

NILU: TR 7/2000
REFERANSE: O-99140
DATO: SEPTEMBER 2000
ISBN: 82-425-1185-3

Programdokumentasjon VLUFT versjon 4.4

Dag Tønnesen

Forord

Denne dokumentasjonen er skrevet for brukere av VLUFT som vet litt om luftforurensning fra trafikk, og som ønsker å vite hvilke forutsetninger som ligger inne i modellen. Den vil også være nyttig for dem som har satt seg mer inn i området, og som ønsker å gjøre sammenligninger med lignende modeller. Vi har lagt vekt på åpenhet omkring alle forutsetninger. Det gjør det lett for interesserte å komme med innspill, slik at modellen kan forbedres.

VLUFT-utviklingen har blitt finansiert av Vegdirektoratet og NILU, og har blitt tilpasset Vegdirektoratets behov. Steinar Larssen på NILU har i stor grad stått for det faglige innholdet i VLUFT. Den første versjonen av programmet ble programmert i FORTRAN på NORD-datamaskin av Frederick Gram på NILU i perioden 1989 til 1990. Programmet ble omprogrammert til PC av Jan Sørli. Det ble gjort en rekke tilpasninger for å kunne benytte programmet i TP10-arbeidet, og dette resulterte i versjon 1.5 (april 1991). VLUFT 1.5 beregnet totalutslipp fra veinettet, og konsentrasjoner i valgt avstand fra veikant for hver enkelt lenke. Det ble laget et plotteprogram "VLOT" for presentasjon av konsentrasjonsberegningene.

I forbindelse med NVVP 1994-97 ønsket Vegdirektoratet å beregne eksponering av de bosatte langs veinettet til luftforurensning. Dette kunne gjøres ved å benytte data fra bygningsregistret som var etablert til bruk i støyberegninger. Muligheten for slike eksponeringsberegninger ble lagt inn i VLUFT 2.0 sammen med beregning av antall plagede personer, og modellen ble ferdigstilt i juni 1991.

Frem til dette hadde VLUFT-beregningene omfattet utslipp av komponentene CO, NO_x og CO₂, og konsentrasjoner av CO og NO₂ samt støvnedfall og plagethet. I forbindelse med Vegdirektoratets utredning av konsekvensen av ulike luftkvalitetsnormer i Forurensningsloven, var det ønskelig å inkludere svevestøv (PM₁₀) i beregningene, siden denne komponenten (sammen med NO₂) er den som i størst grad gir overskridelse av SFTs luftkvalitetskriterier i Norske byer og tettsteder. Steinar Larssen satte opp en modell for beregning av PM₁₀ våren 1993, som ble implementert i en intern NILU-versjon av programmet kalt VLUFT 2.5.

For å komme fram til versjon 3.1 er det gjort vesentlige endringer både når det gjelder form og innhold. VLUFT ble gjort menystyrt innenfor VADM-systemet, og beregningenes innhold og resultatpresentasjonen ble gjort mer fleksibel. VADM er et system for generering av inngangsdata, utføring av beregninger og presentasjon av resultater for luft- og støyberegninger, som er utviklet av Asplan Viak.

VLUFT 4.0 ble omprogrammert til å kjøres under Windows som operativsystem. De beregningstekniske endringene fra versjon 3.1 omfattet ny metode for beregning av PM₁₀-utslipp, og endret metodikk for beregning av eksponering i gaterom. For framtidige beregninger ble det inkludert en automatisk korreksjon av bakgrunnskonsentrasjoner til beregningstidspunkt, og bakgrunnskonsentrasjonene ble valgt av programmet avhengig av hvilket fylke beregningene ble utført for.

I VLUFT 4.3 ble modellen ”rekalibrert” mot alle eksisterende relevante målinger av konsentrasjoner i veinært miljø, og beregningsprosedyrene ble noe endret med hensyn til parametrisering av spredningen nær vei.

I forbindelse med vedtak om nye nasjonale mål for luftkvalitet er det innført prosentiler av forurensningskonsentrasjon som mål på luftkvalitet. VLUFT 4.4 er laget for å gi maksimalbelastning og prosentiler som resultat. Utslippsmodulen er omarbeidet slik at den nå tilsvarer utslippsberegningene i ”Nasjonal Utslippsmodell” utarbeidet av Statistisk Sentralbyrå på oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn.

Innhold

	Side
Forord	1
Innhold	3
Sammendrag	4
1 Innledning	5
2 Utslippsmodulen	6
2.1 Metodikk	6
2.2 Kjøretøyklasser	7
2.3 Utslippsmodulens detaljeringsnivå	8
2.4 Begrepet “utslippsfaktor”	9
2.5 Metodikk for bestemmelse av utslippsfaktorene.....	10
2.5.1 Effekten av stigning på utlippene	10
2.5.2 NO ₂ -andeler av NO _x	13
2.5.3 Effekten av kaldstart.....	13
2.6 Drivstofforbruk	14
2.6.1 Sammenheng mellom drivstofforbruk og CO ₂ -utslipp	15
2.7 Generering av svevestøv	15
2.7.1 Måter å angi svevestøv på	15
2.7.2 Beregningsmetode for PM ₁₀	15
2.7.3 Utslipp av eksospartikler	16
2.7.4 Betydning av kjørehastighet og tungtrafikkandel	16
2.7.5 Maksimalutslipp av PM ₁₀	16
2.7.6 Fylkesavhengig veislitasje.....	17
2.7.7 Forholdet mellom døgn- og timekonsentrasjoner	17
2.7.8 Renhold 17	
2.7.9 Piggdekkbruk.....	17
3 Spredning	18
3.1 Anvendte metoder	18
3.2 Kryss/trafikkmaskin	18
3.3 Gaterom.....	18
3.4 Konsentrasjoner ved bolig.....	18
4 Bakgrunnsforurensning	19
4.1 Dagens situasjon.....	19
4.2 Framtidig bakgrunnsforurensning	19
5 Eksponering	20
6 Beregning av prosentilverdier for NO₂ og PM₁₀	20
7 Usikkerhet og begrensninger i beregningsresultatene	21
8 Referanser	22
Vedlegg A Utslipp av CO, NO_x og eksospartikler for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017	23

Sammendrag

VLUFT er en modell for luftforurensning fra veitrafikk, som kan brukes for veinett bestående av åpne veier og gaterom. Større kryssystemer kan også behandles på en forenklet måte. Det beregnes utslipp av CO_2 , CO og NO_x ($NO+NO_2$). Utslippsfaktorene for CO og NO_x (g/km) er avhengig av kjøretøyklasse, kjørehastighet og stigning på veien. Drivstofforbruket, som bestemmer CO_2 -utslippet, er avhengig av kjøretøyklasse og kjørehastighet. Det beregnes konsentrasjoner av CO , NO_2 og PM_{10} . Modellen fokuserer på de stoffene det finnes anbefalte luftkvalitetskriterier for som overskrides som følge av trafikkutslippene, og stoffer der trafikken har et vesentlig bidrag til totalutslippene i Norge. I tillegg til maksimalbelastning langs veier beregnes også verdier for konsentrasjonsprosentiler svarende til nasjonale mål for luftkvalitet.

Det er lagt inn forutsetninger om teknologisk utvikling på kjøretøysiden, slik at det kan gjøres beregninger frem til 2017. Jo lenger fram i tid man kommer, jo mer usikre blir estimatene. Det er lagt vekt på at forutsetningene skal stemme overens med Vegdirektoratets (VDs) prognoser og prognosene lagt inn i Nasjonal Utslippsmodell utarbeidet av Statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens forurensningstilsyn (SFT) (SFT, 1999).

Det benyttes ulike spredningsmodeller for gaterom og veier i spredt bebyggelse til å beregne konsentrasjon av forurensningskomponentene i det veinære miljøet. Det beregnes maksimalkonsentrasjoner i valgt avstand fra veikant, dvs. konsentrasjoner som oppstår når rushtidstrafikk og maksimalt dårlige spredningsforhold inntreffer samtidig. Det beregnes også konsentrasjonsprosentiler, for NO_2 den 8. høyeste årlige timemiddelverdien og for PM_{10} den 7. Og 25. høyeste døgnmiddelverdien. Videre beregnes det eksponering, dvs. konsentrasjoner utenfor husene der folk er bosatt. Konsentrasjoner og antall eksponerte ses i forhold til SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier og i forhold til nasjonale mål for luftkvalitet.

I forhold til tidligere modellversjoner har VLUFT 4.0–4.4 blitt forbedret både når det gjelder innhold og brukervennlighet. De viktigste endringene er:

- Systemet opereres under Windows, og alle resultater lagres i databaseformat.
- Utslippsmodellen for PM_{10} er forbedret og reflekterer regionale forskjeller bedre.
- Eksponeringsberegninger for gaterom utføres ved hjelp av en egen spredningsmodell for gaterom.
- Forslag til bakgrunnskonsentrasjoner er gitt for hvert fylke, med flere tilgjengelige verdier.
- Korrigering av bakgrunnsverdier foretas automatisk som funksjon av beregningsår.
- Beregning av eksponering utføres i forhold til det største bidraget blant de to nærmeste lenkene.
- Utslippsberegningene er i overensstemmelse med Nasjonal Utslippsmodell.

