

E39 Rogfast

Tunnelventilasjon og luftkvalitet

STATENS VEGVESENS RAPPORTAR

Nr. 138



Tittel

E39 Rogfast

Undertittel

Tunnelventilasjon og luftkvalitet

Forfatar

Gunnar Lotsberg

Avdeling

Ressursavdelinga

Seksjon

Prosjekteringsseksjonen

Prosjektnummer**Rapportnummer**

Nr. 138

Prosjektleder

Tor Geir Espedal

Godkjent av**Emneord**

tunnel, undersjøisk, sjakter, ventilasjon, luftkvalitet, luftreining, miljø

Samandrag

Rogfast er ein 26,7 km lang undersjøisk dobbel-tunnel som er under planlegging på E39 mellom Randaberg og Bokn i Rogaland. Tunnelen går ned til 392 m under havet. Frå Kvitsøy blir det ein 4 km lang tunnel ned til eit kryss om lag midt i tunnelen, ca. 270 m under havnivå.

Tunnelen får langslufting med trafikkretninga. Det blir avtrekk av brukt luft og inntak av frisk luft gjennom tre doble sjakter. Ventilasjonsanlegget blir dimensjonert for ein maksimal trafikk på 750 køyretøy/time i kvar retning i 2025.

Rapporten inneheld ei orientering om ventilasjonsprinsipp, luftkvalitet og utslepp av eksos.

Låg bergtemperatur og fuktig luft kan medføre kondensproblem i sommarhalvåret. Aktuelle tiltak må vurderast ved detaljprosjektering av tunnelen.

Title

E39 Rogfast

Subtitle

Tunnel ventilation and air quality

Author

Gunnar Lotsberg

Department**Section**

Detailed Design Section

Project number**Report number**

No. 138

Project manager

Tor Geir Espedal

Approved by**Key words**

tunnel, subsea, shaft, ventilation, air quality, air pollution, environment

Summary

Rogfast is a 26.7 km long sub-sea tunnel with two tubes that is being planned on E39 between Randaberg and Bokn in the county of Rogaland. The deepest point is 392 m below sea level. From Kvitsøy there will be a 4 km long tunnel to a junction near the middle of the tunnel, about 270 m below sea level.

The tunnel will have a longitudinal ventilation system. Three double shafts will supply fresh air and extract polluted air. The ventilation system is designed for a maximum traffic of 750 vehicles/hour in each direction (in 2025).

This report contains presentation of the ventilation principle, air quality and exhaust emissions.

Low temperatures in the surrounding rock and high air humidity may cause condensation problems during the summer. Relevant measures should be considered at the detailed design of the tunnel.

Innhald

| | |
|--|----|
| Forord..... | 2 |
| 1. Grunnlag for dimensjonering av ventilasjonsanlegget..... | 3 |
| 1.1 Krav til luftkvalitet | 3 |
| 1.2 Gass- og støvproduksjon frå bilane | 4 |
| 1.3 Trafikkgrunnlag..... | 5 |
| 2 Luftkvalitet i tunnelen ved einvegstrafikk..... | 6 |
| 3 Luftkvalitet i tunnelen ved tovegstrafikk..... | 7 |
| 4 Lufttemperatur og utfordringar med kondens og støv..... | 9 |
| 5 Ventilasjonssjakter | 13 |
| 5.1 Dimensjonerande luftmengder (m^3/s) | 13 |
| 5.2 Sjakter ved golfbanen..... | 14 |
| 5.3 Sjakter og ventilasjonsbygg ved Kvitsøy..... | 14 |
| 5.4 Sjakt og ventilasjonstårn på Kråga | 14 |
| 6 Utslepp av NO _x (NO + NO ₂) og PM10 frå portalar og tårn..... | 16 |
| 7 Restriksjonssoner for bygging ved portalar og ventilasjonstårn..... | 17 |
| 8 Brannventilasjon..... | 18 |
| 9 Referansar | 19 |

Vedlegg:

Notat frå NILU av 28.20.2013: Spredning av forurensning fra ventilasjonssjakter/tårn Rogfast

Notat frå NILU av 09.01.2014: Luftforurensning ved Harestad

Notat frå NILU av 28.03.2014: E39 Rogfast. Luftforurensning ved Laupland i Bokn

Forord

Rogfast omfattar ein 26,7 km lang undersjøisk tunnel på E39 mellom Randaberg og Bokn i Rogaland. Det djupaste punktet ligg 392 m under havet. Største stigning blir 5 % opp mot Harestad og Bokn. Frå eit kryss om lag midt i tunnelen og ca. 260 m under havet, er det planlagt ein 4 km lang tunnel opp til Kvitsøy. Denne tunnelen får to køyrefelt og trafikk i begge retningar. Hovudtunnelen får to einvegs-kjørde løp, men blir dimensjonert for tovegstrafikk i samband med planlagt vedlikehald og ved hendingar som krev delvis stenging av tunnelen.

Den store overgangen frå bensin til dieseldrift av personbilar frå 2007, gjev ei ekstra utfordring ved planlegging av ventilasjon i lange tunnelar. Strengare utsleppskrav for nye dieslbilar frå 2014 vil medføre ein gradvis reduksjon av NO₂-utslepp i takt med utskifting av dieslbilane som er produserte før 2014. Frå 2025 til 2034 er det venta stor reduksjon av NO₂-utslepp frå Rogfast sjølv om trafikken aukar.

Denne rapporten inneheld ei orientering om ventilasjonsprinsippet i tunnelen og gjev grunnlag for vurdering av luftkvalitet rundt tunnelinnslag og sjakter i forslag til reguleringsplanar for Rogfast.

Endringar i ny utgåve 2015:

I denne utgåva er figurane frå 2012 skifta ut pga. større tunnallengde etter at stigninga opp mot Bokn vart redusert frå 7 % til 5 %. Tunneltverrsnittet er endra frå 2 x T9,5 til 2 x T10,5. Større tverrsnitt gjev reduserte ventilasjonskostnader.

Ved utrekning av luftkvalitet i tunnelen, er det teke høgde for at grenseverdiane i handbok N500 kan bli senka 50 % før tunnelen blir opna for trafikk.

NILU har gjennomført spreiingsberekningar for NO₂ ved tunnelportalar og ventilasjonstårn. Resultatet er oppsummert i tre notat som erstattar skisser av «gul sone» i rapport nr. 138 frå 2012.

1. Grunnlag for dimensjonering av ventilasjonsanlegget

1.1 Krav til luftkvalitet

Statens vegvesen har fastsett minimumskrav for luftkvalitet i vegtunnelar. I Rogfast blir det sett strengare krav til luftkvaliteten enn i kortare tunnelar slik at det ikkje skal oppstå helseskade ved dagleg bruk av tunnelen.

| Komponent | Krav i hb. N500 Vegtunneler | | Rogfast | |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | NO ₂ | 1,5 ppm | 3 000 µg/m ³ | 0,75 ppm |
| Svevestøv, PM10 | 1,5 g/m ³ | 1 500 µg/m ³ | 0,75 g/m ³ | 750 µg/m ³ |
| CO | 50 ppm | 70 mg/m ³ | 25 ppm | 35 mg/m ³ |

Tabell 1: Grenseverdier for luftkvalitet i vegnormalen og forslag til maksimalverdier i Rogfast

Utanfor tunnelen blir det stilt strengare krav til luftkvaliteten av omsyn til spesielt sårbare grupper. I T-1520^[1] er verdiane i tabell 1 lagt til grunn for gul sone, dvs. område som har aktivitet eller bygningar med bruksformål som er følsomt for luftforurensning. Desse verdiane vil sannsynlegvis ikkje ha helseeffektar på friske personar, men personar med alvorlege luftvegs- og hjartekarsjukdom, har auka risiko for forverring av sjukdomen^[2].

| Komponent | Måleeinng | Midlingstid 15 min | 1 t | 8 t | 24 t | 6 mnd |
|------------------|-------------------|--------------------|-----|-----|------|-------|
| NO ₂ | µg/m ³ | 500 | 100 | - | 75 | 50 |
| Svevestøv, PM10 | µg/m ³ | - | - | - | 35 | - |
| Svevestøv, PM2,5 | µg/m ³ | - | - | - | 20 | - |
| CO | mg/m ³ | 80 | 25 | 10 | - | - |

Tabell 2: Anbefalte luftkvalitetskriteria frå Klima- og forurensningsdirektoratet og Folkehelseinstituttet

I §7-6 i forurensningsforskrifta er det sett maksimalverdier for m.a. NO₂ og svevestøv. Dette er grunnlaget for definisjon av raud sone i T-1520. Overskriding av desse verdiane utløysar krav om tiltak.

| Komponent | Midlingstid | Grenseverdi | Antall tillatte overskridelser av grenseverdien |
|---|---------------|---------------------------------------|--|
| <i>Nitrogendioksid og nitrogenoksider</i> | | | |
| 1. Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse | 1 time | 200 µg/m ³ NO ₂ | Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår |
| 2. Årgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse | Kalenderår | 40 µg/m ³ NO ₂ | |
| 3. Grenseverdi for beskyttelse av vegetasjonen | Kalenderår | 30 µg/m ³ NO _x | |
| <i>Svevestøv PM₁₀</i> | | | |
| 1. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse | 1 døgn (fast) | 50 µg/m ³ PM ₁₀ | Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 35 ganger pr. år |
| 2. Årgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse | Kalenderår | 40 µg/m ³ PM ₁₀ | |

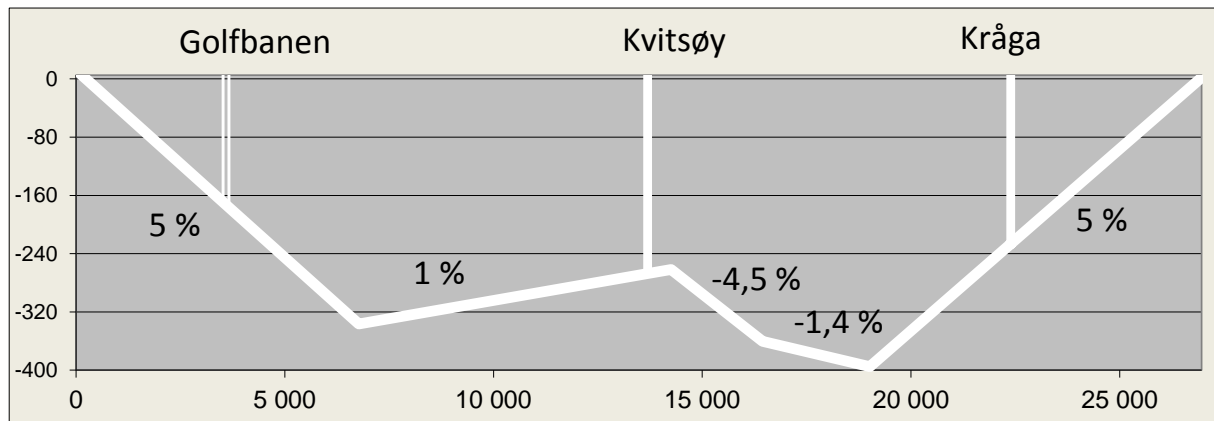
Tabell 3: Forskrift om begrenning av forurensning, § 7-6. Grenseverdier for tiltak

¹ T-1520, Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging, Miljøverndepartementet 25. april 2012

² www.fhi.no: [Tema](#) > [Luftforurensning](#) > [Luftkvalitetskriterier](#) (Juni 2012)

1.2 Gass- og støvproduksjon frå bilane

Våren 2007 utarbeidde Statens vegvesen eit notat om ventilasjonsprisnipp og driftskostnader i Rogfast^[ref. 1]. Notatet konkluderte med at tunnelen kan langsluftast ved hjelp av tre doble sjakter ved Kvitsøy, Kråga og Tungenes eller Alstein. Plassering av den sørlege sjakta gav relativt små utslag i driftskostnadene. I kommunedelplanen vart sjakta plassert ved golfbanen litt sør for Tungenes.



Figur 1: Lengdeprofil av tunnel m/sjakter. Avstand frå portal ved Harestad

Hausten 2007 vart det gjennomført målingar av nitrogenoksid (NO), nitrogendioksid (NO₂) og svevestøv (PM10, sot- og støvpartiklar som er mindre enn 0,01 mm) i den 24,5 km lange Lærdalstunnelen for å få eit sikrere grunnlag for dimensjonering av ventilasjonsanlegget i Rogfast^[ref. 2]. Målingane viste at NO₂ blir dimensjonerande for tunnelventilasjon i mange år framover. I 2010 vart det samla inn data om luftkvalitet i 60 tunnelar i Region vest som viste at CO låg på eit ufarleg nivå i alle tunnelane^[ref. 3]. Det er nivået av NO og NO₂ som utløyser start av ventilasjonsanlegga. Utslepp av sot frå tunge køyretøy har gått gradvis nedover i takt med utskifting av tunge køyretøy dei siste åra. Støv frå bremsar, bildekk og vegdekke blir etter kvart den viktigaste kjelda til PM10-produksjon. Utrekningane av støvmengder er usikre fordi støvmengda i tunnellufta varierer med trafikkmengde, trafikkfart, tungtrafikkandel, piggdekkbruk, vegdekke, bergtemperatur, ventilasjonsnivå og vedlikehaldsrutinar.

Omlegging av avgiftssystemet for nye personbilar frå 1.1.2007 har medført stor overgang frå bensindrift til diesel og større utslepp av nitrøse gassar (NO_x som er summen av NO og NO₂ og små mengder av andre nitrogen-oksygen-bindingar). Auken er spesielt stor for NO₂ som er den farlegaste av dei nitrøse gassane. Nye målingar i 2012 viser eit stigande NO₂/NO_x-forhold i periodar med stor personbiltrafikk^[ref. 4]. I Lærdalstunnelen kjem dette spesielt godt til syne fredag ettermiddag og søndag kveld. For tunge køyretøy er det derimot registrert ein klar nedgang i NO_x-utslepp frå 2007 til 2012. Nedgangen balanserer trafikkveksten i denne perioden. Den registrerte utviklinga stemmer godt med vurderingane i notatet om ventilasjon av Rogfast frå 2007. Utviklinga vidare fram mot 2025 er vurdert i ein rapport som TØI utarbeidde på oppdrag for Statens vegvesen i 2011^[ref. 5]. TØI reknar med auka utslepp av NO₂ i bytrafikken fram mot 2015, men deretter kan det ventast nedgang i utslepp av nitrøse gassar i takt med fornying av bilparken.

