-nummer	Exponeringsnivå
N-nitrosodimethylamine, (NDMA)	62-75-9	0,17 ng/m <sup>3</sup>
N-nitrosomethylethylamine (NMEA)	10595-95-6	0,09 ng/m <sup>3</sup>
N-nitrosodiethylamine (NDEA)	55-18-5	0,046 ng/m <sup>3</sup>

#### 5.1.4 Nitraminer

Det saknas fullständig information om nitraminers hälsofarliga egenskaper, men det danska Naturvårdsverket konkluderar ändå i sin rapport att nitraminer är mindre potenta än nitrosaminerna (Dk-EPA, 2023). Motsvarande resonemang kring ökad sannolikhet att drabbas av cancer som presenterats ovan för nitrosaminer gäller även för nitraminer.

Den danska myndigheten skriver i sin rapport att det bara finns tillräckligt med underlag för att kunna göra en grov uppskattning kring två av nitraminernas cancerframkallande potential, N-nitromethylamine (NTMA) och N-nitrodiethylamine (NTDEA). I rapporten presenteras följande referensvärden för nitraminer, se tabell 5 nedan (Dk-EPA, 2023).

Tabell 5. Acceptabla exponeringsnivåer för två nitraminer där sannolikheten att drabbas av cancer ökar med 1:1 000 000 vid exponering för dessa halter av respektive ämne under en livstid. (Dk-EPA, 2023)

Kemiskt namn	CAS-nummer	Exponeringsnivå
N-nitromethylamine (NTMA)	598-57-2	30 ng/m <sup>3</sup>
N-nitrodiethylamine (NTDEA)	7119-92-8	1 ng/m <sup>3</sup>

## 5.2 Nitramin och nitrosamin i dricksvatten

Livsmedelsverket har inte tagit fram några riktvärden för nitramin och nitrosamin i dricksvatten och det saknas andra svenska riktvärden att jämföra med.

Norska Folkehelseinstituttet har genomfört utvärderingar av potentiella hälsoeffekter med avseende på utsläpp av aminrelaterade föreningar från CO<sub>2</sub>-avskiljningsanläggningar. Det har tagits fram ett förslag på riktvärde för den mest potenta nitrosaminen, NDMA, i studien på 4 ng/L. Det anges i studien att ett livslångt intag av dricksvatten med lägre koncentration än detta riktvärde medför en försumbar risk för att utveckla cancer (FHI, 2011).

FHI anger att nitraminer anses mindre hälsoskadliga och anser därför att detta riktvärde även ska gälla för nitraminer. För utsläpp från CO<sub>2</sub>-avskiljningsanläggningar rekommenderar FHI därför att riktvärdet för NDMA, dvs. 4 ng/L, bör användas för den totala koncentrationen av både nitrosaminer och nitraminer i vatten (Folkehelseinstituttet, 2021).

## 6. Anläggning

Vid Heidelberg Materials anläggning i Slite tillverkas cement. Heidelberg Materials planerar för att avskilja koldioxid från rökgaserna för vidare geologisk lagring, s.k. CCS. Avskiljning av koldioxid från rökgaserna kommer att ske i en aminskrubber. Innan avskiljningen kan ske kommer rökgaserna förbehandlas, dels för att undvika oönskade kemiska reaktioner i aminskrubbern, dels för att avskiljningsgraden av koldioxid skall bli så stor som möjligt. Som en del av förbehandlingssystemet kommer temperaturen i rökgaserna sänkas och fukt i rökgaserna kommer kondenseras ut. Förbehandlingssystemet kommer förutom kväveoxider att även reducera rökgasernas innehåll av saltsyra, fluorvätesyra och svaveldioxid.

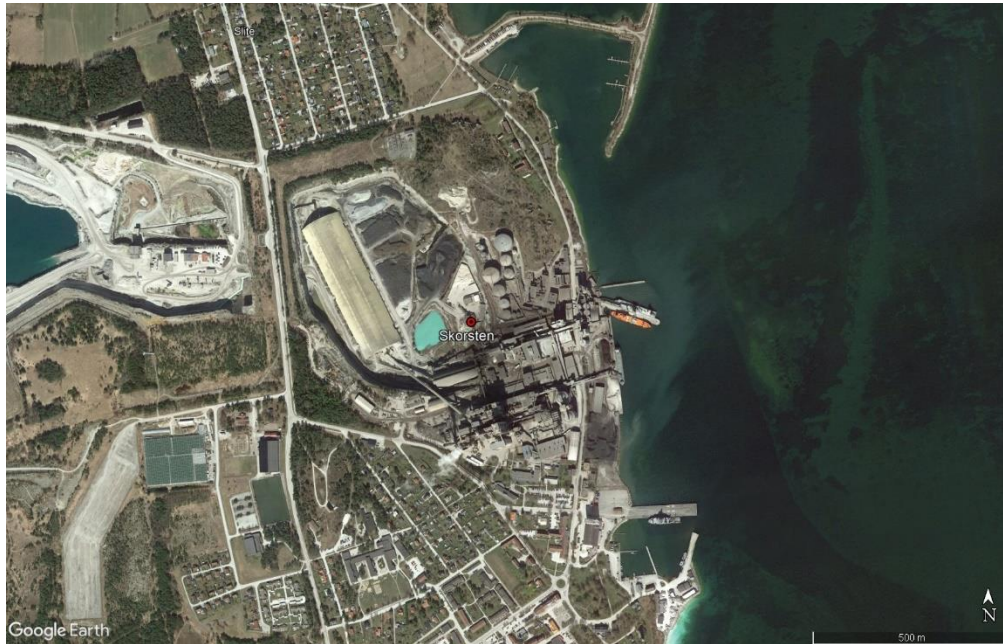
Efter förbehandlingssteget leds rökgaserna till aminskrubbern där koldioxid separeras från rökgaserna. Den totala rökgasvolymen kommer att minska då fukt och koldioxid avskiljs.

Från aminskrubbern kan även en liten del av använd aminlösning följa med de renade rökgaserna som aerosoler i gasform när dessa släpps till atmosfär. I aminskrubbern kan aminer även brytas ned till nitrosamin och nitramin vilka i sin tur kan följa med de renade rökgaserna som släpps ut. De indata som använts i spridningsberäkningarna framgår av Tabell 6.

Tabell 6. Indata för utsläppspunkten som använt i spridningsberäkningarna.

Parameter	Värde	Enhet
Rökgasflöde	616 147	m <sup>3</sup> /h
Rökgashastighet	9,1	m/s
Skorstensdiameter	4.9	m
Skorstenhöjd	130	m
Temperatur Stack Final	61.3	°C
O <sub>2</sub> -halt	10,2	Vol-%
NO <sub>x</sub> -koncentration	50	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> -emission	7,45	g/s
SO <sub>x</sub> -koncentration	3	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>x</sub> -emission	0,45	g/s
AMP-koncentration	32.55	mg/Nm <sup>3</sup>
AMP-emission	4.85	g/s
PZ- koncentration	10	mg/Nm <sup>3</sup>
PZ-emission	1.49	g/s
Nitrosamin-koncentration	1	µg/Nm <sup>3</sup>
Nitramin-koncentration	1	µg/Nm <sup>3</sup>
Nitrosamin-emission	1.49E-04	g/s
Nitramin-emission rate	1.49E-04	g/s

Planerad plats för den nya skorstenen framgår av Figur 6 där skorstenens koordinater är SWEREF99 TM (nord, öst) 6402970, 726458.



Figur 6. Placering av den nya skorstenen.

## 7. Förutsättningar

Det har i samtliga beräkningar konservativt förutsatts att anläggningen är i drift under årets samtliga timmar.

## 8. Resultat

### 8.1 Beräknade koncentrationer i luft

Resultaten för aminer, nitraminer och nitrosaminer i förhållande till framtagna jämförvärden (i avsnitt 5.1.1–5.1.4) presenteras i Tabell 7.



Tabell 7. Resultat för aminer, nitraminer och nitrosaminer i förhållande till framtagna jämförvärden.

Ämne	Tidsperiod	Jämförvärden	Högsta halt, där människor stadigvarande vistas	Högsta halt, inom hela beräkningsområdet
AMP	År	160 000 ng/m <sup>3</sup>	112 ng/m <sup>3</sup>	220 ng/m <sup>3</sup>
Piperazin	År	300 ng/m <sup>3</sup>	34,8 ng/m <sup>3</sup>	68,3 ng/m <sup>3</sup>
Nitrosamin	År	0,046 ng/m <sup>3</sup>	0,004 ng/m <sup>3</sup>	0,006 ng/m <sup>3</sup>
Nitramin	År	1 ng/m <sup>3</sup>	0,004 ng/m <sup>3</sup>	0,006 ng/m <sup>3</sup>

Samtliga resultat visar på halter långt under valda jämförvärden. De beräknade halterna av nitrosamin är i praktiken en blandning av olika nitrosaminer och det jämförvärde som använts ovan motsvarar den nitrosamin som har lägst föreslaget jämförvärde i avsnitt 5.1. De högsta halterna förekommer framförallt öster om den planerade anläggningen, i huvudsak över havet. Jämförvärdena är framtagna för att avgöra hur människors hälsa påverkas vid långvarig exponering. På denna plats vistas inte människor stadigvarande men det kan fortfarande konstateras att koncentrationerna även på dessa platser ligger under valda jämförvärden. På platser där människor stadigvarande vistas inom Slite tätort, d.v.s. vid bostäder, sjukvårdsinrättningar, äldreboenden, skolor etc., så är halterna betydligt lägre.

