

Beregnet til
Statkraft Varme AS avd. Trondheim

Dokumenttype
KU-temarapport

Dato
2024-07-05

Statkraft Varme AS avd. Trondheim - karbonfangstanlegg KU-temarapport Luftforurensning

Statkraft Varme AS avd. Trondheim - karbonfangstanlegg

KU-temarapport Luftforurensning

Oppdragsnavn **Statkraft Varme - karbonfangstanlegg**
Prosjekt nr. **1100055130-003**
Mottaker **Statkraft Varme AS avd. Trondheim**
Dokumenttype **KU-temarapport**
Versjon **01**
Dato **2024-07-05**
Utført av **Hanne Weggeberg**
Kontrollert av **Biljana Cosic, Alexandra Griesfeller**
Godkjent av **Marte Braathen**
Beskrivelse Konsekvensutrednings (KU)-temarapport for luftforurensning for planlagt etablering av nytt karbonfangstanlegg tilknyttet avfallsbehandlingsanlegget til Statkraft Varme AS avd. Trondheim

Rambøll
Kobbegate 2
PB 9420 Torgarden
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00
<https://no.ramboll.com>

Sammendrag

Denne fagrapporten inneholder vurderinger av utslipp til luft og lokal luftforurensning som del av konsekvensutredning for planlagt etablering av karbonfangstanlegg tilknyttet avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme AS avd. Trondheim. Utbyggingsalternativet består i etablering av karbonfangstanlegg tilhørende virksomhetens eksisterende avfallsforbrenningsanlegg på Heimdal.

Fagrapporten for luftforurensning er utarbeidet etter gjeldende krav i *Forskrift om konsekvensutredninger* og tilhørende føringer i Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredninger av klima og miljø, M-1941. Veileder M-1941 angir at ved planlegging av tiltak som kan tenkes å påvirke den lokale luftforurensning ved følsomt arealbruk som boligområder og lokalt naturmiljø, skal lokal luftkvalitet vurderes opp mot anbefalinger og grenser i *Retningslinje for vurdering av luftkvalitet i arealplanlegging* (T-1520). Det skal også dokumenteres at grenseverdiene for tiltak i forurensningsforskriften kap. 7 overholdes, i tillegg til at beregnede konsentrasjoner skal sammenstilles med de helsebaserte luftkvalitetskriteriene. Eksisterende avfallsforbrenningsanlegg er regulert i henhold til gjeldende tillatelse etter forurensningsloven for virksomheten og bestemmelser og utslippsgrenser i avfallsforskriften og Industriutslippsdirektivet. Konsentrasjoner ved bakkenivå av utslippskomponenter ble beregnet med spredningsmodellering med en kombinasjon av modellene AERMOD og GRAL, for planalternativet med utbygging av karbonfangstanlegg og et nullalternativ som består i videreføring av dagens avfallsforbrenningsanlegg. Utslipp til luft ble beregnet med grunnlag i gjeldende utslippsgrenser for virksomheten, og for vegtrafikk ut fra framskrevne trafikktall for vegstrekningene i området.

Resultatene fra spredningsberegningene viser overholdelse av gjeldende grenseverdier for uteluft i forurensningsforskriften kap. 7 over hele utredningsområdet for alle utslippskomponentene som er regulert med utslippsgrenser i tillatelsen: nitrogendioksid (NO₂) og nitrogenoksider (NO_x), støvpartikler (totalstøv, svevestøv; PM₁₀), svoveldioksid (SO₂), karbonmonoksid (CO), flussyre (HF), saltsyre (HCl), kvikksølv (Hg) og dioksiner (PCDD/-F). Konsentrasjoner av totalstøv (TSP) ble sammenstilt med tilgjengelige grenseverdier i kanadiske NAAQO (*National Ambient Air Quality Objectives*) og av HF, HCl og dioksiner med grenseverdier i *Air Contaminants Benchmarks* (ACB) List. NO_x-utslipp til luft og resulterende konsentrasjoner i omgivelsene av NO₂ er klart dimensjonerende for lokal luftforurensning for det større utslippet med hensyn på skorsteinsutslippene: Grenseverdiene i forurensningsforskriften kap. 7 for NO₂ som følge av utslippene overholdes alle steder, men luftkvalitetskriteriet som timemiddel for NO₂ overstiges for timene i året med høyest konsentrasjoner ved enkelte områder der det er stigning i terrenget ved Torgarden/Nideng sør for anlegget og Strindmarka i øst. Luftkvalitetskriteriene overholdes ved 4. høyeste timekonsentrasjon for nullalternativet og 5. høyeste time for foreliggende planalternativ. I områdene like ved anlegget til Statkraft Varme på Heimdal er det forhøyede konsentrasjoner av luftforurensning særlig av svevestøv og NO₂, som følge av utslipp fra trafikken langs de trafikkerte vegene lokalt, særlig E6 i vest og Østre Rosten øst for anlegget. Undersøkelser av beregningsresultatene viser at nivåene i all hovedsak skyldes øvrig trafikk langs vegene i området, og ikke den begrensende tungtrafikken forbundet med driften av anlegget til Statkraft Varme. Planlagt tiltak med etablering av karbonfangstanlegg og trafikkendringer inkludert transporten av CO₂ med lastebiler ut fra virksomhetsområdet medfører ikke økte konsentrasjoner ved noen av boligområdene nær anlegget.

Det presiseres at spredningsberegningene av aminutslipp fra nytt karbonfangstanlegg er foreløpige og overordnede; oppdaterte og mer detaljerte beregninger av spredning av aminer og

nedbrytningsprodukter vil gjennomføres i forbindelse med prosessen med søknad om tillatelse etter forurensningsloven, når anlegget prosjekteres og renseteknologi er valgt.

Av skadereduserende tiltak for planforslaget, framheves det at karbonfangstanlegget prosjekteres for å overholde gjeldende utslippsgrenser og grenseverdier for uteluft satt for risiko for helseskader og skadelige effekter på naturmiljø. Parametere som skorsteinshøyde, diameter på skorstein, temperatur i utslipp og utslippshastighet dimensjoneres slik at spredningsforholdene blir mest mulig gunstige med tanke på å minimere resulterende konsentrasjoner ved bakkenivå i omgivelsene. Lastebilene som frakter CO₂ vil være elektriske, og for å minimere utslipp til luft primært av støvpartikler fra ikke-eksoskilder som slitasje av dekk, bremsklosser og asfalt og støvoppvirvling, vil det gjennomføres støvdempende tiltak. Ettersom karbonfangstanlegget prosjekteres på en slik måte at gjeldende krav inkludert grenseverdier for luftforurensning overholdes, settes konsekvensen av planlagt tiltak med hensyn på lokal luftkvalitet sammenstilt med nullalternativet til ubetydelig. Beregningsresultater og vurdert konsekvens av planforslaget forutsetter at oppdaterte beregninger gjennomføres i detaljprosjekteringen av anlegget og at kravene og planbestemmelsene følges.

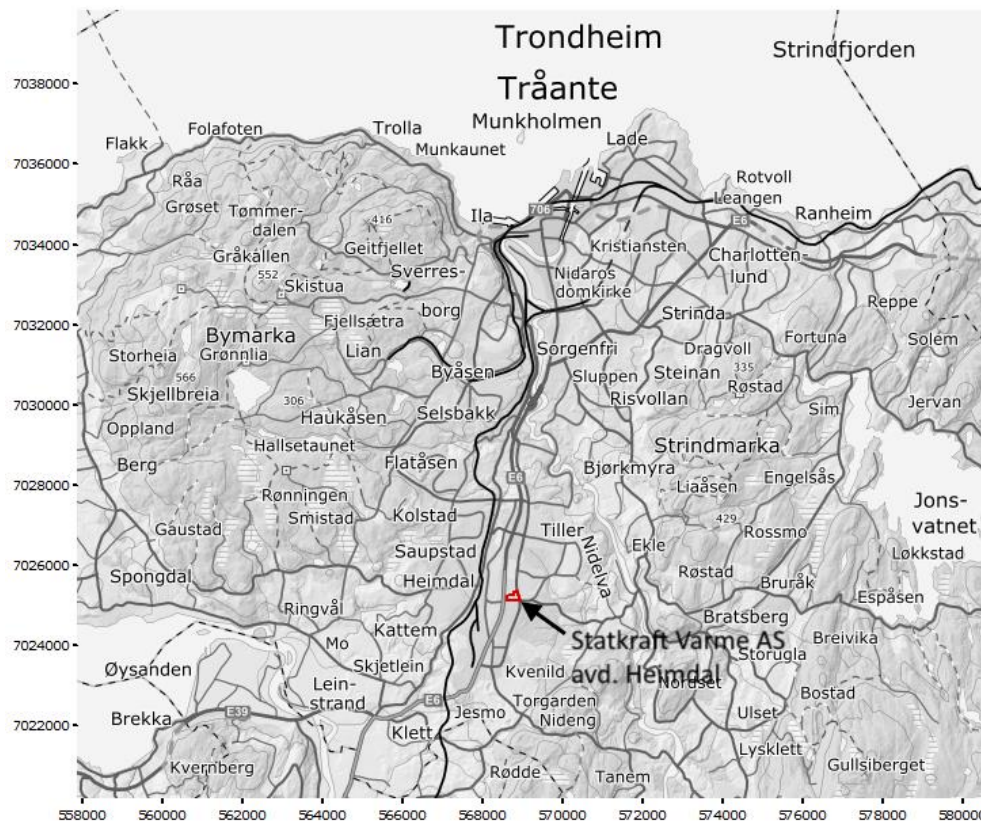
Det er viktig å være klar over at beregningene av utslipp og spredning foretatt i utredningen er forbundet med vesentlig usikkerhet, knyttet til aktivitetstall og utslippsberegninger, og spredningsmodellering generelt. I beregningene gjøres en rekke antakelser rundt meteorologi, utslipp, bakgrunnskonsentrasjoner og spredning og atmosfærekjemi. Spredningsberegninger viser likevel spredningsmønstre og kan identifisere områder som vil være utsatt for luftforurensning.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1. Bakgrunn	4
2. Regelverk og metode	5
2.1 Myndighetskrav	5
2.2 Metodikk og beregningsforutsetninger	6
2.2.1 Inngangsdata	6
2.2.2 Utslippsberegninger	6
2.2.3 Spredningsmodellering og post-prosessering	7
2.3 Avgrensning av temaet	7
2.4 Utredningsområde	7
2.5 Usikkerheter	8
3. Utredningsalternativer	9
3.1 0-alternativet	9
3.2 Planalternativet	9
4. Dagens situasjon	10
4.1 Områdene ved Statkraft Heimdal avfallsforbrenningsanlegg	10
4.2 Lokal luftkvalitet og andre utslippskilder	11
5. Nullalternativet	13
6. Luftkvalitetssituasjonen for tiltaket	17
6.1 Permanent situasjon	17
6.2 Anleggsperioden	21
6.3 Skadereduserende tiltak	22
7. Konsekvens for luftforurensning	22
7.1 Konsekvenser av planlagt tiltak	22
7.2 Rangering av alternativer	24
Referanser	25

1. Bakgrunn

Statkraft Varmer AS avd. Trondheim driver et avfallsforbrenningsanlegg som brukes til fjernvarme lokalisert på Heimdal i Trondheim kommune; se plassering vist på kart i Figur 1. Gjeldende tillatelse etter forurensningsloven for virksomheten ble første gang gitt av Miljødirektoratet 12.05.2004, og sist revidert 02.05.2024.



Figur 1. Oversiktskart som viser plassering til og planområdet for planlagt karbonfangstanlegg tilknyttet Statkraft Varmer på Heimdal, markert i rødt. Laget i ArcGIS, med bakgrunnskart fra Kartverket.

Virksomheten planlegger å etablere et karbonfangstanlegg tilknyttet avfallsbehandlingsanlegget på Heimdal. Målet med prosjektet er å redusere CO₂-utslippene fra Statkraft Varmes anlegg på Heimdal med ca. 220 000 tonn årlig i 2030. Planområdet for tiltaket omfatter eiendommene Østre Rosten 82, 84, 86, 88 og 90; selve karbonfangstanlegget vil plasseres på Østre Rosten 84 og 86.

Tiltaket utløser krav om konsekvensutredning etter *Forskrift om konsekvensutredninger* (Klima- og miljødepartementet & Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017): Forskriftens vedlegg I, punkt 22 lister opp «Anlegg for CO₂-fangst med sikte på geologisk lagring fra anlegg som omfattes av dette vedlegg eller av petroleumsloven». I henhold til forskriftens § 6 bokstav b skal reguleringsplaner etter plan- og bygningsloven for vedlegg I-tiltak alltid inneholde konsekvensutredning og ha planprogram eller melding. Planprogram er utarbeidet for tiltaket, utarbeidet av Henning Larsen på vegne av Statkraft Varmer, sist revidert 22.01.2024.

Konsekvensutredningen med hensyn på utslipp til luft og lokal luftforurensning for karbonfangstanlegget ble foretatt med spredningsmodellering, iht. krav i Forskrift om

konsekvensutredninger og Veileder M-1941 *Konsekvensutredninger av klima og miljø* (Miljødirektoratet, 2021). Beregnende konsentrasjoner i luft i omgivelsene ble sammenstilt med gjeldende grenseverdier i forurensningsforskriften kapittel 7 (Klima- og miljødepartementet, 2004), luftkvalitetskriteriene (Folkehelseinstituttet, 2017), Retningslinje T-1520 (Miljøverndepartementet, 2012) og for komponenter det ikke foreligger grenseverdier for i norsk regelverk, kanadiske NAAQO (British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2020) og ACB List (Ministry of the Environment Conservation and Parks, 2023). Konsekvensutredningen for luftforurensning for Statkraft karbonfangstanlegg er utarbeidet av Hanne Weggeberg. Hanne er miljørådgiver i Rambøll Norge AS, og har ekspertise innen luftforurensning, luftkvalitetsmodellering og konsekvensutredninger for luftkvalitet.

2. Regelverk og metode

2.1 Myndighetskrav

Konsekvensutredningen som helhet og foreliggende fagrapport for lokal luftforurensning er utarbeidet etter Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredninger av klima og miljø, M-1941 (Miljødirektoratet, 2021). Veileder M-1941 inneholder føringer for vurderinger av klima- og miljøtemaer etter *Forskrift om konsekvensutredninger* (Klima- og miljødepartementet & Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017; sist oppdatert 18.12.2023). Formålet med *Forskrift om konsekvensutredninger* med tilhørende Veileder M-1941 er å sikre at miljø og samfunn blir hensyntatt under forberedelsene av planer og tiltak. I prosjekter der det planlegges tiltak som kan tenkes å få betydning for lokal luftforurensning ved omkringliggende følsomt bruksformål som boliger og uteoppholdsarealer og som er underlagt krav om konsekvensutredning, skal det undersøkes hvorvidt konsentrasjonene ved følsom bebyggelse overstiger grensene i *Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging* (T-1520; Miljøverndepartementet, 2012). Verdivurderingen for området tar utgangspunkt i mengden følsomt bruksformål som havner inn under influensområdet, det vil si som kan tenkes å kunne bli påvirket av planlagt tiltak. Utslippskilder som påvirker nivåene av luftforurensning skal kartlegges, og konsentrasjoner av relevante komponenter skal beregnes for plan- og referansealternativet og resultatene presenteres i form av spredningskart. Påvirkning av tiltaket på den lokale luftkvaliteten i området skal drøftes, vurdert sett opp mot situasjonen i nullalternativet. Dersom T-1520 rød eller gul sone omfatter nærliggende boligeiendommer, skal antall eksponerte personer beregnes. Konsekvensgraden framkommer ved å sammenstille vurderingene av verdi og påvirkning.

Vurderinger er altså utført etter *Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging* (T-1520: Miljøverndepartementet, 2012), som spesifiserer grenser for rød og gul sone for svevestøv (PM₁₀) og nitrogendioksid med tilhørende føringer. Luftforurensning og lokal luftkvalitet omfattes av *Forskrift om begrensning av forurensning* (forurensningsforskriften; Klima- og miljødepartementet, 2004; sist endret 31.05.2024), med hjemmel i *Lov om vern mot forurensninger og om avfall* (forurensningsloven; Klima- og miljødepartementet, 2015). Forurensningsforskriftens kapittel 7 inneholder bestemmelser om lokal luftkvalitet, inkludert grenseverdier for uteluft i § 7-9, målsetningsverdier i § 7-10 og vurderingsterskler i § 7-11. Grenseverdiene er juridisk gjeldende og skal overholdes, mens målsetningsverdiene skal overholdes «såfremt dette ikke vil innebære uforholdsmessig store omkostninger». Nedre og øvre vurderingsterskler skal ses til som grunnlag for å vurdere fare for overskridelse av grense- og/eller målsetningsverdiene, og eventuelt behov for målinger og beregninger. I planarbeid og konsekvensutredninger skal det ses til luftkvalitetskriteriene (Folkehelseinstituttet, 2017; sist oppdatert 17.03.2023), som er satt med hensyn på helserisiko. For utslippskomponenter som det ikke foreligger grenseverdier i forskrift eller luftkvalitetskriterier for i norsk regelverk, ble det sett

til kanadiske *Air Contaminants Benchmarks List* (ACB List; Ministry of the Environment Conservation and Parks, 2023) og for totalstøv (TSP), *National Ambient Air Quality Objectives* (NAAQO; British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy, 2020), i henhold til føringer i Veileder M-980/2018 (Miljødirektoratet, 2018).

Bestemmelser om håndtering av avfall står oppført i, og tillatelsen etter forurensningsloven for virksomheten viser til, *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall* (avfallsforskriften; Klima- og miljødepartementet, 2004; sist endret 27.06.2024). Tillatelsen etter forurensning for virksomheten viser til avfallsforskriftens §§ 10-15 og 10-23, i tillegg til å oppgi grenser for årlige utslippsmengder. §§ 10-15 viser til utslippsgrensene i forskriftens vedlegg V for avfallsforbrenningsanlegg generelt og vedlegg II for samforbrenningsanlegg. I tillegg oppgir tillatelsen at anlegget omfattes av avfallsforskriftens kapittel 10 del X som angir særlige krav til avfallsforbrenningsanlegg, som gjelder anlegg som omfattes av Beste tilgjengelige teknikker (BAT) i Industriutslippsdirektivet.

Avfallsforbrenningsanlegg beskrives i BREF (bransjespesifikke BAT-referansedokumenter) *Waste Incineration* (WI; European Commission, 2019). Avfallsforskriftens §§ 10-35 i del X viser til utslippsgrensene i forskriftens vedlegg XII, som er de strengere utslippsgrensene fra WI BREF. Statkraft Varmes anlegg på Heimdal omfattes av utslippsgrensene i vedlegg XII Tabell 2 for anlegg som har fått tillatelse første gang før og som ikke er skiftet ut etter 4. desember 2019.

2.2 Metodikk og beregningsforutsetninger

Spredning av utslipp til luft fra virksomheten ble utredet med spredningsberegninger. Skorsteinsutslippene fra avfallsforbrenningsanlegget og tungtrafikken forbundet med virksomheten har svært forskjellig utbredelse og størrelse på influensområdene (se rapportens kap. 2.4); ulike modelleringsstrategi og -verktøy ble derfor brukt for de ulike utslippskildene. Modelleringen for skorsteinsutslippene ble foretatt med AERMOD (USEPA, 2024), iht. anbefalinger og retningslinjer i Veileder M-980/2018 for bestemmelse av skorsteinshøyde og spredningsmodellering (Miljødirektoratet, 2018). For utslipp fra vegtrafikk langs lokale veier ble GRAMM/GRAL (Graz University of Technology, 2024), som er godt egnet til mer detaljert modellering av mindre områder der både terreng og bygninger har betydning for spredningen.

2.2.1 Inngangsdata

Plasseringene til skorsteiner og bygningsdimensjoner ble tatt fra modellgrunnlag utarbeidet av Rambøll, datert 13.11.2023. Meteorologidata ble prosessert i henholdsvis AERMET (AERMOD) og GRAMM (GRAL), med grunnlag i data fra Norsk klimasenterservice (Seklima; Meteorologisk institutt, 2024) for Trondheim-Voll og Værnes stasjoner for årene 2014-18. Vinddataene brukt i modelleringen er vist framstilt i form av vindroseplott i rapportens Vedlegg 1. Terrengdata ble hentet ut fra Kartverkets digitale DTM 10 terrengmodell (Kartverket, 2024) med oppløsning 10 m. *CORINE Land Cover*-arealdekkedata ble brukt (Nibio, 2024).

2.2.2 Utslippsberegninger

Utslippstall for skorsteinsutslippene fra avfalls- og karbonfangstanlegget ble beregnet ut fra gjeldende utslippsgrenser iht. tillatelsen etter forurensningsloven, avfallsforskriften vedlegg XII tabell 2 (tilsvarende utslippsgrensene i Industriutslippsdirektivet WI BREF), og tekniske utslippsdata og -parametere for henholdsvis dagens anlegg (nullalternativet) og planlagt karbonfangstanlegg (planalternativet; se mer detaljerte beskrivelser av utredningsalternativene i rapportens kap. 3). Utslipp fra vegtrafikk lokalt ble beregnet med grunnlag i utslippsfaktorer hentet ut fra *The Handbook Emission Factors for Road Transport* (HBEFA; INFRAS, 2024) for eksosutslipp, og NORTRIP-modellen (NILU, 2012) for ikke-eksoskilder inkludert slitasje av dekk, bremseklosser og asfalt, piggdekkbruk og oppvirvling av veistøv. Prognose-trafikk tall for år 2043 for henholdsvis null- og planalternativet ble utarbeidet i forbindelse med trafikktutredningen i prosjektet. Piggdekkandelen ble satt til 30 %, iht. føringer i dokumentet *Hovedmomenter ved vurdering av luftkvalitet i arealplanlegging i Trondheim kommune* (Trondheim kommune

Miljøenheten, 2021). Nærmere detaljert vedrørende utslippsberegningene og beregnede utslipp fra skorsteinene på anlegget til Statkraft Varme og lokal vegtrafikk er oppført i Vedlegg 2.

2.2.3 Spredningsmodellering og post-prosessering

Reseptor-grid ble i AERMOD satt opp som nested grid, med oppløsning 100, 250 og 500 m og med diskrete reseptorpunkter satt opp ved omkringliggende boliger nær anleggsområdet, mens det mindre modellområdet i GRAL ble satt til oppløsning på 10 m. Visuelle framstillinger fra AERMOD- og GRAL-beregningsmodellene er vist i Vedlegg 3. Beregnede konsentrasjoner ved bakkenivå (AERMOD: 0 m; GRAL: 2,5 m) ble sammenstilt med gjeldende grenseverdier for uteluft (forurensningsforskriften kap. 7, luftkvalitetskriteriene, Retningslinje T-1520, ACB List, NAAQO). Stedsspesifikke bakgrunnskonsentrasjoner ble lagt til beregnede konsentrasjoner, hentet ut fra Nasjonalt utslippsystem og -database (Miljødirektoratet, 2024b). For nitrogenoksider (NO_x)-utslippene ble NO_x til NO_2 (nitrogendioksid)-konvertering i AERMOD gjort med OLM (*Ozone Limiting Method*), NO_2/NO_x -ratio ved likevekt beholdt ved regulatorisk standard på 0,9, mens ratioen i utslippet (in stack) ble satt ned til 0,1. Ozon-bakgrunnsdata ble hentet ut fra Utslippsdatabasen; timebasis-data for et helt år ble brukt. I GRAL ble NO_x -kjemi håndtert med NO_x til NO_2 -konvertering med likning i programvaren. Post-prosessering av resultatene (modellerte konsentrasjoner på timebasis) for å generere gjennomsnittlige konsentrasjoner iht. aktuelle midlingstider ble foretatt i modellprogrammene (AERMOD/GRAL). Plotting av resultatene ble gjort i ArcMap v. 10.7.1.

Det vurderes ikke som hensiktsmessig å dele inn influensområdet (se definert i kap. 2.4) i delområder i konsekvensutredningen for luftforurensning; spredningsberegninger og vurderinger er gjort for området som helhet. Konsekvenser for alle relevante klima- og miljøtemaer er sammenstilt i hovedrapporten for konsekvensutredningen for tiltaket.

