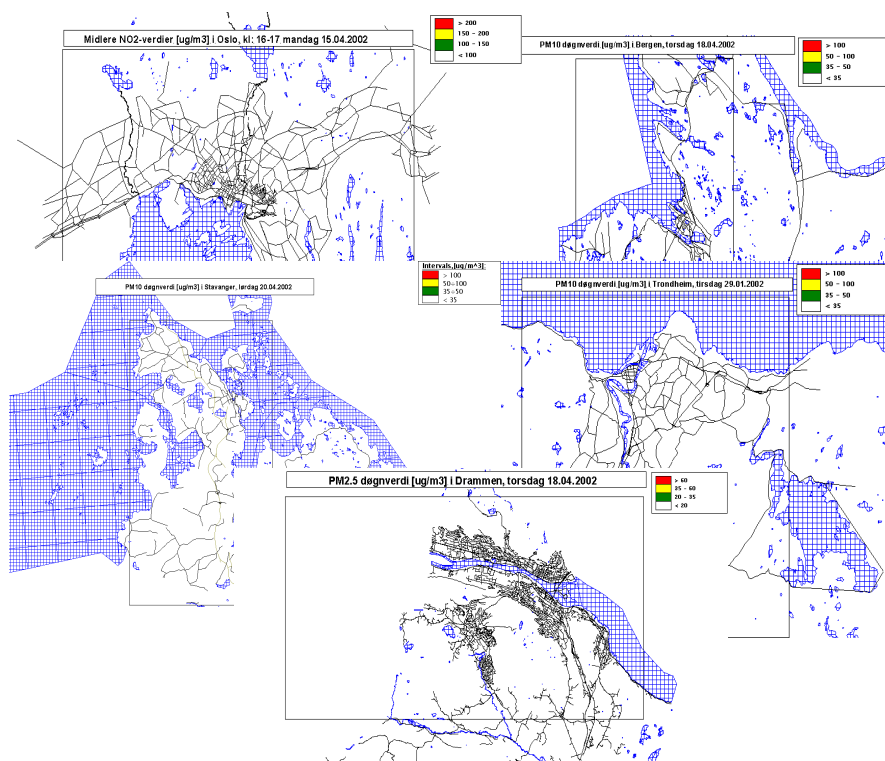




Bedre Byluft

Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2003/2004

Viel Ødegaard²⁾, Karl Idar Gjerstad¹⁾, Norvald Bjergene²⁾, Hildegunn T.B. Jablonska¹⁾ og Sam Erik Walker¹⁾



Norsk institutt for luftforskning



Meteorologisk
institutt
met.no



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Title Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2003/2004	Date 24. september 2004
Section Meteorologi	Report no. 12/2004
Author(s) Viel Ødegaard, Karl Idar Gjerstad, Norvald Bjergene, Hildegunn T.B. Jablonska og Sam Erik Walker	Classification <input checked="" type="checkbox"/> Free <input type="checkbox"/> Restricted
	ISSN 1503-8025
	e-ISSN 1503-8025
Client(s) Statens Vegvesen, Vegdirektoratet	Client's reference
Abstract I Bedre Byluftprosjektet er det utviklet et modellsystem for detaljerte prognoser av meteorologi og luftkvalitet i byene Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen og Stavanger. Hensikten med prognosemodellen har vært å gi kvantitative prognoser av NO ₂ , PM _{2,5} og PM ₁₀ i vintersesongen (1. november til 1. mai) for å støtte den lokale varslingen i hver enkelt by. Det har blitt produsert daglige prognoser for luftkvalitet med spredningsmodellen AirQUIS for StorOslo (Oslo og Drammen), Bergen og Trondheim gjennom sesongen basert på meteorologiske prognoser fra MM5. Systemet har fungert godt gjennom sesongen, uten avbrudd eller vesentlige forsinkelser med prognosene. Ved met.no ble det installert et nytt regneanlegg med stor kapasitet. De operasjonelle MM5-beregningene ble overført til dette regneanlegget i januar. I denne rapporten presenteres resultatene fra modellsystemet og sammenlignes med målinger av luftkvalitet i de fem byene vintersesongen 2003-2004. Meteorologiske inngangsdata sammenlignes med meteorologiske observasjoner. Det er valgt ut to perioder i hver by for et nærmere studium. I disse studiene er det fokus på kvaliteten av det endelige resultatet fra modellsystemet med målsetting å adressere feilene i prognosen til riktig element i modellsystemet. De meteorologiske prognosene har en typisk feil med for kraftige bakkeinversjoner i Oslo og Drammen og for lave vindhastigheter, spesielt i Bergen og Stavanger. Anbefalingene er at arbeidet med å oppdatere snødekke i modellen vha konvensjonelle bakkeobservasjoner og satellittbilder bør intensiveres og at modellområdet for Bergen, Trondheim og Stavanger bør utvides. For luftkvalitetsmodellen anbefales å oppdatere datagrunnlaget, spesielt på vedfyring, samt å forbedre beregningene av spredning av støv.	
Keywords luftkvalitet meteorologi byskala	