## 8.2 Deposition av nitramin och nitrosamin

Depositionskartor finns samlade i Bilaga 3. Depositionsberäkningarna har fokuserats på ytvatten runt den planerade anläggningen i Slite.

Resultat avseende deposition redovisas i nedanstående Tabell 8.

Tabell 8 Beräknad årlig deposition av nitrosamin och nitramin för ytvatten i den planerade anläggningens närhet, redovisat som medeldepositionen inom aktuell yta.

Ytvatten	Nitramin + nitrosamin, µg/m <sup>2</sup>	AMP, µg/m <sup>2</sup>	Piperazin, µg/m <sup>2</sup>
Tingstäde träsk	0,02	168	52,3
Magasin i Filehajdar-täkten	0,03	259	80,3
Västra brottet	0,07	582	181
Bogeviken	0,06	510	158
Havsviken	0,31	2474	768

Resultaten visar att den största depositionen sker relativt nära den planerade anläggningen i den förhärskande vindriktningen. Detta beror på att på aminerna, nitrosaminerna och nitraminerna är vattenlösliga och att dessa tvättas ut ur atmosfären vid nederbörd genom våtdeposition innan rökgasplymen hunnit spridas och koncentrationen av ämnena fortfarande är hög i skorstenplymen.

I nedanstående Tabell 9 redovisas beräknade koncentrationer av nitrosamin och nitramin i dricksvattentäkten Tingstäde träsk samt de planerade vattenmagasinen i Filehajdar-täkten, uppställt mot jämförvärde för dricksvatten.

Tabell 9 Beräknad koncentration av nitrosamin och nitramin i dricksvattentäkten Tingstäde träsk samt vattenmagasinen i File hajdar-täkten basread på årlig deposition.

Ytvatten	Nitrosamin+Nitramin, ng/l	Jämförvärde dricksvatten, ng/l
Tingstäde träsk	0,12	4
Magasin i Filehajdar-täkten	0,11	4

Med mycket konservativa beräkningar kan det konstateras att erhållna resultat ligger långt under valt jämförvärde. Resultatet gynnas av att den förhärskande vindriktningen medför att det största nedfallet sker öster om den planerade anläggningen medan Tingstäde träsk och File hajdar-täkten ligger väster om anläggningen. Tingstäde träsk ligger därtill cirka 9 km från den planerade anläggningen vilket medför att utsläppet dels hunnit tvättats ut med nederbörden, dels hunnit spädas ut i atmosfären.

I Tabell 10 redovisas beräknade koncentrationer av nitrosamin och nitramin i övriga ytvatten.

Tabell 10 Beräknad koncentration av nitrosamin och nitramin i övriga ytvatten.

Ytvatten	Nitramin + nitrosamin, ng/l	AMP, ng/l	Piperazin, ng/l
Västra brottet	0,007	54,3	16,9
Bogeviken	0,069	557	173
Havsviken	0,055	445	138

Utöver deposition över vattenytor sker även deposition av nitrosamin och nitramin på mark. Halveringstiderna i mark är längre än i vatten (United States Environmental Protection Agency, 2016). Det tar dock längre tid för föroreningar att infiltrera och nå eventuellt förekommande grundvatten. De mätningar som genomförts i Norge kring den testanläggning som finns i Mongstad visar dock att analyserade prover i både vatten och i mark av nitramin och nitrosamin har halter under analysmetodens detektionsgräns (Norwegian Institute for Water Research , 2012). Detta tyder på att deposition av nitramin och nitrosamin i verkliga förhållanden inte orsakar skadliga halter av dessa ämnen varken i vatten eller i mark.

## 9. Slutsatser

Genomförd luftkvalitetsutredning visar på att koncentrationer av aminer, nitrosaminer och nitraminer i luft understiger framtagna jämförvärden inom hela det modellberäknade området. De högsta halterna förekommer framförallt öster om den planerade anläggningen, i huvudsak över havet. På platser där människor stadigvarande vistas inom Slite tätort så är halterna lägre. Koncentrationer av nitrosamin och nitramin i dricksvattentäkten Tingstäde träsk samt de planerade vattenmagasinen i Filehajdar-täkten till följd av deposition, understiger framtaget jämförvärde för dricksvatten. Det har genomgående i denna utredning använts konservativa antagande för att undvika underskattade resultat.

## 10. Referenser

- Arbetsmiljöverket. (2021). *AFS 2018:1 Hygieniska gränsvärden Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden*. Solna: Arbetsmiljöverket. Hämtat från <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-2018-1.pdf>
- Brakstad, O. G., Hansen, B. H., Lathouri, M., & Korre, A. (2023). *PNECs and degradation data for amines and amine degradation products*.
- Dk-EPA. (May 2023). *Danish Environmental Protection Agency*. Hämtat från Nitrosamines and nitramines - Evaluation of health hazards and proposal of health-based quality criteria and C-values for ambient air.: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2023/05/978-87-7038-518-3.pdf>
- ECHA. (November 2012). *European Chemicals Agency*. Hämtat från Guidance on information requirements and chemical safety assessment: [https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r8\\_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af66223258](https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af66223258)
- ECHA. (den 12 September 2023). *REACH registered substance factsheet - 2-amino-2-methylpropanol (CAS 124-68-5)*. Hämtat från Dissemination dossier on AMP: <https://echa.europa.eu/sv/registration-dossier/-/registered-dossier/11767/3/1/6>
- ECHA. (den 04 September 2023). *REACH registered substance factsheets - Piperazine (CAS 110-85-0)*. Hämtat från Dissemination dossier on Piperazine: <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/14941>
- EMA. (den 3 March 2020). *Update on nitrosamines in EU medicines*. Hämtat från [https://www.ema.europa.eu/en/documents/press-release/update-nitrosamines-eu-medicines\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/press-release/update-nitrosamines-eu-medicines_en.pdf) den 19 January 2024
- European Commission Joint Research Centre, J. (2005). Hämtat från Summary Risk Assessment Report - Piperazine: <https://echa.europa.eu/documents/10162/c0bde562-8fc4-47f4-a230-6177790aae1a>
- FHI. (April 2011). *Folkhelseinstituttet*. Hämtat från Health effects of amines and derivatives associated with CO2 capture: <https://www.fhi.no/publ/2011/health-effects-of-amines-and-deriva/>
- Folkhelseinstituttet. (2021). *Health effects of amines and derivatives associated with CO2 capture*. Hämtat från <https://www.fhi.no/publ/2011/health-effects-of-amines-and-deriva/> den 25 Januari 2024
- Gibbins, J., & Lucquiaud, M. (December 2022). *BAT Review for New-Build and Retrofit Post-Combustion Carbon Dioxide Capture Using Amine-Based Technologies for Power and CHP Plants Fuelled by Gas and Biomass and for Post-Combustion Capture Using Amine-Based and Hot Potassium Carbonate Technologies*. Hämtat från <https://ukccsrc.ac.uk/best-available-technology-bat-information-for-ccs/> den 16 January 2024
- Johansson, F., & Kjærstad, J. (2019). *Avskiljning, transport och lagring av koldioxid i Sverige - Behov av forskning och demonstration*. Göteborg:

Chalmers Tekniska Högskola. Hämtat från  
[https://research.chalmers.se/publication/509912/file/509912\\_Fulltext.pdf](https://research.chalmers.se/publication/509912/file/509912_Fulltext.pdf)  
Nielsen, C. J., Barbara, D., Matthias, K., Marius, A., & Antoinette, B. (2011).  
*Photo-Oxidation of Methylamine, Dimethylamine and Trimethylamine*  
*CLIMIT project no. 201604*. NILU.

Norwegian Institute for Water Research . (2012). *Terrestrial and Aquatic Baseline*  
*Study and Monitoring Programme for CO2 Technology Centre Mongstad*.  
Oslo.

SLB-Analys. (den 15 November 2023). *Luftföroreningskartor*. Hämtat från  
<https://www.slb.nu/slbanalys/luftfororeningskartor/>

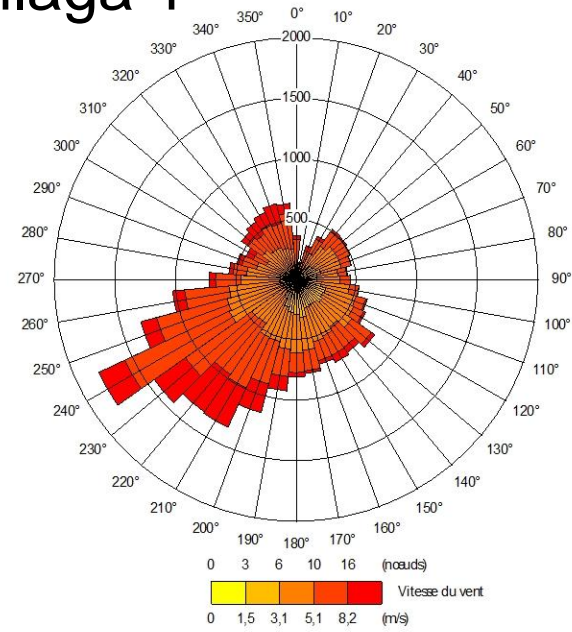
SMHI. (den 15 November 2023). *Datavärdskap för luftkvalitet*. Hämtat från  
<https://datavardluft.smhi.se/portal/>

United States Environmental Protection Agency. (2016). *Six-Year Review 3*  
*Technical Support Document for Nitrosamines*. United States  
Environmental Protection Agency.