Programdokumentasjon VLUF T versjon 4.4

1 Innledning

VLUF T er en PC-modell som beregner utslipp, maksimale konsentrasjoner og bestemte prosentverdier av utvalgte luftforurensningsparametre knyttet til et veinett. Den fokuserer på de viktigste forurensningskomponentene som forårsaker overskridelse av SFTs luftkvalitetskriterier i norske byer og tettsteder i dag, nemlig nitrogendioksid (NO₂), svevestøv (PM₁₀) og karbonmonoksid (CO). I tillegg beregnes totalutslipp av CO, NO_x og CO₂, med tanke på regionale og globale luftforurensningseffekter. Veitrafikken slipper ut en rekke andre stoffer i mindre mengder i tillegg til disse, som det på sikt er ønskelig å inkludere i modellen. Det er et problem at tilgjengelige utslippsdata er såpass begrenset. De beregnede komponentene er imidlertid gode indikatorer på forurensnings-situasjonen ved veier.

Det er to hovedfaktorer som til enhver tid bestemmer konsentrasjonene av ulike komponenter i veimiljøet: Utslippsmengdene og spredningsforholdene. Spredningen er avhengig av vind- og temperaturforhold. Erfaringene viser at trafikken langs en gitt vei har omtrent samme variasjonsmønster og nivå fra dag til dag. Konsentrasjonsnivåene kan imidlertid variere sterkt, fordi spredningsforholdene varierer. Eksempel på variasjon i NO₂-konsentrasjoner over en måned er vist i Figur 1 nedenfor. De daglige rushtidstopperne fremgår tydelig, og også variasjoner hverdag-helg. Det er imidlertid variasjonene i spredningsforhold som er opphav til de store forskjellene, f.eks. konsentrasjonstoppen den 8. februar. Det er slike maksimalkonsentrasjoner som beregnes av VLUF T.

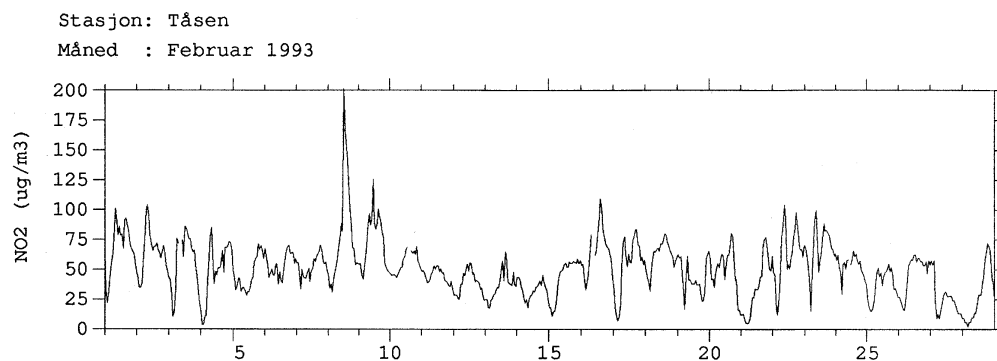
Dokumentasjonen er bygget opp på følgende måte:

Kapittel 2 beskriver utslippsmodulen i modellen. Inndelingen i kjøretøyklasser beskrives, og modellens detaljeringsnivå omtales. Det forklares hvordan utslipps-tall fremkommer med dagens metoder. Datamaterialet for utslippstall som er vurdert blir beskrevet, og det forklares hvordan vi på grunnlag av dette har kommet fram til utslippstallene som er lagt inn i modellen. Effekt av kaldstart og grunnlaget for den antatte utskiftningstakten gjennomgås. Spesifikt drivstoff-forbruk for dagens biler omtales, sammen med forventet reduksjon.

I forhold til tidligere versjoner av VLUF T-dokumentasjon er nå følgende momenter i sin helhet omhandlet i beskrivelsen av nasjonal utslippsmodell:

- Beskrivelse av datagrunnlag for utslippsfaktorer.
- Utskiftningstakt for bilparken.
- Drivstofforbruk for de ulike årsmo delene av bilklassene.
- Prognoser for utvikling av utslippene.

Modellen for generering og oppvirvling av veistøv som er videreutviklet i forhold til tidligere versjoner blir beskrevet.



Figur 1: Timesmiddelkonsentrasjoner av NO_2 , målt i Tåsenkrysset på Ringveien i februar 1993. (7., 14., 21 og 28. var fredager.)

Kapittel 3 omhandler spredning av luftforurensningen. Spredningsmodellen for åpne veier er en modifisert versjon av EPA-modellen HIWAY 2. Spredningsmodellen for gaterom er en modifisert versjon av Stanfordmodellen som inngår i Nordisk Beregningsmetode for Bilavgasser (NBB).

Kapittel 4 beskriver hvordan bakgrunnsforurensning behandles i modellen. Metoden for å estimere fremtidig bakgrunnsforurensning er beskrevet.

Kapittel 5 beskriver eksponeringsberegningene.

Kapittel 6 er en kort beskrivelse av usikkerheter og begrensninger i beregningsresultatene.

2 Utslippsmodulen

2.1 Metodikk

Utslippene av CO og NO_x fra trafikkstrømmen på hver lenke beregnes ved å multiplisere trafikkvolumet (biler/time) med lenkelengden (km) og en "utslippsfaktor" ($\text{g}/(\text{km} \cdot \text{bil})$). For CO_2 beregnes utslippsfaktoren som g utslipp pr. enhet forbrukt drivstoff, multiplisert med drivstofforbruket (kg/km). Utslippene på en veilenke er funksjon av

- kjørehastigheten
- stigning på veien
- beregningsåret (fordi dette bestemmer teknologinivået)
- andelen biler i forskjellige kjøretøyklasser

Det korrigeres for at utslippene fra gjennomsnittsbilen øker etter som bilen blir eldre, og at kaldstart bidrar til økte utslipp.

Totalutslippene fra veinettet (tonn/år) beregnes ut fra de døgnmidlere trafikkparametrene. Utslippsberegningene som danner grunnlaget for konsentrasjonsberegningene benytter trafikkparametre for rushtiden.

Utslipp/generering av PM₁₀ (veistøv) beregnes etter en annen metodikk enn de øvrige komponentene. Dette skyldes delvis at PM₁₀ beregnes som døgnmiddelverdi, mens CO og NO₂ beregnes som timemiddelverdier. De beregnede maksimale PM₁₀-konsentrasjonene gjelder slutten av piggdekkseongen, når veiene tørker opp og veistøvdepotet er størst. I slike situasjoner gir oppvirvlingen av det støvdepotet som finnes et vesentlig bidrag til konsentrasjonene i luften. På grunnlag av målinger over flere vintre i Oslo har man grunnlag for å angi sammenhengen mellom maksimale konsentrasjoner av veistøv (PM₁₀) og av eksospartikler (PM_{2,5}). Utslipet av PM₁₀ beregnes ut fra utslippene av eksospartikler. PM₁₀-modulen er omtalt nærmere i kapittel 2.8.

2.2 Kjøretøyklasser

Bilparken består av ulike klasser av kjøretøyer, vist i Tabell 1. Inndelingen er valgt ut fra de typer kjøretøy som vedtatte og planlagte avgasskrav er eller vil bli knyttet til. Dette gjør det lettere å oppdatere utslippstallene. Inndelingen stemmer overens med den som er valgt i Nasjonal Utslippsmodell (SFT, 1999), bortsett fra at det er valgt ikke å ta hensyn til varebiler, lastebiler og busser med drivstofftype bensin. I 1997 sto disse klassene for 5 % av trafikkarbeidet i Norge (SFT, 1999), så feilen blir ikke stor. De lette og de tunge dieselvarebilene er for enkelhets skyld slått sammen til en klasse.

Tabell 1: Kjøretøyklasseinndeling i VLUFT 4.4.

Klasse	Type	Drivstoff	Nyttelast	Totalvekt
BL1	Personbiler	Bensin	< 760 kg	< 3.5 tonn
DL1	Personbiler	Diesel	< 760 kg	< 3.5 tonn
DL2	Lette varebiler	Diesel	> 760 kg	< 2.7 tonn
DL3	Tunge varebiler	Diesel	> 760 kg	2.7-3.5 tonn
DHLL	Lastebiler	Diesel	> 760 kg	3.5-10 tonn
DHLM	Lastebiler	Diesel	> 760 kg	10-20 tonn
DHLL	Lastebiler	Diesel	> 760 kg	> 20 tonn
DHB	Busser	Diesel	> 760 kg	> 3.5 tonn

I praksis vil det for et veinett i beste fall foreligge informasjon om andelen tunge biler på hver lenke; man kjenner med andre ord ikke den nøyaktige fordelingen mellom klassene i Tabell 1. Fordelingen innen klassene lette og tunge biler hver for seg, basert på tall for registrert kjøretøybestand og gjennomsnittlig årlig kjørelengde for Norge som helhet, er vist i Tabell 2a. Tallene er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell, og gjelder 1991-bilparken. Fordelingen mellom de tre diesel-lastebil-klassene er:

- DHLL: 34% av trafikkarbeidet
- DHLM: 22% av trafikkarbeidet
- DHLH: 44% av trafikkarbeidet

Tabell 2b viser fordelingen av trafikkarbeidet innen vektclassene for tunge biler for hver gateklasse gitt i Nordisk Beregningsmetode (NMR, 1984). Fordelingen i tabell 2a bekrefter at NBB-fordelingen for tunge biler er i riktig område, og denne beholdes derfor i modellen.