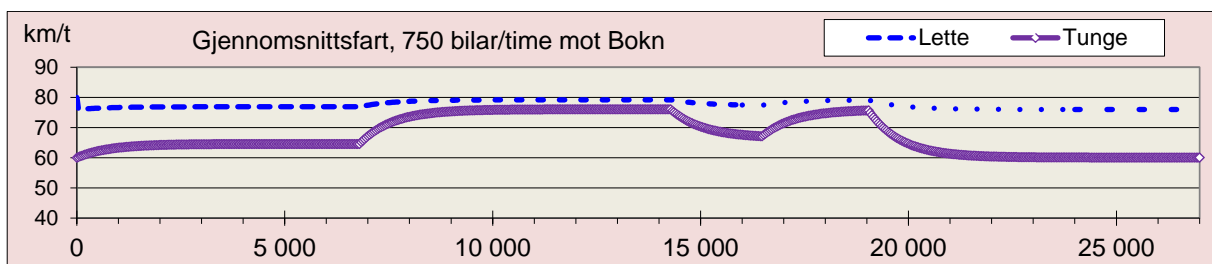
I hb. N500^[ref. 6] er grenseverdien for NO_x sett til 15 ppm (0,015 promille av luftvolumet) basert på eit NO₂/NO_x-forhold på 10 %. Etter kvart som NO₂/NO_x-andelen går opp, må grenseverdien for NO_x senkast for å unngå for høg konsentrasjon av NO₂. Ved vurdering av grenseverdiar i Rogfast, må det også leggast vekt på den lange opphaldstida i tunnelen samanlikna med dei fleste andre tunnelar i Europa.

Den gjennomsnittlege køyretida gjennom tunnelen blir ca. 20 minutt for personbilar og 23 minutt for tunge køyretøy ved fartsgrense på 80 km/t³.

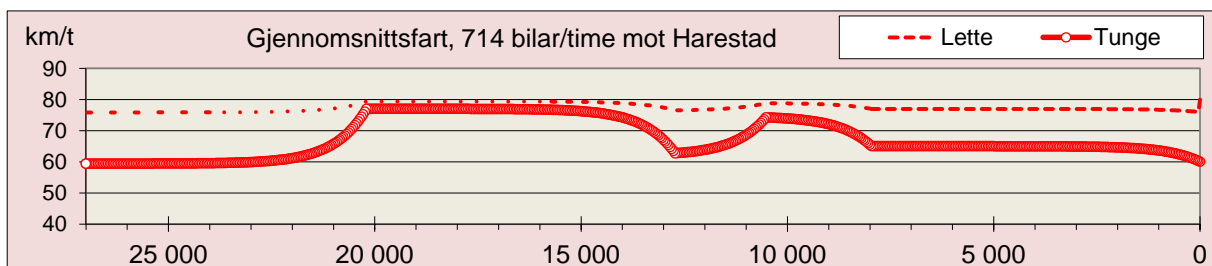
Ved tovegstrafikk og nedsett fartsgrense, aukar køyretida opp mot ein halv time både for lette og tunge køyretøy. Redusert NO_x-emisjon frå nye bilar kan gje grunnlag for senking av grenseverdiane i N500 før Rogfast blir opna for trafikk. I denne rapporten er det brukt grenseverdier på 7,5 ppm NO og 0,75 ppm NO₂.

Figur 2 viser gjennomsnittsfart nordover ved einvegskøyring ved fartsgrense på 80 km/t og ingen restriksjonar for tunge køyretøy. I stigninga opp mot Bokn vil dei tyngste bilane ha ein fart på 40 – 60 km/t, medan bussar og store bilar med lett last vil halde omtrent same fart som personbilane. Figur 3 viser at det kan ventast omtrent tilsvarande gjennomsnittsfart sørover. Her blir det også relativt stor fartsdifferanse mellom tunge og lette køyretøy i begge endane av tunnelen og i stigninga nord for Kvitsøy.

Ved tovegstrafikk blir farten styrt av dei tyngste bilane. I begge endar av tunnelen kan det ventast samanhengande kø av lette og tunge bilar med eit gjennomsnittleg fartsnivå under 50 km/t.



Figur 2: Gjennomsnittsfart for lette og tunge køyretøy nordover (Harestad til venstre)



Figur 3: Gjennomsnittsfart for lette og tunge køyretøy sørover (Harestad til venstre)

1.3 Trafikkgrunnlag

I konsekvensutgreiinga for E39 Rogfast frå juli 2007, er dimensjonerande trafikk i 2034 sett til 12.600 køyretøy/døgn sør for Kvitsøy og 12.000 køyretøy/døgn nord for Kvitsøy^[ref. 7]. Armen til Kvitsøy har ein dimensjonerande trafikk på 850 køyretøy/døgn.

Utrekningane i denne rapporten er basert på ÅDT 10.000, dimensjonerande timetrafikk på 15 % av ÅDT og 10 % tungtrafikk i dimensjonerande time i 2025. Ved detaljprosjektering av ventilasjonsanlegget, må det utførast nye vurderingar av trafikkgrunnlag, trafikkfordeling over døgnet og andel tungtrafikk dei ti fyrste åra etter opning.

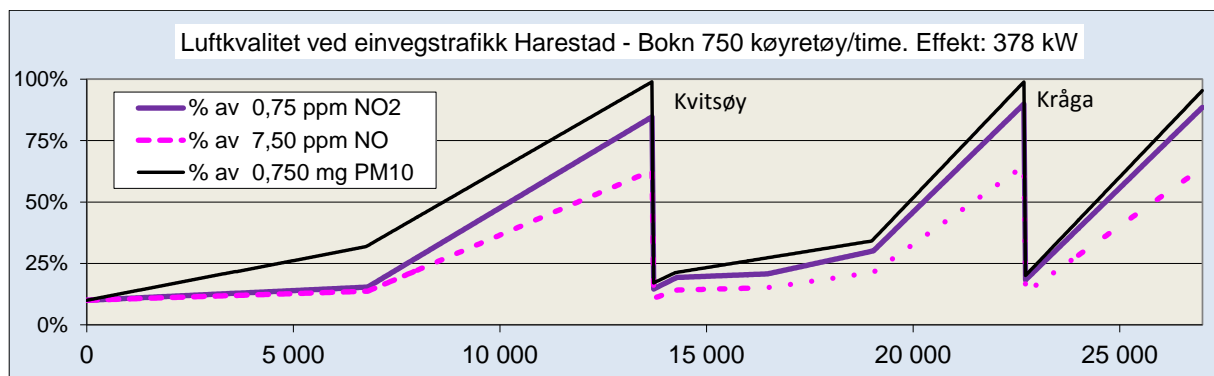
³ Heving av fartsgrensa blir vurdert. Større PM10-produksjon kan medføre at støv blir den viktigaste parameteren for styring av ventilasjonsnivået i Rogfast

2 Luftkvalitet i tunnelen ved einvegstrafikk

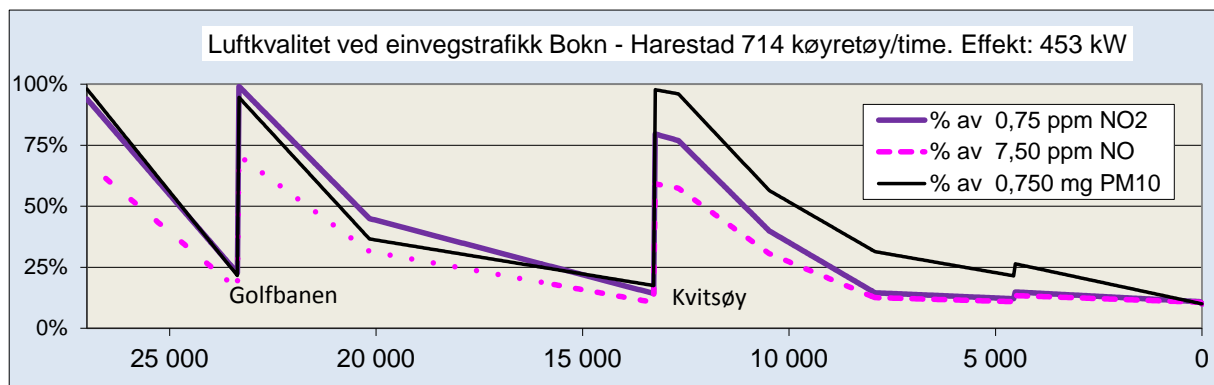
Utrekningane av luftkvalitet er basert på emisjonsverdiane for NO og PM10 i hb. N500 frå mars 2010. Desse verdiane byggjer m.a. på gassmålingane i Lærdalstunnelen i 2007 og ei vurdering av redusert NO_x-utslepp frå nye bilar etter innføring av strengare avgasskrav for bilar i Europa frå 2009 og 2014. NO₂-andel i NO_x-utslepp frå lette køyretøy er sett til 20 %. Dette gjev relativt sikre prognoser fram mot 2020, men truleg for høge verdiar vidare framover fordi det er lite sannsynleg av utviklinga av motorteknologi og miljøkrav vil stanse i 2014. Trafikkutvikling og emisjonsverdiar må vurderast nærare i samband med detaljprosjektering av ventilasjonsanlegget.

Figur 4 viser eit eksempel ved einvegstrafikk i nordgåande løp med utskifting av 80 % av lufta ved Kvitsøy og 80 % ved Kråga. Figur 5 viser eit eksempel på luftkvalitet ved einvegstrafikk i sørgåande løp med utskifting av 80 % av lufta ved Kvitsøy og 80 % ved golfbanen. I morgon- og ettermiddagstrafikken ligg den gjennomsnittlege luftkvaliteten i tunnelen rundt 50 - 60 % av grenseverdiane for NO og NO₂.

Stempeleffekten frå trafikken blir kraftig nok til å transportere lufta langs tunnelen utan hjelp av impulsventiler i store delar av døgnet. Sjaktviftene vil regulere kor stor del av luftmengda som må fornyast i takt med trafikk og gassnivå i tunnelen. I figurane er det lagt inn eit grovt overslag av effektbehov til ventilasjon ved normal trafikkavvikling.



Figur 4: Luftkvalitet i nordgåande løp ved maksimal timetrafikk og ÅDT 10 000 ved Harestad i 2025

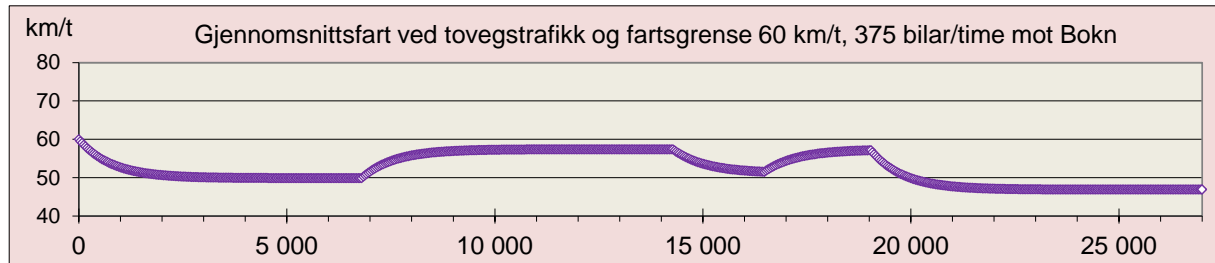


Figur 5: Luftkvalitet i sørgåande løp ved maksimal timetrafikk og ÅDT 10 000 ved Harestad i 2025

I sjakta ved Kvitsøy må det blåstast inn litt meir luft enn det blir trekt ut, slik at det blir etablert ein stabil trekk på 0,5 – 1,0 m/s oppover tunnelarmen mot Kvitsøy. Ved normal trafikk-avvikling, kan trekken opp mot Kvitsøy regulerast ved hjelp av eit svakt overtrykk i krysset utan bruk av impulsventiler i tunnelen.

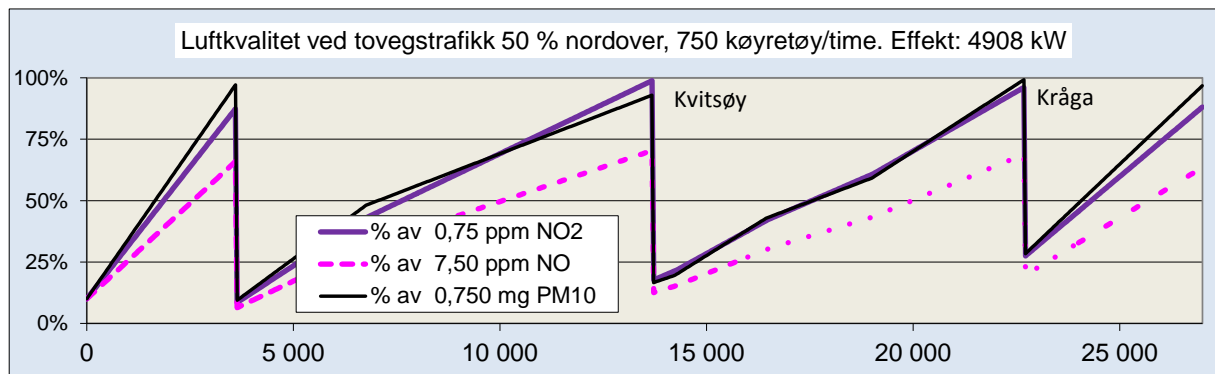
3 Luftkvalitet i tunnelen ved tovegstrafikk

I ROS-analysen for Rogfast er den praktiske kapasiteten ved tovegstrafikk vurdert til 600 – 800 køyretøy/time avhengig av retningsfordeling og tungtrafikk^[ref. 8]. I denne rapporten er ventilasjon ved tovegstrafikk vurdert ved alternative trafikkmengder på 600 – 900 køyretøy/time i 2025 (med 10 % tunge køyretøy).

