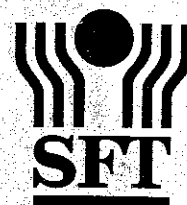


9 8 : 1 5

Luftforurensning i Oslo

Framskrivninger og tiltak



RAPPORT 98:15

Statens forurensningstilsyn



Postadresse: Pb. 8100 Dep, 0032 OSLO

Kontoradresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00 Telefax: 22 67 67 06

Organisasjonsnr.: 970 935 657

<http://www.sft.no/bestilling.html>

Utførende institusjon Ecotrafic Norge AS og Miljø- og næringsmiddeletaten i Oslo kommune	Kontaktperson SFT Eivind Selvig		ISBN-nummer 82-7655-127-0
	Avdeling i SFT Transport- og energiavdelingen		TA-nummer 1563/1998
Oppdragstakers prosjektansvarlige Anne Marit Hansen	År 1998	Sidetall 68	SFTs kontrakt nummer 972660 og 980560
	Prosjektet er finansiert av SFT		
Utgiver SFT			
Forfatter Anne Marit Hansen og Ola Hunnes			
Tittel - norsk og engelsk Luftforurensning i Oslo – framskrivninger og tiltak			
Sammendrag – summary I denne rapporten analyseres et utvalg tiltak med hensyn på bedret luftkvalitet og kostnader. Analysen bygger på en framskrivning av forventet utvikling i luftkvaliteten i Oslo i perioden 1994-2010. Analysen viser hvordan ulike tiltak bidrar til at SFT og Folkehelsas anbefalte luftkvalitetskriteriene nås i 2010 på bybakgrunnsnivå. This report analysis a number of measures to improve the sir quality and costs connected to these measures. The analysis is based on projections of expected development in air quality in the period 1994-2010. The analysis shows how different measures contribute to reaching the air quality guidelines set by the Norwegian Pollution Control Authority (SFT) and the Nasjonal Institute of Public health (Folkehelsa) in 2010.			
5 emneord Luftforurensning Oslo Tiltak Framskrivning Kostnader		5 subject words Air pollution Oslo Measures Projection Costs	

Forord

Denne rapporten presenterer resultatet av prosjektet "Luftforurensning i Oslo – framskrivning og tiltak". Prosjektet er gjennomført som en tiltaksanalyse bygget opp rundt en modell som beregner luftkvalitet og befolkningsbelastning på bakgrunn av informasjon om værforhold, utslipp til luft og bosettningsmønster.

Resultatet er først og fremst en analyse av miljøeffekten og kostnadene knyttet til noen utvalgte tiltak for Oslo i år 2010. Analysen bygger på en framskrivning av forventet utvikling i luftkvaliteten i perioden 1994-2010.

Tiltaksanalysen gjelder for Oslo. Mange av tiltakene vil ha lignende effekter for andre byområder. Resultatene kan imidlertid ikke direkte overføres til andre bykommuner.

SFT har ledet prosjektet og Ecotrafic Norge AS har sammen med Miljø- og næringsmiddeletaten i Oslo kommune stått for gjennomføringen.

En referansegruppe med representanter fra Oslo kommune, Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Vegdirektoratet, Statens vegvesen Oslo og Norsk Petroleumsinstitutt har gitt verdifulle kommentarer og innspill i løpet av arbeidet.

Statens forurensningstilsyn

Juni 1998

Innhold

FORORD

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	9
1 INNLEDNING	15
2 METODE	17
2.1 Generelt om metoden	17
2.2 Valg av tiltak.....	18
2.3 Kvantifisering av tiltakenes effekt	19
2.4 Kostnadsberegninger	19
3 FORVENTET UTVIKLING I LUFTKVALITETEN I OSLO I PERIODEN 1994- 2010 (BASISFRAMSKRIVNINGEN).....	21
3.1 Forutsetninger for basisframskrivning av utslipp	21
3.2 Valg av forurensningssituasjon og beregningsbetingelser.....	24
3.3 Basisframskrivning av utslipp til luft	27
3.4 Resultat av beregningene i AirQUIS: Basissituasjonen.....	29
4 TILTAK.....	37
4.1 Vurdering av tiltak i prosjektet.....	37
4.1.1 Teknologitiltak og tiltak for å endre adferd.....	37
4.2 Beskrivelse av tiltak.....	38
4.2.1 Nye europeiske avgasskrav, (Auto Oil I/Euro III)	38
4.2.2 Økt bruk av elektriske personbiler.....	40
4.2.3 Bruk av naturgass som drivstoff for rutebusser.....	41
4.2.4 Restriksjoner på bruk av piggdekk	42
4.2.5 Bygging av tunnel med rensing av partikler.....	43
4.2.6 80 meter pipe på fjernvarmeanlegg	43
4.2.7 Reduksjon av dieselpersonbiler i 2010.....	44
4.2.8 Parkeringsrestriksjoner på arbeidsplasser og bedring av kollektivtilbud	44
4.2.9 Vegprising - differensierte bompengetakster kombinert med styrket kollektivtrafikk	45
4.2.10 Hastighetsreduksjon	46
4.2.11 Paristiltak.....	46
4.2.12 Redusert utslipp fra vedfyring	47
4.2.13 Tiltak som vurderes sammen som tiltakspakker.....	47
4.3 Oppsummering av kostnadsberegningene	48
5 TILTAKENES EFFEKT PÅ FORURENSNINGS- KONSENTRASJONENE OG KOSTNADSEFFEKTIVITET	50
5.1 NO ₂ -tiltakenes effekt på forurensningskonsentrasjonene	50
5.2 Vurdering av NO ₂ -tiltakenes kostnadseffektivitet	54
5.3 PM ₁₀ -tiltakenes effekt.....	56

5.4	Vurdering av PM ₁₀ -tiltakens kostnadseffektivitet.....	62
5.5	Tiltakens andre miljøeffekter	63
6	USIKKERHET	65
6.1	Usikkerhet i prosjektet.....	65
6.2	Usikkerhet knyttet til framskrivningen.....	65
6.3	Usikkerheter knyttet til beregningene	66

Appendix A: Beregninger i AirQUIS

Appendix B: Økonomiberegninger

Appendix C: Fjernvarmeproduksjon i oslo i 1994, 2005 og 2010

Appendix D: Forkortelser og forklaringer

Appendix E: Refereanseliste

Sammendrag og konklusjon

Formål

Prosjektet «Luftforurensning i Oslo - framskrivning og tiltak» har som formål å: Analysere et utvalg tiltak med hensyn på bedret luftkvalitet og kostnader. Analysen bygger på en framskrivning av forventet utvikling i luftkvaliteten i Oslo i perioden 1994-2010 (basisframskrivningen).

Luftkvaliteten vurderes ut fra komponentene svevestøv (PM_{10}) og nitrogendioksid (NO_2). Med bakgrunn i risikoen for helseskader har Folkehelse og SFT etablert *anbefalte luftkvalitetskriterier* for begge komponentene. Disse kriteriene angir ved hvilke konsentrasjoner det er sannsynlig at de mest følsomme grupper i befolkningen kan merke helsevirkninger. Analysen viser hvordan ulike tiltak bidrar til at luftkvalitetskriteriene nås i 2010 på bybakgrunnsnivå.

Metode

Prosjektet er gjennomført som en tiltaksanalyse. Det vil si at ulike tiltaks forurensningsbegrensende effekt og kostnader er analysert for år 2010. For å kunne analysere tiltakenes effekt i 2010 er det gjort en framskrivning av forventet utvikling i luftkvaliteten uten tiltak, basisframskrivningen. Tiltak som er vedtatt og som vi derfor vet vil komme i perioden fram til 2010 ligger inne i basisframskrivningen.

Basisframskrivningen og analysen av tiltakenes effekt er gjort med modellen AirQUIS. AirQUISberegner luftkvalitet og befolkningsbelastning på bakgrunn av informasjon om værforhold, utslipp og bosettingsmønster. AirQUIS beregner bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittskonsentrasjoner i kvadratkilomiterruter. Bybakgrunnsverdiene representerer forurensningsnivået i bakgårder, parker, i høyde med hustakene eller ved gater og veier som ligger unna de mest trafikkerte områdene. Det betyr at selv om vi ved tiltakene i denne analysen oppnår tilfredsstillende luftkvalitet på bybakgrunnsnivå så kan det fremdeles være overskridelser nær utslippskildene, for eksempel langs veier med mye trafikk. Dette er det ikke tatt hensyn til i dimensjoneringen av tiltakene som er analysert.

Luftforurensningen er beregnet som *konsentrasjoner* per time eller døgn og belastningen befolkningen er utsatt for er uttrykt som *befolkningsdose*.

Befolkningsdosen er en indikatorstørrelse for hvor mange personer som utsettes for forurensningsnivåer over Folkehelsas og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier multiplisert med overskridelsens størrelse. For NO_2 er det anbefalte luftkvalitetskriteriet $100 \mu g/m^3$ (timemiddel) og for PM_{10} er denne verdien $35 \mu g/m^3$ (døgnmiddel).

Forventet utvikling av luftkvaliteten i Oslo i perioden 1994-2010 (Basisframskrivning)

Konklusjon - basisframskrivningen:

- Utskiftning av bilparken og derigjennom eliminering av biler uten katalysator har en positiv effekt på luftkvaliteten men er langt fra tilstrekkelig for å oppnå luftkvalitetskriteriene for PM_{10} og NO_2 i Oslo i år 2010.
- Overgang til piggfrie dekk er nødvendig for å bedre luftkvaliteten mht PM_{10} , men det er ikke tilstrekkelig for å oppnå luftkvalitetskriteriet.

- På kalde dager er vedfyring en viktig kilde til PM_{10} forurensningen.
- Høyere trafikkvekst enn den som er forutsatt i analysen vil medføre dårligere luftkvalitet. Trafikkveksten "spiser opp" en del av teknologiforbedringen mht NO_2 .

Analysen av den forventede utviklingen av luftkvaliteten bygger på en rekke forutsetninger. Den mest kritiske for usikkerheten i analysen er trafikkveksten. Beregningene bygger på en prognose om 28% trafikkvekst fram til år 2010 (NVVP(1998-2007)). Dette er en lav prognose sammenlignet med den observerte trafikkveksten fra 1994 og fram til i dag. De siste tre årene er det registrert 11% trafikkvekst i Oslo.

Analysen viser at PM_{10} -konsentrasjonen og befolkningsbelastningen for PM_{10} reduseres fram til 2010 på grunn av utskiftning av bilparken og derigjennom eliminering av biler uten katalysator, og en forventet høy piggfriandel (74%) i 2010. Antall personer som kan bli utsatt for overskridelser av luftkvalitetskriteriene på bybakgrunnsnivå er redusert med ca 10% fra 1994 til 2010. Beregnet som befolkningsdose halveres belastningen (47%reduksjon) fra 1994 til 2010 fordi relativt store deler av befolkningen får en bedret luftkvalitet selv om ikke bedringene er så store at de kommer under luftkvalitetskriteriet.

Utskiftning av bilparken og derigjennom eliminering av biler uten katalysator medfører at NO_2 -konsentrasjonene og befolkningsbelastningen for NO_2 reduseres vesentlig fram mot år 2005. Fra år 2005 til 2010 vil konsentrasjonene øke igjen på grunn av trafikkveksten. Antall personer som kan bli utsatt for overskridelser av luftkvalitetskriteriene på bybakgrunnsnivå er redusert med en tredel (34%) fra 1994 til 2010. Beregnet som befolkningsdose halveres belastningen (52% reduksjon) fra 1994 til 2010.

Analyse av tiltak – tiltakenes effekt og kostnader

Konklusjon - tiltaksanalysen:

Denne rapporten viser først og fremst hvordan tiltak virker på bybakgrunnskonsentrasjonene av forurensningene. Den vegnære eksponeringen på gatenivå er ikke beregnet. På gatenivå dominerer utslippene fra vegtrafikken mens utslippene fra fyring utgjør en mindre andel. Siden effekten av tiltakene er analysert i forhold til bybakgrunsnivåene, vil en få en underestimert effekt av tiltak som virker på vegtrafikk kildene og en overestimert effekt av tiltak som går på fyringstiltakene. Hovedkonklusjonene er likevel entydige:

- 80% piggfriandel i kjøretøyparken medfører en halvering av PM_{10} problemet i 2010 i forhold til 1994.
- Nye europeiske avgasskrav infaset fra og med 2000 og 2005 vil etter hvert som bilparken skiftes ut redusere NO_2 forurensningen betydelig.
- Trafikkvekst vil imidlertid "spise opp" virkningen av teknologiforbedringer (nye avgasskrav). Jo høyere veksten er jo raskere "spises" virkningen opp.
- Av alle vurderte tiltak vil tiltak som reduserer veksten i trafikkvolumet være det mest kostnadseffektive. Dette gjelder for både NO_2 og PM_{10} .
- Begrensning i utslipp fra vedfyring vil være et effektivt tiltak mot PM_{10} forurensningen,

Nedenfor følger en oversikt over tiltak som er analysert og hvilke komponenter de er vurdert i forhold til.

Tiltak:	PM ₁₀	NO ₂
• Innføring av nye europeiske avgasskrav (Auto oil I/Euro III)	X	X
• Økt bruk av elektriske personbiler		X
• Bruk av naturgass som drivstoff for rutebusser		X
• Restriksjoner på bruk av piggdekk (74%-80% piggfritt)	X	
• Bygging av tunnel	X	
• 80 meters piper på fjernvarmeanlegg	X	
• Reduksjon av antall dieselpersonbiler		X
• Reduksjoner i personbiltrafikken som følge av : - Veiprising kombinert med styrket kollektivtrafikk - Parkeringsrestriksjoner kombinert med styrket kollektivtrafikk	X X	X X
• Hastighetsreduksjoner	X	
• "Paristiltak" dvs. forbud mot kjøring for et utvalg av bilparken i akutte forurensnings situasjoner, kombinert med hastighetsrestriksjoner på innfartsårene	X	
• Restriksjoner på vedfyring	X	
• "Tiltakspakke" satt sammen av flere av de nevnte tiltakene	X	

Tiltakene er analysert ut fra deres effekt på forurensningen og de samfunnsøkonomiske kostnadene ved gjennomføringen. Effekt på luftkvaliteten uttrykt som befolkningsdose er analysert med hensyn på den framskrevne situasjonen i år 2010. Effekten av tiltakene i årene mellom 1994 og 2010 er ikke vurdert. Forutsetningen om en trafikkvekst på 28 % i perioden 1994-2010 ligger til grunn for vurderingen av tiltakene. En ytterligere trafikkvekst vil "spise opp" virkningen av teknologiforbedringene vi forventer.

Tiltakenes effekt på PM₁₀-forurensningen

De foreslåtte nye EU-avgasskravene vil ikke gi noen stor virkning på svevestøvmengden i lufta. Grunnen til dette er at oppvirvling av veistøv og partikler fra vedfyring er mye større kilder til befolkningsbelastningen enn utslipp av eksos i den valgte forurensningssituasjonen.

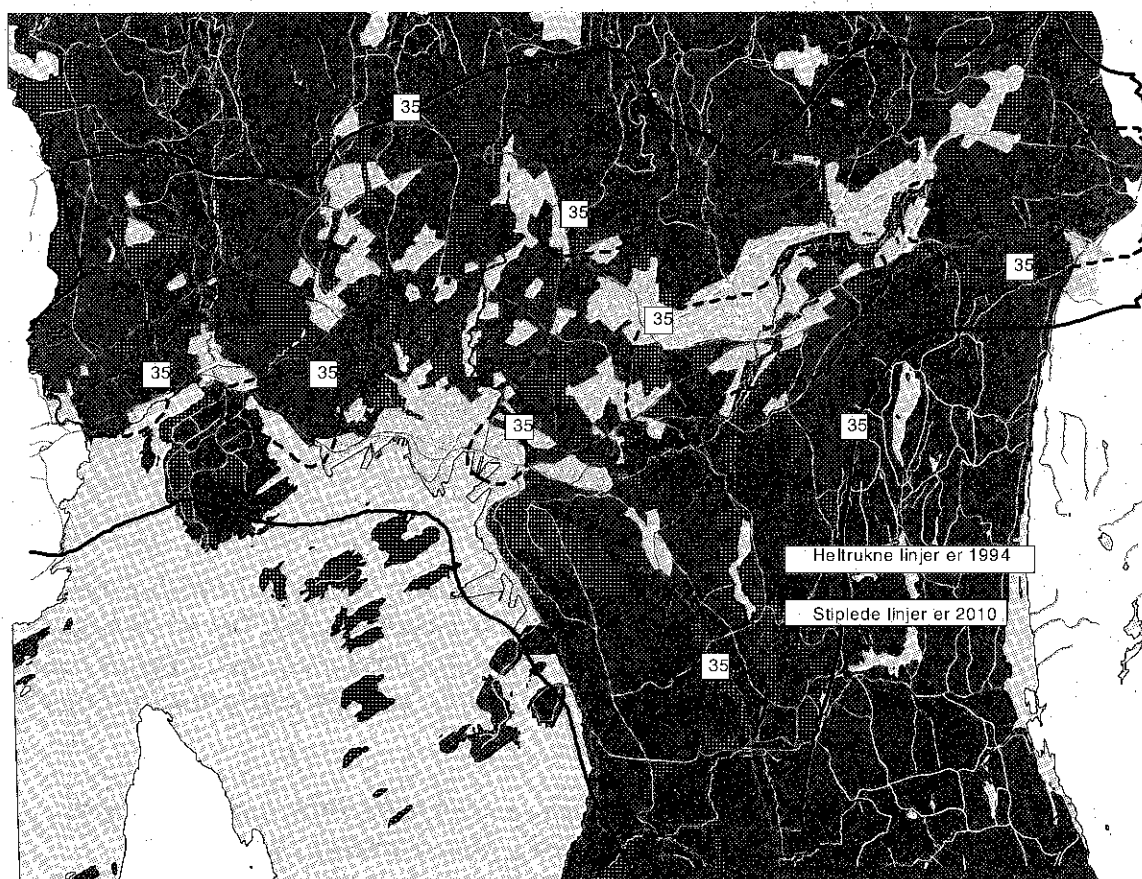
Økning av piggfriandelen fra 74-80% i kjøretøyparken vil redusere befolkningsdosen med ytterligere 2% i 2010 i forhold til 1994 på bybakgrunnsnivå. Det vil fremdeles være et betydelig svevestøvproblem på enkelte dager blant annet som følge av utslipp fra vedfyring, oppvirvlet veistøv på grunn av at 20% av bilparken fortsatt har piggdekk og dieseleksos.

I den analyserte forurensningssituasjonen bidrar utslipp fra vedfyring betydelig til befolkningsbelastningen med hensyn på PM₁₀. Dersom man i tillegg til 80% piggfriandel og nye avgasskrav reduserer utslippene fra vedfyringen med 90% vil befolkningsdosen reduseres med ytterligere 47% på bybakgrunnsnivå. Samlet gir disse tiltakene reduksjon i befolkningsdosen med 96% i forhold til 1994-situasjonen på bybakgrunnsnivå. Dette er illustrert i figur S-1, der arealene hvor 35 µg/m³ er

overskredet i henholdsvis 1994 og 2010 er angitt med isolinjer. Som man ser av figuren reduseres arealene innenfor $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -linjen betraktelig fra 1994-2010.

Den analyserte forurensnings situasjonen er en kald dag hvor mange fyrer med ved. Utslippene fra vedfyring gir derfor et stort bidrag. Situasjonen der utslippene fra vedfyring er redusert med 90% illustrerer både denne kalde dagen med tiltak mot utslipp fra vedfyring og dager med mildt vær og liten vedfyring. I den sistnevnte situasjonen vil veistøv og eksos være de dominerende kildene til høye forurensningskonsentrasjoner. Tiltak som er vurdert for slike tilfeller er hastighetsreduksjoner i hele byen og for et begrenset område av byen, "Paristiltak" og reduksjon av trafikkvolumet gjennom parkeringsrestiksjoner eller veipricing kombinert med et styrket kollektivtilbud. Hastighetsreduksjon er et av de mest effektive tiltakene for å redusere PM_{10} -problemet i slike tilfeller, mens tiltakene som reduserer veksten i trafikkvolumet vil være de mest kostnadseffektive av de analyserte tiltakene.

Figur S-1: PM_{10} -konsentrasjoner. Heltrukne linjer viser situasjonen i 1994. Stiplet linje viser situasjonen i 2010, det er forutsatt 28% trafikkvekst, 80% piggfri dekk, nye avgasskrav og 90% reduksjon i vedfyringen. Isoliner for $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er vist. I 1994-situasjonen var det områder med langt høyere konsentrasjoner enn $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ innenfor det angitte arealet. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km^2 -bokser, i en forurensnings situasjon som vil forekomme årlig og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy.



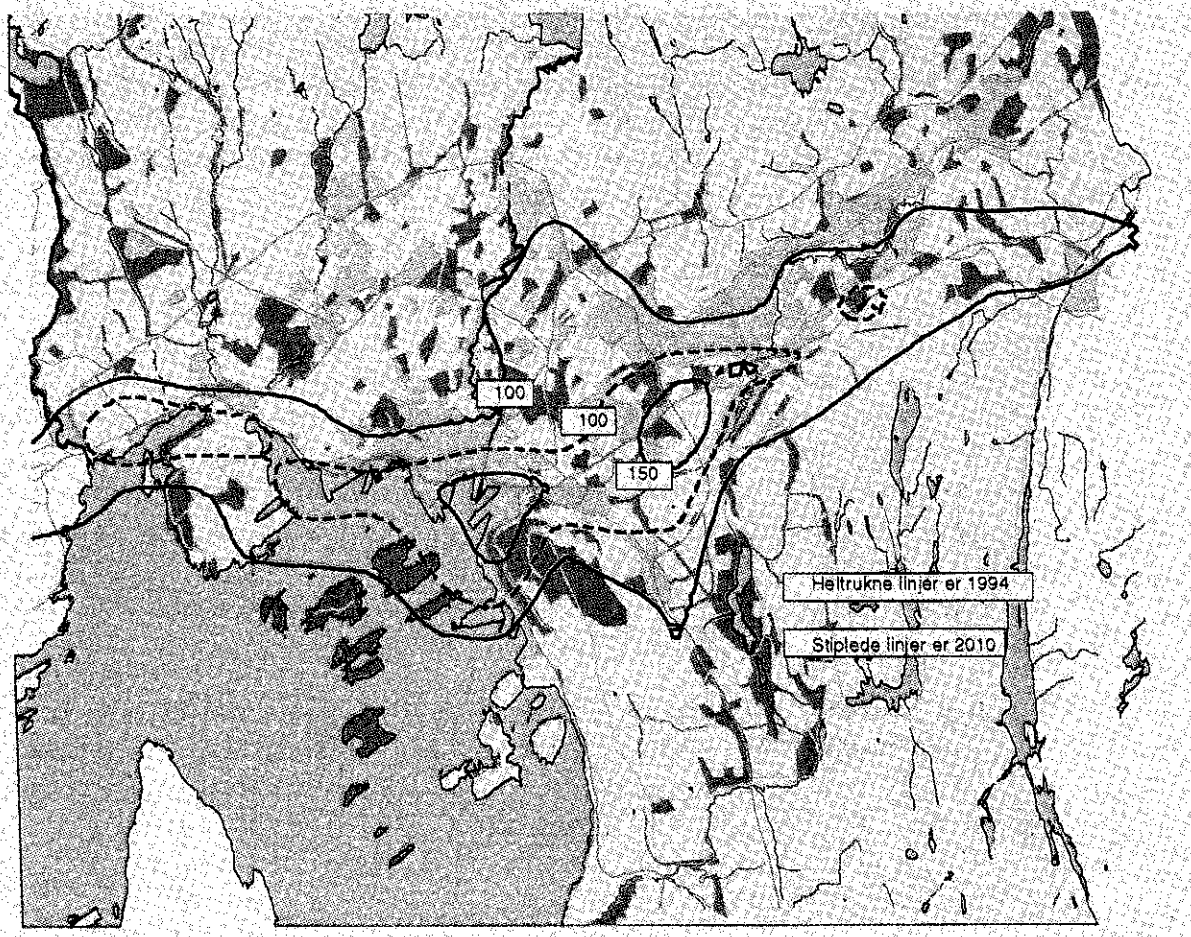
Tiltakenes effekt på NO₂-forurensningen

For NO₂ konsentrasjonen viser beregningene at innføring av nye europeiske avgasskrav vil gi reduksjon av forurensningen av NO₂ på lang sikt. Dersom de nye avgasskravene innføres fra år 2000 viser beregningene at antall personer som vil være utsatt for overskridelser av SFTs og Folkehelsas anbefalte luftkvalitetskriterier i år 2010, er redusert med ca 86% sammenlignet med 1994 på bybakgrunnsnivå. Beregnet som befolkningsdose reduseres belastningen med 96%. Denne forbedringen er illustrert i figur S-2, som viser endringene i de arealer av byen hvor et nivå på 100 µg/m³ overskrides. Avgasskravene innføres som en nasjonal norm og gjennomføres uavhengig av spesifikke lokale problemstillinger, vi har derfor i denne lokale tiltaksanalysen valgt å se bort fra kostnadene ved dette tiltaket.