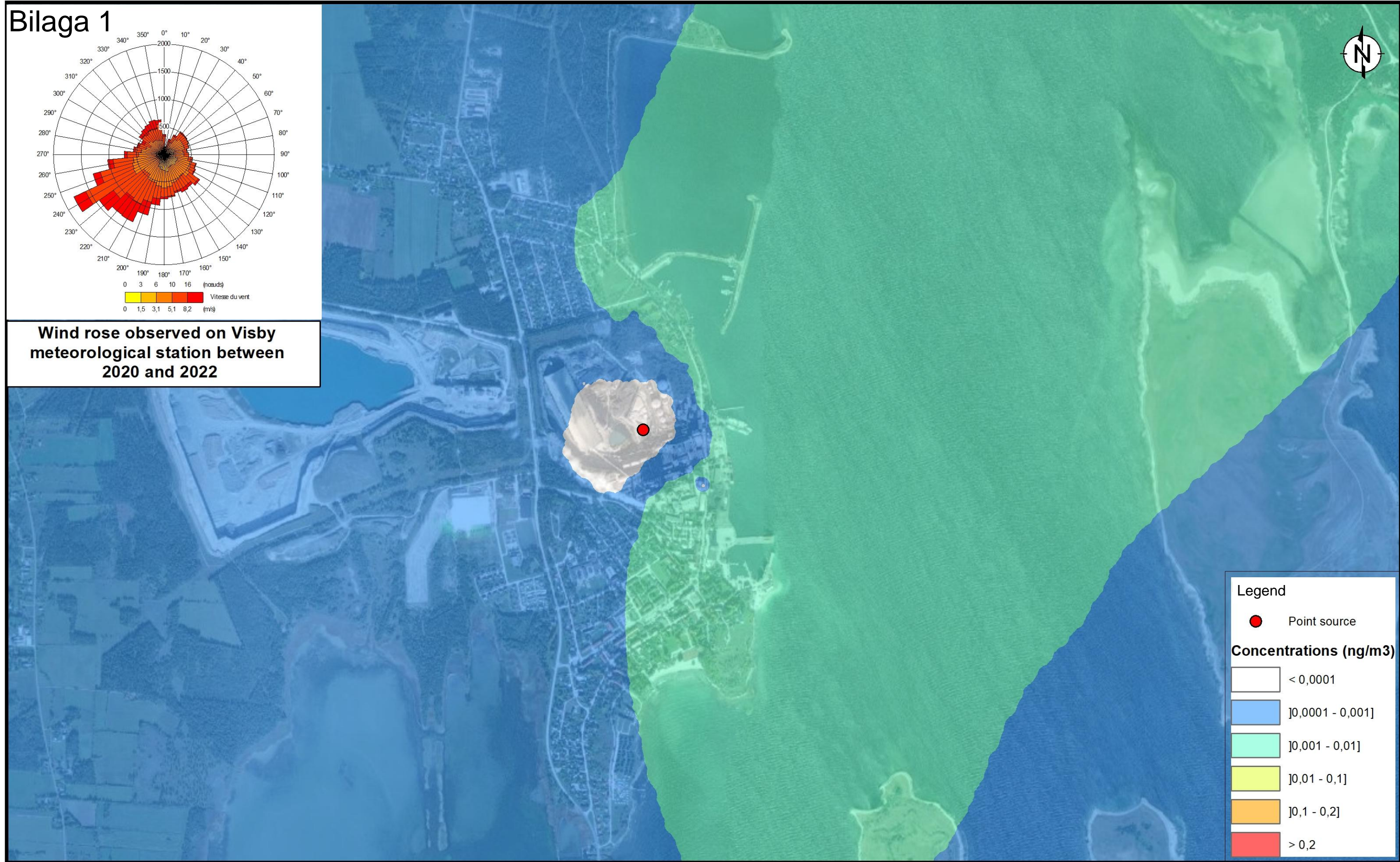
Zumdahl. (2000). *Chemistry* (5th uppl.). Boston: Houghton Mifflin Company.



# Bilaga 1



**Wind rose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022**



**Legend**

- Point source

**Concentrations (ng/m<sup>3</sup>)**

- < 0,0001
- ]0,0001 - 0,001]
- ]0,001 - 0,01]
- ]0,01 - 0,1]
- ]0,1 - 0,2]
- > 0,2

Système coordonnée: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Nitrosamin från AMP, Årsmedelvärde**

Dessiné par : LCA

Vérifié par : CNI

Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

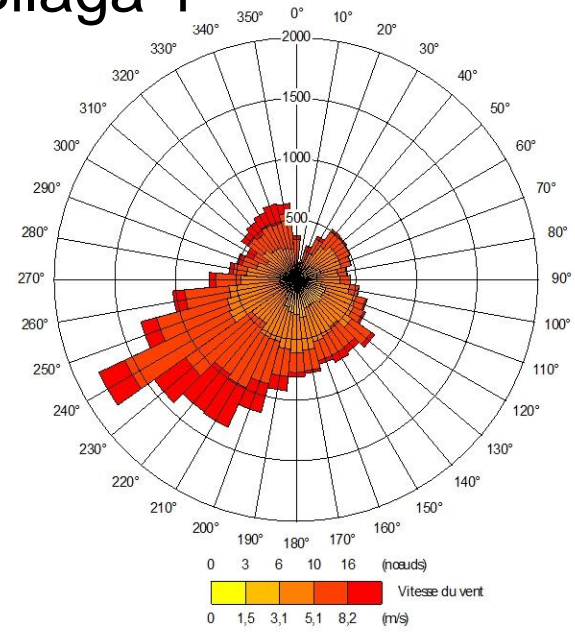
Version : 01

Date : 14/09/2023

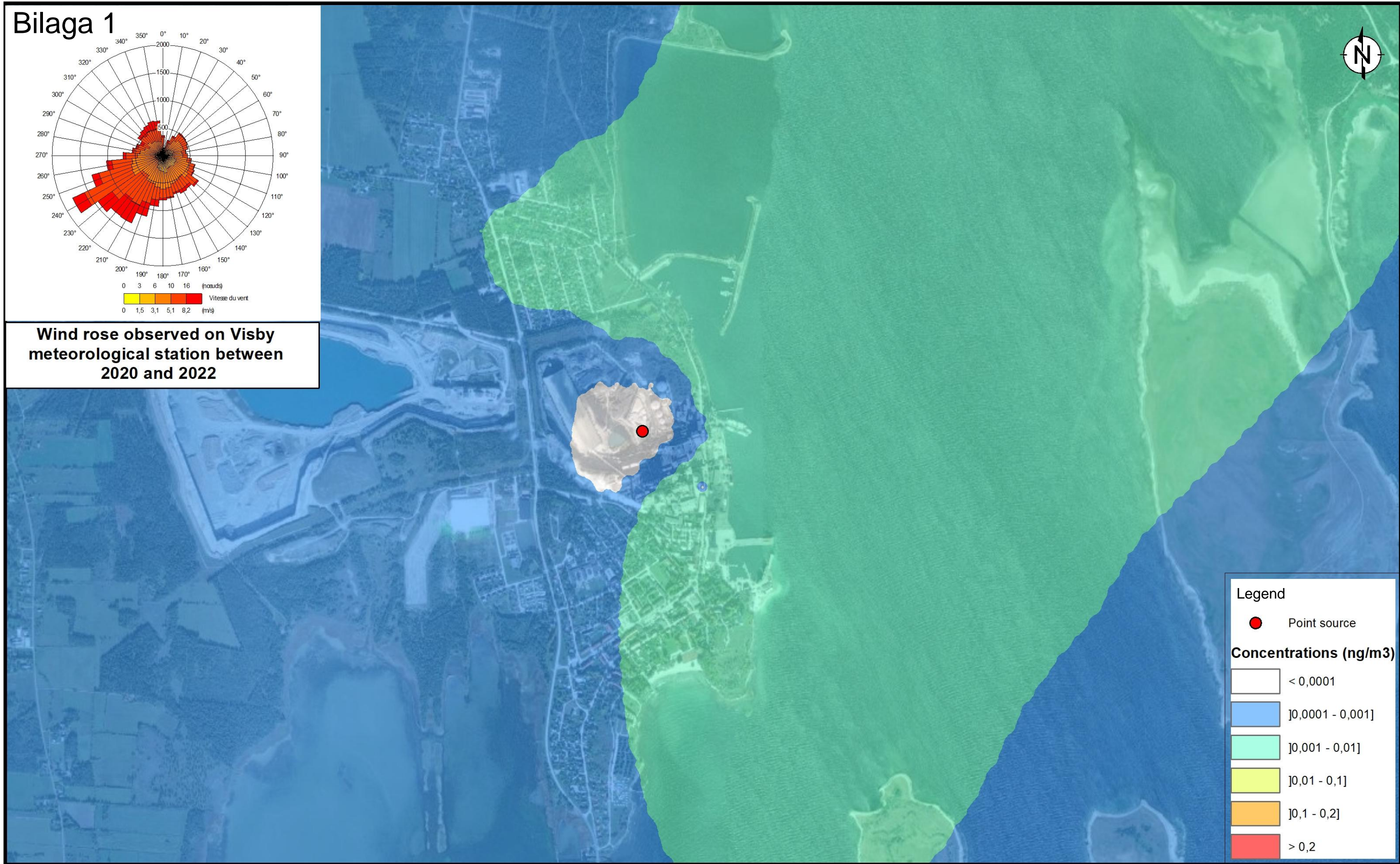
Projet N° :