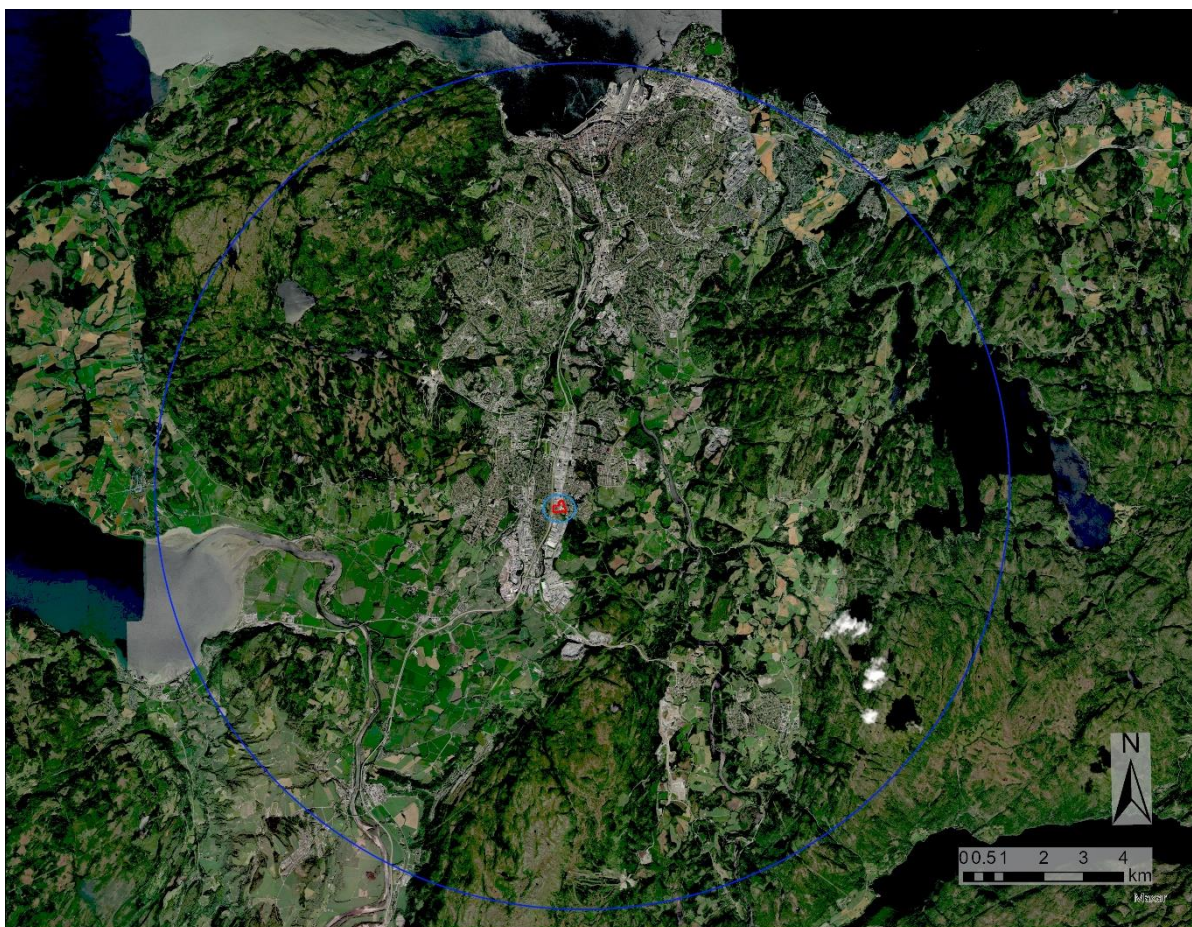
2.3 Avgrensning av temaet

Vurderingen av konsekvenser av utslipp til luft for planlagt karbonfangstanlegg tilknyttet Statkraft Varmes anlegg på Heimdal benyttet informasjon og data fra fagområdene Plan/Bygg for modelldata for utformingen av og tekniske spesifikasjoner for karbonfangstanlegget, i tillegg til Trafikk/Samferdsel for vegtrafikk tall. Det er også krav for konsekvensutredninger å vurdere mulige samspillseffekter mellom luftforurensning og støy dersom aktuelt. Utslipp av klimagasser til luft og utslipp generelt til vann og grunn og effekter på naturmiljø er vurdert og rapportert i egne separate konsekvensutrednings-temarapporter.

2.4 Utredningsområde

Utredningsområdet utgjøres av planområdet og influensområdet. Med influensområdet menes hele området som kan tenkes å bli påvirket av tiltaket, også utenfor tiltaksområdet. Med hensyn på lokal luftforurensning settes influensområdet med tanke på mulig spredning av utslipp til luft og risiko for skadelige virkninger på menneskers helse og naturmiljøet i omkringliggende områder. Som nevnt i kap. 2.2, er det satt opp et begrenset influensområde for utslippene fra tungtrafikken forbundet med driften av karbonfangstanlegget, mens influensområdet for utslippene fra skorsteinen har langt større utbredelse og omfatter større deler av Trondheim by. Årsaken til det store influensområdet for skorsteinsutslippene er høyden på skorsteinen, på 85 meter over terreng. Tiltaksområdet/planområdet er gitt av reguleringsplanavgrensinger for planen for Østre Rosten 82, 84, 86, 88 og 90.

Planområdet og antatt influensområde for det planlagte tiltaket for etablering av karbonfangstanlegg tilknyttet Statkraft Varmes anlegg på Heimdal er vist markert på ortofoto i Figur 2.



Figur 2. Ortofoto over områdene ved avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal. Plangrensen er vist markert med rød linje, mens antatt influensområde er markert i blått; for lokal vegtrafikk i lys blått og for skorsteinsutslippene i mørk blått. Laget i ArcGIS Pro, med bakgrunnsgrafikk fra Maxar.

2.5 Usikkerheter

Spredningsberegninger påpeker viktige spredningsmønstre og gir et inntrykk av hvorvidt noen områder kan være utsatt for redusert luftkvalitet. Det gjøres imidlertid en rekke antakelser i forbindelse med modelleringen og spredningsberegningene, som oppsummert nedenfor:

- Tallene for utslipp til luft av de ulike komponentene er forbundet med betydelig usikkerhet, og det vil være variasjoner i tid i driften og dermed utslippene. Det er i beregningene brukt konservative antakelser inkludert setting av konsentrasjoner i utslippene til gjeldende utslippsgrenser, men faktorer som vindforhold, terreng, høy aktivitet osv. kan potensielt tenkes å resultere i periodevis høyere konsentrasjoner i omgivelsene enn beregnet
- Data for vind og meteorologi kan variere fra år til år og de meteorologiske forholdene fra målestasjon til planområde kan avvike noe

Det er vesentlige usikkerheter forbundet med spredningsmodellering generelt, pga. forhold som kvaliteten på inngangsdata, variasjon i meteorologi, og atmosfæriske prosesser og kjemi. Typisk regnes det med usikkerhet i beregnede resultater på $\pm 50\%$.

3. Utredningsalternativer

Vurdering av konsekvens gjøres for planalternativet for etablering av planlagt karbonfangstanlegg tilhørende avfallsanlegget til Statkraft på Heimdal, sett opp mot situasjonen for det definerte 0-alternativet som innebærer videreføring av dagens avfallsforbrenningsanlegg.

3.1 0-alternativet

Nullalternativet for konsekvensutredningen består i videreføring av dagens avfallsforbrenningsanlegg på tomte til Statkraft Varme AS avd. Trondheim på Heimdal, med drift i henhold til gjeldende tillatelse etter forurensningsloven (Miljødirektoratet, 2004; sist endret 02.05.2024). Prognoseåret for nullalternativet, og dermed framskrevne trafikk tall langs vegstrekningene i området (se Vedlegg 2), er 2043. Av tilgrensende planer inngår framtidig planlagt utbygging av Tiller idrettsanlegg sør for planområdet for Statkraft i nullalternativet.

Utdrag fra AERMOD-beregningsmodellen ved planområdet som viser utforming av bebyggelse for nullalternativet er oppført i Figur 3. Det presiseres at bygningsmasse tilhørende planlagte Tiller idrettspark er inkludert i beregningsmodellen for både 0- og for planalternativet, i henhold til avklaringer med Trondheim kommune.

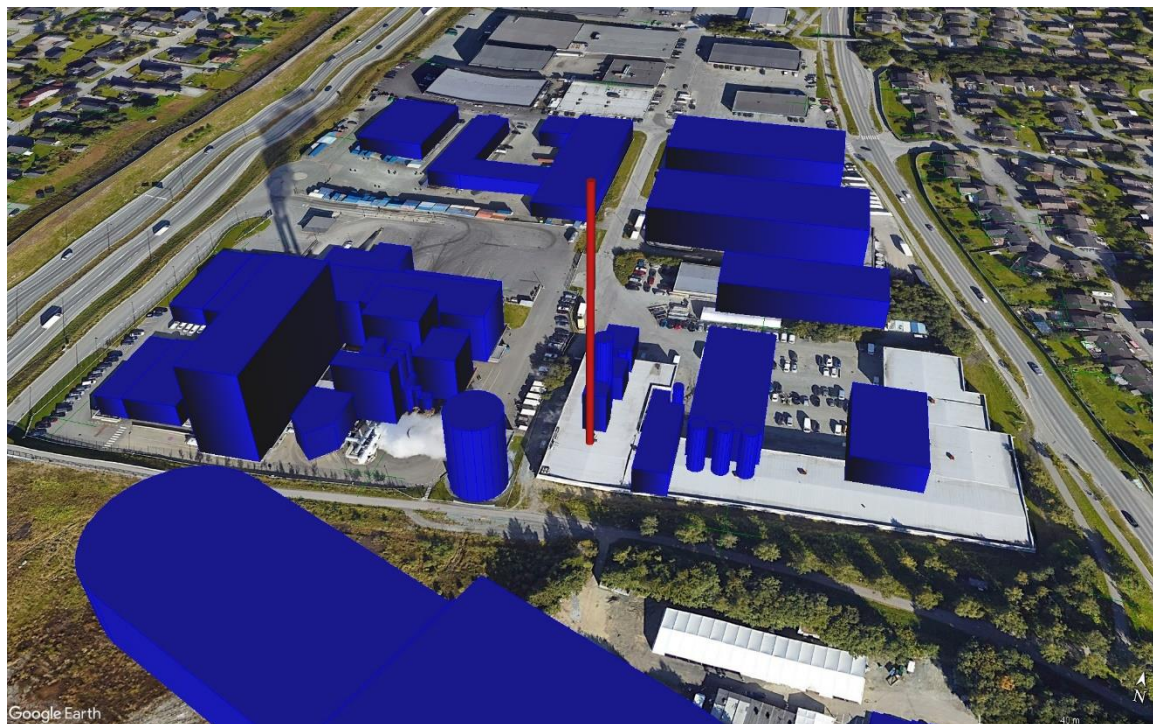


Figur 3. Bebyggelse (vist i blått, inkludert Tiller idrettspark i sør) og skorsteiner (røde) innenfor planområdet for Statkraft Varme på Heimdal og tilstøtende eiendommer for nullalternativet. Utdrag fra AERMOD-modell, satt opp i Lakes AERMOD View og eksportert til Google Earth.

3.2 Planalternativet

Planalternativet innebærer etablering av nytt karbonfangstanlegg integrert med avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, på eiendommene Østre Rosten 84 og 86. Anlegget vil omfatte fangst av CO₂-utslipp, komprimering, rensing, «liquefaction» og midlertidige lagring av CO₂. Eksisterende anlegg vil dekke behovet for termisk energi til selve fangstprosessen, og vil motta gjenvunnet energi fra fangstprosessen. Den fangede CO₂-en er deretter planlagt transportert med lastebiler (elektriske) til Orkanger havn i Orkland kommune

vest for Trondheim, hvor den vil transporters via fartøy til Northern Lights-anlegget i Øygarden. Planlagt oppstart for karbonfangstanlegget på Heimdal er år 2030. Figur 4 viser utdrag fra AERMOD-modellen for områdene ved nytt karbonfangstanlegg for planalternativet.



Figur 4. Bebyggelse (vist i blått, inkludert Tiller idrettspark i sør) og skorstein (rød) innenfor planområdet for Statkraft Varme på Heimdal og tilstøtende eiendommer for planalternativet. Utdrag fra AERMOD-modell, satt opp i Lakes AERMOD View og eksportert til Google Earth.

4. Dagens situasjon

Kapitlet beskriver dagens situasjon i influensområdet for fagtemaet luftforurensning.

4.1 Områdene ved Statkraft Heimdal avfallsforbrenningsanlegg

Planområdet for anlegget til Statkraft Varme AS avd. Trondheim på Heimdal ligger sør for Trondheim sentrum på eiendommene Østre Rosten 82, 84, 86, 88 og 90; se plassering og avgrensning vist i figurene 1-3. E6 går like vest for planområdet, og relativt trafikkerte Østre Rosten i øst. Nord og sør for planområdet er det diverse nærings- og forretningsbebyggelse. Like sør for anlegget ligger eiendommen for planlagte Tiller idrettspark, som i dag hovedsakelig består av myr og noe vegetasjon. I øst og vest for E6 er det boligområder, mens det er skog i sørøst. Med lengre avstand fra anlegget er det byområder i nord og ellers spredt bebyggelse og gårdsbruk og skog og fjell. Det er stigning i terrenget opp mot fjellområdene ved Bymarka i nordvest, Strindmarka i nordøst og Vassfjellet i sør.

Trafikkmengdene langs E6 vest for planområdet er i dag på i overkant av 30 000 årsdøgntrafikk (ÅDT), med andel tungtrafikk på mellom 14 og 16 %, iht. tall for år 2023 hentet ut fra Nasjonal vegdatabank (NVDB; Statens vegvesen, 2024). Østre Rosten har ÅDT på 9500-10 000 og tungtrafikkandeler på mellom 8 og 19 %. Veger med ÅDT over 8000 regnes å ha vesentlig betydning for lokal luftkvalitet (Miljøverndepartementet, 2012), mens faktorer som tungtrafikkandeler har betydelig innvirkning på utslippene.

Dagens tillatelse for avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal (Miljødirektoratet; første gang gitt 12.05.2004, sist revidert 02.05.2024) gjelder for mottak av inntil 240 000 tonn ordinært avfall (restavfall fra husholdninger og næringsavfall) og inntil 12 000 tonn farlig avfall, samt lagring av inntil 1000 tonn ordinært avfall. Av relevante vilkår knyttet til utslipp til luft (vilkår 4) angir tillatelsen blant annet følgende:

(For utslipp fra punktkilder:) «Anlegget skal utformes, bygges og drives på en slik måte at bestemmelsene i avfallsforskriften §§ 10-15 og 10-23 overholdes. I tillegg gjelder grenser for årlig mengde som fremkommer av Tabell 4--1.

Anlegget omfattes også av avfallsforskriften kap. 10 del X og skal i tillegg overholde utslippsgrensene i § 10-35.

(...)

Virksomheten har unntak fra krav om kontinuerlig måling av kvikksølv frem til 31. desember 2025. I denne perioden gjelder utslippsgrensen for kvikksølv på <5-20 µg/Nm³ gitt i avfallsforskriftens kapittel 10 vedlegg XII Tabell 2 som gjennomsnitt over prøvetakingsperioden.

[Diffuse utslipp:] Virksomheten kan ha diffuse utslipp, men kunnskapsgrunnlaget om mengde er for dårlig til å sette grenseverdier. (..) Diffuse utslipp fra produksjonsprosesser og fra utearealer, for eksempel lagerområder, områder for lossing/lasting og renseanlegg, som kan medføre skade eller ulempe for miljøet, skal begrenses mest mulig.

[Krav til utslippspunkter:] Avgassene fra forbrenningsanlegget skal slippes ut med en høyde på minst 85 m over bakken. Gasshastigheten ut av skorsteinen skal under normale drift være minimum 8 m/s. Temperaturen ut av skorsteinen skal være minimum 55°C på linje 1 og 2 og minimum 60 °C på linje 3.»

4.2 Lokal luftkvalitet og andre utslippskilder

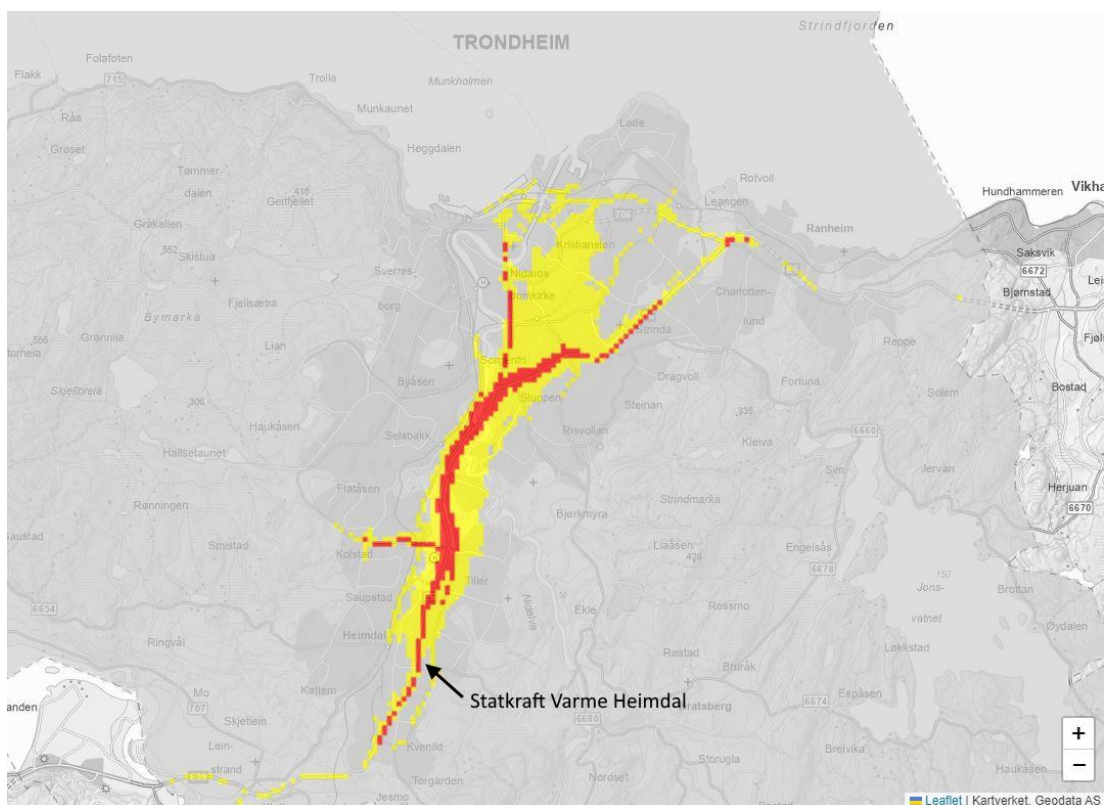
Luftforurensning i Trondheim kommune måles i dag ved de veinære stasjonene Elgeseter, Omkjøringsvegen og E6-Tiller. E6-Tiller stasjon står plassert ca. 1 km nord for planområdet for Statkraft Varme på Heimdal, se plassering vist markert på kartuttak fra tjenesten Luftkvalitet i Norge (Miljødirektoratet, 2024a) i Figur 5.

Kart som viser estimert utbredelse av Retningslinje T-1520 gul og rød sone i områdene ved anlegget til Statkraft og Trondheim by, basert på meteorologi for år 2018-22, tatt fra Fagbrukertjenesten for luftkvalitet (Miljødirektoratet m.fl., 2024), er vist i Figur 6. Som det framgår av kartet, tyder modelleringen foretatt for Fagbrukertjenesten på at det er forholdsvis betydelig utbredelse av T-1520 rød, og særlig gul, sone ut fra de sterkest trafikkerte vegene i området, i hovedsak E6 som går vest for planområdet til Statkraft Varme på Heimdal. Deler av planområdet ser ut til å omfattes av rød og gul sone ved de trafikkerte vegene.

Det presiseres at disse beregningene er gjennomført med datidens meteorologi og trafikk tall, og foreligger med lav oppløsning slik at spredning ut fra veg representeres mangelfullt og uten å ta hensyn til effekten av bygningsmasse og andre strukturer. Luftkvalitetssituasjonen for null- og for planalternativet må derfor utredes med detaljerte spredningsberegninger.



Figur 5. Plasseringen til de ulike målestasjonene for luftkvalitet i Trondheim kommune. Modifisert, fra Luftkvalitet i Norge (Miljødirektoratet, 2024a).



Figur 6. Luftsonkart som viser utbredelsen av Retningslinje T-1520 rød og gul ved Tiller idrettspark, beregnet med meteorologi for årene 2017-21, tatt fra Fagbrukertjenesten for luftkvalitet (Miljødirektoratet et al., 2024).

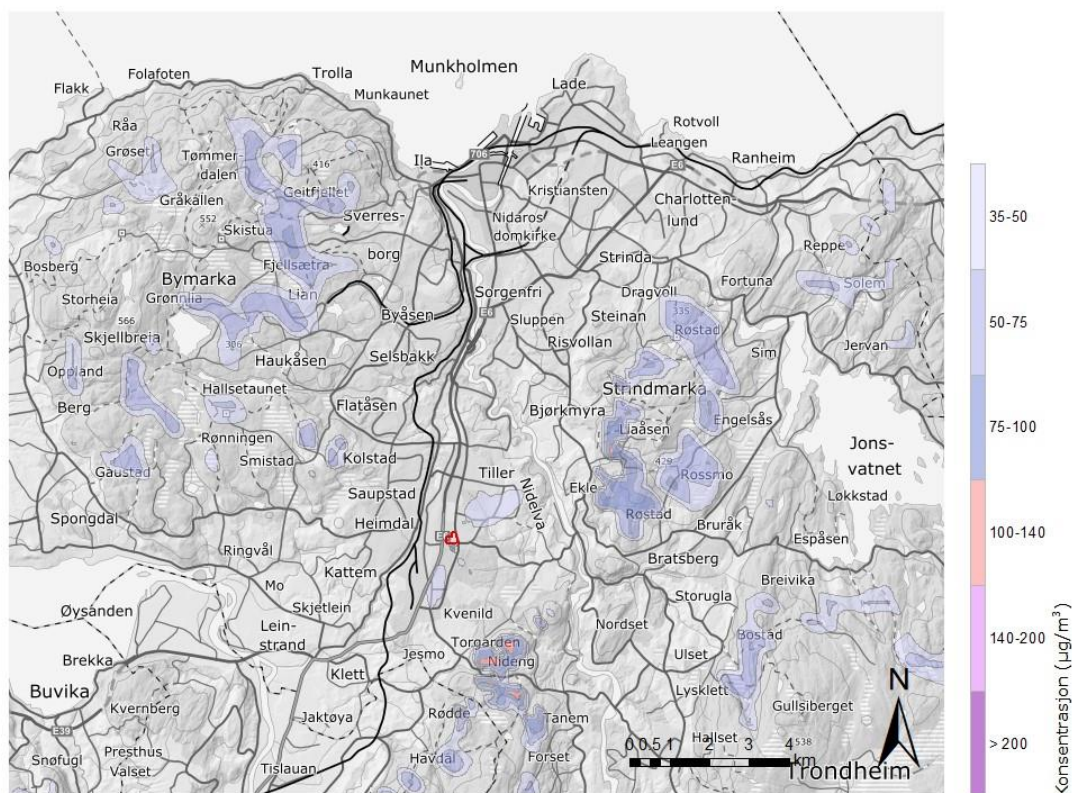
Avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal står for den klart dominerende industri-utslippskilden til luft i området. Andre industri- eller punktkilder antas ikke å utgjøre vesentlige bidrag til den lokale luftkvaliteten og er derfor ikke inkludert i beregningsmodellene.

