

NILU: OR 29/99
REFERANSE: O-97067
DATO: MAI 1999
ISBN: 82-425-1084-9

E-39 Hovedveg gjennom Åsane i Bergen

Vurdering av luftforurensning

Knut Erik Grønnskei

Innhold

	Side
Sammendrag.....	3
1 Innledning.....	9
2 Metoder og forutsetninger	9
3 Tunnel- og trafikkdata	10
4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft	13
5 Forurensningskonsentrasjoner i Åsane	14
6 Utslipp	15
7 Resultater fra spredningsberegningene	17
7.1 Resultatet av beregninger for tunnelmunningene	17
7.2 Forurensninger ved åpne veier i området	37
8 Tiltak for å redusere forurensningsbelastning.....	37
8.1 Rensing av tunnelluften	37
8.2 Utslipp av ventilasjonsluft fra tunnelen gjennom vertikale sjakter	38
8.3 Framtidig utvikling	38
9 Referanser.....	38
Vedlegg A Generelt om luftforurensning fra trafikk	41

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Hordaland utført beregninger av luftforurensing fra planlagte tunneler i forbindelse med utbygging av E-39 i Åsane i Bergen. Det er utført beregninger av produksjon av nitrogenoksider (NO_x) og karbonmonoksid (CO) for 6 alternativer, samt spredning av forurensninger fra tunnelmunninger. Hvert alternativ består av en eller flere tunneler. Svevestøv er ikke tatt med i beregningene, da det ikke finnes ferdigutviklet programverktøy for å beregne produksjon og spredning av svevestøv fra tunneler. Vurdering av støvforurensningene (PM_{10}) er basert på målinger ved tilsvarende tunneler og på eksisterende data for utslipp.

Beregningene er utført for trafikksituasjoner i rushtiden, med trafikkflyt i begge retninger. Videre er krav til ventilasjon og tilførsel av ventilasjonsluft beregnet for de samme trafikksituasjonene. Forurensningsbelastningen (maksimal forurensningsgrad) ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO_2) og sammenlignet med SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Anbefalte luftkvalitetskriterier fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og nasjonale mål for uteluft og grenseverdier for tunnelluft er vist i tabell A.

Tabell A: *Anbefalte luftkvalitetskriterier og nasjonale mål utenfor tunnelene (uteluft) og grenseverdier i tunnelene (tunnelluft).*

	Komponent	Midl.tid	Konsentrasjon
Uteluft (SFT, 1992)	CO	1 time	25 mg/m ³
		8 timer	10 mg/m ³
	NO ₂	1 time	100 µg/m ³
		24 timer	75 µg/m ³
PM ₁₀	24 timer	35 µg/m ³	
	NO ₂	1 time	150 µg/m ³
		overskrides max	8 timer pr år innen 2010
Nasjonale mål (Dep 1998)	PM ₁₀	24 timer	50 µg/m ³
		overskrides max	25 dager pr. år i 2005 7 dager pr. år i 2010
Tunnelluft (Vegdirektoratet, 1988)	CO	Maksverdi*	250 mg/m ³
	NO _x	Maksverdi*	28 200 µg/m ³
	NO ₂	Maksverdi*	2 800 µg/m ³

* Øyeblikksverdi.

Ved fastsettelsen av SFTs anbefalte luftkvalitetskriteriene er det anvendt en usikkerhetsfaktor på ca. 5 for NO₂ og CO og 2 for PM₁₀. Det betyr at eksponeringsnivåene må opp i 5 (2) ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. De anbefalte kriteriene kan derfor ikke tolkes slik at nivåer over disse er definitivt helseskadelige, men det kan heller

ikke utelukkes effekter hos spesielt sårbare individer selv ved nivåer under anbefalte luftkvalitetskriterier

NILUs undersøkelser i Oslo tyder på sammenheng mellom eksponering for NO_2 , samt finfraksjonen av partikkelforurensning og sannsynligheten for symptomer på helseeffekter.

I beregningene er det brukt samme metoder som er benyttet ved tilsvarende tunneler i andre byer. Beregningsmetodene er utviklet på grunnlag av teori og målinger (Gotaas, 1981; Iversen, 1982; Larssen og Iversen, 1984).

Utslipp av karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet for år 2015 for tiden med størst trafikkbelastning, dvs. rushtid om ettermiddagen med følgende inngangsdata:

1. Maksimal trafikkintensitet
2. Tunneldata
3. Tungtrafikkandel (8%).
4. Kaldstartandel (10%).

Forurensning ved tunnelmunningene

CO - og NO_2 -konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte maksimale trafikkmengder og estimerte kjørehastigheter i "rushtiden". Tabell B viser resultatet av beregningene. Munningskonsentrasjoner beregnet for ventilasjonshastighet er som vist i tabellen. Ventilasjonshastigheten skyldes at bilene danner en luftstrøm i enveiskjørtede tunneler. Konsentrasjonsverdiene er betydelig lavere enn grenseverdiene for tunnelluft.

Tabell B: Maksimale munningskonsentrasjoner. kjørehastighet: 80 km/t.

Tunnel / Vegalt.	Munning	Vent. hast. m/s	Konsentrasjon* i tunnelen			Bakgrunnskonsentrasjon		
			CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀
Eikåstunnelen-A og -A1	S	5,9	3 + 1 = 4	166 + 64 = 230	12 + 25 = 37	3	36	40
	N	5,9	2 + 3 = 5	43 + 96 = 139	12 + 40 = 52	1	4	25
Haukåstunnelen-A1	S	4,7	1 + 1 = 2	50 + 64 = 114	8 + 25 = 33	1	4	25
	N	4,7	2 + 1 = 3	87 + 64 = 151	8 + 25 = 33	1	4	25
Almåstunnelen-A1	S	4,7	6 + 1 = 7	235 + 64 = 299	15 + 25 = 40	1	4	25
	N	4,7	6 + 1 = 7	275 + 64 = 339	15 + 25 = 40	1	4	25
Litlafjelltunnelen-B	S	5,5	14 + 1 = 15	654 + 64 = 718	67 + 25 = 92	3	36	40
	N	5,5	11 + 3 = 14	469 + 96 = 565	67 + 40 = 107	1	4	25
Telleviktunnelen-C	S	5,2	19 + 1 = 20	866 + 64 = 930	87 + 25 = 112	3	36	40
	N	5,2	16 + 3 = 19	622 + 96 = 718	87 + 40 = 127	1	4	25
Telleviktunnelen-D	S	5,1	15 + 1 = 16	811 + 64 = 875	75 + 25 = 100	1	4	25
	N	5,1	9 + 1 = 10	267 + 64 = 331	75 + 25 = 100	1	4	25
Sauråstunnelen-D	S	5,8	2 + 1 = 3	79 + 64 = 143	12 + 25 = 37	3	36	40
	N	5,8	3 + 3 = 6	137 + 96 = 233	12 + 40 = 55	1	4	25
Sauråstunnelen-E	S	5,8	2 + 1 = 3	78 + 64 = 142	15 + 25 = 40	3	36	40
	N	5,8	3 + 3 = 6	149 + 96 = 245	15 + 410 = 55	1	4	25
Telleviktunnelen-E	S	5,2	11 + 1 = 12	619 + 64 = 683	44 + 25 = 69	1	4	25
	N	5,2	7 + 1 = 8	200 + 64 = 264	44 + 25 = 69	1	4	25
Lokk v/Forvatn-F	S	5,2	1 + 1 = 2	41 + 64 = 105	2 + 25 = 27	3	36	40
	N	5,2	1 + 3 = 6	47 + 96 = 143	2 + 40 = 42	1	4	25
Telleviktunnelen-F	S	5,2	12 + 1 = 13	650 + 64 = 714	45 + 25 = 70	1	4	25
	n	5,2	7 + 1 = 8	201 + 64 = 265	45 + 25 = 80	1	4	25

* Konsentrasjon på grunn av utslipp i tunnelen + bakgrunnsverdi i området hvor ventilasjonsluften trekkes inn i tunnelen.

Tabell C a: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner som følge av NO_2 -utslipp er redusert til gitte nivåer. Nivåene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Det er gitt en minimumsavstand og en maksimumsavstand for $100 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$. Maksimumsavstanden forutsetter at all ozon i bakgrunnsluften er omdannet til NO_2 . Det vil ikke forekomme utenfor byområder. Enhet: m.

Tunnel / Vegalternativ	Munning	V_0 m/s	Jet m	Bakg. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C_m $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$C > 200$ m	$C > 150$ m	Min. $C > 100$ m	Maks. $C > 100$ m
Eikåstunnelen -A, A1	S	5,9	72	36+60 = 96	230	39	66	96	>400
	N	5,9	72	4+60 = 64	179	–	27	61	96
Haukåstunnelen -A1	S	4,7	65	4+60 = 64	114	–	–	16	76
	N	4,7	65	4+60 = 64	151	–	–	36	89
Almåstunnelen - A1	S	4,7	65	4+60 = 64	299	34	53	75	133
	N	4,7	65	4+60 = 64	339	42	60	80	133
Litlafjelltunnelen - B	S	5,5	71	36+60 = 96	718	103	126	174	>400
	N	5,5	71	4+60 = 64	565	80	94	120	207
Telleviktunnelen - C	S	5,2	69	36+60 = 96	930	114	141	194	>400
	N	5,2	69	4+60 = 64	718	89	105	133	229
Telleviktunnelen - D	S	5,1	69	4+60 = 64	875	99	117	148	254
	N	5,1	69	4+60 = 64	331	45	65	85	149
Sauråstunnelen - D	S	5,2	69	36+60 = 96	143	–	–	71	336
	N	5,2	69	4+60 = 64	233	19	45	73	129
Telleviktunnelen - E	S	5,2	69	4+60 = 64	683	87	103	130	225
	N	5,2	69	4+60 = 64	264	30	51	76	133
Sauråstunnelen - E	S	5,8	72	36+60 = 96	142	–	–	71	169
	N	5,8	72	4+60 = 64	245	24	49	76	–
Telleviktunnelen - F	S	5,2	69	4+60 = 64	714	89	106	134	230
	N	5,2	69	4+60 = 64	265	30	51	76	133
Lokk v/Forvatn - F	S	5,2	72	36+60 = 96	105	–	–	44	334
	N	5,2	72	4+60 = 64	143	–	–	32	–

V_0 : Ventilasjonshastighet i tunnelen

Jet : Jetsonens utstrekning. Ventilasjonsluften følger veien i Jetsonen som følge av ventilasjonshastigheten i tunnelen.

Bakg. : NO_2 -konsentrasjon i luften som omkring tunnelmunningen.

C_m : Maksimalkonsentrasjon i ventilasjonsluften.

Tabell Cb: NO₂-forurensning ved Hordviktunnelen (eksisterer) ved gjennomføring av ulike alternativer A og B. NULL betegner forholdene ved eksisterende tunnelmunninger i 2015 dersom hovedveien ikke bygges ut.

Vei	Munning	V ₀ m/s	Jet m	Bakg. µg/m ³	C _m µg/m ³	C > 200 m	C > 150 m	Min. C > 100 m	Maks. C > 100 m
0*	N	2	0	4 + 60 = 64	152	-	-	9	36
0	S	2	0	4 + 60 = 64	662	29	38	55	112
A, A1	N	4,7	65	4 + 60 = 64	102	-	-	6	70
A, A1	S	4,7	65	4 + 60 = 64	294	33	52	74	132
B	N	4,9	67	4 + 60 = 64	103	-	-	8	74
B	S	4,,9	67	4 + 60 = 64	302	37	56	78	138

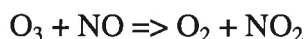
* 0: Alternativet bygger på estimer for trafikken i den eksisterende tunnelen dersom ingen utbygging av E-39 gjennomføres.

Ved normal trafikkavvikling er NO_x -utslippene avgjørende for ventilasjonshastighet i tunnelsystemet. Nitrogen-dioksiddverdiene (NO_2 -konsentrasjonene) kan videre benyttes til å karakterisere luftkvaliteten utenfor tunnelen ved å sammenligne konsentrasjonene med luftkvalitetskriterier og nasjonale mål vist i tabell A. I køsituasjoner vil CO-produksjonen bli avgjørende.

CO- og NO_2 -konsentrasjonen reduseres med økende avstand fra tunnelmunningene. Det antas at NO_2 -andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 10 %. I beregningene er det tatt hensyn til virkninger av utslipp i tunnelen. Bakgrunns-konsentrasjonen representerer en maksimal konsentrasjon som skyldes andre utslipp i området. I området der tunnelen er planlagt, er det beregnet et bakgrunnsnivå for 2015 på 1-3 mg CO/m³, 4-36 µg NO_2 /m³ og 25-40 µg PM₁₀/m³.

Den høyeste verdien gjelder for områder med lite bebyggelse. Den laveste verdien gjelder for områder med noe bebyggelse ved tunnelene.

Det er regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m³. Ozon reagerer raskt med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogen-dioksid etter ligningen:



Tabell C viser spredningsavstander fra tunnelmunningen for å komme ned på gitte konsentrasjoner av CO og NO_2 som følge av utslippene i tunnelen.

Det vil være mye NO i luften ved tunnelmunningene. All Ozon vil gå over til NO_2 , og det er nødvendig å ta hensyn til en bakgrunnsverdi på 64-86 µg NO_2 /m³ i 2015 ved tunnelmunningene når forurensningskonsentrasjonene skal sammenlignes med luftkvalitetskriteriene i tabell A.

Tabell C viser at konsentrasjoner over ca 200 µg/m³ kan forekomme når avstanden er mindre enn ca. 100 m fra munningen der utslippet skjer. Når avstanden fra tunnelmunningene er over 100-150 m er konsentrasjonene mindre enn 150 µg NO_2 /m³.

Forurensninger ved munningene vil i liten grad belaste bolinger (se Figur 3 til Figur 13). Når utslippene gjennom munnings er store ved Vågsbotn (Litlafjelltunnelen, alt. B) eller ved Forvatn (Telleviktunnelene, alt. C), vil det forekomme overskridelser av SFTs luftkvalitetskriterier ved munningene i boligområder. Dersom en av disse alternativene velges, kan det gjennomføres tiltak for å redusere forurensningsbelastningen ved munningene.

Tiltak for å redusere forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene

- Overskridelser av luftkvalitetskriteriene kan unngås ved å rense ventilasjonsluften for partikler og NO_2 . Det refereres til erfaring fra samarbeid mellom Vegdirektoratet og ABB-miljø i forbindelse med NO_2 -rensing.
- Utslipp av ventilasjonsluften i en vertikal sjakt nær tunnelmunningen vil føre til bedre spredning av forurensningene og redusere forurensningsbelastningen ved munningen betydelig.

E-39 Hovedveg gjennom Åsane i Bergen

Vurdering av luftforurensning

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens vegvesen Hordaland utført beregninger av luftforurensninger fra planlagte tunneler i forbindelse med alternative traseer for E-39 mellom Hesthaugen/Forvatnet-/Nyborg-området i sør og Klauvaneset i nord, i Åsane, Bergen kommune. Det er utført beregninger av forurensningskonsentrasjoner i områdene nær tunnelmunningene.

Krav til ventilasjon og behov for utlufting og tilførsel av ventilasjonsluft er beregnet for rushtidstrafikk med god trafikkflyt i tunnelene. Forurensningsbelastningen ved tunnelmunningene er beregnet for karbonmonoksid (CO) og nitrogendioksid (NO₂). Utslippet av nitrogenoksider (NO_x) fra biltrafikk består normalt av 90% nitrogenmonoksid (NO) og ca. 10% nitrogendioksid (NO₂) på horisontal vei. NO₂ i bileksosen gir vanligvis de høyeste forurensningskonsentrasjoner i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier for timeverdier i uteluft og grenseverdier for luftkvalitet i tunneler. Ved køsituasjoner vil imidlertid CO-konsentrasjonen være høyest i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterium og avgjørende for krav til ventilasjonsluft. Anbefalte luftkvalitetskriterier for uteluft og grenseverdier for tunneluft er omtalt i kapittel 4.