Selv om forbedret teknologi på kjøretøyene reduserer NO₂-problemet betraktelig, vil det være områder i Oslo og personer som utsettes for NO₂ konsentrasjoner over luftkvalitetskriteriet. Andre tiltak er derfor vurdert: reduksjon av antall diesel personbiler, gassdrevne rutebusser, reduksjon av trafikkvolumet gjennom parkeringsrestiksjoner eller veipricing kombinert med et styrket kollektivtilbud, og økt bruk av elektriske personbiler. Effekten av disse tiltakene hver for seg er om lag like stor. Sammen med de nye avgasskravene vil disse tiltakene hver for seg bedre luftkvaliteten slik at overskridelsene av 100 µg/m³ og befolkningsdosen i 2010 er nær null på bybakgrunnsnivå. Høyere konsentrasjoner vil likevel forekomme på gatenivå ved sterkt trafikkerte gater og ytterligere tiltak mot utslipp fra vegtrafikk vil være nødvendig for å nå luftkvalitetskriteriene.

Tiltakene som reduserer veksten i trafikkvolumet er det mest kostnadseffektive av de analyserte tiltakene. Disse tiltakene gir en høy samfunnsøkonomisk gevinst på grunn av spart tid både for de gjenværende bilistene og for kollektivtrafikanter. En vesentlig tilleggsvirkning er reduksjon i antall ulykker.

Figur S-2 *NO₂-konsentrasjoner. Heltrukne linjer viser situasjonen i 1994. Stiplet linje viser situasjonen i 2010 hvor trafikkvolumet har økt med 28% og nye EU-avgasskrav er innført (isolinje for 100 µg/m³). Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km²-bokser i en relativt hyppig forekommende forurensningssituasjon og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy.*



1 Innledning

Prosjektet som presenteres i denne rapporten ble startet av Statens forurensningstilsyn (SFT) i august 1997. Formålet med prosjektet er å analysere et utvalg tiltak med hensyn på bedret luftkvalitet uttrykt som redusert befolkningsdose og kostnader. Analysen bygger på en framskrivning av forventet utvikling i luftkvaliteten i Oslo i perioden 1994-2010 (basisframskrivningen)

Signaler gitt i St. melding nr. 58 "Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling" og prosjektet "Miljøforbedret Trafikk i Oslo" (MiTO), er bakgrunnen for SFT og Oslo kommune sin interesse for dette prosjektet.

Oslo kommune, Vegdirektoratet, Statens vegvesen Oslo, Fylkesmannens miljøvern-avdeling i Oslo og Akershus og Norsk Petroleumsinstitutt, ble invitert til å delta i en referansegruppe for å sikre at datainngangen til prosjektet ble best mulig og at resultatene ble presentert på en hensiktsmessig måte for problemeierne.

Prosjektet er avgrenset til å beregne luftforurensning av NO₂ (nitrogendioksid) og PM₁₀ (svevestøv). Tiltakene er valg ut fra et mål om at ingen personer skal utsettes for forurensning over SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier i 2010.

Prosjektet er utført av en prosjektgruppe som har bestått av Ecotrafic Norge AS og Miljø- og næringsmiddeletaten i Oslo kommune. Prosjektgruppen har i samråd med referansegruppen valgt inngangsdata for framskrivningen og tiltak.

I prosjektet er beregning av luftkvaliteten blitt gjort med analyseverktøyet som Miljø- og næringsmiddeletaten i Oslo kommune benytter.

2 Metode

2.1 Generelt om metoden

Prosjektet er gjennomført som en tiltaksanalyse bygget opp rundt en modell som beregner luftkvalitet og befolkningsbelastning på bakgrunn av informasjon om værforhold, utslipp og bosettingsmønster.

For å beregne luftkvaliteten i de to framtidige årene 2005 og 2010 er det gjort en beregning av hvordan utslippene til luft vil utvikle seg. Analysen gjelder perioden 1994-2005-2010. Utgangsåret 1994 ble valgt fordi dette året er det siste hvor det foreligger et fullstendig statistisk materiale over energibruk beregnet med god nok geografisk oppløsning til modellberegninger av luftkvaliteten. I arbeidet med framskrivning av utslipp til luft er det hentet inn informasjon om alle utslippskildene i Oslo kommune, både de mobile hvor hovedkilden er vegkjøretøy og de stasjonære, dvs. utslipp til luft fra olje, avfall, ved og annet biobrensel.

Beregningen av luftkvaliteten omfatter beregninger av NO₂- og PM₁₀-konsentrasjonen i lufta. NO₂ og PM₁₀ måles kontinuerlig i større norske byer og brukes ofte som indikator på luftforurensningen. Videre finnes det både anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for de to komponentene.

Luftforurensningen er beregnet som konsentrasjoner per time eller døgn og belastningen befolkningen er utsatt for er uttrykt som befolkningsdose. Befolkningsdosen er en indikatorstørrelse for hvor mange personer som utsettes for forurensningsnivåer over de anbefalte luftkvalitetskriteriene multiplisert med overskridelsenes størrelse. For NO₂ er det anbefalte luftkvalitetskriteriet 100 µg/m³ (timemiddel) og for PM₁₀ er denne verdien 35 µg/m³ (døgnmiddel).

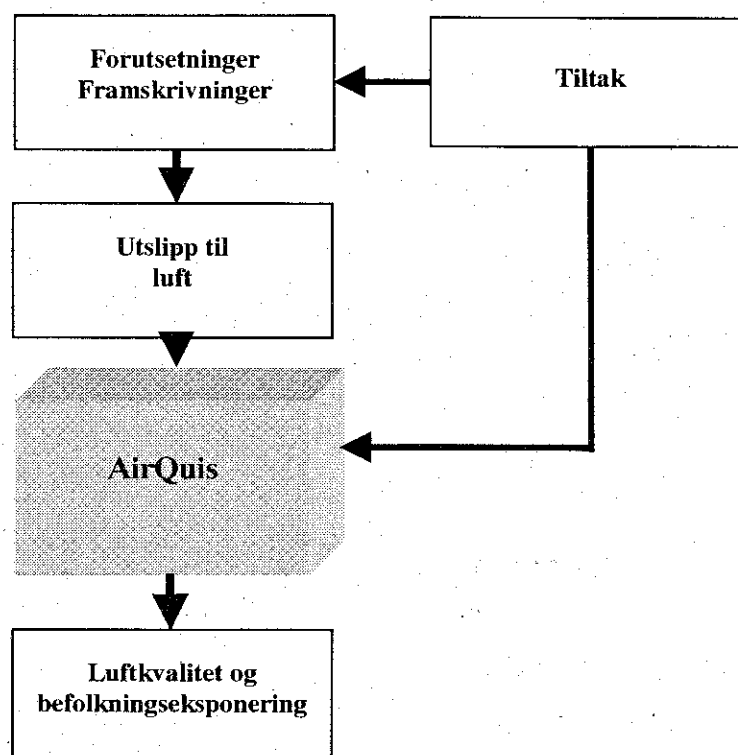
Det er valgt ulike forurensningssituasjoner for NO₂ og PM₁₀ i beregningene. For NO₂ ble forurensningsnivået i beregningen observert 13 av dagene vinteren 1996/97. For PM₁₀ ble det valgt en mer spesiell situasjon som forekom ett døgn denne vinter.

Modellen AirQUIS er brukt til beregningene. Denne modellen er utviklet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) med støtte bl.a. fra SFT og brukes av Miljø- og næringsmiddeletaten i Oslo kommune. Mer informasjon om beregningssystemet AirQUIS kan finnes i årsrapport om luftforurensningen i Oslo(9/). AirQUIS beregner bybakgrunnsverdier basert på data om utslipp til luft fordelt på utslippskilder, samt data om værforhold og topografi. Det betyr at selv om det ved innfasing av tiltakene i denne analysen oppnås tilfredsstillende luftkvalitet så kan det fremdeles være overskridelser på bakkenivå. Dette er det ikke tatt hensyn til i dimensjoneringen av tiltakene som er analysert.

Tiltakene er analysert mht deres effekt på reduksjon i utslipp og mht de samfunnsøkonomiske kostnadene (og inntektene). Tiltakenes effekt i form av reduserte utslipp er lagt inn i AirQUIS for å beregne effekten på NO₂- og PM₁₀- forurensningen. For enkelte tiltak er effekten beregnet direkte i AirQUIS som en endring i forurensningsbidraget. Dette gjelder enkelte av PM₁₀ tiltakene.

Metoden er skissert i figur 2.1.

Figur 2.1 *Prinsippskisse for metoden.*



2.2 Valg av tiltak

Tiltakene er valgt ut fra tidligere vurderte tiltak, bl.a i forbindelse med prosjektet, Miljøforbedret Trafikk i Oslo (MiTO). Det er også vurdert tiltak som ikke tidligere har vært analysert.

Oppgaven i dette prosjektet er å vurdere i hvilken grad tiltakene bidrar til å nå luftkvalitetskriteriene for NO₂ og PM₁₀ i 2010. Det vil si at befolkningsdosen over Folkehelse og SFTs luftkvalitetskriterier (100µg/m³ for NO₂ og 35µg/m³ for PM₁₀) skal være redusert til 0.

Tiltakene er kun vurdert for den framskrevne situasjonen i 2010. Flere tiltak kan ha stor effekt ved innføring tidligere enn 2010, fordi de gjennomsnittlige utslippene fra biler sannsynligvis er høyere i dag enn noen år fram i tid. Økt kunnskap om hvilke tiltak som gir effekt tidligere i analyseperioden kan fåes ved å gjennomføre flere beregninger.

Det er ikke gjort kvantifisering av tiltakenes øvrige miljøeffekter i dette prosjektet. I tillegg til utslipp til luft er det flere andre miljøproblemer knyttet til energibruk generelt og vegtrafikk spesielt. Problemer knyttet til støy, barriereeffekter, naturinngrep, arealdisponering og ulykker vil også være sentrale tema når Oslo kommune, fylket og staten skal vurdere tiltak og virkemidler for å redusere forurensningen. Virkningen på ulykker er vurdert i prosjekter som ligger som referanse til dette prosjektet (ref /6/ og /7/).

2.3 Kvantifisering av tiltakenes effekt

Effekten av tiltakene er beregnet i AirQUIS og kvantifisert som redusert befolkningsdose og reduksjon i antall personer som eksponeres over SFT's anbefalte luftkvalitetskriterium. Antallet personer er beregnet ut fra bostedsadresse.

Befolkningsdose er definert som i ligning 2.1 der terskelverdiene for NO₂ og PM₁₀ er henholdsvis 100 µg/m³ og 35 µg/m³ (luftkvalitetskriteriene til SFT og Folkehelsa). Dosene for NO₂ og PM₁₀ er ikke sammenlignbare størrelser.

$$\text{Befolkningsdose} = \sum_i B_i * K_i \quad (2.1)$$

og $K_i = \text{NO}_{2i} - \text{terskelNO}_2$
 eller $K_i = \text{PM}_{10i} - \text{terskelPM}_{10}$

der

i = løpenummer for kvadratkilomterruter i Oslo gitt i AirQUIS

B_i = Befolkningen (antall personer) bosatt i rute i

K_i = Konsentrasjonen av NO₂ over terskelverdi (timesverdi) eller konsentrasjonen

av PM₁₀ over terskelverdi (døgnverdi) i rute i

NO_{2i} = Beregnet timesmiddel i rute i for NO₂

PM_{10i} = Beregnet døgnmiddel i rute i for PM₁₀

2.4 Kostnadsberegninger

Det er gjort en samfunnsøkonomisk tilnærming, med utgangspunkt i metodikken for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor, beskrevet i NOU 27:1997, «Nytte-kostnadsanalyser». Det er imidlertid fastholdt dagens diskonteringsrente på 7% per år. Hovedtrekkene i beregningen er at det tas hensyn til alle investeringer, økte driftsutgifter og eventuelt -inntekter. Det tas også hensyn til samfunnsøkonomisk nyttegevinst, untatt nytten som er koblet til redusert forurensning. Det er i den sammenheng brukt beregningsresultater fra TØI og Vegdirektoratet (kildene /6/, /7/ og /8/). Alle kostnader og inntekter beregnes eksklusiv avgifter med unntak av de avgiftene som ikke er motivert av fiskale hensyn. Det betyr at miljøavgifter som CO₂-avgift og svovelavgift er tatt med.

Følgende formel er brukt i økonomiberegningene:

$$K = I_A + D_K - D_I - N \quad (2.2)$$

hvor

K : Årskostnaden for tiltaket i det aktuelle året, dvs. merkostnaden

I_A : Merkostnaden for tiltaket basert på en samfunnsøkonomisk annuitetsbetraktning

D_K : Årlig økning i driftskostnaden som følge av tiltaket

D_I : Årlig økning i driftsinntekten som følge av tiltaket

N : Årlig samfunnsøkonomiske nyttegevinst

3 Forventet utvikling i luftkvaliteten i Oslo i perioden 1994- 2010 (Basisframskrivningen)

Utslipp til luft omfatter en rekke forurensningskomponenter, som kan ha akutte eller mer langsiktige helseeffekter. I dette prosjektet er forurensingen av NO₂ og PM₁₀ beregnet, jfr. kapittel 2.

Alle kilder som fører til utslipp av NO_x og PM₁₀ i Oslo kommune er tatt med. I tillegg er piggedekkgenerert svevestøv og oppvirket vegstøv fra trafikken tatt med.

3.1 Forutsetninger for basisframskrivning av utslipp

I dette kapitlet er forutsetningene og resultatene av framskrivningen av utslipp til luft presentert. Presentasjonen er delt opp i de enkelte hovedgruppene av kilder. Tallmaterialet er i hovedsak hentet fra offisiell statistikk og vedtatte planer i samferdsels- og energisektoren såvel som Oslo kommune. Framskrivningen er så langt det er mulig basert på kunnskap om vedtatte endringer. I flere tilfeller har det imidlertid vært nødvendig å foreta en vurdering av hva som er en sannsynlig utvikling.

Framskrivningen er basert på prognoser som foreligger for utviklingen i vegtrafikk og energibruk. Slike prognoser er basert på forutsetninger om utvikling i økonomien (bl.a. NVVP 1998-2007 og LTP 1994-1997). Både kortsiktig og mer langsiktige observasjoner viser at utviklingen ikke nødvendigvis følger de baner som blir lagt inn i slike beregninger. Det tas derfor forbehold om at en utvikling som avviker fra den som er lagt inn kan komme til å gi andre resultater.

Det er fokusert på lokal luftkvalitet i en tidsbegrenset periode. Eventuelle konsentrasjoner fra forurensningskilder utenom Oslo kommune er satt til 0 µg/m³ for alle årene.

Tilførsel av ozon (O₃) som er sentral i dannelsen av NO₂ er satt til 60 µg/m³ for alle beregningene.

3.1.1 Kjøretøy

Trafikkvekst

Den årlige veksten i vognkilometer er ifølge NVVP (1998-2007) 1,8% t.o.m. 2001 og 1,4% etter år 2001. Dette gir en vekst på 19,58 % t.o.m. 2005 og 28,40 % t.o.m. 2010, med 1994 som referanseår. I NVVP er det tatt utgangspunkt i regjeringens langtidsprogram (LTP 1994-1997) der scenariene: "solidaritetsalternativet" er brukt fram til 2001, og "basisalternativet" er benyttet for perioden 2002-2010.

For dieseldrevne varebiler, tunge kjøretøy og busser er samme trafikkvekst antatt.

De siste tre årene er det registrert en trafikkvekst på 11% i Oslo i følge Vegdirektoratet. Det er derfor utført en følsomhetsberegning for varierende trafikkvekst der forurensningsnivået er beregnet for to alternative trafikkvekstnivåer i analyseperioden. Resultatet av følsomhetsanalysen er presentert i kapittel 6.

Utslippsfaktorer

Statistisk sentralbyrå (SSB) har laget en framskrivning av utslippsfaktorene for år 2005 og år 2010.

Følgende er lagt til grunn:

I framskrivningen for Oslo er forskjellen i aldersfordelingen i kjøretøyparken mellom Oslo og Norge i 1994 lagt til grunn. Denne forskjellen er i gjennomsnitt:

- Personbiler bensin er ett år yngre i Oslo
- Tunge dieselskjøretøy er to år yngre i Oslo
- Dieslbusser er ett år yngre i Oslo

Det er estimert en noe høyere gjennomsnittsalder for lette bensinbiler i år 2010 enn i år 2005. Dette gir en økning i utslippsfaktorene for bensinbiler i den siste femårsperioden. Effekten på den beregnede luftforurensningen er marginal.

Framskrivningene av privatbilparken gir en katalysatorandel på hhv. 90 % (for 2005) og 96 % (for 2010).

Piggfriandelen

Storbygruppe Veistøv/ PReSS AS har beregnet piggfriandelen i årene 1994, 2005 og 2010 ut fra følgende forutsetninger:

35 % av de som kjører med piggdekk kjøper piggfritt ved neste kjøp

95 % av de som kjører piggfritt gjentar dette.

Omløpshastigheten er 5,6 år basert på nye opplysninger fra OFV (Opplysningskontoret for vegtrafikk) og DIF (Dekkimportørenes landsforening).

Beregningen gir følgende piggfriandeler for biler i Oslotrafikken:

1994: 20 %

2005: 63 %

2010: 74 %

Framskrivning av fordelingen på vegnettet

Fra Statens vegvesen Oslo (SVO) har vi mottatt fordelingen for ÅDT (årsdøgntrafikk) i 1994. SVO har også gitt ÅDT for år 2010 fordelt på veger der det også er tatt med vedtatte vegprosjekter. I SVO sine beregninger ligger bompengeringen inne også i 2010-situasjonen. Bompengeringer er vedtatt nedlagt i år 2007. Effekten av forutsetningen om nedleggelse er ikke blitt beregnet fordi vegmyndighetene ikke har foretatt slike trafikksimuleringer. Nedleggelse av bomringen vil sannsynligvis ha en effekt i form av økt trafikkvekst i en perioden.

3.1.2 Andre kilder

Det er forutsatt at all økning i energiforbruket dekkes av fjernvarme. Ved framskrivning av *oljeforbruket* er det derfor ikke antatt økning i oljebruk til private, næringsliv eller offentlige bygg annet enn gjennom økning i bruk av fjernvarme. Oslo Energi antar at 2/3 av økningen i fjernvarmeleveransene erstatter eksisterende oljefyring og 1/3 av

fjernvarmeøkningen er bygg som kommer etter 1994 (denne 1/3 er netto økning i varmebehov i framskrivningene).

Tabell 3.1 viser framskrivning i fjernvarmeproduksjonene i Oslo.

Tabell 3.1: Framskrivning av fjernvarmeproduksjonen fordelt på energibærere. GWh

Energibærere	GWh		
	1994	2005	2010
SUM alle	550,2	949,9	1175
SUM olje	51,8	414,4	469,2
SUM avfall	338,2	396,4	419,9
SUM biobrensel	-	137,3	276,4
SUM el	151,3	1,8	9,5

Kilde: Oslo Energi

Oslo Energi har oppgitt hvilke energibærere som brukes i fjernvarmeproduksjonen (olje, el, avfall og bioenergi) i 1994, 2005 og 2010. For 1994 er tall fra Statistisk sentralbyrå benyttet. Produksjonen omregnet til tonn innfyrt brensel fordelt på de tre varmesentralene, Vika, Brobekk og Klemetsrud, er vist tabell 3.2.

Tabell 3.2 Forbrenning av biobrensel, avfall og olje til fjernvarmeproduksjon. Tonn/år

Varmesentral	Energibærere	1994	2005	2010
Alle	Olje	4.345	38.459	43.545
	Avfall	230.991	249.000	249.000
	Biobrensel	-	55.382	111.489
Klemetsrud	Olje	478	1.689	2.877
	Avfall	132.000	150.000	150.000
	Biobrensel	-	-	52.477
Grorud/Brobekk	Olje	1.500	35.880	38.738
	Avfall	98.991	99.000	99.000
	Biobrensel	-	55.382	59.011
Vika	Olje	2.367	891	1.930

Kilder: Statistisk sentralbyrå og Oslo Energi

Utslippsfaktorer for forbrenning av olje og - biobrensel i fjernvarmeanlegg er oppgitt av Oslo Energi i søknad om utslippstillatelse for nytt anlegg på Brobekk (søknad per 22.03.1996). Faktorene er vist i tabell 3.3 sammen med et utvalg av andre faktorer for fyring. Fra Oslo Energis søknad er det også hentet opplysninger om utslippsbetingelser (pipehøyder mm.) for biobrenselanleggene. For avfallsforbrenning i årene 2005 og 2010 brukes utslippsfaktorer fra Oslo Renholdsverk. Faktorene er basert på kommende utslippskrav fra EU. Utslippsfaktorer for all annen forbrenning ligger inne i modellen og er standard nasjonale utslippsfaktorer utarbeidet av SFT og SSB.

Tabell 3.3 *Utslippsfaktorer brukt i beregningene for fyring i små ovner, fyrkjeler og for Oslo Energi sine fjernvarmeanlegg. Utslippsfaktorer i kg/tonn*

Aktivitet	Energivare	Utslippsfaktor	
		PM ₁₀	NO _x
Fyring i små ovner	Olje	..	..
Fyring i små ovner	Ved/biomasse	10,000	0,700
Fyring i fyrkjeler	Olje	0,250	3,000
Fyring i fyrkjeler	Ved/biomasse	2,400	0,900
Fyring Oslo Energi fjernvarmeverk	Olje	0,832	3,713
Fyring Oslo Energi fjernvarmeverk	Ved/biomasse	0,425	2,833

Kilder: Statistisk sentralbyrå og Oslo Energi

Utslippsfaktorer for all forbrenning unntatt forbrenning av drivstoff i vegtrafikk og forbrenning av avfall i fjernvarmeverk, holdes konstante i perioden.

Følgende kilder holdes konstante i 2005 og 2010:

- Vedfyring som 1994
- Skip som for 1994
- Motorredskap som for 1994

3.2 Valg av forurensningssituasjon og beregningsbetingelser

3.2.1 Forutsetninger

Forutsetningen for værssituasjonen som er brukt i beregningene i AirQUIS, er at den i størst mulig grad skal gjenskape en representativ forurensningssituasjon for Oslo. NILU har beregnet gjennomsnitt av konsentrasjonen over luftkvalitetskriteriet for NO₂ (NILU OR 23/97) for vinteren 1994/95. I dette prosjektet er det valgt en værssituasjon som gir den samme geografiske fordelingen av forurensingen som i NILUS beregning.

3.2.2 Valg av tidsperiode

For NO₂ skal befolkningsdosen kun beregnes for en time. Til dette er det valgt kl. 17 i beregningsdøgnet. Beregningene gjøres for en sammenhengene periode på 24 timer. Dette gjøres for at by-bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂ skal få innstilt seg på et stabilt nivå.

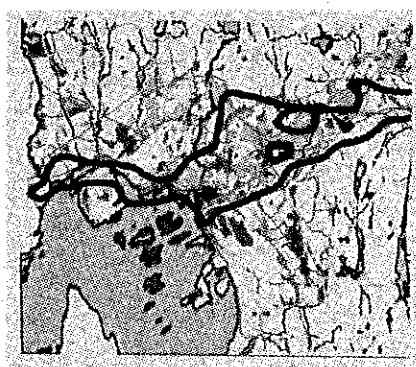
For PM₁₀ benyttes hele døgnet i befolkningsdoseberegningen. For de første timene etter midnatt vil det medføre en underestimert konsentrasjon fordi bakgrunnskonsentrasjonen ikke har etablert seg på et stabilt nivå. Utslipp og konsentrasjoner nattetid er imidlertid ofte svært lave, slik at denne feilen ikke vil ha betydning for døgnmiddelet.

3.2.3 Valg av klimatiske betingelser

For både PM₁₀ - og NO₂ -beregningene er det antatt en værssituasjon med svak vind (0,1 m/s - 0,6 m/s), variabel men likevel hovedsakelig østlig vind. Det er stabile luftmasser

(inversjon), men inversjonen blir nesten borte i løpet av dagen (p.g.a. soloppvarming). Bakketemperatur varierer mellom -10°C til -3°C . Dagen antas å ha forholdsvis tørr luft med tørre veger.