Disiplinary signature	Responsible signature
_____	_____

SAMMENDRAG

Som en del av Bedre Byluft-prosjektet er det utviklet et modellsystem for detaljerte prognoser av meteorologi og luftkvalitet i byene Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen og Stavanger. Hensikten med prognosemodellen har vært å gi kvantitative prognoser av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i vintersesongen (1. november til 1. mai) for å støtte den lokale varslingen i hver enkelt by. Prognoser gyldig for neste dag er ferdigstilt mellom 07:00 og 09:00 lokal vintertid, for å gi lokale myndigheter tilstrekkelig tid til å anvende prognosene i varslingen for neste dag.

Modellsystemet er utviklet på oppdrag for Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og er et resultat av et faglig samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Meteorologisk institutt (*met.no*). Systemet består av en modell for beregning av luftkvalitet (AirQUIS) og en meteorologisk modell som gir spesielt detaljerte prognoser (MM5). Meteorologidata fra MM5 velges ut og tilpasses AirQUIS. Systemet kjøres operasjonelt på Meteorologisk institutt.

Resultatene fra prognosemodellen legges automatisk ut på internett hver morgen. Brukerne kan hente prognoser for luftkvalitet og meteorologi her. Luftkvalitetsprognosene framstilles både som punktverdier og på kart. En subjektiv vurdering av de meteorologiske prognosene har vært tilgjengelig fra meteorologer i vaktjeneste. Varslingstjenesten i Oslo dekker Oslo og Drammen, mens varslingstjenesten i Bergen dekker Bergen, Trondheim og Stavanger.

Det har blitt produsert daglige prognoser for StorOslo (Oslo og Drammen), Bergen og Trondheim gjennom sesongen basert på meteorologiske prognoser fra MM5. MM5 for Stavanger er blitt kjørt noen enkeltdager samt daglig etter 25. mars. Systemet har fungert godt gjennom sesongen, uten avbrudd eller vesentlige forsinkelser med prognosene. Ved *met.no* ble det installert et nytt regnearbeid med stor kapasitet. De operasjonelle MM5-beregningene ble overført til dette regnearbeidet i januar.

I denne rapporten presenteres resultatene fra modellsystemet og sammenlignes med målinger av luftkvalitet i de fem byene vintersesongen 2003-2004. Meteorologiske inngangsdata sammenlignes med meteorologiske observasjoner. Det er valgt ut to perioder i hver by for et nærmere studium. I disse studiene er det fokus på kvaliteten av det endelige resultatet fra modellsystemet med målsetting å adressere feilene i prognosen til riktig element i modellsystemet.

Måledata for meteorologi og luftkvalitet er skaffet til veie fra kommunene og de lokale vegkontorene. De involverte takkes for denne bistanden til evaluering av systemet.

1. Beskrivelse av prognosemodellen	4
1.1 Den meteorologiske modellen	4
1.1.1 Endringer av meteorologiske modellen	4
1.2 Luftkvalitetsmodellen	6
1.2.1 Inngangsdata og versjoner	7
1.2.2 SSB-data	7
1.2.3 Bakgrunnsverdier	7
1.2.4 Tidsvariasjon for trafikk	8
1.2.5 Trafikkfaktorer for trafikk	9
1.2.6 PM ₁₀ – bidrag fra asfaltavriving	9
1.2.7 Oslo	9
1.2.8 Trondheim	10
1.2.9 Drammen	10
1.2.10 Bergen	10
1.2.11 Stavanger	10
1.2.12 Endringer og oppgraderinger av AirQUIS	11
2. Evaluering	13
2.1 Valg av evalueringsdøgn	13
2.2 Representasjonsnivå	13
2.3 Evalueringsmetode	14
3. Oslo	16
3.1 Meteorologi	16
3.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen	16
3.1.2 Meteorologi i periodene 8. - 18. januar 2004 og 6.-12. mars 2004	16
3.2 Luftkvalitet	17
3.2.1 Målestasjoner	17
3.2.2 Treff i prognosene gjennom hele sesongen	18
3.3. Spesialstudium 8. - 18. januar 2004	19
3.3.1 NO ₂	19
3.3.2 PM ₁₀	19
3.3.3 PM _{2,5}	19
3.4 Spesialstudium 6. – 13. mars 2004	19
3.4.1 NO ₂	19
3.4.2 PM ₁₀	20
3.4.3 PM _{2,5}	21
4. Drammen	23
4.1 Meteorologi	23
4.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen	23
4.1.2. Meteorologi i periodene 8. - 18. januar 2004 og 6. – 13. mars 2004	23
4.2 Luftkvalitet	24
4.2.1 Målestasjoner	24
4.2.2 Treff i prognosene gjennom hele sesongen	24
4.3 Spesialstudium av perioden 8. - 18. januar 2004	24
4.3.1 NO ₂	24
4.3.2 PM ₁₀	24
4.4 Spesialstudium av perioden 6. - 12. mars 2004	24
4.4.1 NO ₂	24
4.4.2 PM ₁₀	25