2 Metoder og forutsetninger

I beregningene er det benyttet samme metoder som for tilsvarende tunneler (Larssen og Iversen, 1984; Larssen, 1987; Tønnesen, 1988). Beregningsmetoden er kontrollert ved målinger utført blant annet ved tunneler i Bergen (Gotaas, 1981). Beregningene har omfattet følgende:

1. Med utgangspunkt i trafikk- og tunneldata, samt utslippsfaktorer for lette og tunge diesel- og bensinbiler, har vi beregnet utslipp av CO og NO_x i tunnelene.
2. Ut fra data for utslipp av CO og NO_x er forurensningskonsentrasjon i tunnelen beregnet og nødvendig ventilasjonshastighet for å overholde grenseverdier for NO₂ og CO i tunneler er vurdert.
3. Konsentrasjonene av CO og NO₂ utenfor munningene er beregnet ved hjelp av en modell som beskriver spredning av forurensninger fra tunneler (Iversen, 1982).
4. Beregnete konsentrasjoner av CO og NO₂ fra munningene er sammenlignet med anbefalte retningslinjer for luftkvalitet for CO og NO₂. Disse er gitt i kapittel 4.

I beregningene er det tatt hensyn til innføring av katalysator på nye bensindrevne bilmodeller fra 1989. Det antas videre at tilnærmedesvis alle bensindrevne biler har katalysator innen år 2015. Katalysatorens betydning for NO₂-konsentrasjonen er mindre enn for CO-konsentrasjonen, da en betydelig del av NO_x-produksjonen kommer fra dieseldrevne kjøretøy. For tunge dieselmotorer ble strengere avgasskrav innført i 1994, mens krav til dieseldrevne personbiler og lette dieseldrevne varebiler ble innført i 1990. Dette vil ha en merkbar innvirkning på det totale NO_x-utslippet fra dieselmotorer i år 2015.

3 Tunnel- og trafikkdata

Seks alternativer for utbygging av E-39 (alt. A-F) er vist i Figur 1. Nødvendige tegninger og tallmateriale angående veigeometri, trafikkdata og trafikk-sammensetning er levert av Vegkontoret i Hordaland. Trafikkprognoser for år 2015 er benyttet. Beregningene er utført for stor trafikk. Tabell 1 viser årsdøgntrafikken og maksimal timetraffikk i rushtiden.

Tungtraffikkandelen er anslått til 10% og kaldstartandelen er 10%. 2% av personbilene har dieselmotor. Vektfordelingen av tungtraffikken er av NILU anslått til ca. 25% under 10 tonn, ca. 25% mellom 10 og 20 tonn og ca. 50% over 20 tonn totalvekt. Skiltet kjørehastighet vil bli 90 km/time.

Uten separate løp for de to kjøreretningene vil det ikke oppnås stempeleffekt fra trafikken. Det fører til mindre gjennomstrømning i tunnelene og høyere konsentrasjoner.

Tabell 1: Årsdøgntrafikk, trafikkintensitet i rushtiden og trafikkarbeidet hvert døgn i tunnelene (6 planlagte alternativer).
a) Planlagte tunneler.

Tunnel	Veg-alternativ	ÅDT Kjt/døgn	Trafikkintensitet		L* km	A**=L·T 10 ⁴ kjt km/døgn
			1. løp kjt/time	2. løp kjt/time		
Eikåstunnelen	A, A1	20 200	1212	808	0,55	1,05
Haukåstunnelen	A1	13 000	780	520	0,52	0,72
Almåstunnelen	A1	12 750	765	510	1,125	1,43
Litlafjelltunnelen	B	17 200	1032	688	3,6	6,19
Tellevikstunnelen	C	15 800	948	632	5,1	8,06
Sauråstunnelen	D	19 750	1185	790	0,74	1,46
Tellevikstunnelen	D	15 300	918	612	3,535	5,41
Tellevikstunnelen	E	15 450	927	618	2,64	4,08
Sauråstunnelen	E	19 500	1170	780	0,74	1,44
Tellevikstunnelen	F	15 850	951	634	2,64	4,18
Lokk v/Forvatn	F	11 240	674	450	0,36	0,40

* Lengden av tunnelen

** Trafikkarbeidet

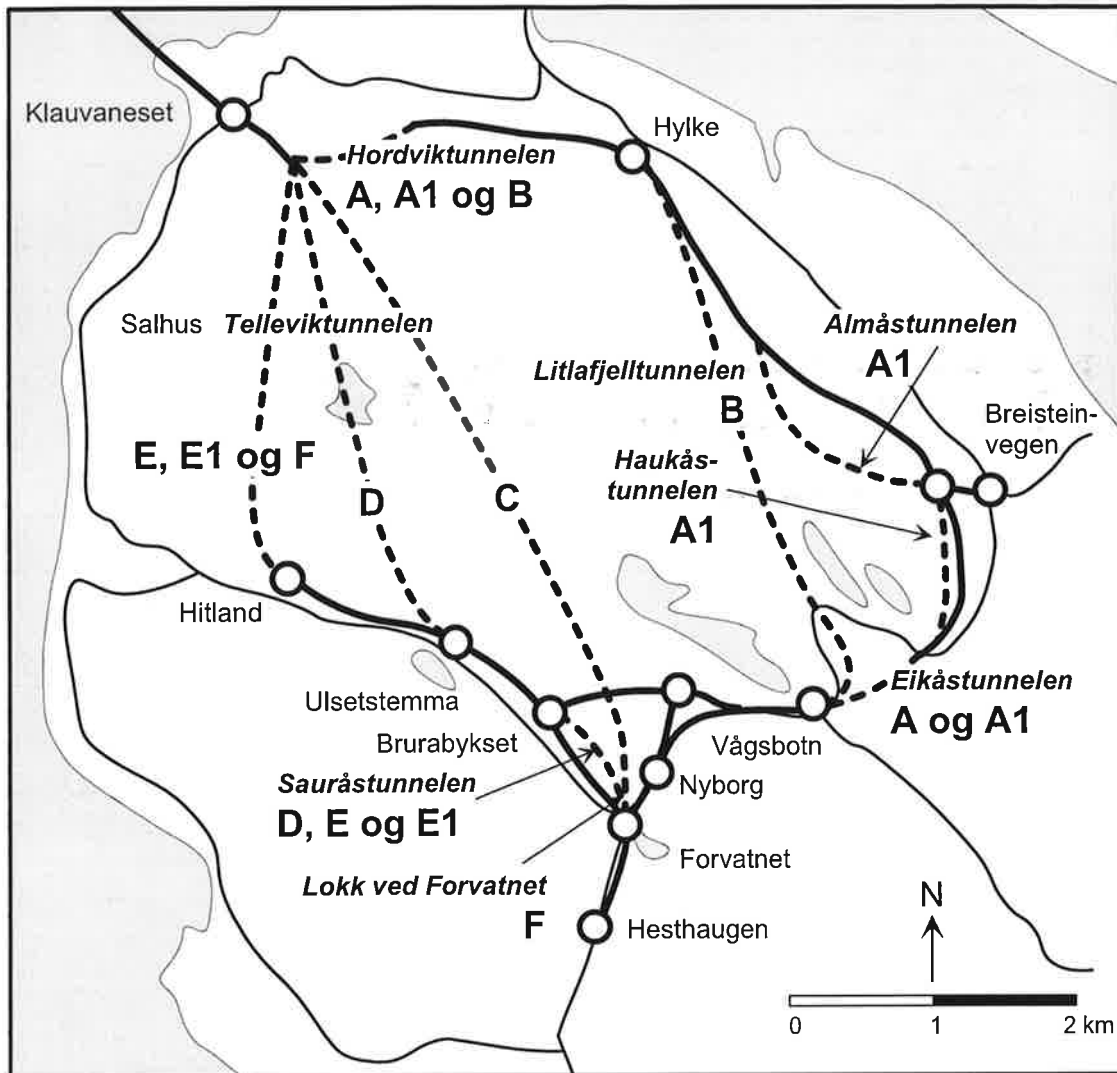
Tabell 1 b: Trafikkintensiteten i den eksisterende Hordvik-tunnelen varierer med hovedvegalternativet som velges (A-F). Lengden av eksisterende tunnel er 800 m.

Vegalternativ	ÅDT Kjt/døgn	Trafikkintensitet		A**=L·T 10 ⁴ kjt km/døgn
		1. løp kjt/time	2. løp kjt/time	
A, A1	12 750	765	510	1,02 (1 løp)
B	13 700	822	548	1,10 (1 løp)
C	4 550	455		0,36
D	4 350	435		0,35
E	4 400	440		0,35
F	4 750	475		0,38
0	11 400	1 140		0,91

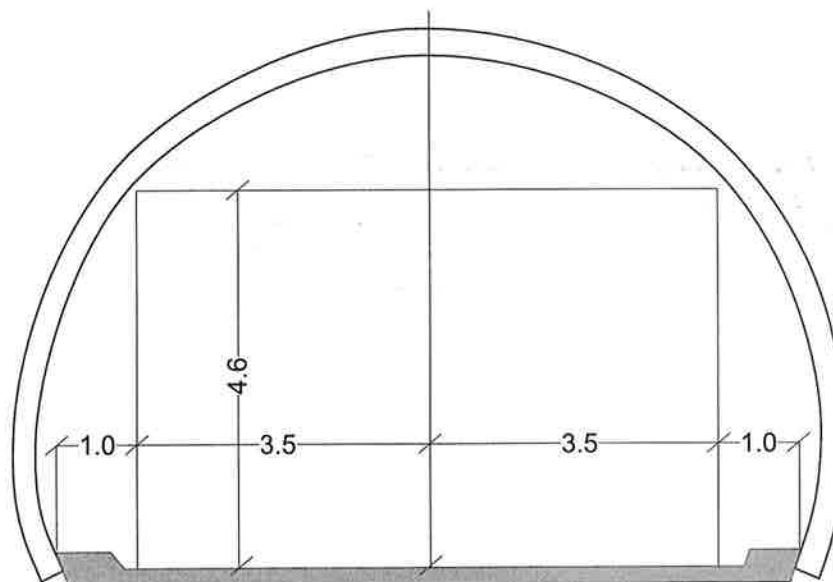
En 800 m lang tunnel er bygget på vegstrekningen mellom Hylkje og Klauvaneset. Trafikkintensiteten i denne tunnelen vil variere med hovedvegalternativet som velges. Tunnelen er toveiskjørt idag, og det er regnet med å utvide tunnelen til to enveiskjørt løp dersom alternativene A eller B blir gjennomført. Trafikkdata er vist i Tabell 1b.

Ved alternativene C, D, E og F blir det liten trafikk i tunnelen, og forurensningene til luft får mindre betydning.

Tunnelmunningene vil få tunnelprofil T9. Dette gir munningsareal på 50,45 m² (se Figur 2).



Figur 1: Alternative traseer for utbygging av E-39 i Åsane, Bergen. Hver av tunnelene er betegnet med navn og en bokstav/tall-kombinasjon som benyttes i rapporten. N betegner munning mot nord. S betegner munning mot sør.



Figur 2: Munningsprofil (T9).

4 Anbefalte luftkvalitetskriterier og krav til tunnelluft

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte eller beregnede konsentrasjoner med luftkvalitetskriterier og grenseverdier for luftkvalitet. I denne rapporten er målte konsentrasjoner sammenlignet med verdier gitt i SFTs rapport (Andersen et al., 1998).

Når det gjelder generell forurensning i Åsane og lokalt bidrag fra veitrafikk, er det tilstrekkelig å vurdere NO_2 og svevestøv (PM_{10}). Forskriftene opererer med tre sett grenseverdier som medfører varierende krav om tiltak. Forskriftene opererer også med SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier, og det er et langsiktig mål å redusere luftforurensningene under disse kriteriene i norske byer.

Tabell 2 viser grenseverdier og luftkvalitetskriterier for nitrogendioksid (NO_2) og svevestøv (PM_{10}).

Det henvises til SFTs rapport når det gjelder bakgrunnen for retningslinjene og SFTs vurderinger (SFT, 1992). Se for øvrig Vedlegg A: Generelt om luftforurensning fra trafikk.

Tabell 2: SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier, forurensningslovens tiltaks- og kartleggingsgrenser og EU-kommisjonens forslag til grenseverdier for luftkvalitet med hensyn til virkning på helse. Grenseverdiene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stoff	Midlingstid	1 time	24 timer	6 mnd	År
NO ₂	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier	100	75	50	
	Nasjonale mål Antall tillatte overskridelser	150 8 timer pr år i 2010			
	Forurensningslovens tiltaksgrense	300 ²⁾			
	Forurensningslovens kartleggingsgrense	200			
	EUs forslag til nye grenseverdier (og antall tillatte overskridelser)	200 ¹⁾ (8 pr år)			40 ¹⁾
PM ₁₀	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier		35	Ny verdi skal utarbeides	
	Nasjonale mål Antall tillatte overskridelser		50 25 pr år i 2005 7 pr år i 2010		
	EUs forslag til nye grenseverdier (og antall tillatte overskridelser)		50 ²⁾ (25 pr. år) 50 ¹⁾ (7 pr. år)		30 ²⁾ 20 ¹⁾
	Forurensningslovens tiltaksgrense		300 ²⁾		
	Forurensningslovens kartleggingsgrense		150		
PM _{2,5}	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier		20	Ny verdi skal utarbeides	
	EUs forslag til "Action level" (og antall tillatte overskridelser)		40 ²⁾ (14 pr. år)		20 ²⁾

1) Skal overholdes innen 1.1.2010.

2) Skal overholdes innen 1.1.2005

Vegdirektoratet (1988) har vedtatt grenseverdier for CO og NO_x i veitunneler. Grenseverdiene er:

CO : 250 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (200 ppm)

NO_x : 28 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15 ppm) fører til ca. 2 800 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (1,5 ppm).

Vegdirektoratets verdier gjelder ved den munningen der ventilasjonsluften tas ut. For tunneler med tverrslag og langslufting er grenseverdiene henholdsvis 125 000 $\mu\text{g CO}/\text{m}^3$ CO og 14 100 $\mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$ ved halv tunnallengde.

5 Forurensningskonsentrasjoner i Åsane

Forurensningskonsentrasjoner ved munningene som skyldes andre utslipp kalles bakgrunnskonsentrasjoner. Konsentrasjonene bestemmes ved målinger eller ved en vurdering av spredning/utslippsforhold. For å systematisere vurderingene er hvert fylke inndelt i soner og områdetyper.

NILU foreslår at beregningsområdet ligger i sone 2, Hordaland Fylke. I hver sone er det tre områdetyper som bestemmes på grunnlag av lokale utslipp.

- 1 spredt bebyggelse, lite lokalt utslipp
- 2 middels tett bebyggelse, noe lokalt utslipp
- 3 tett bebyggelse, stort lokalt utslipp

På grunnlag av en vurdering av lokale utslipp foreslår NILU å bestemme utslippsområdene på følgende måte:

Sone 2 Områdetype 2:
Forvatn
Vågsbotn

Sone 2 Områdetype 1:
Resten av utslippsområdene.

Denne klassifiseringen medførte følgende bakgrunnskonsentrasjoner i 1993 og 2015 i Hordaland fylke (se Tabell 3).

Tabell 3: Bakgrunnskonsentrasjoner i Åsane.

		NO ₂	CO	PM ₁₀
⇒ 1993				
Sone 2	Områdetype 2	43	7	50
	Områdetype 1	5	1	25
⇒ 2015				
	Områdetype 2	36	3	40
	Områdetype 1	4	1	25

Forutsetninger for estimerte verdier i 2015:

NO₂: 20% av utslippene skyldes andre utslipp enn biltrafikk. Bensinbiler benytter katalysator i 2015.