Busser behandles på følgende måte: Prosent av tungtrafikken som utgjøres av busser, beregnes ut fra ÅDT-B eller Bmaks, avhengig av om man regner for døgn eller makstime. Den resterende tungtrafikken utgjøres da av DHLL, DHLM og DHLH. Fordelingen mellom disse tre klassene, dvs total tungtrafikk minus busser, blir som i Tabell 2b.

Fordelingen mellom lette bensin- og dieslbiler er vist i tabell 2c. Innen klassen av lette dieslbiler antas at 50% av trafikkarbeidet gjøres av DL1, og 50% av DL2 og DL3 samlet. Tabell 2a bekrefter riktigheten av Tabell 2c. Det antas at fordelingen av trafikkarbeidet mellom de ulike kjøretøyklassene ikke vil endres vesentlig i årene fremover.

Tabell 2a: Prosentvis fordeling av trafikkarbeidet innen lette og tunge biler basert på bestand i 1991 og kjørelengde i km/kjøretøy i 1991. Tallene er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell.

Klasse	Lette biler					Tunge biler				
	BL1	DL1	DL2	DL3	SUM	DHLL	DHLM	DHLH	DHB	SUM
A: Bestand	1 612 508	66 769	60 983	12 224	1 752 484	33 451	20 983	21 834	11 011	87 279
B: Kjørelengde	13 775	19 240	16 189	16 189	65 393	15 493	15 956	31 771	41 940	105 160
A*B	22 212	1 284	987	198	24 681	518	334	694	462	2 008
% trafikkarbeid	90	5	4	1	100	26	17	34	23	100

Tabell 2b: Fordeling av trafikkarbeid mellom de tre vektclassene av tunge biler i Nordisk Beregningsmetode/NBB (NMR, 1984), for ulike gateklasser. Disse er lagt inn i VLUFT 4.4, som i tidligere VLUFT-versjoner.

Bruttovekt av kjøretøy	Gateklasse				
	1	2	3	4	5
< 10 tonn	30%	50%	50%	25%	50%
10-20 tonn	30%	33%	50%	25%	33%
> 20 tonn	40%	17%	0%	50%	17%
sum	100%	100%	100%	100%	100%

Tabell 2c: Prosent av trafikkarbeidet innen de lette bilene som gjøres av dieslbiler, for ulike gateklasser, hentet fra NBB, Nordisk Ministerråd (1984).

GKL	1	2	3	4	5
% trafikkarbeid, diesel	8	10	5	8	5

2.3 Utslippsmodulens detaljeringsnivå

I beregning av utslipp fra veitrafikk er detaljeringsnivået avhengig av i hvilken sammenheng utslippstallene skal brukes. Når de beregnede utlippene langs en vei skal brukes til å modellere konsentrasjoner langs denne veien, krever dette et større detaljeringsnivå i både inngangsdataene og i selve modellen enn dersom hensikten er å beregne totalutslipp fra trafikken i et større område. VLUFTs

detaljeringsnivå er veien. Den er mer detaljert enn en totalutslippsmodell, men ikke så detaljert at den sier hvordan konsentrasjonene varierer omkring bygninger og annen lokal topografi langs veien. Den beregner konsentrasjoner som funksjon av avstand fra veikant, og forutsetter at konsentrasjonsforløpet er uniformt i hele veilenkens lengde. En modell som VLUFT blir i stor grad brukt til å se effekten på gatekonsentrasjonene av å endre på enkeltparametre som kjørehastighet og tungtrafikkandel. Dette stiller store krav til at disse effektene reflekteres realistisk i modellen.

Den offisielle modellen for beregning av totalutslipp langs det norske veinettet er Nasjonal Utslippsmodell for Veitrafikk (SFT, 1999). VLUFTs utslippsmodul bygger på denne modellen, men har i tillegg med effekter for kjøring med lavere hastigheter enn i Nasjonal Utslippsmodell, og også effekt for utslippsvariasjon med veiens stigningsgrad.

En så detaljert modell som VLUFT krever nøyaktige inngangsdata.

2.4 Begrepet “utslippsfaktor”

En utslippsfaktor representerer gjennomsnittsutslippet over en strekning, gitt i g/km eller g/kWh. VLUFT 4.4 benytter utslippsfaktorer som funksjon av kjørehastighet (interpolering mellom hver hele 10 km/h). Inngangsdata til modellen er både gjennomsnittshastighet over en time (i rushtiden) og over døgnet. Utslippsfaktoren for f.eks. 60 km/h skal representere utslippet på en strekning der gjennomsnittshastigheten er 60 km/h. I VLUFT representerer altså ikke utslippsfaktoren ved 60 km/h utslippet ved konstant kjøring i 60 km/h, men derimot utslippet ved kjøring langs en vei med skiltet hastighet 60 km/h, der kjørehastigheten vil pendle omkring 60, med visse andeler akselerasjoner og retardasjoner. Ved lave kjørehastigheter er det antatt en høyere andel av akselerasjon og retardasjon enn ved de høyere kjørehastighetene, fordi det ved så lave gjennomsnittlige kjørehastigheter på en strekning sannsynligvis vil være køkjøring. Det antas at laveste kjørehastighet som gjennomsnittshastighet over en time i praksis er 10 km/h.

For å komme fram til utslippsmodulen i VLUFT 4.4 har vi bygd på følgende kilder:

- Nasjonal Utslippsmodell for Veitrafikk (NU), som er utarbeidet av SSB, TI og NILU på oppdrag fra SFT (SFT, 1999).
- Utslippsmodulene i tidligere VLUFT-versjoner for kjørehastigheter under 30 km/t samt for effekter av kjøring langs stigende eller fallende vei.
- Måledata fra målinger i veinært miljø for bestemmelse av NO₂-andelen av NO_x.

Ved beregning av utslippsfaktorer for en kjøretøyklasse er det tatt hensyn til følgende:

- Kjøretøyene innen hver klasse i et gitt år representerer en blanding av teknologinivåer. Utslippene fra en bil er avhengig av kravene som gjaldt det året bilen ble førstegangsregistrert. For å komme fram til et gjennomsnittlig

utslippsnivå innen hver klasse er det foretatt en vekting av andelen av trafikkarbeidet som biler med forskjellig alder utfører. Denne fordelingen av trafikkarbeidet er hentet fra NU.

- Utslippene fra en bil øker etter som bilen blir eldre. Aldringen er beregnet som funksjon av akkumulert kjørelengde, slik det står oppgitt i NU.
- Utslippene påvirkes av kaldstart. Virkningen av kaldstart er forskjellig for ulike kjøretøyteknologier. Det antas at en viss prosentandel av bilene til enhver tid er i kaldstartfasen. Denne andelen er avhengig av kjøretøytype, teknologinivå, gateklasse, områdetype, tid på døgnet, bruk av motorvarmer og utetemperatur. Korreksjonen er lagt inn som en gjennomsnittskorreksjon tilsvarende korreksjonen for nasjonale tall i NU.
- Kjøring i motbakke i jevn hastighet tilsvarende utslippsmessig en akselerasjon, og fall en retardasjon. Tunge biler har tilnærmet null utslipp når de bremses eller kjører i nedoverbakke der gasspedalen slippes opp.
- Kravnivå for framtidige kjøretøy. Data for framtidige utslipp er hentet fra NU og omfatter spesifiserte krav fram til årsmodeller 2004, samt forventet teknologiforbedring etter 2004 lagt inn som en reduksjon fra og med årsmodell 2005. Estimater av teknologiforbedring i NU bygger på krav for utslipp i 2005/2008.

2.5 Metodikk for bestemmelse av utslippsfaktorene

VLUFTs utslippsfaktorer for CO, NO_x og eksospartikler er regnet ut som årsutslipp pr. kjøretøyklasse for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017. Disse er vist i vedlegg A.

Utslippsfaktorene for hver kjøretøyklasse og hver årsmodell er hentet fra NU og korrigert med aldringsfaktorene i NU. Totalutslippet for hver kjøretøyklasse er beregnet på bakgrunn av kjøretøysammensetning og trafikkarbeid pr årsmodell. Det anvendes lineær interpolasjon for de mellomliggende årene.

For kjørehastighetene 10 km/t og 20 km/t er den samme hastighetsavhengigheten som lå i VLUFT tidligere benyttet til å beregne utslippet fra utslipp ved 30 km/t.

Utskiftningstakten for kjøretøyklassen etter 1997 er basert på midlere utskiftningstakt de 5 foregående år, korrigert for økt utskiftning i 1996 da vrakpanten var forhøyet. Modellering av utfasing av gamle modeller er forenklet ved at denne ikke starter før bilen er blitt 15 år, og at utfasingen da øker med alderen og maksimal alder er satt til 30 år.

2.5.1 Effekten av stigning på utslippene

Det er benyttet samme forhold mellom utslipp ved stigning/fall og utslipp ved flat vei som i tidligere VLUFT-versjoner. Forholdstallene er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Forholdet mellom utslipp ved flat vei og utslipp ved ulike stigninger.