# Bilaga 1



Wind rose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



**Legend**

- Point source

**Concentrations (ng/m3)**

- < 0,0001
- 0,0001 - 0,001
- 0,001 - 0,01
- 0,01 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- > 0,2

Système coordonnée: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Nitrosamin från Piperazin, Årsmedelvärde**

Dessiné par : LCA

Vérifié par : CNI

Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

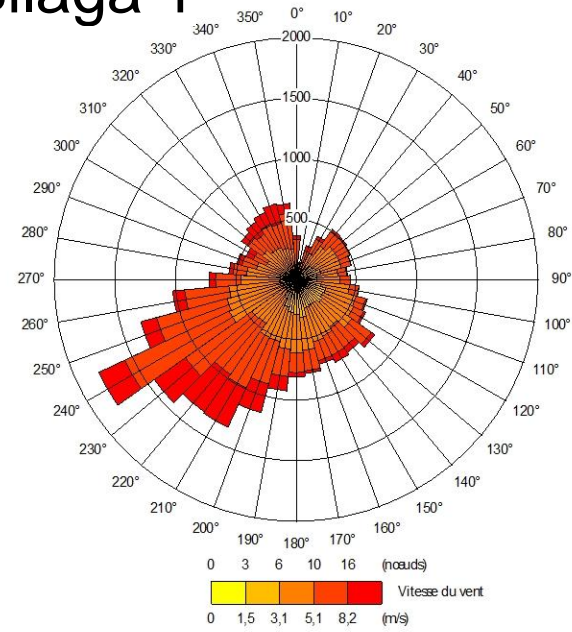
Version : 01

Date : 14/09/2023

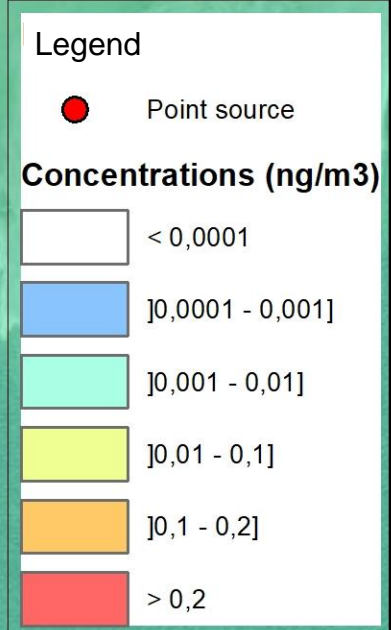
Projet N° :



# Bilaga 1



Wind rose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



Système coordonnée: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Nitramin från AMP, Årsmedelvärde**

Dessiné par : LCA

Vérifié par : CNI

Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

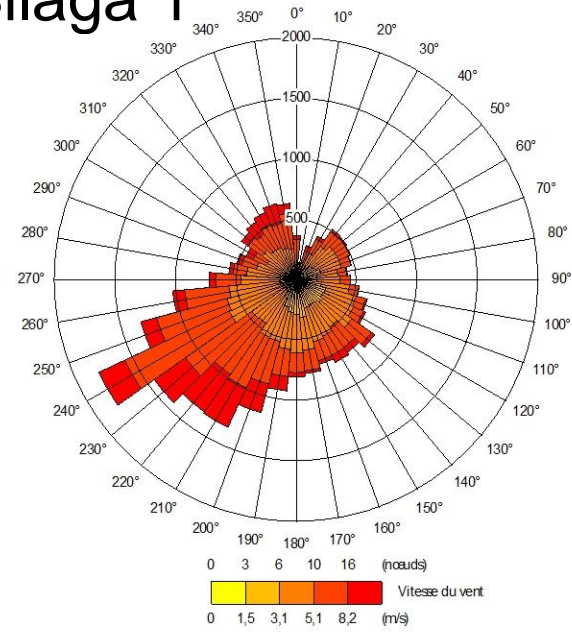
Version : 01

Date : 14/09/2023

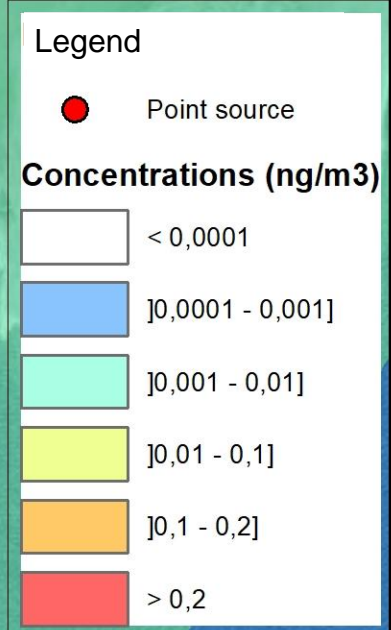
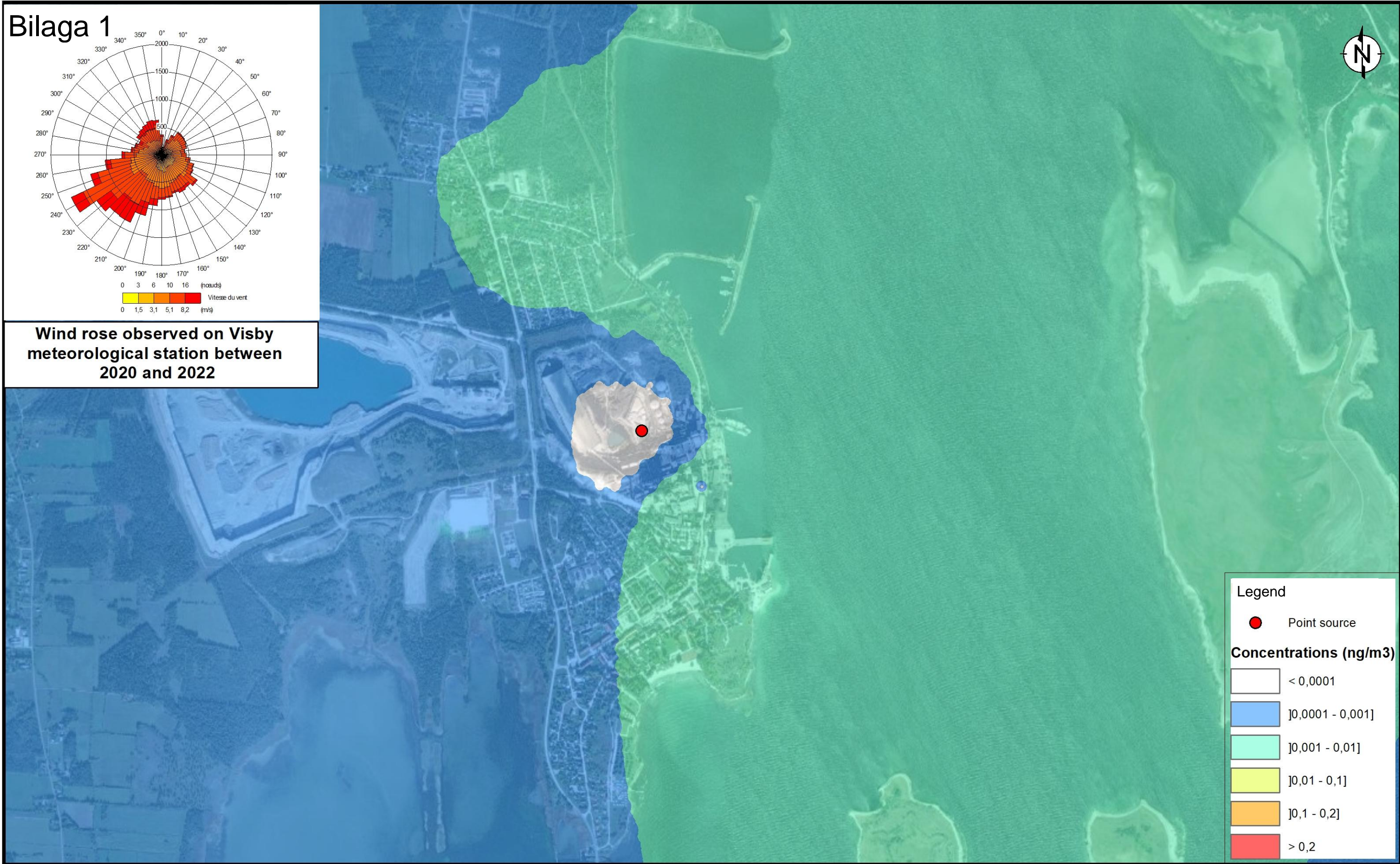
Projet N° :