En bakgrunnsverdi for PM₁₀ på 40 µg/m³ skyldes flere kildegrupper (biltrafikk, vedfyring og lang transport) i områdetype 2. Når vedfyring bidrar mye, er bidraget fra langtransport lite.

I områdetype 1 skyldes bakgrunnsverdiene hovedsakelig langtransport. Langtransport betyr forurensninger som skyldes utslipp i andre områder, f.eks fra kontinentet eller fra Bergen sentrum.

6 Utslipp

Utslipp av CO og NO_x er beregnet for tiden med størst trafikkbelastning, rushtid om morgenen/ettermiddagen, med følgende inngangsdata:

1. Maksimal trafikkintensitet
2. Tunneldata
3. Dieselskjøretøyandel (10%).
4. Kaldstartandel (10%).

Beregningene er utført basert på prosjekterte trafikkmengder, og det er beregnet utslipp for normal kjørehastighet i tunnelene (80 km/time). Resultatet av utslippsberegningene er vist i Tabell 4.

Forurensningsutslippene fra trafikken i tunnelen fører til forurensningskonsentrasjoner i luften som kommer ut av munningene. I enveiskjørtede tunneler genererer trafikken en luftstrøm i tunnelen. Ventilasjonshastigheten på grunn av trafikken er beregnet, og resultatet er vist i Tabell 4 (vent hastighet). Bakgrunnskonsentrasjonen må adderes til konsentrasjonen på grunn av utslippene for å finne munningskonsentrasjonene. Beregningsresultatet viser at for samtlige komponenter er munningskonsentrasjonene mindre enn grenseverdien for tunnelluft. Det er derfor ikke behov for å benytte ventilasjonsvifter i tunnelene av hensyn til luftkvaliteten i tunnelen ved god trafikkavvikling. Trafikken er imidlertid stor, og det kan være behov for ventilasjonsvifter for å redusere forurensningene ved trafikkstopp i tunnelene.

Tabell 4: Produksjon (g/s) av CO og NO_x fra biltrafikken i de planlagte tunnelene ved normale kjørehastigheter i rushtiden. Maksimale munningskonsentrasjoner er beregnet på grunnlag av data for utslipp og en ventilasjonshastighet som skyldes at bilene pumper luft gjennom tunnelen når de kjører i 80 km/time.
a) Planlagte tunneler

Tunnel	Veg- alt.	Munning	Utslipp (g/s)		Vent. hastighet m/s	Munningskonsentrasjon	
			CO	NO ₂		NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Eikåstunnelen	A, A1	S	0,866	0,050*	5,9	166 + 64 = 230	12 + 25 = 37
		N	0,449	0,013	5,9	43 + 96 = 139	12 + 40 = 52
Haukåstunnelen	A1	S	0,330	0,012	4,7	50 + 64 = 114	8 + 25 = 33
		N	0,429	0,021	4,7	87 + 64 = 151	8 + 25 = 33
Almåstunnelen	A1	S	1,327	0,056	4,7	235 + 64 = 299	15 + 25 = 40
		N	1,434	0,065	4,7	275 + 64 = 339	15 + 25 = 40
Litlafjelltunnelen	B	S	3,736	0,181	5,5	654 + 64 = 718	67 + 25 = 92
		N	3,151	0,130	5,5	469 + 96 = 565	67 + 40 = 107
Telleviktunnelen	C	S	4,885	0,228	5,2	866 + 64 = 930	87 + 25 = 112
		N	4,159	0,164	5,2	622 + 96 = 718	87 + 40 = 127
Telleviktunnelen	D	S	3,856	0,210	5,1	811 + 64 = 875	75 + 25 = 100
		N	2,272	0,069	5,1	267 + 64 = 331	75 + 25 = 100
Sauråstunnelen	D	S	0,643	0,023	5,8	79 + 64 = 143	12 + 25 = 37
		N	0,834	0,040	5,8	137 + 96 = 233	12 + 40 = 52
Sauråstunnelen	E, E1	S	0,611	0,022	5,8	78 + 64 = 142	15 + 25 = 40
		N	0,861	0,044	5,8	149 + 96 = 245	15 + 40 = 55
Telleviktunnelen	E	S	2,928	0,162	5,2	619 + 64 = 683	44 + 25 = 69
		N	1,696	0,052	5,2	200 + 64 = 264	44 + 25 = 69
Lokk v/ Forvatn	F	S	0,260	0,011	5,2	41 + 64 = 105	9 + 25 = 34
		N	0,277	0,012	5,2	47 + 86 = 143	2 + 40 = 42
Telleviktunnelen	F	S	3,089	0,172	5,2	650 + 64 = 714	45 + 25 = 70
		N	1,749	0,053	5,2	201 + 64 = 265	55 + 25 = 80

* Konsentrasjonen som følge av eksosutslippene adderes til konsentrasjonen i luften som trekkes inn i tunnelen.

b) Eksisterende tunnel (Hordviktunnelen).

Tunnelalt.	Utslipp (g/s)		Vent.hastighet m/s	Munningskonsentrasjon	
	CO	NO _x		NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
0 N	0,367	0,009	2	88 + 64 = 152	-
0 S	1,012	0,054	2	535 + 64 = 599	-
A N	0,367	0,009	4,69	38 + 102 = 64	-
A S	0,887	0,054	4,69	230 + 64 = 103	-
B N	0,395	0,010	4,87	39 + 64 = 103	-
B S	0,953	0,585	4,87	238 + 64 = 302	-

Ved dårlig trafikkavvikling eller sammenhengende kø i tunnelen, vil det være CO-utslippene som er avgjørende for nødvendig utlufting. Ved uhell i tunnelen kan det hende at mange biler blir stående på tomgang i tunnelen. Ved normale kjørehastigheter vil konsentrasjonene i tunnelene være lave sett i forhold til grenseverdiene som gjelder for tunneler (2 500 µg NO₂/m³).

Tabell 4b viser at utslippene fra den eksisterende tunnelen får liten betydning for CO og PM₁₀. For NO₂ kan utslippene føre til overskridelser av luftkvalitetskriteriene ved 0-alternativet og ved alternativ A og alternativ B. Når trafikken går gjennom to løp (alt. A og alt. B) vil overskridelseene forekomme ved munningen i sør. Utslippene ved munningen i nord er små på grunn av fallet i tunnelen.

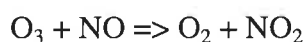
Ved alternativene C-F vil utslippene fra den eksisterende tunnelen være små fordi trafikkintensiteten er liten (se Tabell 1b).

7 Resultater fra spredningsberegningene

7.1 Resultatet av beregninger for tunnelmunningene

NO₂- og CO-konsentrasjoner i ventilasjonsluften i munningene er beregnet for prosjekterte trafikkmengder og hastigheter i begge kjøreretninger. Tabell 5 viser resultatet av beregningene. Det er tatt utgangspunkt i kjørehastighet 80 km/h..

Det er beregnet ved hvilken avstand fra tunnelmunningene konsentrasjoner av CO og NO₂ er redusert til et nivå lik de anbefalte luftkvalitetskriteriene for uteluft. Det er regnet at NO₂-andelen av NO_x i utslippet fra tunnelmunningene er 10 %. Bakgrunnskonsentrasjoner som skyldes andre kilder utenfor tunnelmunningen må adderes til de beregnede verdiene. Estimerte bakgrunnsverdier er vist Tabell 5. Det er også regnet med et bakgrunnsnivå av ozon på 60 µg/m³. Ozon reagerer med nitrogenmonoksid og danner oksygen og nitrogendioksid etter ligningen:



Ventilasjonsluften fra tunnelmunningene transporteres med vinden og forurensningskonsentrasjonene reduseres som følge av spredning og blanding med luften utenfor tunnelen. Konsentrasjonsreduksjonene som funksjon av avstanden er estimert ved hjelp av spredningsberegninger.

Tabell 5 viser nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunningene for at forurensningskonsentrasjonene er redusert til gitte nivåer. For hver enkelt time kan de beregnede konsentrasjonene forekomme i vindretninger fra tunnelen. Konsentrasjonsnivåene innenfor kurvene på figurene vil der ikke forekomme samtidig. Høye konsentrasjonsnivåer forutsetter at det blåser fra munningene. I andre deler av området vil forurensningskonsentrasjonen da være lav.

I Åsane vil det forekomme ozon i luften ved munningene. NO fra tunnelen reagerer med ozon og danner NO₂. Beskrivelsen av konsentrasjonsbidraget er komplisert og fører til usikkerhet i beregnede konsentrasjoner. På figurene er det derfor tegnet to kurver som avgrensner 100 µg NO₂/m³. Grensen nærmere munningen viser avgrensningen dersom ozon ikke reagerer med NO fra tunnelen (minimumsavstand). Avgrensningen lengst fra munningen viser avgrensningen når all ozon reagerer med NO fra munningen. En stiplet kurve viser avgrensningen dersom ca 50% av ozonverdiene reagerer med NO fra tunnelen.

Figurene 3–14 viser soner omkring hver av tunnelmunningene hvor oppgitte konsentrasjoner av CO og NO₂ kan forekomme. Navn på tunnel og betegnelsen på veialternativ er vist i Figur 1.

Det er liten forskjell mellom bakgrunnsverdien og luftkvalitetskriteriene for NO₂ ved Forvatn og Vågsbotn. Beregningsmetoden fører derfor til stor maksimalutstrekning av sonen hvor det kan forekomme overskridelser. Når maksimalutstrekningen blir urealistisk og unøyaktig bestemt, vises dette i beregningsresultatet (se Tabell 5). Maksimalavstander i parentes er ikke avmerket i figurene. Det gjelder Figurene 3, 6a, 7a, 9, 11 og 13. I disse figurene er det avmerket en minste utstrekning hvor det kan forekomme overskridelser og en stiplet kurve som angir en sannsynlig avgrensning.

Detaljerte beregninger ved en vei indikerer at blanding med ozonholdig bakgrunnsluft fører til at inntil halvparten av ozoninnholdet i bakgrunnsluften kan reagere med NO og danne NO₂ i en avstand 200 m fra en vei (Grønskei, 1994).

Tabell 5: Nødvendig spredningsavstand fra tunnelmunninger for at konsentrasjoner som følge av NO₂-utslipp er redusert til gitte nivåer. Nivåene er angitt i µg/m³. Det er gitt en minimumsavstand og en maksimumsavstand for 100 µg NO₂/m³. Maksimumsavstanden forutsetter at all ozon i bakgrunnsluften er omdannet til NO₂. Enhet: m.

Tunnel / Vegalternativ	Munning	V ₀ m/s	Jet m	Bakg. µg/m ³	C _m µg/m ³	C > 200 m	C > 150 m	Min. C > 100 m	Maks. C > 100 m
Eikåstunnelen -A, A1	S	5,9	72	36+60 = 96	230	39	66	96	(>400)*
	N	5,9	72	4+60 = 64	179	–	27	61	96
Haukåstunnelen A1	S	4,7	65	4+60 = 64	114	–	–	16	76
	N	4,7	65	4+60 = 64	151	–	–	36	89
Almåstunnelen A1	S	4,7	65	4+60 = 64	299	34	53	75	133
	N	4,7	65	4+60 = 64	339	42	60	80	133
Litlafjelltunnelen B	S	5,5	71	36+60 = 96	718	103	126	174	(>400)*
	N	5,5	71	4+60 = 64	565	80	94	120	207
Telleviktunnelen C	S	5,2	69	36+60 = 96	930	114	141	194	(>400)*
	N	5,2	69	4+60 = 64	718	89	105	133	229
Telleviktunnelen D	S	5,1	69	4+60 = 64	875	99	117	148	254
	N	5,1	69	4+60 = 64	331	45	65	85	149
Sauråstunnelen D	S	5,2	69	36+60 = 96	143	–	–	71	(336)*
	N	5,2	69	4+60 = 64	233	19	45	73	129
Telleviktunnelen E	S	5,2	69	4+60 = 64	683	87	103	130	225
	N	5,2	69	4+60 = 64	264	30	51	76	133
Sauråstunnelen E	S	5,8	72	36+60 = 96	142	–	–	71	(336)*
	N	5,8	72	4+60 = 64	245	24	49	76	169
Telleviktunnelen F	S	5,2	69	4+60 = 64	683	87	103	130	225
	N	5,2	69	4+60 = 64	264	30	51	76	133
Lokk v/Forvatn F	S	5,2	72	36+60 = 96	105	–	–	44	(334)*
	N	5,2	72	4+60 = 64	143	–	–	32	–

V₀ : Ventilasjonshastighet i tunnelen

Jet : Jetsonens utstrekning. Ventilasjonsluften følger veien i Jetsonen som følge av ventilasjonshastigheten i tunnelen.

Bakg. : NO₂-konsentrasjon i luften omkring tunnelmunningen er 36 µg NO₂/m³ eller 4 µg NO₂/m³. Det er ozon i bakgrunnsluften som reagerer med NO fra tunnelen og danner NO₂. Vi regner med at denne reaksjonen maksimalt kan forårsake 60 µg NO₂/m³ i sonen som forurenses av tunneluft. Bakgrunnsverdiene blir da 96 µg NO₂/m³ eller 64 µg NO₂/m³.

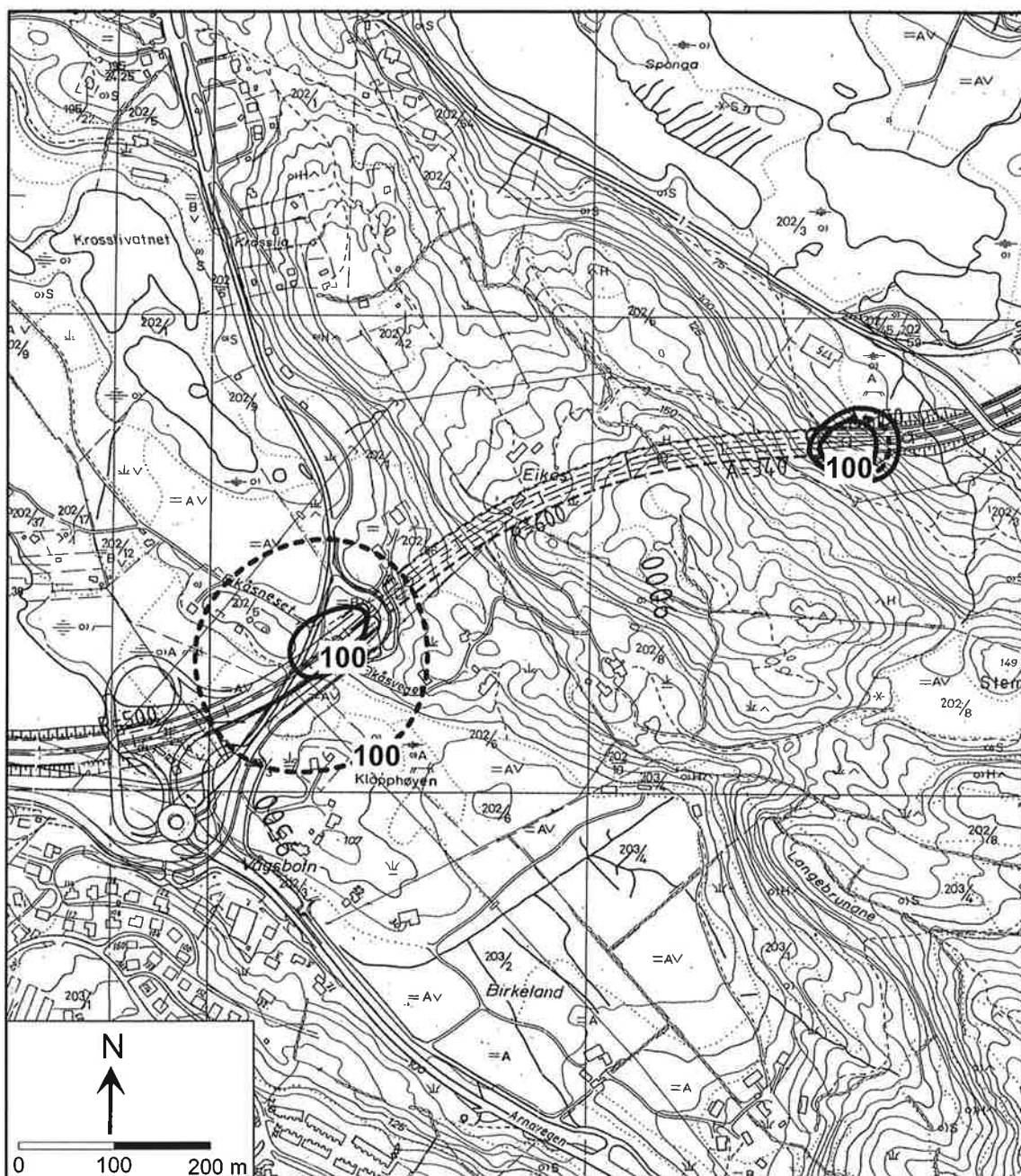
C_m : Maksimalkonsentrasjon i ventilasjonsluften.