	V (km/h)	CO					NO _x				
		-12%	-6%	-2%	6%	12%	-12%	-6%	-2%	6%	12%
bbp	10	0,77	0,87	0,97	1,90	3,03	0,63	0,84	0,96	1,68	3,15
	20	0,64	0,81	0,95	1,93	3,00	0,49	0,68	0,87	1,60	3,05
	30	0,51	0,68	0,89	2,16	3,47	0,33	0,42	0,80	1,76	3,36
	40	0,51	0,68	0,89	1,69	4,47	0,11	0,11	0,70	2,00	3,52
	50	0,55	0,65	0,88	1,71	4,79	0,11	0,11	0,70	2,19	3,45
	60	0,50	0,54	0,84	1,73	4,86	0,06	0,06	0,70	2,25	3,29
	70	0,50	0,54	0,84	1,70	4,75	0,09	0,12	0,70	2,26	3,13
	80	0,50	0,54	0,84	1,69	4,75	0,12	0,18	0,72	2,24	3,00
	90	0,48	0,52	0,84	1,69	4,75	0,14	0,22	0,74	2,24	2,80
dpp	10	0,53	0,69	0,89	1,15	1,30	0,64	0,76	0,89	1,41	2,21
	20	0,53	0,63	0,97	1,94	1,44	0,60	0,67	0,81	1,55	2,50
	30	0,46	0,55	0,85	1,43	1,86	0,41	0,55	0,83	1,63	2,63
	40	0,56	0,67	0,89	2,02	3,04	0,21	0,21	0,78	1,92	2,78
	50	0,57	0,73	0,91	2,44	3,97	0,20	0,20	0,76	1,87	2,70
	60	0,55	0,66	0,88	2,81	4,70	0,13	0,13	0,78	1,84	2,60
	70	0,51	0,51	0,83	3,00	5,14	0,18	0,25	0,75	1,81	2,50
	80	0,46	0,46	0,82	3,07	5,37	0,23	0,35	0,82	1,76	2,35
	90	0,42	0,42	0,81	3,10	5,53	0,27	0,44	0,83	1,72	2,22
TA <10 tonn	10	1,11	1,11	1,11	1,13	1,68	0,76	0,76	0,76	1,58	2,12
	20	0,64	0,64	0,64	1,23	1,38	0,51	0,51	0,51	2,16	3,18
	30	0,36	0,36	0,51	1,21	1,54	0,26	0,26	0,38	2,38	3,57
	40	0,42	0,42	0,60	1,86	3,50	0,20	0,20	0,29	2,49	3,69
	50	0,46	0,46	0,66	2,58	6,49	0,19	0,19	0,32	3,05	4,47
	60	0,42	0,42	0,64	5,28	7,21	0,19	0,19	0,46	3,25	5,29
	70	0,43	0,43	0,65	5,43	7,60	0,24	0,24	0,63	3,79	6,18
	80	0,58	0,65	0,80	5,47	7,88	0,28	0,32	0,63	3,80	6,15
	90	0,65	0,80	0,94	5,47	8,02	0,32	0,36	0,58	3,16	5,09

Tabell 3: forts.

	V (km/h)	CO					NO _x				
		-12%	-6%	-2%	6%	12%	-12%	-6%	-2%	6%	12%
TA 10-20 tonn	10	0,54	0,54	0,77	1,36	1,75	0,39	0,39	0,69	1,39	2,25
	20	0,45	0,45	0,72	2,16	2,90	0,24	0,24	0,62	1,73	2,82
	30	0,30	0,30	0,42	2,90	4,41	0,13	0,19	0,59	2,07	3,38
	40	0,23	0,23	0,33	2,88	4,63	0,12	0,17	0,58	2,50	4,08
	50	0,19	0,19	0,27	3,61	5,02	0,12	0,17	0,58	3,05	5,07
	60	0,18	0,18	0,27	4,09	5,84	0,12	0,18	0,68	3,91	6,58
	70	0,19	0,19	0,28	4,24	6,07	0,14	0,16	0,58	4,14	6,97
	80	0,26	0,26	0,39	4,36	6,22	0,16	0,18	0,56	3,83	6,43
	90	0,30	0,36	0,50	4,43	6,33	0,18	0,21	0,60	3,24	5,42
TA >20 tonn	10	0,34	0,34	0,65	1,11	2,08	0,19	0,19	0,59	1,11	1,69
	20	0,21	0,21	0,60	1,38	2,60	0,11	0,11	0,54	1,26	1,99
	30	0,13	0,13	0,18	1,77	3,33	0,09	0,09	0,54	1,63	2,62
	40	0,12	0,12	0,18	2,25	4,16	0,10	0,10	0,55	2,30	3,87
	50	0,12	0,12	0,17	2,91	5,29	0,11	0,11	0,55	3,11	5,52
	60	0,11	0,11	0,16	3,12	5,55	0,12	0,12	0,56	3,91	7,11
	70	0,11	0,11	0,22	3,18	5,64	0,10	0,10	0,55	3,91	7,11
	80	0,15	0,15	0,38	3,25	5,76	0,12	0,12	0,50	3,76	6,80
	90	0,17	0,17	0,39	3,31	5,88	0,14	0,14	0,60	3,35	6,07

Programmet behandler stigningen avhengig av retningsparameteren og størrelsen på stigningen. Retningsparameteren er 0 for toveiskjørtede gater, 1 for enveiskjørtede gater med trafikken i kilometreringsretningen og 2 for enveiskjørtede gater med trafikken mot kilometreringsretningen. Retningsdefinisjon i forhold til kilometreringsretning er en etterlevning etter tidligere VLUFT-versjoner der hver lenke var definert med en fra-node og en til-node, der fra/til skulle stemme med kilometreringsretningen. I VLUFT 4.0 blir retning 1 og 2 behandlet likt, når det gjelder stigning:

- Enveiskjørtede gater: Trafikken antas å gå oppover både ved beregning av døgnutslipp og utslipp i makstimen.
- Gater med toveistrafikk: Stigningen settes til null ved beregning av døgnutslipp. Ved beregning av makstimeutslipp settes den til null hvis den er 0.1% eller lavere. Fordeles ellers på de to kjøreretningene avhengig av gateklasse. Utslipp av CO beregnes med stigning for kjøreretningen med mest trafikk. For utslipp av NO₂ beregner programmet hvilken av de to mulige kjøreretningsfordelingene som gir størst utslipp, og beregner dette utslippet.

2.5.2 NO₂-andeler av NO_x

NO₂-konsentrasjonene som oppstår langs veiene får dels bidrag fra direkte NO₂-utslipp fra bilene, dels fra NO som omdannes til NO₂ ved å reagere med ozon og dels fra bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂. Av disse er det direkte utslippet av NO₂ kanskje den største usikkerhetsfaktoren. Det er gjort omfattende målinger av NO_x-utslipp (NO + NO₂), men det har vært liten interesse for å finne NO₂-andelen. Dette skyldes at utslippskravene er knyttet til NO_x. Dette er uheldig med tanke på at luftkvalitetskriteriene gjelder NO₂.

Siden NO₂-andelen av NO_x er ulik for katalysator og ikke-katalysatorbiler, må man regne ut hvor mye NO_x som kommer fra hver gruppe. NO₂-andelen blir deretter beregnet i henhold til Tabell 4.

Tabell 4: Antatt NO₂-andel av NO_x i utslippet fra biler som funksjon av bilklasse og stigning på veien.

Bilklasse	Stigning (%)				
	≤-4	-4-0	0	0-4	>4
Bensindrevne personbiler m/kat	10		10		10
Bensindrevne personbiler u/kat	20	Lineær interpolasjon	3	Lineær interpolasjon	4
Dieseldrevne biler	20	"	15	"	4

2.5.3 Effekten av kaldstart

I en kald motor foregår forbrenningen mer ufullstendig og drivstofforbruket er større enn i en varm motor, uansett utetemperatur. Hovedårsaken er at den kalde motoren har større intern motstand; jo lavere utetemperatur, jo tregere går ting rundt pga. bl.a. økt oljeviskositet. For å få den ønskede effekten ut på drivakselen er man nødt til å kjøre med "fetere blanding", dvs redusert luft/brensel-forhold, og

dette gir økt utslipp av de fleste komponenter. Unntaket er NO_x-utslipp fra bensinbiler uten katalysator. Lavt luftoverskudd begrenser dannelsen av NO_x.

Korreksjonen for kaldstart er basert på gjennomsnittskorreksjonen for nasjonalt utslipp slik den framkommer fra NU. Dette gir korreksjonsfaktorer på 1,84 for CO fra bensindrevne personbiler og 1,05 for NO_x fra bensindrevne personbiler. De øvrige kaldstartkorreksjonene er vesentlig mindre. I tidligere versjoner av VLUFT ble kaldstarttillegget beregnet vesentlig høyere enn dette som følge av en overestimering av kaldstarttillegg for personbiler med katalysator.

2.6 Drivstofforbruk

Tallene for drivstofforbruk for 1993-bilparken i VLUFT 4.4 er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell. Forbruksfaktorene for 1993-bilparken er vist i Tabell 5. Her er det tatt hensyn til både aldring og effekten av køkjøring.

Økningen i drivstofforbruk fra 30 til 10 km/h er hentet fra tidligere VLUFT-versjoner:

- lette biler:
 $\frac{\text{utslipp, 10 km/h}}{\text{utslipp, 30 km/h}} = 1.54$
- tunge biler:
 $\frac{\text{utslipp, 10 km/h}}{\text{utslipp, 30 km/h}} = 1.00$

Tabell 5: Drivstofforbruk (l/mil) for 1993-bilparken.