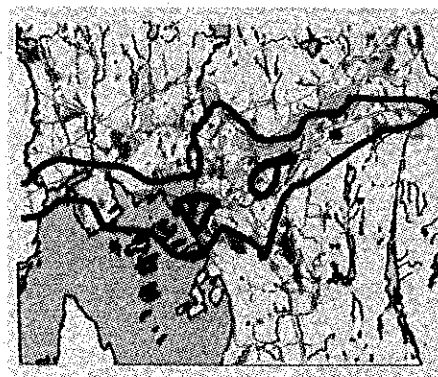
Figur 3.1 Konsentrasjonsfordeling med andre vindretninger enn brukt i beregningene (hovedsakelig nordvestlig)



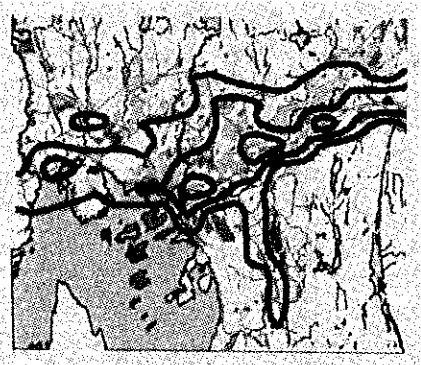
Den valgte værtilstand gir en forurensningsfordeling for NO_2 som har tilsvarende geografiske fordeling som beregnede midler av konsentrasjoner over luftkvalitetskriteriene gitt i NILU OR 23/97. Den valgte værtilstanden er derfor sannsynligvis representativ for situasjoner med høye forurensningskonsentrasjoner. Forsøk med endringer i de klimatiske parametrene viser at mye av det samme mønsteret i forurensningsfordelingen opptrer. Dette tyder på at forurensningsfordelingen i byen i hovedsak styres av topografi og den geografiske kildefordelingen.

I beregningene er det benyttet en værtilstand slik som beskrevet. Det er vurdert hvordan det modellerte døgnet er representativt ved å se hvor ofte de beregnede konsentrasjonene forekommer på punkter med kontinuerlige konsentrasjonsmålinger i Oslo.

Figur 3.2 Konsentrasjonsfordeling i valgt situasjon (beskrevet over)



Figur 3.3 Konsentrasjonsfordeling med sterkere inversjon enn brukt i beregningene ellers



Endring av vindretning forskyver NO_2 -konsentrasjonsfeltet noe (figur 3.1) fra valgt situasjon (figur 3.2). Endring av stabiliteten påvirker absolutte verdiene i feltet (figur 3.3), men endrer ikke vesentlig på den geografiske fordelingen av feltet over Oslo. Isolinjene i figurene står for henholdsvis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Regnet fra ytterste linje og innover.

3.2.4 Forekomst av beregnet situasjon

Det er valgt en høy, men ikke ekstrem, forurensningssituasjon som vil skje hvert år. Høyere forurensningsnivåer vil forekomme. Det er valgt ulike situasjoner for beregningene av PM_{10} - og NO_2 -konsentrasjonene.

PM_{10} :

Beregnet PM_{10} -konsentrasjoner vil ut fra målinger ved bakgrunnsstasjonen i Nordahl Bruns gate forekomme om lag 0,5% av dagene (1 dag per vinter). Det er valgt en situasjon for PM_{10} som er mer ekstrem enn for NO_2 , fordi beregningsmodulen som beregner oppvirket piggdekkstøv fra vegene kun kan beregne ut fra værforhold med svært tørre veger og lav luftfuktighet.

NO_2 :

Beregnete verdier i feltet for rute nær målestasjon for NO_2 ved Grønland og Hammersborg er nær $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (beregnet i 10 meters høyde). Forurensning med dette eller høyere nivå forekom om lag 7% av dagene vinteren 1996/97.

3.2.5 Tolkning av beregnede verdier

De beregnede verdiene i modellen er snittverdier for bakkeverdien i en kvadratkilomterrute med høyde 20 meter. De kan derfor kalles bybakgrunnskonsentrasjoner. Bybakgrunnskonsentrasjoner er lavere enn konsentrasjonen ved sterkt trafikkerte veger, men den er representativ for steder som ligger litt vekk fra trafikken (i gårdsrom, stillere tverrgater, ved luftinntak til ventilasjonsanlegg o.l.). Konsentrasjonen av en forurensning vil alltid være høyest nær kilden til utslippet. Dette får forskjellig betydning avhengig av hvilken kilde som dominerer og -komponent det studeres. Befolkningsdosen som brukes som indikator er den beste tilgjengelige indikatoren på nåværende tidspunkt.

NO₂ :

For NO₂ finnes to utslippskilder, utslipp av NO_x fra vegtrafikk - og utslipp av NO_x fra forbrenning til oppvarming. Vegtrafikken står for hoveddelen av NO_x-utslippet. Bare 5-10% slippes ut som NO₂. NO_x er en samlebetegnelse på nitrøse gasser hvor hovedandelen (90-95 %) er NO. NO reagerer med ozon i luften og danner NO₂. Ved høye konsentrasjoner av NO₂ i luften og stabile luftmasser vil ozon nær vegene bli brukt opp først. Kilden til NO₂ fra reaksjonen mellom NO og ozon vil derfor foregå i stadig større vertikal avstand fra vegen. Samtidige målinger av NO og NO₂ i gaterom og på tak bekrefter dette (NILU 1991). Ved framskrivninger av luftkvaliteten og innføring av tiltak vil ikke det resulterende NO₂-nivået nødvendigvis være proporsjonalt med reduksjon av NO_x. Reduksjon av NO_x vil sannsynligvis være større enn den resulterende reduksjonen i NO₂-konsentrasjonen, fordi tilgangen på ozon begrenser dannelsen av NO₂.

PM₁₀ :

Utslipp av PM₁₀ kommer fra to hovedkilder; vedfyring og vegtrafikken (vegstøv og dieseleksos). Dersom vegtrafikken er hovedkilde vil beregnede ruteverdier være underestimerer på verdier i gaterommet/fortau i 1-2 meters høyde. Hvis vedfyring er hovedkilden vil ruteverdien være en forholdsvis god tilnærming til konsentrasjonen på fortauet.

Beregningsresultatene indikerer at det i 1994 er noe høyere forurensningsbelastning fra vegtrafikk enn fra vedfyring. I 2010-situasjonen er om lag 9/10 av forurensningsbelastningen beregnet som befolkningsdose fra vedfyring (før tiltak), fordi kildebidraget fra oppvirvlet piggdekkstøv blir sterkt redusert med økt framtidig bruk av piggfrie dekk.

Dersom det regnes over en lengere tidsperiode enn døgnmiddel vil resultatene i beregningene som utføres i dette prosjektet representere en underestimert av forurensningsnivået for PM₁₀. Årsaken er at oppvirvling av vegstøv skjer hyppigere enn høy forurensning fra vedfyring, dermed vil PM₁₀-nivået være en underestimert av bakkenivået.

3.3 Basisframskrivning av utslipp til luft

Resultatene som presenteres i dette kapittelet er utviklingen av utslippene (PM₁₀ og NO_x), beregnet i tonn for årene 2005 og 2010. For 1994 foreligger det utslippsberegninger fra SSB som er gjennomgått og korrigert av prosjektgruppa.

Utslippene av PM₁₀ fra avgasser og forbrenning vil reduseres i analyseperioden. Mengden piggdekkgenerert svevestøv og oppvirvlet vegstøv er ikke beregnet som utslipp i tonn/år. Utslippene av PM₁₀ (i avgass) fra vegtrafikk vil reduseres til en 1/3 av 1994 i 2005 og 2010. Framskrivningen av utslipp til luft i basisalternativet fra alle kilder i Oslo er vist i tabell 3.4 og figur 3.4.

Utslippene av NO_x vil reduseres i perioden 1994 - 2005, hovedsakelig på grunn av at nesten hele personbilparken innen år 2005 vil ha katalysator. I perioden 2005 til 2010 vil utslippene øke på grunn av økning i vegtrafikken og - noe fordi forbruket av olje øker i fjernvarmeproduksjonen.

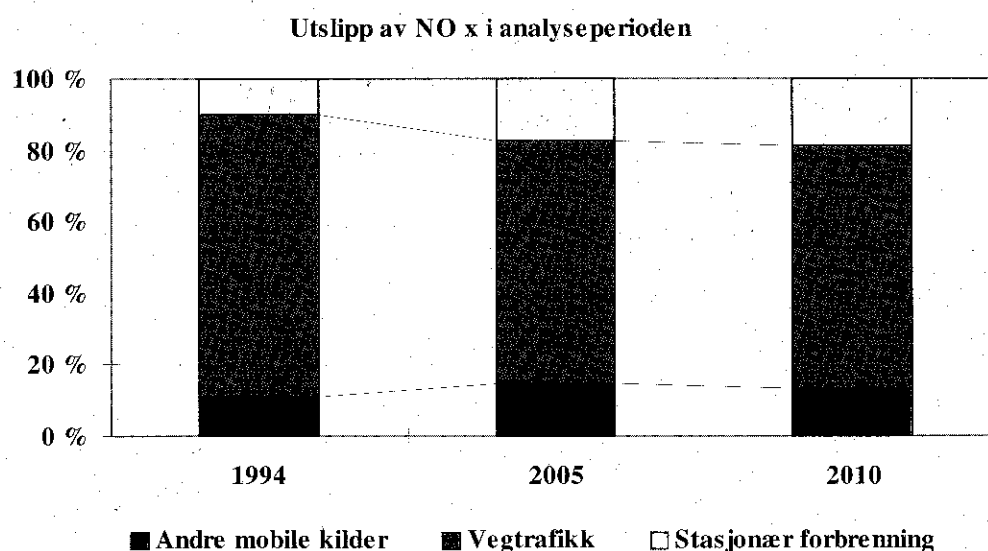
Tabell 3.4 Beregnet forbrenningsutslipp av PM_{10} og NO_x for årene 1994, 2005 og 2010. Oslo kommune. Tonn

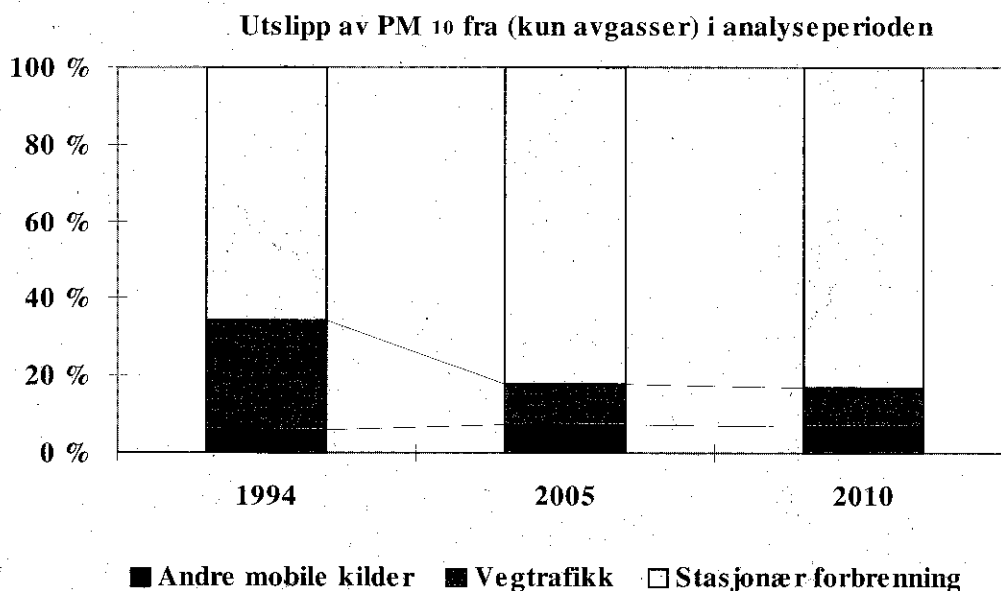
Kilde	PM_{10}			NO_x		
	1994	2005	2010	1994	2005	2010
Totalt	1018	838	857	9504	6838	7395
Stasjonær forbrenning	646	680	704	818	695	839
Industri	4	4	4	46	46	46
Energi	4	56	84	18	300	478
Offentlig tjenesteyting	3	3	3	24	24	24
Privat tjenesteyting	10	3	0	97	35	10
Primærnæringer	0	0	0	2	2	2
Private husholdninger	611	611	609	139	139	129
Avfallsforbrenning og deponigass	15	4	4	493	150	150
Prosesskilder¹	..	..	..	-	-	-
Mobile kilder	372	158	153	8685	6142	6556
Veitrafikk	312	98	93	7793	5250	5664
-Personbiler	78	27	33	3693	2082	2322
-Varebiler	46	14	11	560	381	420
-Lastebiler	140	42	34	2637	2034	2138
-Buss(rutebiler)	48	15	14	896	745	776
-Moped og mc	0	0	0	8	8	8
Motorredskap	46	46	46	404	404	404
Jernbane	3	3	3	38	38	38
Skip og båter	11	11	11	451	451	451

¹ PM_{10} -utslipp fra mekaniske prosesser (oppvirvling veistøv, steinknusing, rivningsarbeid ol. er ikke beregnet.

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Figur 3.4 Relativ betydning av utslippskilder for NO_x og PM_{10} (kun avgassutslipp) i 2005 og 2010, sammenlignet med i 1994. Oslo kommune. Prosent





Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

3.4 Resultat av beregningene i AirQUIS: Basissituasjonen

Tabell 3.5 oppsummerer antall personer utsatt for konsentrasjoner over SFTs og Folkehelsas luftkvalitetskriterier i 1994, 2005 og 2010 (uten antagelse om innføring av nye europeiske avgassnormer, men med antagelse om piggfriandel i trafikken i 2005 og 2010 på henholdsvis 63% og 74%). Antall personer er regnet ut fra bostedsadresse.

Tabell 3.5 Antall personer eksponert for forurensning- og befolkningsdose over luftkvalitetskriteriene i 1994, 2005 og 2010 i Oslo kommune.

Komponent	1994		2005		2010	
	Personer	Dose	Personer	Dose	Personer	Dose
PM ₁₀ (svevestøv)	412.000	37.680.000	377.000	21.910.000	371.000	20.160.000
NO ₂ (nitrogendioksid)	129.000	2.825.000	61.000	890.000	85.000	1.365.000

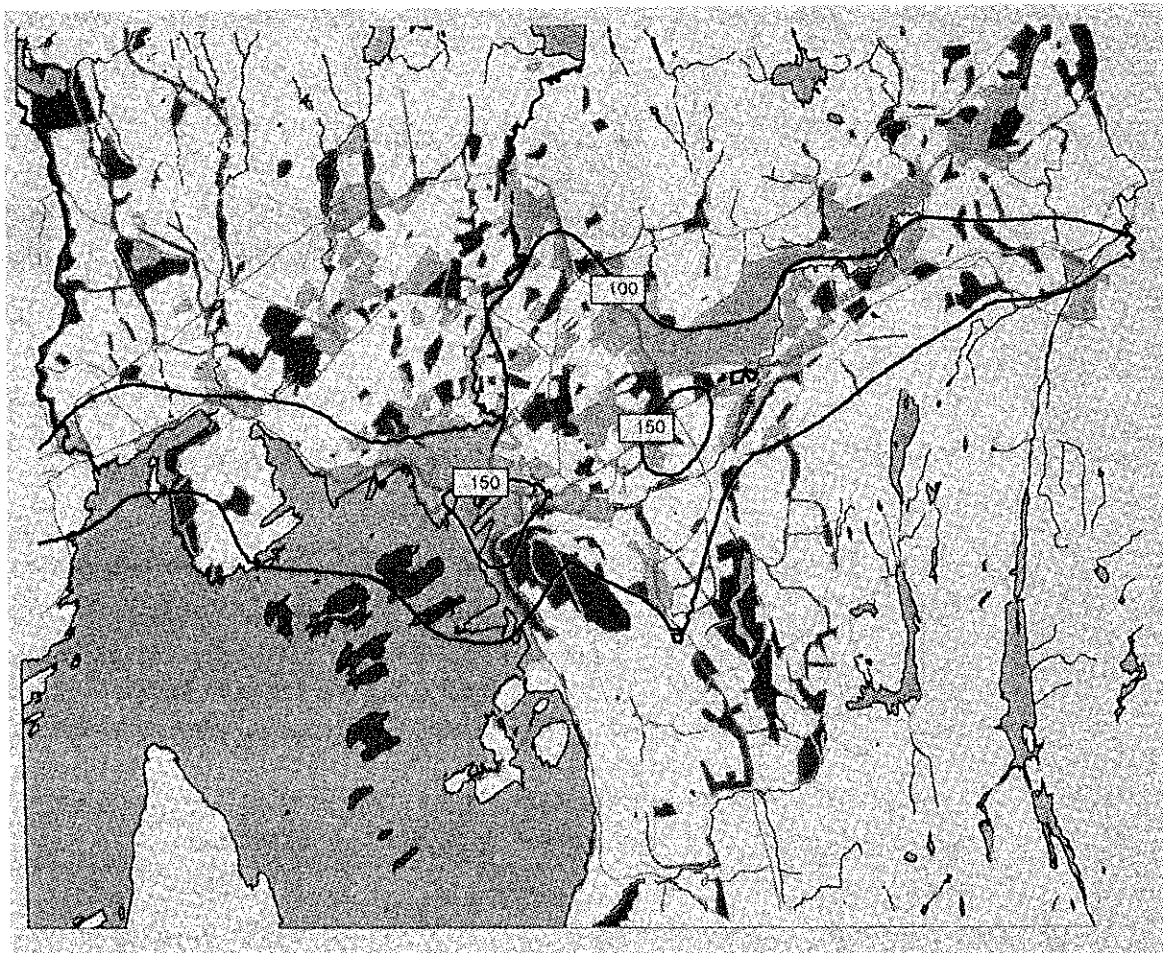
Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

3.4.1 NO₂-konsentrasjonen i basisalternativet

Framskrivningen av utslippene til luft viser at utslippet av NO_x fra kjøretøy vil synke fram til år 2005 for deretter å stige svakt fra 2005 til 2010 p.g.a. trafikkvekst. NO_x-utslippet fra energisektoren vil stige vesentlig fordi termisk fjernvarmeproduksjon (forbrenning av olje og biomasse) vil øke i hele analyseperioden, selv om mye av denne økningen vil imidlertid oppveies av reduksjon i NO_x-utslippene fra varmeproduksjon i privat tjenesteyting og private husholdninger (fyringsanlegg). NO_x-utslippet fra varmeproduksjon bidrar marginalt til NO₂-konsentrasjonene fordi utslippene skjer fra skorsteiner i 10 - 80 meters høyde.

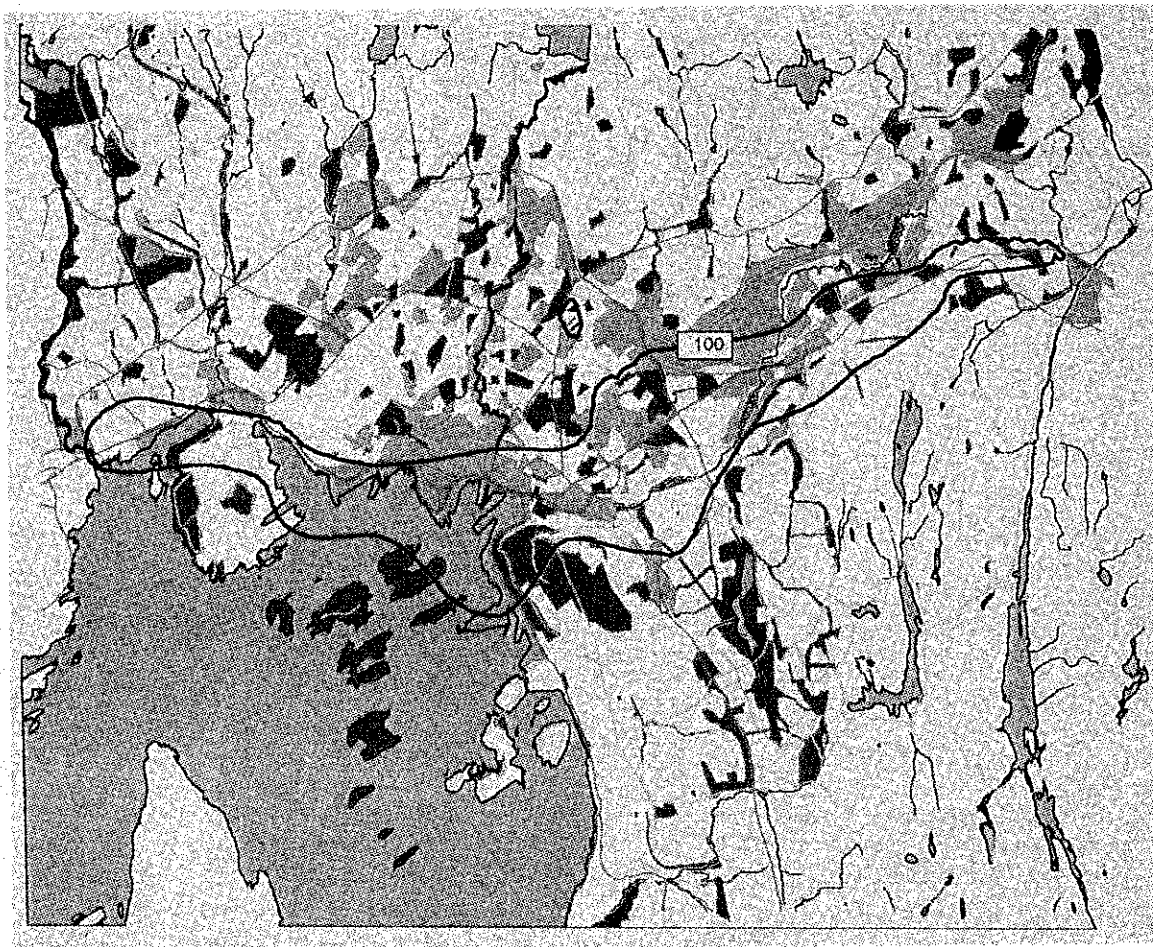
Kart av forurensningssituasjonen i analyseperioden 1994 - 2005 - 2010, vises i figur 3.5, 3.6 og 3.7.

Figur 3.5 Basissituasjon NO_2 . 1994. Isolinjer for $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Områder innenfor kurvene har høyere verdier. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km^2 bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



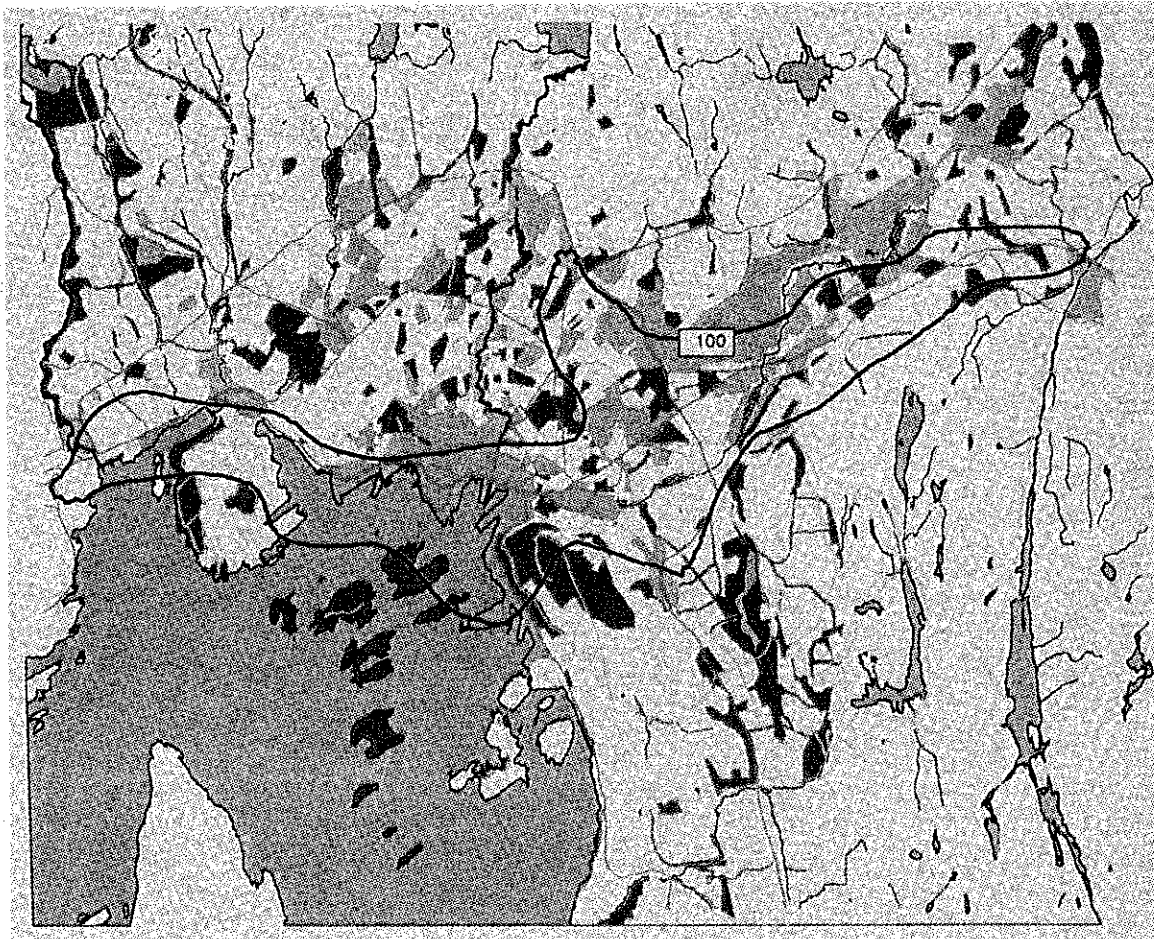
Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Figur 3.6 Basisframskivning NO₂. 2005. Områder innenfor kurven er utsatt for konsentrasjoner over 100 µg/m³. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km² bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Figur 3.7 Basisframskivning NO₂. 2010. Områder innenfor kurven er utsatt for konsentrasjoner over 100 µg/m³. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km² bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

3.4.2 PM₁₀-konsentrasjonen i basisalternativet

Utslippene fra vegtrafikken (eksosutslippene) reduseres mye i perioden fram til 2010, pga en fornyelse av bilparken og reduksjon av biler uten katalysator. Utslippene fra energisektoren øker betydelig, hovedsakelig p.g.a. økt brenning av biobrensel i fjernvarmeanleggene. Effekten på oppvirvling av vegstøv p.g.a. redusert piggedekkbruk beregnet direkte som konsentrasjonsendringer i beregningsmodellen AirQUIS.