()* : Beregningsmetoden gir for høye avstander.

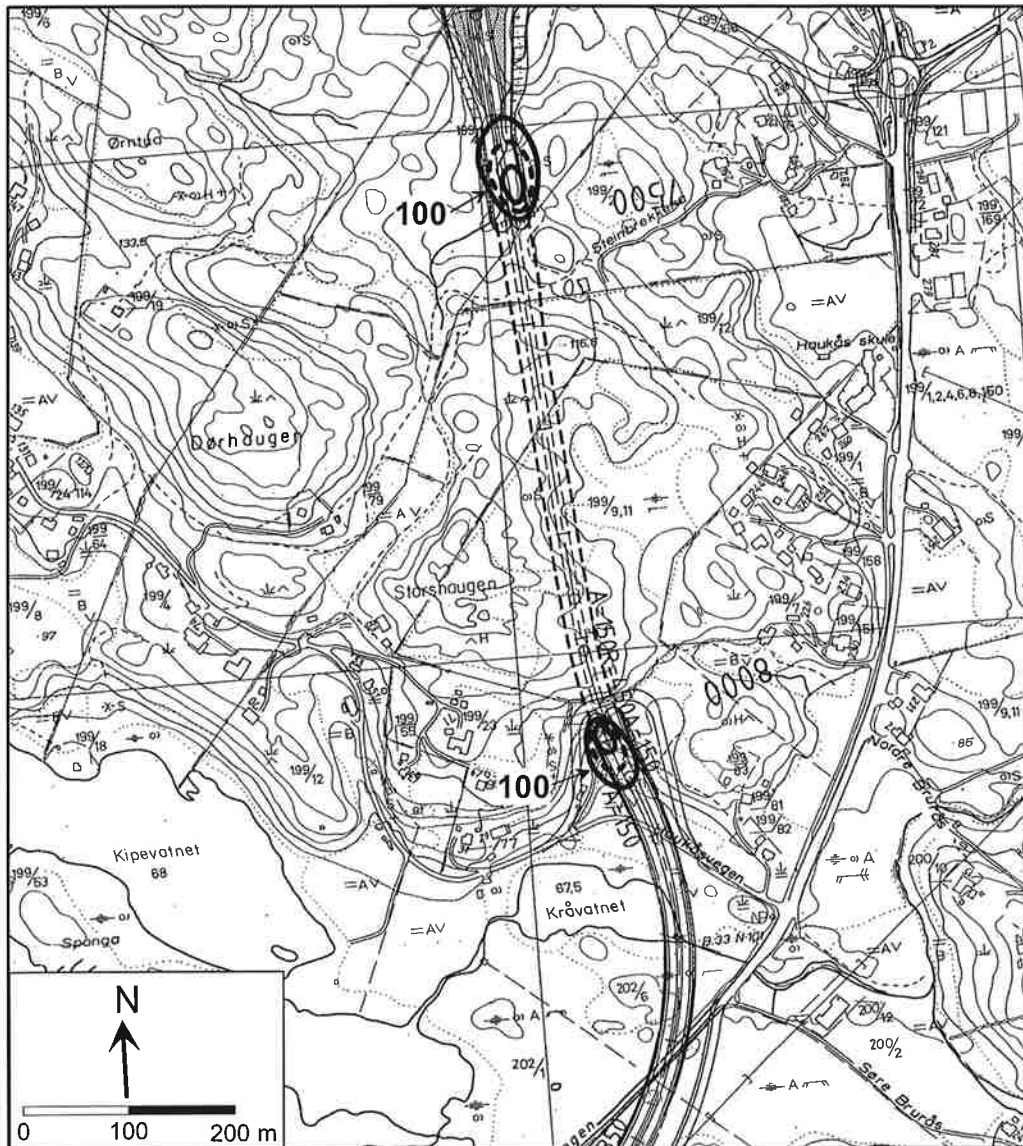
Tabell 5b: *NO₂-forurensning ved Hordviktunnelen (eksisterer) ved gjennomføring av ulike alternativer A og B. NULL betegner forholdene ved eksisterende tunnelmunninger i 2015 dersom hovedveien ikke bygges ut.*

Vegalt.	Munning	V ₀ m/s	Jet m	Bakg. µg/m ³	C _m µg/m ³	C > 200 m	C > 150 m	Min. C > 100 m	Maks. C > 100 m
0*	N	2	0	4 + 60 = 64	152	-	-	9	36
0	S	2	0	4 + 60 = 64	662	29	38	55	112
A, A1	N	4,7	65	4 + 60 = 64	102	-	-	6	70
A, A1	S	4,7	65	4 + 60 = 64	294	33	52	74	132
B	N	4,9	67	4 + 60 = 64	103	-	-	8	74
B	S	4,,9	67	4 + 60 = 64	302	37	56	78	138

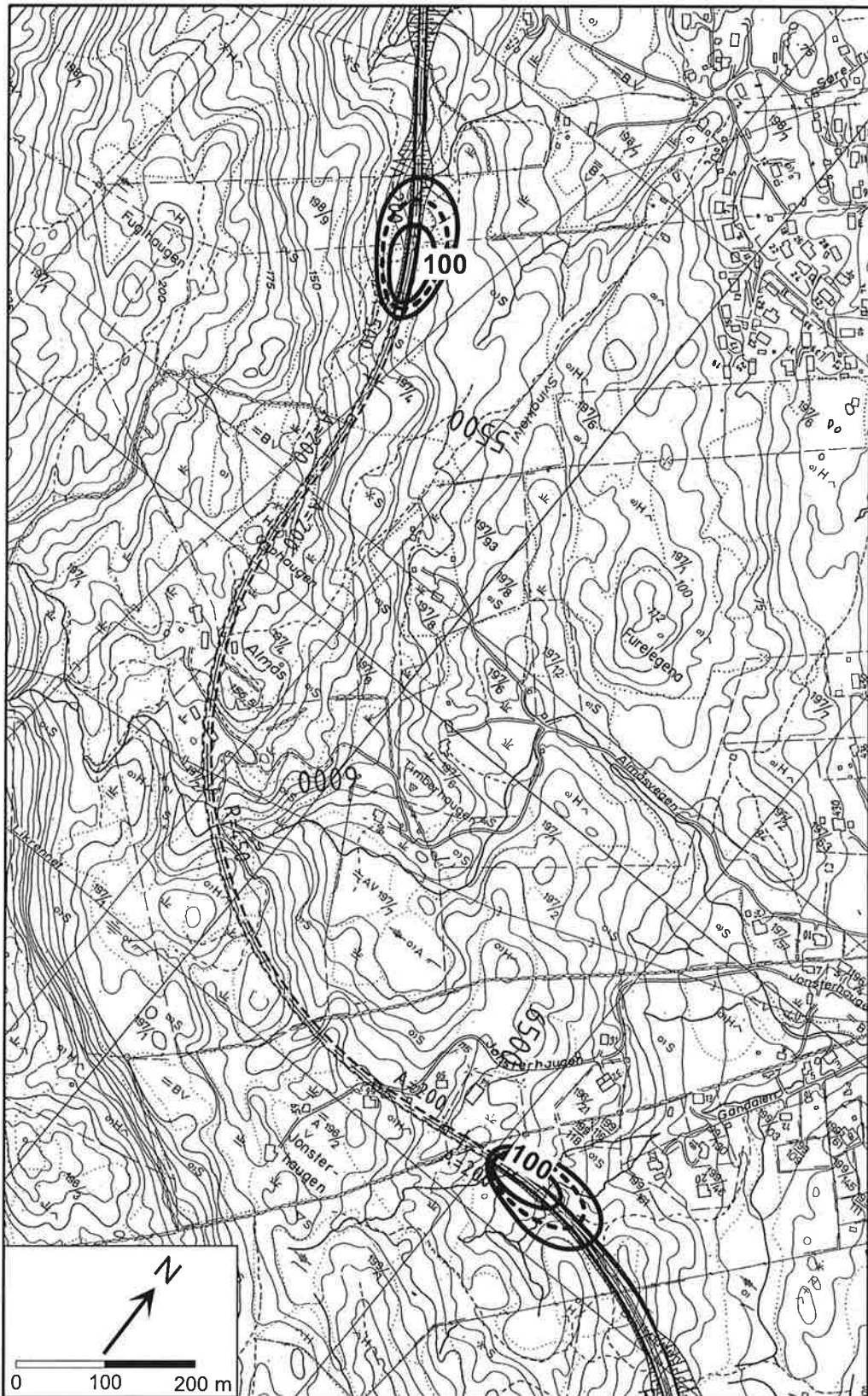
* 0: Alternativet bygger på estimater for trafikken i den eksisterende tunnelen dersom ingen utbygging av E-39 gjennomføres.



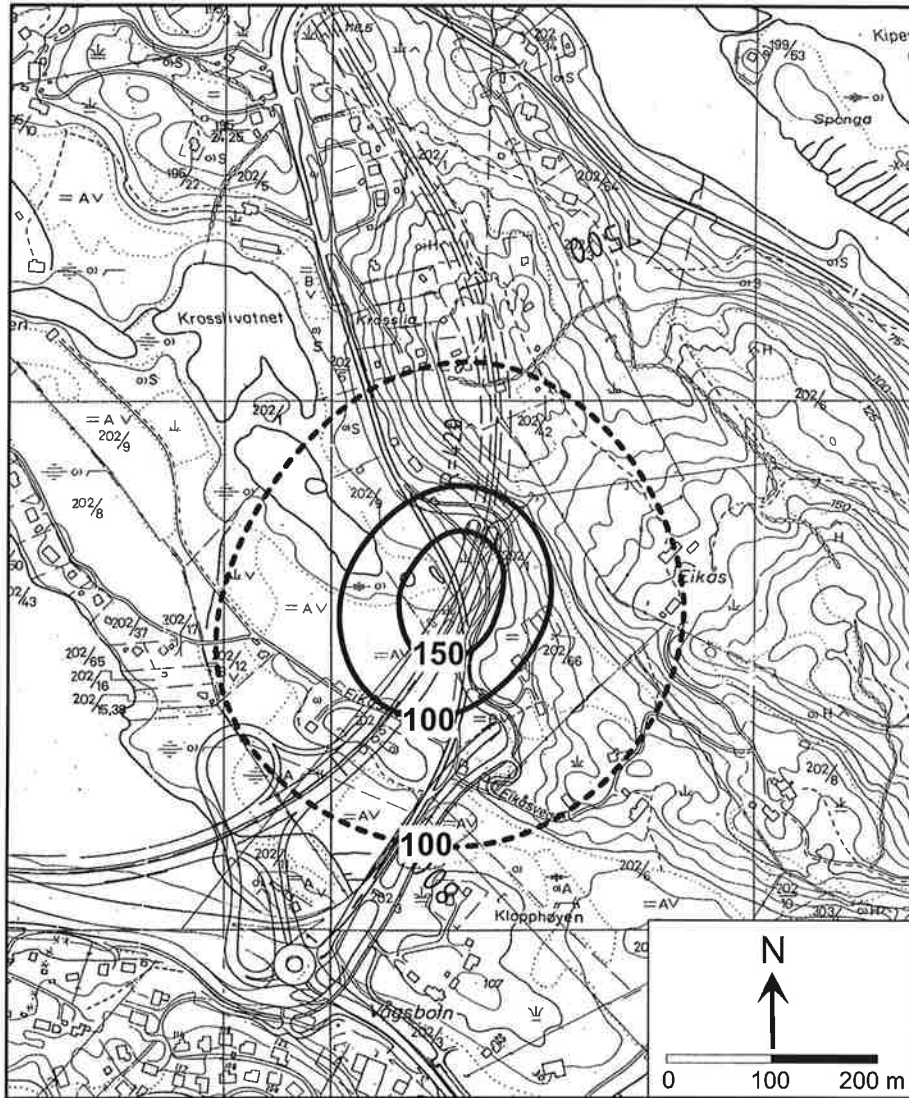
Figur 3: Eikåstunnelen fra Vågsbotn til Haukås. vegalternativ Aog A1. Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.



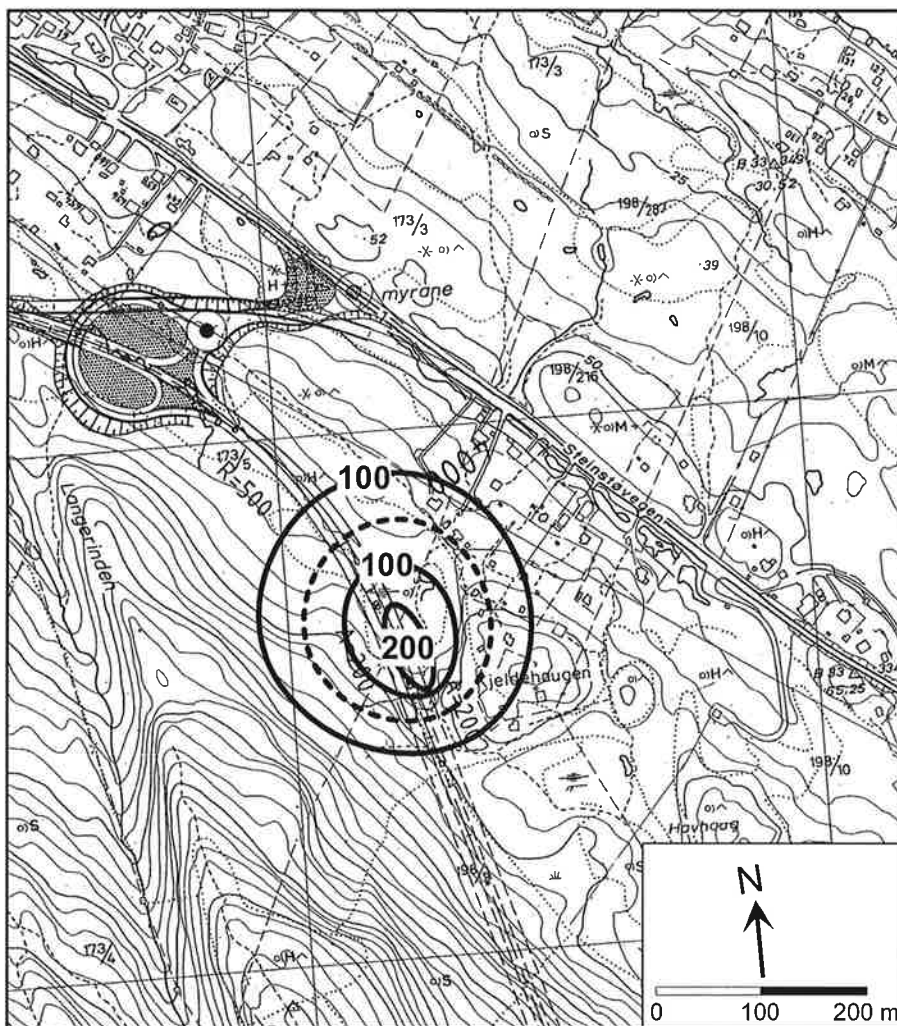
Figur 4: Haukåstunnelen sør for Breisteinsvegen, vegalternativ A1. Maksimale NO_2 -konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