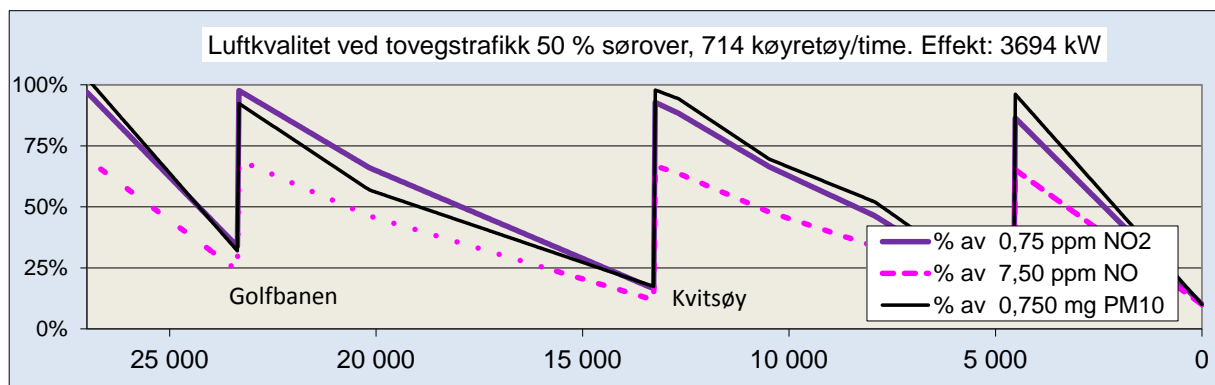


Figur 6: Gjennomsnittsfart ved tovegstrafikk nordover (Harestad til venstre)

Ved tovegstrafikk kan tunnelen ha same ventilasjonsretning som ved einvegstrafikk, men effektbehovet blir stort. I figurane nedanfor er det rekna med fartsgrense på 60 km/t i heile tunnelen. Figur 7 viser eksempel på luftkvalitet ved tovegstrafikk i nordgåande løp ved dimensjonerande timetraffikk i 2025. I denne situasjonen blir 80 % av lufta utskifta ved golfbanen på grunn av gassproduksjon frå sørgåande trafikk mellom Kvitsøy og golfbanen. I diagrammet er det rekna med 80 % utskifting av luft ved Kvitsøy og Kråga. Figur 8 viser tilsvarende situasjon ved tovegstrafikk i sørgåande løp. I begge diagramma er det rekna med ca. 5 % reduksjon av trafikkmengda nord for krysset ved Kvitsøy.



Figur 7: Luftkvalitet ved 375 køyretøy/time i kvar retning i nordgåande løp ved Harestad

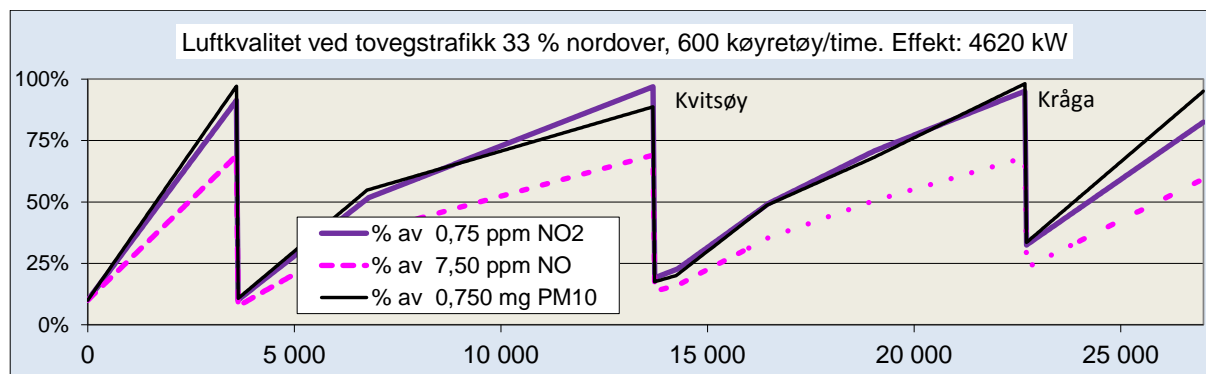


Figur 8: Luftkvalitet ved 357 køyretøy/time i kvar retning i sørgåande løp ved Bokn

Bilar som køyrer i motvind har større luftmotstand enn bilar i medvind. Ved jamt fordelt tovegstrafikk gjev dette ein negativ stempeleffekt som bremsar trekken gjennom tunnelen. Dermed trengst det kraftige impulsvisfer for å overvinne trykktap og motstand frå trafikken og

oppnå ein stabil trekk gjennom heile tunnelen. Impulsviftene kan plasserast ved dei tekniske bygga for kvar 1500 m med 4 – 6 vifter i kvar gruppe.

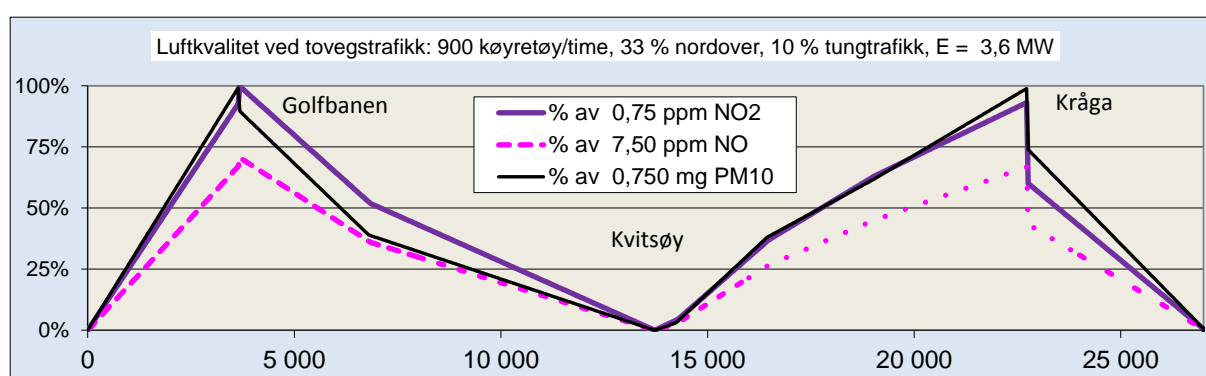
Sjølv om fartsgrensa blir sett ned, får tunnelen mindre kapasitet når det er stor trafikk mot ventilasjonsretninga. Ved installert ventilasjonseffekt på 4 - 5 MW⁴ i kvart løp, blir kapasiteten redusert til ca. 600 køyretøy/time når 2/3 av trafikken går mot Stavanger.



Figur 9: Luftkvalitet ved tovegstrafikk med 600 køyretøy/time ved Harestad og størst trafikk sørover

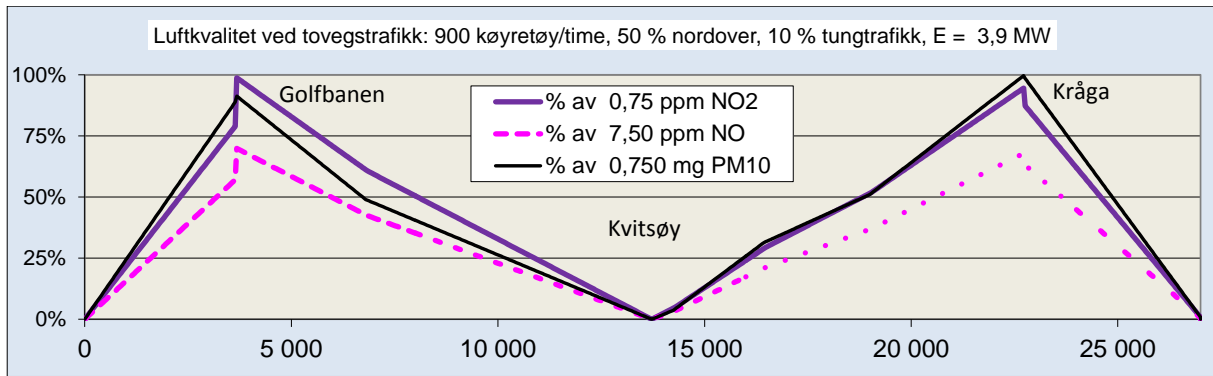
Figur 10 – 12 viser eit alternativ med inntak av frisk luft frå begge portalane og gjennom sjakta på Kvitsøy og avtrekk gjennom sjaktene ved golfbanen og Kråga. Dette alternativet gjev ein god del større kapasitet ved tovegstrafikk i eitt løp og krev mindre effekt enn alternativet med fast ventilasjonsretning gjennom heile tunnelen. Kapasiteten blir ca. 900 køyretøy/time uavhengig av om det er ujamn trafikkmengde nordover og sørover. Større trykkfall under avtrekksviftene ved golfbanen og eit svakt overtrykk i krysset ved Kvitsøy, reduserer behovet for drift av impuls vifter. I tillegg til større kapasitet og redusert effektbehov, har dette alternativet fleire fordelar:

- Inntak av frisk luft gjennom portalane eliminerer problemet med kondens på kald frontrute i inngangssonene
- Begge løp får den same ventilasjonsretninga ved tovegstrafikk. Dette gjev enklare og sikrere styring av normal ventilasjon og brannventilasjon.

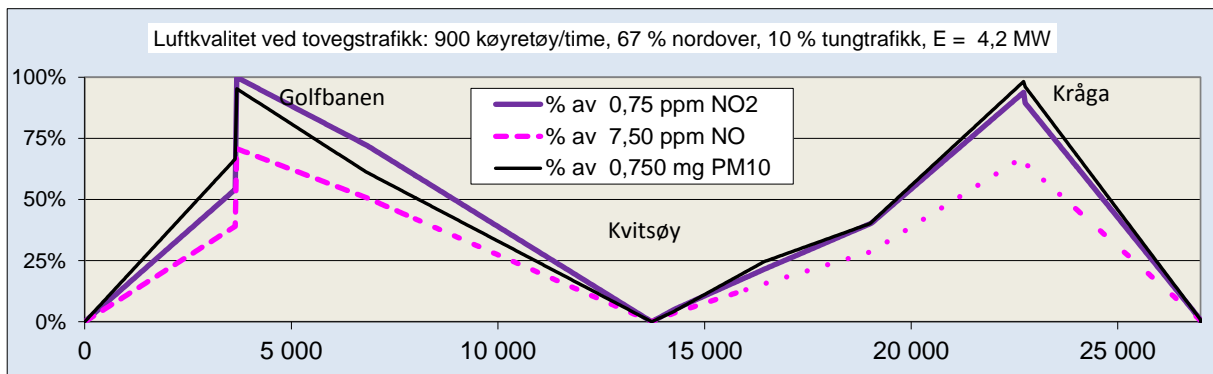


Figur 10: Luftkvalitet ved tovegstrafikk med 750 køyretøy/time ved Harestad og 2/3 av trafikken sørover

⁴ Ventilasjonsmodellen gjev grove anslag for energibruk basert på impuls vifter med 45 kW motor og sjakt vifter med motoreffekt på 100 – 200 kW. Det er forutsett optimal utforming av sjakter, kanalvernsnitt og støydemparar.



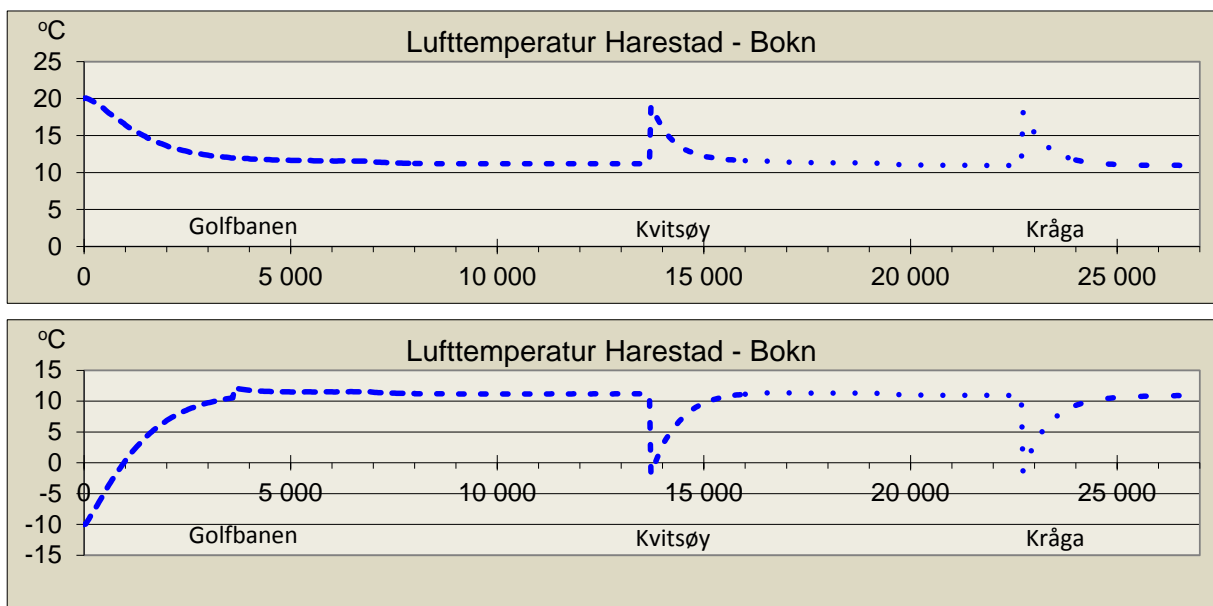
Figur 11: Luftkvalitet ved jamn tovegstrafikk med 750 kjøretøy/time ved Harestad



Figur 12: Luftkvalitet ved tovegstrafikk med 750 kjøretøy/time ved Harestad og 2/3 av trafikken nordover

4 Lufttemperatur og utfordringer med kondens og støv

Ved dimensjonerende timetrafikk i 2025, vil bilane tilføre ca. 20 MW i kvart tunneløp eller knapt 0,8 kW pr. m tunnel. Dette gjev ei svak oppvarming av lufta slik at lufttemperaturen i tunnelen blir litt høgre enn bergtemperaturen rundt tunnelen.