	10	20	30	40	50	60	70	80	90
BL1	1,74	1,42	1,13	0,94	0,78	0,67	0,67	0,67	0,67
DL1	1,09	0,84	0,71	0,60	0,54	0,51	0,51	0,51	0,51
DL2	1,42	1,12	0,92	0,80	0,70	0,66	0,66	0,66	0,66
DL3	1,64	1,26	1,06	0,92	0,85	0,76	0,76	0,76	0,76
DHLL	3,14	2,87	2,67	2,45	2,30	2,18	2,10	2,07	2,07
DHLM	4,60	4,23	4,05	3,80	3,50	3,44	3,20	3,08	3,08
DHLH	4,21	4,20	4,19	4,18	4,10	4,05	3,70	3,19	3,19
DHB	5,63	5,22	4,93	4,35	3,65	3,09	2,20	1,25	1,25

Forbruket i 1997 er beregnet ved reduksjon av 1993-forbruket med faktorene 0.945 for bensin og 0.773 for diesel. Disse faktorene er hentet fra nasjonal utslippsmodell.

Reduksjon i spesifikt drivstoff-forbruk er funnet fra NU ved å anvende resultatene fra ”teknologialternativet” for år 2020. Teknologialternativet innebærer at modellen blir benyttet med trafikkvekst satt til null slik at endringene kun skyldes innføring av nye årsmodeller og utfasing av gamle.

Reduksjonen for 1997 til 2017 relativt til forbruk i 1993 er vist i Tabell 6.

Tabell 6: Årlig reduksjon i spesifikt drivstofforbruk for bensindrevne personbiler og alle diesalbiler fra 1997 til 2017. Enhet %.

bensinbiler	diesalbiler
1,275	0.51

2.6.1 Sammenheng mellom drivstofforbruk og CO₂-utslipp

CO₂-utslippet beregnes ut fra det spesifikke drivstofforbruket (l/mil) for den enkelte kjøretøyklasse, ved at det antas følgende CO₂-mengde dannes pr kg drivstoff:

- Bensin: 3.13 kg CO₂/kg drivstoff
- Diesel: 3.17 kg CO₂/kg drivstoff

Dette stemmer overens med verdiene i Nasjonal Utslippetsmodell.

2.7 Generering av svevestøv

2.7.1 Måter å angi svevestøv på

Svevestøv kan angis som

- vekt av totalt støvnedfall (g/m² pr. mnd); alle partikkelstørrelser som er avsatt i en nedfallsamler tas med
- TSP - "Total Suspended Particles" (µg/m³). Svevestøv, partikler med diameter < 50-100 µm.
- PM₁₀ (µg/m³) - partikler med diameter mindre enn 10 µm. I denne størrelsesfraksjonen vil støv fra oppmalt veidekke dominere.
- PM_{2,5} (µg/m³) - partikler med diameter mindre enn 2.5 µm. Denne partikkelfraksjonen domineres av eksospartikler, men inneholder også en del veistøv. Eksospartikler består hovedsakelig av organisk og uorganisk karbon, med diameter på partiklene under 0.5 µm.

Når NILU foretar målinger av partikler langs sterkt trafikkerte veier, gjøres dette i form av PM₁₀ og PM_{2,5}.

2.7.2 Beregningsmetode for PM₁₀

Beregning av PM₁₀-forurensning i VLUFT 4.4 foretas nå etter samme prinsipp som beregning av CO; først beregnes et PM₁₀-utslipp for lenken, deretter beregnes konsentrasjonen ved hjelp av programmets spredningsmodul.

Denne metodikken avviker fra tidligere versjoner av VLUFT, der beregnet PM₁₀-konsentrasjon baserte seg på beregnet Ep-konsentrasjon. Beregning av utslipp av PM₁₀ foretas med bakgrunn i *utslipp* av eksospartikler, og dette *utslippet* benyttes nå til å beregne et utslipp av PM₁₀ på veilenken.

2.7.3 *Utslipp av eksospartikler*

Beregning av eksospartikkelutslippet bygger på Nasjonal Utslippsmodell. Beregnet utslipp for bilklasser, beregningsår og hastighet er vist i vedlegg A.

I rapporten "Partikler i tettstedsluft i Norden" (Larssen, 1991) er resultatene av en rekke målinger av bileksospartikler oppsummert, bl.a. målinger NILU selv har utført i avgasser fra bensin- og dieseldrevne biler. En vet i dag ganske mye om størrelsesfordelingen av bilavgasspartikler. Hovedmengden er i størrelsesområdet 0,05-0,7 µm, med bensineksospartikler rundt 0,1 µm, og dieselavgasspartikler rundt 0,5 µm. En mindre del av partikkelmassen finnes også rundt 1-2 µm.

2.7.4 *Betydning av kjørehastighet og tungtrafikkandel*

Slitasjen og oppvirvlingen av veistøv øker med kjørehastighet. Tungtrafikken bidrar i mye større grad til oppvirvling enn de lette bilene. I VLUFT er det tidligere introdusert en modell for beregning av nedsmussingen (støvnedfallet, W) ved veier, som også skyldes slitasje og oppvirvling av veistøv. I denne modellen er følgende uttrykk benyttet:

$$W \propto \text{ADT} * V^2 * \text{TA},$$

der V er midlere kjørehastighet og TA er tungtrafikkandelen for en lenke.

Den samme avhengigheten benyttes i PM₁₀-modellen for å ta hensyn til veistøvkonsentrasjonens variasjon med kjørehastighet og tungtrafikkandel. Basert på målinger der forholdet mellom PM₁₀ og PM_{2,5} er oppdelt i forhold til virkedag og helg, er utslipp av fraksjonen av støv fra 10 til 2,5 µm bestemt som en lineær avhengighet av tungtrafikkandelen.

Avhengigheten av hastighet er fremdeles antatt å være kvadratisk, og er skalert med forholdene som gjaldt for de målte konsentrasjonsforholdene.

Utslipet fra veibanen av grove svevestøvpartikler er bestemt etter ligningen nedenfor

$$Q_{10-2,5} = QR_{2,5} \times (0,268 \cdot TT + 2,482) \cdot (V_T/75)^2$$

der Q_{10-2,5} er utslipp av grove partikler

QR_{2,5} er utslipp av finfraksjonen i referansesituasjonen (eksos og veistøv)

TT er tungtrafikk i prosent av trafikkstrømmen

V_T er kjørehastigheten.

2.7.5 *Maksimalutslipp av PM₁₀*

Utslipet av PM₁₀ under tørre forhold med maksimal veislitasje og oppvirvling av summen av utslipp av PM_{2,5} og fraksjonen PM₁₀-PM_{2,5}. I VLUFT 4.4 er det antatt at utslippet av PM_{2,5} i tørre perioder for referansesituasjonen besto av ca 40 % veistøv og ca 60 % eksospartikler. Estimater er basert på en analyse av måledata for støvforurensning i norske byer (Larssen og Hagen, 1997). Utslipp av PM₁₀ (pr. kjøretøy) er da gitt av ligningen nedenfor:

$$Q_{10} = E_p + Q_{2.5\text{vei}} + Q_{10-2,5}$$

der $Q_{10-2,5}$ er beskrevet i 2.7.4. De to siste leddene i ligningen er avhengig av piggdekkandelen, og er i tillegg skalert i forhold til hvilket fylke beregningene utføres for.

2.7.6 Fylkesavhengig veislitasje

I forbindelse med uttesting av VLUFT 4.3 viste det seg at modellen ikke klarte å gjengi de målte støvkonsentrasjonene i veinært miljø i Trondheim. Analyser av veistøvdepotets andel av støv i finfraksjonen viste også større andel finstøv enn tilsvarende analyser av støv fra Bergen og Oslo. En mulig forklaring på dette er forskjell i tilsatsmaterialet i asfalten. Steintypen som brukes som tilsatsmateriale i Trøndelag avgir antagelig mer finfraksjonsmateriale når den blir knust eller utsatt for slitasje. Som et resultat av dette er det lagt inn en fylkesavhengig konstant i kildeligningen for den delen av svevestøvet som kommer fra veien. Konstanten er i VLUFT 4.4 lik 2 for Sør-Trøndelag og 1 for de øvrige fylkene.

2.7.7 Forholdet mellom døgn- og timekonsentrasjoner

Spredningsmodulen i VLUFT gir sammenhengen mellom utslipp og maksimale timesverdier, mens grenseverdiene for PM_{10} gjelder døgnverdier. På grunnlag av NILUs målinger av CO og NO_x i gater anslås forholdet F1 mellom maksimal døgnverdi og maksimal timesverdi for eksospartikler:

$$F1 = \text{max. døgnverdi} / \text{max. timesverdi} = 1/2.3$$

Døgnverdier for PM_{10} framkommer ved å multiplisere maksimal timemiddelkonsentrasjon med faktoren F1. For beregningspunkter som ligger utenfor den umiddelbare veisonen vil forholdstallet mellom døgn og timeverdi bli lavere. Utenfor 15 m fra veikant benyttes et forholdstall på 0.5 F1, og fra 7,5 m til 15 m foretas en reduksjon med avstanden fra F1 til 0,5 F1.

2.7.8 Renhold

Renhold av veiene kan ha en effekt på PM_{10} -konsentrasjonene dersom det foretas hyppig og med god effektivitet. I programmet er det innført en reduksjonsfaktor for renhold (F3) som kan benyttes dersom man kjenner effekten av renholdet som skal settes i verk på en veistrekning.

Hvis faktoren settes til 1 har renholdet ingen effekt, og hvis den settes til 0 blir veistøvutslippet null.