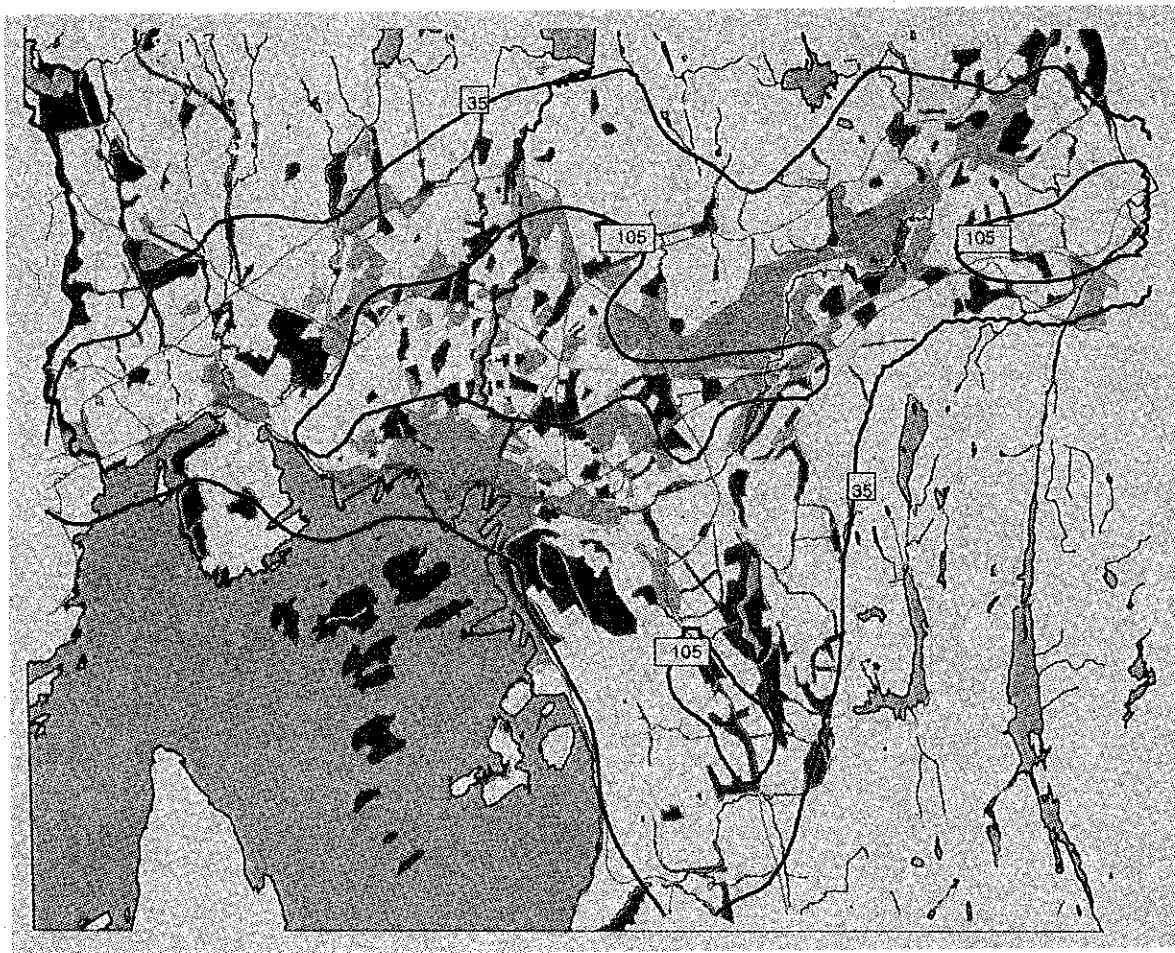
Beregning av basisalternativet for PM₁₀ viser at antall personer som eksponeres for konsentrasjoner over grenseverdiene er av en helt annen størrelsesorden enn for NO₂. I årene 2005 og 2010 er det hhv. 377.000 og 371.000 personer som eksponeres for PM₁₀-konsentrasjoner over 35 µg/m³. Beregningsresultatene for PM₁₀ er vist i tabell 3.5 og kartpresentasjon av PM₁₀-konsentrasjoner i figurene 3.8, 3.9 og 3.10.

Figur 3.8, Basissituasjon PM₁₀. 1994. Områder innenfor ytterste kurve er utsatt for døgnmiddelkonsentrasjoner over 35 µg/m³. Påfølgende kurver er 3, 5, 7 og 9 ganger 35 µg/m³. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km² bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



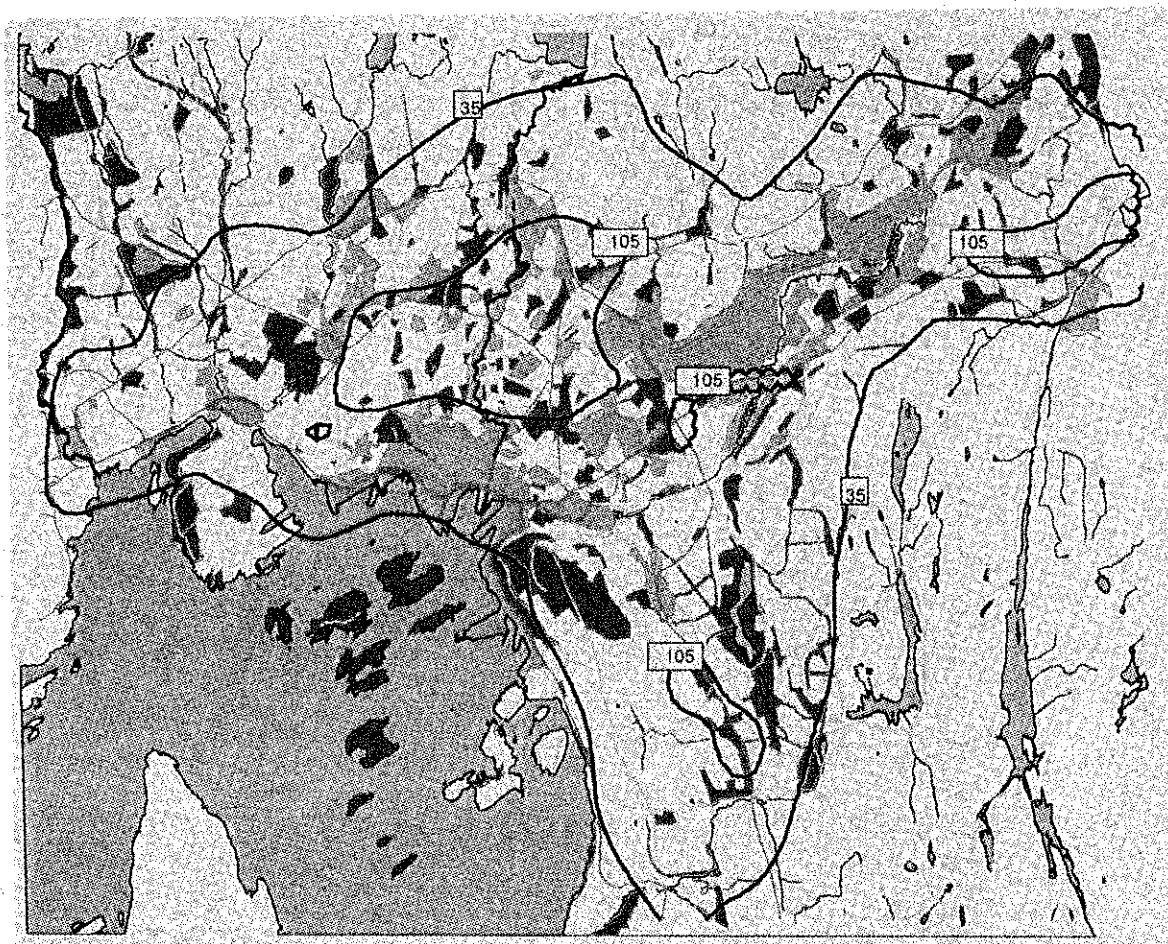
Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Figur 3.9, Basissituasjon PM_{10} . 2005. Områder innenfor ytterste kurve er utsatt for døgnmiddelkonsentrasjoner over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Påfølgende kurve er 3 ganger $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km^2 bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Figur 3.10, Basissituasjon PM_{10} . 2010. Områder innenfor ytterste kurve er utsatt for døgnmiddelkonsentrasjoner over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Påfølgende kurve er 3 ganger $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km^2 bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

4 Tiltak

4.1 Vurdering av tiltak i prosjektet

Det er lagt vekt på å vurdere tiltak som ble presentert i prosjektet Miljøforbedret Trafikk i Oslo (MiTO prosjektet, ref /13/). I tillegg til tiltakene fra MiTO prosjektet, er tiltak valg etter en grov vurdering av mulig effekt og muligheten for gjennomføring.

Vurderingen av tiltak gjelder for Oslo by i år 2010. Tiltakene er analysert i forhold til den forventede utviklingen av luftkvaliteten fram til 2010, beskrevet i kap 3. Mange av tiltakene vil ha lignende effekter i andre byområder. Resultatene kan imidlertid ikke direkte overføres til andre bykommuner.

I gjennomgangen som følger i dette kapittelet er tiltakene beskrevet og kostnadsberegnet. En mer detaljert gjennomgang av beregningene er vist i Appendix A og B. I presentasjonen av tiltakene er det lagt vekt på deres evne til å redusere utslipp av NO_x og PM₁₀. For flere av tiltakene er effekten på konsentrasjonen av kun en av parametrene, PM₁₀ eller NO₂, beregnet. Tiltakene er kvantifisert som beskrevet i kap. 2.3. Andre miljøeffekter av tiltakene er gjennomgått i kapittel 5.

4.1.1 Teknologitiltak og tiltak for å endre adferd

Tiltakene som er analysert kan deles i to kategorier; teknologitiltak og tiltak for å endre adferd. De fleste teknologitiltak vil måtte innføres over flere år, bl.a. fordi de er avhengig av utskiftingstakten til biler og etablering av anlegg. Tiltakene påvirker hverandre i liten grad og kan derfor være effektive som tiltakspakker.

Følgende teknologitiltak er analysert:

- innføring av nye europeiske avgasskrav (Auto Oil I/Euro III)
- økt bruk av elektriske personbiler
- bruk av naturgass som drivstoff for rutebusser
- bygging av tunnel
- 80 meters piper på fjernvarmeanlegg

Tiltak for å endre atferd vil kreve innføring av virkemidler for å endre atferdsmønsteret for bruk av transport og - energi. Virkningen kan oppnåes umiddelbart og tiltakene kan innføres i en begrenset tidsperiode når det er behov for å redusere forurensningen. Tiltakene vil være avhengig av hverandre, noe som betyr at tiltakenes effekt ikke kan summeres. Det er ikke gjort en fullstendig analyse av aktuelle virkemidler. Noen virkemidler er grundig analysert i andre prosjekter, slik som vegprising og økt pris på parkering (/5/, /6/, /7/). Resultatene fra disse prosjektene er brukt her. Andre økonomiske og administrative virkemidler er ikke analysert i dette prosjektet.

Følgende tiltak for å endre atferd er analysert:

- restriksjoner på bruk av piggdekk
- reduksjon av antall dieselpersonbiler
- reduksjoner i personbiltrafikken som følge av:
 - veipricing kombinert med styrket kollektivtrafikk
 - parkeringsrestriksjoner kombinert med styrket kollektivtrafikk
- hastighetsreduksjoner

- "Paristiltak" dvs. forbud mot kjøring for et utvalg av bilparken i akutte forurensnings situasjoner, kombinert med styrket kollektivtrafikk
- reduksjoner i utslipp fra vedfyring

Alle tiltakene for å redusere trafikken krever at de reisende gis alternative løsninger i form av et bedre kollektivtilbud. Ifølge Oslo Sporveier kan trafikkøkningen som tilsvarer en 8 % reduksjon i biltrafikken sikres med dagens kollektivtilbud. Det er ikke gjort en tilsvarende analyse for reduksjoner i biltrafikken utover 8 %. Den forventede effekten av "Paristiltaket" er 17 % reduksjon i biltrafikken.

4.2 Beskrivelse av tiltak

4.2.1 Nye europeiske avgasskrav, (Auto Oil I/Euro III)

Tiltaket innebærer at Norge tilpasser seg de nye avgasskravene som sannsynligvis innføres i EU i år 2000 og 2005. Kravene er kalt Auto Oil I for lette kjøretøy og Euro III for tunge kjøretøy (> 3,5 tonn).

Avgasskravene for vegkjøretøy regulerer hvilke maksimale utslipp et nytt kjøretøy kan ha i følge standardiserte kjøresykluser. Bilprodusentene må garantere at kjøretøyet overholder kravet for å oppnå typegodkjenning.

De nye avgasskravene for lette kjøretøy (Auto Oil) og for tunge kjøretøy (Euro III) er ikke vedtatt ennå. Kravene er imidlertid beskrevet i to utkast til EU-direktiv, hvilket betyr at beslutningsprosessen har kommet relativt langt. Det er derfor rimelig å forvente at nivåene som ligger i forslaget vil representere nivået i de kommende avgasskravene, som er vist i tabell 4.1 og 4.3.

Tabell 4.1, viser at avgasskravet for lette biler i dag innebærer et felleskrav for NO_x og hydrokarboner (HC). Etter år 2000 vil det bli innført et krav for hver av disse komponentene. Ved beregning av luftkvaliteten tas det hensyn til bilparkens aldersfordeling, og det er derfor brukt beregnede gjennomsnittlige utslippsfaktorene i modellberegningen. Utslippsfaktorene er vist i tabell 4.2.

Tabell 4.1, Avgasskrav for typegodkjenning av nye biler, utvikling lette kjøretøy. Alle tall i g/km

Drivstoff	Dagens krav				Auto Oil I			
	EC 1993		EC 1996		EC 2000		EC 2005	
	HC+NO _x	PM ₁₀	HC+NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀
Bensin	0,97	.	0,50	.	0,15	.	0,08	.
Diesel	0,97	0,14	0,70	0,08	0,50	0,05	0,25	0,025

Kilde: Emission standards passenger cars worldwide, September 1997, Delphi Automotive Systems

Tabell 4.2, Utslippsfaktorer for bilbestand i Oslo brukt i basisscenariene.
Alle tall i g/km

Drivstoff	1994		2005		2010	
	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀
Bensin	1,544	0,021	0,712	0,006	0,742	0,007
Diesel	0,688	0,241	0,663	0,145	0,662	0,141

Kilde: Statistisk sentralbyrå

Tabell 4.3, viser nye avgasskrav for typegodkjenning av tunge kjøretøy (over 3,5 tonn). Euro III vil representere en skjerping av kravet til NO_x og PM₁₀.

Tabell 4.3, Avgasskrav, utvikling for tunge kjøretøy. g/kWh¹ og g/km²

Norm (tidspunkt)	NO _x		PM ₁₀	
	g/kWh	g/km	g/kWh	g/km
Euro I (1993)	9,0	14,4	0,40	0,64
Euro II (1996)	7,0	11,0	0,15	0,24
Euro III (1999) ³	5,0	8,0	0,10	0,16

¹ Avgasskrav for tunge kjøretøy er gitt i g/kWh_{uttak fra motor}

² Omregning til g/km er gjort med faktoren 1,6 km/kWh.

³ Ikke vedtatt.

Med utgangspunkt i eksisterende og nye avgasskrav for tunge kjøretøy er det beregnet gjennomsnittlige utslippsfaktorer som er brukt i modellberegningene. Utslippsfaktorene for tunge kjøretøy er vist i tabell 4.4

Tabell 4.4, Utslippsfaktorer i basisframskrivningene for tunge kjøretøy (over 3,5 tonn)¹. g/km

År	NO _x	PM ₁₀
1994	15,9	0,87
2005	11,0	0,23
2010	11,0	0,23

¹ Beregnet i prosjektet etter underlagsmaterialet fra SFT og SSB.

Resultatene av utslippsframskrivningen med Auto Oil I og Euro III inne er vist i tabell 4.5. Tabellen viser at de nye avgasskravene vil gi en nedgang i NO_x-utslippet fra lette biler i slutten av perioden med omkring 10 % i år 2005 i forhold til basis og over 50 % i år 2010 i forhold til basis (jfr. tabell 3.4). NO_x-utslippet fra tunge kjøretøy vil ha en mer marginal nedgang som følge av Euro III, i underkant av 10 % i 2010 i forhold til basis. Ekstrareduksjonen i PM₁₀-utslipp fra avgass som følge av Auto Oil I/Euro III vil være marginal i forhold til basis (tabell 3.4).

Tabell 4.5, Beregnet utslipp av PM₁₀ og NO_x for årene 1994, 2005 og 2010 etter innføring av Auto Oil I og Euro III. Oslo kommune. Tonn

Kilde	PM ₁₀			NO _x		
	1994	2005	2010	1994	2005	2010
Totalt	1018	837	849	9504	6385	5317
Stasjonær forbrenning	646	680	704	818	695	839
Prosesskilder¹	..	..	..	-	-	-
Mobile kilder	372	157	148	8685	5690	4489
Vegtrafikk	312	97	88	7793	4798	3597
- Personbiler	78	34	33	3693	1878	1031
- Varebiler	46	12	11	560	344	224
- Lastebiler	140	38	33	2637	1922	1750
- Buss (rutebiler)	48	13	11	896	645	584
- Moped og MC	0	0	0	8	8	8
Motorredskap	46	46	46	404	404	404
Jernbane	3	3	3	38	38	38
Skip og båter	11	11	11	451	451	451

¹ PM₁₀-utslipp fra mekaniske prosesser (oppvirling veistøv, steinknusing, rivningsarbeider mm. er ikke beregnet.

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Kostnader forbundet med nye europeiske avgasskrav (Auto Oil/Euro III):

EU kommisjonene har beregnet de økonomiske konsekvensene som følge av nye avgasskrav i Europa. Nye avgasskrav vil gi økte kostnader knyttet til utvikling og endring av kjøretøyteknologi og som følge av økte krav til oppfølging av kravene i forbindelse med typegodkjenningen i Europa.

Kostnadene ved å tilpasse seg til nye avgasskrav er først og fremst knyttet til utviklingskostnader hos bilindustrien. Ny teknologi vil kunne bidra til at importprisen på bilene øker i gjennomsnitt. Avgasskravene stiller krav til resultatet og ikke til noen spesiell teknologi. Kostnaden ved å tilpasse seg de nye avgasskravene vil variere avhengig av hvilke løsninger den enkelte bilprodusent velger for å møte kravene. Det er derfor vanskelig å beregne et godt estimat på hvilken eventuell variasjon de nye avgasskravene vil kunne ha for importprisen på kjøretøy.

Dersom de foreslåtte avgasskravene innføres, vil de bli pålagt Norge gjennom EØS-avtalen. Kostnaden ved å innføre Auto Oil I settes derfor til 0 NOK/år.

4.2.2 Økt bruk av elektriske personbiler

Tiltaket innebærer økt bruk av elektriske personbiler i Oslo, slik at 2 % av bilene i Oslo i 2005 og 7 % i 2010 vil være elbiler.

Dagens elbilteknologi kan kun erstatte mindre personbiler, fordi person- og lastekapasiteten er lav. Elbilen vil kunne tilfredsstille mange bedrifters behov for nærtransport av personer og varer. I dag er tilgangen på elbiler begrenset, men man regner med at tilgangen vil øke etter år 2000. Flere bilprodusenter vil kunne levere

elbiler på kommersielle vilkår i begynnelsen av neste årtusen. Det anslås at det er mulig å kjøpe elbiler fra fem leverandører (Pivco, Kewett, Peugeot, Citroën, Renault, Toyota).

Kostnader:

Antall elbiler i Oslo i 2005 er beregnet til 3 971 biler og i 2000 beregnet til 14 897 biler.

Salg av elektrisitet til elbiler vil kreve at det etableres ny infrastruktur for elektrisitet. Kostnaden estimert til 1 500 kr/bruker for langsomladning (Viken Energinett). Oslo Energi og Viken Energinett oppgir at erfaringer bl.a. fra Frankrike tilsier at hurtigladning blir lite brukt i en markedsintroduksjonsfase. Viken Energinett ønsker derfor å dempe forventningene til oppbygging av infrastruktur for hurtigladning av elbiler og det er derfor ikke gjort beregning av hurtigladning.

Merkostnaden for elbiler er hentet fra arbeidet utført ved Teknologisk Institutt i Oslo. Merkostnaden er beregnet for et scenario kalt lavt salgsvolum, og er beregnet til 30 000 kr per bil eks avgifter. Batteripakken er beregnet til 40 650 kroner per bil.

En elbil vil ha lavere kjørekostnader enn en bensinbil. Det er beregnet at drivstoffkostnaden er 31,5 øre lavere per kilometer enn tilsvarende drivstoffkostnad for en bensinbil. CO₂-avgiftsleddet for bensin er tatt med i sammenligningen.

Oppsummert vil tiltaket ha en årskostnad på 110,8 mill NOK i 2010.

4.2.3 Bruk av naturgass som drivstoff for rutebusser

Tiltaket innebærer at ruterbusser i Oslo (SL og Oslo Sporveier) bruker naturgass som drivstoff i stedet for diesel. Det er forutsatt at tiltaket i 2010 vil omfatte 815 busser.

Et gassdrevet kjøretøy vil kunne gi en vesentlig reduksjon av utslippet til luft særlig av NO_x og PM₁₀. Sammenlignet med teknologien i 2010, jfr. tabell 4.4, som gir en utslippsfaktor på 11 g/km NO_x og 0,23 g/km PM₁₀, vil gassdrift gi 4,5 g/km NO_x og en 80 % reduksjon av PM₁₀.

Beregning av effekten i utslipp til luft:

Effekten er beregnet for 2010. Det er beregnet at reduksjonen av NO_x-utslippet vil bli 172 tonn/år i 2010, og reduksjonen i PM₁₀-utslippet vil være 8,8 tonn/år i 2010.

Dersom naturgass blir tilgjengelig i Oslo vil det sannsynligvis kunne selges gass også til andre kjøretøy. Det er i første rekke naturgass som erstatning for diesel i tunge kjøretøy som vil gi en effekt på NO_x og PM₁₀. Siden tankingsanleggene vil være lokalisert i Oslo er det kun aktuelt for kjøretøy som opererer i Oslo og Akershus. Det er ikke gjort beregninger av effekten utover salget til busser i kollektivtrafikk.

Kostnader for å etablere tilgang på naturgass i Oslo og ekstra kostnad for gass som drivstoff:

Naturgass er ikke tilgjengelig i Oslo i dag. Muligheten for transport av naturgass i flytende tilstand (LNG=Liquified Natural Gas) er vurdert. I første omgang kan LNG hentes fra et mindre anlegg på Tjeldbergodden. Det er gjort en samlet vurdering av transport av LNG i containere til Oslo. Det er beregnet at den ekstra kostnaden ved å

kjøpe naturgass vil være 40 øre /_{dieselekvivalent}. Ved en gjennomsnittlig utkjøring på 60 000 km/år per buss og et gjennomsnittlig forbruk på 4,0 Sm³ naturgass per mil ($\approx$ 4 liter diesel/mil), vil ekstrakostnaden være 4,9 mill. NOK/år for 815 busser.