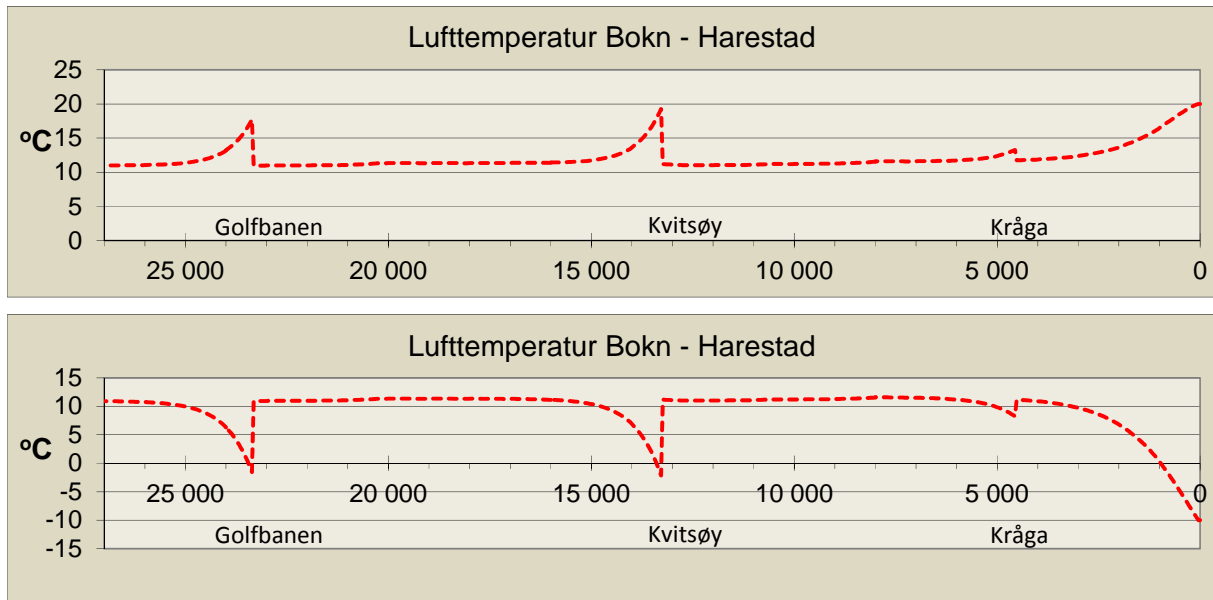


Figur 13: Lufttemperatur i nordgående løp sommar og vinter ved ÅDT 10 000

Figur 13 viser lufttemperatur i tunnelen ved ein konstant bergtemperatur på 10 °C og uisolert tunnelkledning. Bergtemperaturen vil truleg variere litt med avstanden opp til havbotnen. Etter ei overgangsstrekning på 3 – 4 km inn frå portalen, kan det ventast relativt stabil

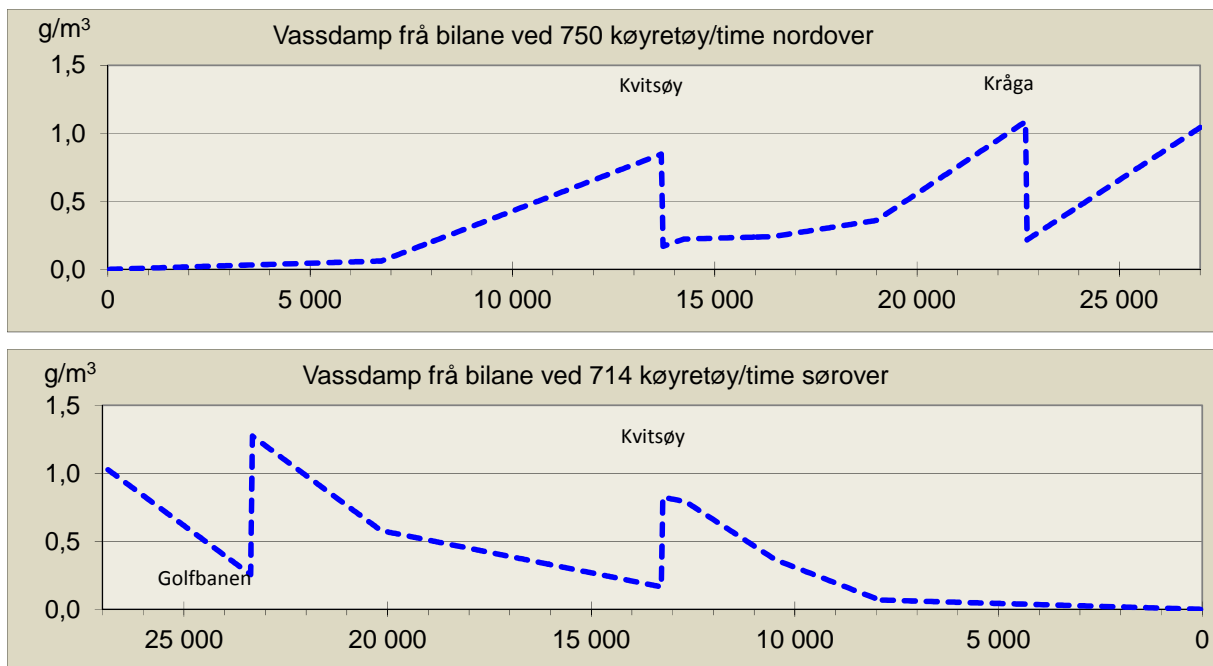
temperatur. Når tunnelen blir ventilert med køyretretninga, blir det ingen brå overgang i inngangssona som kan medføre kondens eller ising på frontruta.

Ved sjaktene ved Kvitsøy og Kråga blir det eit markert temperaturfall i vinterhalvåret sjølv om kompresjon av lufta frå overflata til tunnelnivå og varme frå viftene gjev ei temperaturstigning på 2 – 3 °C. Figur 14 viser tilsvarende temperaturendringar i sørgående løp etter sjaktene ved Kvitsøy og Golfbanen. Friskluftssjaktene skal ha tette vegger og isolasjon av fuktige parti for å unngå iskjøving. Store luftmengder og kort avstand frå dagen til tunnelen, medfører liten varmeutveksling mellom luft og vegg i sjaktene.

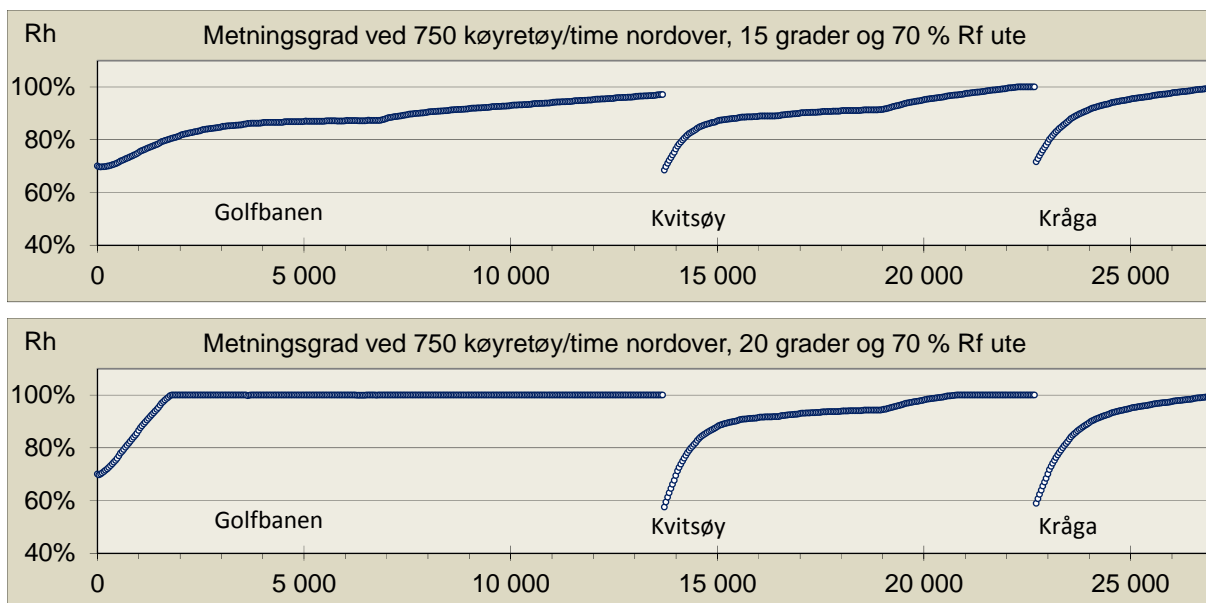


Figur 14: Lufttemperatur i sørgående løp sommar og vinter ved ÅDT 10 000

I sommarhalvåret kan det ventast fuktig luft i tunnelen på grunn av den låge bergtemperaturen og tilført vassdamp frå forbrenning av drivstoff. Ved ÅDT 10.000 får kvart tunnelløp tilført ca. 16.000 liter vatn/døgn frå trafikken. I dei største stigningane gjev trafikken eit tillegg på over 10 % Rf i dimensjonerande time.



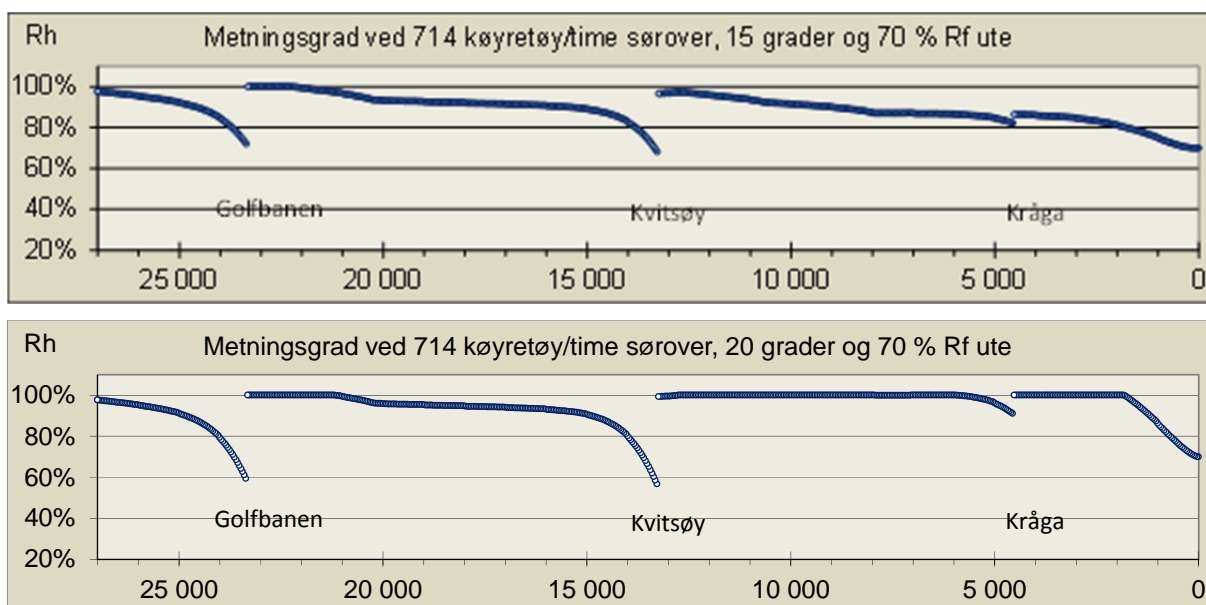
Figur 15: Produsert dampmengde frå trafikken i nord- og sørgående løp



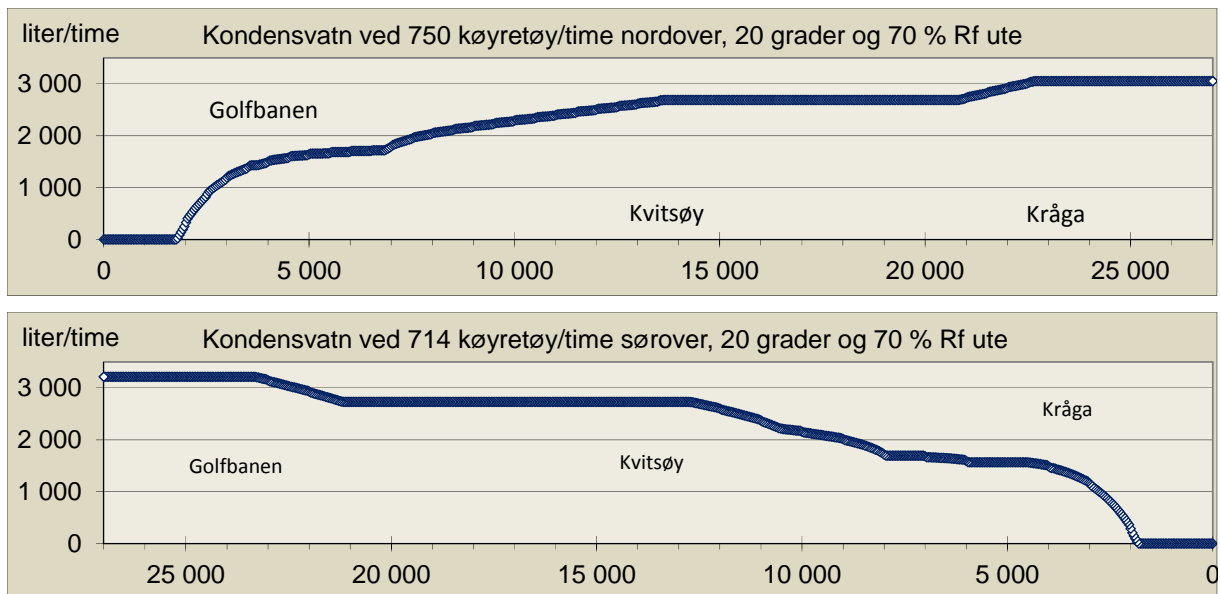
Figur 16: Metningsgrad i nordgående løp ved 15 og 20 °C og 70 % Rf utanfor tunnelen

Figur 16 viser at dampmengda ligg like under metningspunktet i tunnelen når det er 70 % Rf og 15 °C ute i dagen. Ved 20 °C og 70 % Rf, vil tunnelen produsere opp til 3.000 liter vatn i timen i nordgående løp. Tunnelveggen mellom Harestad og sjakta ved golfbanen vil få ei kondensmengde på ca. 0,5 l/s ved dimensjonerande timetrafikk. I midtsona blir det mindre kondens, men nok til at det blir fuktige vegger i store delar av tunnelen når det er varmt ute. Fuktige tunnelvegger fungerer som effektive støvsamlarar og reduserer problema med svevestøv og dårleg sikt i sommarhalvåret.

Utskifting av luft ved Kvitsøy og Kråga gjev positiv effekt, men etter kvart som den friske lufta blir avkjølt og får tilført vassdamp frå trafikken, stig Rf-verdien opp mot metningspunktet igjen slik at det kan oppstå kondens på veggene i stigninga opp mot Kråga og Arsvågen. Figur 17 viser omtrent tilsvarende situasjon i sørgående løp.