Bakgrunnsforurensning kommer fra kilder som langtransportert forurensning fra industri og vegtrafikk, og lokal vedfyring. Bakgrunnskonsentrasjonene i områdene ved Tiller og anlegget til Statkraft Varme er forholdsvis lave, med årsgjennomsnitt på $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for nitrogendioksid (NO_2) og $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for svevestøv (PM_{10}).

5. Nullalternativet

Lokal luftforurensning for nullalternativet ble vurdert med spredningsmodellering, i henhold til myndighetskrav og metodikk beskrevet i rapportens kap. 2. Nullalternativet utgjøres av videreføring av dagens avfallsforbrenningsanlegg på eiendommen til Statkraft Varme på Heimdal, og utbygging av Tiller idrettspark sør for planområdet; se kap. 3.1.

Spredningsberegningene viser at for det større influensområdet for skorsteinsutslippene fra avfallsforbrenningsanlegget, er utslippene av nitrogenoksider (NO_x) og resulterende konsentrasjoner av nitrogendioksid (NO_2) i omgivelsene klart dimensjonerende for påvirkning på den lokale luftkvaliteten. Figur 7 viser spredningskart for konsentrasjoner av NO_2 ved bakkenivå som maksimale døgngjennomsnitt i løpet av ett år, sammenstilt med luftkvalitetskriteriet.

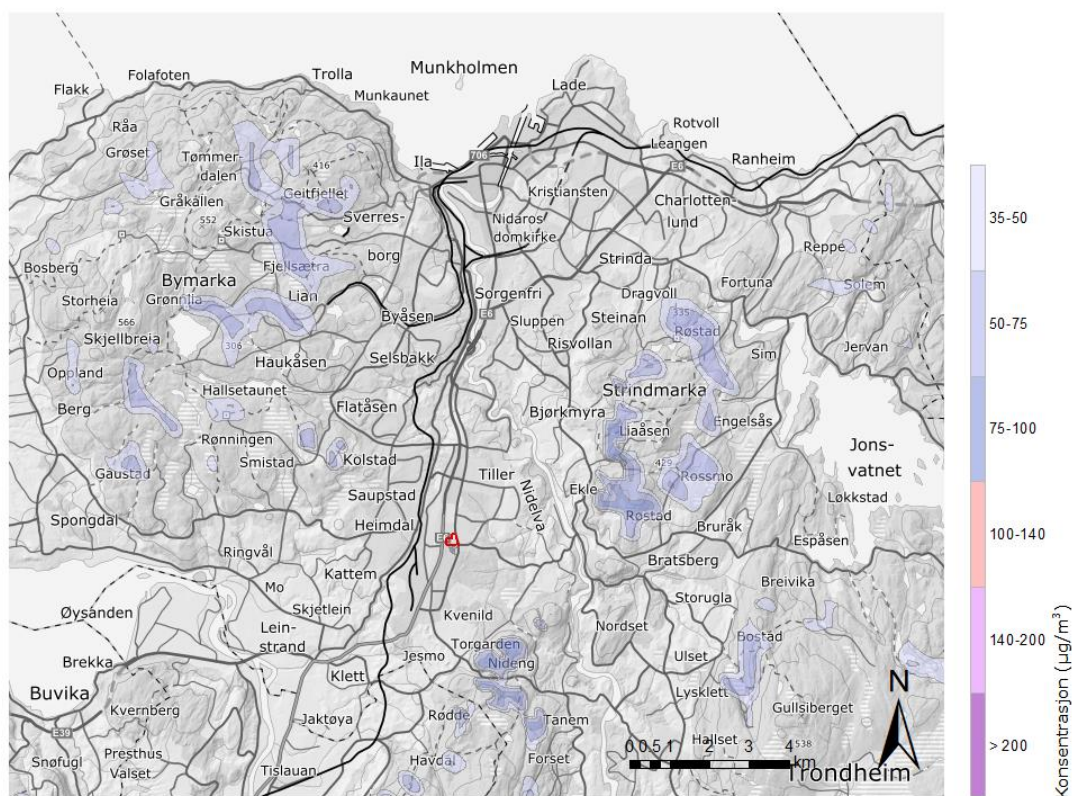


Figur 7. Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogendioksid (NO_2) ut fra avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som høyeste timemiddel, for nullalternativet. Grenseverdien for NO_2 i forurensningsforskriften som timemiddel er på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tillatt maks. 18 overskridelser), og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 100 og $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Beregningene viste små forskjeller i konsentrasjoner mellom de ulike meteorologi-årene (2014-18); alle resultater er for år 2014 ettersom dette året ga de høyeste maksimale korttidsmiddel-konsentrasjonene.

Som det framgår av Figur 7, er influensområdet, altså områdene der det påvises forhøyede konsentrasjoner som følge av utslippet fra anlegget til Statkraft Varmer på Heimdal stort: Forhøyede nivåer av NO₂ beregnes over områder med forholdsvis stor avstand til avfallsanlegget. De høyeste konsentrasjonene forekommer i områder der det er stigning i terrenget opp mot fjellområdene i vest mot Bymarka, i øst ved Strindmarka og ved Torgarden i retning Vassfjellet i sør. Bidraget til NO₂-konsentrasjoner ved Jonsvatnet som følge av utslippene fra anlegget til Statkraft Varmer er ubetydelige. Luftkvalitetskriteriet for NO₂ som timemiddel på 100 µg/m³ overstiges ved mindre områder ca. 3 km sør for anlegget ved Torgarden/Nideng og på Strindmarka for timen i løpet av ett år med høyest konsentrasjoner; på øvrige områder medfører ikke utslippene fra avfallsanlegget overskridelse av luftkvalitetskriteriet.

Videre undersøkelser av beregningsresultatene viser at luftkvalitetskriteriet for NO₂ som timemiddel overholdes for 4. høyeste timemiddel og alle påfølgende timer; det er altså kun de tre timene med høyest konsentrasjoner i året at det er risiko for nivåer over luftkvalitetskriteriet. Tilsvarende spredningskart for 4. høyeste time for NO₂ for nullalternativet er vist i Figur 8.



Figur 8. Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogen dioksid (NO₂) ut fra avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varmer på Heimdal, som 4. høyeste timemiddel, for nullalternativet. Grenseverdien for NO₂ i forurensningsforskriften som timemiddel er på 200 µg/m³ (tillatt maks. 18 overskridelser), og nedre og øvre vurderingstærskel henholdsvis 100 og 140 µg/m³, mens luftkvalitetskriteriet er på 100 µg/m³.

Det framgår av kartene i Figur 7 og 8 at grenseverdien i forurensningsforskriften kap. 7 for NO₂ som timemiddel på 200 µg/m³ overholdes alle steder med god margin. Resultatene fra

spredningsberegningene og sammenstillinger med gjeldende grenseverdier for øvrige utslippskomponenter som er regulert i tillatelsen etter forurensningsloven til Statkraft Varme på Heimdal er presentert i Tabell 1. Tabellen viser høyest beregnede konsentrasjoner i omgivelsene og prosentandel av grenseverdiene.

Tabell 1. Estimerte maksimale konsentrasjoner i luft (i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dersom ikke annet er oppgitt) av ulike utslippskomponenter ved bakkenivå, for 0-alternativet, beregnet med grunnlag i gjeldende utslippsgrenser i tillatelsen etter forurensningsloven og avfallsforskriften. Sammenstilt med grenseverdier fra forurensningsforskriften kap. 7, luftkvalitetskriteriene, Retningslinje T-1520, Air Contaminants Benchmark (ACB) List eller NAAQO (National Ambient Air Quality Objectives). Beregnede andeler av grenseverdiene er angitt i prosent i parentes.

Komponent	Regelverk	Grenseverdi			Beregnete maks. konsentrasjoner		
		Time	24 t	År	Time	24 t	År
Støv (TSP)	NAAQO	-	120	60	-	11,5 (10%)	5,6 (9%)
Støv (PM10)	Luftkv. kr.	-	30	15	-	11,5 (38%)	5,6 (38%)
Støv (PM10)	F. forskr.	-	50/35 ^a	20	-	11,4 (23%)	5,6 (28)
Støv (PM10)	T-1520	-	50/35 ^b	-	-	11,4 (23%/33%)	-
NOx (NO2)	Luftkv. kr.	100	25	10	117,1 (117%)	16,6 (66%)	4,2 (42%)
NOx (NO2)	Luftkv. kr.	300 ^c	-	-	175,6 (59%)	-	-
NOx (NO2)	F. forskr./T-1520	200 ^d	-	40 ^e	80,6 (40%)	-	4,2 (11%)
NOx (NO2)	T-1520	-	-	40 ^f	-	-	4,2 (10%)
NOx	F. forskr.	-	-	30 ^g	-	-	4,3 (14%)
SO2	Luftkv. kr.	300 ^c	20	-	57,9 (19%)	2,7 (14%)	-
SO2	F. forskr.	350 ^h	125 ⁱ	20 ^j	15,3 (4%)	1,7 (1%)	0,22 (1%)
CO	Luftkv. kr.	25000	4000	-	48,2 (0,2%)	3,4 (0,1%)	-
CO	Luftkv. kr.	80000 ^c	-	-	72,4 (0,1%)	-	-
CO	Luftkv. kr./f. forskr.	10000 ^k	-	-	7,4 (0,1%)	-	-
HF	ACB List	8,6 ^l	1,72	-	1,1 (13%)	0,069 (4%)	-
HCl	ACB List	60 ^l	20	-	8,9 (15%)	0,55 (3%)	-
Hg	Luftkv. kr.	-	-	0,2	-	-	0,0001 (0,1%)
Sum dioksiner ^m	ACB List	0,0003	0,0001	-	6,7E-05 (22%)	4,1E-06 (4%)	-

- a) 26. høyeste døgnmiddel
- b) 8. høyeste døgnmiddel; rød sone: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; gul sone: $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- c) Maks. 15-minuttersmiddel
- d) 19. høyeste timemiddel
- e) Grenseverdien som årsmiddel gjelder både for forurensningsforskriften kap. 7 og for Retningslinje T-1520 rød sone
- f) Grensen for gul sone i Retningslinje T-1520: Som vintermiddel (perioden nov.-apr.)
- g) Grenseverdien satt for beskyttelse av økosystemer og vegetasjon
- h) 15. minuttersmiddel; 25. høyeste
- i) 4. høyeste døgnmiddel
- j) Grenseverdien satt for beskyttelse av økosystemer og vegetasjon; som vintermiddel (okt.-mars)
- k) Maks. 8-timersmiddel
- l) Maks. 30-minuttersmiddel
- m) Enhet: ng I-TEQ/ m^3

Tabell 1 viser at det kun er for timene i året med de aller høyeste konsentrasjonene at luftkvalitetskriteriet for NO₂ som timemiddel overstiges med 117 %; for øvrige midlingstider og

sammenstilt med øvrig regelverk overholdes grenseverdiene for NO₂. Det er heller ingen overskridelser av gjeldende grenseverdier (luftkvalitetskriteriene, grenseverdiene i forurensningsforskriften kap. 7, Retningslinje T-1520, ACB List eller NAAQO) for noen av de andre utslippskomponentene som støvpartikler, svoveldioksid (SO₂), karbonmonoksid (CO), flussyre (HF), saltsyre (HCl), kvikksølv eller dioksiner (PCDD/-F).

AERMOD-beregningene for det større området som påvirkes av skorsteinsutslippene viser ikke spredning av luftforurensning ut fra veger tilstrekkelig detaljert. Ettersom konsentrasjonene i områdene nær planområdet for Statkraft Varme på Heimdal i stor grad er påvirket av kjøretøytrafikken langs de trafikkerte vegene, ble det gjennomført spredningsberegninger med GRAL-modellen med høyere oppløsning for områdene like ved anlegget. I områdene der lokal vegtrafikk utgjør den dominerende utslippskilden, er nivåene av svevestøv (PM₁₀) dimensjonerende for luftkvaliteten. Spredningskart fra beregningene med GRAL for nullalternativet er oppført i Figur 9.



Figur 9. Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av svevestøv (PM₁₀) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som 8. høyeste døgnmiddel, for nullalternativet. Grensene for rød og gul sone for PM₁₀ i Retningslinje T-1520 som døgnmiddel er på henholdsvis 50 og 35 µg/m³.

Det framgår av kartet i Figur 9 at det er betydelig spredning av luftforurensning ut fra sterkt trafikkerte E6 vest for planområdet, og delvis ut fra Østre Rosten i øst. Rød sone i henhold til Retningslinje T-1520 har forholdsvis stor utbredelse ut fra de trafikkerte vegene, men omfatter ikke noen av boligene i området. T-1520 gul sone brer seg imidlertid ut mot et større antall boliger særlig på vestsiden av E6. Tilsvarende spredningskart for PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ med konsentrasjoner sammenstilt med grenser i Retningslinje T-1520, grenseverdier og vurderingsterskler i forurensningsforskriften kap. 7 og luftkvalitetskriteriene for nærområdene ved avfallsforbrenningsanlegget er oppført i rapportens Vedlegg 3. Kartene viser at det til dels er betydelig spredning av luftforurensning av svevestøv og nitrogendioksid i området.

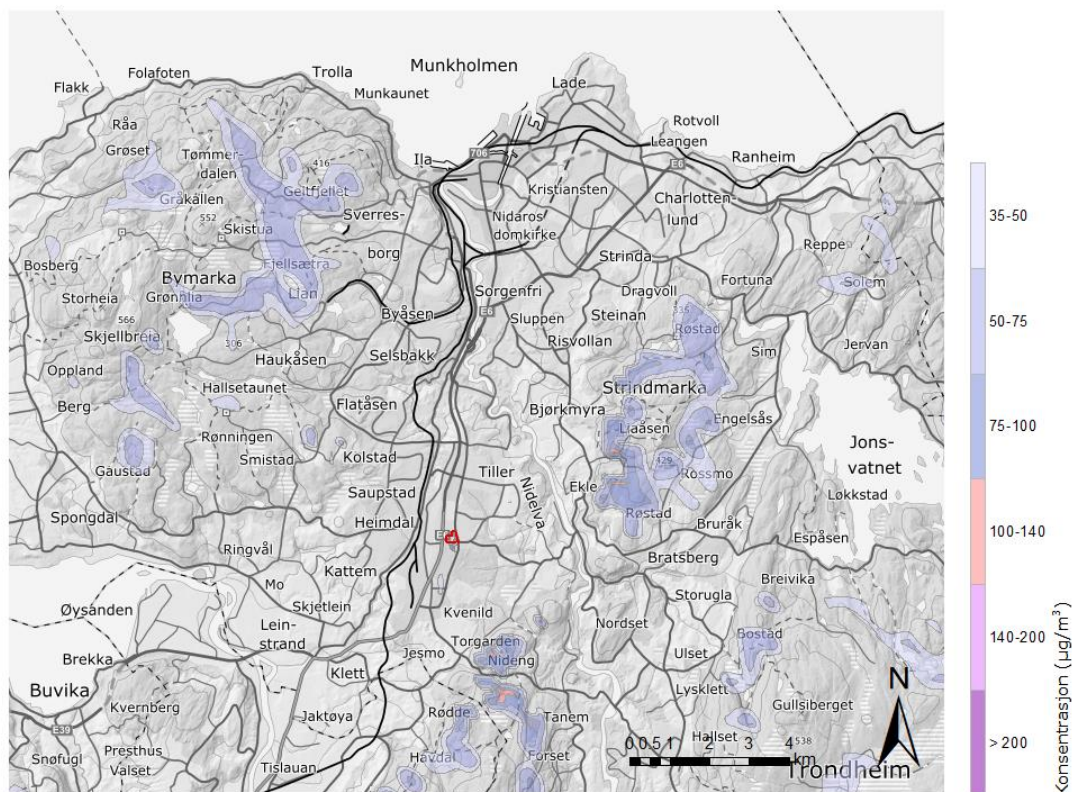
Beregningene viser imidlertid at spredningen i området i all hovedsak skyldes øvrig kjøretøytrafikk langs vegene, og at bidraget fra tungtrafikken forbundet med driften av avfallsanlegget er neglisjerbart. Bidraget fra utslippet fra skorsteinene tilknyttet anlegget til konsentrasjonene nært opptil planområdet er tilnærmet null; ettersom høyden på skorsteinene er så høye som 85 m over bakken, transporteres utslippet i all hovedsak bort fra planområdet slik at de høyeste bidragene forekommer med lengre avstander fra anlegget.

6. Luftkvalitetssituasjonen for tiltaket

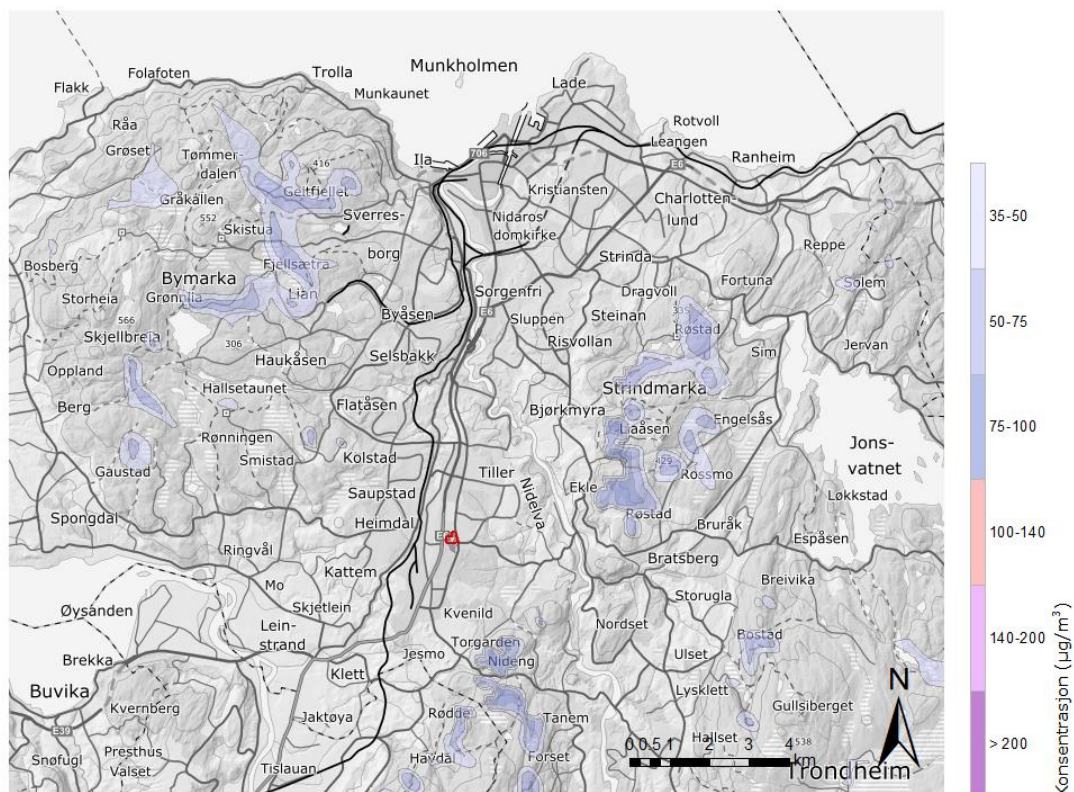
6.1 Permanent situasjon

Konsekvenser av planlagt etablering av karbonfangstanlegg tilknyttet Statkraft Varmes avfallsbehandlingsanlegg på Heimdal (se kap. 3.2) med hensyn på luftforurensning er i likhet med 0-alternativet, vurdert med spredningsberegninger. Resultatene ble sammenstilt med situasjonen for 0-alternativet.

Utarbeidede spredningskart som viser spredning og konsentrasjoner i luft ved bakkenivå av NO_2 som følge av NO_x -utslippene fra karbonfangstanlegget for det større influensområdet er vist i Figur 10 og 11, for henholdsvis maksimale og 5. høyeste timemiddel i løpet av ett år.



Figur 10. Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogendioksid (NO_2) ut fra avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varmer på Heimdal, som høyeste timemiddel, for planalternativet for nytt karbonfangstanlegg. Grenseverdien for NO_2 i forurensningsforskriften som timemiddel er på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tillatt maks. 18 overskridelser), og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 100 og $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 11. Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogen dioksid (NO_2) ut fra avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varmer på Heimdal, som 5. høyeste timemiddel, for planalternativet for nytt karbonfangstanlegg. Grenseverdien for NO_2 i forurensningsforskriften som timemiddel er på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tillatt maks. 18 overskridelser), og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 100 og $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 10 og 11 viser lignende situasjon som for nullalternativet: NO_x -utslippene fra anlegget spres over større områder ut over Trondheim, og det skjer noe oppkonsentrering av konsentrasjoner der det er stigning i terrenget opp mot omkringliggende fjellområder. I likhet med for nullalternativet, overstiges luftkvalitetskriteriet ved mindre områder på Torgarden/Nideng sør for og Strindmarka øst for anlegget for høyeste time (Figur 10). Luftkvalitetskriteriet overholdes for 5. høyeste time ved alle deler av utredningsområdet (Figur 11).

Høyest beregnede konsentrasjoner i omgivelsene av de andre regulerte utslippskomponentene og resultater fra sammenstillinger med gjeldende grenseverdier er oppført i Tabell 2 for planalternativet.

Tabell 2. Estimerte maksimale konsentrasjoner i luft (i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dersom ikke annet er oppgitt) av ulike utslippskomponenter ved bakkenivå, for planalternativet, beregnet med grunnlag i gjeldende utslippsgrenser i tillatelsen etter forurensningsloven og avfallsforskriften. Sammenstilt med grenseverdier fra forurensningsforskriften kap. 7, luftkvalitetskriteriene, Retningslinje T-1520, Air Contaminants Benchmark (ACB) List eller NAAQO (National Ambient Air Quality Objectives). Beregnede andeler av grenseverdiene er angitt i prosent i parentes.