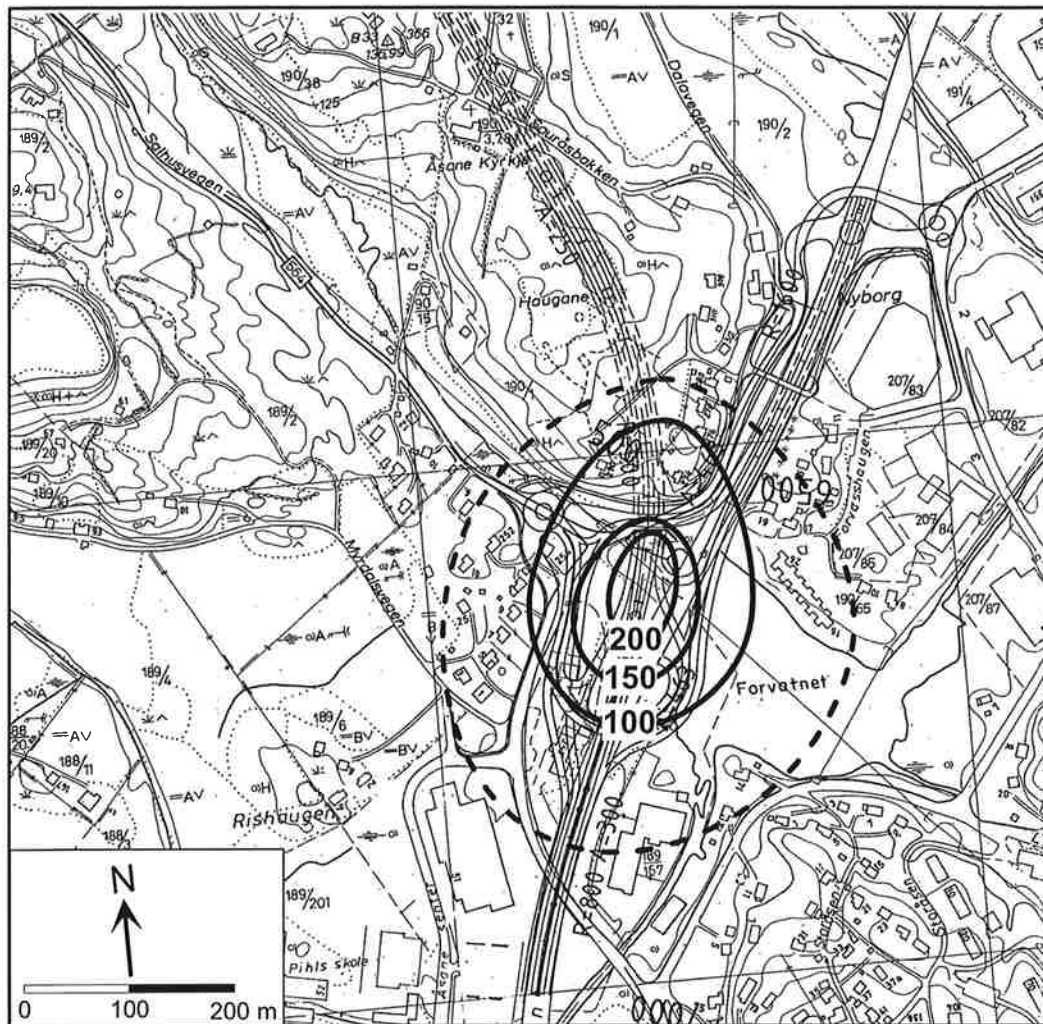
Figur 5: Almåstunnelen nord for Breisteinsvegen, vegalternativ A1. Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



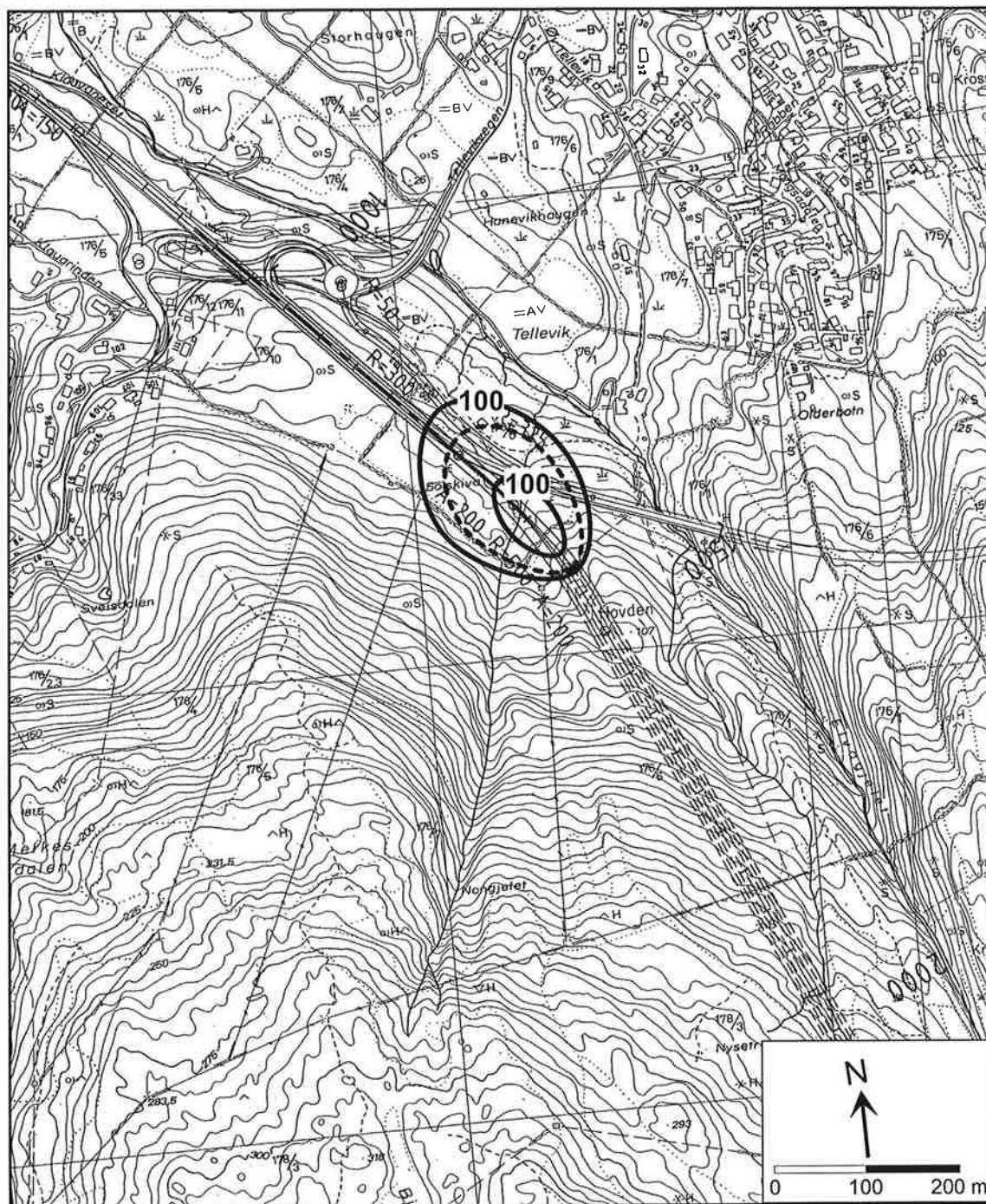
Figur 6 a: Litlafjelltunnelen, vegalternativ B (tunnelmunning sør). Maksimale NO_2 -konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



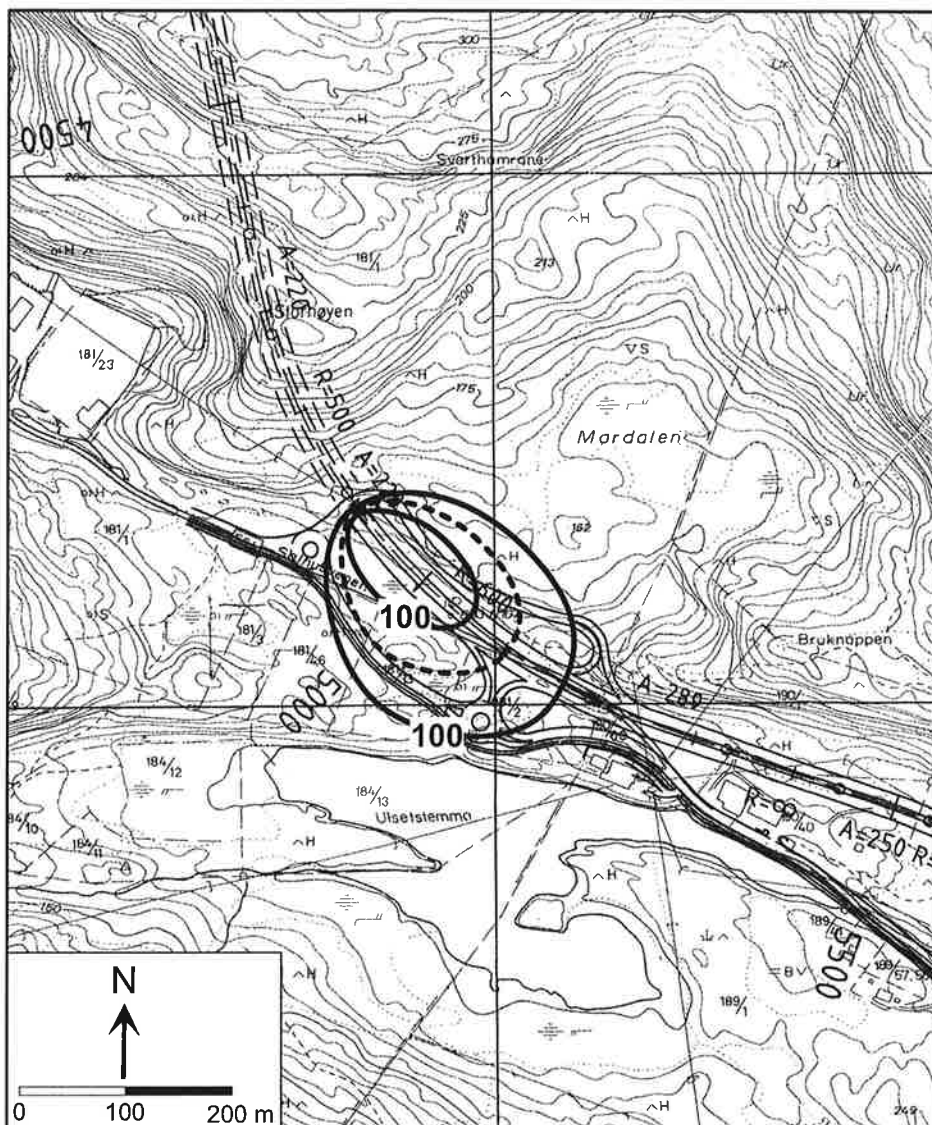
Figur 6 b: Litlafjelltunnelen, vegalternativ B (tunnlemunning nord). Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningen. Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.



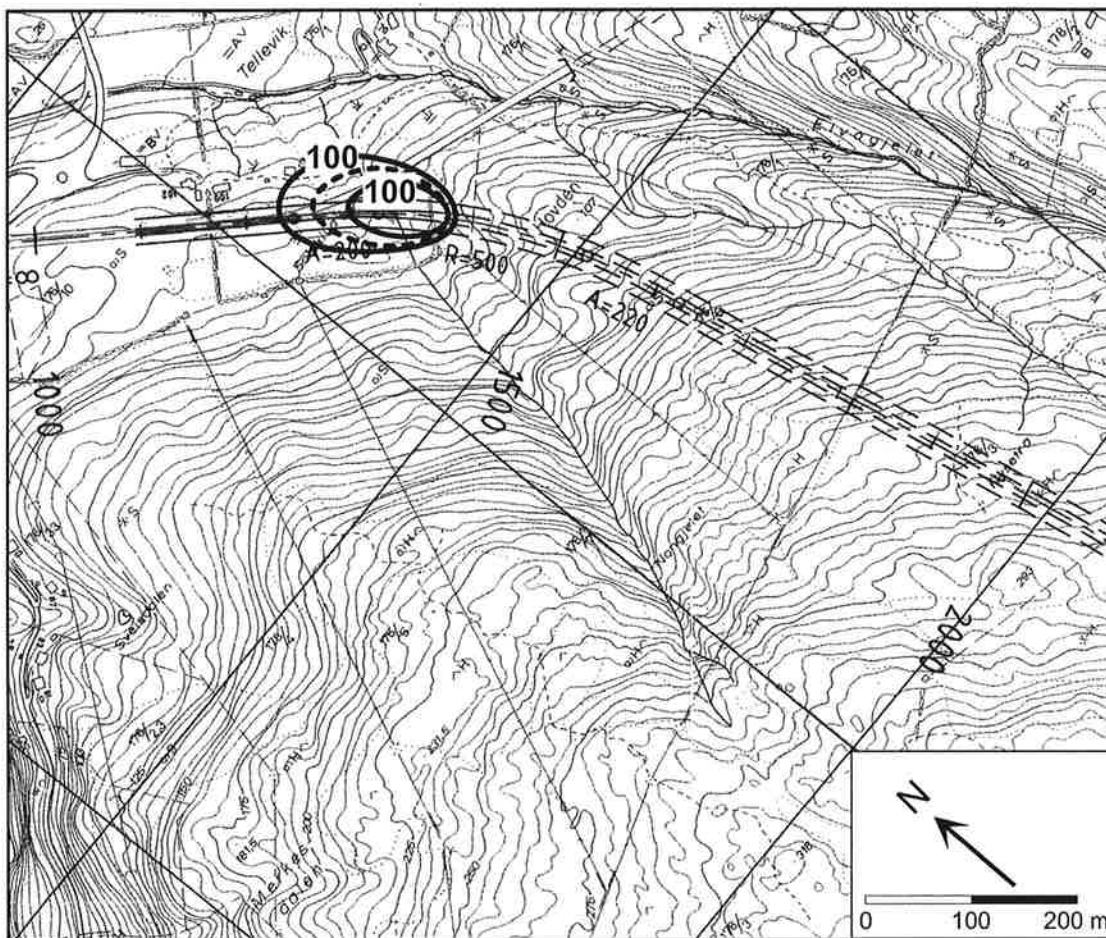
Figur 7a: Telleviktunnelen, vegalternativ C (tunnelmunning sør). Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.