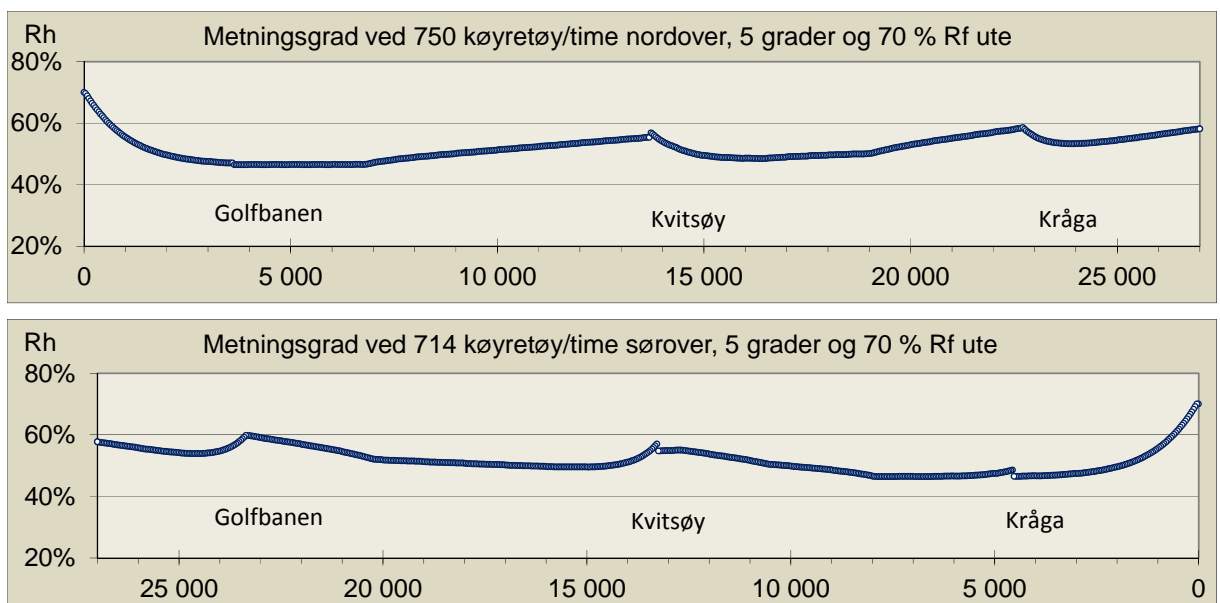
Figur 17: Metningsgrad i sørgående løp ved 15 og 20 °C og 70 % Rf utanfor tunnelen



Figur 18: Produksjon av vatn i tunnelen ved 15 og 20 °C og 70 % Rf utanfor tunnelen

Når lufttemperaturen ligg over bergtemperaturen, oppstår det kondens på veggene utan at tunnellufta er metta av vassdamp. Erfaringar frå andre tunnelar med kalde veggflater, viser at det er lite svevestøv i tunnellufta ved Rf over 80 %, fordi kondensvatnet gjev ei effektiv støvbinding. Med unntak av inngangssonene, bør det ikkje brukast isolasjon i tunnelveggen. Ved detaljprosjektering må det leggjast til rette for kondensering og oppsamling av kondensvatnet på dei kalde veggflatene.

Ved låge temperaturar ute, blir det tørr luft i store delar av tunnelen på grunn av oppvarming sjølv om det blir tilført vassdamp frå forbrenninga av drivstoff. Den tørre lufta vil tørke ut vegstøvet og kan medføre redusert sikt i tunnelen. Utfordringane med svevestøv blir størst ved temperatur under 10 °C utanfor tunnelen. Bruk av lekkasjevatt til luftfukting er eit tiltak som bør vurderast nærare ved detaljprosjektering av tunnelen. Mengda av tilført vatn må regulerast nøyaktig slik at det ikkje oppstår fare for kondens på frontruta ved sjaktene og nær utgangen av tunnelen.



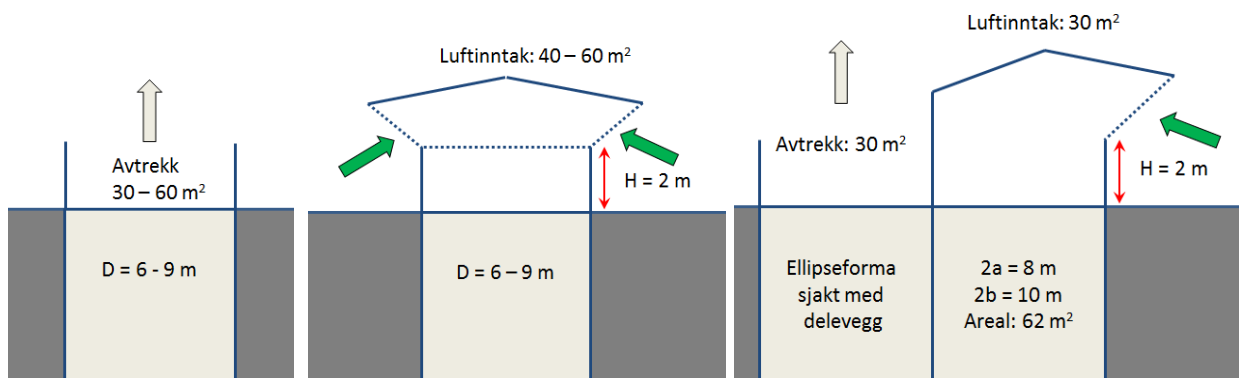
Figur 19: I vinterhalvåret kan det bli tørr luft i tunnelen med større konsentrasjon av svevestøv

5 Ventilasjonssjakter



Figur 20: Eksempel på avtrekkssjakt og anleggsveg (Karmøy tunnelen, $D = 7$ m)

Ventilasjonssjaktene skal ha ei sikring rundt toppen for å hindre fallulukker. Figur 20 viser eit eksempel på ei avtrekkssjakt der gjerdet er plassert oppe på sikringsmuren. Dette «tårnet» er lite synleg på 100 m avstand. Inntakstårn for frisk luft må byggjast med større høgde på sikringsmuren og treng tett tak for å unngå at det kjem snø ned i tunnelen.



Figur 21: Prinsippkisser for sikring av sjakttopp ved enkle og doble ventilasjonssjakter

5.1 Dimensjonerande luftmengder (m^3/s)

| | Golfbanen | Kvitsøy | Kråga |
|------------|-----------|---------|-------|
| Avtrekk | 450 | 500 | 470 |
| Frisk luft | 300 | 600 | 300 |

Tabell 4: Dimensjonerande luftmengder i sjaktene i 2025

Tabell 4 viser luftmengder i dimensjonerande time i 2025. Luftmengdene er ein del mindre enn i ventilasjonsrapporten frå 2007 på grunn av registrert utvikling i gassemisjon frå tunge køyretøy og sikrere prognoser for utviklinga i NO_2 -emisjon etter 2014.

Det er tovegstrafikk og brannventilasjon som blir dimensjonerande for avtrekkskapasiteten. Avtrekkssjakter ved golfbanen og Kråga er dimensjonert for tovegstrafikk med 900 køyretøy/time.

Dimensjoneringsgrunnlaget skal vurderast på nytt under detaljprosjekteringa av tunnelen og oppdaterast etter kvart som det blir utarbeidd nye prognoser for gassemisjon. Bygging av sjaktene vil kome i gang tidlegast 1 – 2 år etter byggjestart for tunnelen.

5.2 Sjakter ved golfbanen

Viftene kan plasserast i store bergrom i tunnelen eller i eit bygg i dagen. Sjaktene får ei høgde på ca. 170 m. To alternativ skal vurderast ved detaljprosjektering:

- To sirkelforma sjakter med diameter på 6 m (Tverrsnitt: 28 m²)
- Ei ellipseforma sjakt med delevegg og aksar på ca. 8 og 10 m (Tverrsnitt: 2 x 30 m²)

5.3 Sjakter og ventilasjonsbygg ved Kvitsøy

Ved krysset i tunnelen er det planlagt fleire bergrom for kryss og rundkøyringar. Usikre geologiske forhold gjer det lite ønskjeleg med store bergrom for vifter ved foten av ventilasjonssjaktene. Ved Kvitsøy er det dermed naturleg å plassere viftene i eit felles ventilasjons- og teknisk bygg ved toppen av dei to sjaktene. Sjaktene får ei høgde på ca. 270 m frå tunnelnivå og bør byggjast med 7 - 8 m diameter. (Tverrsnitt 38 - 50 m²).



Figur 22: Ved Kvitsøy blir ventilasjonssjaktene plasserte ved teknisk bygg like ved tunnelinnslaget på Kråkøy

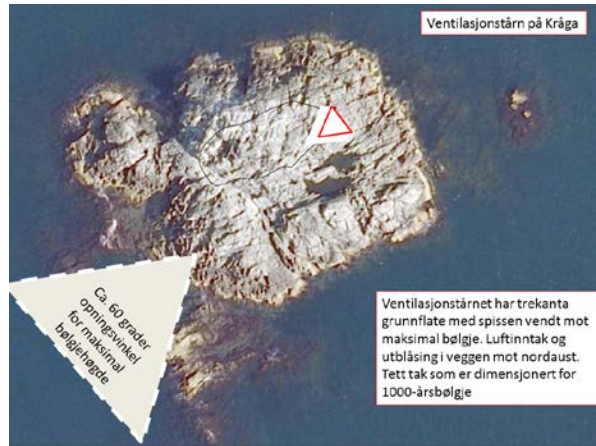
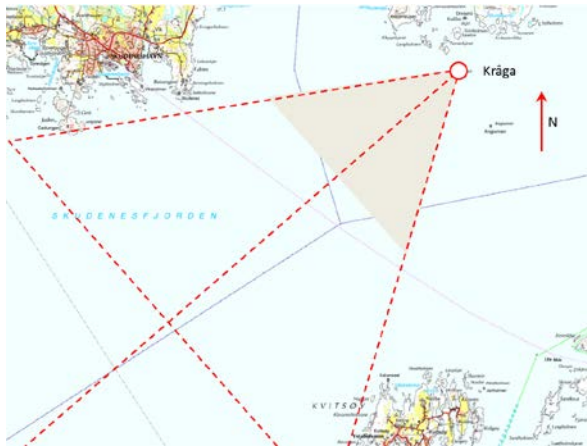
5.4 Sjakt og ventilasjonstårn på Kråga

Kråga er ein ca. 5 m høg holme som er utsett for store bølger frå sørvest. Figur 23 viser ein opningsvinkel på ca. 60 grader mot Nordsjøen. I 1995 vart det registrert ei 26 m høg bølge mot Draupner E-plattformen i ein periode med signifikant bølgehøgde på berre 12 meter⁵.

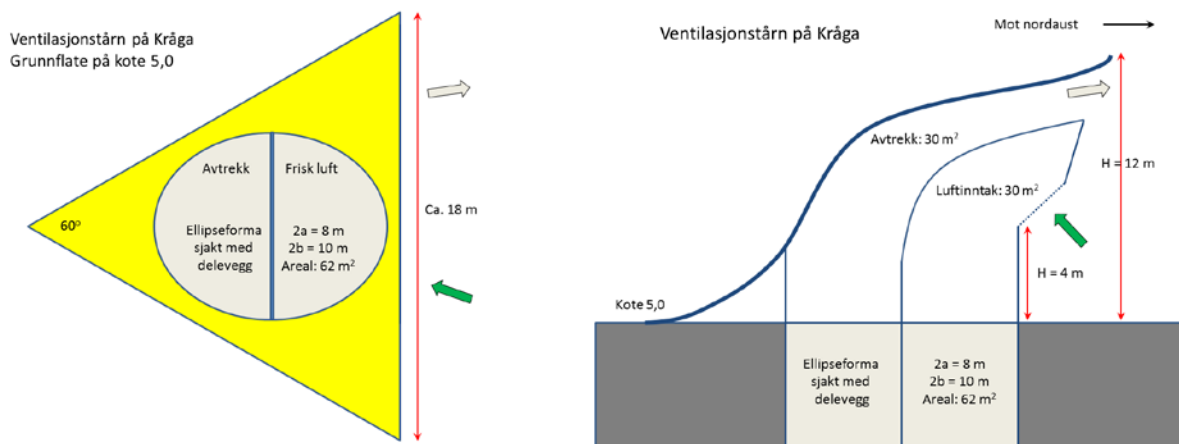
Sjakt og ventilasjonstårn må skjermast mot maksimal bølgehøgde i tunnelen si levetid. Utfordringane med liten plass og store bølgekrefter gjer det naturleg å byggje ei felles overbygg for utblåsing av tunnelluft og inntak for frisk luft. Sjakta kan byggjast med ellipseform og ein delevegg av betong eller som to fullprofilbora sjakter med diameter på 6 m. Viftene blir plasserte nede i tunnelen, ca. 210 m under toppen av Kråga.

Figur 24 viser ei prinsippkisse av eit plogforma tårn med spissen vendt mot sørvest. Tårnet er utforma slik at store bølger vil slå over toppen utan at det renn vatn ned i tunnelen. Opningane for avtrekk og inntak av frisk luft er plasserte i vegen på lesida.

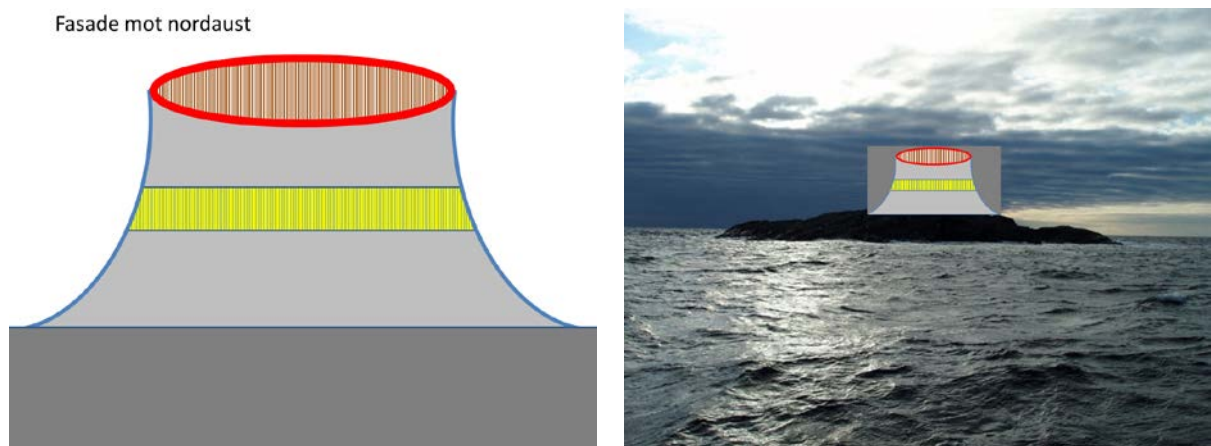
⁵ Signifikant bølgehøgde er gjennomsnittet av den høgste tredjedelen av bølgene i ein periode på 20 minutt



Figur 23: Kråga er ein liten holme som ligg utsett til for store bølger frå Nordsjøen



Figur 24: Prinsippskisse (plan og profil) av ventilasjonstårn på Kråga



Figur 25: Prinsippskisser for tårn med luftinntak i gult felt og avtrekksopning markert med raud farge

6 Utslepp av NO_x (NO + NO₂) og PM10 frå portalar og tårn

Tabell 5 viser gjennomsnittleg dagleg utslepp av gass og støv frå portalar og tårn i 2025 basert på emisjonsverdiene i hb. N500 frå mars 2010, men med 20 % NO₂/NO_x-andel for peronbilar. I tillegg til mengdene i tabellane nedanfor, kan det ventast eksos ut gjennom portalen ved Kvitsøy på ca. 0,4 kg NO₂ og 2,2 kg NO pr. døgn i 2025.