5. Bergen.....	26
5.1 Meteorologi.....	26
5.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen.....	26
5.1.2 Meteorologi i periodene 20. - 30. november 2003 og 6. - 15. mars 2004.....	26
5.2 Luftkvalitet.....	27
5.2.1 Målestasjoner.....	27
5.2.3 Treff i prognosene gjennom hele sesongen.....	27
5.3 Spesialstudium av perioden 20. - 30. november 2003.....	27
5.3.1 NO ₂	27
5.3.2 PM ₁₀	28
5.3.3 PM _{2,5}	29
5.4. Spesialstudium av perioden 6. - 15. mars 2004.....	29
5.4.1 NO ₂	29
5.4.2 PM ₁₀	30
5.4.3 PM _{2,5}	30
5.5 Verifikasjon av utsendte luftkvalitetsvarsler i varslingssesongen 2003 – 2004.....	30
6. Trondheim.....	32
6.1 Meteorologi.....	32
6.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen.....	32
6.1.2 Meteorologi i periodene 12. - 18. desember 2003 og 7. – 12. mars 2004.....	32
6.2 Luftkvalitet.....	33
6.2.1 Målestasjoner.....	33
6.2.2 Treff i prognosene gjennom sesongen.....	33
6.3 Spesialstudium av perioden 11. - 19. desember 2003.....	34
6.3.1 NO ₂	34
6.3.2 PM ₁₀	34
6.3.3 PM _{2,5}	34
6.4 Spesialstudium av perioden 7. - 12. mars 2004.....	34
6.4.1 NO ₂	34
6.4.2 PM ₁₀	35
6.4.3 PM _{2,5}	35
7. Stavanger.....	36
7.1 Meteorologi.....	36
7.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen.....	36
7.1.2 Meteorologi i periodene 16. - 24. februar 2004 og 21. - 30. april 2004.....	36
7.2 Luftkvalitet.....	36
7.2.1 Målestasjoner.....	36
7.2.2 Treff i prognosene gjennom sesongen.....	36
7.3 Spesialstudium av perioden 16. - 23. februar 2004.....	37
7.3.1 NO ₂	37
7.3.2 PM ₁₀	37
7.4 Spesialstudium av perioden 21. - 30. april.....	37
7.4.1 NO ₂	37
8. Konklusjoner og anbefalinger.....	38
8.1 Det operasjonelle modellsystemet.....	38
8.2 Meteorologi.....	38
8.3 Luftkvalitet.....	38
Referanser.....	40

1. BESKRIVELSE AV PROGNOSEMODELLEN

1.1 Den meteorologiske modellen

Meteorologisk Institutt (*met.nos*) operasjonelle numeriske værvarslingsmodeller består av HIRLAM20 (20 km horisontal gitteravstand) og HIRLAM10 (10 km horisontal gitterpunktsavstand). Med HIRLAM20 beregnes fire 60-timers prognoser daglig med utgangspunkt i observasjonene 00, 06 12 og 18 UTC. Modellen kjører på et begrenset område som dekker deler av Nord-Amerika, Nord-Atlanteren, Polhavet og Europa og må derfor ha informasjon inn på rendene. Denne hentes fra ECMWFs globale prognoser.

Med HIRLAM10 beregnes det to 48-timers prognoser daglig med utgangspunkt i HIRLAM20-prognoser fra 00 og 12 UTC. Randverdier til HIRLAM10 er også gitt fra ECMWF.