# Bilaga 1



**Wind rose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022**



Système coordonnée: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Nitramin från Piperazin, Årsmedelvärde**

Dessiné par : LCA

Vérifié par : CNI

Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

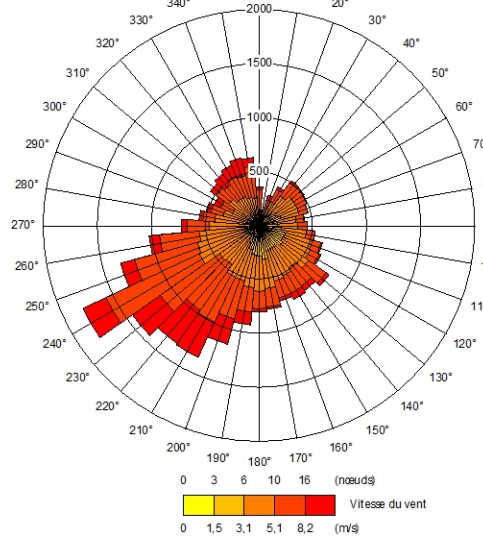
Version : 01

Date : 14/09/2023

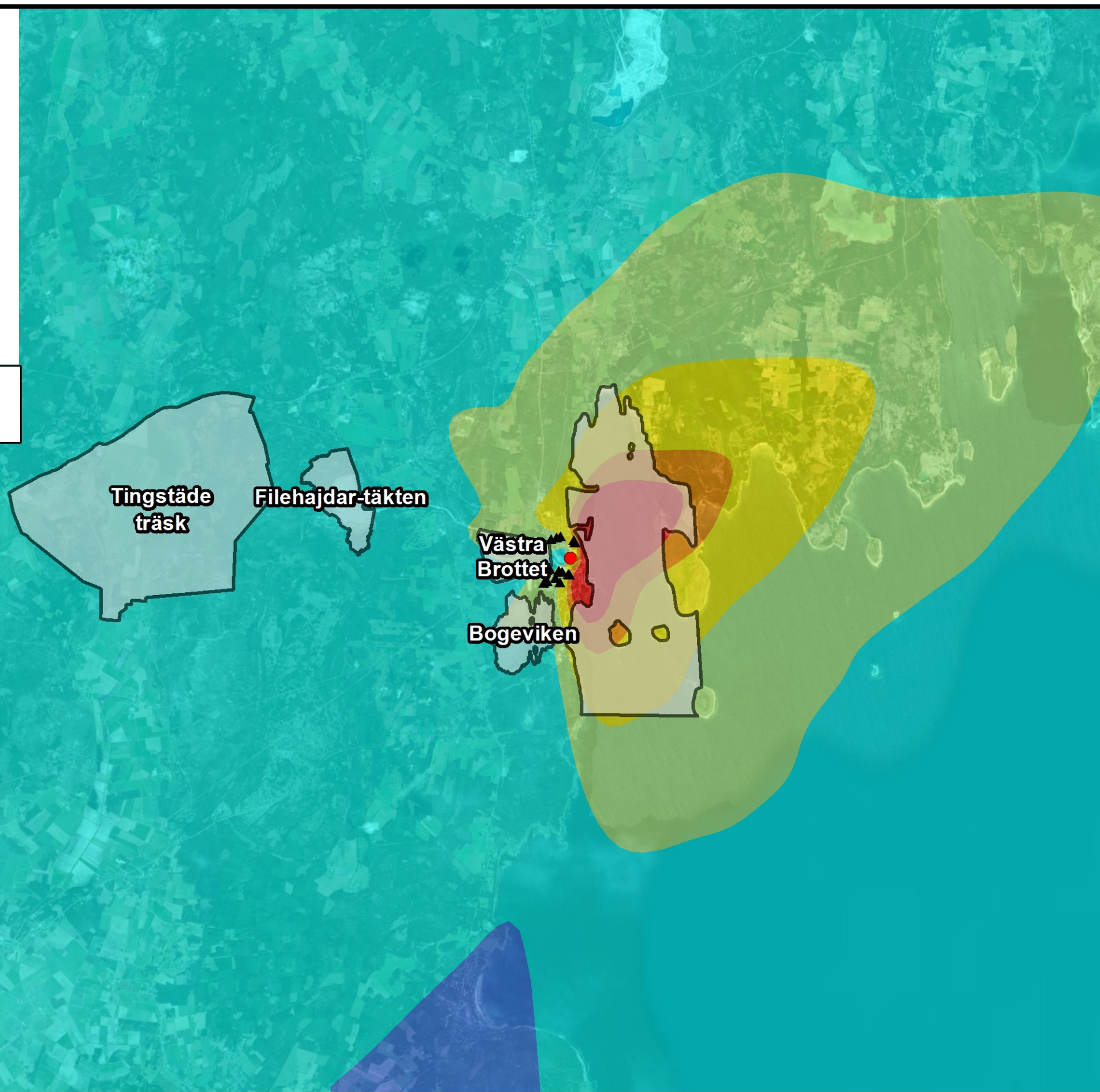
Projet N° :



# Bilaga 2



Windrose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



**Legend**

- Point source
- Location of water bodies

**Deposition (mg/m<sup>2</sup>/year)**

- < 0,01
- ]0,01 - 0,1]
- ]0,1 - 0,5]
- ]0,5 - 1]
- ]1 - 2]
- ]2 - 3]
- > 3 - 9,94

Système coordonné: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



**RAMBOLL**

Projet N° \_\_\_\_\_ Client : Cementa

**EFW Cement Feasibility study CCS**

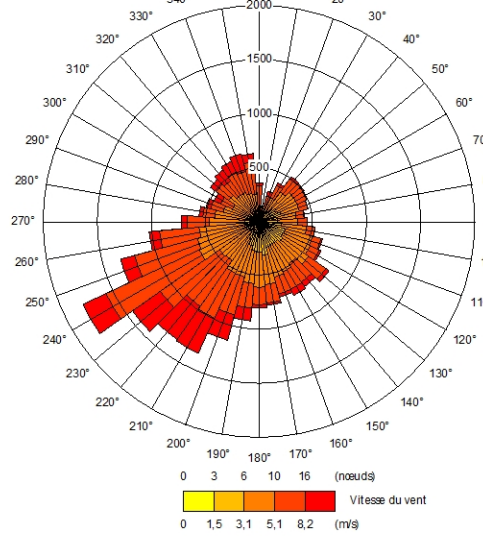
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Deposition av AMP**