Komponent	Regelverk	Grenseverdi			Beregnete maks. konsentrasjoner		
		Time	24 t	År	Time	24 t	År
Støv (TSP)	NAAQO	-	120	60	-	11,5 (10%)	5,6 (9%)
Støv (PM10)	Luftkv. kr.	-	30	15	-	11,5 (38%)	5,6 (38%)
Støv (PM10)	F. forskr.	-	50/35 ^a	20	-	11,3 (23%)	5,6 (28)
Støv (PM10)	T-1520	-	50/35 ^b	-	-	11,4 (23%/32%)	-
NOx (NO2)	Luftkv. kr.	100	25	10	111,2 (111%)	14,9 (60%)	4,0 (40%)
NOx (NO2)	Luftkv. kr.	300 ^c	-	-	166,7 (56%)	-	-
NOx (NO2)	F. forskr./T-1520	200 ^d	-	40 ^e	70,7 (35%)	-	4,0 (10%)
NOx (NO2)	T-1520	-	-	40 ^f	-	-	4,3 (11%)
NOx	F. forskr.	-	-	30 ^g	-	-	4,1 (14%)
SO2	Luftkv. kr.	300 ^c	20	-	73,7 (25%)	2,6 (13%)	-
SO2	F. forskr.	350 ^h	125 ⁱ	20 ^j	13,9 (4%)	1,6 (1%)	0,25 (1%)
CO	Luftkv. kr.	25000	4000	-	61,5 (0,2%)	3,3 (0,1%)	-
CO	Luftkv. kr.	80000 ^c	-	-	92,2 (0,1%)	-	-
CO	Luftkv. kr./f. forskr.	10000 ^k	-	-	8,9 (0,1%)	-	-
HF	ACB List	8,6 ^l	1,72	-	1,4 (16%)	0,065 (4%)	-
HCl	ACB List	60 ^l	20	-	11,3 (19%)	0,52 (3%)	-
Hg	Luftkv. kr.	-	-	0,2	-	-	0,0001 (0,1%)
Sum dioksiner ^m	ACB List	0,0003	0,0001	-	8,5E-05 (28%)	3,9E-06 (4%)	-

- a) 26. høyeste døgnmiddel
- b) 8. høyeste døgnmiddel; rød sone: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; gul sone: $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- c) Maks. 15-minuttersmiddel
- d) 19. høyeste timemiddel
- e) Grenseverdien som årsmiddel gjelder både for forurensningsforskriften kap. 7 og for Retningslinje T-1520 rød sone
- f) Grensen for gul sone i Retningslinje T-1520: Som vintermiddel (perioden nov.-apr.)
- g) Grenseverdien satt for beskyttelse av økosystemer og vegetasjon
- h) 15. minuttersmiddel; 25. høyeste
- i) 4. høyeste døgnmiddel
- j) Grenseverdien satt for beskyttelse av økosystemer og vegetasjon; som vintermiddel (okt.-mars)
- k) Maks. 8-timersmiddel
- l) Maks. 30-minuttersmiddel
- m) Enhet: ng I-TEQ/ m^3

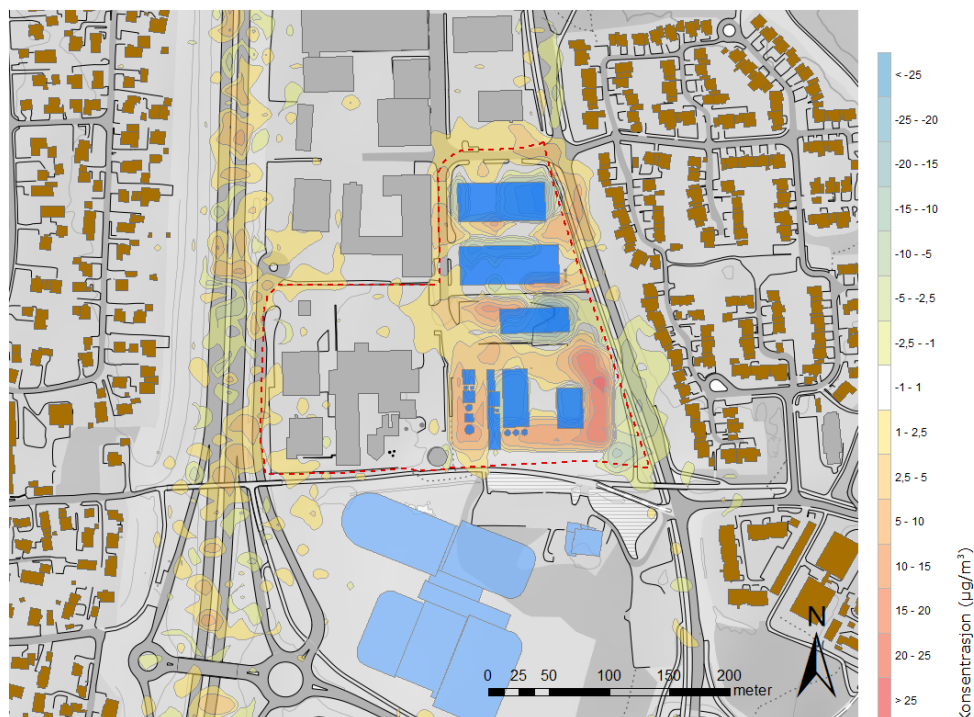
Som vist i Tabell 2, er det heller ikke for planalternativet overskridelse av øvrige grenseverdier for NO_2 eller for andre utslippskomponenter. Karbonfangstanlegget er dimensjonert på en slik måte at gjeldende utslippsgrenser og grenseverdier for uteluft skal overholdes.

Spredningskart satt opp ut fra GRAL-beregningsresultatene for nærområdene til anlegget, som i all hovedsak påvirkes av trafikkutslippene fra lokale vegstrekninger, er vist for planalternativet for PM_{10} i henhold til grensene for rød og gul sone i Retningslinje T-1520 i Figur 12.



Figur 12. Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av svevestøv (PM₁₀) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som 8. høyeste døgnmiddel, for planalternativet. Grensene for rød og gul sone for PM₁₀ i Retningslinje T-1520 som døgnmiddel er på henholdsvis 50 og 35 µg/m³.

Ved sammenligning av beregningsresultatene for planalternativet i Figur 12 med tilsvarende beregninger for områdene ved anlegget for nullalternativet i Figur 9, er det vanskelig å se forskjell på utbredelsen av PM₁₀ rød og gul sone i området. For å undersøke hvorvidt tungtransporten forbundet med driften av karbonfangstanlegget kan ha noen innvirkning på konsentrasjonene ved noen av boligene i nærheten, ble det utarbeidet differansekart mellom plan- og nullalternativet for PM₁₀ (Figur 13). Som det framgår av differansekartet, er det noe økning i svevestøvkonsentrasjonene innenfor planområdet og langs vegen, men disse effektene skyldes endringen i bygningsmassen ved utbygging av nytt karbonfangstanlegg. Kartet viser ikke økning i konsentrasjoner ved noen av boligområdene hverken langs Østre Rosten øst for eller E6 vest for planområdet.



Figur 13. Differansekart som viser forskjellen i beregnede konsentrasjoner av svevestøv (PM₁₀), som 8. høyeste døgnmiddel, nær Statkraft Varmer på Heimdal mellom plan- og nullalternativet for planlagt karbonfangstanlegg.

Karbonfangstanlegg med bruk av aminteknologi medfører utslipp av mindre mengder aminer til luft gjennom skorstein; amin-degraderingsprodukter som dannes i atmosfæren som nitraminer og nitrosaminer er mulig kreftfremkallende. Resulterende både konsentrasjoner av slike komponenter i luft ved bakkenivå i omgivelsene, og avsetning til drikkevann og naturmiljøet over gjeldende grenseverdier/akseptkriterier er forbundet med risiko for skadeeffekter på helse og naturmiljø. Aminteknologi er mest sannsynlig for anlegget ved Statkraft Varmer på Heimdal, men det presiseres at valg av teknologi per i dag ikke er tatt. Det foreligger derfor per i dag ikke beregningsgrunnlag for detaljerte spredningsberegninger for aminer og degraderingsprodukter.

For denne konsekvensutredningen for luftforurensning henvises det til forenklede, foreløpige beregninger foretatt av Norsk institutt for luftforskning (NILU), rapportert i notat (Berglen m.fl., datert 20.06.2023) som er vedlagt temarapporten i Vedlegg 4. De foreløpige beregningene tyder på at konsentrasjoner i luft og mengde avsetning til drikkevann er under myndighetenes grenseverdier for aminer og degraderingsprodukter. Det poengteres at oppdaterte detaljerte spredningsberegninger vil foretas for aminer og degraderingsprodukter når karbonfangst-teknologi er valgt og anlegget detaljprosjekteres som del av arbeidet med søknad om tillatelse etter forurensningsloven for anlegget.

6.2 Anleggsperioden

Konsekvenser i forbindelse med anleggsperioden skal i henhold til Veileder M-1941 ikke medregnes i konsekvensvurderingen av planlagt tiltak og rangeringen av utredningsalternativer, men slike konsekvenser skal likevel omtales i konsekvensutredning for luftforurensning. Bygge- og anleggsvirksomhet er generelt forbundet med luftforurensning. Flere ulike typer aktiviteter medfører utslipp til luft, inkludert drift av anleggsmaskiner, anleggstrafikk og massetransport, rivning av eksisterende strukturer som vei og bygninger, sprengning og spredning av støv fra åpne byggeprosjekter og masselager. Massetransport bidrar typisk mest til støvproblematikk nær anleggsområder. Problemene er vanligvis relatert til generering og spredning av støv, men

lastebiler og ulike typer anleggsmaskiner har også utslipp av andre komponenter som nitrogenoksider, dieselpartikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og metaller.

Særlig i områder med kort avstand til sårbart bruksformål som boliger er det viktig å ta hensyn til støving og mulig påvirkning på lokal luftkvalitet i anleggsfasen, både før oppstart og under selve arbeidet. Det er boligområder med relativt kort avstand til virksomheten både øst og vest. Innarbeidelse av generelle tiltak for reduksjon av støving og annen luftforurensning særlig for massetransporten vil derfor være det viktigste for utslipp til luft i planleggingen og gjennomføringen av anleggsfasen.

Grenseverdier for tiltak for uteluft er oppført i forurensningsforskriften kap. 7. § 7-8 inneholder bestemmelser om anleggseiers ansvar med hensyn på lokal luftkvalitet, inkludert plikt om gjennomføring av nødvendige tiltak for å overholde grenseverdiene, varsling og dekking av kostnader. Retningslinje T-1520 kap. 6 angir retningslinjer for begrensning av luftforurensning spesifikt fra bygg- og anleggsvirksomhet ved regulering etter plan- og bygningsloven. Anbefalt grenseverdi for svevestøv (PM_{10}) ved nærmeste boliger, skoler, helseinstitusjoner, parker eller andre oppholdsområder i Retningslinje T-1520 er på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddelverdi. Støvdempende tiltak som er listet opp i forurensningsforskriften kap. 30 gjelder i utgangspunktet for forurensninger fra produksjon av pukk, grus, sand og singel, men kan være relevante å se til også for andre typer støvgenererende aktiviteter som anleggsarbeid.

6.3 Skadereduserende tiltak

Karbonfangstanlegget som planlegges etablert på Statkraft Varme Heimdal prosjekteres for å overholde gjeldende utslippsgrenser og grenseverdier for uteluft, og generelt for å minimere utslipp til luft av komponenter som er forbundet med risiko for helseskader og skadelige effekter på naturmiljøet. Beregningene gjennomført i foreliggende utredning viser at NO_x -utslippene og resulterende bakkekonsentrasjoner av NO_2 er klart dimensjonerende for påvirkningen på lokal luftforurensning, og det vil dermed være fokus på reduksjon i utslipp av NO_x fra anlegget.

Av spesifikke tiltak rettet mot utformingen av karbonfangstanlegget, inngår setting av skorsteinshøyde, diameter på skorstein, temperatur i utslipp, utslippshastighet og øvrige parametere som har innvirkning på utslippene og spredningen i luft. I henhold til avfallsforskriftens § 10-16 skal skorsteinshøyden på avfallsforbrenningsanlegg som minimum settes så høyt at resulterende konsentrasjoner ved bakkenivå i omgivelsene ikke overskrider anbefalte luftkvalitetskriterier.

Oppdaterte, detaljerte spredningsberegninger for aminer og amin-degraderingsprodukter vil også gjennomføres som del av detaljprosjekteringen av karbonfangstanlegget, som angitt i kap. 6.1.

Med hensyn på tungtransporten forbundet med driften, vil lastebilene som frakter CO_2 være elektriske og dermed ikke ha eksosutslipp. For å minimere utslipp til luft primært av støvpartikler fra ikke-eksoskilder som slitasje av dekk, bremseklosser og asfalt og støvoppvirvling, vil det gjennomføres støvdempende tiltak ved virksomhetsområdet.

7. Konsekvens for luftforurensning

7.1 Konsekvenser av planlagt tiltak

Forutsatt at anlegget prosjekteres i henhold til gjeldende krav inkludert for å overholde utslippsgrenser og grenseverdier for uteluft, vil konsekvensen for lokal luftforurensning bli ubetydelig ved etablering av karbonfangstanlegg tilknyttet eksisterende avfallsbehandlingsanlegg ved Statkraft Varme på Heimdal. Som beskrevet i kap. 6.3 om skadereduserende tiltak, vil det sikres at karbonfangstanlegget ikke medfører redusert luftkvalitet i omgivelsene i

detaljprosjekteringen. Under driftsfasen vil det også være fokus på jevnlig støvdempende tiltak for å minimere støvspredding fra tungtrafikken forbundet med virksomheten.

Konsekvensen som følge av nytt karbonfangstanlegg medfører derfor ubetydelig endring for luftkvalitetssituasjonen, i henhold til skalaen i Veileder M-1941; se markert på konsekvenstabellen tatt fra veilederen i Figur 14.

Skala	Forklaring
Svært stor konsekvens ----	Grenseverdiene i forurensningsforskriften kapittel 7 overskrides i områder hvor folk oppholder seg uten at det kan dokumenteres tiltak for å sikre tilfredsstillende luftkvalitet. Flere mennesker bosatt i områder med overskridelse av grenseverdiene i forurensningsforskriften kapittel 7, sammenlignet med nullalternativet.
Stor negativ konsekvens ---	Arealbruk med formål som er sårbart for luftforurensning i rød sone. Flere mennesker bosatt i rød sone for luftforurensning sammenlignet med nullalternativet. Mer arealbruk med formål som er sårbart for luftforurensning i gul sone.
Middels negativ konsekvens --	Flere mennesker bosatt i rød sone for luftforurensning. Arealbruk med formål som er sårbart for luftforurensning i gul sone.
Noe negativ konsekvens -	Noen flere mennesker bosatt i gul sone sammenlignet med nullalternativet.
Ubetydelig konsekvens 0	Ingen flere mennesker bosatt i gul eller rød sone for luftforurensning sammenlignet med nullalternativet.
Noe positiv eller Betydelig positiv konsekvens + / ++	Noe redusert luftforurensning for mennesker som i dag er utsatt for luftforurensning. Noen færre mennesker bosatt i gul eller rød sone for luftforurensning. Noe mindre arealbruk med formål som er sårbart for luftforurensning i gul sone.
Stor positiv eller svært stor positiv konsekvens +++ / ++++	Merkbart redusert luftforurensning (NO ₂ , PM ₁₀ og PM _{2,5}) for mange mennesker som i dag er utsatt for høye luftforurensningsnivåer. Færre mennesker bosatt i gul eller rød sone for luftforurensning. Mindre arealbruk med formål som er sårbart for luftforurensning i gul og rød sone for luftforurensning.

Figur 14. Konsekvenstabell som viser skala for vurdert konsekvens og forklaring for planlagt etablering av karbonfangstanlegg på Statkraft Varme på Heimdal, modifisert fra Veileder M-1941.

Verdiene som kan påvirkes av eventuell luftforurensning utgjøres av omkringliggende sårbart bruksformål inkludert boliger, skoler/barnehager, helseinstitusjoner, idrettsanlegg og uteoppholdsområder, samt naturmiljø, innenfor influensområdet (se Figur 2). Influensområdet for tiltaket er stort, og det er derfor et høyt antall beboere og annet sårbart formål som potensielt kan påvirkes negativt av utslipp av luftforurensning fra anlegget.

Som det framgår av konsekvenstabellen i Figur 14, medfører det at influensområdet har stor verdi med hensyn på lokal luftforurensning mens virksomheten vil gi ubetydelig endring, at den resulterende konsekvensen av tiltaket blir ubetydelig.

Konsekvensvurderingen forutsetter at grunnlagsdata og beregningsforutsetninger lagt til grunn for utslipps- og spredningsberegningene i utredningen ikke underestimerer utslippene og resulterende konsentrasjoner i omgivelsene. Resultatene forutsetter at karbonfangstanlegget detaljprosjekteres i henhold til gjeldende krav til utslipp til og resulterende konsentrasjoner i uteluft.

7.2 Rangering av alternativer

Nullalternativet og planlagt tiltak rangeres i utgangspunktet likt med hensyn på mulige konsekvenser for lokal luftforurensning: Den planlagte etableringen av karbonfangstanlegg ved virksomheten til Statkraft Varme på Heimdal prosjekteres for å overholde gjeldende grenseverdier. Konsekvensen for både nullalternativet og for planlagt tiltak vurderes derfor å være ubetydelig.

Som angitt i kap. 6.2, medregnes ikke mulige konsekvenser i bygge- og anleggsfasen i rangeringen av utredningsalternativene.

Referanser

- Berglen, T. F., Markelj, M., Tønnesen, D., & Weydahl, T. (2023). *Vurdering og spredningsberegninger CCS Trondheim. Notat; ref.: o123037 CCS Trondheim. Utarbeidet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) for Statkraft Varme AS avd. Trondheim, datert 20. juni 2023.*
- British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy. (2020). *British Columbia Ambient Air Quality Objectives (NAAQO). Provincial Air Quality Objective Information Sheet, Updated February 28, 2020.* https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/air/reports-pub/prov_aqo_fact_sheet.pdf
- European Commission. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration (WI). BREF adopted in December 2019, BAT conclusions published in December 2019.* <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/waste-incineration-0>
- Folkehelseinstituttet. (2017). *Håndbok for uteluft - luftkvalitetskriterier. Publisert 03.03.2017, sist oppdatert 17.03.2023.* <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/>
- Graz University of Technology. (2024). *GRAL - Graz Lagrangian Model.* <http://lampz.tugraz.at/~gral/index.php/2-uncategorised/1-description>
- Henning Larsen. (2024). *Detaljregulering av Østre Rosten 82, 84, 86, 88 og 90 - Planprogram. Planident: r20230025, dato for siste revisjon: 22.01.2024. Utarbeidet av Henning Larsen, på vegne av Statkraft Varme AS.*
- INFRAS. (2024). *The Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA).* <http://www.hbefa.net/e/index.html>
- Kartverket. (2024). *Kartkatalogen - DTM 10 Terrengmodell (UTM33).* <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/kartverket/dtm-10-terrengmodell-utm33/dddbb667-1303-4ac5-8640-7ec04c0e3918>
- Klima- og miljødepartementet. (2004). *Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) FOR 2004-06-01. Sist endret: 31.05.2024. For-2004-06-01-931.* <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20040601-0931.html#map040>
- Klima- og miljødepartementet. (2015). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven). Sist endret 17.06.2022.* Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- Klima- og miljødepartementet, & Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2017). *Forskrift om konsekvensutredninger FOR-2017-06-21-854.* <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-21-854>
- Klima- og miljødepartementet. (2004). *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) FOR-2004-06-01-930. Sist endret 18.05.2022.* [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930?q=håndtere farlig avfall](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930?q=håndtere%20farlig%20avfall)
- Meteorologisk institutt. (2024). *Seklima (Norsk klimaservicesenter).* <https://seklima.met.no/>
- Miljødirektoratet. (2004). *Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven - Statkraft Varme AS avd. Trondheim. Første gang gitt 12. mai 2004; sist revidert 2. mai 2024.*
- Miljødirektoratet. (2018). *Veileder M-980/2018 Spredningsberegning og bestemmelse av skorsteinshøyde.* <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M980/M980.pdf>
- Miljødirektoratet. (2021). *Veileder M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø. Utgitt 04.01.2021; sist endret 01.09.2023.* <https://www.miljodirektoratet.no/konsekvensutredninger>
- Miljødirektoratet. (2024a). *Luftkvalitet i Norge.* <https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/>

Miljødirektoratet. (2024b). *Nasjonalt utslippssystem*.

<https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/luftforurensning-utslippssystem-og-database/>

Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Meteorologisk institutt, Folkehelseinstituttet, & Helsedirektoratet. (2024). *Fagbrukertjeneste for luftkvalitet*.

<https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/fagbrukertjeneste-for-luftkvalitet/?kommune=0301&underside=aarsmiddel>

Miljøverndepartementet. (2012). *Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520)*.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/3b1e1d20ee364e61ab2949814a9212ca/t-1520.pdf>

Ministry of the Environment Conservation and Parks. (2023). *Air Contaminants Benchmarks (ACB) List, Ontario, Canada. Sist oppdatert: 5. november 2023*. <https://www.ontario.ca/page/air-contaminants-benchmarks-list-standards-guidelines-and-screening-levels-assessing-point>

Norsk institutt for bioøkonomi (Nibio). (2024). *CORINE Land Cover*.

http://www.skogoglandskap.no/kart/corine_landcover/map_view

Norsk institutt for luftforskning (NILU). (2012). *NORTRIP model development and documentation: NON-exhaust Road TRaffic Induced Particle emission modelling*. <https://www.nilu.no/apub/26896/>

Statens vegvesen. (2024). *Nasjonal vegdatabank (NVDB)*.

<http://www.vegvesen.no/fag/teknologi/Nasjonal+vegdatabank>

Trondheim kommune Miljøenheten. (2021). *Hovedmomenter ved vurdering av luftkvalitet i arealplanlegging i Trondheim kommune*.

https://docs.google.com/document/d/1BP1wqmZFsfIIHHqDzIKZv6zxrgmAzaynfjUI_5Gbc4/edit

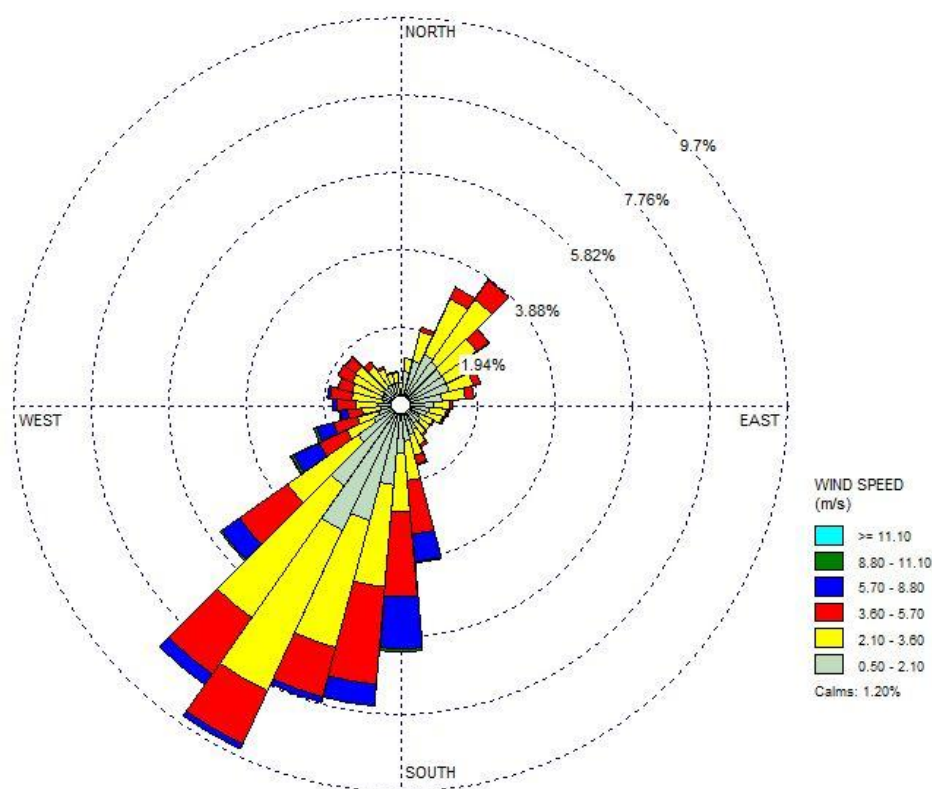
United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2024). *Preferred/Recommended Models: AERMOD*.

https://www3.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm

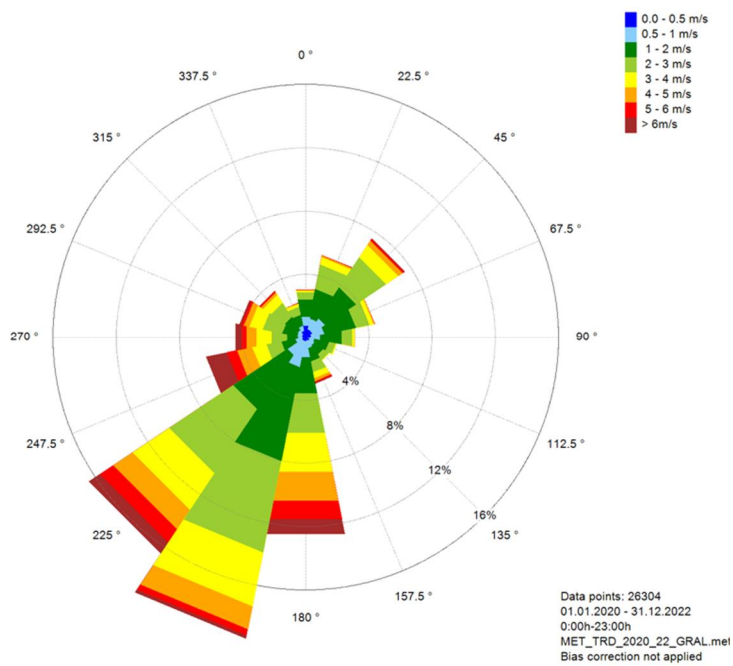
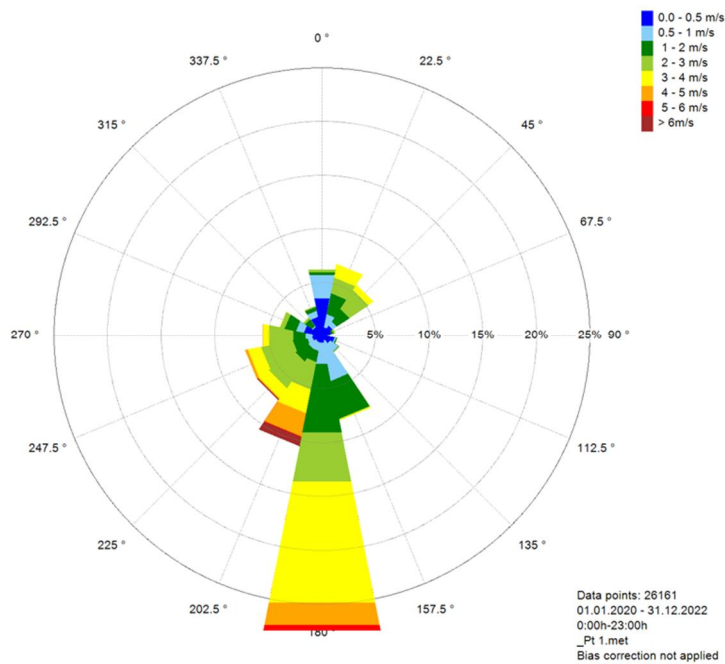
Vedlegg 1 Meteorologiske data

For å beregne spredning av luftforurensning ut fra planlagt karbonfangstanlegg tilhørende avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme AS avd. Trondheim på Heimdal, ble det hentet ut meteorologiske data fra Norsk klimaservicesenter (Seklima; Meteorologisk institutt, 2024). Vinddata ble hentet fra Trondheim-Voll, skydekke data fra Værnes og øvre luftlags-data fra Ørland III meteorologiske stasjoner.