For økt detaljering i lokale prognoser for 5 norske byer benyttes MM5, en numerisk værvarslingsmodell utviklet i USA ved National Centre of Atmospheric Research (NCAR). Med MM5 beregnes prognoser i 3*3km gitter som dekker Sør-Norge. Videre beregnes prognoser for Stor-Oslo m. Drammen, Bergen, Trondheim og Stavanger med MM5 i et 1*1km gitter. 24 – 48-timers prognoser fra HIRLAM10 gir rand- og startverdier til MM5-3km mens MM5-3km gir randverdier til MM5-1km. Resultatene fra MM5-1km benyttes til spredningsberegninger med AirQUIS.

Resultatene fra MM5 er tilgjengelige ca. 05 UTC og er gyldige for neste døgn. Modellen blir kjørt lokalt på *met.nos* datamaskiner mens HIRLAM10/20 kjøres på Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitets (NTNU) tungregnearbeid.

1.1.1 Endringer av meteorologiske modellen

1.1.1.1 Utvidelse av de operasjonelle modellene

I januar 2004 ble det gjort en oppgradering av datamaskinene ved *met.no* til et IBM linux-cluster med 40 noder a 2 prosessorer. Oppgraderingen medførte en betydelig økning i hastigheten til Bedre Byluft-beregningene og ga dermed mulighet for daglige beregninger for alle byene. For Stavanger ble det imidlertid ikke utført daglige beregninger før slutten av mars. De daglige kjøringene er en oppfølging av anbefalingene fra evalueringsrapporten 2002-2003 (Ødegaard et al., 2003).

1.1.1.2 Temperaturprognosene

I evalueringsrapporten for Bedre Byluft 2002-2003 (Ødegaard et al., 2003) ble det anbefalt å vurdere tiltak som ville forbedre prognosene for 2m temperatur i MM5. HIRLAM10 ble oppgradert til ny versjon og satt opp til å benytte randverdier fra ECMWF (Bjørge et al., 2003). Den nye versjonen av HIRLAM har bl.a. et nytt skjema for beregning av temperatur og fuktighet i jorda og på bakkens overflate. De nye beregningene har gitt vesentlig mindre feil i temperaturprognoser for 2m i HIRLAM10. Inngangsdata for bakketemperatur og fuktighet til MM5 har også mindre feil som følge av oppgraderingen. Verifikasjon av 2m temperatur (Appendix A) viser for siste sesong at temperaturen initielt i prognosen ikke er så mye for kald som verifikasjonen av forrige sesongs prognoser viste. Verifikasjonen for siste sesong er mer signifikant fordi det er MM5-prognoser for hele sesongen i alle byene unntatt Stavanger.

1.1.1.3 UK-UM

Som beskrevet i evalueringsrapporten for sesongen 2002/2003 har Meteorologisk institutt inngått et samarbeid med UK Met Office om modellering på lokal skala. Samarbeidet innebærer at

Meteorologisk institutt skal sette opp og kjøre den ikke-hydrostatiske modellen Unified Model (UM) for Norge. Dette arbeidet er prioritert ved Meteorologisk institutt og målet er å få en operasjonell ikke-hydrostatisk modell som dekker alle behov for modellering av vær på lokal skala.

Arbeidet med UM-modellen har gått kontinuerlig gjennom hele sesongen. Status pr. 15. juni 2004 er at UM kjøres daglig på et 4x4 km gitter som dekker hele Norge. Byområdene StorOslo, Trondheim, Bergen og Stavanger planlegges satt opp med 1x1 km gitter innenfor dette området og kjørt daglig fra høsten 2004. Modellen er kjørt på NTNUs tungregnearbeid i Trondheim men testes nå også på Meteorologisk institutts linux-cluster der UM for Bedre Byluft etter planen skal kjøres.

UM har produsert daglige data siden sommeren 2003, og har gjennomgått en grundig kvalitetssjekk i denne perioden. Det er produsert verifikasjon av prognosene for vind og temperatur.

Gjenstående arbeid for å erstatte MM5 med UM i Bedre Byluft består i å rapportere verifikasjonsresultater for vind og temperatur. I tillegg må det genereres prognoser med UM for en periode fra sesongen som nå avsluttes. Modellresultatene må inspiseres nøye for kvaliteter som er viktige når modellen skal produsere inngangsdata til AirQUIS. Til slutt må det lages et nytt grensesnitt mellom meteorologimodell og AirQUIS basert på at UM teknisk sett er forskjellig fra MM5 når det gjelder horisontalt og vertikalt koordinatsystem, outputparametre og outputtider.

1.1.1.4 Økt oppløsning i initial- og randverdier til MM5

Anbefalingen om å vurdere økt oppløsning i inngangsverdiene til MM5 er gjennomført med eksperimentkjøringer av modellene.