Tabell 6 viser prognose for 2034 ved reduserte emisjonsverdiar. Det er venta litt auka utslepp av NO₂ gjennom portalane frå 2025 til 2034 fordi større trafikk vil gje kraftigare medvind gjennom tunnelen og mindre behov for utskifting av lufta ved sjaktene. Utslepp av NO og NO₂ ved golfbanen, Kvitsøy og Kråga kan derimot bli kraftig redusert fram til 2034. Produksjonen av svevestøv er derimot svært usikker på grunn av mange ukjende faktorar før tunnelen er ferdig prosjektert.

| NO ₂ | Nordover | Sørover | Sum | |
|---------------------------|----------|---------|------|---------|
| Harestad | | 7,5 | 7,5 | kg/døgn |
| Golfbanen | 0,0 | 7,0 | 7,0 | kg/døgn |
| Kvitsøy | 5,1 | 4,1 | 9,2 | kg/døgn |
| Kråga | 6,9 | 0,0 | 6,9 | kg/døgn |
| Laupland | 6,2 | | 6,2 | kg/døgn |
| Sum | 18 | 19 | 37 | kg/døgn |
| NO | Nordover | Sørover | Sum | |
| Harestad | | 35,2 | 35,2 | kg/døgn |
| Golfbanen | 0,0 | 32,1 | 32,1 | kg/døgn |
| Kvitsøy | 23,5 | 18,9 | 42,4 | kg/døgn |
| Kråga | 32,3 | 0,0 | 32,3 | kg/døgn |
| Laupland | 29,0 | | 29,0 | kg/døgn |
| Sum | 85 | 86 | 171 | kg/døgn |
| Sum NO_x | 102,9 | 104,8 | 208 | kg/døgn |
| Sum PM10 | 10,6 | 10,3 | 21 | kg/døgn |

Tabell 5: Gjennomsnittleg utslepp av nitrøse gassar og svevestøv i 2025 ved ÅDT = 10.000 køyretøy/døgn ved Harestad og emisjonsverdiar frå hb. N500 (mars 2010)

| NO ₂ | Nordover | Sørover | Sum | |
|---------------------------|----------|---------|------|---------|
| Harestad | | 8,4 | 8,4 | kg/døgn |
| Golfbanen | 0,0 | 3,1 | 3,1 | kg/døgn |
| Kvitsøy | 1,6 | 1,2 | 2,8 | kg/døgn |
| Kråga | 3,2 | 0,0 | 3,2 | kg/døgn |
| Laupland | 7,7 | | 7,7 | kg/døgn |
| Sum | 12 | 13 | 25 | kg/døgn |
| NO | Nordover | Sørover | Sum | |
| Harestad | | 26,1 | 26,1 | kg/døgn |
| Golfbanen | 0,0 | 9,3 | 9,3 | kg/døgn |
| Kvitsøy | 4,7 | 3,8 | 8,5 | kg/døgn |
| Kråga | 9,8 | 0,0 | 9,8 | kg/døgn |
| Laupland | 24 | | 24 | kg/døgn |
| Sum | 38 | 39 | 78 | kg/døgn |
| Sum NO_x | 51 | 52 | 103 | kg/døgn |
| Sum PM10 | 6,7 | 6,5 | 13 | kg/døgn |

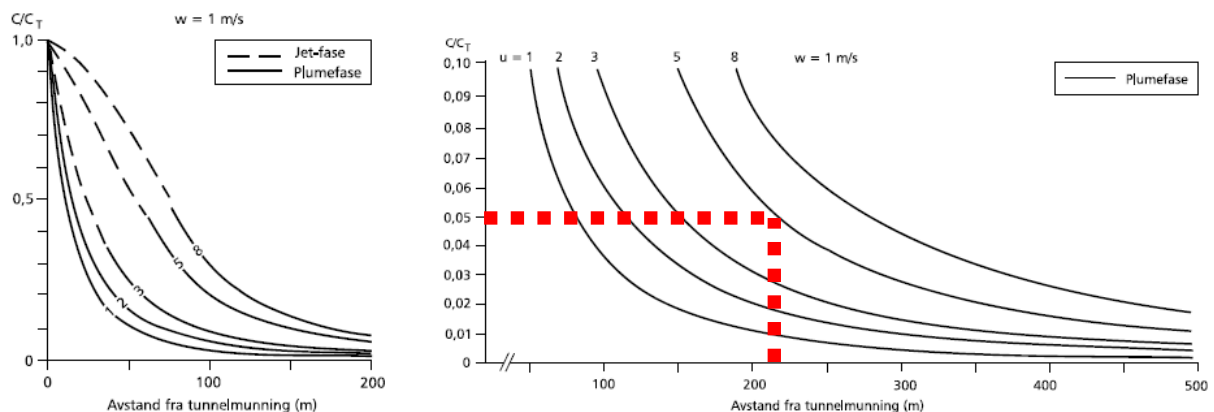
Tabell 6: Gjennomsnittleg utslepp av nitrøse gassar og svevestøv i 2034 ved ÅDT = 12.600 køyretøy/døgn ved Harestad og reduserte emisjonsverdiar for nye bilar etter 2014 (Euro 6)

7 Restriksjonssoner for bygging ved portalar og ventilasjonstårn

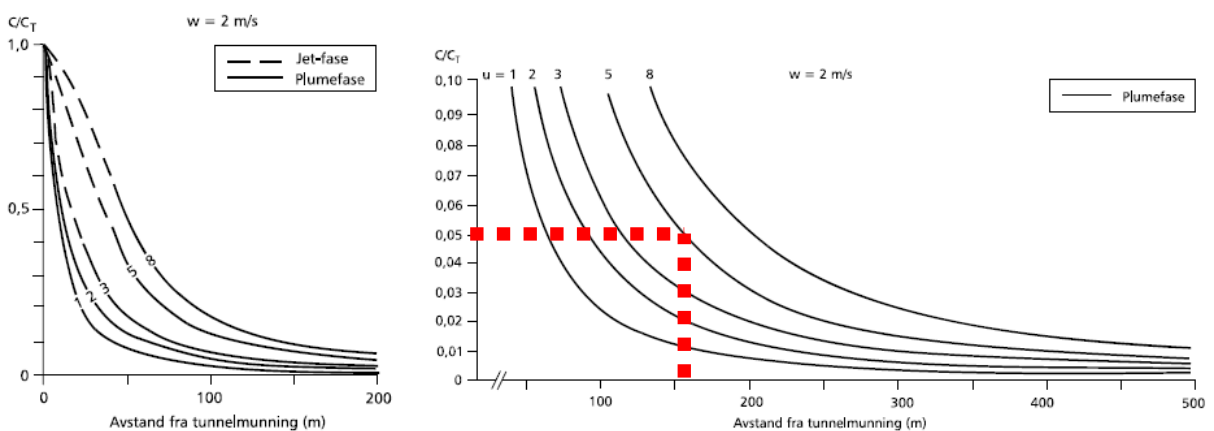
Det bør ikkje plasserast bustadhus, arbeidsplassar eller andre aktivitetar for 8 timars opphald like ved tunnelportalar og ventilasjonstårn der det av og til kan ventast at gjennomsnittskoncentrasjonen av NO_2 i ein time kan kome over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er den anbefalte grenseverdien frå Klima- og forurensningsdirektoratet og Folkehelseinstituttet. Grenseverdien på 1,0 ppm i tunnelen svarar til ca. $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og skal uttynnast 20 gonger før gassblandinga når fram til næraste hus^[6]. Liten trafikk om natta medfører låge døgnverdiar. Årsmiddelverdiene blir også låge pga. gode vindforhold i store delar av året. Dermed er det gjennomsnittsverdiene over ein time som gjev det strengaste kravet ved tunnelportalar og tårn.

Figur 26 viser at når det er lite vind ute og ein trekk på 5 m/s ut av tunnelen, kan det oppstå for høgt NO_2 -nivå langs vegen i avstand opp til ca. 220 m frå tunnelportalen. Figur 27 viser at avstanden blir redusert til ca. 160 m når det bles 2 m/s utanfor tunnelen. Avstanden går ned ved større vindstyrke pga. meir turbulens og raskare innblanding av luft frå større høgde. I korte periodar med stor trafikk, kan den djupe vegskjeringa inn mot portalen og lokale vindforhold, medføre høgt NO_2 -nivå i større avstand enn det som er vist på desse figurane.

Den relativt låge temperaturen på tunnellufta, betyr at det kan ventast flest overskridingar av grenseverdiene for NO_2 i sommarhalvåret. I den kalde årstida får tunnellufta ei naturleg oppdrift ut frå tunnelportalen slik at vi får ei raskare innblanding av frisk luft og eit lægre NO_2 -nivå rundt portalområdet enn det som er vist på figurane nedanfor.



Figur 26: Avstand frå tunnelmunning til oppfylt krav til NO_2 -nivå ved vind rundt 1,0 m/s (Figur A.2 i hb. N500)

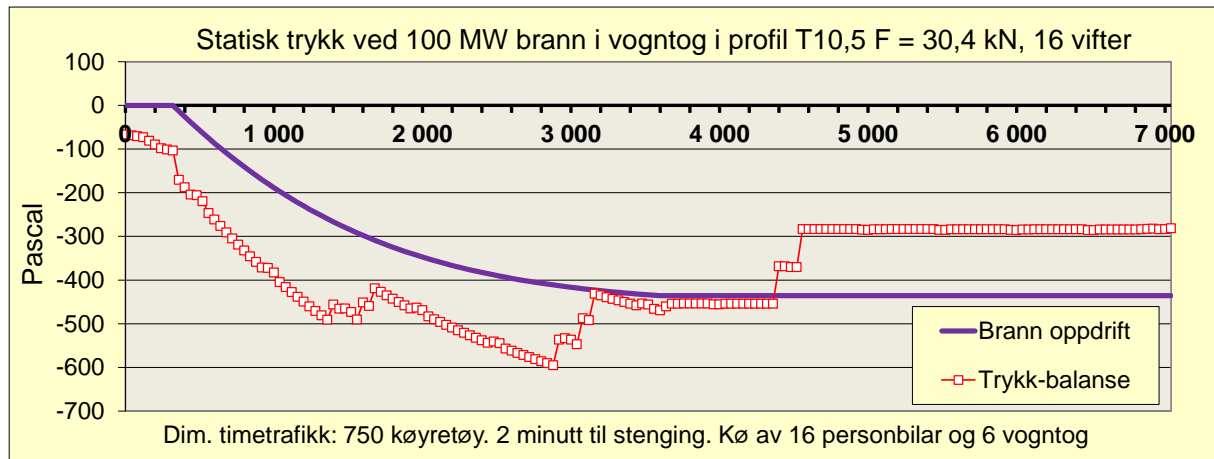


Figur 27: Avstand frå tunnelmunning til oppfylt krav til NO_2 -nivå ved vind rundt 2,0 m/s (Figur A.3 i hb. N500)

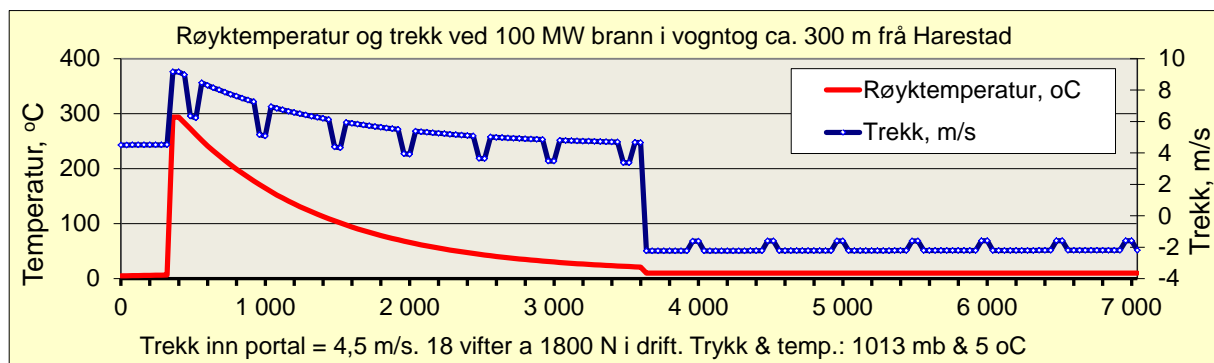
⁶ «Gul sone» i T-1520 «Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging».

8 Brannventilasjon

I reguleringsplanen vart ventilasjonsanlegget dimensjonert for branneffekt på 100 MW i alle delar av tunnelen. Det er brann på strekningar med stort fall nedover som blir dimensjonerande for viftekapasiteten på grunn av oppdrifta i varm røyk. Der tunnelen går i stigning, det vil seie halve tunnelengda, vil ventilasjonsanlegget ha kapasitet til branneffekt på 200 MW.



Figur 28: Eksempel på trykkendring i tunnelen ved 100 MW brann nær Harestad



Figur 29: Eksempel på røyktemperatur og trekk ved 100 MW brann nær Harestad

Figur 28 viser oppdrift frå røyken og trykkfall i tunnelen mellom Harestad og golfbanen ved 100 MW branneffekt nær portalen. Avtrekksviftene ved golfbanen må dimensjonast for eit statisk trykk på ca. 450 Pa i tillegg til trykktap i sjakt, kanalar og lydfeller. Optimal lastfordeling mellom impulsvifter og sjaktvifter må vurderast nærare ved detaljprosjektering av ventilasjonsanlegget. Impulsviftene i tunnelen må styrast slik at det blir normalt trykk i krysset ved Kvitsøy. I dette eksemplet er det brukt asymmetriske vifter på 45 kW med ei effektiv skuvkraft på 1800 N. Det er lagt inn ein svak trekk sørover frå Kvitsøy slik at all røyk blir trekt ut gjennom sjakta ved golfbanen.