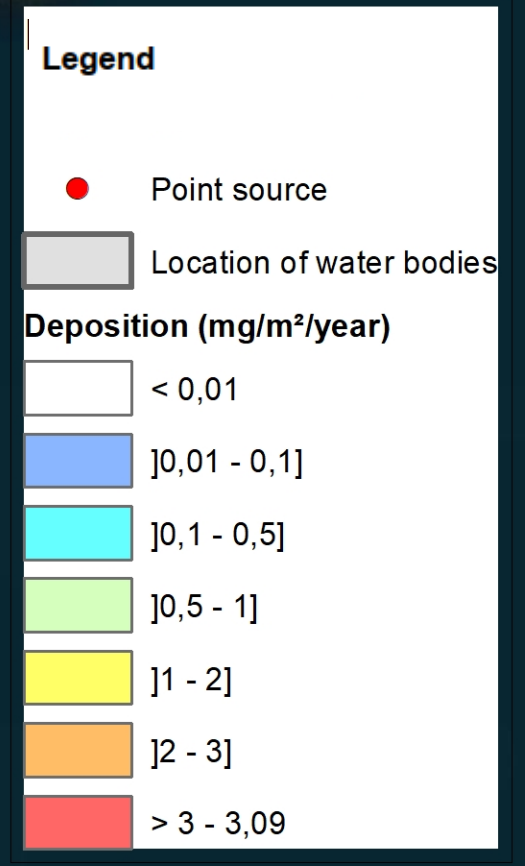
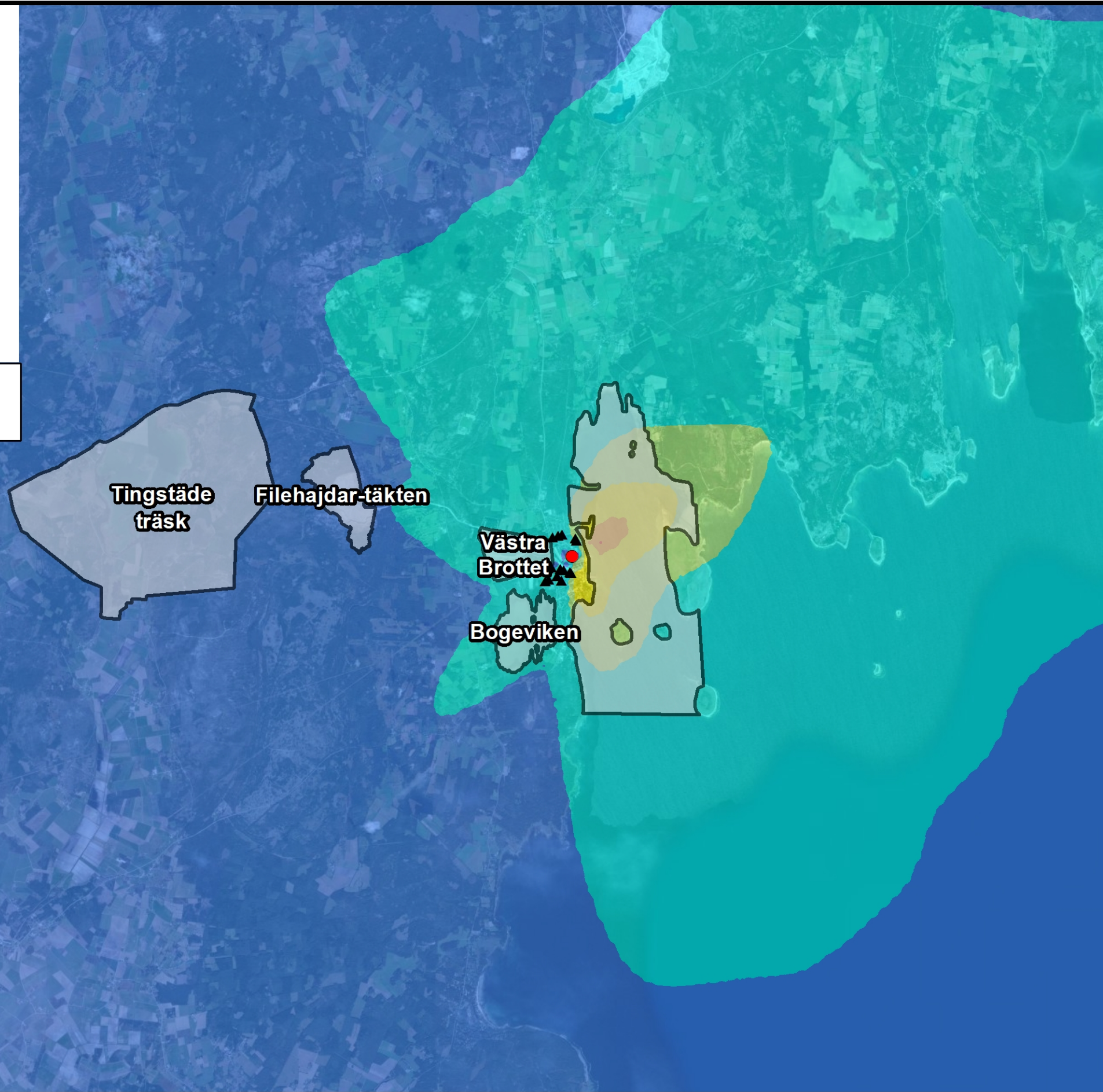
Dessiné par : BVI	Vérifié par : CNI	Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Version : 1	Date : 08/03/2024	



# Bilaga 2



Windrose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



Système coordonné: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



Projet N° Client : CEMENTA

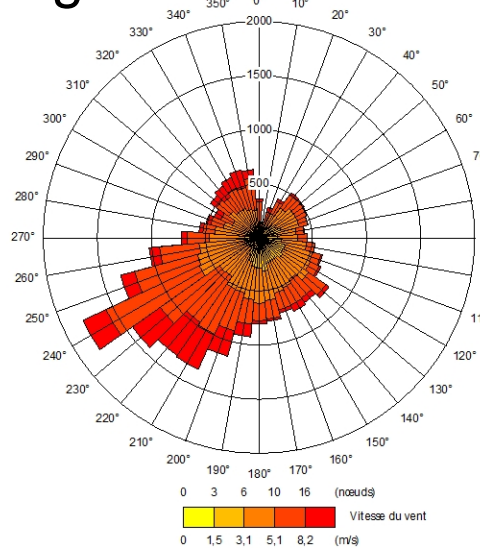
**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

### Deposition av Piperazin

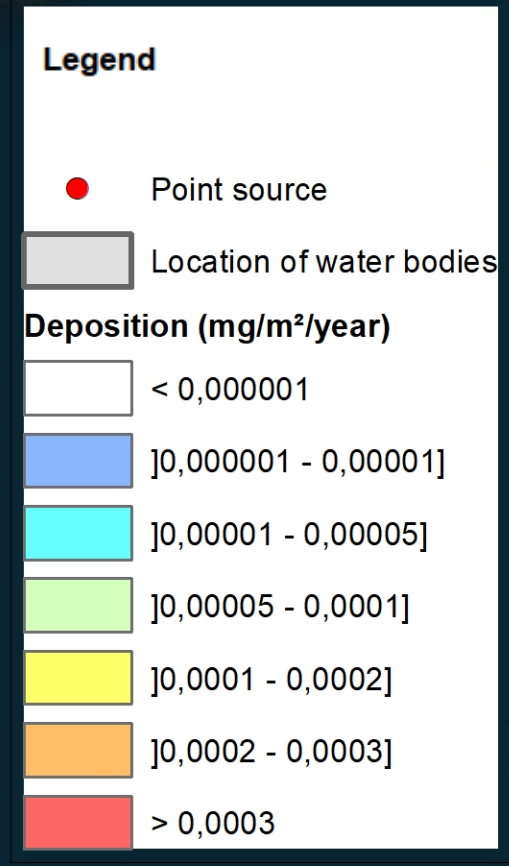
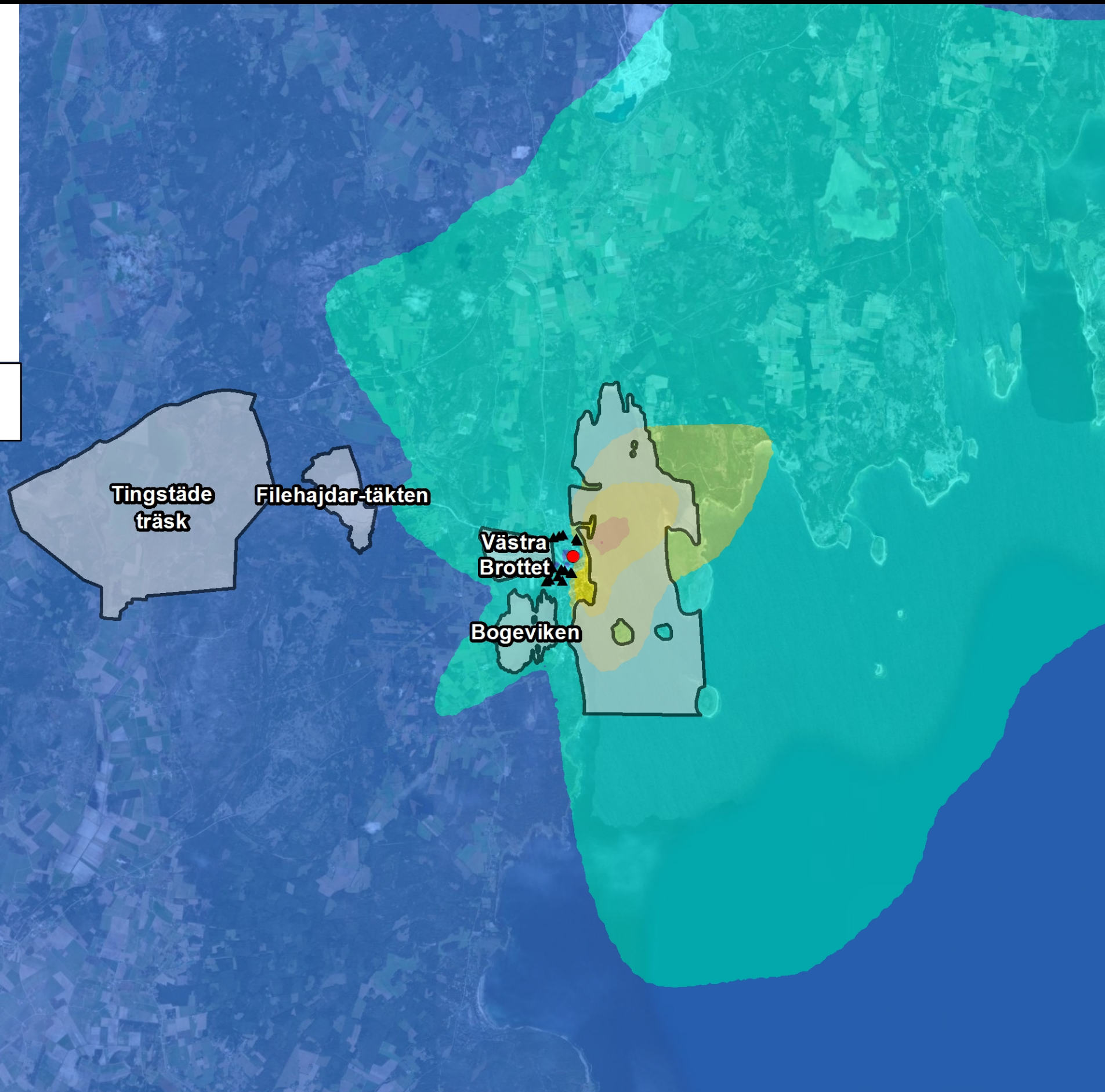
Dessiné par : BVI	Vérifié par : CNI	Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Version : 1	Date : 08/03/2024	