2.7.9 Piggdekkbruk

Alle dekk kjøpt etter 1. oktober 1992 har redusert maksimal tillatt piggvekt og statisk piggkraft. Vanlige piggdekk har maks piggvekt 1,8 g, mens lettspiggdekk har maks piggvekt 1,1 g. Forsøk viser at veislitasjen er proporsjonal med piggvekten. Slitasjen fra piggfrie dekk antas å være mye lavere, og på bakgrunn av analyse av støvmålinger (Larssen og Hagen, 1997) er det lagt inn en lineær reduksjon av veistøvbidraget med avtagende piggdekkandel fra 1 (når alle biler har piggdekk) til 0,02 (når ingen biler har piggdekk).

3 Spredning

3.1 Anvendte metoder

Konsentrasjonsberegninger i VLUFT 4.4 utføres på tre forskjellige måter, avhengig av om beregningen gjelder gater, veier eller veikryss, hvilken beregningsavstand som er valgt, og om data for beregning av bygningshøyde foreligger i et bygningsregister. Beregningene benytter to ulike spredningsmodeller:

- NEWAY; basert på EPAs HIWAY 2, beregningsprogram for spredning ved åpne veier. I VLUFT 4.4 er modellen utvidet til å gjelde ut til 500 m fra veikanten. Dette er på grensen av å tøye modellens anvendelsesområde for langt. I VLUFT 4.4 er spredningsmodulen for åpne veier modifisert for de dårligste spredningsforholdene i forhold til tidligere varianter av VLUFT. Kalibrering av modellen mot konsentrasjonsmålinger i veinære områder medførte at den tidligere ”maksimalbelastningssituasjonen” ble redusert med en faktor på 0,74.
- Nordisk beregningsmetode for bilavgasser (NBB), gatemodell.

Dersom det oppgis beregningsavstand over 35 m langs veier med tette fasaderekker, benyttes NEWAY spredningsmodell. For normal bygningsstruktur/hushøyde vil spredningseffekten av bygninger inntil veien være svært redusert på denne avstanden og beregningspunktet vil ligge utenfor gateromsmodellens anvendelsesområde.

3.2 Kryss/trafikkmaskin

For spredning fra kryss forutsetter beregningsmetoden at alle oppgitte lenker er en del av krysset. Krysset blir så forenklet til en arealkilde, der totalutslippet er jevnt fordelt over et kvadrat 100 m x 100 m. Maksimalbelastning beregnes for avstander fra 5 m til 100 m fra dette arealet, og betegnes som konsentrasjon fra kryssets yttergrense. Dersom det reelle krysset har dimensjoner vesentlig mindre enn 100 m x 100 m, vil beregningsmetoden overestimere den delen av spredningen som foregår innenfor kryssets ytterbegrensning. Dette vil medføre at oppgitte konsentrasjoner på oppgitte avstander blir underestimert. Dersom det reelle krysset har dimensjoner vesentlig større enn 100 m x 100 m, vil det tilsvarende medføre at oppgitte konsentrasjoner på oppgitte avstander blir overestimert.

3.3 Gaterom

Spredningsmodellen fra NBB benyttes ved fasadedekningsgrad 1 og 2. Denne modellen gir en uniform konsentrasjon for gaterommet på bakgrunn av utslippintensitet, kjørebanebredde og avstand fra kjørebane kant til husfasade. Gyldighetsområdet er for typiske ”bykvartaler” med minst 3 etasjers hushøyde og minst like stor høyde på fasaden som bredden på gaterommet. Beregningene vil da gjelde ”midt på kvartalet”, men i eksponeringsberegningene anvendes den samme beregningen også nær gaterommets endepunkter.

3.4 Konsentrasjoner ved bolig

Til eksponeringsberegninger benyttes konsentrasjonen beregnet ved bolig. Konsentrasjonene ved bolig beregnes for den aktuelle avstanden til boligenheten fra

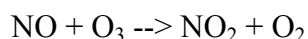
veien. Dersom fasadedekningsparameteren er 5 ("spesiell topografi") modifieres konsentrasjonsberegningen ut fra vinkelen mellom veibanen og husets "terskelnivå" ved å ta hensyn til økt transportavstand for forurensningskomponentene, og økt vertikalspredning på grunn av terrenget. For andre fasadedekninger benyttes den aktuelle spredningsfunksjonen bestemt av fasadedekningsgraden.

4 Bakgrunnsforurensning

4.1 Dagens situasjon

Forurensning langs en gitt vei er summen av forurensning fra biltrafikken langs denne veien og forurensning fra andre kilder, også kalt bybakgrunnsnivå av forurensning. Bakgrunnsnivået kan bestå av bidrag fra trafikk i nærliggende gater og veier, industriutslipp, utslipp fra fyring med olje, kull og ved til arealoppvarming, samt langtransportert forurensning.

Bakgrunnsverdiene av CO, NO₂ og PM₁₀ må legges til beregnet konsentrasjonsbidrag fra eksosutslippet i en gate eller vei. I tillegg til dette vil det regionale bakgrunnsnivået av ozon gi en tilsvarende NO₂-konsentrasjon. I gater med høyt forurensningsnivå skjer slik ozon-basert NO₂-dannelse hovedsakelig via reaksjonen:



Den oppgitte bakgrunnskonsentrasjonen av ozon vil i modellen bli lagt til bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂.

For CO, NO₂ og PM₁₀ vil bakgrunnsnivået variere med størrelsen på tettstedet, samt vindforholdene om vinteren. I tillegg vil det også normalt avta fra sentrum av tettstedet mot utkantområdene.

Bakgrunnsatlasen i VLUFT 4.4 er beskrevet i brukerveiledningen. Verdiene i atlasen er satt på bakgrunn av målinger, størrelse av største by i fylket, grad av "urbanisering", og regionale forskjeller i langtransporterte forurensninger.

Når det gjelder ozon, er det konsentrasjonen i lufta som kommer inn over tettstedet som har betydning. Bakgrunnsverdien for ozon antas å være den samme for hele tettstedet. Den er også uavhengig av bystørrelse. For de beregningene som gjøres i VLUFT (maksimale forurensningskonsentrasjoner ved dårlige spredningsforhold, som normalt opptrer om vinteren) anbefales brukt en ozonkonsentrasjon på 60 µg/m³ i beregningene, dersom ikke målinger er utført som gir grunnlag for å velge andre verdier.

4.2 Framtidig bakgrunnsforurensning

Skjerpede avgasskrav i kombinasjon med endring i trafikkarbeid, vil gi endrede bakgrunnsverdiene for forurensning framover. Endringene beregnes i programmet på bakgrunn av forventet trafikkvekst fram til beregningsåret.

Faktorene i formelen beregnes av utslippsdelene i programmet.

Endringer estimeres på følgende måte: Konsentrasjonene i tabell 10 multipliseres med en faktor k_s som beregnes etter følgende formel:

$$\boxed{}$$

- k_{red} : Utslippsreduksjon i forhold til 1997-nivå som følge av skjerpede avgasskrav.
- k_{traf} : Forholdet mellom det totale trafikkarbeidet (bil-km/ døgn) i området, i det framtidige beregningsåret og i dag.
- a : Forholdet mellom andre kilders bidrag (dvs. ikke biltrafikk) til bakgrunnsforurensning, og det totale bakgrunnsnivået. I VLUFT 4.4 er det benyttet en verdi på 0,2.

Beregningen av k_{red} er for støvberegning avhengig av den andelen piggfrie dekk brukeren oppgir for beregningsåret. Den er dessuten fylkesavhengig for å ta hensyn til at veistøvandelen av total støvbelastning er høyere i noen fylker.

5 Eksponering

VLUFT beregner antall personer eksponert for ulike konsentrasjoner av CO, NO₂ og PM₁₀ ved sine boliger. Beregningene gjelder absolutte maksimalkonsentrasjoner. Det beregnes konsentrasjoner tre meter over bakken, ved fasaden til boligene. Dette gjøres på grunnlag av avstand mellom bygning og veikant, som står oppgitt i bygningsregistret. Spredningsmodellen gjelder ut til 500 m fra veikant, slik at boliger som ligger lengre unna veien enn dette ikke tas med i eksponeringsberegningene. Ved registrering av inngangsdata er det vesentlig at bygningene registreres med avstand til de to veiene som er mest trafikkert. Man kan tenke seg tilfeller der konsentrasjonen av luftforurensning ved en bygning ligger nærmere enn 500 m fra to eller flere sterkt trafikkerte veier. VLUFT beregner imidlertid maksimalkonsentrasjoner over en time eller et døgn, og i situasjonene der makskonsentrasjoner oppstår vil vinden bare komme fra en vei i løpet av den aktuelle makstimen. Det er derfor rimelig å beregne eksponering i forhold til den sterkeste trafikkerte veien. Programmet tester derfor hvilken av de to registrerte lenkene pr. boligenhet som gir den største eksponeringen.

Antall personer pr. boligenhet velges enhetlig for hele boligmassen. Statistisk Årbok, Kommunen eller Fylkeskommunen på det aktuelle stedet kan være kilder til informasjon om antall personer pr. boligenhet.

På lenkenivå beregnes bredden på soner der NO₂- og PM₁₀-konsentrasjonene overskrider visse grenser.