Figur 29 viser ein røyktemperatur på ca. 300 °C like etter brannen. Trekk inn mot brannen på 4,5 m/s, gjev røyken ein fart på ca. 10 m/s nedover tunnelen. Farten minkar gradvis etter kvart som røyken blir avkjølt.

Ved detaljprosjektering av ventilasjonsanlegget skal det utarbeidast nøyaktige brannplanar for kvar delstrekning av tunnelen slik at det blir enkelt for operatøren på vaktcentralen å starte korrekt ventilasjonsprogram med eitt tastetrykk.

9 Referansar

- 1 Statens vegvesen, Region vest: E39 Rogfast. Tunnelventilasjon. Ei vurdering av ventilasjonsprinsipp og driftskostnader (notat, 2007.06.05)
- 2 Statens vegvesen, Region vest: E16 Lærdalstunnelen. Kontroll av luftkvalitet og energibruk. Drift av NO₂-filter 3.09 – 7.09 2007 (Intern rapport, 2007-10-24)
- 3 Statens vegvesen, Region vest: Luftkvalitet i 60 tunnelar i mars 2010. Kommentar til ventilasjonskapasitet og styring (Intern rapport, 2010-04-06)
- 4 Statens vegvesen, Rapport nr. 173: NO₂/NO_x-ratio in three tunnels in Norway
- 5 TØI: NO₂-utslipp frå kjøretøyparken i norske storbyer. utfordringer og muligheter frem mot år 2025 (november 2011)
- 6 Statens vegvesen: Håndbok N500 Vegtunneler (mars 2010)
- 7 Statens vegvesen: E39 Rogfast: Konsekvensutredning – høringsutkast (Juli 2007)
- 8 Sintef/Cowi: Rapportnummer A22149. E39 Rogfast. ROS Analyse, tunnel (2012-02-03)

NOTAT

Til: Statens Vegvesen Region Vest v/ Gunnar Lotsberg
Kopi:
Fra: Dag Tønnesen
Dato: Kjeller, 28.10.2013
Ref.: O-113126 / B

Spredning av forurensning fra ventilasjonsjakter / tårn Rogfast

NILU (Norsk institutt for luftforskning) har gjennomført spredningsberegninger med NILUs modell (CONCX) for skorsteiner og sjakter i forbindelse med planlagt ventilasjonsløsning for tunnelprosjektet Rogfast. Utslipp fra sjaktene er mottatt i form av rapport fra SVRV. I samme rapport er forventet luftmengde og tvernsnittareal oppgitt. Spredningsberegningene er utført for maksimale timemiddelkonsentrasjoner av NO₂. På grunn av lav forurensningsbelastning fra andre kilder enn utslipp fra sjaktene, og generelt gode spredningsforhold med relativ høy middelvindstyrke og gode vertikale blandingsforhold vil det være de høyeste timemiddelkonsentrasjoner av NO₂ som ligger nærmest grenseverdier eller luftkvalitetskriterier.

Utslipp for time med høyest utslipp er beregnet ut fra en antagelse om at 10 % av årsdøgntrafikken forekommer i timen på døgnet med høyest trafikk. Det er videre tatt utgangspunkt i utslipp av NO_x og forutsatt at det under spredningsprosessen er nok ozon (O₃) til stede til at for den delen av utslippet som spres ned til bakkenivå er all NO oksydert til NO₂ ved reaksjon med O₃.

Modellberegningene er gjort med inngangsdata som vist i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: Inngangsdata for spredningsberegninger fra ventilasjonstårn for Rogfast.

| Sjakt | Maksimalutslipp | Vertikal lufthastighet | Sjaktareal | Diameter |
|-----------|----------------------------|------------------------|-------------------|----------|
| Golfbanen | 1,3 g/s (NO _x) | 10,7 m/s | 28 m ² | 6 m |
| Kvitsøy | 1,65 g/s(NO _x) | 10,0 m/s | 50 m ² | 8 m |

Med disse inngangsdataene viser beregningene at maksimalkonsentrasjonen i bakkenivå forekommer i området fra 200 til 400 m fra sjakta for Golfbanen og fra 300 til 400 m fra sjakta for Kvitsøy. Nærmere sjakta vil konsentrasjonene være lavere på grunn av at vertikalhastigheten av utslippet gir det en ekstar høyde over bakken før spredningen ned mot bakken starter. Maksimalt beregnet konsentrasjon for maksimalt bidrag til timemiddel NO₂ er 20 µg/m³ for Golbanen og 15 µg/m³ for Kvitsøy.

Deltaker i CIENS og Framsenteret ISO-sertifisert etter NS-EN ISO 9001/ISO 14001

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2027 KJELLER
Tel.: +47 63 89 80 00/Fax: +47 63 89 80 50
Besøk: Instituttveien 18, 2007 Kjeller

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Framsenteret
9296 TROMSØ
Tel.: +47 77 75 03 75/Fax: +47 77 75 03 76
Besøk: Hjalmar Johansens gt. 14, 9007 Tromsø

e-mail: nilu@nilu.no
nilu-tromso@nilu.no
Internet: www.nilu.no
Bank: 5102.05.19030
Foretaksnr.: 941705561

Konsentrasjonsbidragene i time med maksimal belastning er lave i forhold til grenseverdier og luftkvalitetskriterier på henholdsvis $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenseverdi i forurensningsforskriften, krever iverksetting av tiltak) og $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Anbefalt luftkvalitetskriterie fra Folkehelsa, trygt nivå i forhold til helsevirkning).

Årsmiddelkonsentrasjon som følge av sjaktutslippet vil være ca 1 % av det maksimale timemiddelutslippet i retning nordøst for og sørvest for sjakta. For andre retninger vil årsmiddelkonsentrasjonene være lavere. Vintermiddelkonsentrasjonen vil være ca 10 % høyere enn årsmiddelkonsentrasjonene. Denne beregningen bygger på forekomst av vindretning og vindstyrke målt på Sola flyplass, samt forholdet mellom utslipp i maksimalt trafikkert time og gjennomsnittlig døgnutslipp.

Bidrag fra sjaktutslippet til års- og vintermiddelkonsentrasjon av NO₂ vil derfor være mye lavere enn grenseverdi på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for rød og gul sone gitt i retningslinje for luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520).

NOTAT

Til: SVRV v/ Gunnar Lotsberg
Kopi:
Fra: Dag Tønnesen
Dato: Kjeller, 09.01.2014
Ref.: DAT/O-114002

Luftforurensning ved Harestad

Innledning

NILU (Norsk institutt for luftforskning) har på oppdrag fra Statens Vegvesen, region vest (SVRV) gjennomført spredningsberegninger for utslipp fra tunnelmunning på Harestad i forbindelse med tunnelprosjektet Rogfast. Beregningene er gjennomført med "TUNALL" NILUs spredningsmodell for utslipp fra vegtunneler. Beregningene er utført for utslipp av NO₂. Nivået av svevestøv (PM₁₀) er beregnet med grunnlag i de beregnede NO₂-konsentrasjonene. Beregnet konsentrasjonsbidrag fra tunnelmunningen er sammenlignet med sonegrenser i retningslinje for arealplanlegging (T-1520) og med grenseverdier for luftkvalitet i forurensningsforskriftens kapittel 7. Grenseverdier og sonedefinisjoner er vist nedenfor.

| | |
|--|---|
| Rød sone etter T-1520 | PM ₁₀ : 7. høyeste årlige døgnmiddelkonsentrasjon over 50 µg/m ³ NO ₂ : Årsmiddel over 40 µg/m ³ |
| Gul sone etter T-1520 | PM ₁₀ : 7. høyeste årlige døgnmiddelkonsentrasjon over 35µg/m ³ NO ₂ : Vintermiddel over 40 µg/m ³ |
| Grenseverdi for timemiddel NO ₂ -konsentrasjon (Forurensningsforskriften) | 18. høyeste årlige timemiddelkonsentrasjon over 200 µg/m ³ |

For tunnelmunninger vil det ofte kunne forekomme mer omfattende overskridelse av grenseverdien for timemiddelkonsentrasjon av NO₂-konsentrasjon enn overskridelse av grenseverdi for luftkvalitetsonene definert i T-1520. Dette har sammenheng med at variasjonen i spredningsforhold over døgn og sesong gir bedre spredningsforhold enn det som kan forekomme i enkelt-timer med høy munningskonsentrasjon i tunnelen.

Deltaker i CIENS og Framsenteret **ISO-sertifisert etter NS-EN ISO 9001/ISO 14001**

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2027 KJELLER
Tel.: +47 63 89 80 00/Fax: +47 63 89 80 50
Besøk: Instituttveien 18, 2007 Kjeller

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Framsenteret
9296 TROMSØ
Tel.: +47 77 75 03 75/Fax: +47 77 75 03 76
Besøk: Hjalmar Johansens gt. 14, 9007 Tromsø

e-mail: nilu@nilu.no
nilu-tromso@nilu.no
Internet: www.nilu.no
Bank: 5102.05.19030
Foretaksnr.: 941705561

Utslipp

Utslipp i tunnelmunning er hentet fra rapport Nr.138, SVRV, 28.06.2012, E39 Rogfast, tunellventilasjon og luftkvalitet. I henhold til rapporten er trafikkmengde i maksimal time 15 % av årsdøgntrafikken, og utslipp i munning ved Harestad er 8,5 kg NO₂ pr. døgn. Utslipp av svevestøv er oppgitt til 23 kg/døgn som sum for hele tunnelsystemet. Forutsatt samme fordeling av PM₁₀-utslipp som NO₂-utslipp i de ulike utluftningspunktene blir PM₁₀-utslippet ved Harestad 5 kg/døgn.

Utslipp i time med maksimal trafikkmengde er (av NILU) forutsatt å være 15 % av døgnutslippet. Midlere timeutslipp for ett døgn blir da 27,8 % av utslippet for maksimal time siden midlere timeutslipp over døgnet er 1/24 (4,167 %) av døgnutslippet og 4,167/15 er 0,278.

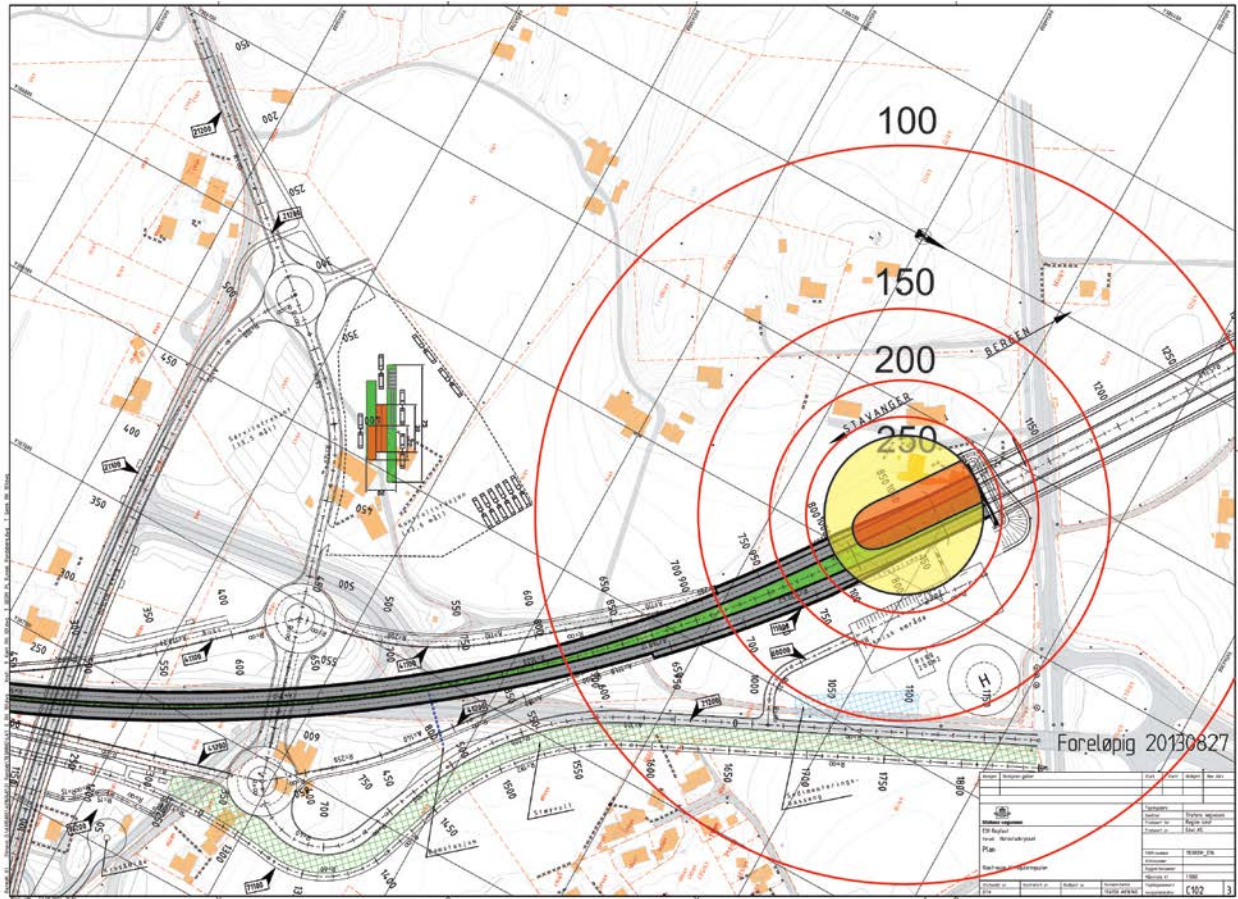
Utslippshastighet og munningskonsentrasjon

Ved envegstrafikkerte tunneler vil trafikkens pumpevirkning sette opp en langsgående hastighet gjennom tunnelen. Kjørethastighet ved Harestad er oppgitt til 60 km/t og årsdøgntrafikken er oppgitt til 12600 kjt/døgn. Dette gir en trafikkindusert lufthastighet på 4 m/s i tunnelportalen. Det er benyttet et tunnelverrsnitt på 53 m² i beregningene. Disse inngangsdataene gir en munningskonsentrasjon av NO₂ i maksimalt trafikkert time på 1,67 mg/m³. I spredningsberegningene er det videre benyttet et tillegg for bakgrunnskonsentrasjon på 50 µg/m³, som i sum representerer både NO₂ og bidrag fra ozon som vil oksidere NO til NO₂ i løpet av spredningsprosessen."