Kostnader for å etablere tankingsanlegg:

Antall busser i Oslo er 623 i SL og 192 i Oslo Sporveier, totalt 815 busser (SLs miljøprogram 1995). Avhengig av løsninger vil det være nødvendig å etablere en rekke tankingsanlegg for å dekke disse bussene behov. Det estimeres at et tankingsanlegg for 20 busser koster mellom 3-5 mill. NOK. Da løsning sannsynligvis vil være å bygge større enheter enn for 20 busser brukes her prisen på 3 mill. NOK/år. Nødvendig investering vil være 122 mill. NOK. For tankingsanlegget beregnes det en teknisk levetid på 20 år. Årskostnaden blir 11,5 mill. NOK/år.

Driften av tankingsanlegget forutsettes ikke å kreve ekstra kostnader sammenlignet med diesel.

Kostnader for å kjøpe busser:

En naturgassbuss koster mellom 300 000 - 500 000 NOK mer enn en dieselbuss. Ekstrakostnaden er avhengig av leverandør og av ordrevolum. Her forutsettes det et stort ordrevolum og ekstrakostnaden settes til NOK 350 000 per buss. Dette krever en investering per år på: $100 * 350\,000 = 35$ mill. NOK/år. For bussene beregnes det en teknisk levetid på 12 år.

Oppsummert vil tiltaket ha en årskostnad på 52 mill. NOK i 2010.

4.2.4 Restriksjoner på bruk av piggdekk

Tiltaket innebærer et krav om bruk av piggfrie vinterdekk på kjøretøyparken med følgende effekt: 80 % av alle kjøretøy har piggfrie vinterdekk i 2005 og 2010.

I basissituasjonen er det forutsatt at andelen som bruker piggfrie vinterdekk øker. Andelen er i 2005 beregnet til 63 % og - i 2010 74 %. Tiltakets effekt er derfor effekten av å øke denne andelen til 80 % i begge de framtidige årene.

Kostnad:

En eventuell avgift vil kreve merking av biler (oblatordning) og merking /informasjon om systemet. Videre vil overvåkning og kontroll av avgiften være aktuelt.

En eventuell oblatordning og tilhørende merking /informasjon om systemet er anslått å ville koste om lag 1000 NOK/bil, noe som gir en kostnad på 52 mill NOK/år for de 20 % som kjører med piggdekk. Vegmyndighetene får tilsvarende økt inntekt, slik at netto samfunnsøkonomiske kostnad for oblatene blir 0 NOK/år.

I Veggrepsprosjektet (/8/) er det beregnet at et piggdekkforbud vil ha en samlet samfunnsøkonomisk kostnad for de fire største byområdene (Oslo-Akershus, Bergen Trondheim og Stavanger) på 175 mill. NOK/år. Med utgangspunkt i utkjørte vognkilometer for de fem fylkene som inngår i beregningen i Veggrepsprosjektet, vil den samfunnsøkonomiske kostnad for Oslo isolert være 43 mill NOK/år.

4.2.5 Bygging av tunnel med rensing av partikler

I tiltaket er den strekning av E6 som i 2010 i basissituasjonen bidrar til den høyeste befolkningsdose lagt i tunnel. Strekningen er på 3660 m fra Furuset til bygrensen. Det er regnet med at 80% av trafikken på strekningen går i tunnelen. Det forutsettes rensing av PM₁₀.

Utstyr for rensing av tunnelluften for PM₁₀ er installert i flere tunneler i Oslo. Det er beregnet at rensesløyfe har en effekt på 50 % i maksimaltimene. Av lufta som samles opp i rensesløyfen vil 90 % av PM₁₀ bli rensset. Total renseeffekt blir dermed 45 % . For PM₁₀ vil den vesentlige utslippsreduksjonen komme som redusert oppvirvling av veistøv fra veitrafikken. Denne utslippsreduksjonen beregnes direkte som PM₁₀-konsentrasjoner i AirQUIS.

Rensing av NO_x er ennå på et prøvestadium. Det anslås at utstyr for å rense NO_x kan ha en effekt på 70 % effekt av luftmengden gjennom rensesystemet. Med en oppsamlingsgrad på 50 % vil samlet effekt for NO_x-rensing være 35 %. Resultatet for NO_x-rensing er ikke verifisert. Det vil derfor ikke bli beregnet effekt på NO_x-utslippet som følge av tunnelrensing.

Kostnader:

Basert på inngangsdata fra flere kilder (bl.a SVO, Vegdirektoratet, og ABB miljø) er det gjort følgende estimat på kostnadene som bygging av tunnel med rensing vil innebære.

- Tunnel 3,7 kilometer: 370 mill. NOK
- Drift: 4 mill. NOK/år (1 mill. per kilometer)
- Rensesløyfe for oppsamling av avgasser og rensning av PM₁₀: 22 mill. NOK
- Drift rensing: 0,4 mill. NOK/år (for PM₁₀ samt selve rensesløyfa)

Anlegg for NO_x rensing 32 mill. NOK. Drift NO_x-rensing: 0,5 mill. NOK/år

Basert på disse inngangsdata er det beregnet at tunnelen med rensning av PM₁₀ vil kreve en investering på NOK 392 mill. og en årlig drift på 4,4 mill. NOK/år.

Oppsummert vil årskostnad vil være 36 mill NOK/år.

4.2.6 80 meter pipe på fjernvarmeanlegg

Tiltaket innebærer at de to planlagte fjernvarmeanleggene fyrt med biobrensel som er planlagt med 30 meter høye piper forlenger pipene til 80 meter.

Hensikten med tiltaket er en bedre spredning av utslippene og særlig av PM₁₀ utslippet.

Kostnad:

Viken Energinett oppgir at en pipe på 80 meter vil omfatte mer pæling og annen byggeteknisk aktivitet. Dette vil medføre kostnader tilsvarende 5 mill. NOK ekstra for hver pipe. Med en teknisk levetid på 30 år vil dette medføre en årskostnad på 0,8 mill. NOK.

Viken Energinett oppgir (januar 1998) at det er sannsynlig at den allerede eksisterende pipa på Haraldrud på 80 meter også vil bli benyttet for biobrensel.

4.2.7 Reduksjon av dieselpersonbiler i 2010

Tiltaket omfatter bruk av virkemidler slik at diesel personbiler ikke finnes i Oslotrafikken i 2010.

Det skjer en overgang til bensinbiler i taxinæringen allerede. For en gjennomsnittlig personbil vil en overgang til bensinbil medføre økte kostnader i form av økt pris på drivstoff. Bensinbilen har en gjennomsnittlig lavere importpris enn dieselbilen.

Hensikten med å forby dieselbiler er å redusere NO_x-utslippene. Også PM_{2,5}-utslippet vil bli redusert med dette tiltaket.

Kostnad:

Årskostnaden som følger av redusert bilpris og økt pris på drivstoff er 17,6 mill. NOK/år.

4.2.8 Parkeringsrestriksjoner på arbeidsplasser og bedring av kollektivtilbud

Tiltaket går ut på å redusere parkeringstilgjengeligheten (enten med pris eller ved fysisk reduksjon i tilgjengelighet) av arbeidsparkeringsplasser (boligparkeringsplasser og korttidsparkeringsplasser) vil med tiltaket kunne få bedre tilgjengelighet sammen med styrket kollektivtilbud.

Tiltaket er beregnet av Plan og bygningssetaten til å gi en reduksjon av de arbeidsreisende på 10,9 %. CO₂-utslippet vil ha en beregnet reduksjon på 8 %. Det regnes derfor med en reduksjon i trafikkarbeid med lette kjøretøy på 8 %. Disse reisende er antatt å bruke kollektive transportmidler.

I den samfunnsøkonomiske analysen er det brukt beregningsresultater fra TØI. TØI har beregnet tre alternative parkeringsrestriksjoner. Den som er brukt her er kalt alternativ 3, og består i fjerning av alle private partparkeringsplasser, gårdsromplasser og gateplasser uten skilt innenfor kirkeveiringen, samt økt pris på parkering i indre og ytre by. Det er videre forutsatt at transportreduksjonen i personbilkjøring flyttes over på kollektivtrafikk. Nyten forbundet med økt kollektivtrafikk er tatt fra TØIs rapport om kjøprising, ref /7/. Det er ikke gjort en egen nytteevaluering av kollektivtrafikk sammen med parkeringsrestriksjoner. Det anslås at den nødvendige økningen i kollektivtrafikken vil ligge på sammen nivå (eller mer) som den TØI har beregnet i ref /7/. Nyttegevinsten brukes derfor som en illustrasjon. Tilsvarende er verdien av tidstapet for bilister som går over til kollektivtransport hentet fra ref. (2); selv om virkningprofilen for parkeringstiltakene vil være noe annerledes enn for vegprising antas tallet å vise riktig størrelsesorden.

Utgiftene til økt kollektivtrafikk er oppgitt av Oslo Sporveier. Utgiftene til økt kollektivtrafikk representerer sannsynligvis en underestimert fordi eventuelle infrastrukturelle investeringer knyttet til et bedre kollektivtilbud ikke er tatt med. Det er

heller ikke forutsatt økte investeringer til driftsmidlene. Utgiften oppgitt av Oslo Sporveier er knyttet til økte driftsutgifter for selskapet.

Tabell 4.6, Samfunnsøkonomisk analyse av parkeringsrestriksjoner med kollektiv

Inntekter, ref TØI ¹	Inntekter	Kostnader
	Mill. NOK/år	Mill. NOK/år
Reduserte ulykker	9	
Verdien av tidsbesparelsen for gjenværende trafikk	129	Samf. økonomisk tap for de som blir priset ut av bilen 180 ¹
Økte inntekter for kollektivtrafikken	161	Kollektivtrafikk ² 25
Verdien av besparelsen for kollektivtrafikantene	463	
Økt inntekt parkering	766 ³	Økt betaling for parkering 766
Sum inntekter	1528	Sum kostnader 971
Resultat inntekt	557	

¹ Nytteberegning av tiltak i miljøforbedret trafikkplan for Oslo TØI 1039/1996, ref /6/, og for kollektivtrafikk: Køprising i et miljøperspektiv, TØI 1996, ref /7/.

² Oppgitt av Oslo Sporveier.

³ Beregnet utfra en gjennomsnittlig prisøkning på 5,01 NOK/plass.

4.2.9 Vegprising - differensierte bompengetakster kombinert med styrket kollektivtrafikk

Tiltaket innebærer en tidsdifferensiert bompengetakst og økt avgangshyppighet i kollektivtrafikken slik at biltrafikk over bomringen reduseres med 8 %. Prisen på bompengepasstoring økes fra dagens nivå på 12 kr til minimum 30 kr i morgenmakstimen og 15 kr før og etter.

Tiltaket er analysert at TØI i prosjektet: «Køprising i et miljøperspektiv». Differensierte bompengetakster kan gi en reduksjon av rushtrafikken i morgenmakstimen. TØIs beregning av tiltaket for hele døgnet gav en maksimal reduksjon i trafikken på 4 %, jfr /7/. Virkningen er større i indre by, og i rushtidene. Det forutsettes her at vegprising, eventuelt ved ytterligere økte takster og bedret kollektivtrafikk kan gi tilsvarende reduksjon som parkeringsrestriksjoner, dvs. 8%.

Tabell 4.7, Samfunnsøkonomiske inntektene og kostnadene, vegprising med kollektiv

	Inntekter ¹ Mill. NOK/år		Kostnader Mill. NOK/år
Besparelser i kjøretid	116		
Endring i bompenginntekter	72	Bilist	72
Endring i trafikkinnntekter for kollektivselskapet	161		
Besparelsen for kollektivtrafikanter	463	Kollektivselskapet	25
Reduserte ulykker *	4	Samfunnsøk. Tap for de som blir priset ut av bilen	180 ¹
SUM	816		277
Resultat inntekt	539		

¹ Ifølge TØI, 324/1996, figur 532, /7/.

4.2.10 Hastighetsreduksjon

Tiltaket innebærer at det skiltes med 50 km/time der det i dag er skiltet 60-90 km/time og 30 km/time der det idag er skiltet 30-50 km/time. Det er gjort analyse av hastighetsbegrensning for hele byen og for et begrenset området av byen (innenfor ring 3)

En skiltet hastighet på 50 km/timer der det i dag skiltet 60-90 km/time og tilsvarende reduksjon til 30 km/time der det i dag er skiltet 30-50 km/time gir betydelige effekter på svevestøvnivået, selv etter at piggfriandelen er oppe på 80 %.

Dersom elektronisk skilting blir tilgjengelig i Oslo kan tiltaket brukes som et akutt tiltak til å redusere oppvirvlingen på dager med høy forurensning,

Det har ikke vært mulig å beregne den samfunnsøkonomiske effekten av tiltaket. Tiltaket vil kunne gi kostnader knyttet til tidstap for bilistene.

4.2.11 Paristiltak

Tiltaket har som formål å gi en kraftig reduksjon i biltrafikken i Oslo på dager med høy forurensning. I Paris førte et forbud mot kjøring av et utvalg av bilparken, bestemt etter deres registreringsnummer og hastighetsreduksjoner på hovedinnfartsårene, til en samlet trafikkreduksjon på 17 % på en dag, høsten 1997,

I Oslo har vi beregnet effekten av hastighetsreduksjoner på hovedinnfartsårene og ringveiene, maksimalt 60 km/time, og 17% trafikkreduksjon.

Det har ikke vært mulig å gjøre en analyse av konsekvensene for kollektivtrafikken og kostnader og inntekter som følger av Paristiltaket.

Tiltaket er tenkt som et akutt tiltak på dager med høy forurensning.

4.2.12 Redusert utslipp fra vedfyring

Tiltaket innebærer at utslipp av PM₁₀ fra vedfyringen i Oslo blir vesentlig redusert på kalde vinterdager. Det er gjort beregning av flere reduksjonsgrader, 90% reduksjon, 50% reduksjon og reduksjon av utslipp i et avgrenset geografisk område, jfr 4.2.13.

Et fåtall husstander (i underkant av 2000) i Oslo har ved som sin primære oppvarmingskilde. I tillegg bruker en rekke husstander ved som spisslast på kalde vinterdager. Dersom vedfyringen skal reduseres må de som er avhengig av ved skaffes alternativ oppvarmingskilde. En forsyning av elektrisitet vil tilsvare en energimengde på 2 GWh/døgn. Viken Energinett har gitt grove anslag for hva en slik forsyning vil koste som følge av en utvidelse av nettet. Det er ikke regnet på prisforskjellen mellom elektrisitet og ved.

Vedfyring	Kostnad
Forsterke nettet	500 000
Ny trafo	500 000
Kostnad for den enkelte bruker	
Ny hovedsikring (2000)	86 800 000
Nytt inntak (7500)	325 500 000
SUM investering	413 300 000

Teknisk levertid for anleggene er satt til 20 år. Årskostnaden blir 39 mill. NOK/år.

Følgende alternative vedfyringstiltak er tatt med i AirQUIS beregningene

- Vedfyringsreduksjon med 90% effekt (dispensasjon for de som ikke har annen fyringsmetode enn fyring med ved) for hele byen.
- Vedfyringsreduksjon med 50% effekt for hele byen. Kan komme enten ved forbud, rensing eller ny teknologi.
- Vedfyringsreduksjon innen Ring 3 med 50% effekt. Kan komme enten ved forbud, rensing eller ny teknologi.

Ny teknologi for vedovner

Forbedring i forbrenningsteknologi eller rensing av avgasser vil gi lavere utslipp av svevestøv. Fra 1. januar 1998 er det krav i byggeforskriftene om at vedovner som installeres skal overholde utslippskrav gitt i NS 3059 om lukkede vedfyrte ildsteder (målt etter NS 3058-2). Kravene er satt for totalt partikulært utslipp, det er derfor ikke mulig å tolke hva kravet betyr for PM₁₀-utslippet.

4.2.13 Tiltak som vurderes sammen som tiltakspakker

Tiltakspakker er vurdert innenfor et avgrenset geografisk området. I dette prosjektet er det gjort beregninger av effekten av hastighetsrestriksjoner innenfor og på Ring 2: Kirkeveiringen, med og uten andre tiltak inne

Det er gjort modellberegninger med tiltakspakker i området innenfor og på Ring 2 (Kirkeveiringen):

Pakke 1: Hastighetsreduksjon på og innenfor ring 2, forutsatt 80 % piggfrie dekk.
Hastighetsreduksjonen betyr skiltet hastighet på 30 km/time der det idag er skiltet opp t.o.m 50 km/time og 50 km/time der det idag er skiltet opp t.o.m 90 km/time.

Pakke 2: Hastighetsreduksjon på og innenfor ring 2 med 80 % piggfrie dekk,
90 % reduksjon i vedfyringen og 80 meters pipe på Brobekk og Klemetsrud.

Pakke 3: Som pakke 2, men med 100 % reduksjon i vedfyringen.

Det er gjort beregning av tiltakenes effekt på PM_{10} .

Kostnadene ved tiltakspakkene vil være forbundet med eventuell ny skilting og tidstap som følge av hastighetsreduksjon.

Det er ikke gjort økonomisk beregning av tiltakspakkene, fordi kostnader som følger av tidstap er avhengig av trafikkberegninger som ikke er gjort for tiltakspakker med hastighetsreduksjon. Slike trafikkberegninger kan gjøres av SVO.

Kostnader for eventuell ny skilting og informasjon anses som marginale, og vil ikke bli beregnet.

4.3 Oppsummering av kostnadsberegningene

De samfunnsøkonomiske beregningene for tiltakene som er oppsummert i tabell 4.8 omfatter følgende elementer, jfr. formel 2.2 i kapittel 2.4;

- merkostnader - investering
- merkostnader - drift.
- Samfunnsøkonomiske inntekter/utgifter bl.a. som følger av spart/mer tidsforbruk og ulykker.

Tabell 4.8 Samfunnsøkonomiske beregninger for tiltak år 2010. Mill. NOK/år

Tiltak år 2010	Samfunns- økonomisk kostnad	Samfunns- Økonomisk inntekt	Resultat, Av dette kostnad kostnad p.g.a. av spart tid	
Nye europeiske avgasskrav	0	..	0	
Reduksjon av antall diesel personbiler	18	..	18	
Økt bruk av elbiler	110	..	110	
Naturgass som drivstoff til rutebusser	52	..	52	
Parkeringsrestriksjoner m/styrket kollektivtrafikk	971	1528	- 557	- 592
Vegprising m/styrket kollektivtrafikk	97	816	- 539	- 579
Restriksjoner på bruk av piggdekk	189	146	43	25
Bygging av tunnel	36	..	36	
Restriksjoner på vedfyring	39	..	39	
Tiltakspakker	..	..		
Hastighet	..	..		

5 Tiltakenes effekt på forurensningskonsentrasjonene og kostnadseffektivitet

I 2010 vil det være nødvendig å innføre tiltak for å nå Folkehelsa og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterie for NO₂ og PM₁₀.

Resultatene for tiltaksanalysen er presentert i tabeller og på kart over forurensningssituasjonene. Tiltakenes kostnadseffektivitet er beregnet for noen tiltak på bakgrunn av kostnadsberegningene i kapittel 4.

5.1 NO₂-tiltakenes effekt på forurensningskonsentrasjonene

I dette kapittelet presenteres beregninger av tiltakenes effekt for å redusere NO₂-forurensningen.

Rekkefølgen for beregningene er:

1. Beregning av basissituasjonen i 1994, 2005 og 2010
2. Innføring av nye europeiske avgasskrav (Auto Oil /Euro III)
3. Reduksjon av antall dieselpersonbiler, forutsatt nye EU avgasskrav til kjøretøy (tiltak 2)
4. Bruk av naturgass som drivstoff for rutebusser forutsatt tiltakene 2 og 3
5. Trafikkreduksjon (som følge av parkeringsrestriksjoner eller vegprising) forutsatt tiltakene 2 og 3
6. Økt bruk av elektriske biler (7%) forutsatt tiltakene 2 og 3
7. Bruk av naturgass som drivstoff for rutebusser forutsatt tiltakene 2, 3 og 5 (trafikkreduksjon)

En gjennomgang av beregningsrekkefølgen, forutsetninger og resultater er gitt i Appendix A. Resultatene er oppsummert i tabell 5.1.

Tabell 5.1, Beregningsresultater for NO₂

Tiltak NO ₂	År	Ut- gangs- punkt	Snittkons. For areal over 100 µg/m ³ µg/m ³	Areal med kons. over 100 µg/m ³ km ²	Antall pers. eksp. Over 100 µg/m ³	Redusert dose	Rest dose
Basis NO ₂	1994		126,3	51	129.000	..	2.825.000
Basis NO ₂	2005		116,8	27	61.000	..	890.000
1a Basis NO ₂ (28,4 % trafikkvekst)	2010		119,6	33	85.000	..	1.365.000
1b Basis NO ₂ (17,3 % trafikkvekst)	2010		117,5	26	57.000	..	895.000
1c Basis NO ₂ (44,9 % trafikkvekst)	2010		122,7	41	91.000	..	2.040.000
2 Nye europeiske avgasskrav (Auto Oil I/EIII)	2010	1a	108,5	10	17.000	1.240.000	125.000
3 Reduksjon av dieselpersonbiler	2010	2, 1a	109,7	6	9.000	45.000	75.000
4 Naturgass som drivstoff til rutebusser	2010	3, 2, 1a	110,1	4	3.000	50.000	25.000
5 Reduksjon i personbiltrafikken (red. 8 %)	2010	3, 2, 1a	109,7	4	5.000	30.000	45.000
6 Økt bruk av elbiler (7 % av personbiltrafikken)	2010	3, 2, 1a	107,1	3	5.000	30.000	50.000
7 Naturgass som drivstoff til rutebusser	2010	5, 3, 2, 1a	102,5	3	3.000	40.000	5.000

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Gjennomsnittkonsentrasjonene for arealer utsatt for konsentrasjoner over 100 µg/m³ er beregnet. For noen av tiltakene går gjennomsnittkonsentrasjonen noe opp etter innført tiltak pga. at arealet med overskridelser blir redusert samtidig.

Figur 5.1 viser kart over NO₂-forurensningssituasjonen i 2010 etter normal innfasing av nye europeiske avgasskrav (Auto Oil I og Euro III). Den forventede forbedringen i teknologi på kjøretøy infaset fra år 2000 og 2005, vil i 2010 redusere NO_x utslippet fra bensinpersonbiler og det vil videre føre til at NO₂-konsentrasjonene også reduseres betydelig. Uttrykt som befolkningsdose reduseres belastningen med 96% i forhold til 1994 belastningen.

På figuren er forbedringen illustrert med hvilke arealer av byen som har konsentrasjoner over luftkvalitetskriteriet på 100 µg/m³. De to utslipps situasjonene er 2010 uten tiltak (basisframskrivningen) og med tiltaket nye europeiske avgasskrav.

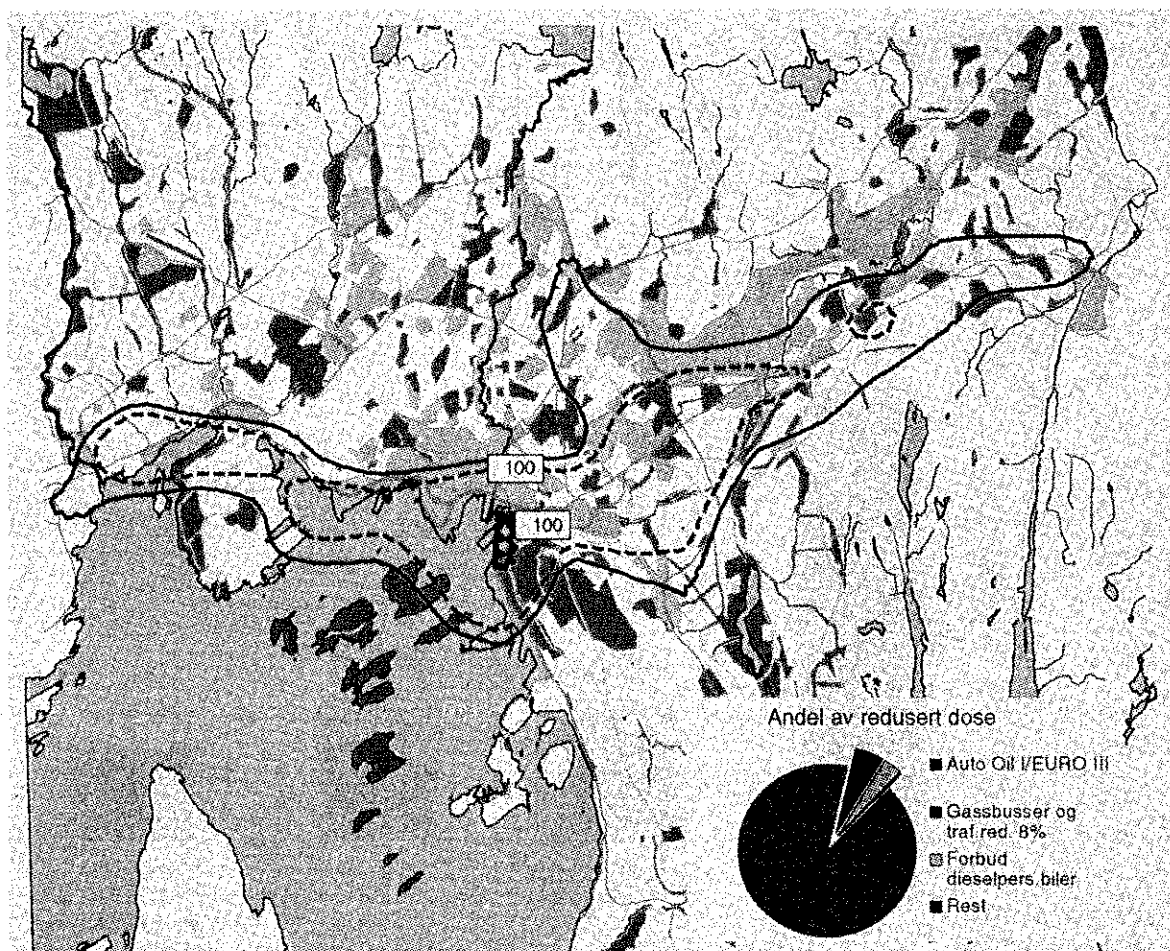
Figur 5.1, NO₂-konsentrasjon. 2010. Basissituasjon (heltrukket) og med normal innfasing av ny kjøretøyteknologi (stiplet). Områder innenfor kurven er utsatt for timemiddelkonsentrasjoner over 100 µg/m³. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km² bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



¹ Normal (ikke forsert) innfasing av kjøretøyteknologi som gitt i Auto Oil I og Euro III.
Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Figur 5.2 viser arealer med overskridelser av 100µg/m³ etter at alle dieselpersonbiler er skiftet ut med bensinbiler, 8 % reduksjon i trafikken og naturgass som drivstoff til rutebusser (sagtannet linje). Kakediagrammet viser at reduksjonen i befolkningsdose i hovedsak kommer som følge av innføring av nye europeiske avgasskrav (Auto Oil I og Euro III). Dersom disse tiltakene innføres (eller at tiltakene byttes ut med innføring av 7 % elektriske biler regnet som andel av personbilkjøringen), vil befolkningsdosen mht. NO₂-forurensning være nær 0-nivået. En slik tiltakspakke for NO₂ vil dermed kunne føre til at ingen opplever overskridelser av luftkvalitetskriteriet i 2010.