Med utgangspunkt i anbefalingene i rapporten fra sesongen 2002/2003 er det gjort et forsøk med å øke oppløsning i initial- og randverdier til MM5. HIRLAM10 er etter forrige sesong oppgradert til 40 vertikale lag. Mye av informasjonen om den vertikale strukturen i atmosfæren fra HIRLAM10 går tapt ved interpolasjon av data fra 40 modellflater til 15 trykkflater, som er standard input til MM5.

En typisk feil i prognosene fra MM5 er at det beregnes for stor stabilitet nær bakken. Det har ikke vært mulig å verifisere den høye stabiliteten som modellen gir med noen av de tilgjengelige observasjonsdata, dvs. temperaturmålinger i to nivåer fra Valle Hovin og sammenligning av temperaturen observert på Blindern og på Tryvasshøgda. Siden HIRLAM10 ikke har tendens til å beregne for stor stabilitet kunne det tenkes at en bedre oppløsning vertikalt i data fra HIRLAM10 til MM5 ville gi bedre resultater for MM5.

En testperiode fra 16. til 25. februar 2003 ble valgt ut på grunnlag av tilgjengelige randverdier for rekjøring av HIRLAM10 og tilgjengelige observasjonsdata fra Valle Hovin fra Oslo Kommune.

Resultatene fra testkjøringene med HIRLAM10 og MM5 er vist i figurene i Appendix E. Her vises tidsserier av temperatur, vind, vindretning, prognosefeil og stabilitet samt vindroser fra stasjonene Blindern, Valle Hovin og Tryvasshøgda. Den operasjonelle versjonen av MM5 med inngangsdata på 15 trykkflater er kontroll eksperimentet og betegnes CTL mens eksperimentet med inngangsdata på 26 trykkflater (eksperiment 1) betegnes E01.

På Blindern har E01 en større prognosefeil for 2m temperatur enn CTL. Prognosen er for varm de første dagene i perioden. Prognosefeilen for 10m vindhastighet er ikke så veldig forskjellig i CTL

og i E01. Stabiliteten beregnet for Blindern er litt høyere i E01 i denne perioden. Det nederste laget i MM5 ligger veldig nær bakken, slik at en høyere temperatur i dette laget også vil gi utslag på 2m temperaturen.

Prognosene for Tryvasshøgda er også ganske like når det gjelder vindhastighet, men her har temperaturen i 2m betydelig høyere i E01 enn i CTL som er vesentlig for kald de varmeste dagene. Stabiliteten i E01 er høyere enn i CTL. Vinden beregnet for Tryvasshøgda varierer lite mellom E01 og CTL.

Prognosene for Valle Hovin differerer også lite i vindhastighet. Temperaturprognosene for 2m fra CTL stemmer bedre enn prognosene fra E01. Det samme gjelder prognosene for temperatur i 25m høyde.

Prognosene fra E01 ser ut til å gi bedre muligheter for å varsle riktig i høyereliggende områder, men dette går på bekostning av prognosekvaliteten i de lavtliggende områdene, slik som bykjernen. Det er ingen ting i resultatene som tyder på at problemene med for høy stabilitet kan løses ved å forbedre oppløsningen i initial- og randverdier til MM5, derfor vil ikke endringen bli satt i drift.

1.2 Luftkvalitetsmodellen

Spredningsberegningene i Bedre Byluft-prosjektet blir gjennomført ved hjelp av NILUs AirQUIS system. AirQUIS er et system for luftkvalitetsovervåking og miljøinformasjon (Air Quality and Information System) i sin tid utviklet av NILU i samarbeid med NORGIT Senteret A/S. Systemet inneholder flere delsystemer, bl.a. en måledatabase, en utslippsdatabase, sprednings- og eksponeringsmodeller, samt ulike måter å presentere data og resultater på grafisk, basert på moderne GIS verktøy. AirQUIS er senere blitt videreutviklet av NILU. NILU vil i løpet av kort tid ferdigstille en helt ny egen versjon av AirQUIS som planlegges å bli brukt i Bedre Byluft.