# Bilaga 2



Windrose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



Système coordonné: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere

Echelle 0 4 8 16 Km



Projet N° Client : CEMENTA

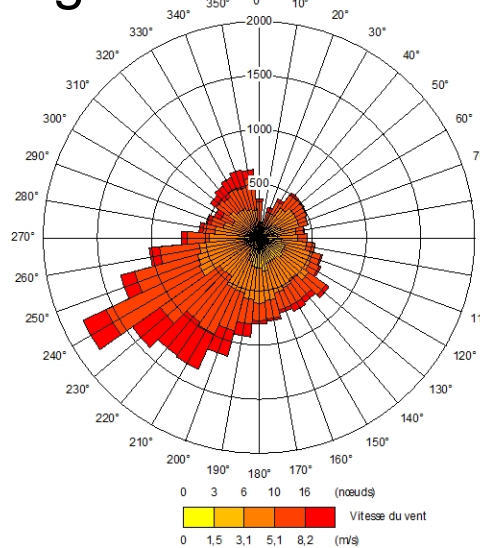
**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

## Deposition av nitrosamin från AMP

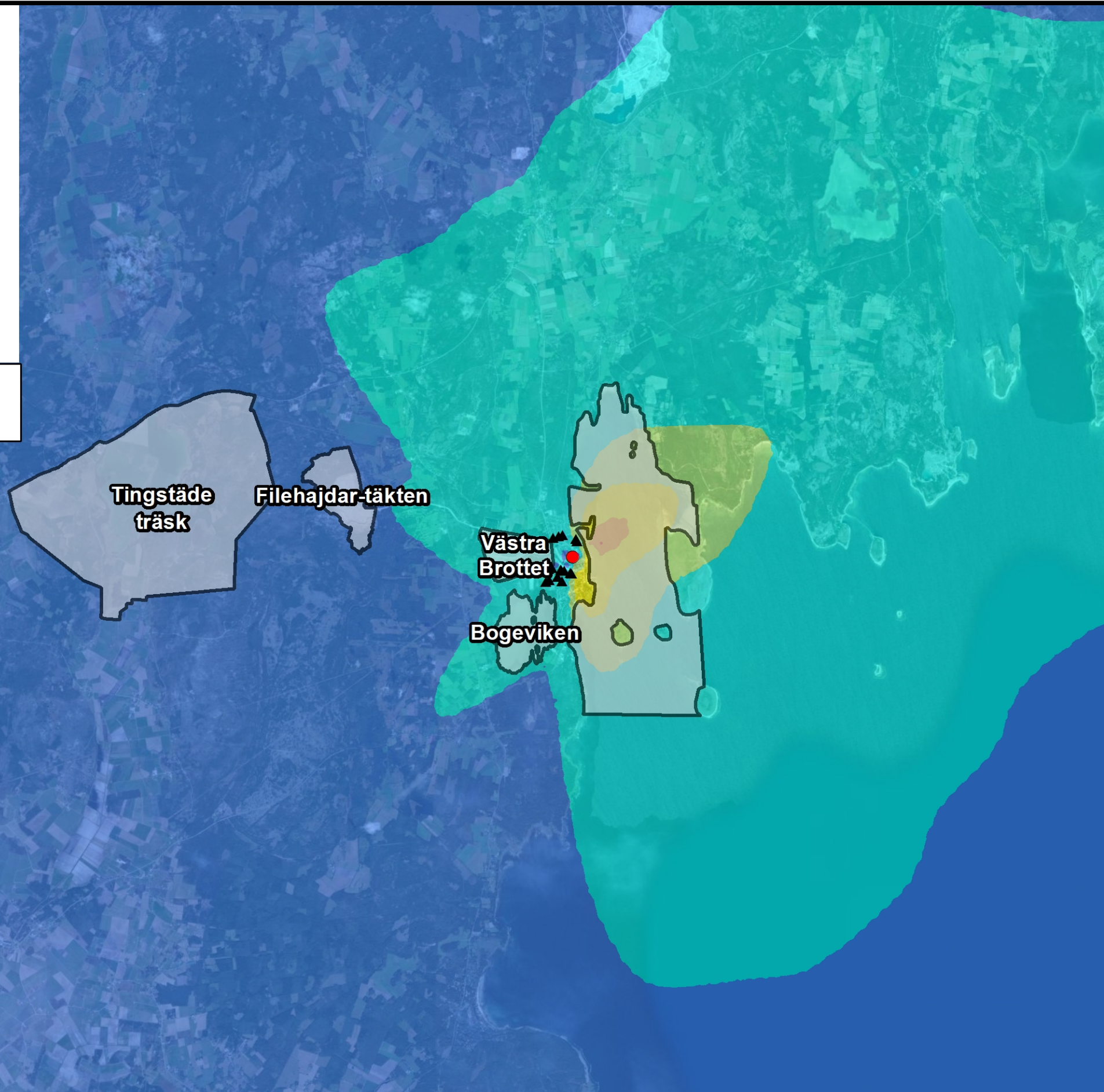
Dessiné par : BVI	Vérifié par : CNI	Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Version : 1	Date : 08/03/2024	



# Bilaga 2



Windrose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



**Legend**

- Point source
- Location of water bodies

**Deposition (mg/m<sup>2</sup>/year)**

- < 0,000001
- ]0,000001 - 0,00001]
- ]0,00001 - 0,00005]
- ]0,00005 - 0,0001]
- ]0,0001 - 0,0002]
- ]0,0002 - 0,0003]
- > 0,0003

Système coordonnée: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere

Echelle 0 4 8 16 Km

Projet N° Client : CEMENTA

**EFW Cement Feasibility study CCS**

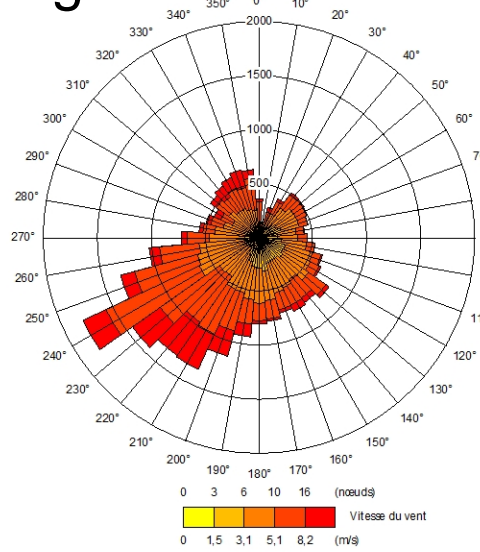
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Deposition av nitrosamin från Piperazin**