Figur 5.2 NO₂-konsentrasjon. 2010. Basis (heltrukket linje), nye avgasskrav (stiplet linje) og nye avgasskrav, forbud dieselpersonbiler, gassrutebusser og parkeringsrestriksjoner¹ (sagtannet linje og kakediagram). Områder innenfor kurven er utsatt for timemiddelkonsentrasjoner over 100 µg/m³. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km² bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



Med kjøretøy med normal innfasing av Auto Oil I og Euro III, forbud mot dieselpersonbiler, parkeringsrestriksjoner (eller vegprising) med 8% reduksjon av personbiltrafikken og alle rutebusser på gassdrift.

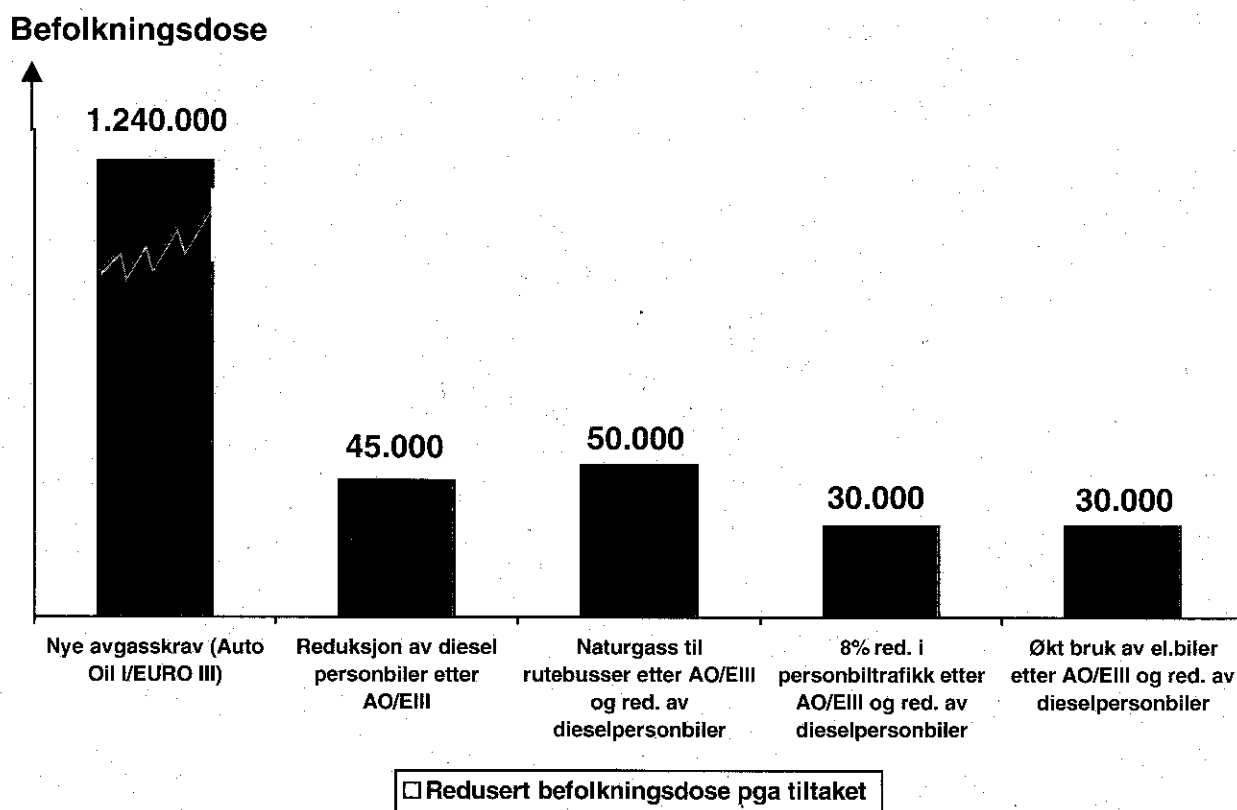
Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

Samlet sett viser analysen at NO₂-konsentrasjonene i 2010 vil være nær luftkvalitetskriteriene etter innføring av nye europeiske avgasskrav og 1-2 andre tiltak. Dette gjelder for den analyserte situasjonen som er antatt å opptre om lag 10-20 dager pr. vinter. Mer ekstreme situasjoner vil kunne forekomme. De beregnede konsentrasjonene er middelkonsentrasjoner for kvadratkilometerstore bokser av 20 meters høyde. Lokalt på gatenivå langs sterkt trafikkerte veger vil konsentrasjonene ofte være høyere. Resultatene i dette prosjektet er derfor ikke egnet til å avgjøre hvor og i hvor stor utstrekning forskrift til forurensningsloven om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy vil komme til anvendelse. Denne forskriften skal regulere konsentrasjonene som forekommer lokalt ved bl.a. svært trafikkerte veger.

I innfasningstiden før full virkning av nye avgasskrav oppnås, vil det kunne forekomme forurensnings situasjoner med høye NO₂-nivåer. NO₂-forurensningen bør derfor reduseres med andre tiltak og virkemidler i perioden fram til 2010. Eksempler på dette er tiltak og virkemidler som bidrar til mindre trafikk og/eller til forsert utskifting av personbilen.

I figur 5.3 er NO₂-tiltakens effekt i 2010 presentert som reduksjon i befolkningsdosen. Det fremgår av figuren at tiltakene utenom nye avgasskrav gir tilnærmet lik virkning på befolkningsdosen.

Figur 5.3 Effekt av NO₂-tiltakens effekt i 2010.



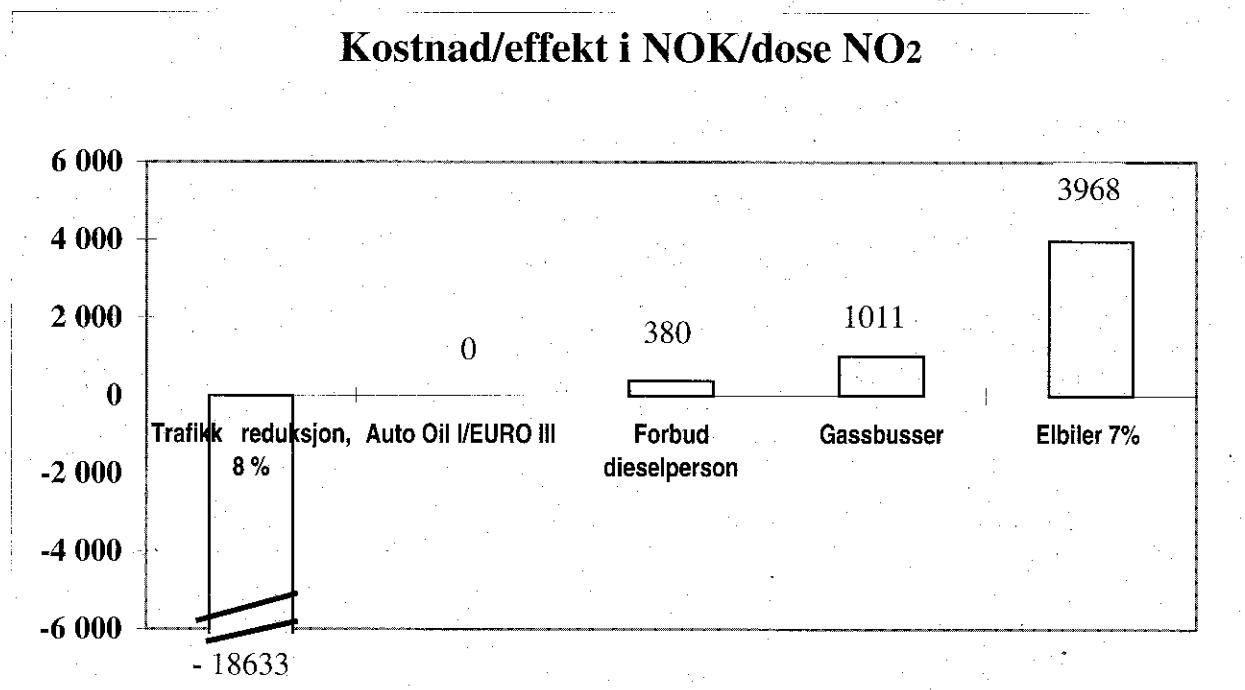
5.2 Vurdering av NO₂-tiltakens kostnadseffektivitet

I tabell 5.2 er tiltakens kostnadseffektivitet beregnet som kostnad pr redusert befolkningsdose (NOK/dose). Resultatene er også framstilt i figur 5.4.

Tabell 5.2 Kostnad/effekt vurdering for NO₂-tiltak i år 2010

Tiltak	Forutsetning	Effekt redusert personer	Effekt dose redusert	NOK/dose
Auto Oil I/EURO III	Basis NO ₂	68 000	1 240 000	0
Reduksjon av dieselperson	Basis NO ₂ Auto Oil I/EURO III	7 000	46 000	380
Naturgass som drivstoff til rutebusser	Basis NO ₂ Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson	6 000	52 000	1 011
Økt bruk av elbiler (7% av pers.trafikk)	Basis NO ₂ Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson	4 000	28 000	3 968
Parkeringsrestr. 8% traf.red + kollektiv (vegpris kan ha lik effekt)	Basis NO ₂ Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson	4 000	30 000	-18633

Figur 5.4 Kostnad/effekt i NOK/dose redusert for NO₂



Tiltaket som reduserer veksten i trafikkvolumet med 8% (parkeringsrestriksjoner og vegprising kombinert med bedret kollektivtilbud) kommer best ut i en kostnadseffektivitets beregning. Dette tiltaket gir en høy samfunnsøkonomisk gevinst

på grunn av spart tid i trafikken og redusert antall ulykker. Tiltaket 7% elbiler er det dyreste, pr reduserte dose mht NO₂, av de analyserte tiltakene.

Kostnadseffektiviteten er her beregnet kun med hensyn på NO₂ belastning. Trekker man inn flere komponenter kan "prioriteringen" av tiltak endres.

5.3 PM₁₀-tiltakenes effekt

I dette kapitlet presenteres beregninger av tiltakenes effekt for å redusere PM₁₀-forurensningen. En gjennomgang av beregningsrekkefølgen, forutsetninger og resultater er gitt i Appendix A. Resultatene er oppsummert i tabell 5.3.

Tabell 5.3 Beregningsresultater for PM₁₀.

Nr	Tiltak PM ₁₀	År	Utgangspunkt	Antall pers. eksp. over 35 µg/m ³	Redusert dose	Rest dose
	Basis PM ₁₀ piggfriandel 20%	1994		412.000	..	37.680.000
	Basis PM ₁₀ piggfriandel 63%	2005		377.000	..	21.910.000
1a	Basis PM ₁₀ (28,4% trafikkvekst) Piggfriandel 74%	2010		371.000	..	20.160.000
1b	Basis PM ₁₀ (17,3% trafikkvekst) Piggfriandel 74%	2010		369.000	..	18.240.000
1c	Basis PM ₁₀ (44,9% trafikkvekst) Piggfriandel 74%	2010		371.000	..	20.870.000
2	Nye europeiske avgasskrav (Auto Oil I/Euro III)	2010	1a	371.000	70.000	20.090.000
3	Piggfri 80%	2010	2, 1a	370.000	920.000	19.170.000
4	Vedfyring red.90%	2010	3, 2, 1a	64.000	17.830.000	1.340.000
5	Vedfyring red. 50%	2010	3, 2, 1a	264.000	11.420.000	7.750.000
6	Vedfyring red. 50% innen ring 3	2010	3, 2, 1a	367.000	6.490.000	12.680.000
7	Hastighetsreduksjon 30 og 50 km/t	2010	3, 2, 1a	348.000	2.530.000	16.640.000
8	Paristiltak (17% traf.red +60km/t innfartsårer)	2010	3, 2, 1a	359.000	1.890.000	17.270.000
9	Innfartsårer og Ring3 med 60 km/t	2010	3, 2, 1a	364.000	1.140.000	18.030.000
10	Trafikkreduksjon 8%	2010	3, 2, 1a	369.000	640.000	18.520.000
11	Tiltakspakke innen Ring 2 som 7	2010	3, 2, 1a	370.000	500.000	18.670.000
12	Bygging av tunnel	2010	3, 2, 1a	370.000	340.000	18.820.000
13	80m pipe Oslo Energi biobrensel	2010	3, 2, 1a	369.000	230.000	18.940.000
14	80m pipe Oslo Energi biobrensel	2010	4, 3, 2, 1a	64.000	70.000	1.280.000
15	Hastighetsreduksjon 30 og 50 km/t	2010	14, 4, 3, 2, 1a	18.000	1.130.000	150.000
16	Paristiltak	2010	14, 4, 3, 2, 1a	29.000	1.030.000	240.000
17	Innfartsårer og Ring3 med 60 km/t	2010	14, 4, 3, 2, 1a	46.000	790.000	480.000
18	Bygging av tunnel	2010	14, 4, 3, 2, 1a	61.000	320.000	960.000
19	Trafikkreduksjon 8%	2010	14, 4, 3, 2, 1a	58.000	210.000	1.070.000
20	Tiltakspakke innen Ring 2 som 7	2010	14, 4, 3, 2, 1a	57.000	120.000	1.160.000

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten, Oslo kommune

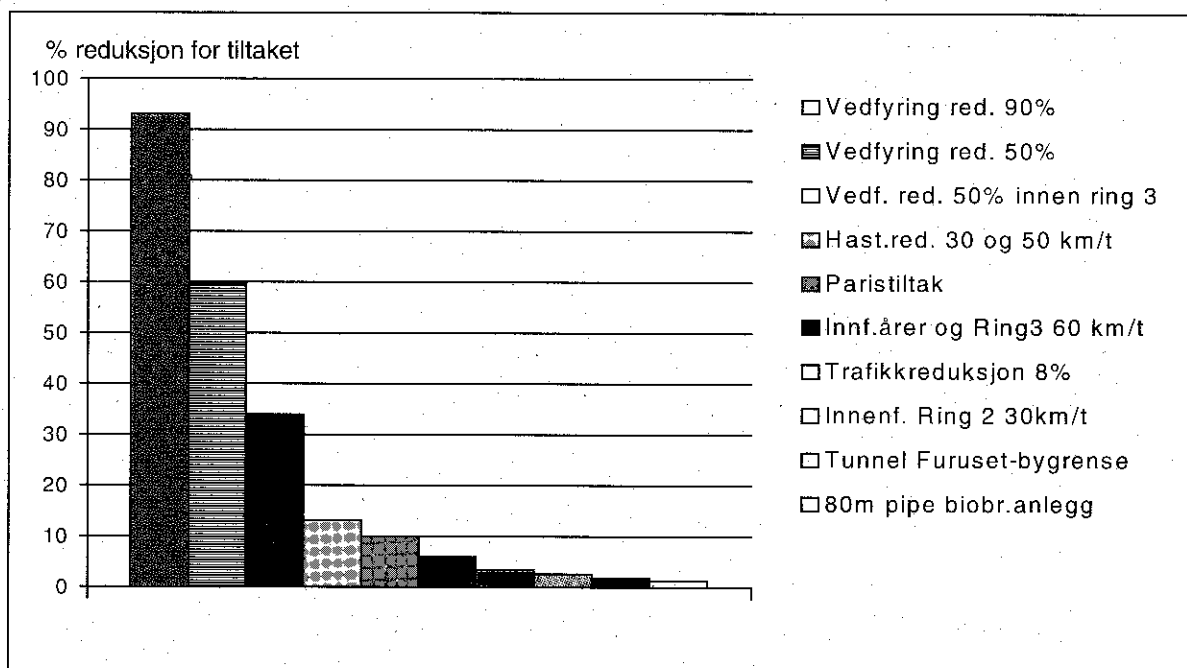
Tiltakene 15-20 forutsetter bl.a. at utslipp fra vedfyring reduseres med 90% .
Analyseresultatene kan imidlertid også tolkes som effekten av disse tiltakene på dager der vedfyring ikke bidrar mye (pga. mildere vær).

Tabell 5.3, viser at innføringen av ny europeiske avgasskrav, Auto Oil I/Euro III, vil ha en marginal effekt på konsentrasjonen av PM_{10} . Selv om utslippet av partikler fra dieseleksos går ned, vil dette utgjøre lite i forhold til kildebidraget fra oppvirvling av svevestøv som følge av piggdekk og svevestøvutslipp fra vedfyring.

Beregningen viser videre at en reduksjon av piggdekkbruken vil ha en kraftig effekt på konsentrasjonen av PM_{10} , og befolkningsdosen blir nær det halve med piggfriandel økende fra 20 % i 1994 til 80 % i 2010. Andre tiltak som gir stor effekt på PM_{10} forurensningen er redusert vedfyring, hastighetsreduksjoner og kraftige trafikkreduksjoner («Paris tiltak»).

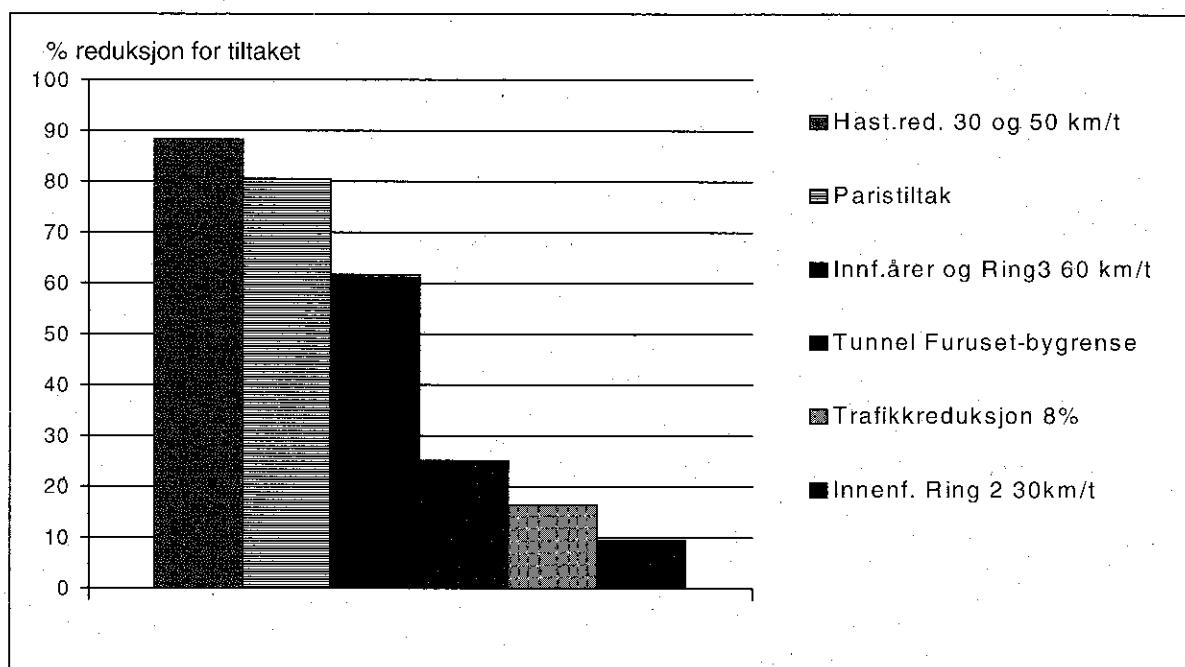
I figur 5.5 og 5.6 er reduksjonspotensialet i 2010 for de beregnede tiltakene illustrert som redusert befolkningsdose i prosent. I illustrasjonen er tiltaket med 80% piggfrie vinterdekk lagt inn som forutsetning før effekten av de andre tiltakene er beregnet.

Figur 5.5 Reduksjonspotensialer for tiltak 4-13 (fra tabell 5.2) ved 80 % piggfri kjøretøypark. Reduksjon i befolkningsdose i prosent



Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten

Figur 5.6 Reduksjonspotensialer for tiltak 15-20 (fra tabell 5.2)¹. Reduksjon i befolkningsdose i prosent.



¹ Oppgitt reduksjonspotensial for disse tiltakene er forutsatt bl.a. vedfyringsforbud med 90% effektivitet (se tabell 5.2). Analyseresultatene kan imidlertid også tolkes som effekten av tiltak på dager der vedfyring ikke bidrar mye.

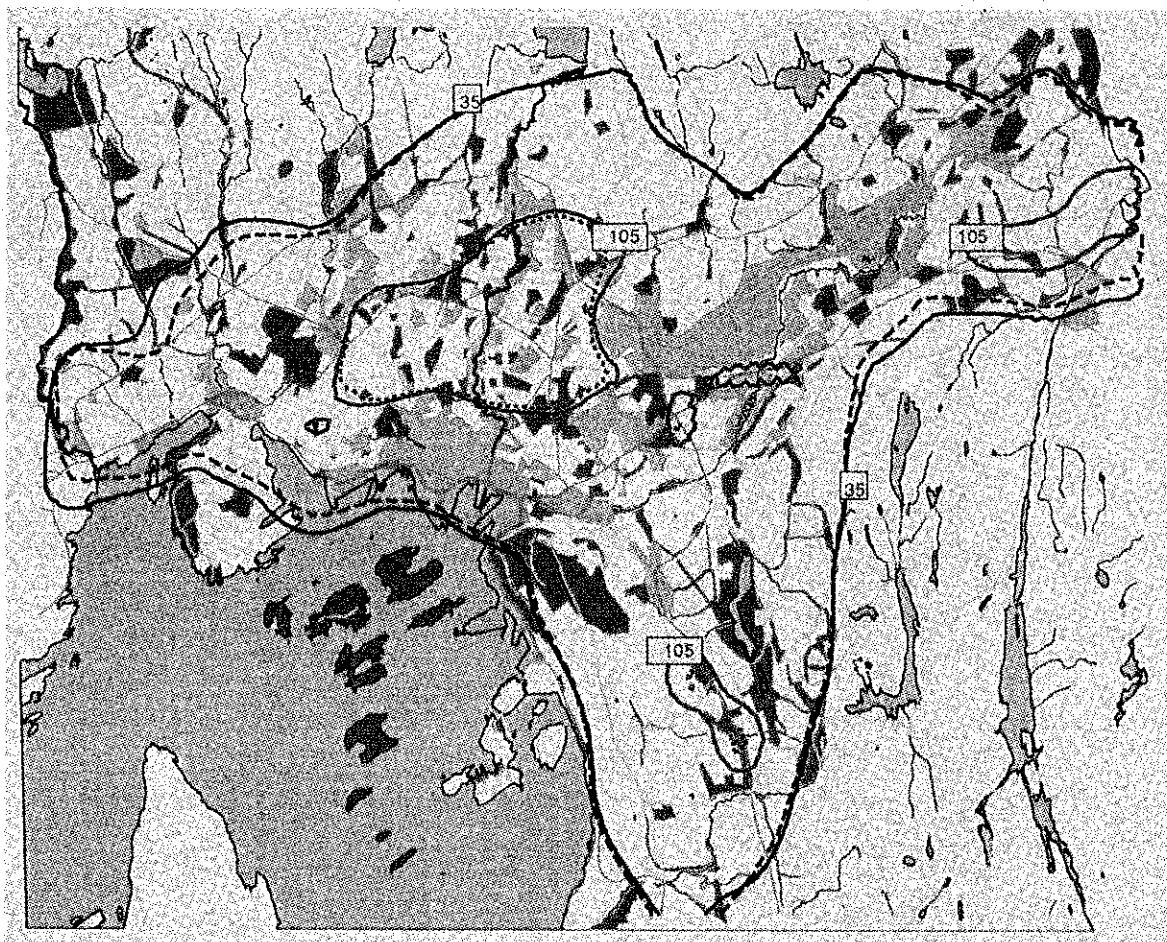
Kilde: Miljø- og næringsmideletaten

En skiltet hastighet på 50 km/time der det i dag er skiltet 60-90 km/time og tilsvarende reduksjon til 30 km/time der det i dag er skiltet 30-50 km/time gir betydelige effekter på svevestøvnivået, selv etter at piggfriandelen er oppe på 80 % (se tabell 5.2 og figur 5.4 og 5.5).