Vindhastigheter og vindretninger brukt i spredningsmodellene henholdsvis for det større modelleringsområdet med AERMOD er vist i Figur V1-1 og for områdene like ved anlegget med GRAL i Figur V1-2.



Figur V1-1. Vindroseplott for vinddataene hentet ut fra Trondheim-Voll meteorologiske stasjon, for årene 2014-18, generert i AERMOD.



Figur V1-1. Vindroseplott for vinddataene brukt i GRAL-modelleringen (øverst), basert på data fra Trondheim-Voll meteorologiske stasjon (nederst). Vindrosene framstiller frekvensfordelingen av vindhastigheter i prosent, og vindretninger fordelt på sektorer, for årene 2020-22, hentet ut fra Seklima (Meteorologisk institutt, 2024).

Vedlegg 2 Utslippsberegninger

Beregninger av utslipp til luft er utført for punktutslippet (skorsteinen) tilhørende avfallsforbrenningsanlegget og planlagt karbonfangstanlegg på Statkraft Varme på Heimdal i Trondheim, og i for vegtrafikk langs lokale veger i området.

Punktutslipp

Utslppsparametere lagt til grunn for utslippsberegningene og spredningsmodelleringen for anlegget til Statkraft Varme AS avd. Trondheim er oppført i Tabell V2-1, for henholdsvis nullalternativet med videreføring av dagens anlegg og plantiltaket med nytt karbonfangstanlegg. Parametere er oversendt fra prosjekterings-teamet for Pre-FEED-studien, og fra gjeldende tillatelse etter forurensningsloven for virksomheten (Miljødirektoratet, 2004; sist endret 02.05.2024).

Tabell V2-1. Utslppsparametere for skorstein på avfallsbehandlingsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, for nullalternativet for linje (L) 1-3, og for planlagt karbonfangst (CC)-anlegg.

Parameter (enhet)	Nullalternativet			Planalternativ
	L1	L2	L3	CC
Luftstrømning (Nm ³ /h)	36600	36600	97868	145469
Luftstrømning (m ³ /h)	44640	44640	124024	174760
Oksygeninnhold (vol-% O ₂)	8,3	8,3	8,1	9,1
Fuktighet (vol-% H ₂ O)	20,4	20,4	20,0	15,9
Temperatur i røykgass (°C)	60	60	73	55
Høyde skorstein (m over terreng)	85	85	85	85
Diameter skorstein (m)	1,25	1,25	1,70	4,05
Areal utløp (m ²)	1,2	1,2	2,3	2,3

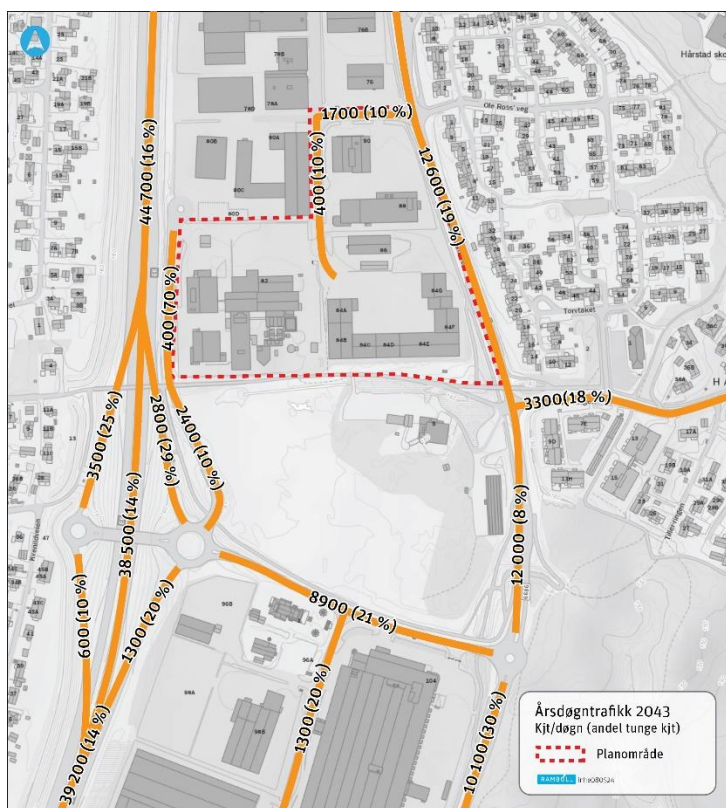
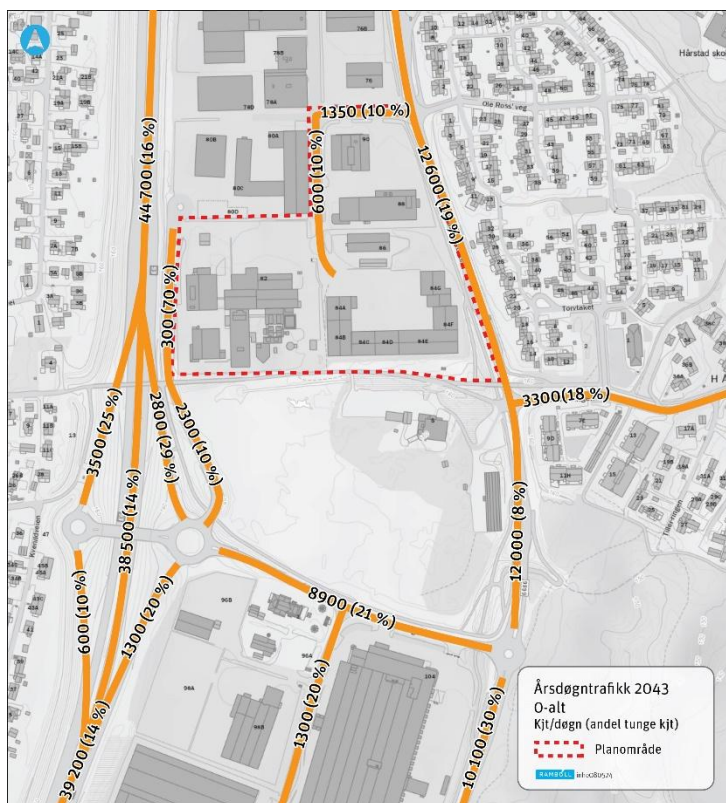
Utslippstall for komponentene som er regulert i gjeldende tillatelse og som er brukt som grunnlag for spredningsberegningene for anlegget oppført i Tabell V2-2. Konsentrasjonene av de ulike utslippskomponentene er satt til utslippsgrensene i tillatelsen, som viser til grensene i avfallsforskriften kap. 10 del X Vedlegg XII, tabell 2.

Tabell V2-2. Utslippsdata for regulerte utslippskomponenter lagt til grunn for gjennomførte spredningsberegninger. Utslippsgrensene gjelder for tørr gass ved en temperatur på 273,15 K og et trykk på 101,3 kPa, med standardisert O₂-innhold på 11 volumprosent (tørr gass).

Komponent	Parameter (enhet)	Eksisterende linjer			CC
		L1	L2	L3	
NO _x	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	180	180	180	217
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	149.2	149.2	146.6	180.2
	Utslipp (g/s)	1.85	1.85	5.05	8.75
SO ₂	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	40	40	40	48
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	33.2	33.2	32.6	40.1
	Utslipp (g/s)	0.411	0.411	1.12	1.94
Støv	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	5	5	5	6
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	4.1	4.1	4.1	5.0
	Utslipp (g/s)	0.0514	0.0514	0.140	0.243
CO	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	50	50	50	60
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	41.4	41.4	40.7	50.1
	Utslipp (g/s)	0.514	0.514	1.40	2.43
HF	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	1	1	1	1
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	0.8	0.8	0.8	1.0
	Utslipp (g/s)	0.0103	0.0103	0.0281	0.0486
HCl	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	8	8	8	10
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	6.6	6.6	6.5	8.0
	Utslipp (g/s)	0.0822	0.0822	0.224	0.389
TOC	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	10	10	10	12
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	8.3	8.3	8.1	10.0
	Utslipp (g/s)	0.103	0.103	0.281	0.486
PCDD/F	Konsentrasjon - utslippsgrense (ng I-TEQ/Nm ³)	0.06	0.06	0.06	0.07
	Konsentrasjon reelt (ng I-TEQ/m ³)	0.05	0.05	0.05	0.06
	Utslipp (µg/s)	6.17E-04	6.17E-04	1.68E-03	2.92E-03
Hg	Konsentrasjon - utslippsgrense (mg/Nm ³)	0.02	0.02	0.02	0.02
	Konsentrasjon reelt (mg/m ³)	0.017	0.017	0.016	0.020
	Utslipp (g/s)	2.06E-04	2.06E-04	5.61E-04	9.72E-04

Utslipp fra lokal vegtrafikk

Grunnlaget for utslippsberegningene for vegtrafikken i området var framskrevne trafikktall for prognoseåret 2043, overlevert fra trafikkutredning i prosjektet. Årsdøgntrafikk (ÅDT)-kart for vegstrekningene i området er vist i Figur V2-1 for null- og planalternativet.



Figur V2-1. Kart som viser årsdøgntrafikk (ÅDT) og tungtrafikkandeler for nullalternativet (øverst) og planalternativet (nederst) for Statkraft Varne karbonfangstanlegg. Tallene er framskrevet til prognoseåret 2043.

For å beregne utslipp av NO_x og svevestøv (PM) fra lokale veger ble det hentet ut utslippsfaktorer fra *The Handbook Emission Factors for Road Transport* (INFRAS, 2024), for år 2020. Utslippsfaktorer ble hentet ut for vegtypen, trafikkscenario og stigning/krurvatur i modellen, for PM og NO_x (Tabell V2-3).

Tabell V2-3. Utslippsfaktorer for utslipp fra forbrenning av svevestøv (PM) og nitrogenoksider (NO_x) med betingelser for vegstrekningen i spredningsmodellen, hentet fra *Handbook Emission Factors for Road Transport* (INFRAS, 2024) for Norge for år 2020.

Type kjøretøy	Komponent	Trafikkscenario	Utslippsfaktor (g/km/kjøretøy)
HGV	NO _x	URB/Distr/30/Satur.	10,01
HGV	NO _x	URB/Distr/50/Satur.	7,95
HGV	NO _x	URB/Distr/60/Satur.	6,27
HGV	NO _x	URB/Local/30/Satur.	10,21
HGV	NO _x	URB/MW-City/80/Satur.	3,74
HGV	PM	URB/Distr/30/Satur.	0,12
HGV	PM	URB/Distr/50/Satur.	0,103
HGV	PM	URB/Distr/60/Satur.	0,089
HGV	PM	URB/Local/30/Satur.	0,124
HGV	PM	URB/MW-City/80/Satur.	0,060
pass. car	NO _x	URB/Distr/30/Satur.	0,693
pass. car	NO _x	URB/Distr/50/Satur.	0,667
pass. car	NO _x	URB/Distr/60/Satur.	0,650
pass. car	NO _x	URB/Local/30/Satur.	0,705
pass. car	NO _x	URB/MW-City/80/Satur.	0,461
pass. car	PM	URB/Distr/30/Satur.	0,008
pass. car	PM	URB/Distr/50/Satur.	0,006
pass. car	PM	URB/Distr/60/Satur.	0,006

Bidrag fra ikke-eksoskilder til svevestøv fra kjøretøy ble beregnet med NORTRIP-modellen (NILU, 2012). NORTRIP-modellen bruker en rekke inngangsparametere, relatert til vegparametere, meteorologi og tiltak (salting, gaterengjøring osv.). I beregningene ble meteorologi fra Trondheim-Voll stasjon for høst 2020/vår 2021 benyttet (se Vedlegg 1). Nedbør og luftfuktighet, samt frekvens for tiltak ble satt til 0. Piggdekkandelen ble satt til 30 %, iht. føringer i *Hovedmomenter ved vurdering av luftkvalitet i arealplanlegging i Trondheim kommune* (Trondheim kommune Miljøenheten, 2021). Utslipp fra piggdekkbruk er kun inkludert i beregningene for vinterperioden (november-april). Døgnvariasjon for utslippene ble satt til tall fra dokumentasjonen til USEPA-utslippsmodellen MOVES (*Population and Activity of On-road Vehicles in MOVES2014*; USEPA, 2016), for byområder for ukedager (*Urban Weekday*).

De beregnede utslippene av NO_x og svevestøv (PM₁₀) for de aktuelle vegstrekningene er oppført i Tabell V2-4.

Tabell V2-4. Beregnede utslipp av svevestøv (PM₁₀) og nitrogenoksider (NO_x), oppgitt i kilogram per kilometer per time (kg/km/t) fra vegene ved anlegget til Statkraft Varme på Heimdal i Trondheim, for henholdsvis null- og planalternativet. Beregnet ved bruk av utslippsfaktorer fra Tabell V2-3 og fra NORTRIP-modellen. Svevestøvtutslippene er differensiert i sommer (mai-okt.)- og vinterperiodeutslipp (nov.-apr.); vegtrafikk tallene er prognosert til år 2043.

Vegstrekning	Vegkategori	Veg- bredde (m)	Trafikk- mengde (ÅDT)	Andel tung- trafikk	Farts- grense (km/t)	Utslipp (kg/km/t)					
						NO _x eksos	PM eksos	PM10*		PM2,5*	
								Ikke- eksos	Totalt	Ikke- eksos	Totalt
<i>Nullalt.</i>											
E6 sør	Primary-City Non-Motorway	23,0	39200	14%	80	1.504	0.020	0.969	0.989	0.0484	0.0683
E6 midt	Primary-City Non-Motorway	23,0	38500	14%	80	1.477	0.019	0.952	0.971	0.0476	0.0670
E6 nord	Primary-City Non-Motorway	23,0	44700	16%	80	1.837	0.025	1.162	1.186	0.0581	0.0828
E6 rampe av SØ	Primary-City Non-Motorway	4.5	1300	20%	80	0.0605	0.001	0.043	0.0437	0.0021	0.0030
E6 rampe på SV	Primary-City Non-Motorway	4.5	600	10%	80	0.0197	0.000	0.020	0.0198	0.0010	0.0012
E6 rampe på NØ	Primary-City Non-Motorway	4.5	2800	29%	80	0.165	0.002	0.097	0.099	0.0048	0.0072
E6 rampe av NV	Primary-City Non-Motorway	4.5	3500	25%	80	0.187	0.003	0.112	0.114	0.0056	0.0082
E6 bro	Distributor/Secondary	11.8	11000	12%	50	0.706	0.008	0.136	0.144	0.0068	0.0149
Isdamvegen	Distributor/Secondary	6.9	8900	21%	50	0.815	0.010	0.136	0.146	0.0068	0.0166
Djupmyra	Local/Collector	6.9	1300	20%	30	0.141	0.002	0.015	0.0170	0.0008	0.0024
Østre Rosten S	Distributor/Secondary	7.4	10100	30%	60	0.983	0.013	0.235	0.248	0.0118	0.0247
Østre Rosten M	Distributor/Secondary	7.4	12000	8%	60	0.550	0.006	0.168	0.175	0.0084	0.0146
Østre Rosten N	Distributor/Secondary	7.4	12600	19%	60	0.902	0.011	0.235	0.246	0.0117	0.0231
Tiller-ringen	Distributor/Secondary	5.8	3300	18%	30	0.326	0.004	0.236	0.2396	0.0118	0.0156
Statkraft adk. SV	Access-residential	6.9	2300	10%	50	0.159	0.002	0.033	0.0343	0.0016	0.0034
Statkraft adk. NV	Access-residential	6.9	300	70%	50	0.085	0.001	0.015	0.0156	0.0007	0.0018
Østre R. adk. NØ	Access-residential	6.7	1350	10%	30	0.094	0.001	0.013	0.0140	0.0006	0.0017
Østre R. adk. N	Access-residential	6.9	600	10%	30	0.042	0.000	0.007	0.0071	0.0003	0.0008
Stakraft internt	Access-residential	3	50	100%	20	0.021	0.000	0.003	0.0034	0.0002	0.0004
<i>Planalt.</i>											
E6 sør	Primary-City Non-Motorway	23,0	39200	14%	80	1.504	0.020	0.969	0.989	0.0484	0.0683
E6 midt	Primary-City Non-Motorway	23,0	38500	14%	80	1.477	0.019	0.952	0.971	0.0476	0.0670

E6 nord	Primary-City Non-Motorway	23,0	44700	16%	80	1.837	0.025	1.162	1.186	0.0581	0.0828
E6 rampe av SØ	Primary-City Non-Motorway	4.5	1300	20%	80	0.0605	0.001	0.043	0.0437	0.0021	0.0030
E6 rampe på SV	Primary-City Non-Motorway	4.5	600	10%	80	0.0197	0.000	0.020	0.0198	0.0010	0.0012
E6 rampe på NØ	Primary-City Non-Motorway	4.5	2800	29%	80	0.165	0.002	0.097	0.099	0.0048	0.0072
E6 rampe av NV	Primary-City Non-Motorway	4.5	3500	25%	80	0.187	0.003	0.112	0.114	0.0056	0.0082
E6 bro	Distributor/Secondary	11.8	11000	12%	50	0.706	0.008	0.136	0.144	0.0068	0.0149
Isdamvegen	Distributor/Secondary	6.9	8900	21%	50	0.815	0.010	0.136	0.146	0.0068	0.0166
Djupmyra	Local/Collector	6.9	1300	20%	30	0.141	0.002	0.015	0.0170	0.0008	0.0024
Østre Rosten S	Distributor/Secondary	7.4	10100	30%	60	0.983	0.013	0.235	0.248	0.0118	0.0247
Østre Rosten M	Distributor/Secondary	7.4	12000	8%	60	0.550	0.006	0.168	0.175	0.0084	0.0146
Østre Rosten N	Distributor/Secondary	7.4	12600	19%	60	0.902	0.011	0.235	0.246	0.0117	0.0231
Tiller-ringen	Distributor/Secondary	5.8	3300	18%	30	0.326	0.004	0.236	0.240	0.0118	0.0156
Statkraft adk. SV	Access-residential	6.9	2400	10%	50	0.165	0.002	0.034	0.0355	0.0017	0.0035
Statkraft adk. NV	Access-residential	6.9	400	70%	50	0.113	0.001	0.018	0.0196	0.0009	0.0024
Østre R. adk. NØ	Access-residential	6.7	1700	10%	30	0.119	0.001	0.015	0.0168	0.0008	0.0022
Østre R. adk. N	Access-residential	6.9	400	10%	30	0.028	0.000	0.007	0.0070	0.0003	0.0007
Statkraft internt	Access-residential	3	50	100%	20	0.021	0.000	0.003	0.0034	0.0002	0.0004
Statkraft el.	Statkraft internt ellastebil	3	25**	100%	20	0.000	0.000	0.006	0.0057	0.0003	0.0003

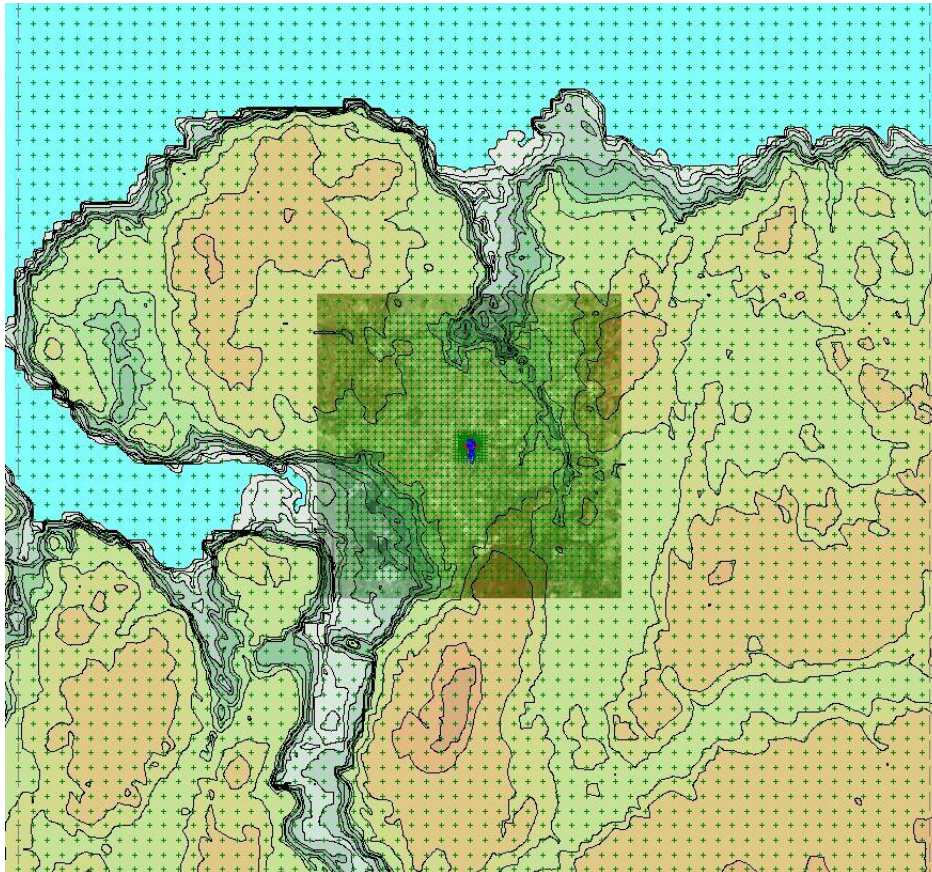
*Oppgitte svevestøvutslipp for vegene er for vinterperioden (november-april). Utslippene for sommerperioden er satt til 40 % av vinterutslippene. Beregnet med piggdekkandel = 30 %

**Ingen eksosutslipp

Vedlegg 3 Spredningsberegninger

For å vurdere spredning av utslipp til luft og lokal luftkvalitet for influensområdene for planlagt karbonfangstanlegg tilknyttet avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal i Trondheim kommune, ble det beregnet spredning av aktuelle utslippskomponenter i området. Spredningsberegningene ble foretatt med modellen AERMOD for det større influensområdet for punktutslippene, og med GRAL for nærområdene der kjøretøytrafikk har størst påvirkning.

Modelleringsområdene for henholdsvis AERMOD og GRAL brukt i spredningsberegningene er vist oppført i henholdsvis Figur V3-1 og V3-2.