I forbindelse med beregningene i Bedre Byluft er det brukt en spesiell versjon av AirQUIS som kalles AirQUIS Forecast. Beregningene med AirQUIS Forecast foregår i flere trinn. Først blir utslipp fra de tre kildekategoriene areal, punkt og linje beregnet for valgt time, dvs. at utslippsfaktorer og tidsvariasjoner for denne timen benyttes til å beregne et utslipp ved bruk av statiske trafikk, utslipps- og forbruksdata som årssett i utslippsbasen. Man tar her hensyn til faktorer som f.eks. temperatur, kjøretøysammensetning og piggdekkandel. Prognosemodellen kan derfor ikke dekke dager med spesielle utslippsforhold som veiarbeid, bråtebrenning og husbranner. Deretter kombineres utslippsdataene med meteorologiske data for å beregne transport og spredning av utslippene i form av konsentrasjonsfelter for hver time og for hver komponent. Arealene til AirQUIS er for alle byene gitt i et 1*1km rutenett. Størst usikkerhet i utslippsdataene knyttes trolig til PM₁₀ utslippsmodulen. Utslipp av partikler (PM₁₀ og PM_{2,5}) beregnes ut fra trafikens kjøretøysammensetning og trafikkhastighet. Først beregnes eksospartikkelutslippet, deretter finfraksjon av veistøv (PM_{2,5}). Grovfraksjonen i partikkelutslippet, d.v.s. forskjellen mellom utslippet av PM₁₀ og PM_{2,5}, beregnes deretter ut fra piggdekkandel, graden av fuktighet på veibanen og resuspensjonsbidraget (Tønnesen, 1997). For å bestemme hvor tørr veibanen er, trenger man kjennskap til nedbørmengde, hvor lang tid det har gått siden det falt nedbør, luftfuktighet og temperatur. Disse dataene hentes fra MM5 (eller HIRLAM10). Graden av fuktighet på veibanen modifierer både PM_{2,5}- og PM₁₀-utslippet som stammer fra veislitasje. Nytt for 2003/2004 sesongen er at dugging også er inkludert som en dempende faktor på både PM_{2,5}- og PM₁₀-konsentrasjonene.

1.2.1 Inngangsdata og versjoner

Det er installert en versjon av AirQUIS Forecast på *met.no* for alle byer. Applikasjonen er fleksibel siden utslippsdata blir hentet dynamisk fra databasene. Dette innebærer at endringer i kilder, f.eks. endring av veidata, piggdekkprosent osv., lett kan gjøres underveis i sesongen. Inngangsdataene for beregningene består av trafikkdata, forbruk av fossilt brensel fra punktkilder og arealkilder, samt meteorologiske data og bakgrunnsverdier av NO₂, NO_x, O₃ (ozon), PM₁₀ og PM_{2,5} for beregningsperioden. I tillegg benyttes befolkningsfordeling i ruter og i bygningspunkter til å beregne eksponering.

1.2.2 SSB-data

Forbruksdata fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) er inndelt i ca. 80 kildekategorier. For å redusere antall kategorier som brukes i beregningene blir kildekategoriene fra SSB slått sammen til såkalte samlekategorier (

Tabell 1.1). Samlekategoriene 1 til og med 6 er data fra SSB. Veitrafikk, kildekategori 7, er trafikkdata levert av samferdselssektorene (Kap. 1.2.4 – 1.2.6).

Tabell 1.1: Samlekategorier benyttet i AirQUIS Forecast beregningene.

Samlekategori	Beskrivelse
1	Vedfyring
2	Industri
3	Primærnæring, offentlig forvaltning og privat tjenesteyting
4	Oppvarming unntatt vedfyring
5	Motorredskap unntatt gressklippere
6	Skip og jernbane
7	Trafikk

Forbrukstall for hver kildekategori levert av SSB multipliseres med utslippsfaktorer for NO_x, NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5}. Dette gir primærutslipp av disse komponentene for hver kildekategori. Utslippsfaktoren for NO₂ er 10 % av utslippsfaktoren for NO_x. Deretter sorteres de ulike kildekategoriene i de enkelte samlekategoriene, og utslippene innenfor hver grunnkrets summeres. Dette gir totalutslipp fra hver samlekategori innenfor hver grunnkrets.

Utslippsfaktorene for PM₁₀ fra vedfyring er som i Bedre Byluft prognosemodell for sesongen 2002/2003. Det vil si betydelig større enn det som er benyttet før 2002/2003-sesongen. Vedforbruket er noe redusert i Oslo i forhold til tidligere data, mens i Trondheim og Bærum er det relativt liten forskjell i vedforbruket i forhold til data for 1998. Dette fører til en betydelig større andel av utslipp av PM₁₀ fra vedfyring i forhold til data mottatt tidligere. SSB har under utarbeiding nye tall for når og hvor mye det fyres i Bergen, Oslo og Trondheim. Mesteparten utslippet fra vedfyring vil variere med utetemperaturen. Planen er at dataene innarbeides i AirQUIS før neste varslings sesong.

1.2.3 Bakgrunnsverdier

Luftkvalitetsmodellen regner kun bidraget fra lokale kilder. Modellen må derfor anta bakgrunnskonsentrasjoner for at nivåene ikke skal bli for lave. Bakgrunnsverdiene som er brukt for de fire byene for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} er vist i Tabell 1. 2.