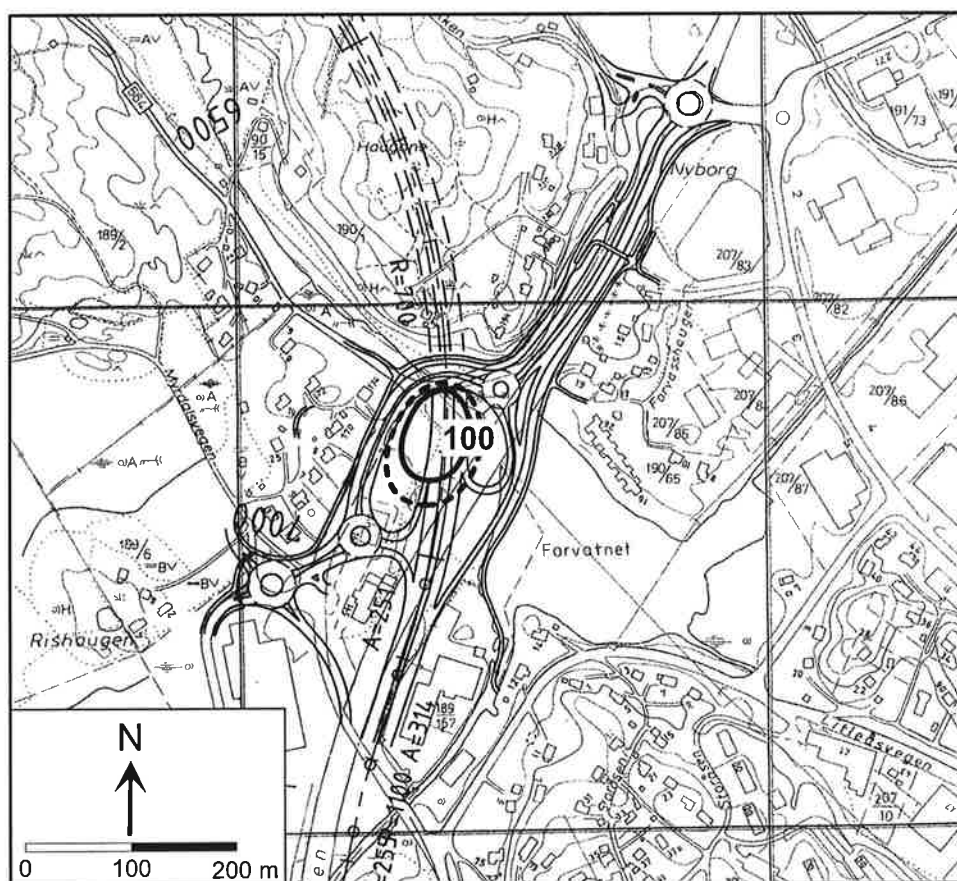
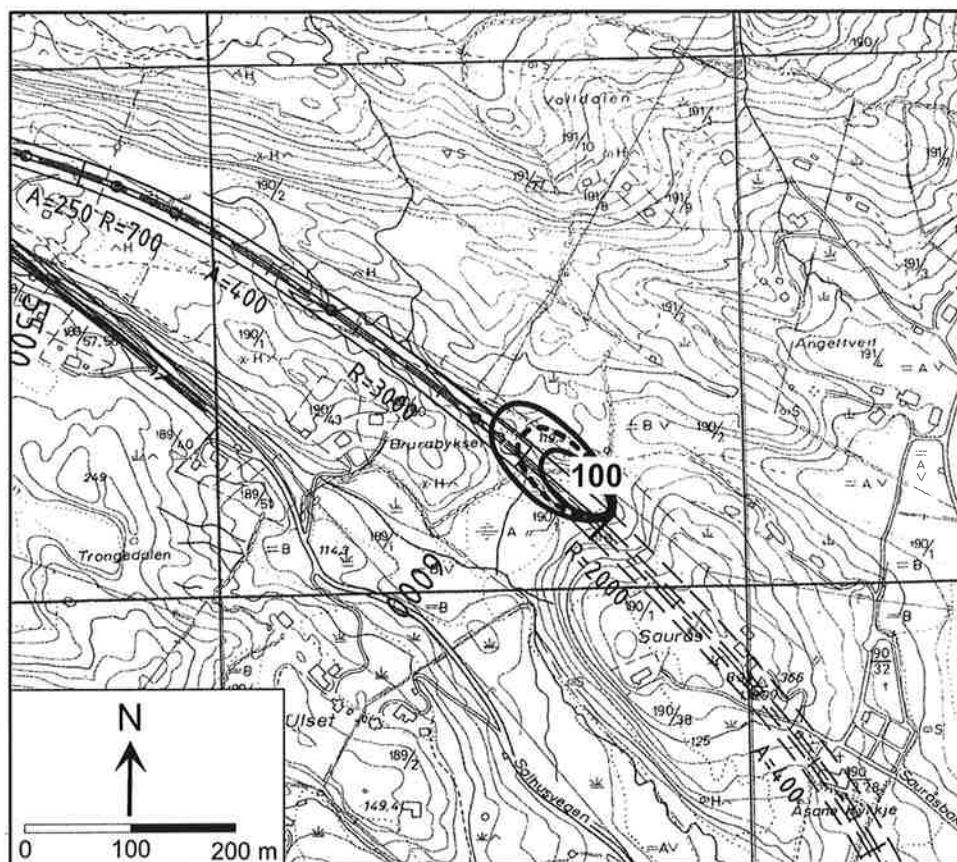
Figur 7b: Telleviktunnelen, vegalternativ C (tunnelmunning nord). Maksimale NO_2 -konsentrasjoner ved munningen. Konsentrasjonsgrenser er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



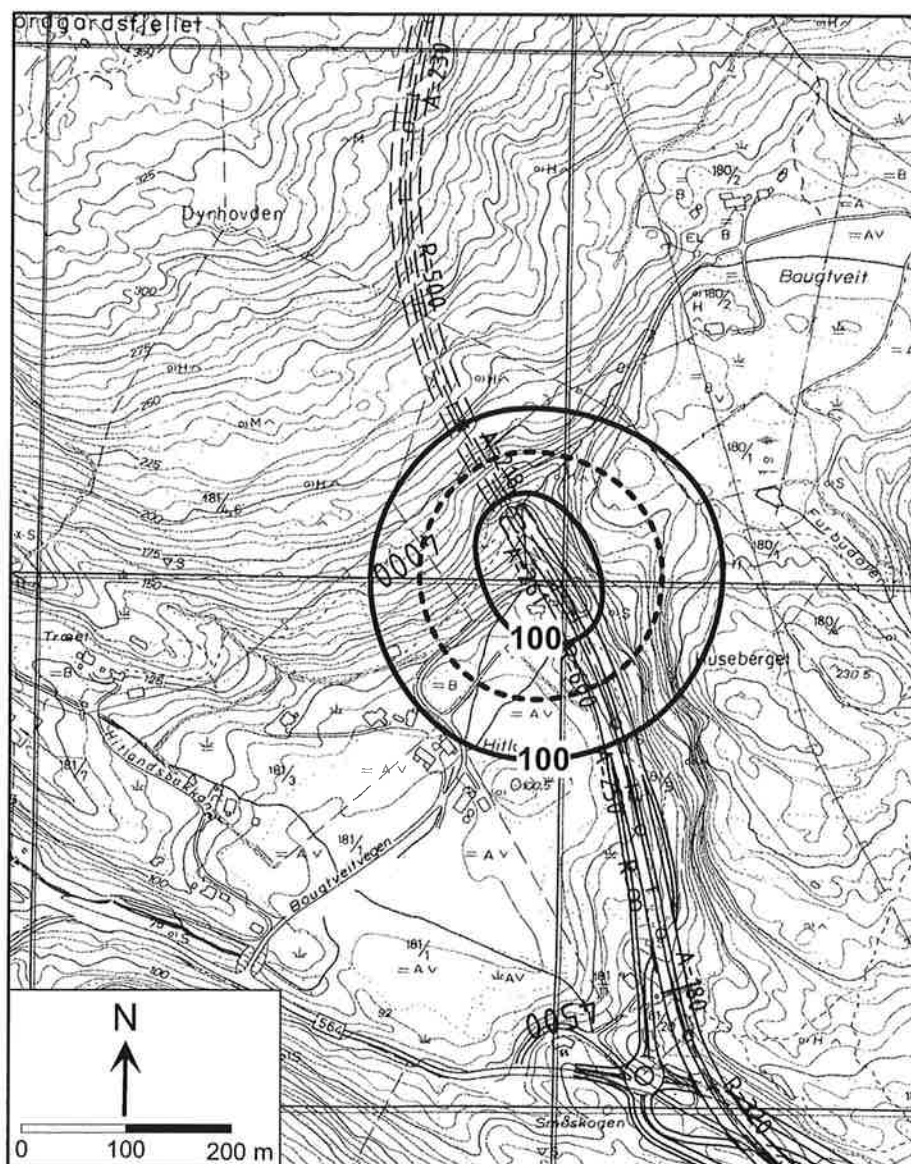
Figur 8a: Telleviktunnelen, vegalternativ D (tunnelmunning sør). Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningen. Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



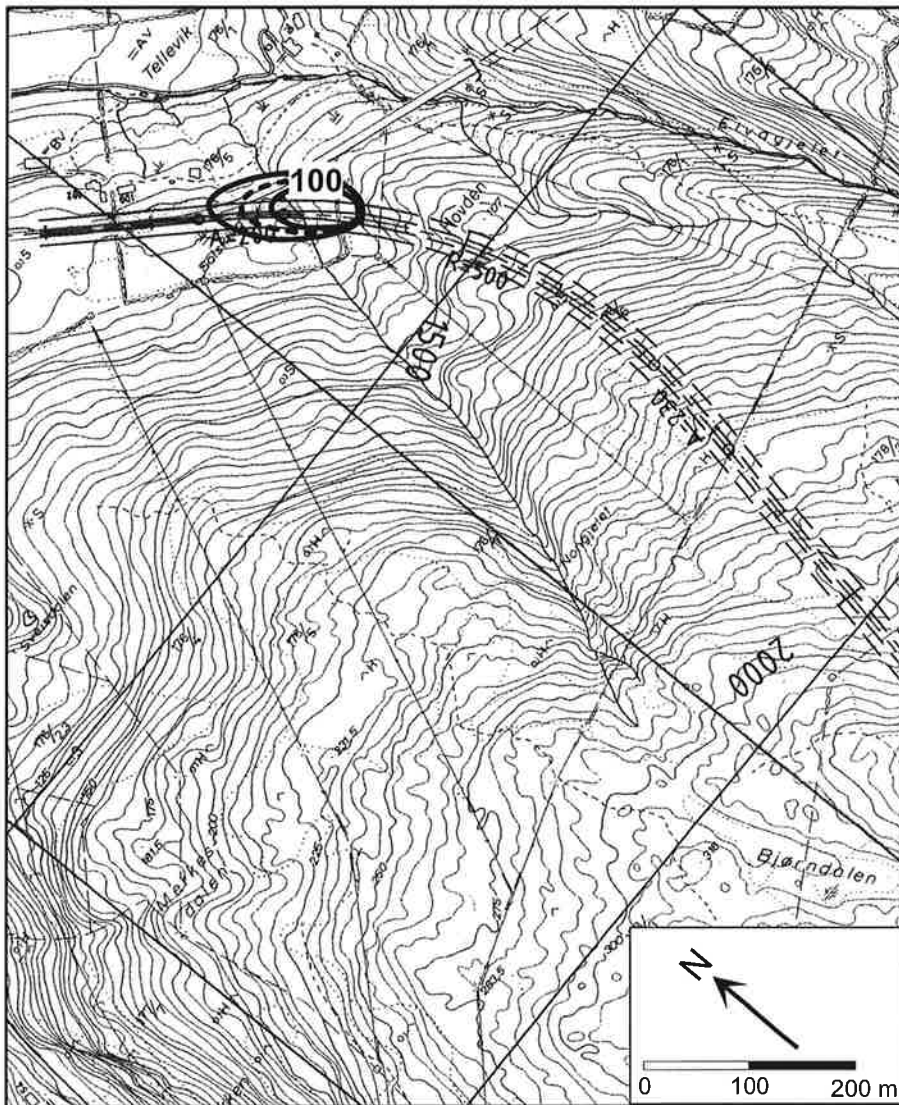
Figur 8b: Telleviktunnelen, vegalternativ D (tunnelmunning nord). Maksimale NO_2 -konsentrasjoner ved munningen. Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



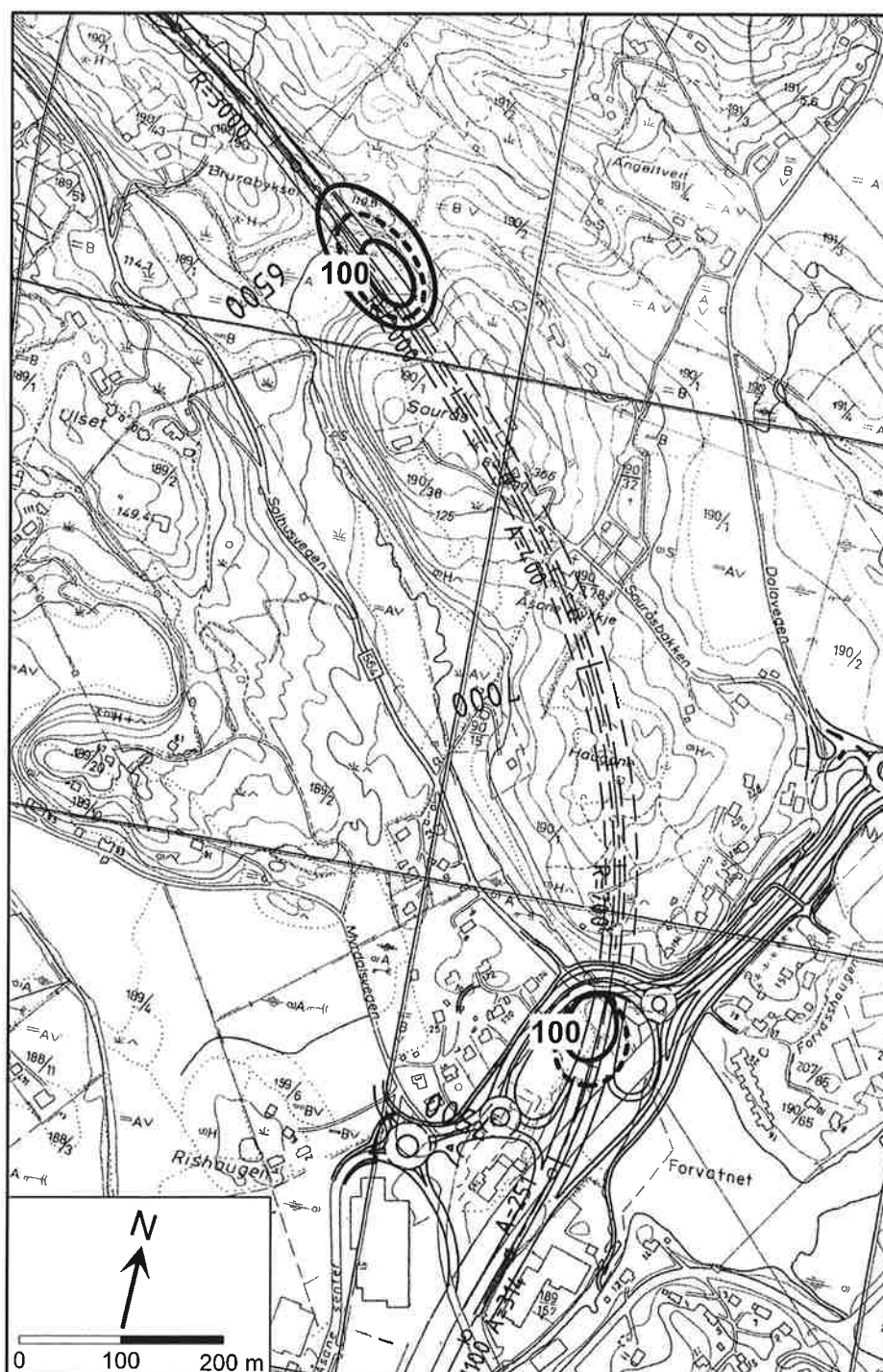
Figur 9: Sauråstunnelen, vegalternativ D. Maksimale NO_2 -konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