6 Beregning av prosentilverdier for NO₂ og PM₁₀

I forbindelse med implementering av EUs nye luftkvalitetskriterier er det vedtatt nye nasjonale mål for luftkvalitet i Norge. De nasjonale målene kommer i tillegg til de anbefalte luftkvalitetskriteriene og grenseverdier satt i Forurensningsloven, de nasjonale målene er utformet som prosentilverdier, det vil si at de angir et visst

antall episoder pr. år der forurensningsnivået kan overstige en grense uten at grenseverdien i målet er overskredet. Nasjonale mål er:

- Ikke flere enn 8 timeverdier av NO₂ over 150 µg/m³ i år 2010
- Ikke flere enn 25 døgnverdier av PM₁₀ over 50 µg/m³ i år 2005
- Ikke flere enn 7 døgnverdier av PM₁₀ over 50 µg/m³ i år 2010

Beregninger av konsentrasjoner i forhold til nasjonale mål utføres i VLUFT 4.4 på bakgrunn av de beregnede maksimalkonsentrasjonene. NILU har tidligere arbeidet med å fastsette et forhold mellom ”maksimalverdien” og prosentilverdier på bakgrunn av måldata (Hagen og Larssen, 1998). Etter dette har det vært utført en gjennomgang av lengre beregningsserier i utvalgte punkter med beregningsverktøyet AirQUIS for å avdekke mulige sammenhenger mellom prosentilmaksimumsforholdet avhengig av avstand fra vei og orientering i forhold til dominerende vindretning. Dette arbeidet ga ikke grunn for å revidere de anslåtte faktorene fra målinger i noen vesentlig grad. VLUFT 4.4 bruker følgende forholdstall mellom prosentilverdiene og maksimalkonsentrasjonen:

- prosentilkonsentrasjon NO₂ = veibidrag NO₂ delt på 1,3 + bakgrunns-konsentrasjon NO₂,
- prosentilkonsentrasjon PM₁₀ (7 overskridelser) = veibidrag delt på 1,6 + bakgrunnskons PM₁₀ delt på 1,6,
- prosentilkonsentrasjon PM₁₀ (25 overskridelser) = veibidrag delt på 2,0 + bakgrunnskons PM₁₀ delt på 2,0.

7 Usikkerhet og begrensninger i beregningsresultatene

Styrken ved programmet er at de modellene som benyttes tar hensyn til variasjoner i de viktigste vei- og trafikkparametrene (trafikkmengde, hastighet, avstand osv.) på en tilnærmet korrekt måte.

De vesentligste kildene til usikkerhet i modellen slik den er i dag er:

- Utslippsfaktorene for tunge biler. Disse er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell. Teknologisk Institutt gjorde et omfattende litteraturstudium for å komme frem til utslippsfaktorene i denne modellen, men det tilgjengelige målegrunnlaget er svært begrenset.
- NO₂-andelen av NO_x -utslippene har stor betydning for de beregnede NO₂-konsentrasjonene, men det finnes få målinger av denne parameteren.
- I hvilken grad representerer kjøremønstrene kjøring i virkelig trafikk? Tilgjengelige beskrivelser av fordelingen mellom akselerasjon, retardasjon og konstantkjøring i ulike trafikksituasjoner finnes i liten grad.
- Det er ofte vanskelig å skaffe gode data for tungtrafikkandel og kjørehastighet i makstimen. Dette er en svakhet som ligger utenfor modellen, men som i praksis får stor betydning for kvaliteten på beregningene.

- Kunnskap om effekten av piggdekk på PM₁₀-konsentrasjoner og nedfallsstøv, spesielt hva som skjer når piggdekkandelen reduseres vesentlig, er fremdeles begrenset. Effekten av veirenhold er ikke tilstrekkelig undersøkt.
- Det bør gjennomføres nærmere undersøkelser om den betydningen forskjellig tilsetningsmateriale i asfalt har på partikkelstørrelsen og mengden i ulike størrelsesfraksjoner av avslitt veistøv.
- Beregningene gir estimater av maksimale forurensningsverdier og estimat av hyppighet basert på maksimale konsentrasjoner. Det ville være ønskelig med en utvidet vurdering av forholdene mellom de høyeste og de "nest høyeste" forurensningsverdiene og eventuelle regionale forskjeller som kan skyldes klima og veidekke.
- Det er i dag ofte et problem å skaffe data på det detaljeringsnivået som VLUFT trenger, særlig når det gjelder tungtrafikkandel og kjørehastighet i rushtiden.
- Fordeling av tungtrafikkandelen i tellinger gjøres i forhold til bilenes lengde, mens bilklassene i VLUFT er inndelt etter vekt. Undersøkelser av sammenhengen mellom vekt og lengde viser at denne ikke er entydig.

8 Referanser

- Egebeck, K.E. og Hedbom, A. (1991) Emissionsdata till Nordisk Beräkningsmodell för Bilavgaser. Haninge (Svensk Bilprovning MTC 9103).
- Hagen, L.O. og Larssen, S. (1998) Omregning av EU-kommisjonens forslag til nye grenseverdier, fra prosentilverdier til maksimalverdier. Kjeller (NILU OR 14/98).
- Larssen, S. (1991) Partikler i tettstedsluft i Norden. Lillestrøm (NILU OR 11/91).
- Larssen, S. og Hagen, L.O. (1997) Partikkelforurensning fra piggdekk. Kjeller (NILU OR 16/97).
- NMR (1984) Nordisk beregningsmetode for bilavgasser. Sluttrapport august 1984. Lillestrøm (Nordisk Ministerråd. Prosjekt 180.21-26) (NILU OR 56/84).
- SFT (1993) Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oslo (SFT-rapport nr 93:12).
- SFT (1999) Utslipp fra vegtrafikk i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oslo (SFT-rapport nr 99:04).

Vedlegg A

Utslipp av CO, NO_x og eksospartikler for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017

Tabell A1: Utslipp av CO for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017 for hver bilklasse og for hastigheter fra 10 til 90 km/h.

CO	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1997									
bpb	28.715	20.687	14.281	12.271	9.034	5.796	5.137	5.199	5.262
dpb	2.910	1.645	1.139	0.764	0.632	0.499	0.423	0.396	0.368
dl2	4.600	2.599	1.800	1.219	1.103	0.988	0.967	0.965	0.964
dhl1	12.661	10.031	8.379	4.507	3.258	2.010	1.938	1.935	1.932
dhlm	20.316	14.179	9.853	5.674	4.187	2.700	2.316	2.354	2.392
dhlh	23.893	17.432	15.029	8.873	6.353	3.834	3.117	3.044	2.972
dhb	19.581	12.784	8.523	5.144	3.581	2.018	1.778	1.653	1.529
2002									
bpb	16.103	11.601	8.009	6.811	5.044	3.278	2.979	2.986	2.992
dpb	1.921	1.086	0.752	0.584	0.438	0.292	0.263	0.236	0.210
dl2	3.172	1.793	1.241	1.011	0.874	0.736	0.714	0.720	0.726
dhl1	7.148	5.663	4.731	2.555	1.844	1.134	1.095	1.098	1.100
dhlm	11.383	7.945	5.521	3.189	2.352	1.514	1.308	1.323	1.339
dhlh	13.102	9.559	8.242	4.862	3.484	2.107	1.713	1.668	1.623
dhb	11.414	7.452	4.968	3.002	2.092	1.182	1.018	0.950	0.883
2007									
bpb	8.668	6.245	4.311	3.622	2.695	1.768	1.685	1.689	1.692
dpb	1.976	1.117	0.773	0.604	0.444	0.284	0.262	0.233	0.203
dl2	2.895	1.636	1.133	0.966	0.836	0.705	0.687	0.697	0.708
dhl1	4.873	3.861	3.225	1.744	1.259	0.773	0.747	0.750	0.752
dhlm	4.406	3.075	2.137	1.241	0.914	0.587	0.513	0.514	0.516
dhlh	8.281	6.042	5.209	3.077	2.207	1.337	1.085	1.055	1.025
dhb	7.013	4.579	3.052	1.844	1.284	0.724	0.622	0.583	0.544
2012									
bpb	4.498	3.240	2.237	1.894	1.407	0.921	0.899	0.889	0.878
dpb	1.113	0.629	0.436	0.341	0.248	0.155	0.146	0.129	0.112
dl2	2.282	1.290	0.893	0.796	0.686	0.577	0.564	0.574	0.585
dhl1	3.047	2.414	2.017	1.094	0.789	0.484	0.467	0.471	0.474
dhlm	4.960	3.462	2.406	1.394	1.027	0.661	0.573	0.577	0.582
dhlh	5.606	4.090	3.526	2.086	1.498	0.909	0.737	0.715	0.694
dhb	4.497	2.936	1.957	1.182	0.822	0.462	0.398	0.374	0.351
2017									
bpb	2.242	1.615	1.115	0.883	0.674	0.466	0.514	0.478	0.442
dpb	0.986	0.557	0.386	0.303	0.220	0.136	0.129	0.114	0.098
dl2	1.927	1.089	0.754	0.699	0.603	0.508	0.497	0.509	0.520
dhl1	2.178	1.726	1.442	0.783	0.565	0.346	0.334	0.337	0.340
dhlm	3.754	2.620	1.821	1.056	0.778	0.501	0.434	0.437	0.440
dhlh	4.257	3.106	2.678	1.588	1.141	0.694	0.561	0.544	0.528
dhb	3.497	2.283	1.522	0.919	0.638	0.358	0.309	0.291	0.274

Tabell A2: Utslipp av NO_x for 1997, 2002, 2007, 2012, 2017 for hver bilklasse og for hastigheter fra 10 til 90 km/h.