Tabell 1. 2: Bakgrunnskonsentrasjoner av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} brukt i luftkvalitetsmodellen i de fire byene. Enhet: mg/m³.

By	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}
Oslo Drammen Stavanger	2,0	6,0	4,1
Bergen	1,5	5,1	3,4
Trondheim	0,9	1,9	1,3

Beregningene av NO₂ avhenger bl.a. av ozonkonsentrasjonene (O₃). O₃-bakgrunn for de fire byene er vist i en tabell med bakgrunnsverdi for hver time i døgnet (Tabell 1.3), som er ment å simulere en midlere døgnsyklus av denne komponenten på vinterstid i Sør-Norge. For Oslo er ozonverdiene beregnet på grunnlag av timesdata i vinterperioden 1999-2000 av maksimum på de tre stasjonene Jeløya, Prestebakke og Hurdal. For hver time i døgnet beregnes det en middelvei av disse maksimumsverdiene som vist i tabellen. For Drammen og Stavanger er det brukt samme tabulerte ozonverdier som for Oslo. For Bergen og Trondheim er det brukt middelveier for hver time i døgnet henholdsvis for stasjonene Voss og Kårvatn.

Tabell 1.3: Bakgrunnskonsentrasjoner av ozon (O₃) for hver time i døgnet brukt i luftkvalitetsmodellen i de fire byene. Enhet: mg/m³.

Kl.	Oslo, Drammen og Stavanger	Bergen	Trondheim
1	61,3	64,7	66,8
2	61,3	64,1	67,4
3	60,6	63,6	67,3
4	60,3	63,2	67,0
5	60,2	62,8	66,5
6	60,2	62,5	66,3
7	59,5	62,6	67,1
8	59,4	62,4	67,4
9	59,7	62,2	68,9
10	61,1	61,9	69,9
11	62,7	62,4	71,1
12	63,6	63,0	72,0
13	64,6	64,1	71,4
14	65,0	65,1	71,0
15	64,8	65,1	69,9
16	63,9	65,0	69,5
17	63,3	65,0	69,3
18	62,7	65,3	69,4
19	62,3	65,3	69,2
20	62,5	65,0	68,8
21	62,1	64,6	68,7
22	61,5	64,8	68,3
23	61,7	64,6	68,1
24	61,9	65,1	67,8

1.2.4 Tidsvariasjon for trafikk

I beregningen brukes tidsvariasjon for trafikk for å fordele årlig døgntrafikk (ÅDT) til timestrafikk. Døgnfordeling av trafikken er basert på tellinger på E18 i Drammen i 2000. Tidsvariasjonen for trafikk på E18 i Drammen er levert av Buskerud vegkontor (Buskerud

vegkontor, 2001). NILU har justert trafikkandelen et par timer midt på natten slik at det gir en bedre overensstemmelse med kjøremønsteret i Oslo og Trondheim.

1.2.5 Trafikkfaktorer for trafikk

Utslippsfaktorene er fra Nasjonal utslippsmodell for veitrafikk for 1997.

1.2.6 PM₁₀ – bidrag fra asfaltavrivning

Statens vegvesen Veidirektoratet (Statens vegvesen, 2003) har oppgitt prosentvis trafikkarbeid med piggfrie dekk for 2001 i Oslo og Trondheim. Asfaltavrivning fra piggdekk er en signifikant kilde for grovfraksjon svevestøv i byer i Norge. Hvor mye svevestøv som genereres fra piggdekk er gitt ved følgende likning:

Grovfraksjon støvutslipp per kjøretøy =

$$c * a * (TT + b) * G(v) * RP * \text{fuktighetsdemping},$$

der:

$$RP = 0,98 * PD + 0,02.$$

Konstantene a , b og c er empirisk definerte parametere, TT er prosentandel tungtrafikk, $G(v)$ er en hastighetsfunksjon, RP er resuspensjonsfaktor og PD er prosentandel piggdekkbelastet trafikkarbeid. Sammenligning med måleresultater har vist at likningen for avrivingsmengde underestimerer utslippet av PM₁₀. Dette skyldes trolig vurderingen av faktorene a , b og c . Disse parametrene er implementert (hardkodet) i utslippsmodulen og er derfor ikke justerbare. Det eneste som er brukerstyrt er RP -faktoren. For å kompensere for underestimering har vi for sesongen 2003/2004 valgt å erstatte RP -faktoren med en fiktiv empirisk vurdert faktor for å oppnå bedre treff for utslipp av PM₁₀. Dette er en mer hensiktsmessig måte å løse problemet på siden denne faktoren ligger i databasen og kan derfor lettere justeres. I den nye versjon av AirQUIS er imidlertid også konstantene a , b og c styrt av brukeren slik at lokal tilpasning av modellen er lettere å få til.