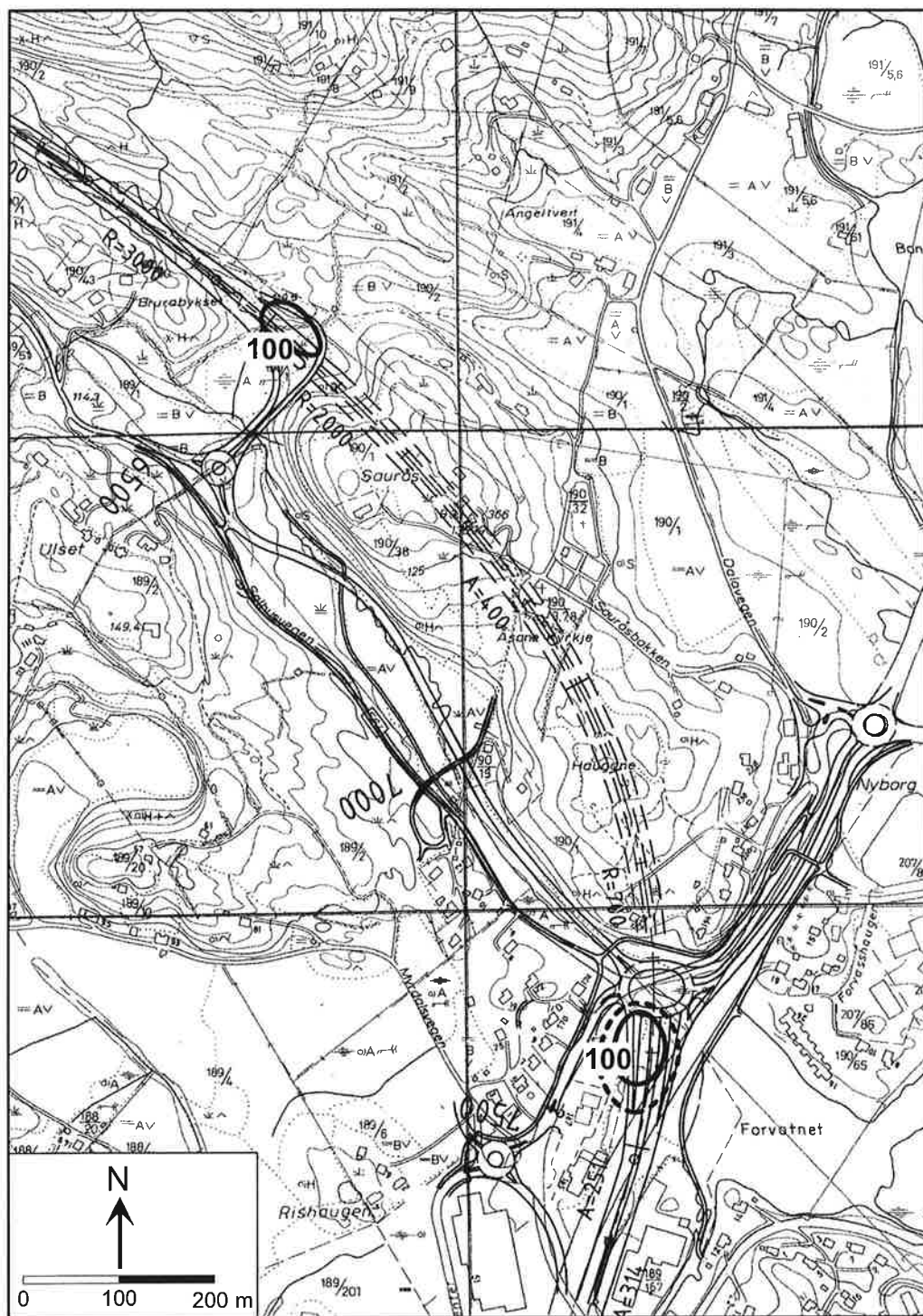
Figur 10 a: Telleviktunnelen, vegalternativ E, E1 og F (tunnelmunning sør).
Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningen.
Konsentrasjonsgrensene er angitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



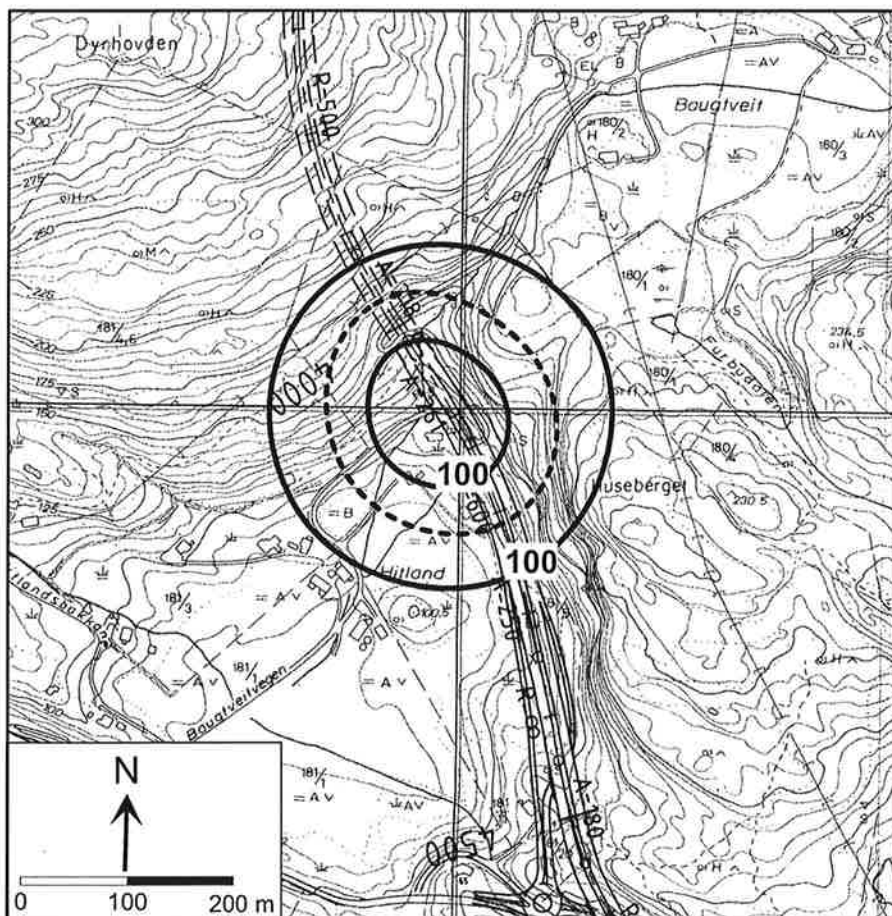
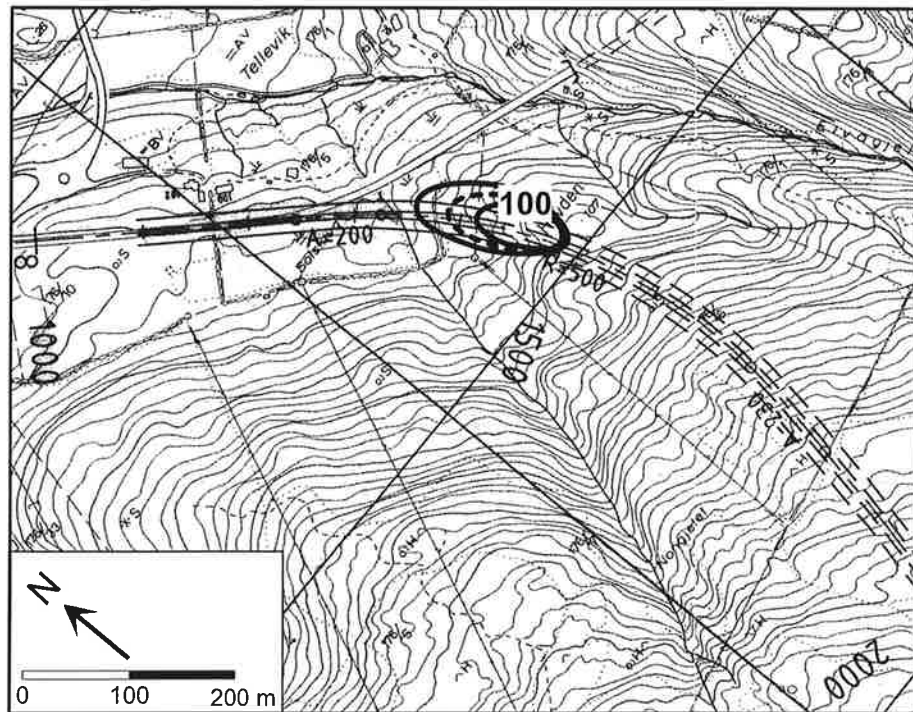
*Figur 10 b: Telleviktunnelen, vegalternativ E, E1 og F (tunnelmunning nord).
Maksimal NO₂-konsentrasjonen ved munningen.
Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.*



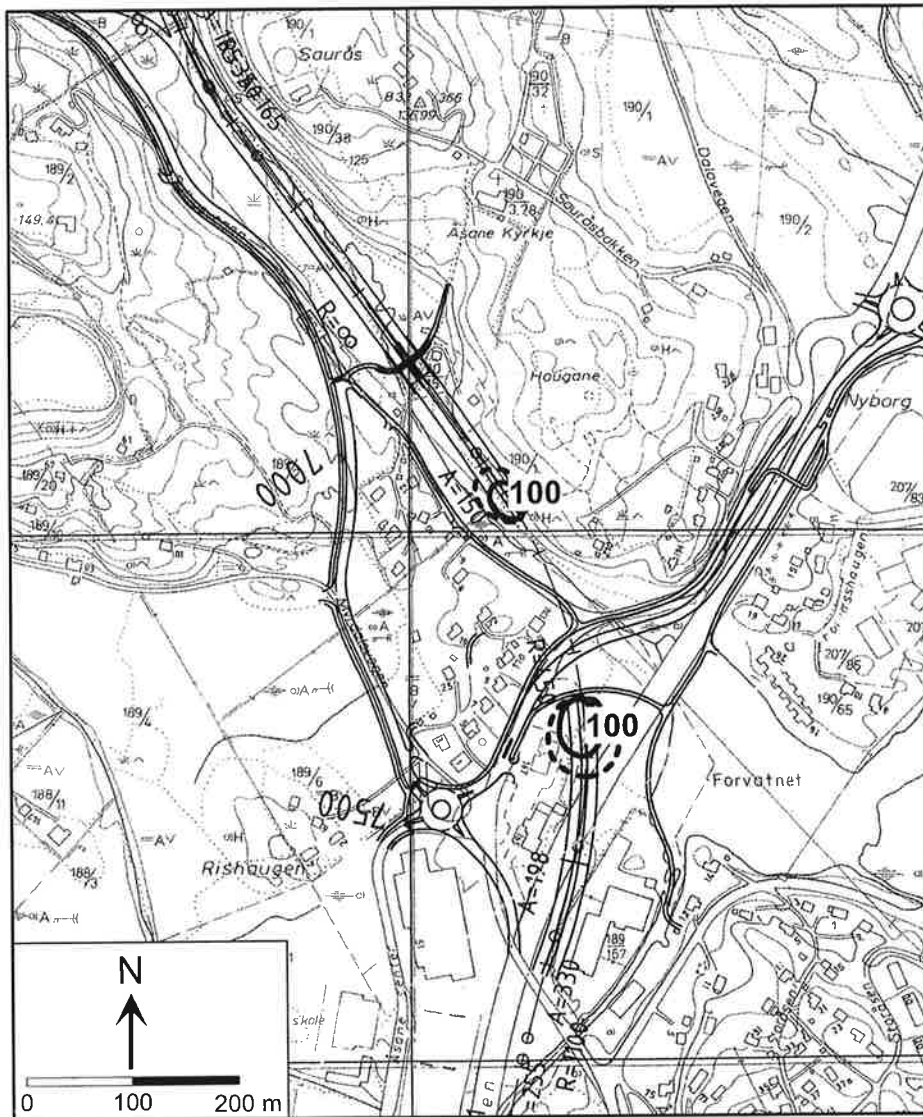
Figur 11a: Sauråstunnelen, vegalternativ E. Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.



Figur 11 b: Sauråstunnelen, vegalternativ E1. Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved kunningene. Konsentrasjonsgrensen er angitt i µg/m³.



Figur 12: Tellviktunnelen, vegalternativ F. Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.



Figur 13: Lokk ved Forvatn. Vegalternativ F. Maksimale NO₂-konsentrasjoner ved munningene. Konsentrasjonsgrensene er angitt i µg/m³.

Det er ellers ikke tatt hensyn til bidrag fra andre veier i nærheten eller andre forurensningskilder fordi disse bidragene inngår i bakgrunnsnivået.

Estimerte PM₁₀-konsentrasjoner i tunnelmunningene er basert på målinger i og ved Vålerengatunnelen i Oslo (Larssen, 1990). Følgende resonnement ble fulgt: Høyeste munningskonsentrasjon som ble målt i Vålerengatunnelen tilsvarer en døgnmiddelkonsentrasjon på 275 µg/m³. Vålerengatunnelen har en lengde på 850 m og en ÅDT 15000 i et løp i måleperioden. Munningskonsentrasjonene i tunnelene er skalert i forhold til trafikkarbeidet (trafikkarbeid = tunnallengde · ÅDT). Maksimale døgnmidlere munningskonsentrasjoner er vist i Tabell 4.

Forurenset tunnelluft spres i omgivelsene, og det er nødvendig at det blåser fra munningene for at et bestemt område skal utsettes for forurenset tunnelluft. Munningskonsentrasjonene er videre skalert ned som følge av piggdekk ikke er i bruk i år 2015. Verdiene i Tabell 5 viser at luftforurensninger av partikler ved tunnelmunningen får liten betydning når bilene kjører uten piggdekk.

7.2 Forurensninger ved åpne veier i området

Beregnete konsentrasjoner ved åpne veier i området er vist i Tabell 6. De beregnede konsentrasjonene kan forekomme 5 m fra veikanten ved dårlige spredningsforhold.

Tabell 6: Forurensningskonsentrasjoner ved åpen veier i Åsane i år 2015.

	Bakgrunn	Veibidrag	Sum
CO	3-1	1	3-1
NO ₂	36-4	60* - 87	112-91
PM ₁₀	40-25	29	69-54

* Dersom all ozon i bakgrunsluften reagerer med NO fra trafikken, må en regne med høy konsentrasjon fra veien.

Resultatene viser at SFTs luftkvalitetskriterier kan overskrides ved dårlige spredningsforhold og høy trafikkintensitet.

8 Tiltak for å redusere forurensningsbelastning

8.1 Rensing av tunnelluften

Store mengder ventilasjonsluft fra tunnelene må renses dersom tiltaket skal være effektivt. Dette fører til kostbare renseanlegg både i anskaffelse og drift.

Når det gjelder forurensning av partikler og NO₂ foreligger det imidlertid positive erfaringer med renseanlegg.

Bare NO₂ andelen av NO_x-utslippet i tunnelene fører til overskridelser av luftkvalitetskriteriene ved tunnelmunningene. Det foreligger positiv erfaring med bruk av NO₂-renseanlegg i Oslo-tunnelen (ref. samarbeid mellom Vegdirektoratet og O. Bøckmann ABB-miljø). Av hensyn til driften av anlegget må ventilasjonsluften først renses for støv.

8.2 Utslipp av ventilasjonsluft fra tunnelen gjennom vertikale sjakter

Utslipp fra aksialventilerte tunneler fører til de høyeste forurensningene ved tunnelmunningene. I en avstand 50-150 m fra tunnelmunningene vil luftforurensningen være redusert til 1/10 på grunn av blanding med luften utenfor. Denne sonen vil skjermes mot forurensning når utslippet skjer i en sjakt. Forurensningene fra sjakten avtar med økende sjakthøyde og utslippshastighet.