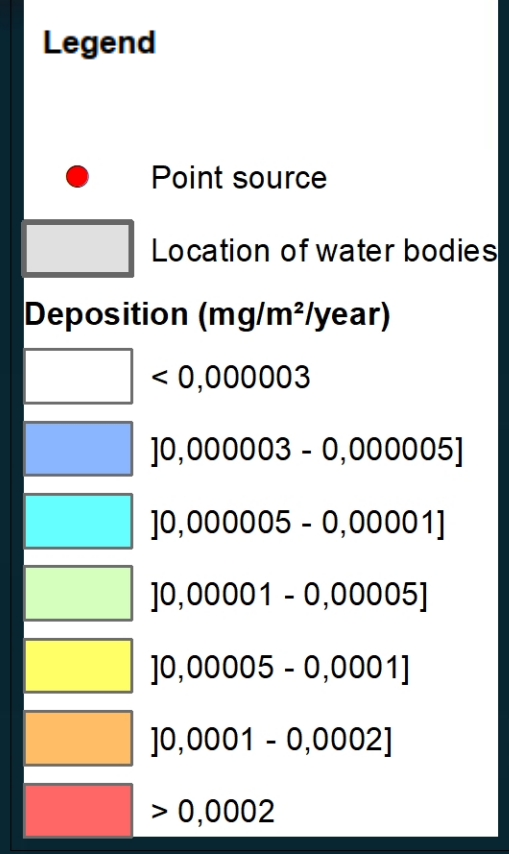
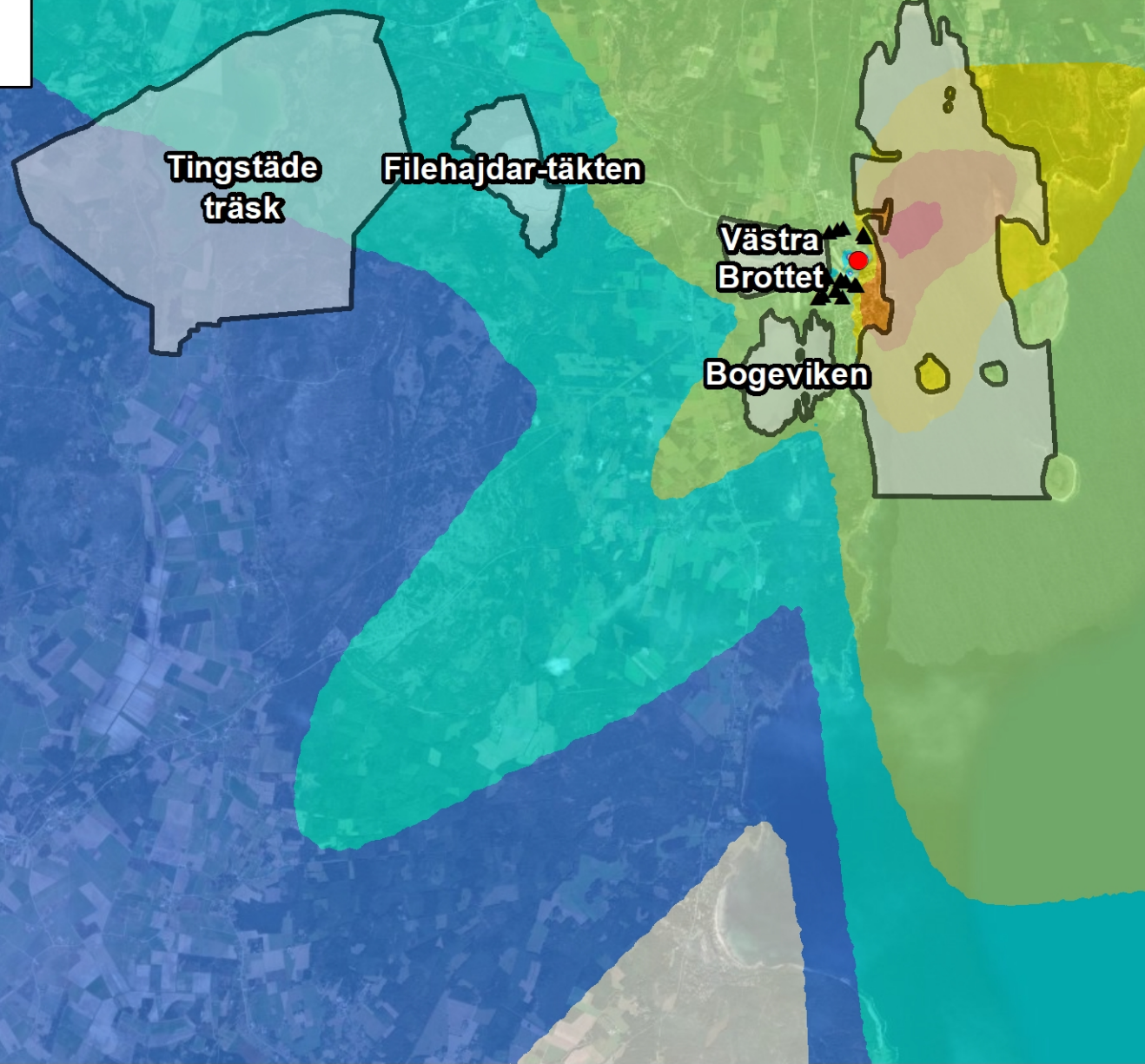
Dessiné par : BVI	Vérifié par : CNI	Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Version : 1	Date : 08/03/2024	



# Bilaga 2



Windrose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



Système coordonnée: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere



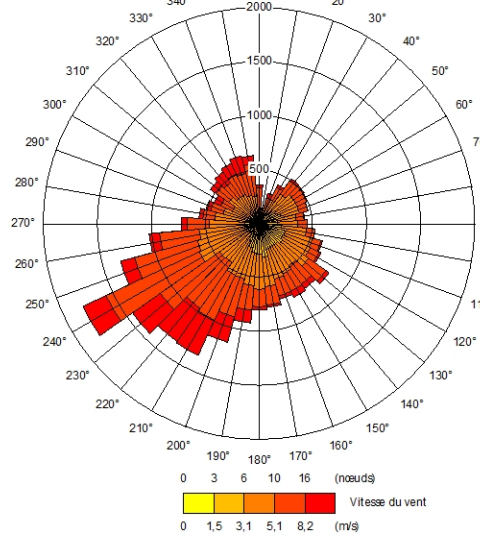
Projet N° Client : CEMENTA

**EFW Cement Feasibility study CCS**  
Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

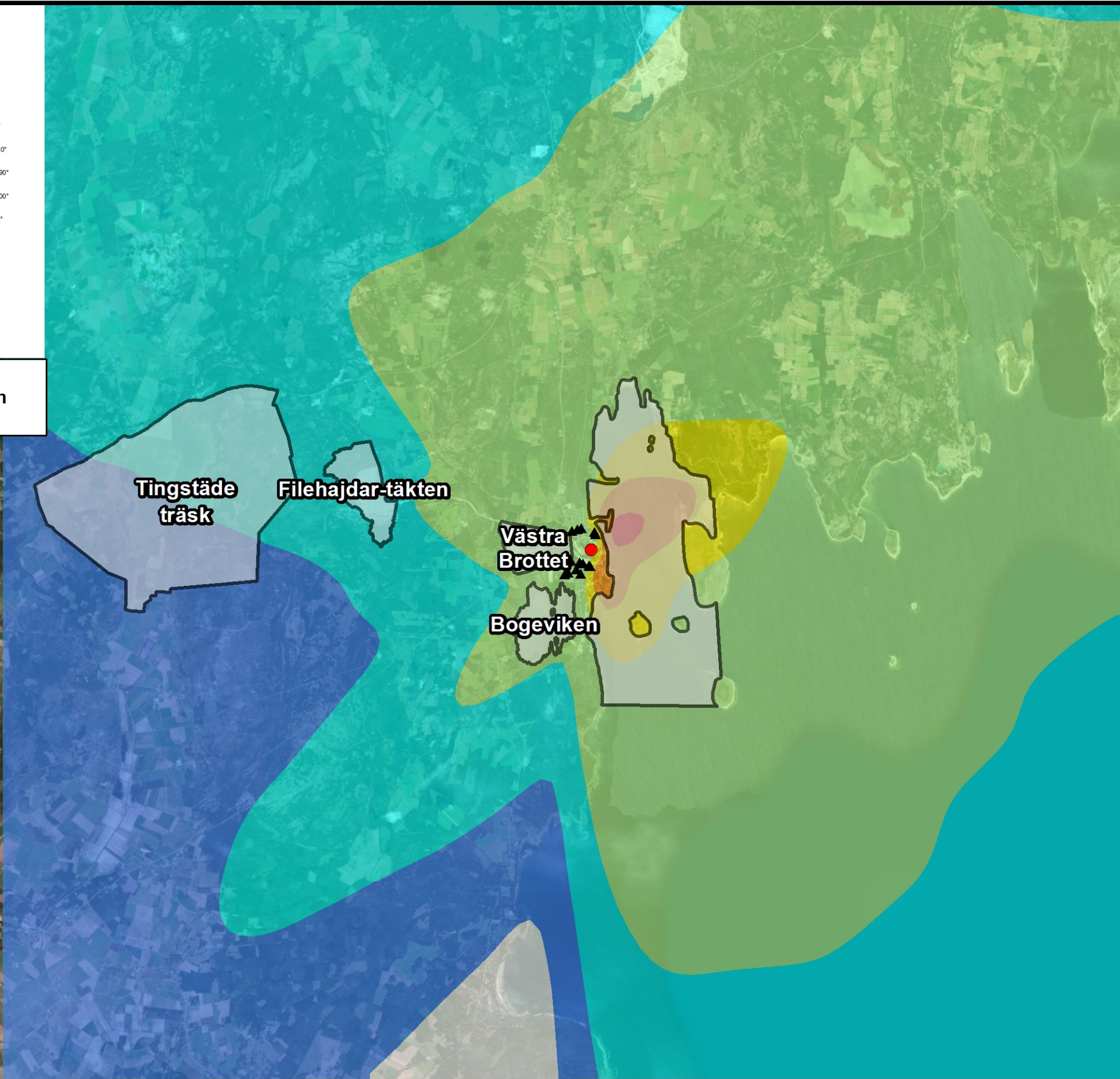
Deposition av nitramin från AMP		
Dessiné par : BVI	Vérifié par : CNI	Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Version : 1	Date : 08/03/2024	



# Bilaga 2



Windrose observed on Visby meteorological station between 2020 and 2022



**Legend**

- Point source
- Location of water bodies

**Deposition (mg/m<sup>2</sup>/year)**

- < 0,000003
- ]0,000003 - 0,000005]
- ]0,000005 - 0,00001]
- ]0,00001 - 0,00005]
- ]0,00005 - 0,0001]
- ]0,0001 - 0,0002]
- > 0,0002

Système coordonné: WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere  
Projection: Mercator Auxiliary Sphere

Echelle 0 4 8 16 Km

**RAMBOLL**

Projet N° Client : CEMENTA

**EFW Cement Feasibility study CCS**

Amines dispersion modelling - Without background  
Närs, SWEDEN

**Deposition av nitramin från Piperazin**

Dessiné par : BVI	Vérifié par : CNI	Service Layer Credits. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Version : 1	Date : 08/03/2024	