Figur V3-1. Visualisering av beregningsområdet for AERMOD-modellen for Statkraft Varme karbonfangstanlegget. Reseptor-grid og -punkter er vist markert med grønne kryss. Terrenkonturer framkommer av figuren. Generert i og eksportert fra Lakes AERMOD View.



Figur V3-2. Beregningsområdet for GRAL-modellen for Statkraft Varmer karbonfangstanlegget for nærområdene, med oppløsning på 10 m. Bygninger i modellen er markert med lilla, og vegutslippskilder i rødt. Generert i og eksportert fra GRAL v. 21.09.

Fra spredningsberegningene ble det utarbeidet spredningskart for utredningsalternativene, med konsentrasjoner vurdert opp mot grenseverdier og vurderingsterskler i forurensningsforskriften kap. 7 (Klima- og miljødepartementet, 2004), grenser for rød og gul sone i *Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging* (T-1520, Miljøverndepartementet, 2012) og luftkvalitetskriteriene (Folkehelseinstituttet, 2017; sist oppdatert 17.03.2023). Beregningsresultater er tatt ut ved bakkenivå (AERMOD: 0 m, GRAL: 2,5 m høyde over terreng). Bygningsmasse og vegtrafikk tall er i henhold til foreliggende null- og planalternativ, for prognoseåret 2043.

Oversikt over type spredningskart i Vedlegg 3, alle for planalternativet:

- PM₁₀ 26. høyeste døgnmiddel – forurensningsforskriften, luftkvalitetskriteriet
- PM₁₀ årsmiddel – forurensningsforskriften, luftkvalitetskriteriet
- PM_{2,5} årsmiddel – forurensningsforskriften, luftkvalitetskriteriet
- NO₂ årsmiddel - Retningslinje T-1520, forurensningsforskriften, luftkvalitetskriteriet
- NO₂ vintermiddel (nov.-apr.) - Retningslinje T-1520
- NO₂ 19. høyeste timemiddel – forurensningsforskriften, luftkvalitetskriteriet

For planalternativet er nye bygninger og strukturer tilhørende karbonfangstanlegget markert i mørk blått, mens planlagt utbygging på tomte for Tiller idrettspark er markert i lys blått.



Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av svevestøv (PM_{10}) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som 26. høyeste døgnmiddel, for planalternativet. Grenseverdien for PM_{10} i forurensningsforskriften som døgnmiddel er på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 25 og $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av svevestøv (PM_{10}) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som årsmiddel, for planalternativet. Grenseverdien for PM_{10} i forurensningsforskriften som årsmiddel er på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 15 og $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av svevestøv (PM_{2,5}) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varmer på Heimdal, som årsmiddel, for planalternativet. Grenseverdien for PM_{2,5} i forurensningsforskriften som årsmiddel er på 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 5 og 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogen dioksid (NO₂) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varmer på Heimdal, som årsmiddel, for planalternativet. Grensen for rød sone i Retningslinje T-1520 og grenseverdien for NO₂ i forurensningsforskriften som årsmiddel er på 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 26 og 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogen dioksid (NO₂) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som vintermiddel (nov.-apr.), for planalternativet. Grensen for gul sone for NO₂ i Retningslinje T-1520 som vintermiddel er på 40 µg/m³.



Spredningskart som viser beregnede konsentrasjoner av nitrogen dioksid (NO₂) nær avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal, som 19. høyeste timemiddel, for planalternativet. Grenseverdien for NO₂ i forurensningsforskriften som timemiddel er på 200 µg/m³, og nedre og øvre vurderingsterskel henholdsvis 100 og 140 µg/m³, mens luftkvalitetskriteriet er på 100 µg/m³.

Vedlegg 4
Notat for spredningsberegninger av aminutslipp fra
karbonfangstanlegg

NOTAT

Til: Statkraft
Kopi: NILU arkiv / Therefore
Fra: NILU v/ Tore Flatlandsmo Berglen, Miha Markelj, Dag Tønnesen og Torleif Weydahl
Dato: Kjeller, 20. juni 2023
Ref.: o123037 CCS Trondheim

Vurdering og spredningsberegninger CCS Trondheim

1 Bakgrunn for prosjektet

Avfallsforbrenningsanlegg er store enkeltkilder for utslipp av CO₂. Karbonfangst og lagring (CCS) vil være nødvendig for å redusere menneskeskapte utslipp og slik sett nå myndighetenes klimamål¹.

Statkraft planlegger å bygge et anlegg for å fange CO₂ fra sitt forbrenningsanlegg ved Heimdal sør for Trondheim (se **Error! Reference source not found.**). Prosjektet er i en utredningsfase der ulike teknologier og metoder for CCS vurderes. CO₂-fangst ved bruk av aminteknologi er et sannsynlig teknologivalg. Tidshorisont for prosjektet er at anlegget skal være operativt i 2030. Anlegget kan typisk fange opp til 200 000 tonn CO₂ per år.

Utslipp av aminer og aminers degraderingsprodukter kan gi uønskede miljøeffekter. I den forbindelse er det spesielt fokus på nitrosaminer og nitraminer. Andelen av amin som omdannes til nitros- og nitraminer varierer mellom de ulike aminene, men ligger typisk rundt noen få prosent. Bruk av monoetanolamin (MEA, C₂H₇NO) er den mest modne teknologien når det gjelder valg av aminer

2 Prosjektets målsetning

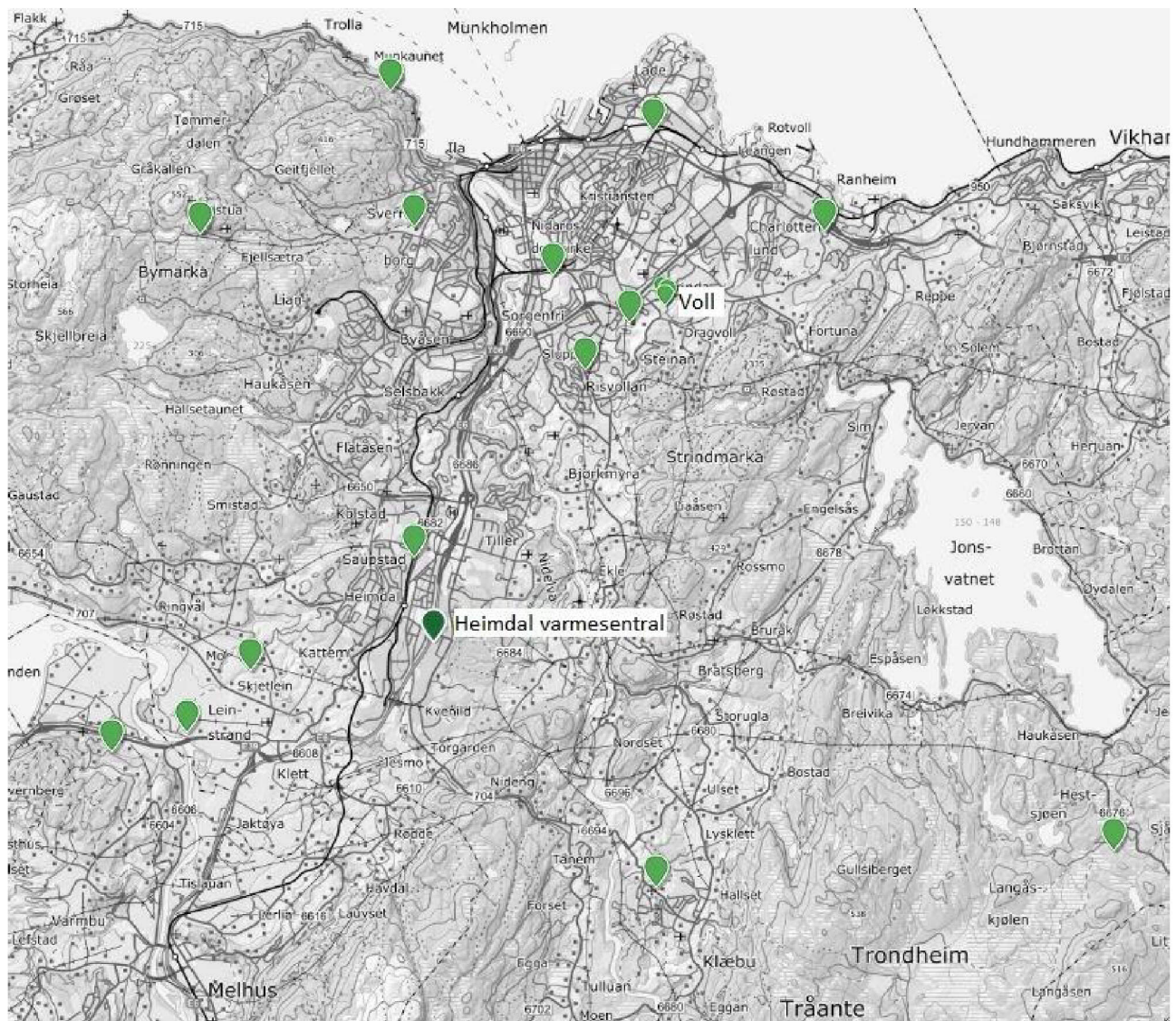
Formålet med prosjektet er å studere konsentrasjoner av aminer og aminers degraderingsprodukter grunnet utslipp fra et fremtidig karbonfangstanlegg ved Heimdal varmesentral.

Dette notatet er en kort, innledende studie med enkle, lokale modellberegninger opp til om lag 15 km fra anlegget på kort (timemiddel) og lang tidsskala (årsmiddel) der det beregnes maksimale konsentrasjoner av aminer og aminers degraderingsprodukter. Det vil også gjøres betraktninger rundt meteorologi, da spesielt vindretning og -styrke, men også parametre som nedbør og stabilitet. Meteorologiske forhold er viktig med tanke på spredning og avsetning av utslipp fra Heimdal varmesentral. Det vil også gjøres en vurdering av spredningsforhold og hvordan forhold som skorsteinshøyde, utslippstemperatur m.m. spiller inn.

¹ Se Miljødirektoratets rapport «Klimatiltak i Norge mot 2030 Oppdatert kunnskapsgrunnlag om utslippsreduksjonspotensial, barrierer og mulige virkemidler 2023»

(<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/klimatiltak/klimatiltak-i-norge-mot-2030/> [besøkt 19. juni 2023]). Tiltak I01 Karbonfangst og -lagring (CCS) på avfallsforbrenningsanlegg er omtalt på side 240 i rapporten.

Påvirkning på drikkevannskilden Jonsvatnet vil bli studert og vurdert. Denne første fasen vil innebære enkle beregninger og betraktninger som kan brukes som en rettesnor for det videre prosjekteringsarbeidet og også som underlag i diskusjonene med Miljødirektoratet.



Figur 1: Heimdal varmesentral og målestasjoner for meteorologi i Trondheimsområdet. Se stasjonen Voll som er brukt som datakilde i dette notatet. Merk også drikkevannskilden Jonsvatnet i østre del av kartet. Kilde: <https://seklima.met.no>, driftet av Meteorologisk institutt.

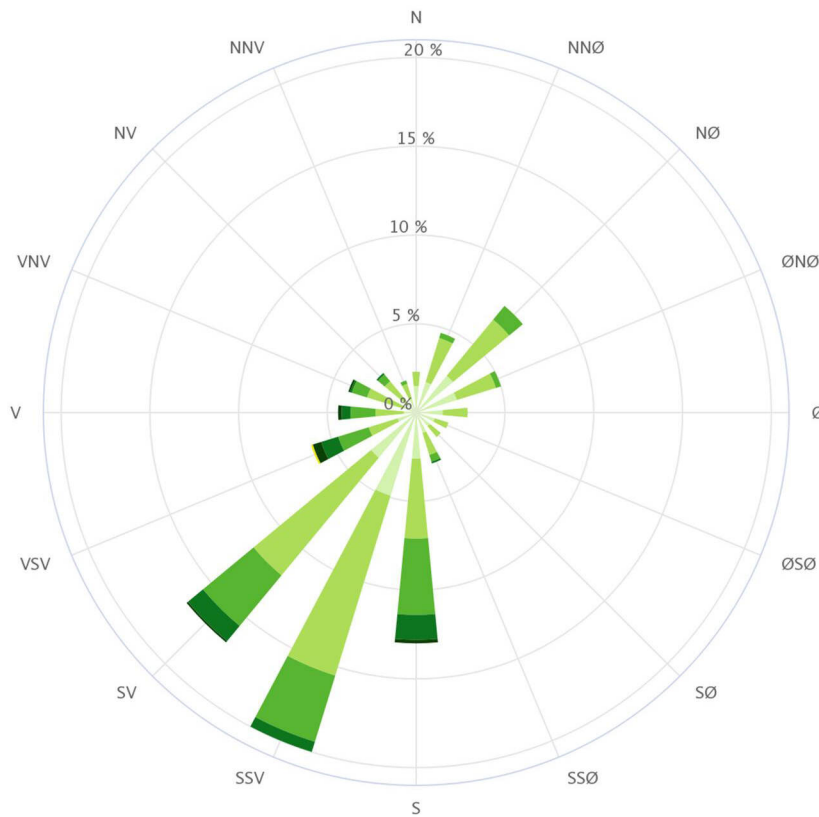
3 Meteorologi i Trondheimsområdet

Meteorologi, i første rekke vindretning og -styrke, men også stabilitet og nedbør er bestemmende for spredning og fortykning av luftforurensning sluppet ut fra Statkraft sitt anlegg på Heimdal. Det er mange målestasjoner i Trondheimsområdet, men kun fire som måler vind; E6 Øysand, E6 Heimdal, Høvringen og Voll. Av disse er stasjonen Trondheim – Voll (SN68860) regnet som en referansestasjon for Trondheim og slik sett mest representativ for storskala vind i området. De to stasjonene ved E6 er nyttige for lokale forhold, men er sannsynligvis mye påvirket av topografi og/eller nærliggende veitrafikk/turbulens.

Vindrose for Trondheim – Voll (SN 68860) er vist i Figur 2. Storskala vind i Trondheim er typisk fra sørvest og sør. Vinden står fra sør, sør-sørvest og sørvest i mer enn 50% av tiden. Vind i denne retningen bringer utslippene nordover og nordøstover. For anlegget på Heimdal vil dette si at utslippene bringes mot de østlige delene av Trondheim by og befolkede områder som Tiller og Risvollan. Men vindrosen viser også at det er lite vind fra Heimdal mot Jonsvatnet, det vil si fra vest-sørvest, vest og vest-nordvest. Vinden står fra disse retningene i om lag 13% av tiden. Se ellers kap. 9 Vedlegg for utfyllende vindroser.

Vindrose for Trondheim – Voll (SN68860) i perioden; 1.2022–1.2023.

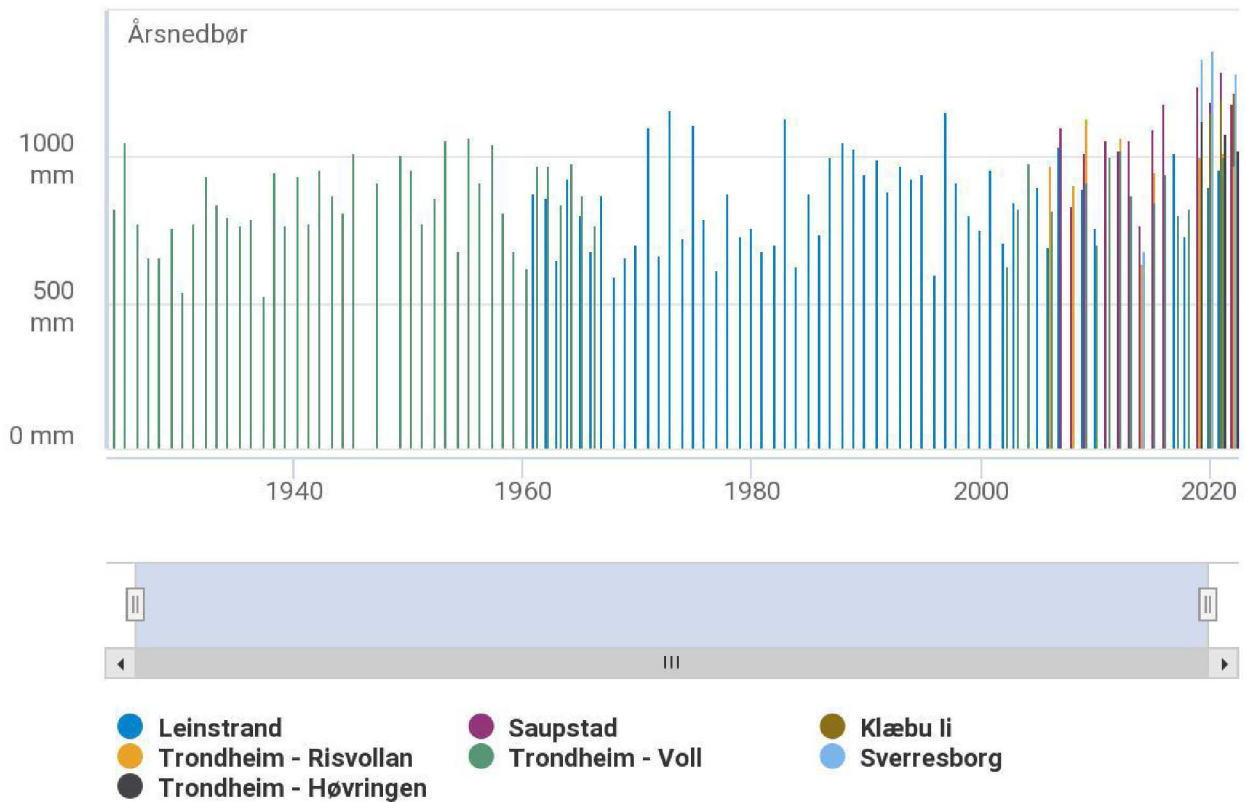
Stille (0,0–0,2 m/s) = 1,1 %



Highcharts.com

Figur 2: Vindrose for Trondheim – Voll (SN 68860) for 2022. Vindrose viser frekvensen (i prosent) av vind i seksten 30-graders sektorer, det vil si hvor ofte det blåser fra disse retningene. Det er sortert for ulike vindhastighetsintervaller som følger inndelingen i Beauforts skala. Kilde: seKlima-databasen, <https://seklima.met.no/observations/> [besøkt 7. juni 2023], driftet av Norsk Klimaservicesenter.

Årlig nedbørmengde i Trondheimsområdet er typisk rundt 1000 mm, se Figur 3. Minste målte nedbør er 529 mm målt på Voll i 1937, mens høyeste målte nedbørmengde er 1366 mm målt på Sverresborg i 2020. Gjennomsnittlig nedbør i Trondheim fra 2006 – 2022 er 970 mm, de siste 10 årene sett under ett er gjennomsnittlig nedbør 992 mm pr. år (begge målt på de 7 stasjonene der det er gyldige resultater). Det er også interessant å observere at mengden nedbør synes å ha økt de senere årene.



Figur 3: Årsnedbør for stasjonene Leinstrand, Risvollan, Høvringen, Saupstad, Voll, Klæbu og Sverresborg fra året da de respektive måleseriene startet fram til 2022. Kilde: <https://seklima.met.no/>.

Det er også undersøkt hvor ofte det regner i Trondheim. En rask gjennomgang av stasjonene Voll og Saupstad mellom 2018 og 2022, det vil si de siste 5 år, viser at det er registrert nedbør i ca 20% av alle timer. Dette tallet sier ikke om hvor mye nedbør som kom, kun at det regnet.

4 Hydrologi Jonsvatnet

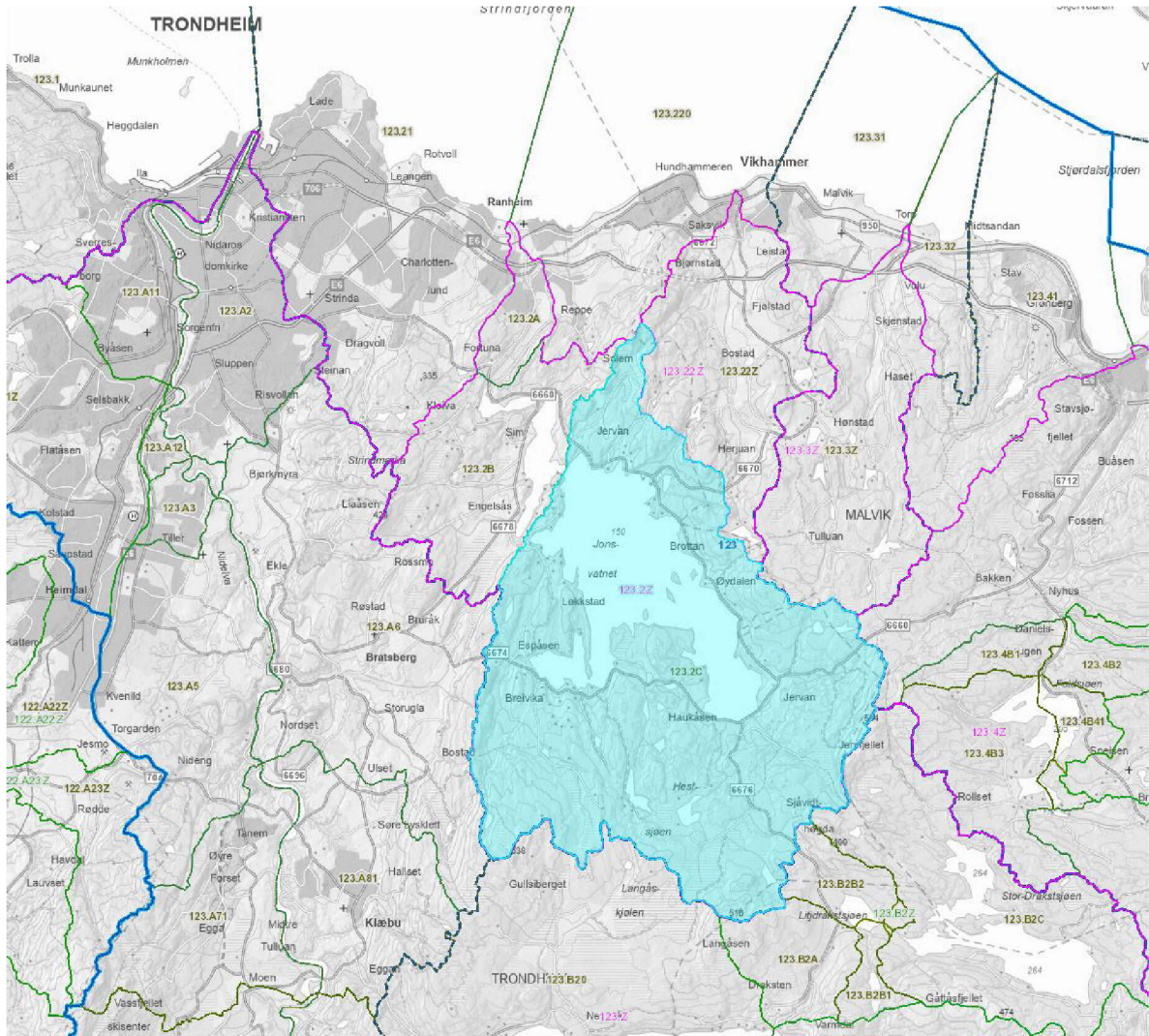
Jonsvatnet er hoveddrikkevannskilde til Trondheim kommune². Et oversiktskart over nedbørfeltet er vist i Figur 4, mens viktig informasjon er vist i Tabell 1. Nedbørfeltet til Jonsvatnet er forholdsvis lite, 64 km². Størsteparten (81 %) er lokalisert i Trondheim kommune³, med en viss del i Klæbu (15 %), Malvik (3 %) og Selbu (1 %). Årlig tilsig tilsvarer 58 mill. m³ pr. år. Dette stemmer bra overens med årsnedbør i Trondheim som diskutert i kap. 3. 1000 mm nedbør pr år tilsvarer 1 m³ pr. m², som igjen tilsvarer 64 mill. m³ pr. år over et 64 km² område. Slik sett fungerer de rapporterte tallene som en gjensidig kvalitetssikring.