8.3 Framtidig utvikling

Alle nye personbiler solgt etter 1989 er utstyrt med treveis katalysator. Strengere avgasskrav til dieseldrevne personbiler ble innført i 1990, og tyngre dieseldrevne biler fikk strengere avgasskrav i 1994. Det var tidligere forventet en årlig utskifting av bilparken til katalysatorbiler på 7%, regnet fra 1989. Dette innebærer antagelig at i underkant av 65 % av bensindrevne biler antagelig vil ha katalysator i 2000. I år 2015 vil nesten alle bensindrevne biler kjøre med katalysator som har en god virkningsgrad. Metoden for beregning av fremtidige utslipp er beskrevet av Torp et al. i 1994. Internasjonalt aksepterte metoder er benyttet for å beregne endring i utslipp på grunn av aldring og manglende vedlikehold.

Avgasskrav til dieseldrevne lastebiler fra 1994 vil etter hvert redusere NO_x- (og NO₂)-utslipp fra slike biler. Med halvert NO_x-utslipp fra de nye bilene, og en utskiftingstakt på 10 % pr. år, vil dette motvirke en trafikkøkning på anslagsvis 2-3 % pr. år.

Når motoren er kald virker katalysatorene dårlig, og når det gjelder trafikken i tunnelene, er det regnet med en kaldstartandel på 10%. Utslippene av PM₁₀ fra tunnelen i år 2015 er redusert betydelig fordi det er rimelig å anta at de fleste bilene kjører uten pigger.

9 Referanser

- Gotaas, Y. (1981) Spredning av sporstoff fra vegtunneler i Bergen. Lillestrøm (NILU OR 37/81).
- Grønskei, K.E. (1994) Beskrivelse av spredning og overgang fra NO til NO₂ ved åpne veier. Kjeller (NILU OR 13/94).
- Iversen, T. (1982) Forenklet metode for spredningsberegninger ved vegtunneler. Lillestrøm (NILU OR 27/82).
- Larssen, S. og Iversen, T. (1984) Vurdering av luftforurensning ved veitunneler gjennom Vålerenga og Gamlebyen. Lillestrøm (NILU OR 52/84).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport nr. 92:16).
- Strand, K. (1997) Trafikkanalyse Åsane Nord. Areal og transportseksjoner. Bergen, Statens vegvesen, Hordaland.

Torp, C., Tønnesen, D. og Larssen, S. (1994) Programdokumentasjon for VLUFT versjon 3.1. Kjeller (NILU TR 3/94).

Tønnesen, D. (1988) Vurdering av luftforurensning ved Lysakerlokket. Lillestrøm (NILU OR 14/88).

Vegdirektoratet (1988) Vegdirektoratets anbefalinger for tunnelluft. Oslo.

Vedlegg A

Generelt om luftforurensning fra trafikk

Generelt om luftforurensning fra trafikk

Oversikt

De ulike stoffer i bileksos kombinert med det store drivstoff-forbruket i samferdssektoren skaper luftforurensningsproblemer både lokalt langs veier og i byer, regionalt over større områder (f.eks. Sør-Norge, Nord-Europa) og globalt. Tabell 1 gir en oversikt over problemene på ulike skalaer, og hvilke stoffer de er knyttet til. Høye konsentrasjoner av CO, NO₂ og partikler gir negativ helsepåvirkning lokalt i gater og i tettsteder generelt. Menneskers opplevelse av plage i forbindelse med forurensning fra veitrafikk skyldes i tillegg til helseeffektene et samvirke mellom lukt og nedsmussing fra sot og veistøv.

Utslipet av NO_x og flyktige hydrokarboner (VOC) bidrar til forsurening og dannelse av troposfærisk ozon, som kan gi et bidrag til forekomsten av vegetasjonsskader. Utslipet av karbondioksid (CO₂) og andre "drivhusgasser" som metan (CH₄) og dinitrogenoksid ("lystgass", N₂O) bidrar til den oppvarming av atmosfæren som mange mener vil fortsette i tiårene som kommer. N₂O kan også delta i nedbryting av ozonlaget i stratosfæren.

Tabell A1: Viktige luftforurensningsproblemer som biltrafikken bidrar til

Skala	Problem	Stoffer i bileksos
LOKAL	Helseeffekt	CO, NO ₂ , Veistøv (PM ₁₀ *), eksospartikler (PM _{2.5} *), tungmetaller (f.eks. bly), sot, VOC, tyngre organiske stoffer (f.eks. PAH)
	Nedsmussing	Veistøv, sot
	Lukt	Organiske stoffer (fra dieseleksos)
REGIONAL 1 000 km	Forsuring av vann og jordsmonn	S- og N-forbindelser
	Troposfærisk ozon	NO _x , VOC
GLOBAL	Drivhuseffekt	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO
	Ozon-nedbryting	N ₂ O

* Partikler med diameter mindre enn 2.5 eller 10 µm.

Biltrafikk og lokal luftforurensning

Generelt

De viktigste lokale luftforurensningsproblemene knyttet til biltrafikk er mulighetene for helseskade ved høye konsentrasjoner av NO₂ og partikler, samt nedsmussing og ubehag knyttet til veistøv. Biltrafikken er den dominerende kilden til stoffer som gir overskridelser av grenseverdier for luftkvalitet, lokalt i gater og

i byer generelt. Dette er dokumentert bl.a. gjennom basisundersøkelser NILU har foretatt i Oslo, Bergen, Drammen og Sarpsborg/Fredrikstad.

Problematikken knyttet til veistøv bør nevnes spesielt. De største partiklene i støvfraksjonen gir nedsmussing og ubehag ("støvnedfall"). Partiklene med mindre diameter (svevestøv) kan gi helseskade. Det er vanlig å inndele (det potensielt helsefarlige) svevestøvet i to fraksjoner; partikler med diameter mindre enn 10 µm (PM₁₀) og 2,5 µm (PM_{2,5}). PM₁₀ kan avsettes i bronkiene og de øvre luftveier, mens PM_{2,5} kan transporteres helt ned i lungealveolene.

PM₁₀ består i hovedsak av partikler fra veidekket, mens PM_{2,5} domineres av eksospartiklene. De maksimale PM₁₀-konsentrasjonene måles i perioder med stor trafikk når veiene tørker opp mot slutten av piggdekkssesongen. Da vil det være mer veistøv enn eksospartikler i lufta.

SFT har kommet med forslag til anbefalte luftkvalitetskriterier for maksimale konsentrasjoner av CO, NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ (SFT, 1992). Til luftkvalitetskriteriene er det knyttet en midlingstid. Det anbefales at forurensningskonsentrasjonen, målt som gjennomsnitt over den gitte midlingstiden, ikke skal overskride den gitte verdien. Helsevirkninger knyttet til overskridelse av de ulike luftkvalitetskriteriene er omtalt i SFTs rapport (SFT, 1992). Den vesentligste endringen med tanke på trafikkforurensning i forhold til det forrige settet med luftkvalitetskriterier, er at kriteriet for timemiddelkonsentrasjon av NO₂ er redusert fra 200 til 100 µg/m³.

Overskridelser av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer i dag relativt hyppig i byer og tettsteder. Hvilke luftkvalitetskriterier som overskrides har forandret seg de siste 10-15 årene. Tidligere forekom overskridelser av grenseverdiene for CO og bly relativt hyppig nær trafikkerte veier. CO og bly representerer ikke lenger lokale forurensningsproblemer, mens problemene knyttet til NO₂ og PM₁₀ har økt i omfang. Overskridelsene av luftkvalitetskriterier for NO₂ og PM₁₀ forekommer hyppigere langs veiene enn generelt i byområdene. Tabell A2 gir en oversikt over de luftkvalitetskriteriene som er aktuelle i forbindelse med forurensning fra trafikk, og i hvilke områder disse erfaringsmessig kan overskrides.

Tabell A2: Oversikt over hvilke luftkvalitetskriterier som i dag overskrides i sentrum i byer og tettsteder. Nær middels og sterkt trafikkerte veier kan samtlige luftkvalitetskriterier overskrides.

Områdetype	Luftkvalitetskriterier som kan overskrides		
	Stoff	Midlingstid	Grenseverdi
Bysentra, middels store og store byer	NO ₂	Time	100 µg/m ³
	NO ₂	Døgn	75 µg/m ³
	PM ₁₀	Døgn	70 µg/m ³
Nær sterkt trafikkerte veier	I tillegg: NO ₂	Halvår	75 µg/m ³
	PM ₁₀	Halvår	40 µg/m ³

Helseeffekter

I det etterfølgende vil vi kort omtale hvilke negative helseeffekter CO, NO₂, PM₁₀ og støvnedfall kan ha. For begrunnelse av fastsetting av nivåene på de ulike luftkvalitetskriteriene, henvises til SFTs rapport "Virkinger av luftforurensing på helse og miljø" (SFT, 1992). Følgende sitater er hentet fra denne rapporten:

Nitrogendioksid (NO₂) kan medføre helseeffekter i konsentrasjoner som kan forekomme i forurenset uteluft. Kunnskaper om virkninger av NO₂ foreligger bl.a. fra akutte forgiftningstilfeller som følge av ulykker i yrkeslivet. Disse har i verste fall hatt dødelig utgang. I forbindelse med forurenset uteluft vil de mulige helseskadene som følge av at befolkningen kontinuerlig eller periodevis gjennom lengre tid utsettes for NO₂-konsentrasjoner i luften opp til 2 000 µg/m³ først og fremst være av interesse. Opp mot dette konsentrasjonsnivået er sammenhengen mellom konsentrasjon og effekt uklar og grunnlagsmaterialet for å fastsette laveste observerbare skadeeffekt-nivå er begrenset.

Dyreforsøk har gitt verdifulle opplysninger om virkningsmekanismene. Således finner man ved kortvarig eksponering for NO₂-konsentrasjoner på 3 700 µg/m³ eller mer økt mottakelighet for infeksjoner og morfologiske forandringer. Etter lengre eksponering for 190 µg/m³ eller mer og eventuelt tidvis eksponering for toppkonsentrasjoner ti ganger høyere, finner man morfologiske forandringer og økt mottakelighet for infeksjoner. Ikke bare påvirkes lungenes forsvarsceller (makrofagene i lungeblærene), men også hvite blodlegemer som er en del av immunforsvaret (fra 470 µg/m³ og høyere).

Undersøkelser av effekten av NO₂ på mennesker i kontrollerte forsøk viser store variasjoner mellom forsøkspersoner. I lungefunksjonstester viser det seg at astmatikere er den mest følsomme gruppen. I sammenligninger mellom grupper av forsøkspersoner har man funnet signifikante effekter på lungefunksjon etter eksponering for 460 µg/m³ eller mer i 20 minutter lenger.

Epidemiologiske undersøkelser er blitt foretatt på befolkningsgrupper i forurensete områder, og i nyere studier har man også sammenlignet grupper eksponert for ulike NO₂-konsentrasjoner innendørs. De få epidemiologiske data som foreligger tyder på at NO₂ fra 110-150 µg/m³ kan føre til økt antall tilfeller av luftveissykdommer hos barn. Dessuten har man ved eksponering for 200 µg/m³ NO₂, sammen med andre forurensningskomponenter, funnet økt forekomst av lungesykdommer og nedsatt lungefunksjon hos barn og voksne.

Karbonmonoksid (CO): Karbonmonoksids helseskadelige virkninger skyldes at CO konkurrerer med O₂ om bindingsstedene på hemoglobinmolekylet. Derved reduseres den oksygenmengden som blodet kan transportere fra lungene til vevene i kroppen. Fordi hemoglobinet har mer enn 200 ganger større affinitet for CO enn for O₂, kan karbonmonoksid svekke oksygentransporten selv ved meget lave CO-konsentrasjoner. Foruten å senke den oksygenmengden som blodet kan transportere til vevene, hemmer CO ved sin tilstedeværelse også frigjøringen av oksygen fra hemoglobinet, og derved overføringen av O₂ til vevene.

CO i luften kan påvirke mennesker dersom gassen i tilstrekkelig grad fortrenger oksygen fra dets bindingssted på blodets hemoglobin. Opptaket av CO i kroppen

skjer i to trinn; *innåndingen*, som gir økt CO-konsentrasjon i lungeblærene (alveolene), og *diffusjonen* gjennom alveoleveggen over i blodet. Både lungeventilasjonen og diffusjonshastigheten påvirker CO-opptaket. Opptaket varierer med alder, fysisk aktivitet og lungenes tilstand. Også lufttrykket, og dermed høyden over havet, har betydning for opptakshastigheten. For vurderingen av enkeltindividenes CO-eksponering i løpet av dagen er CO-opptaket, og den prosentdelen av hemoglobinet bindingskapasitet for oksygen som er blokkert av CO (COHb%), en god biologisk dose-indikator. Under opphold i luft med en konstant konsentrasjon av CO, øker COHb% i blodet i løpet av en del timer til et metningspunkt svarende til eksponeringsnivået. Den tid det tar før likevekt oppstår mellom blod og uteluft avhenger av en rekke faktorer som er nevnt ovenfor. Bindingen av CO til hemoglobinet er reversibel og forhøyet COHb% oppnådd i forurenset luft vil reduseres under påfølgende opphold i mindre forurenset luft. Halveringstiden ved utluftning under hvile er ca. 4 1/2 time.

Siden opptak og utskillelse av CO foregår relativt langsomt og konsentrasjonen av CO i luften i bymiljø varierer relativt mye fra sted til sted og fra time til time, vil CO-påvirkningen på en typisk "omflakkende" byborger vanskelig kunne forutsies på basis av et like antall faste målesteder i byen. Norsk institutt for luftforskning (NILU) foretok i 1987 målinger både innendørs og utendørs langs en av Norges mest forurensete gater, Rådhusgaten i Oslo, samtidig som det ble målt COHb% hos personer som arbeidet langs gaten. CO-konsentrasjonen utendørs i prøveperioden lå rundt 10 mg/m³ (8 times-middel). COHb% hos ikke-røykere økte lite i løpet av dagen. Ettermiddagsverdien overskred ikke 1,5%. Økningen i COHb% var noe større de dager det ble målt høye nivåer av forurensning, men forskjellene ble ikke bedømt å ha helsemessig betydning. Videre ble det i rapporten konkludert med at CO-innholdet i blodet ble påvirket langt sterkere av røyking enn av den trafikkforurensning som ble registrert.

Anbefalte luftkvalitetskriterier er gitt i tabell A3.

Tabell A3: Anbefalte luftkvalitetskriterier.

Komponent	Måleenhet	Virknings- område	Midlingstid					
			15 min	1 t	8 t	24 t	30 d	6 mnd
NO ₂	µg/m ³	Helse	500	100		75		
CO	mg/m ³	Helse	80	25	10			



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 29/99	ISBN 82-425-1084-9 ISSN 0807-7207	
DATO 1.6.99	ANSV. SIGN. Knut Erik Grønnskei	ANT. SIDER 46	PRIS NOK 75,-
TITTEL E-39 Hovedveg gjennom Åsane i Bergen Vurdering av luftforurensning		PROSJEKTLEDER Knut Erik Grønnskei	
		NILU PROSJEKT NR. O-97067	
FORFATTER(E) Knut Erik Grønnskei		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Kåre Karlsen	
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen Hordaland vegkontor Postboks 3645 Fyllingsdalen 5845 BERGEN			
STIKKORD Tunnel	Forurensning	Spredningsberegninger	
REFERAT Luftforurensning i forbindelse med seks alternative planer for utbygging av E-39 gjennom Åsane i Bergen.			
TITLE Air pollution from traffic in tunnels along E-39 through Åsane, Bergen			
ABSTRACT			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
B Begrenset distribusjon
C Kan ikke utleveres