NO _x	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1997									
bpb	1.055	1.000	1.007	0.951	1.030	1.110	1.311	1.342	1.372
dpb	1.120	0.919	0.807	0.675	0.598	0.520	0.513	0.509	0.506
dl2	1.486	1.219	1.070	0.924	0.890	0.855	0.837	0.837	0.837
dl3	1.486	1.219	1.070	0.924	0.890	0.855	0.837	0.837	0.837
dhll	25.023	19.695	16.139	8.486	6.030	3.574	3.351	3.371	3.391
dhlm	38.652	29.773	25.704	14.699	10.745	6.792	5.838	5.859	5.880
dhlh	50.051	39.137	33.409	20.728	15.241	9.754	8.085	7.863	7.641
dhb	43.400	35.424	29.948	20.079	14.486	8.892	8.255	8.354	8.452
2002	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.879	0.833	0.838	0.785	0.847	0.908	1.076	1.094	1.111
dpb	0.848	0.695	0.611	0.517	0.443	0.369	0.335	0.331	0.327
dl2	0.730	0.599	0.526	0.429	0.425	0.421	0.419	0.419	0.419
dl3	0.730	0.599	0.526	0.429	0.425	0.421	0.419	0.419	0.419
dhll	20.817	16.384	13.426	7.027	4.996	2.966	2.796	2.816	2.837
dhlm	26.230	20.204	17.443	10.017	7.311	4.606	3.966	3.970	3.974
dhlh	35.302	27.604	23.564	14.702	10.810	6.919	5.717	5.528	5.340
dhb	34.420	28.094	23.751	15.928	11.517	7.106	6.572	6.640	6.707
2007	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.495	0.469	0.472	0.435	0.465	0.495	0.587	0.591	0.596
dpb	0.747	0.613	0.538	0.450	0.386	0.321	0.273	0.270	0.267
dl2	0.855	0.701	0.616	0.504	0.498	0.493	0.490	0.490	0.490
dl3	0.855	0.701	0.616	0.504	0.498	0.493	0.490	0.490	0.490
dhll	15.710	12.365	10.132	5.294	3.766	2.239	2.114	2.123	2.132
dhlm	14.039	10.814	9.336	5.332	3.890	2.448	2.090	2.088	2.085
dhlh	26.413	20.654	17.631	11.023	8.116	5.210	4.268	4.119	3.970
dhb	25.198	20.568	17.388	11.667	8.453	5.238	4.816	4.850	4.884
2012	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.283	0.268	0.270	0.245	0.257	0.269	0.315	0.317	0.318
dpb	0.369	0.303	0.266	0.222	0.181	0.139	0.134	0.133	0.133
dl2	0.611	0.501	0.440	0.363	0.357	0.350	0.347	0.347	0.347
dl3	0.611	0.501	0.440	0.363	0.357	0.350	0.347	0.347	0.347
dhll	13.513	10.636	8.715	4.545	3.236	1.926	1.825	1.825	1.824
dhlm	14.510	11.177	9.650	5.490	4.010	2.530	2.154	2.153	2.153
dhlh	20.483	16.017	13.673	8.563	6.314	4.064	3.299	3.181	3.064
dhb	18.813	15.356	12.982	8.697	6.315	3.934	3.597	3.612	3.627
2017	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.164	0.155	0.157	0.139	0.143	0.146	0.168	0.166	0.165
dpb	0.317	0.260	0.229	0.191	0.153	0.115	0.114	0.114	0.114
dl2	0.251	0.206	0.181	0.156	0.149	0.142	0.138	0.138	0.138
dl3	0.251	0.206	0.181	0.156	0.149	0.142	0.138	0.138	0.138
dhll	11.406	8.977	7.356	3.832	2.730	1.627	1.544	1.538	1.531
dhlm	12.008	9.250	7.986	4.517	3.302	2.086	1.765	1.765	1.765
dhlh	17.167	13.423	11.459	7.182	5.302	3.423	2.755	2.657	2.559
dhb	15.960	13.027	11.013	7.372	5.359	3.347	3.052	3.061	3.069

Tabell A3: Utslipp av eksospartikler for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017 for hver bilklasse og for hastigheter fra 10 til 90 km/h.

Eksospartikler	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1997									
bpb	0.0184	0.0184	0.0167	0.0172	0.0175	0.0177	0.0187	0.0187	0.0187
dpb	0.1902	0.1902	0.1902	0.1655	0.1405	0.1155	0.0877	0.0913	0.0950
dl2	0.3973	0.3973	0.3973	0.2340	0.2315	0.2291	0.2061	0.2128	0.2196
dhll	0.9813	0.9813	0.9813	0.5269	0.3803	0.2337	0.2209	0.2231	0.2253
dhlm	1.6709	1.6709	1.6709	0.9710	0.7061	0.4412	0.3834	0.3849	0.3864
dhlh	2.3670	2.3670	2.3670	1.3881	0.9923	0.5965	0.4893	0.4707	0.4522
dhb	1.8507	1.8507	1.8507	1.1641	0.8088	0.4536	0.4052	0.3820	0.3588
2002	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0100	0.0100	0.0100	0.0106	0.0110	0.0115	0.0130	0.0130	0.0130
dpb	0.0835	0.0835	0.0835	0.0740	0.0690	0.0640	0.0409	0.0449	0.0490
dl2	0.1051	0.1051	0.1051	0.0533	0.0558	0.0582	0.0547	0.0562	0.0576
dhll	0.5200	0.5200	0.5200	0.2795	0.2016	0.1238	0.1177	0.1186	0.1194
dhlm	0.8211	0.8211	0.8211	0.4786	0.3469	0.2153	0.1899	0.1892	0.1884
dhlh	1.1776	1.1776	1.1776	0.6874	0.4924	0.2974	0.2480	0.2364	0.2247
dhb	0.9720	0.9720	0.9720	0.6137	0.4265	0.2393	0.2089	0.1999	0.1909
2007	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0064	0.0064	0.0064	0.0068	0.0075	0.0082	0.0099	0.0099	0.0099
dpb	0.0411	0.0411	0.0411	0.0331	0.0312	0.0293	0.0196	0.0215	0.0234
dl2	0.0828	0.0828	0.0828	0.0422	0.0440	0.0457	0.0431	0.0442	0.0453
dhll	0.3445	0.3445	0.3445	0.1849	0.1340	0.0831	0.0766	0.0778	0.0790
dhlm	0.2136	0.2136	0.2136	0.1243	0.0910	0.0578	0.0545	0.0511	0.0478
dhlh	0.7114	0.7114	0.7114	0.4136	0.2979	0.1821	0.1543	0.1449	0.1354
dhb	0.5163	0.5163	0.5163	0.3217	0.2232	0.1246	0.1091	0.1074	0.1057
2012	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0047	0.0047	0.0047	0.0048	0.0056	0.0063	0.0080	0.0080	0.0080
dpb	0.0246	0.0246	0.0246	0.0170	0.0158	0.0145	0.0121	0.0125	0.0128
dl2	0.0584	0.0584	0.0584	0.0301	0.0313	0.0325	0.0304	0.0312	0.0320
dhll	0.2108	0.2108	0.2108	0.1131	0.0824	0.0518	0.0455	0.0469	0.0483
dhlm	0.3010	0.3010	0.3010	0.1746	0.1282	0.0817	0.0746	0.0717	0.0688
dhlh	0.4597	0.4597	0.4597	0.2660	0.1930	0.1201	0.1037	0.0953	0.0869
dhb	0.3339	0.3339	0.3339	0.2008	0.1388	0.0769	0.0700	0.0703	0.0707
2017	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0060	0.0060	0.0060	0.0062	0.0074	0.0086	0.0113	0.0113	0.0113
dpb	0.0196	0.0196	0.0196	0.0128	0.0118	0.0108	0.0098	0.0098	0.0099
dl2	0.0312	0.0312	0.0312	0.0166	0.0169	0.0173	0.0162	0.0166	0.0171
dhll	0.1492	0.1492	0.1492	0.0799	0.0587	0.0376	0.0309	0.0325	0.0341
dhlm	0.2164	0.2164	0.2164	0.1248	0.0927	0.0605	0.0561	0.0528	0.0495
dhlh	0.3432	0.3432	0.3432	0.1978	0.1447	0.0917	0.0803	0.0724	0.0645
dhb	0.2650	0.2650	0.2650	0.1556	0.1073	0.0591	0.0553	0.0563	0.0573



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORT NR. TR 7/2000	ISBN 82-425-1185-3 ISSN 0807-7185	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26	PRIS NOK 45,-
TITTEL Programdokumentasjon VLUFT versjon 4.4		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-99140	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Statens Vegvesen, Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep 0033 OSLO			
Norsk institutt for luftforskning Postboks 100 2007 KJELLER			
STIKKORD Trafikk	Luftforurensning	Eksposering	
REFERAT VLUFT 4.4 er en PC-basert beregningsmodell for luftforurensning fra veitrafikk. Programmet anvendes med Windows som operativsystem. Modellen beregner utslipp fra et veinett av CO ₂ , CO og NO _x . For hver vei i nettet beregnes maksimumskonsentrasjonen.			
TITLE Documentation for VLUFT 4.4			
ABSTRACT			

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