En begrenset hastighetsreduksjon innenfor og på Ring 2 gir liten effekt i modellberegningene. Modellberegningen beregner forurensningsdosen ut fra konsentrasjonen og antallet personer i kvadratkilometerruta, og tar ikke hensyn til hvilken avstand det enkelte bostedet har til vegen. Effekten av tiltaket kan derfor være større enn beregnet når det tas hensyn til at det langs vegen innenfor og på Ring 2 bor og oppholder seg mennesker mye nærmere, enn ved de store hovedvegene.

Beregninger av hastighetsreduksjon til 60 km/t (skiltet hastighet) på innfartsårene (E6, E18, Østre Aker vei, Trondheimsveien R4) og Ring 3 viser betydelig effekt på reduksjon av befolkningsdoser i beregningen for 2010. Figur 5.7 viser konsentrasjonen med og uten dette tiltaket. Effekten av tiltaket kan imidlertid bli noe mindre fordi gjennomsnittlig bostedsadresse fra disse vegen er lengre enn middellavstanden fra veg til bosted for hele byen.

Figur 5.7, PM₁₀-konsentrasjon. 2010. 80% piggfriandel (heltrukket linje) og hastighetsreduksjon på innfartsårer¹ (stiplet linje). Områder innenfor ytterste kurve er utsatt for døgnmiddelkonsentrasjoner over 35 µg/m³. Påfølgende kurve er 3 ganger 35 µg/m³. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km² bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



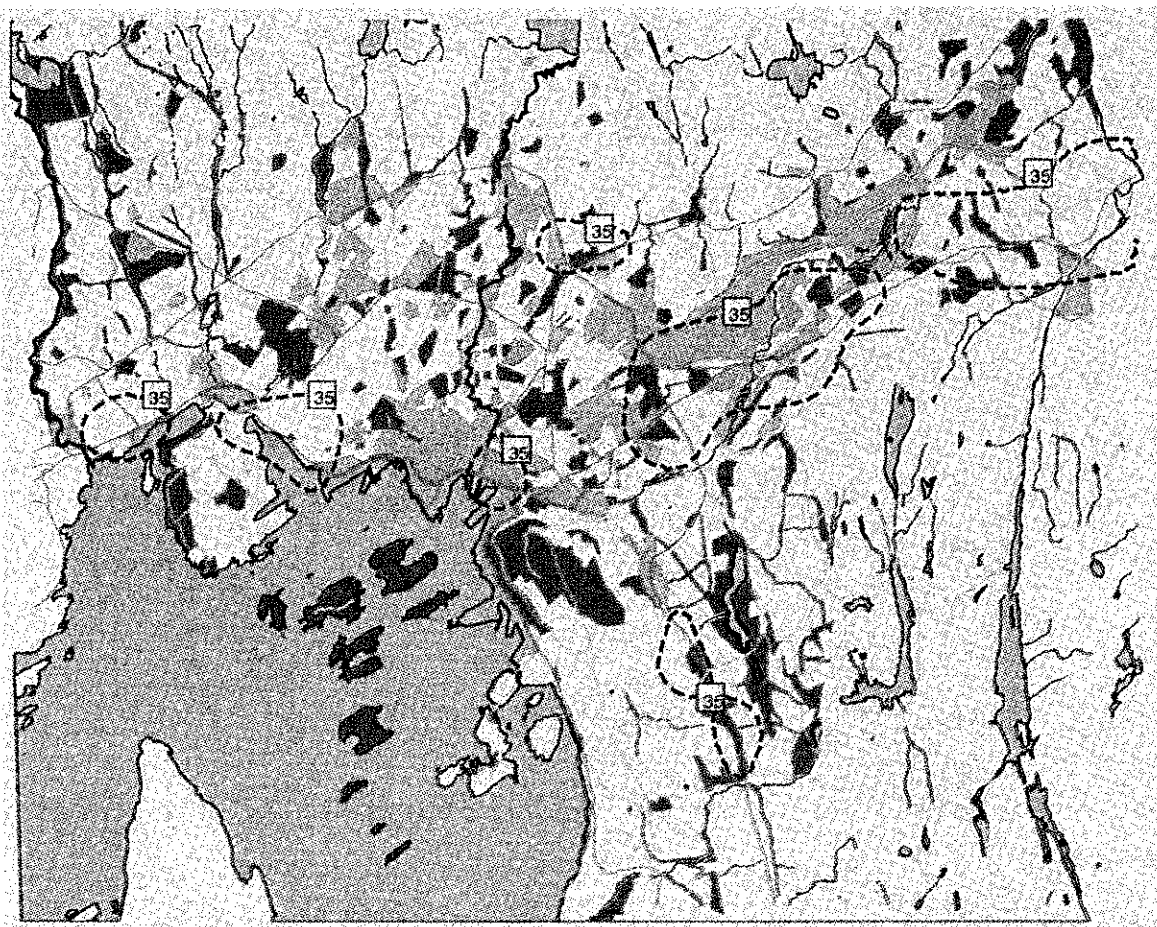
¹ Med 80% piggfriandel, kjøretøy med normal innfasing av Auto Oil I og Euro III og 60 km/t skiltet hastighet på innfartsårer.

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten

Tiltak som begrenser utslipp fra vedfyringen viser seg meget effektive. Årsaken er at vedfyring er en stor kilde til partikkelforurensning og fordi vedfyringen skjer der folk bor. Reduksjon av utslippene fra vedfyring vil ha en effekt på PM₁₀-eksponeringen av om lag samme størrelsesorden som reduksjon av piggdekk. Ut fra vurdering av historiske klimatologiske data er det imidlertid sannsynlig at høye PM₁₀-konsentrasjoner p.g.a. oppvirvling av vegstøv vil opptre en god del hyppigere enn opptreden av høye PM₁₀-konsentrasjoner p.g.a. vedfyring. Det er flere dager med tørre veger enn det er svært kalde dager i Oslo. Ut fra den historiske observasjonen, er oppvirvling av vegstøv sannsynligvis et større problem enn vedfyring, selv om begge kilder ser ut til å kunne gi nær de samme konsentrasjonsnivåene hver for seg.

Kartfigur 5.8 viser et scenario for 2010 med 80 % piggfriandel, kjøretøy med normal innfasing av nye avgasskrav (Auto Oil I og Euro III) og reduksjon i utslipp fra vedfyring med 90 %.

Figur 5.8 PM_{10} -konsentrasjon. 2010. 90% reduksjon av vedfyring¹. Områder innenfor ytterste kurve er utsatt for døgnmiddelkonsentrasjoner over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km^2 bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.

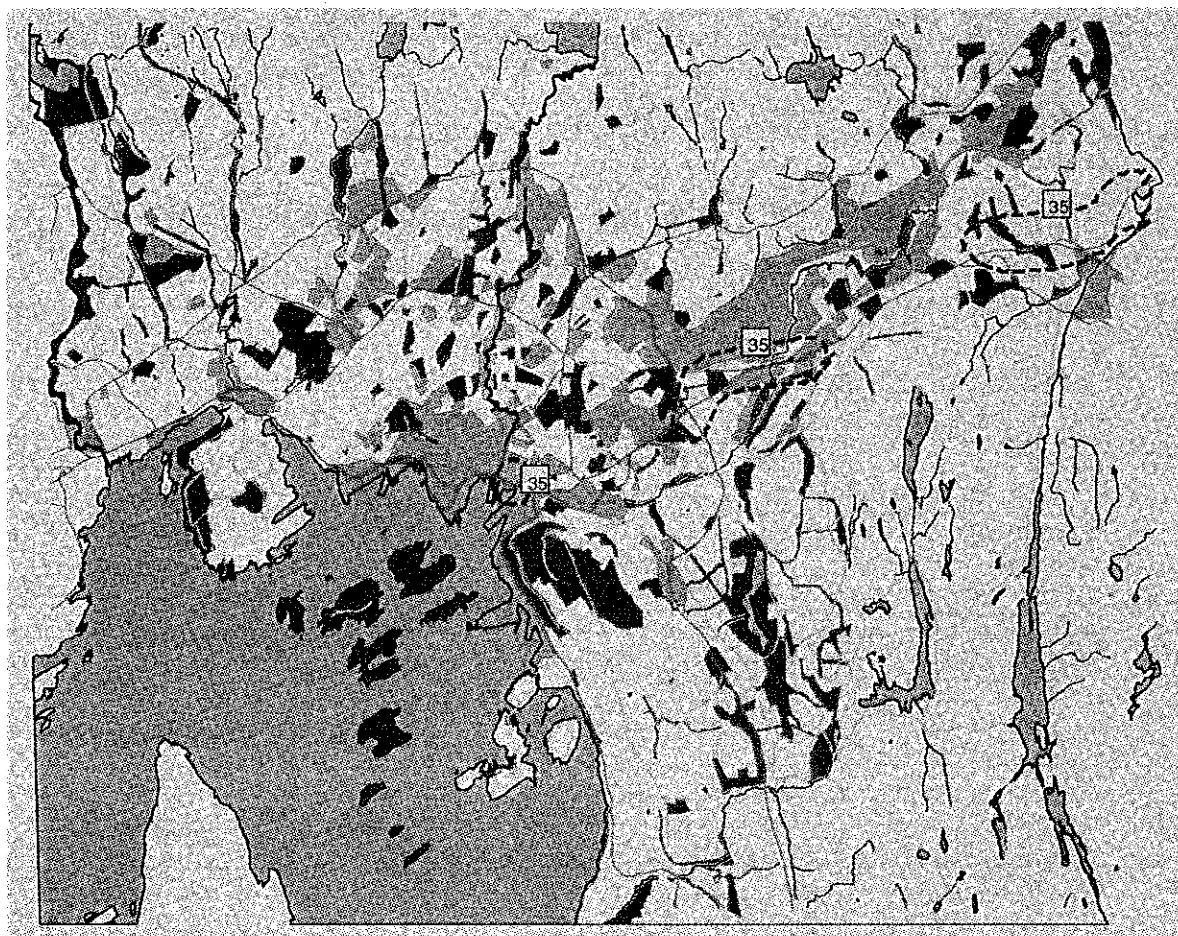


¹ Med 80% piggfriandel, kjøretøy med normal innfasing av Auto Oil I og Euro III og vedfyringsforbud med 90% effektivitet.

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten

Figur 5.9 viser effekten av tiltak som kan sammenlignes med bestemmelser ved høy luftforurensning i Paris. I Paris settes det forbud mot kjøring for store deler av bilparken ved episoder med høy luftforurensning. Kjøring blir kun tillatt for deler av kjøretøyparken, utfra valg av bestemte nummerskilt, men med dispensasjon for kjøretøy med ny teknologi, biler med tre personer og biler som bruker alternative drivstoff. Fartsgrensen på innfartsårer og ringveger blir satt ned. Ved trafikkteellinger under en periode med slike bestemmelser i september 1997, ble trafikkreduksjonen i Paris kommune beregnet til å være om lag 17%.

Figur 5.9 Paristiltak¹. PM_{10} -konsentrasjon, 2010. Områder innenfor ytterste kurve er utsatt for døgnmiddelkonsentrasjoner over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Påfølgende kurve er 3 ganger $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivåene er beregnet som bybakgrunnsverdier, dvs. gjennomsnittsverdier i 20 meter høye km^2 bokser og kan derfor ikke direkte sammenlignes med verdiene i Forskrift om grenseverdier for luftkvalitet.



¹ Med 80% piggfriandel, kjøretøy med normal innfasing av Auto Oil I og Euro III og vedfyringsforbud med 90% effektivitet og i tillegg 17% reduksjon i vegtrafikken samt 60 km/t på innfartsårer og Ring 3.

Kilde: Miljø- og næringsmiddeletaten

Ved en samlet vurdering av tiltak kan det også være viktig å vurdere tiltakenes akkumulerte effekter over lengre tidsperioder. Her er effekten av tiltak for PM_{10} analysert for ett døgn med gitte betingelser. Noen av tiltakene er typisk akuttiltak som f.eks. Paristiltaket, mens andre tiltak som trafikkreduksjon pga. parkeringsrestriksjoner eller vegprising kan innføres for hele vintersesonger eller år. Virkningene av tiltaket ut over en enkelt dag bør også bli lagt til grunn for vurdering av tiltakenes totale effekter. Effekter på halvårs- og årskonsentrasjoner er ikke analysert her.

Analysen viser at det må iverksettes omfattende tiltak for at PM_{10} konsentrasjonene i 2010 skal reduseres ned mot luftkvalitetskriteriet. En økning i piggfriandelen opp mot 80% er en forutsetning for å kunne nå dette målet. Videre vil det være nødvendig med reduksjoner av utslipp fra vedfyring. Den analyserte forurensningssituasjonen er en kald dag hvor mange fyrer med ved. Utslippene fra vedfyring gir derfor et stort bidrag. Situasjonen der 90 % av utslippene fra vedfyring er fjernet illustrerer både denne kalde

dagen med tiltak mot utslipp fra vedfyring og dager med mildt vær og liten vedfyring av den grunn. I den sistnevnte situasjonen vil veistøv og eksos være de dominerende kildene til høye forurensnings situasjoner. Tiltak som er vurdert som effektive i slike situasjoner er hastighetsrestriksjoner i hele byen og for et begrenset område av byen, "Paristiltak" og reduksjon av trafikkvolumet gjennom parkeringsrestriksjoner eller vegprising kombinert med styrket kollektivtilbud. Dette gjelder for den analyserte situasjonen der forurensningskonsentrasjonene er analysert som middelkonsentrasjoner i kvadratkilometerstore bokser av 20 meters høyde. Lokalt på gatenivå langs sterkt trafikkerte veger vil konsentrasjonene kunne bli høyere.

5.4 Vurdering av PM₁₀-tiltakens kostnadseffektivitet

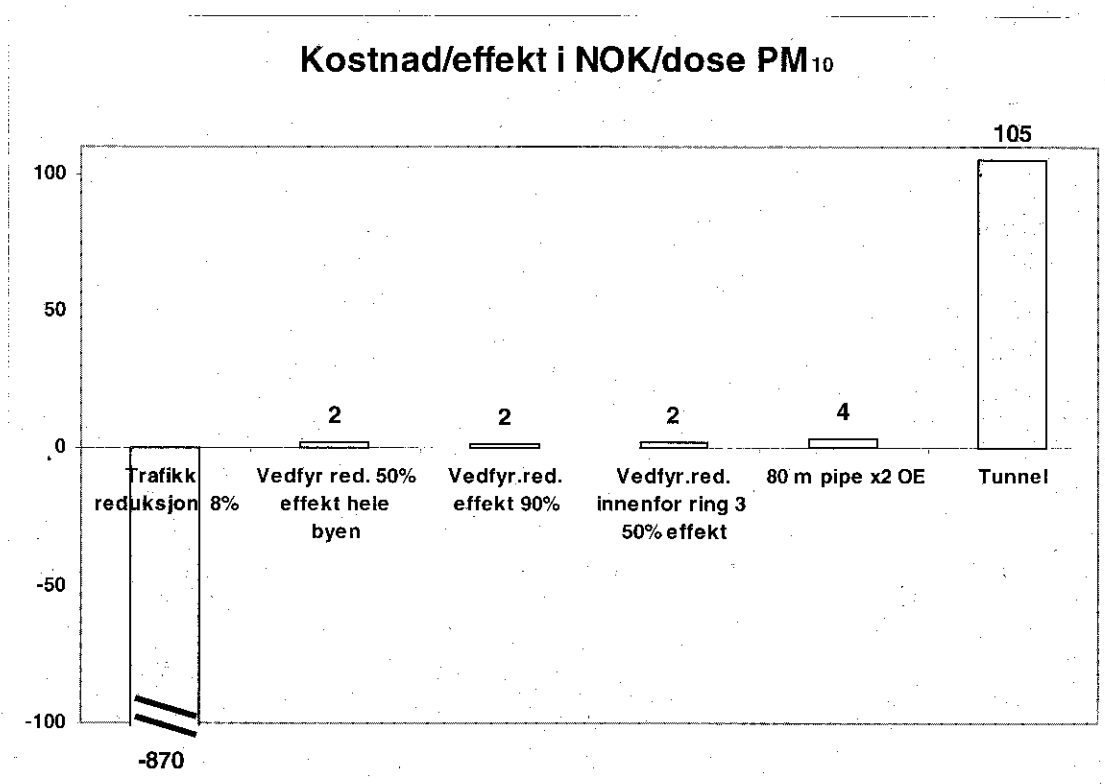
I tabell 5.4 er tiltakens kostnadseffektivitet beregnet som kostnad per redusert befolkningsdose (PM₁₀). Resultatene er også vist i figur 5.10.

Tabell 5.4 Kostnad /effekt for tiltak for reduksjon av PM₁₀ dosene (det er kun tatt med tiltak som reduserer befolkningsdosen med mer enn 1 000 000)

Tiltak	Forutsetning	Effekt red. personer	Effekt redusert dose	NOK/dose
Reduksjon av vedfyring. effekt 90%	Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	306 000	17 824 000	2
Reduksjon av vedfyring 50% effekt hele byen	Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	106 00	11 422 000	1
Piggfri 80 %	I forhold til nivået i 1994 med 20 % piggfri	42 000	18 510 000	2
Tiltakspakke med hastighetsreduksjon, ned til 30- og 50 km/time	Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	45 000	1 197 000	*
Paristiltak: Hovedinnfartsårer og ringer med maks 60 km/h. Trafikkreduksjon 17%	Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	34 000	1 034 000	*
Tiltakspakke med hastighetsreduksjon ned til 30- og 50 km/time	Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	23 000	2 527 000	*
Paristiltak: Hovedinnfartsårer og ringer med maks 60 km/h. Trafikkreduksjon 17%	Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	11 000	1 894 000	*

*) Beregning av økonomi er ikke foretatt.

Kostnadseffektiviteten, beregnet som NOK/dose redusert PM₁₀ er illustrert i figur 5.10.

Figur 5.10 Kostnad/effekt i NOK/dose for PM_{10} 

Tiltaket som reduserer veksten i trafikkvolumet med 8% (parkeringsrestriksjoner og vegprising kombinert med bedret kollektivtilbud) kommer best ut i kostnadseffektivitetsberegningen. Dette tiltaket gir en høy samfunnsøkonomisk gevinst på grunn av spart tid i trafikken og reduksjon i antall ulykker. Tiltaket "bygging av tunnel" er minst kostnadseffektivt av de analysert tiltakene.

Kostnadseffektiviteten av å øke piggfriandelen i bilparken fra 20% i 1994 til 80% i 2010 er beregnet til 2. Dette kan ikke sammenlignes direkte med de andre tiltakene siden en høy piggfriandel (74%) er forutsatt gjennomført før det er gjort beregninger av effekten av de andre tiltakene.

Kostnadseffektiviteten er her beregnet kun med hensyn på PM_{10} -belastning. Trekker man inn flere komponenter kan "prioriteringen" om tiltakene endres.

5.5 Tiltakenes andre miljøeffekter

Flere av tiltakene vil ha andre positive - og i noen tilfelle negative miljøeffekter som ikke er analysert i modellberegningen. Andre miljøeffekter kan være viktige i vurderingen av hvilke tiltak som skal innføres.

Vurderingen som er gjort her er ikke en dyptgående analyse, men har til hensikt å peke på andre miljøeffekter som kan være vesentlig for den totale vurderingen om innføring av de beregnede tiltakene. Listen er ikke uttømmende.

Tiltak	Positiv effekt	Negativ effekt
Nye europeiske avgassnormer (Auto Oil I/Euro III)	Reduksjon i andre utslipp Reduksjon i klimagassutslipp	
Reduksjon av dieselpersonbiler	Redusert utslipp av partikler	Økt utslipp av NMVOC og CO ₂
Økt bruk av elektriske personbiler	Mindre støy, mindre biler som krever mindre plass Reduksjon i alle utslipp til luft lokalt	
Trafikkreduksjon	Reduksjon i andre utslipp Reduksjon i klimagassutslipp Færre ulykker Mindre støy	
Naturgass som drivstoff i rutebusser	Reduksjon i andre utslipp lokalt	
Økt bruk av piggfrie dekk	Mindre støy	Redusert framkommelighet
Redusert hastighet på innfartsårer	Færre ulykker Reduksjon i andre utslipp Mindre støy	Redusert framkommelighet
Redusert vedforbruk	Reduksjon i andre utslipp (VOC og CO)	Økt klimagassutslipp ved bruk av fossil el, eller - fjernvarme Redusert trivsel
Høyere pipe på biobrenselanlegg	bedre spredning av alle utslipp til luft	Visuell forurensning
Bygging av tunnel	Mindre støy Reduserte forurensninger langs tunnelen	Økt forurensning i områder rundt munningene

6 Usikkerhet

6.1 Usikkerhet i prosjektet

Prosjektet har som formål å analysere et utvalg tiltak med hensyn på bedret luftkvalitet, uttrykt som befolkningsdose, og kostnader på basis av framskrivninger av forventet utvikling. Analysen skal vise hvordan ulike tiltak bidrar til at luftkvalitetskriteriene på bybakgrunnsnivå nås i 2010.

Usikkerhetene er konsentrert rundt tre hovedpunkter:

- Usikkerheter forbundet med å beskrive en framtidig situasjon
- Usikkerheter som er knyttet til beregningsmodellens evne til å gjengi virkeligheten
- Usikkerhet knyttet til økonomiske beregninger

6.2 Usikkerhet knyttet til framskrivningen

Framskrivningen som er gjort i prosjektet bygger så langt det har vært mulig på offisielle prognoser for samfunnsutvikling og økonomi. Slike prognoser er usikre og Norge har en åpen økonomi som gjør at økonomiske svingninger som ikke er forutsatt i prognosene kan gi store avvik for den beregnede utviklingen i de økonomiske prognosene.

Framskrivning av trafikkveksten er den enkeltfaktoren som er mest sentral for beregning av luftforurensingen i tiden framover. Denne bygger på en forventning om en økonomiske utvikling. Erfaringstall viser at trafikkveksten er følsom for den økonomiske utviklingen. I Oslo er det registrert en trafikkvekst på 11% de siste tre årene. Det er derfor utført en følsomhetsanalyse for andre trafikkveksttall enn det som er brukt i basisscenariet og som er tatt fra NVVP (1998-2007).

En annen faktor som gir usikkerhet om trafikkveksten er forutsetningen om at bompengeringen i Oslo skal nedlegges i år 2007.

6.2.1 Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalysen har som formål å vise hvilken effekt en endret trafikkvekst har på luftforurensingen i basisframskrivningen.

Basisframskrivningen brukte NVVP (1998-20087) sin framskrivning av årlig trafikkvekst på 1,8% t.o.m. 2001 og 1,4% etter år 2001 med 1994 som referanseår. Dette utgjør en trafikkvekst på 28,4 % for hele perioden.

I følsomhetsanalysen er det lagt inn to alternativ trafikkvekstscenario:

- F 1: Trafikkvekst 2,5 % fra 1994 - 2005, og 2,0 % fra 2006-2010. Dette gir en trafikkvekst på 44,9 % for hele perioden (1994-2010)
- F 2: Trafikkvekst på 1% hvert år i hele perioden, noe som gir en samlet vekst på 17,3 % for hele perioden (1994-2010)

Det er vurdert at beregningsområdet i følsomhetsanalysen også dekker inn effekten av nedleggelse av bompengeringen.

Resultatet av følsomhetsanalysen for forurensingssituasjonen i 2010 er vist i tabellene 5.1 og 5.3 i kapittel 5. Resultatene viser at endringer i trafikkvekst slår sterkest ut for NO₂-konsentrasjonen (regnet som andel av totaldosen i basisscenariet). For PM₁₀ medfører en høy piggfriandel i 2010 sammen med høyt kildebidrag fra vedfyring til at usikkerheten i trafikkvekst slår forholdsvis mindre ut.