Konsentrasjoner utenfor munningen

Figuren nedenfor viser nivå og utbredelse av maksimale timemiddelkonsentrasjoner av NO₂. Utgangspunkt for atmosfærisk spredning (som vil følge vindretningen under time med maksimalt utslipp) ligger 55 m fra tunnelmunningen. Utbredelsen gjelder for timer med maksimal trafikk og samtidig svak vindstyrke (1 m/s). Det er foretatt en beregning av årsmiddelkonsentrasjoner som korresponderer til de angitte nivåene av timemiddelkonsentrasjon vist i figuren. Beregningene er baser på midlere vindstyrker og midlere vindretningsfordeling målt på Sola fra 1961 til 1990. Tabellen nedenfor viser vindretningsfordeling, midlere vindstyrke, belastningsfaktor vektet med forekomst og vindstyrke, samt beregnet årsmiddelkonsentrasjon 120 m fra tunnelmunningen. Kombinasjonen av vindstyrke og vindretningsforekomst som gir høyest årsmiddelkonsentrasjon er vind fra sør-sørøst, årsmiddelkonsentrasjon som svarer til timemiddelkonsentrasjon 120m fra munning på 250 µg/m³ er under 2 µg/m³. Selv om vintermiddelkonsentrasjonen skulle være dobbelt så høy som årsmiddelkonsentrasjonen er det svært god margin til grenseverdien for gul sone (40 µg/m³).

| Vindretning | Frekvens(%) | Styrke (m/s) | Belastning | Konsentrasjon |
|-------------|-------------|--------------|------------|---------------|
| n | 6,4 | 4,5 | 0,014 | 1,0 |
| nnø | 3,2 | 2,8 | 0,011 | 0,8 |
| nø | 2,4 | 2 | 0,012 | 0,9 |
| ønø | 2,8 | 2,5 | 0,011 | 0,8 |
| ø | 3,6 | 3,5 | 0,010 | 0,7 |
| øsø | 8 | 3,6 | 0,022 | 1,6 |
| sø | 10,4 | 4,6 | 0,023 | 1,6 |
| ssø | 12,8 | 5 | 0,026 | 1,8 |
| s | 10 | 5,5 | 0,018 | 1,3 |
| ssv | 6 | 6 | 0,010 | 0,7 |
| sv | 3,6 | 6,5 | 0,006 | 0,4 |
| vsv | 4 | 6 | 0,007 | 0,5 |
| v | 4,4 | 6 | 0,007 | 0,5 |
| vnv | 6,4 | 6 | 0,011 | 0,8 |
| nv | 7,2 | 6,2 | 0,012 | 0,8 |
| nnv | 8,8 | 5,8 | 0,015 | 1,1 |



Figur: Mulig utbredelse av høye timemiddelkonsentrasjoner uavhengig av vindretning.

Belastning av svevestøv, der grenseverdiene gjelder for døgnmiddel, kan beregnes fra NO_2 -konsentrasjonene. Forholdet mellom midlere timeutslipp i døgnet av PM_{10} og maksimalt timeutslipp av NO_2 er 0,162 ($0,278 \times 5 / 8,5$). Forutsatt at det er svak vind og ingen variasjon i vindretning i 24 timer i ett døgn vil da døgnmiddelkonsentrasjonen av PM_{10} bli under $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på samme avstand (120 m) som maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_2 er $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De svært konservative forutsetningene i denne beregningen gjør at dette er et høyt estimat for døgnet med maksimal belastning.

Konklusjon

I forhold til retningslinjer for luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520) vil forekomst av sone med gul luftkvalitet være begrenset til vegarealet utenfor tunnelmunningen ut til 120 m fra munningen. Området med gul og rød sone er vist i figuren over. På grunn av utslippene på selve vegen vil det også være rød/gul sone langs vegen utenfor tunnelmunningen. Dette er ikke vist på figuren.

Grenseverdi for timemiddelkonsentrasjoner av NO_2 vil imidlertid kunne overskrides i området innenfor utbredelse av $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vist i figuren ovenfor.

NOTAT

Til: SVRV v/ Gunnar Lotsberg
Kopi:
Fra: Dag Tønnesen
Dato: Kjeller, 28.03.2014
Ref.: DAT/O-114002

E39 Rogfast. Luftforurensning ved Laupland i Bokn

Innledning

NILU (Norsk institutt for luftforskning) har på oppdrag fra Statens vegvesen, Region vest (SVRV) gjennomført spredningsberegninger for utslipp fra tunnelmunning på Laupland i forbindelse med tunnelprosjektet Rogfast. Beregningene er gjennomført med "TUNALL" NILUs spredningsmodell for utslipp fra vegtunneler. Beregningene er utført for utslipp av NO₂. Nivået av svevestøv (PM₁₀) er beregnet med grunnlag i de beregnede NO₂-konsentrasjonene. Beregnet konsentrasjonsbidrag fra tunnelmunningen er sammenlignet med sonегrenser i retningslinje for arealplanlegging (T-1520) og med grenseverdier for luftkvalitet i forurensningsforskriftens kapittel 7. Grenseverdier og sonedefinisjoner er vist nedenfor.

| | |
|--|---|
| Rød sone etter T-1520 | PM ₁₀ : 7. høyeste årlige døgnmiddelkonsentrasjon over 50 µg/m ³ NO ₂ : Årsmiddel over 40 µg/m ³ |
| Gul sone etter T-1520 | PM ₁₀ : 7. høyeste årlige døgnmiddelkonsentrasjon over 35µg/m ³ NO ₂ : Vintermiddel over 40 µg/m ³ |
| Grenseverdi for timemiddel NO ₂ -konsentrasjon (Forurensningsforskriften) | 18. høyeste årlige timemiddelkonsentrasjon over 200 µg/m ³ |

For tunnelmunninger vil det ofte kunne forekomme mer omfattende overskridelse av grenseverdien for timemiddelkonsentrasjon av NO₂-konsentrasjon enn overskridelse av grenseverdi for luftkvalitetsonene definert i T-1520. Dette har sammenheng med at variasjonen i spredningsforhold over døgn og sesong gir bedre spredningsforhold enn det som kan forekomme i enkelt-timer med høy munningskonsentrasjon i tunnelen.

Deltaker i CIENS og Framsenteret **ISO-sertifisert etter NS-EN ISO 9001/ISO 14001**

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2027 KJELLER
Tel.: +47 63 89 80 00/Fax: +47 63 89 80 50
Besøk: Instituttveien 18, 2007 Kjeller

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Framsenteret
9296 TROMSØ
Tel.: +47 77 75 03 75/Fax: +47 77 75 03 76
Besøk: Hjalmar Johansens gt. 14, 9007 Tromsø

e-mail: nilu@nilu.no
nilu-tromso@nilu.no
Internet: www.nilu.no
Bank: 5102.05.19030
Foretaksnr.: 941705561

Utslipp

Utslipp i tunnelmunning er hentet fra rapport Nr.138, SVRV, 28.06.2012, E39 Rogfast, tunellventilasjon og luftkvalitet. I henhold til rapporten er trafikkmengde i maksimal time 15 % av årsdøgntrafikken, og utslipp i munning ved Laupland er 8,2 kg NO₂ pr. døgn. Utslipp av svevestøv er oppgitt til 23 kg/døgn som sum for hele tunnelsystemet. Forutsatt samme fordeling av PM₁₀-utslipp som NO₂-utslipp i de ulike utluftningspunktene blir PM₁₀-utslippet ved Arsvågen 4,8 kg/døgn.

Utslipp i time med maksimal trafikkmengde er (av NILU) forutsatt å være 15 % av døgnutslippet. Midlere timeutslipp for ett døgn blir da 27,8 % av utslippet for maksimal time siden midlere timeutslipp over døgnet er 1/24 (4,167 %) av døgnutslippet og 4,167/15 er 0,278.

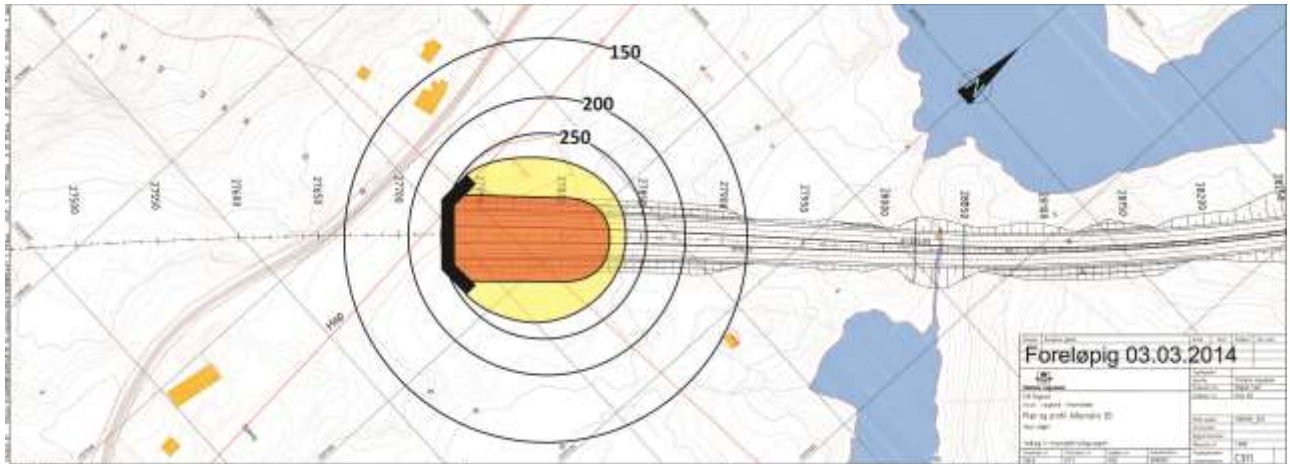
Utslippshastighet og munningskonsentrasjon

Ved envegstrafikkerte tunneler vil trafikkenes pumpevirkning sette opp en langsgående hastighet gjennom tunnelen. Kjørethastighet ved Laupland er oppgitt til 80 km/t for lette kjøretøy og 25-30 km/t for tunge kjøretøy. Årsdøgntrafikken er oppgitt til 12000 kjt/døgn. Dette gir en trafikkindusert lufthastighet på 4 m/s i tunnelportalen. Det er benyttet et tunnelverrsnitt på 53 m² i beregningene. Disse inngangsdataene gir en munningskonsentrasjon av NO₂ i maksimalt trafikert time på 1,61 mg/m³. I spredningsberegningene er det videre benyttet et tillegg for bakgrunnskonsentrasjon på 50 µg/m³, som i sum representerer både NO₂ og bidrag fra ozon som vil oksidere NO til NO₂ i løpet av spredningsprosessen."

Konsentrasjoner utenfor munningen

Figuren nedenfor viser nivå og utbredelse av maksimale timemiddelkonsentrasjoner av NO₂. Utgangspunkt for atmosfærisk spredning (som vil følge vindretningen under time med maksimalt utslipp) ligger 55 m fra tunnelmunningen. Utbredelsen gjelder for timer med maksimal trafikk og samtidig svak vindstyrke (1 m/s). Det er foretatt en beregning av årsmiddelkonsentrasjoner som korresponderer til de angitte nivåene av timemiddelkonsentrasjon vist i figuren. Beregningene er baser på midlere vindstyrker og midlere vindretningsfordeling målt på Sola fra 1961 til 1990. Tabellen nedenfor viser vindretningsfordeling, midlere vindstyrke, belastningsfaktor vektet med forekomst og vindstyrke, samt beregnet årsmiddelkonsentrasjon 120 m fra tunnelmunningen. Kombinasjonen av vindstyrke og vindretningsforekomst som gir høyest årsmiddelkonsentrasjon er vind fra sør-sørøst, årsmiddelkonsentrasjon som svarer til timemiddelkonsentrasjon 120m fra munning på 250 µg/m³ er under 2 µg/m³. Selv om vintermiddelkonsentrasjonen skulle være dobbelt så høy som årsmiddelkonsentrasjonen er det svært god margin til grenseverdien for gul sone (40 µg/m³).

| Vindretning | Frekvens(%) | Styrke (m/s) | Belastning | Konsentrasjon |
|-------------|-------------|--------------|------------|---------------|
| n | 6,4 | 4,5 | 0,014 | 1,0 |
| nnø | 3,2 | 2,8 | 0,011 | 0,8 |
| nø | 2,4 | 2 | 0,012 | 0,9 |
| ønø | 2,8 | 2,5 | 0,011 | 0,8 |
| ø | 3,6 | 3,5 | 0,010 | 0,7 |
| øse | 8 | 3,6 | 0,022 | 1,6 |
| se | 10,4 | 4,6 | 0,023 | 1,6 |
| sse | 12,8 | 5 | 0,026 | 1,8 |
| s | 10 | 5,5 | 0,018 | 1,3 |
| ssv | 6 | 6 | 0,010 | 0,7 |
| sv | 3,6 | 6,5 | 0,006 | 0,4 |
| vsv | 4 | 6 | 0,007 | 0,5 |
| v | 4,4 | 6 | 0,007 | 0,5 |
| vrv | 6,4 | 6 | 0,011 | 0,8 |
| rv | 7,2 | 6,2 | 0,012 | 0,8 |
| rvv | 8,8 | 5,8 | 0,015 | 1,1 |



Figur: Mulig utbredelse av høye timemiddelkonsentrasjoner uavhengig av vindretning.

Belastning av svevestøv, der grenseverdiene gjelder for døgnmiddel, kan beregnes fra NO_2 -konsentrasjonene. Forholdet mellom midlere timeutslipp i døgnet av PM_{10} og maksimalt timeutslipp av NO_2 er 0,162 ($0,278 \times 5 / 8,5$). Forutsatt at det er svak vind og ingen variasjon i vindretning i 24 timer i ett døgn vil da døgnmiddelkonsentrasjonen av PM_{10} bli under $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på samme avstand (120 m) som maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_2 er $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De svært konservative forutsetningene i denne beregningen gjør at dette er et høyt estimat for døgnet med maksimal belastning.

Konklusjon

I forhold til retningslinjer for luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520) vil forekomst av sone med gul luftkvalitet være begrenset til vegarealet utenfor tunnelmunningen ut til 120 m fra munningen. Området med gul og rød sone er vist i figuren over. På grunn av utslippene på selve vegen vil det også være rød/gul sone langs vegen utenfor tunnelmunningen. Dette er ikke vist på figuren. Grenseverdi for timemiddelkonsentrasjoner av NO_2 vil imidlertid kunne overskrides i området innenfor utbredelse av $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vist i figuren ovenfor.



Statens vegvesen

Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram saman