Tabell 1: Hydrologisk informasjon om Jonsvatnet hentet fra NVE's temakart (<https://temakart.nve.no/tema/nedborfelt>).

Objekttype	REGINEenhet
Vassdragsnummer	123.2C
Navn	JONSVATNET
Areal	63,9 km ²
Oppstrøms areal	63,9 km ²
Elvehierarki	Vikelva
Tilsig	57,79 mill. m ³ pr. år
Avrenning	28,67 liter/sekund km ²
Tilsig oppstøms areal	57,79 mill. m ³ pr. år
Overordnet nedbørfelt nr	123.2Z
Overordnet nedbørfelt	Vikelva
Nedbørfelt til hav nr	123.2Z
Nedbørfelt til hav	Vikelva
Strekning fra	
Strekning til	
Vassdragsområde	123

² Se for eksempel: <https://www.trondheim.kommune.no/jonsvatnet/>.

³ Trondheim kommunes hjemmesider rapporterer at arealstørrelsen er totalt 78,68 km² (https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/vann-og-avlop/drikkevannskilde_oversikt.pdf) uten at det er kjent hvorfor dette tallet er 23 % høyere enn NVE sitt tall. I videre beregninger er NVE sine tall benyttet. [begge nettsider besøkt 7. juni 2023].



Figur 4: Jonsvatnet og tilhørende nedbørfelt. Kilde: NVE (<https://temakart.nve.no/tema/nedborfelt>).

5 Spredningsberegninger – kortidsmiddel CONCX

CONCX er en enkel og robust gaussisk spredningsmodell som beregner konsentrasjoner nedstrøms av et utslippspunkt ved ulike vindstyrker og ved fire ulike stabilitetsforhold i atmosfæren (ustabilt, nøytralt, lett stabilt og stabilt). I beregningene antas det at utslippskomponenten ikke inngår i kjemiske reaksjoner. CONCX tar ikke hensyn til topografi. Modellen må ses på som en første tilnærming til å estimere maksimale timemiddelkonsentrasjoner. Som inngangsdata til modellen brukes skorsteinshøyde, utslippsmengde i g/s, skorsteinsdiameter, utslippshastighet, temperatur på avgassen (for å beregne termisk løft), samt høyde på bygninger rundt (grunnet bygningsturbulens). De viktigste parametrene er oppgitt av Statkraft og er gjengitt i Tabell 2.

Tabell 2: Inngangsdata for CONCX/CONDEP-beregningene utført i denne studien. Data er oppgitt for eksisterende anlegg Linje 1, Linje 2 og Linje 3, samt prosjektert skorstein. Data oppgitt av Statkraft.

Røykgassdata	Linje 1	Linje 2	Linje 3	Sum L1+L2+L3	Data før absorber	Etter absorber
Volum (Nm ³ /h)	40 000	37 000	106 000	183 000	183 000	167 683 ¹⁾
Temp (°C)	59	60	70	66	55	55
CO ₂ (% vol)	9,5	8,9	9,4	9,3	9,3	1
Amin (ppm)						0,2
²⁾ Amin i mg/Nm ³						(1 mg/Nm ³)
Utløpshastighet (m/s)						12
³⁾ Skorsteinsdiameter m						2,57
Skorsteinshøyde					Beregnes i denne studien	
Bygningsdimensjoner omliggende bygning	54 m bred, 30 m høy					
1) 90% fangstgrad 2) Utslippsgrense gitt i utslippstillatelse for CCS-anlegget ved Norcem Brevik. 1 mg/Nm ³ er brukt i denne studien som en rettesnor på hva norske myndigheter anser for akseptable utslipp. Litt avhengig av molar mass for solventen, utslippstemperatur mfl. tilsvarer 1 mg/Nm ³ gitt som konsentrasjon om lag 0,2 ppm gitt som blandingsforhold. 3) Basert på røykgassvolum, temperatur og utløpshastighet er skorsteinsdiameter beregnet å være 2,57 m (regnet ut av NILU).						

Atmosfærens stabilitet

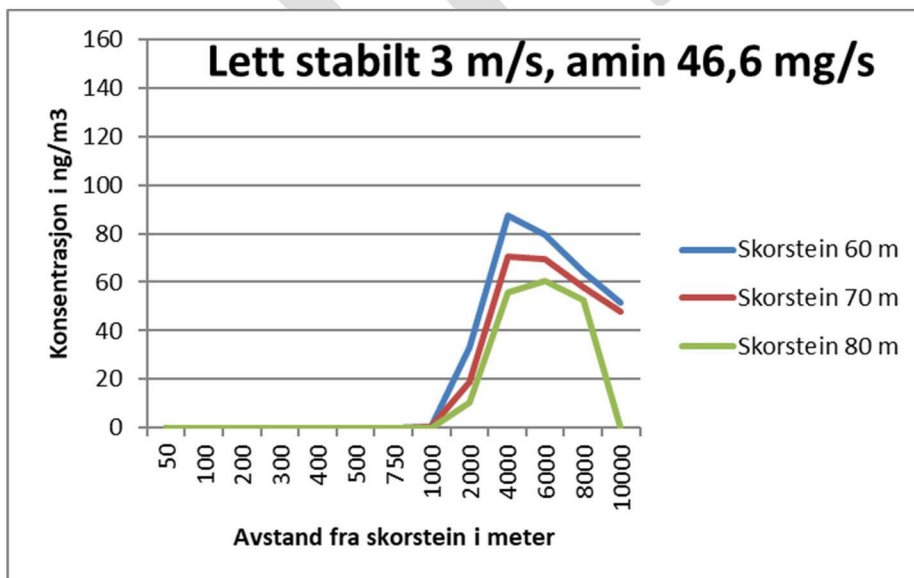
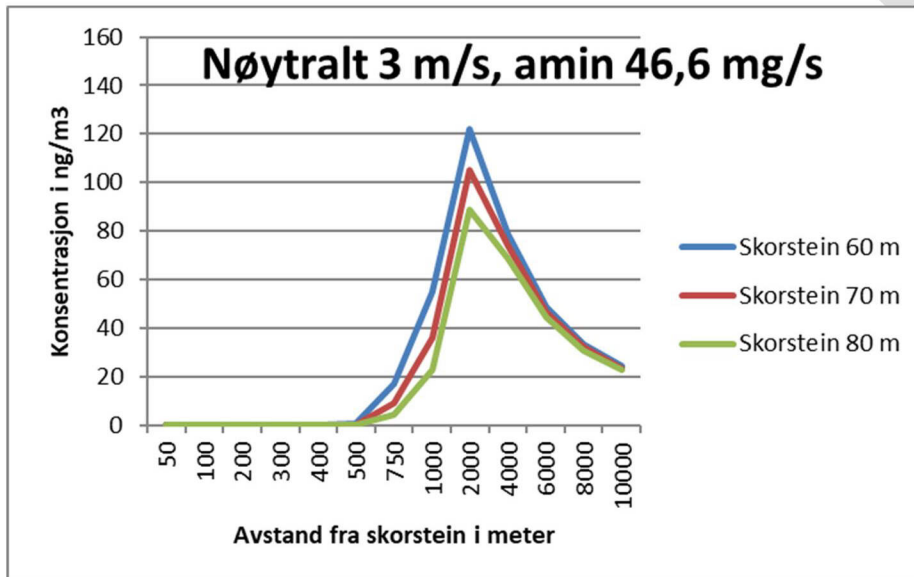
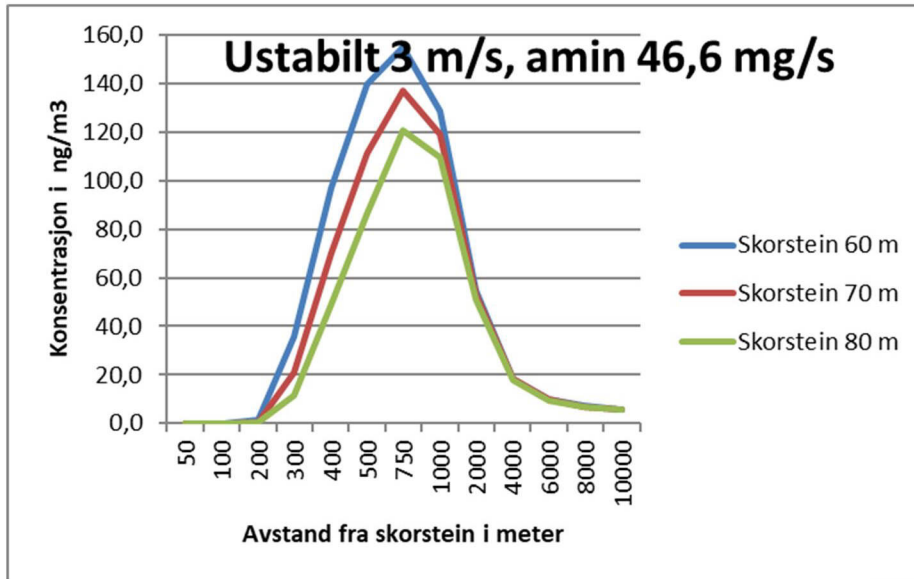
Atmosfærens stabilitet er et mål for termisk turbulens⁴ og er avgjørende for den vertikale spredningen og fortynningen av luftforurensninger. Det er den vertikale temperaturprofilen i atmosfæren som avgjør hvor stabil eller ustabil atmosfæren er. Fire stabilitetsklasser defineres på følgende måte:

- **Ustabil sjiktning**; temperaturen avtar raskt med høyden, forekommer ved sterk solinnstråling som gir oppvarming av bakken. Ustabil sjiktning gir god spredning av luftforurensende utslipp, men er ugunstig ved utslipp fra høye skorsteiner fordi utslippene vil nå bakken nær kilden før de er særlig fortynnet, noe som kan gi høye bakkekonsentrasjoner.
- **Nøytral sjiktning**; temperaturen avtar litt med høyden, forekommer oftest ved overskyet vær med eller uten nedbør og i perioder med sterk vind. Nøytral temperatursjiktning gir vanligvis gode spredningsforhold.
- **Lett stabil og stabil sjiktning**; det vil si at temperaturen øker med høyden (inversjon), forekommer oftest om natta og om vinteren når det er sterk utstråling og avkjøling ved bakken og lite vind. Ved slike forhold undertrykkes spredningen av luftforurensninger. Dette er mest ugunstig for utslipp fra kilder nær bakken, som diffuse utslipp, som vil tynnes og transporteres langsomt og i noen situasjoner kan til og med akkumuleres. Men ved stabil sjiktning vil ikke utslipp fra høye skorsteiner nå bakken før på store avstander.

Alle fire stabilitetsklassene kan opptre ved svak vind. Når vinden øker vil temperaturprofilen typisk bli nøytral, det vil si at temperaturen avtar litt med høyden. CCS-anlegget til Statkraft ligger et stykke fra sjøen og har et typisk norsk klima med ikke for kalde vintre og varme somre. Da vil atmosfæren overveiende ha en nøytral vertikal sjiktning, men med mer stabile forhold om vinteren og mer ustabile forhold om sommeren.

For å se hvilken betydning skorsteinshøyde har for spredning er det gjort tre ulike CONCX-beregninger med skorsteinshøyde 60 m, 70 m og 80 m. Resultatene for tre ulike stabilitetsklasser er vist i Figur 5.

⁴ Turbulens er uregelmessige og tilsynelatende tilfeldige variasjoner i væskers og gassers bevegelse. Turbulens blir ledsaget av små, lokale variasjoner i trykk, temperatur og massetetthet. <https://snl.no/turbulens> [besøkt 12. juni 2023].



Figur 5: CONCX følsomhetstest med varierende skorsteinshøyde 60 m, 70 m og 80 m for ustabil siktning (øverst), nøytral siktning (midten) og lett stabil siktning (nederst). Alle resultater for vindhastighet 3 m/s. Utslipp av amin tilsvarende 46,6 mg/s. Den horisontale aksene gir antall meter fra skorsteinen og den vertikale aksene gir konsentrasjon som timemiddel, enhet: ng/m³.

Resultatene viser et typisk mønster. De høyeste konsentrasjonene opptrer nær skorsteinen ved ustabile forhold. Som tidligere forklart vil ustabile forhold medføre at utslipp fra høy skorstein bringes raskt ned til bakken slik at de høyeste konsentrasjonene opptrer nær skorsteinen, det vil si at røykfanen treffer bakken om lag 0,5 – 1 km unna utslippspunktet.

Ved nøytral sjiktning vil maksimumskonsentrasjonen opptre litt lenger unna, typisk 2-3 km, samt at den er litt lavere. Ved lett stabile forhold er det treg vertikal blanding og utslipp fra skorsteinen vil nå bakken langt unna anlegget, i dette tilfellet er maksimum typisk 4-6 km unna.

Vindhastighet 3 m/s er valgt i Figur 5 fordi den gir høye konsentrasjoner for ustabil, nøytral og lett stabil sjiktning. Resultater for samme vindhastighet gjør det også lett å sammenligne resultater.

For eksempel vil maksimumskonsentrasjonen øke med 14 % hvis skorsteinen senkes fra 80 m til 70 m ved ustabile forhold. Likeledes øker max. konsentrasjon med 28 % hvis skorsteinshøyden senkes fra 80 m til 60 m. For nøytrale forhold øker maksimumskonsentrasjonen med 18 % hvis skorsteinshøyden senkes fra 80 til 70 m, og den øker med 38 % hvis den senkes fra 80 til 60 m.

Spredningsberegningene vist i Figur 5 viser at selv en skorstein som er 60 m vil gi et spredningsmønster som sikrer lave konsentrasjoner i nærområdet uten at det blir bygningsnedtrekk og turbulens. En 60 m skorstein er dobbelt så høy som omkringliggende bygning. Basert på tidligere erfaringer er dette tilstrekkelig høyde for å sikre fri blanding av røykfanen. Ved nåværende skorsteinshøyde er det NO_x-utslipp som er kritisk faktor. Nøyaktig skorsteinshøyde på fremtidig skorstein for L1+L2+L3 må bestemmes når man vet sammensetningen av røykgassen. En eventuell ekstra bygning for å huse CCS-enheten kan også påvirke de lokale spredningsforholdene.

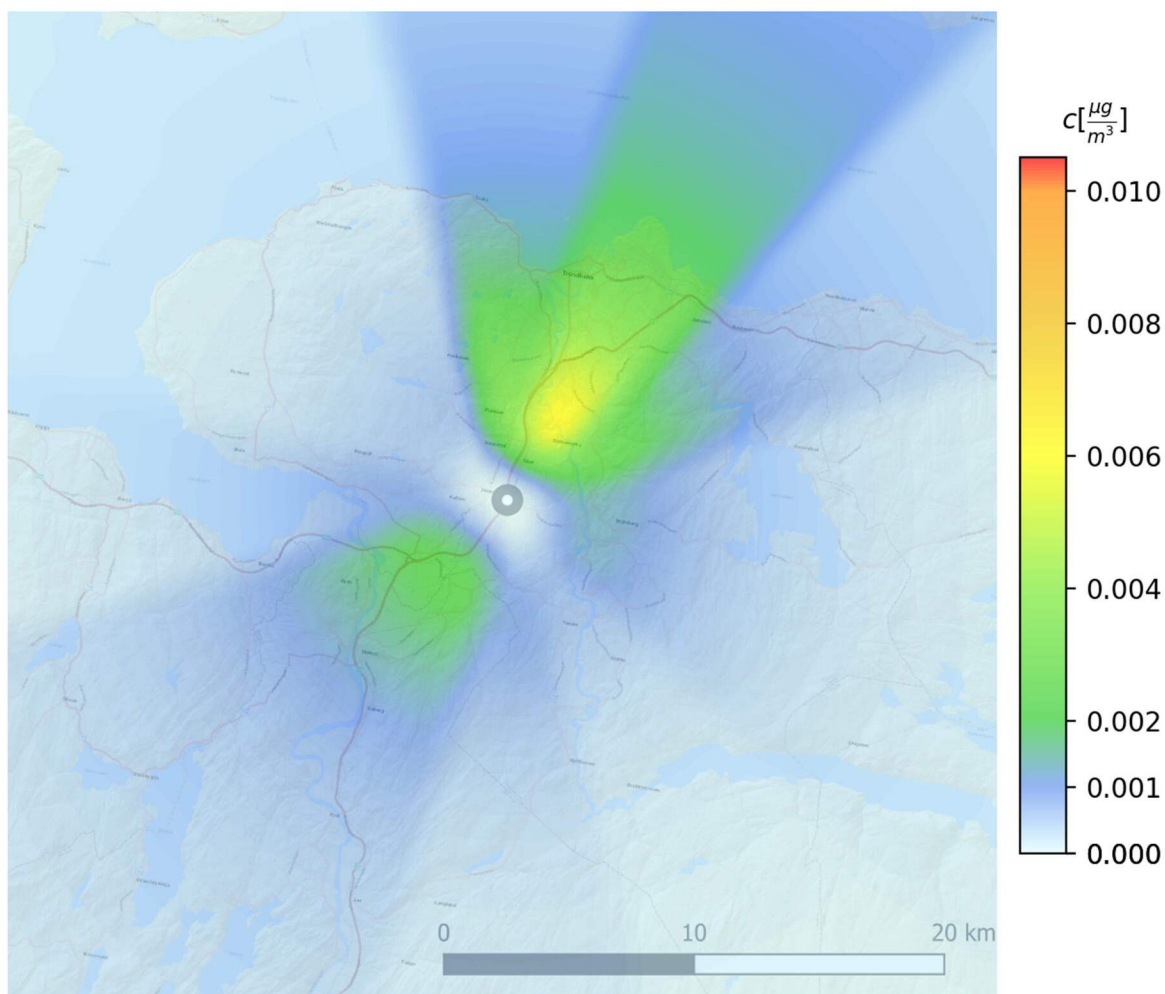
6 Spredningsberegninger – langtidsmiddel CONDEP

CONDEP er bygget på de fysiske ligningene som styrer atmosfærens bevegelser på samme måte som CONCX, men tar i tillegg hensyn til vindhastighet og -retning, samt stabilitet. CONDEP kan kjøres på ulike måter for å få resultater for et år, a) enten ved hjelp av årsmiddele vinddata og stabilitet. Dette gir årsmiddel av komponenten som undersøkes. Eller b) ved hjelp timesvise vinddata for et år som danner inngangsdata for 8760 ulike beregninger som i sum gir både årsmiddel og fordeling av time-/døgnmiddelkonsentrasjoner i nærområdet.

Beregnet årsmiddelkonsentrasjon av en inert tracer («amin») er vist i Figur 6. I beregningene er det brukt et utslipp tilsvarende 0,0466 g/s, se fotnote ⁵. Vinddata for 2022 fra stasjonen Voll er benyttet, jfr. Figur 2. I beregningene er det antatt at skorsteinen er 80 m, men det er også gjort følsomhetstester for 70 og 60 m skorsteinshøyde i tillegg. Tidsoppløsningen i modellberegningene er en time, det er samme tidsoppløsning som de meteorologiske dataene fra målestasjon Voll. Det vil si at modellen er kjørt 8760 timer med værdata for 2022. I sum gir dette årsmiddele konsentrasjoner.

Den høyeste årsmiddelverdien, 6,3 ng/m³, opptrer 3600 m unna skorsteinen mot nord-vest. Østover ved Jonsvatnet er typisk årsmiddelkonsentrasjon 0,5 ng/m³. De lave verdiene ved Jonsvatnet skyldes både at Jonsvatnet er lengre unna (11 km), samt at det er mindre vind fra vest mot øst, jfr. fremherskende vindretning i Figur 2. Merk også at CONDEP-modellen gir lave konsentrasjoner rett ved anlegget, jfr. diskusjonen vedr. CONCX-resultatene i kap. 5.

⁵ Røykgassmengde fra Tabell 2 er 167 683 Nm³/t. Siden er det antatt at røykgassen kan inneholde maksimalt 1 mg/Nm³ amin. Med andre ord, 167 683 Nm³/t × 1 mg/Nm³ = 167,683 g/t utslipp. For å få utslipp pr. sekund deles dette videre på 3600. 167,683 g/t / 3600 s/t = 0,0466 g/s.



Figur 6: Årsmiddelskonsentrasjon av en inert tracer («amin») med utslipp 0,0466 g/s, skorsteinshøyde 80 m og timesvise meteorologiske inngangsdata fra stasjonen Trondheim – Voll representative for 2022. CONDEP er en gaussisk modell som beregner spredning i 12 ulike retningssektorer basert på en gitt vindrose.

6.1 Konsentrasjon av amin degraderingsprodukter i luft

MEA, monoetanolamin (C_2H_7NO) er den mest modne og gjennomtestede teknologien når det gjelder solventer innen CCS, og MEA er et sannsynlig teknologivalg ved Statkraft sitt anlegg ved Heimdal. Dannelsen av degraderingsprodukter ved bruk av MEA er forholdsvis lav sammenlignet med andre solventer. Fra tidligere studier ved Test Centre Mongstad (TCM) er det vist at MEA ikke danner nitrosaminer (Nielsen et al., 2010).

Gitt at norske grenseverdier gjelder for sum av nitrosaminer og nitraminer (FHI/NIPH, 2011) er det nødvendig å beregne maksimumskonsentrasjon av nitrosaminer+nitraminer og sammenligne med luftkriteriet ($0,3 \text{ ng/m}^3$).

Metoden er en kombinasjon av to ulike prosesser:

- Maksimal bakkekonsentrasjon av et inert amin⁶ beregnet ved hjelp av en spredningsmodell, i dette tilfellet CONDEP.
- Degradering av MEA i luft som en funksjon av tid, dvs. hvor raskt MEA reagerer med oksidantene i atmosfæren og deretter danner nitraminer.

⁶ Aminet som er beregnet ved hjelp av CONDEP er antatt inert i den betydning at det ikke tapes ved kjemiske reaksjoner, tørravsetning eller våtavsetning.

Metoden ble opprinnelig utviklet for TCM (Tønnesen, 2011a og 2011b), men er siden videreutviklet og brukt i Klemetsrudprosjektet (Tønnesen, 2018), på Melkøya (Tønnesen mfl., 2019) og Malmö (Berglen mfl., 2023b). Parametrene og antagelsene som inngår i beregningene er gitt i Tabell 3. Parametrene benyttet her tilsvarer parametrene benyttet i Worst Case-antagelsene for Malmö.

Tabell 3: Antagelser benyttet i denne studien vedr. nedbrytning av MEA.

Prosess	Nedbrytning MEA	Ref.
OH dagkjemi	OH konsentrasjon: 10×10^5 molek/cm ³ $k_{OH} = 7,6 \times 10^{-11}$ cm ³ / molek. s	Tønnesen (2018) Bouard mfl. (2013)
NOx nattkjemi	Dannelse av nitraminer ved reaksjoner med NO ₃ antatt 1/10 av dannelsesraten for OH	Tønnesen (2018)
Nitrosamin dannelsesrate	0 (ingen dannelse av nitrosaminer)	ADA rapporten Nielsen mfl. (2010)
Nitramin dannelsesrate	1.9 %	Tønnesen (2018) ¹⁾
1) ADA-rapporten (Nielsen mfl., 2010) refererer at dannelsen av O ₂ NNHCH ₂ CH ₂ OH ((2-(N-nitroamino)-ethanol, i.e. nitraminet) fra MEA fotooksidasjon er antatt å være 3-10 ‰ i urbane strøk og 0,05-3 ‰ i rurale strøk, regnet som mol/antall molekyler. 1,9 % er brukt i dette skjemaet på samme måte som Tønnesen (2018). Dette tilsier at 1,9 % av reagert MEA ender opp som nitramin.		

I tillegg til at MEA reagerer kjemisk og danner nitraminer vil det også være en liten andel direkteutslipp av degraderingsprodukter. I denne studien er det antatt at 0,58 % av aminet som slippes ut allerede er omdannet, basert på studier tidligere gjort for Klemetsrud (Tønnesen, 2018 og Price og Borgnes, 2020)

Konsentrasjonene av MEA degraderingsprodukter i omgivelsene er summen av to bidrag; direkte utslipp av degraderingsprodukter og andelen fra MEA som omdannes etter hvert som røykfanen spres med vind.