Følsomhetsanalysen for NO₂ viser at med en lavere trafikkvekst (17%) enn NVVP prognosen vil antall personer utsatt for overskridelser av luftkvalitetskriteriene reduseres til 57 000. Beregnet som befolkningsdose er reduksjonen ytterligere 16% i forhold til NVVP prognosen. Dette betyr at begrensning i trafikkveksten vil være svært effektivt for å redusere NO₂ forurensningen. Med en høyere trafikkvekst (45%) vil antall personer utsatt for overskridelser av luftkvalitetskriteriene reduseres til 91 000. Beregnet som befolkningsdose er dette halv reduksjonen i forhold til NVVP prognosen. Dette betyr at en trafikkvekst utover NVVP prognosen medfører at miljøforbedringene vi får som følge av utskiftingen av bilparken reduseres. Følsomhetsanalysen for PM₁₀ viser ikke den samme følsomheten for trafikkvekst. Grunnen til dette er at i den valgte forurensningsituasjonen er vedfyring en dominerende kilde. I dette prosjektet har det ikke vært mulig å vurdere følsomheten for trafikkvekst på en dag da vegtrafikken er den dominerende kilden.

6.2.2 Andre usikkerheter i basisscenariet

- I basisscenariet er det forutsatt innføring av kjent teknologi beskrevet bl.a. i dagens avgasskrav. Tilgangen og kravene til ny teknologi kan komme til å utvikle seg raskere enn det som er forutsatt i basisscenariet. Dette gjelder særlig foreslåtte europeiske avgasskrav som ventelig vil innføres som nasjonale avgasskrav i løpet av analyseperioden. Effekten av denne usikkerheten er illustrert som effekten av tiltaket, Auto Oil /Euro III.
- Fordelingen mellom kjøringen til forskjellige kjøretøygrupper, herunder fordelingen av tungtrafikken er en usikkerhet som kan gi effekt for resultatene.
- Konsentrasjonen av ozon i tiltransportert luft er satt til 60 µg/m³. Andre nivåer kan gi andre NO₂-konsentrasjoner.

6.3 Usikkerheter knyttet til beregningene

Det er gjort tre type beregninger i dette prosjektet.

- 1: Beregningen av tiltakenes effekt mht. utslipp til luft (for enkelte tiltak)
- 2: Beregning av luftkvaliteten i AirQUIS
- 3: Beregning av tiltakenes samfunnsøkonomiske kostnader og inntekter

6.3.1 Usikkerhet i beregningen av tiltakenes effekt mht. utslipp til luft

Beregningen av endringen i utslipp til luft er avhengig av at utslippsfaktorene for dagens teknologi er korrekte samtidig som faktorene eller reduksjonsgraden som følger av tiltaket også må være riktig.

Valg og vurdering av utslippsfaktorer er gjort av SFT og SSB. For stasjonære anlegg er det relativt enkelt å gjennomføre kontrollmålinger og å lage korrekte utslippsfaktorer. For kjøretøy er dette langt vanskeligere, kjøretøyenes drift har et transient forløp med mye start og stopp, deres funksjon avhenger av klimatiske betingelser og av bileierens vedlikehold av kjøretøyet.

Faktorene for ny/endret teknologi er riktige når de er gitt som nye avgasskrav. For alternative teknologier er de avhengig av at teknologien er tilstrekkelig gjennomprøvet. Alle faktorer som er brukt i dette prosjektet har sitt opphav enten i avgasskrav, garantiverdier fra leverandør eller opplysninger fra FoU-institutter som Teknologisk Institutt og MARINTEK.

6.3.2 Beregning av luftkvaliteten i AirQUIS

Beregning av utslipp og konsentrasjoner av forurensende stoffer er beheftet med feilkilder og usikkerheter.

Viktige usikkerheter i beregning av utslipp og konsentrasjoner

- Vegtrafikk på veger uten trafikktellinger
- Tungtrafikkens andel av totaltrafikken på enkelte veger
- Tidsvariasjonen over døgnet til vegtrafikken
- Totalforbruket av ved i Oslo
- Beregningsmodellen for oppvirket piggdekkstøv er lite uttestet
- Atmosfærekjemi mellom NO og O₃ lokalt i byen

Usikkerhet ved beregning av befolkningsdose

AirQUIS beregner luftforurensingen som en gjennomsnittsverdi i 20 meter høye kvadratkilometerbokser. Nivået på gatenivå vil avvike fra den beregnede gjennomsnittverdien.

I tillegg til de beskrevne feil ved å midle konsentrasjonen i bokser gir kvantifisering og lokalisering av befolkningen følgende andre usikkerheter og feil:

- Bebyggelsen er ikke jevnt spredd i en grunnkrets (som antatt i beregningen), men ligger ofte nær mindre veger - men lenger unna større veger.
- Befolkningen oppholder seg ikke ved boligen hele døgnet, men også andre steder i byen (arbeidsplass, skole, veger mm.).

Det er vanskelig å si hvilken retning de forskjellige faktorene påvirker beregningen av befolkningsdose og om noen av feilkildene oppveier hverandre for den situasjonen det beregnes for. For vinteren totalt sett, vil vegtrafikken være hovedkilden til forurensningen. Midlere konsentrasjon for hver av beregningsboksene vil da være et underestimert fordi vedfyring ikke er en like hyppig forurensningskilde, av det omfang som vises i beregningene, som oppvirling av vegstøv og annen forurensing fra vegtrafikk.

6.3.3 Beregning av kostnader og samfunnsøkonomi

Kostnadsberegningenes kvalitet er avhengig av hvor nøyaktige inngangsdataene er. I flere tilfeller har det vært nødvendig å gjøre grove tilnærminger for hvilken samlet kostnad de enkelte tiltakene skal ha. I andre tilfeller bygger kostnadsberegningene på et nokså bredt erfaringsmaterialet. For tiltaket trafikkreduksjon og piggfrie vinterdekk, er de samfunnsøkonomiske beregningene tatt fra andre prosjekter, hvor beregningemetodikken avviker fra den som det har vært mulig å bruke i dette prosjektet.

Oppsummert er det størst usikkerheter knyttet til beregningen av:

- Bygging av tunnel
- Nødvendige kostnader for å øke kollektivtilbudet

I tillegg har enkelte tiltak ikke vært mulig å kostnadsberegne. Disse er:

- Tiltakspakker i avgrensede områder
- Hastighetsreduksjon
- Paristiltak

Vedlegg

Appendix A: Beregninger i AirQUIS

Appendix B: Økonomiberegninger

Appendix C: Fjernvarmeproduksjon i Oslo i 1994, 2005 og 2010

Appendix D: Forkortelser og forklaringer

Appendix E: Referanseliste

Appendix A: Beregninger i AirQUIS

Nr	Komp	Beskrivelse	År	Forutsetning	Pers	Persondose
1	NO ₂	Basis	1994		128.990	2.817.157
2	NO ₂	Basis	2005		61.425	891.305
3	NO ₂	Basis	2010		84.645	1.362.821
4	NO ₂	Auto Oil I/EURO III	2010	Basis NO ₂ 2010	16.576	123.176
5	NO ₂	Forbud dieselperson	2010	Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III	9.210	76.762
6	NO ₂	Elbiler 7% av pers.trafikk	2010	5: Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson	5.085	48.837
7	NO ₂	Parkeringsrestr. 8% traf.red + kollektiv (vegpris kan ha lik effekt)	2010	5: Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson	5.085	46.403
8a	NO ₂	Gassbusser red. 176 tonn	2010	5: Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson	3.237	25.004
8b	NO ₂	Gassbusser red. 176 tonn	2010	7: Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson Parkeringsrestr. 8% traf.red + kollektiv	3.237	5.909
9	PM ₁₀	Basis	1994		411.826	37.676.990
10	PM ₁₀	Basis	2005		377.153	21.911.363
11	PM ₁₀	Basis	2010		370.618	20.161.246
12	PM ₁₀	Auto Oil I/EURO III	2010	11: Basis 2010	370.618	20.088.583
13	PM ₁₀	Piggfri 80%	2010	12: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III	370.163	19.167.004
14a	PM ₁₀	Vedfyr.forb. effekt 90%	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	63.794	1.343.373
14b	PM ₁₀	Vedfyr.forb. effekt 100%	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	44.969	1.055.513
14c	PM ₁₀	Vedfyr.forb. 50% effekt hele byen	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III	264.056	7.745.227

				Piggfri 80%		
14d	PM ₁₀	Vedfyr.forb. innenfor ring 3 50% effekt	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	366.902	12.680.255
15a	PM ₁₀	80 m pipe x2 OE	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	369.018	18.939.722
15b	PM ₁₀	80 m pipe x2 OE	2010	14a: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.forb. effekt 90%	63.794	1.275.016
15c	PM ₁₀	80 m pipe x2 OE	2010	14b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.forb. effekt 100%	44.969	993.087
16a	PM ₁₀	Trafikkreduksjon 8%	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	369.018	18.524.197
16b	PM ₁₀	Trafikkreduksjon 8%	2010	15b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	57.609	1.066.219
17a	PM ₁₀	Hastighetsreduksjon [50,30]⇒30 km/h [90,50>⇒50 km/h	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	347.589	16.639.846
17b	PM ₁₀	Hastighetsreduksjon [50,30]⇒30 km/h [90,50>⇒50 km/h	2010	15b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	18.374	146.559
17c	PM ₁₀	Hastighetsreduksjon [50,30]⇒30 km/h [90,50>⇒50 km/h	2010	15c: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 100% 80 m pipe x2 OE	18.374	146.028
18a	PM ₁₀	Omregulere	2010	16b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%		103,8 pr bolig ned til 809.258

				Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE Trafikkreduksjon 8%		
18b	PM ₁₀	Omregulere	2010	17b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE Hastighetsreduksjon		27,9 pr bolig ned til 77.435
18c	PM ₁₀	Omregulere	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%		248,6 pr bolig ned til 17.758.664
19a	PM ₁₀	Hastighetsreduksjon [50,30]⇒30 km/h [90,50]>⇒50 km/h innenfor og på Ring 2	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	369.887	18.669.770
19b	PM ₁₀	Hastighetsreduksjon [50,30]⇒30 km/h [90,50]>⇒50 km/h innenfor og på Ring 2	2010	15b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	56.550	1.156.723
19c	PM ₁₀	Hastighetsreduksjon [50,30]⇒30 km/h [90,50]>⇒50 km/h innefor og på Ring 2	2010	15c: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 100% 80 m pipe x2 OE	56.550	1.154.089
20a	PM ₁₀	Tunnel	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	370.163	18.824.111
20b	PM ₁₀	Tunnel	2010	15b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	61.259	955.754
20c	PM ₁₀	Tunnel	2010	15c: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 100% 80 m pipe x2 OE	61.259	952.836
21a	PM ₁₀	Hovedinnfartsårer og ringer med maks 60 km/h. Trafikkreduksjon 17%	2010	13: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	359.361	17.272.883

21b	PM ₁₀	Hovedinnfartsårer og ringer med maks 60 km/h. Trafikkreduksjon 17%	2010	15b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	29.482	240.849
22a	PM ₁₀	Hovedinnfartsårer og ringer med maks 60 km/h.	2010	†3: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80%	363.573	18.028.397
22b	PM ₁₀	Hovedinnfartsårer og ringer med maks 60 km/h.	2010	15b: Basis 2010 Auto Oil I/EURO III Piggfri 80% Vedfyr.red. 90% 80 m pipe x2 OE	45.700	481.131
23a	NO ₂	Omregulere	2010	5: Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III Forbud dieselperson		31,9 pr bolig ned til 32.323
23b	NO ₂	Omregulere	2010	3: Basis NO ₂ 2010 Auto Oil I/EURO III		38,6 pr bolig ned til 69.456

Appendix B: Økonomiberegninger

Innhold:

Reduksjon i dieselpersonbiler i år 2010

Økt bruk av elektriske biler, 7 % i år 2010

Naturgass som drivstoff i rutebusser i år 2010

Piggfrie vinterdekk, 80 % piggfrie dekk i år 2010

Bygging av tunnel på E6

Redusert vedfyring

Parkeringsrestriksjoner med styrket kollektivtrafikk

Vegprising med styrket kollektivtrafikk

Reduksjon i dieselpersonbiler i år 2010

Tiltaket: kun bensin personbiler 2010		Kostnader			bensin	diesel
År	2010			kr/km	0,39	0,28
Antall enheter biler tiltaket omfatter	17029			km/år	17900	17900
Investering pr. bil	-7000			kr/år	6981	5012
Levetid pr. enhet (år)	11					
Årskostnad investering	-933,52					
Merkostnad drift pr. år pr. enhet	1969					
Sum årskostnad per bil	1 035					
Andre forutsetninger:						
- annuitetsfaktor 11 år 7% rente	0,13336					
- merkostnader i forhold til	dieselbil					
Merkostnad pr. år for hele tiltaket:						
Annualisert investering, bil	-15 896 912					
Merkostnad drift	33 530 101					
Sum merkostnad pr. år	17 633 189					

Økt bruk av elektriske biler, 7 % i år 2010

Tiltaket: 7 % elbiler i år 2010	Kostnader
År	2010
Antall elbiler tiltaket omfatter	14897
Investering pr. per bil	30000
Levetid pr. enhet	11 år
Årskostnad investering	4000,8
Investering batteripakke	40650
Årskostnad batteripakke	7 543
 Merkostnad drift pr. år pr. enhet	 -4247
Merkostnad annet pr. år pr. enhet	0
 Infrastruktur investering	 22 345 500
Infrastruktur årskostnad	2 109 192
 Andre forutsetninger:	
- annuitetsfaktor 11 år 7% rente	0,13336
- annuitetsfaktor 7,5 år 7% rente	0,18555
- merknader i forhold til	bensinbil
 Merkostnad pr. år for hele tiltaket:	
Annualisert investering, bil	59 599 918
Annualisert investering, batteri	112 362 224
Merkostnad drift	-63 267 559
Merkostnad infrastruktur	2 109 192
Sum merkostnad pr. år	110 803 774

	bensinbil	elbil
kr/km	0,39	0,08
km/år	13700	13700
kr/år	5343	1096

Naturgass som drivstoff i rutebusser i år 2010

Tiltaket: 815 gassbusser i år 2010	Kostnader
År	2010
Antall enheter gassbusser tiltaket omfatter	815
Investering pr.buss	350 000
Levetid pr. buss	12
Årskostnad investering	44065
 Merkostnad drift pr. år pr. enhet	 6 000
 Infrastruktur investering	 122 250 000
Infrastruktur årskostnad	11 539 178
 Andre forutsetninger:	
- annuitetsfaktor 12 år 7% rente	0,1259
- annuitetsfaktor 20 år 7% rente	0,09439
- merkostnader i forhold til	diesel
 Merkostnad pr. år for hele tiltaket:	
Annualisert investering, buss	35 912 975
Merkostnad drift	4 890 000
Merkostnad infrastruktur	11 539 178
Sum merkostnad pr. år	52 342 153

	dieselbuss	gassbuss
kr/km	0,5	0,6
km/år	60 000	60 000
kr/år	30 000	36 000

Piggfrie vinterdekk, 80 % piggfrie dekk i år 2010

80 % piggfrie vinterdekk i år 2010

Kostnad/Inntekst element mill kr / Kostnader Inntekter		
år i hht Veggrepsprosjektet for alternativet "sone"		
Dekke		200
Drift		25
Tidskost	100	
Kjørekost		150
Ulykke	450	
SUM	550	375
Oblatkostnader 2010	52	52
SUM årskostnad, sone	175	
Andel Oslo i hht utviklingen i vognkm i NVVP 1998-2008, veileder 4	24,7 %	
Sum årskostnad Oslo	43	

Oblatkostnader 2010	
antall biler	258 043
antall u/piggfri	51 609
gebyr	1 000
sum betaling	51 608 513

Bygging av tunnel på E6

Tiltak: Bygging av tunnel på E6, 2010

100 000 NOK/meter, 3700 meter	Kostnad	kr/år	kr/år
Investering tunnell	370 000 000		
Investering rensesløyfe	22 000 000		
	392 000 000	31 591 280	
Investering NO x rensing	32 000 000	4 556 160	
SUM		36 147 440	31 591 280
Drift tunnell kr/år	4 000 000		
Drift rensesløyfe kr/år	400 000		
Drift NO x kr/år	500 000		uten NO x
Sum drift	4 900 000		4 400 000
Sum uten NO x			35 991 280

Forutsetninger	
Annuitet tunnel, 30 år	0,080590
Annuitet rensesløyfe, 10 år	0,142380

Restriksjoner på vedfyring

Tiltak: 100 % Redusert vedfyring i år 2010

Vedfyring kan erstattes med el (info fra Viken Energinett)	Kostnad, kr
Forsterke nettet	500 000
Ny trafo	500 000
Kostnad for den enkelte bruker	
Antall brukere	43 400
Ny hovedsikring (2000)	86 800 000
Nytt inntak (7500)	325 500 000
SUM investering	413 300 000
Årskostnad	39 011 387

Levetid 20 år, Annuitetsfaktor	0,09439
-----------------------------------	---------

Parkeringsrestriksjoner med styrket kollektivtrafikk

Tiltak: Parkeringsrestriksjoner	Kostnader		
antall bilreiser	554 231		
antall km/døgn	11		
vognkm	6 096 541		
reduksjon i vognkm	487 723		
Igjen	5 608 818		
Antall bilreiser/parkeringer	509 893		
økt pris, gjsnitt kr	5,01		
Økt transportpris med bil kr. døgn	2 554 562		
Antall virkedager	300		
SUM kostnad	766 368 458		
Mill kr/år	766		
		Mill kr/år	
Ref TØI 1029/1996 og TØI, 324/1996	Inntekter		Kostnader
Reduserte ulykker	9		
Verdien av tidsbesparelsen for gjenværende trafikk	129	Samf. øko tap for de som blir priset ut av bilen	180
Økte inntekter for kollektivtrafikken	161	Kollektivtrafikk	25
Verdien av besparelsen for kollektivtrafikantene	463		
Økt inntekt parkering	766	Parkering	766
Sum inntekter	1528	SUM	971
		kostnader	
Resultat inntekt, kr/år	557		

Vegprising med styrket kollektivtrafikk

Tiltak: Økt Vegpris med styrket kollektivtrafikk

alle tall mill NOK/år

Inntektstype; Inntekter i følge TØI, 324/1996, figur 532	Inntekter	Kostnadstype	Kostnader
Besparelser i kjøretid	116		
Endring i bompengeinntekter	72	Bilist	72
Endring i trafikkinntekter for kollektivselskapet	161		
Besparelsen for kollektivtrafikanter	463	Kollektivselskapet	25
Reduserte ulykker *	4	Samfunnsøk. tap for de som blir priset ut av bilen	180
SUM	816		277
Resultat gevinst	539		

Appendix C: Fjernvarmeproduksjon i Oslo i 1994, 2005 og 2010

Energibærer/varmesentral	1994	2005	2010
Avfall Grorud	181,1	236	242,1
Avfall Klemetsrud	157,2	160,4	177,8
Biobrensel Grorud	-	137,3	146,3
Biobrensel Klemetsrud	-	0,0	130,1
Olje Grorud	17,9	386,6	417,4
Olje Klemetsrud	5,7	18,2	31,0
Olje Vika	28,2	9,6	20,8
El Vika	85,0	1,8	8,1
El/varmepumpe Skøyen	27,1	0,0	0,9
El Grorud	38,2	0,0	0,0
El Klemetsrud	1,0	0,0	0,0
El Grorud/Klemetsrud	0,0	0,0	0,5

kilde: Oslo Energi

Appendix D: Forkortelser og forklaringer

Forkortelser brukt i rapporten

navn:

DIF:	Dekkimportørenes landsforening
MiTO:	Miljøforbedret Trafikk i Oslo
NVVP:	Norsk veg -og vegtrafikkplan
NILU:	Norsk Institutt for luftforskning
LTP:	Regjeringens langtidsplan
OFV:	Opplysningsrådet for vegtrafikk
SVO:	Statens vegvesen Oslo
SFT:	Statens Forurensningstilsyn
SSB:	Statistisk sentralbyrå
St. Melding:	Stortingsmelding
TØI:	Transportøkonomisk Institutt

miljø:

CO ₂ :	karbondioksid
NO ₂ :	nitrogendioksid
NO:	nitrogenmonoksid
NO _x :	nitrogenoksider
O ₃ :	ozon
PM ₁₀ :	partikler som er mindre enn 10 µm i diameter
PM _{2,5} :	partikler som er mindre enn 2,5 µm i diameter

energi:

kWh:	kilowatt-time (kilo: 1000)
GWh:	gigawatt-time (giga:10 ⁹)

transport:

ÅDT:	års-døgn-trafikk
------	------------------

Forklaringer:

AirOUI: Datamodell som beregner konsentrasjonen av luftforurensning i 20 meter høye km² bokser. Modellen inneholder informasjon om topografi, bygninger og befolkningsfordeling. Inputdata om kilder til utslipp og oppvirvling og meteorologi kan varieres. Modellen er under videreutvikling.

AutoOil: Forskningsprogram i regi av EU-kommisjonen, oljeindustrien og bilindustrien med målsetning om å finne de mest kostnadseffektive metodene for å redusere luftforurensningsbidraget fra vegkjøretøy. AutoOil har gitt navn til kommende avgasskrav for lette kjøretøy i EU, som er planlagt innført i år 2000 og 2005.

- Basis:** I denne rapporten er basis en utvikling der det enten er høy sannsynlighet for at endringene inntreffer og det er brukt offisielle prognoser fra NVVP og LTP.
- Befolkningsdose:** Verdi over anbefalt luftkvalitetskriterium multiplisert med antall eksponerte personer gitt ved deres bostedsadresse.
- Bybakgrunn:** Gjennomsnittsverdi av forurensning i en 20 meter høy km² boks
- El-bil:** Kjøretøy med batteri som lagrer energien («drivstoffet») og med elektrisk motor som eneste energiomvandler.
- Euro III:** Euro-nomene er navn på avgasskrav til tunge dieselmotorer over 3,5 tonn. Første trinn ble innført i 1993. Neste trinn, Euro II, ble innført i 1996 og det planlegges et tredje trinn, Euro III, i 1999.
- Framskrivning:** En framskrivning er en beregning av en situasjon i framtiden.
- Luftkvalitet:** En beskrivelse av innholdet av helsefarlige stoffer i lufta, forstått som konsentrasjon av gasser i luft.
- Luftkvalitetskriterium:** Et nivå som kvantifiserer ved hvilket forurensningsnivå målt som konsentrasjon SFT og Folkehelse advarer mot helseeffekter for utsatte grupper.

Forklaring av tegn i tabeller:

Standardtegn i tabeller	Symbol
Tall kan ikke forekomme	.
Oppgave mangler	..
Null	-
Mindre enn 0,5 av den brukte enheten	0
Mindre enn 0,05 av den brukte enheten	0,0
Foreløpige tall	*

Appendix E: Referanseliste

1. VBB Samhållsbyggnad, Bydelsnett i Groruddalen december 1996
2. MILJØFORBEDRET TRAFIKK I OSLO, Handlingsplan for alternative drivstoff v/Ecotraffic Norge AS august 1995
3. NORSK VEG- OG VEGTRAFIKKPLAN 1998 - 2007, Prognoser for NVVP 1998 - 2007
4. SFT, Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater
5. PLAN- OG BYGNINGSETATEN, Byutviklingsavdelingen, juli 1995. Reduksjon av arbeidsparkeringsplasser i Oslo.
6. TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT, Nytteberegninger av tiltak i miljøforbedret trafikkplan for Oslo, 1039/1996 v/Karl-Erik Hagen
7. TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT, Køprising i et miljøperspektiv, 324/1996 v/Odd I. Larsen, Jens Rekdal
8. STATENS VEGVESEN VEGDIREKTORATET, Intern rapport nr. 1994 - Veggrepsprosjektet, august 1997
9. MILJØ- OG NÆRINGSMIDDELETATEN, Luftforurensinger i Oslo, Årsrapport 1997
10. NILU (1997): Beregning av NO₂ og PM₁₀-konsentrasjoner for Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Vinteren 1994/94. NILU OR 23/97. Norsk institutt for luftforskning. Kjeller.
12. NILU (1991): Erfaringer med DOAS-målinger i Oslo, vinteren 1989/90. NILU OR 29/91. Norsk institutt for luftforskning. Lillestrøm.
13. MiTO, Miljøforbedret Trafikk i Oslo, Byrådsavdeling for miljø og samferdsel, Oslo kommune, januar 1997
14. SFT, T1189, Forskrift om grenseverdier for lokal luftkvalitet og støy
15. NOU 1997:27, Nytte-kostnadsanalyser
16. NVVP 1997-2007, Veileder 4
17. SL Miljøprogram 1995