For å forklare nærmere: beregnet maksimumskonsentrasjon av den inerte aminkomponenten er 6,3 ng/m³ og opptrer 3600 m unna skorsteinen mot nord-vest. Med en middelvind lik 2,5 m/s tar det altså 1440 sekunder for utslippet å transporteres dit. I løpet av disse 24 minuttene vil ca 10 % av MEA (moderaminet) reagere kjemisk. Av dette igjen så vil 1,9% omdannes til nitramin ifølge amin degraderingsskjemaet utviklet og beskrevet i Tønnesen (2011a og 2011b). Se også antagelser og parametre som er gjengitt i Tabell 3. I tillegg kommer som sagt de direkte utslippene av degraderingsprodukter, 0,58 % av det opprinnelige utslippet av amin, som spres og fortynnes på samme måte som resten av utslippene. De viktigste tallene for maks. konsentrasjon 3600 m unna anlegget og for Jonsvatnet drøye 11 km unna er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Beregnet konsentrasjon av inert amin og amin degraderingsprodukter basert på CONDEP spredningsberegninger og NILU's amin degraderingsskjema.

Parameter	3600 unna utslippspunktet mot N-Ø	Jonsvatnet drøye 11 km unna
Konsentrasjon inert amin ¹⁾	6,3 ng/m ³	0,5 ng/m ³
Tid fra utslippspunktet til lokasjon ²⁾	1440 s / 24 min.	4400 s / 74 min.
Konsentrasjon som følge av direkte utslipp (0,58 %)	0,037 ng/m ³	0,0029 ng/m ³
Prosentandel av MEA som brytes ned ved kjemisk tap	10 %	29 %
Konsentrasjon degraderingsprodukter dannet i røykfanen ³⁾	0,012 ng/m ³	0,0028 ng/m ³
Beregnet max. konsentrasjon degraderingsprodukter; direkte utslipp + omdannet i røykfanen	0,049 ng/m ³	0,0057 ng/m ³
1) sluppet ut fra CCS-anlegget med kildestyrke 0,05 g/s. 2) Antatt middelvind 2,5 m/s. 3) Basert på prosentandelen omdannet MEA hvorav 1,9% danner nitramin.		

Beregningen viser at konsentrasjonen i luft av degraderingsprodukter av MEA er maksimalt 0,049 ng/m³, beregnet 3600 m fra utslippet mot nord-øst. Dette er summen av direkte utslipp (0,037 ng/m³) og omdannet MEA i røykfanen (0,012 ng/m³). En maksimumskonsentrasjon på knappe 0,05 ng/m³ utgjør mindre enn 20 % av FHI's anbefalte grenseverdi på 0,3 ng/m³ i omgivelsesluft.

CONCX og CONDEP er modeller som opprinnelig ble utviklet for skorsteinshøydeberegninger med parameterisering som generelt vil overestimere bakkekonsentrasjonene. Følsomhetstester med redusert skorsteinshøyde gir noe forhøyede konsentrasjoner. Eksempelvis øker maksimal årsmiddelkonsentrasjon med 27 % hvis skorsteinshøyden senkes fra 80 til 70 m. Men uansett er de beregnede maksimumskonsentrasjonene i luft langt lavere enn myndighetenes krav. Hovedkonklusjonen er derfor at utslippene av 0,2 ppmV MEA fra skorstein L1+L2+L3 ved et fremtidig CCS-anlegg vil gi luftkonsentrasjoner av degraderingsprodukter som er langt lavere enn kravene satt av norske myndigheter.

6.2 Konsentrasjon av amin degraderingsprodukter i drikkevann

CONCX og CONDEP er opprinnelig laget for å studere konsentrasjoner i luft nedstrøms en kilde. Modellene inkluderer gaussiske ligninger som beregner atmosfærens bevegelser på kort geografisk skala nedstrøms en kilde, det vil si opp til 10-15 km. Våtavsetning er ikke inkludert i CONDEP da denne prosessen er viktigst på større skala, fra regional til synoptisk⁷. Oppholdstiden for vann i atmosfæren er typisk 9 dager. Fra tidligere studier er det beregnet at typisk 15 % av vannløselige komponenter avsettes innenfor et 100×100 km² (eks. studie fra Finnfjord smelteverk, Berglen mfl., 2023a).

For å vurdere utslipp fra CCS-anlegget ved Heimdal er det gjort to betraktninger; a) et anslag basert på enkle, grove antagelser og b) en skalering basert på tidligere studier fra CCS-anlegg.

a) Maksimumsanslag

Nedenfor følger et enkelt anslag. De enkelte detaljene er gitt i Tabell 5.

Tabell 5: Enkelt anslag med øvre skranke mtp. drikkevannskonsentrasjon i Jonsvatnet.

Beskrivelse	Tallverdi / mengde / konsentrasjon
Utslipp fra CCS Heimdal	$167\,700 \text{ Nm}^3/\text{t} \times 1 \text{ mg}/\text{Nm}^3 = 167,7 \text{ g amin}/\text{t}$ $167,7 \text{ g amin}/\text{t} \times 8760 \text{ t}/\text{år} = 1470 \text{ kg amin}/\text{år}$
Vinden står mot Jonsvatnet i snitt 4,1 % av tiden hvor det samtidig regner, jfr. observasjoner Voll 2011 - 2022	$1470 \text{ kg amin} \times 4,1 \% = 61 \text{ kg}$ transporteres mot Jonsvatnet når det regner
Av amin som slippes ut vil i underkant av 30 % være kjemisk omdannet innen det når Jonsvatnet, jfr. NILU's aminskjema.	$61 \text{ kg} \times 30 \% = 18,3 \text{ kg}$ omdannet amin
Av de 30 % amin som tapes kjemisk vil 1,9 % være omdannet til nitramin + 0,58 % direkte utslipp	$18,3 \text{ kg omdannet amin} \times 2,48 \% \text{ til nitramin} = 0,45 \text{ kg nitramin}$
Total nedbør i Jonsvatnets nedbørfelt 1000 mm nedbør tilsvarer 1 m ³ pr m ² .	$63,9 \text{ km}^2 \times 1 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 0,0639 \text{ km}^3 \text{ nedbør}$
Hvis all nitramin som befinner seg over Jonsvatnet når det regner tapes ut ved nedbør vil konsentrasjonen i nedbøren da være	$0,45 \text{ kg nitramin} / 0,0639 \text{ km}^3 = 7,1 \text{ kg}/\text{km}^3$ som igjen tilsvarer 7,1 µg/m ³ som igjen tilsvarer 7,1 ng/l
Fra tidligere studier (Brakstad mfl., 2011) er det antatt at likevekstskonsentrasjon av nitramin i drikkevann er 15 % av konsentrasjonen i nedbør.	$7,1 \text{ ng nitramin}/\text{l} \times 15 \% = 1,06 \text{ ng}/\text{l}$
Drikkevannskonsentrasjonen i Jonsvatnet hvis all nitramin som passerer over nedbørfeltet blir vasket ut hver gang det regner gitt antagelsene og resonnementet over.	1,06 ng/l

⁷ Regional skala: fra 50 og opptil noen hundre km, synoptisk skala: typisk størrelsesorden 1000 km, dvs størrelsen på lavtrykk og høytrykk på midlere bredder.

b) Forholdet mellom konsentrasjon og avsetning

En annen metode for å tallfeste avsetning er å sammenligne typiske forhold mellom konsentrasjon og avsetning. Det forutsetter at de meteorologiske forholdene og utslipp er tilnærmet like. NILU har tidligere gjort studier av utslipp, spredning og avsetning av aminer og aminers degraderingsprodukter ved CCS-anlegg på Klemetsrud (Tønnesen, 2018), Melkøya (Tønnesen mfl., 2019) og Malmö (Berglen mfl., 2023b). I disse studiene er det gjort spredningsberegninger med en tracer hvor resultatene er postprosessert ved bruk av NILU's skjema for degradering av aminer. Følsomhetstester gjort med WRF-EMEP modellsystem viser at forholdet mellom avsetning og konsentrasjon typisk varierer med en faktor 200 – 500 der konsentrasjon er gitt med enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og avsetning med enhet mg/m^2 (se fotnote ⁸).

Når det gjelder avsetning ved Jonsvatnet, hvis det antas en faktor 500 mellom avsetning og konsentrasjon samt at typisk konsentrasjon av inert amin er $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Tabell 4), da vil avsetning tilsvare $0,25 \text{ mg amin}/\text{m}^2$. Hvis det videre gjøres de samme antagelser om degradering av MEA, dannelserate av nitraminer og likevektsforhold i nedbør og drikkevann som ellers i rapporten så vil konsentrasjonen av nitramin i drikkevann tilsvare $0,28 \text{ ng}/\text{l}$.

Tabell 6: Beregning av konsentrasjon i drikkevann av nitraminer gitt antagelser som beskrevet ellers i notatet.

Beskrivelse	Tallverdi / mengde / konsentrasjon
Avsetning inert amin	$0,25 \text{ mg amin}/\text{m}^2$
Av inert amin som avsettes vil i underkant av 30 % være kjemisk omdannet, jfr. NILU's aminskjema.	$0,25 \text{ mg amin}/\text{m}^2 \times 30 \% = 0,075 \text{ mg}/\text{m}^2$ omdannet amin
Av de 30 % amin som tapes kjemisk vil 1,9 % være omdannet til nitramin + 0,58 % direkte utslipp	$0,075 \text{ mg}/\text{m}^2$ omdannet amin $\times 2,48 \%$ til nitramin = $0,00186 \text{ mg nitramin}/\text{m}^2$
Total nedbør i Jonsvatnets nedbørfelt 1000 mm nedbør tilsvarer 1 m^3 pr m^2 .	
Hvis all nitramin som avsettes i nedbørfeltet løses i nedbør vil konsentrasjonen i nedbøren da være	$0,00186 \text{ mg nitramin}/\text{m}^2 / 1 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 0,00186 \text{ mg}/\text{m}^3$ som igjen tilsvarer $1,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som igjen tilsvarer $1,86 \text{ ng}/\text{l}$
Fra tidligere studier (Brakstad mfl., 2011) er det antatt at likevektskonsentrasjon av nitramin i drikkevann er 15 % av konsentrasjonen i nedbør.	$1,86 \text{ ng nitramin}/\text{l} \times 15 \% = 0,28 \text{ ng}/\text{l}$
Drikkevannskonsentrasjonen i Jonsvatnet hvis antagelse om en faktor 500 mellom avsetning med enhet mg/m^2 og konsentrasjon med enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$ legges til grunn, samt ytterligere antagelser og resonnering over.	$0,28 \text{ ng}/\text{l}$

Begge disse to tenkemåtene er grovkornede og beheftet med usikkerheter. Samtidig er det tatt høyde for dette ved at alle parametre er tolket i en retning som gir høyere konsentrasjon enn i den virkelige atmosfæren. For eksempel, i anslag a) antas det at blant annet at **all** nitramin som passerer over nedbørfeltet blir vasket ut hver gang det regner, noe som er en klar overestimering. Når det gjelder tankegang b) er det valgt en faktor 500 mellom avsetning og konsentrasjon, mens tidligere NILU-studier viser typisk verdi mellom 200 og 500.

⁸ Strengt tatt får forholdet da enhet m, dvs når avsetning mg/m^2 deles på konsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Forholdet avhenger blant annet av løseligheten til komponenten som brukes som tracer.

Men til tross for disse forenklingene og overestimeringen av inngangsparametrene viser resultatene at begge tenkemåter gir beregnet drikkevannskonsentrasjonen i Jonsvatnet lik hhv. 0,7 ng/l (metode a, Tabell 5) og 0,3 ng/l (metode b, Tabell 6), noe som er godt under norske grenseverdi på 4 ng/l for begge tenkemåter.

7 Konklusjoner og oppsummering

Formålet med prosjektet er å studere konsentrasjoner av aminer og aminers degraderingsprodukter grunnet utslipp fra et fremtidig karbonfangstanlegg ved Heimdal varmesentral.

Det er utført enkle, lokale modellberegninger opp til om lag 15 km fra anlegget på kort (timemiddel beregnet ved hjelp av CONCX) og lang tidsskala (årsmiddel beregnet ved hjelp av CONDEP) der det beregnes maksimale konsentrasjoner av aminer og aminers degraderingsprodukter.

Meteorologien i Trondheimsområdet, da spesielt vindretning og -styrke, men også nedbør er studert og diskutert. Typisk vind i området er vind fra sør-vest. Vinden står fra Heimdal mot Jonsvatnet i om lag 13 % av tiden. Årsnedbør er rundt 1000 mm.

Beregningene er gjort for MEA. Beregnet maksimumskonsentrasjon i luft av amin degraderingsprodukter, det vil si nitraminer er 0,05 ng/m³ (direkte utslipp + omdannet i røykfanen). Dette er langt lavere enn norske myndigheters grenseverdi på 0,3 ng/m³ som sum av nitrosaminer og nitraminer.

Påvirkning på drikkevanskilden Jonsvatnet er beregnet ved to enkle metoder, a) et grovt anslag der all nitramin som transporteres mot Jonsvatnet tapes når det regner og b) metode som bruker forholdet mellom avsetning og konsentrasjon i luft for å beregne avsetning av nitraminer i Jonsvatnets nedbørfelt. Begge tenkemåter viser at konsentrasjonene i drikkevann (hhv. 1,1 ng/l og 0,3 ng/l) vil være langt lavere enn norske myndigheters grenseverdi på 4 ng/l.

Vurderingene er gjort for MEA og både konsentrasjoner i luft og konsentrasjoner i drikkevann vil være lavere enn FHI's kriterier. Dette skyldes at MEA ikke danner nitrosaminer, samt at det dannes liten andel nitraminer fra MEA. Slik sett er MEA et godt valg av solvent når det gjelder påvirkning på det ytre miljø. Ved bruk av andre solventer vil det være påkrevet med ny vurdering.

Dette notatet er en første, innledende studie for å vurdere om utslippene fra CCS-anlegget på Heimdal kunne medføre potensielle miljøproblemer, noe de ikke gjør. Ved en fremtidig utslippssøknad vil det være påkrevet med oppdaterte, mer detaljerte modellberegninger.

8 Referanser

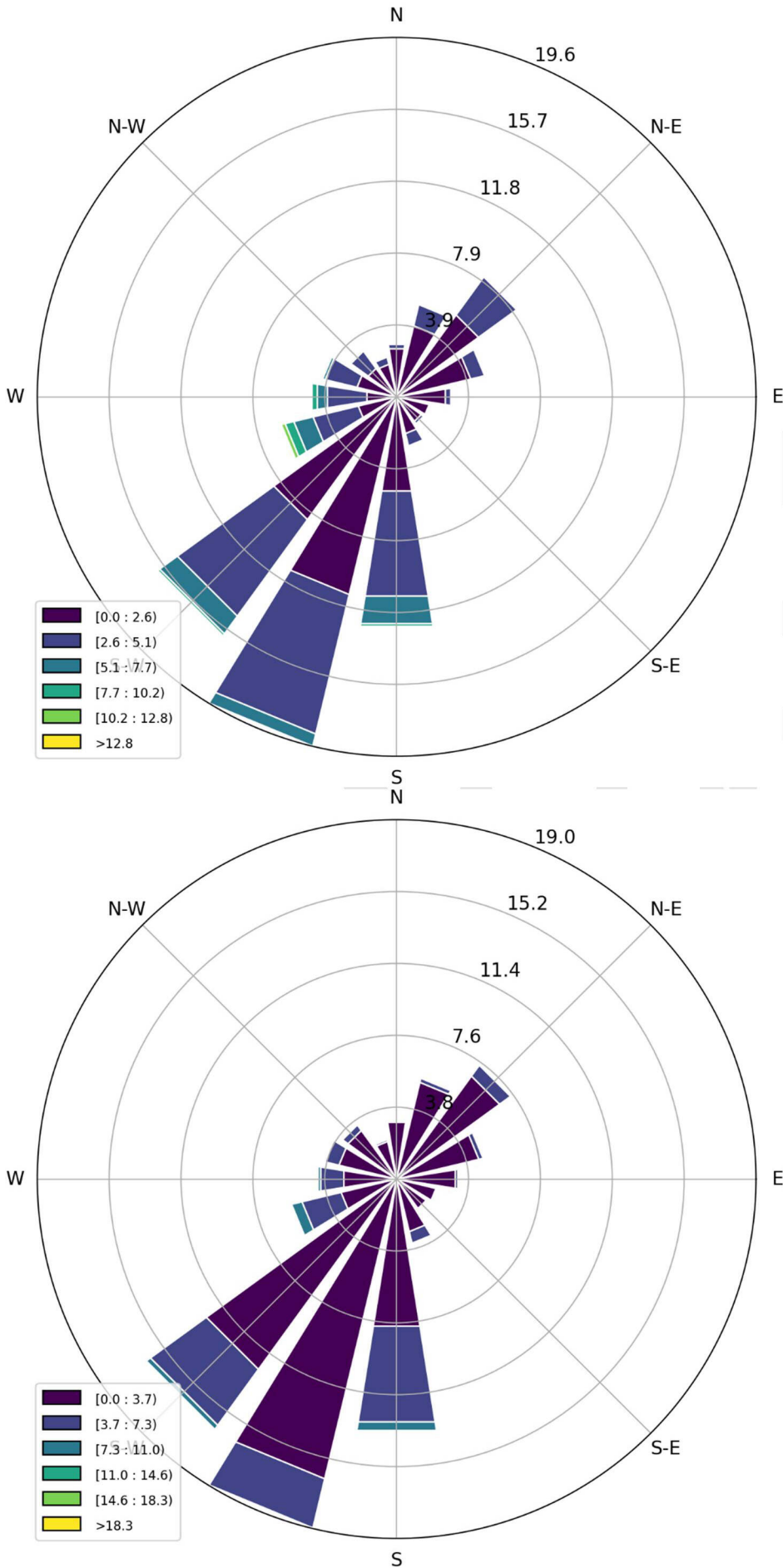
- Berglen, T.F., Markelj, M., Weydahl, T., Svendby, T.M., Grythe, H. og Tønnesen, D. (2023a). Finnfjord AS Oppdaterte spredningsberegninger av utslipp til luft (NILU rapport 2/2023). Kjeller: NILU.
- Berglen, T.F., Tønnesen, D., Markelj, M., Solberg, S., Svendby, T.M. (2023b). Sysav Malmö - CCS Waste-to-Energy. A Worst Case / Likely Case study of amines, nitramines and nitrosamines. (NILU rapport 4/2023). Kjeller: NILU.
- FHI/NIPH - Norwegian Institute for Public Health (2011) Health effects of amines and derivatives associated with CO₂ capture: Nitrosamines and nitramines. Available from <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2011/health-effects-of-amines-and-derivatives-associated-with-co2-capture.pdf> [besøkt 2. februar 2023].
- Nielsen, C.J., D'Anna, B., Dye, C., George, C., Graus, M., Hansel, A., Karl, M., King, S., Musabila, M., Müller, M., Schmidbauer, N., Stenstrøm, Y., Wisthaler, A. (2010) Atmospheric degradation of amines (ADA). Summary Report: Gas phase photo-oxidation of 2-aminoethanol (MEA). CLIMIT project no.193438. Kjeller (NILU OR 08/2010).
- Nielsen, C.J., D'Anna, B., Karl, M., Aursnes, M., Boreave, A., Bossi, R., Bunkan, A.J.C., Glasius, M., Hallquist, M., Hansen, A.M.K., Kristensen, K., Mikoviny, T., Maguta, M.M., Müller, M., Nguyen, Q., Westerlund, J., Salo, K., Skov, H., Stenstrøm, Y., Wisthaler, A. (2011) Atmospheric degradation of amines (ADA). Summary report: Photo-oxidation of methylamine, dimethylamine and trimethylamine. CLIMIT project no. 201604. Kjeller (NILU OR 2/2011).
- Norling, M.D., Clayer, F., Gundersen, C.B. (2022) Levels of nitramines and nitrosamines in lake drinking water close to a CO₂ capture plant: A modelling perspective. Environmental Research 212D 2022, 113581. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113581>.
- Sørensen, L., da Silva, E.F., Brakstad, O.G., Zahlsen, K., Booth, A. (2013) Preliminary studies into the environmental fate of nitrosamine and nitramine compounds in aquatic systems. Energy Procedia 37 (2013) 683 – 690.
- Tønnesen, D. (2011a) Update and Improvement of Dispersion Calculations for Emissions to Air from TCM's Amine Plant Part I-Worst case Nitrosamines and Nitramines. Kjeller, NILU, NILU OR 41/2011. Open access: <https://www.nilu.com/publication/25966/> [besøkt 2. februar 2023]
- Tønnesen, D. (2011b) Update and Improvement of Dispersion Calculations for Emissions to Air from TCM's Amine Plant Part II-Likely case Nitrosamines, Nitramines and Formaldehyde. Kjeller, NILU, NILU OR 52/2011. <https://www.nilu.com/publication/26340/> [besøkt 2. februar 2023].
- Tønnesen, D. (2018) CO₂-rensing Klemetsrud Beregning av nitros- og nitraminer. NILU, NILU rapport 11/2018 (in Norwegian). <https://hdl.handle.net/11250/3049082> [Ubesøkt 10. februar 2023].
- Tønnesen, D., Svendby, T.M., Weydahl, T. (2019) Amine based CO₂ capture at Melkøya Modelling of nitrosamines and nitramines. Kjeller, NILU, NILU report 25/2019.
- Price, C., Borgnes, D. (2020) Dispersion and deposition modelling NO₂, nitrosamines and nitramines. Norsk Energi Doc.: 34400-00032-2.0. Tilgjengelig fra <https://hoering.miljodirektoratet.no/LastNedVedlegg/16833> [besøkt 7. februar 2023].

9 Vedlegg

Nedenfor er det vist utdrag av utslippstillatelse for Norcem Brevik AS, nyhetssak datert 27. september 2022 (<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/september-2022/karbonfangst-vil-halvere-utslippene-fra-norcem-brevik/>, besøkt 7. juni 2023). Denne tabellen er tatt med for å vise hvilke utslippsgrenser som gjelder i Norge pr. 2023. Disse utslippsgrensene er også brukt som utslipp i modellberegningene diskutert i kap. 6.

Tabell 4.1 Grenseverdier for utslipp av komponenter med krav om målinger jf. pkt. 11.2. Utslippsgrenser knyttet til CO₂-fangst gjelder fra angitt dato eller fra oppstart av fangstanlegget hvis dette er på et annet tidspunkt.

Kilde	Komponent	Utslippsgrenser				Gjelder fra
		Konsentrasjon (¹) og (²) <u>med</u> CO ₂ -fangst (døgnmiddel)	Maksimalt utslipp per år <u>med</u> CO ₂ - fangst	Konsentrasjon (¹) og (²) <u>uten</u> CO ₂ -fangst (døgnmiddel)	Maksimalt utslipp per år <u>uten</u> CO ₂ -fangst	
CO2 fangstanlegg	Ammoniakk, NH ₃	85 mg/Nm ³				01.07.24
CO2 fangstanlegg	Aminer, totalt	1 mg/Nm ³	600 kg			01.07.24
CO2 fangstanlegg	Sekundær- aminer	0,06 mg/Nm ³	45 kg			01.07.24
CO2 fangstanlegg	Tertiær- aminer	0,005 mg/Nm ³	3 kg			01.07.24
CO2 fangstanlegg	Nitrosaminer, totalt	0,6 ug/Nm ³	400 kg			01.07.24
CO2 fangstanlegg	Nitraminer, totalt	0,1 ug/Nm ³	150 kg			01.07.24
CO2 fangstanlegg	Aldehyder, totalt	20 mg/Nm ³ ***	20 tonn***			01.07.24
CO2 fangstanlegg	Ketoner/- aceton	10 mg/Nm ³	6,5 tonn			01.07.24



Figur 7: Vindrose for Voll 2022 (øverst) og 2010 – 2022 (nederst)