Tabell 1.4: Piggfriandelen i år 2003 i de ulike byene i Bedre Byluft.

By	Piggfriandelen 2003 (%)
Oslo	71,6
Trondheim	58,9
Bergen	67,6
Drammen	58,7
Stavanger	70,9

1.2.7 Oslo

Denne basen er uendret fra forrige sesong.

Utslippsdata i Oslo bygger på arbeid bl.a. utført i forbindelse med prosjektet *Rikets Miljøtilstand 2001* (Laupsa, 2002a). Utslipps- og forbruksdata fra stasjonære kilder er levert av SSB med faktorer som beskriver tidsvariasjonen gjennom året og er oppdatert fra 1995 til 1998. Forbruksdata for ved er gyldige for 1999 og utslippsfaktorene er gyldige for 2000. Vedforbruket er noe redusert i Oslo i forhold til tidligere data. Utslippsfaktorene for PM₁₀ for ved er betydelig

større enn det som er benyttet tidligere. Dette fører til en betydelig større andel av utslipp av PM₁₀ fra vedfyring i forhold til data mottatt tidligere. Det er ønskelig å oppdatere utslipps- og forbruksdata for vedfyring i Oslo og Bærum. Dette arbeidet pågår hos SSB, men vi har dessverre ikke mottatt nye data til å inkludere det for sesongen 2003/2004.

Veinettet i Oslo er også samme som 2002/2003 sesongen. For utslipp fra veitrafikk i Oslo er det benyttet vei- og trafikkdata for 1992 som hovedsakelig kommer fra prosjektet *Transportplan i 10 byer 1992*. Trafikkdata er imidlertid skalert frem til 2000 i hht. *Nasjonal transportplan 2002-2011* (Statens vegvesen, 1998). Nytt hovedveinett er lagt inn og er fra beregnet med en trafikkmodell fra Scandiaconsult (MA2-kjøringer) (Laupsa, 2002b) for 1999. Veinettet i Oslo-området er også oppdatert med de tunneler som var åpnet i 2000/2001.

Store deler av hovedveinettet er i tillegg manuelt kvalitetssikret og korrigert. Korreksjonene er basert på tellinger fra Statens vegvesen Oslo fra 1999 t.o.m. 2002. I tillegg er deler av de viktigste kommunale og fylkeskommunale veiene kontrollert og oppdatert i samarbeid med Helsevernetaten i Oslo.

1.2.8 Trondheim

Denne basen er uendret fra forrige sesong.

Utslipps- og forbruksdata fra stasjonære kilder er levert av SSB med faktorer som beskriver tidsvariasjonen gjennom året og er oppdatert fra 1995 til 1998. Forbruksdata for vedfyring er gyldige for 1999, og utslippsfaktorene er gyldige for 2000. Det er relativt liten endring i vedforbruket i Trondheim. Utslippsfaktorene for PM₁₀ for vedfyring er imidlertid betydelig større enn det som er benyttet tidligere. Dette fører til en betydelig større andel av utslippet av PM₁₀ fra vedfyring i forhold til data mottatt tidligere.

Trafikkdata er også oppdatert. For utslipp fra veitrafikk i Trondheim er det benyttet vei- og trafikkdata for 1998. Data er levert av Sør-Trøndelag vegkontor. I tillegg er hovedveinettet manuelt kvalitetssikret og oppdatert

1.2.9 Drammen

Denne basen er uendret fra forrige sesong.

Utslipps- og forbruksdata fra stasjonære kilder er levert av SSB og er oppdatert fra 1995 til år 2000. For utslipp fra veitrafikk er det benyttet vei- og trafikkdata som er samlet inn for prosjektet *Transportplan i 10 byer i 1992*. Døgnfordelingen av trafikken er basert på tellinger utført av Buskerud vegkontor på E18 utenfor Drammen i 1999.

1.2.10 Bergen

Utslipps- og forbruksdata fra stasjonære kilder er levert av SSB og er fra 1995. For utslipp fra veitrafikk er det benyttet vei- og trafikkdata som er oppdatert i 2003 i forbindelse med prosjektet *Oppdatering av trafikk og arealbefolkning for Bergen i AirQUIS* (Guerreiro, 2004). Døgnfordelingen av trafikken er basert på tellinger i Oslo fra 1996.

1.2.11 Stavanger

Denne basen er uendret fra forrige sesong.

Utslipps- og forbruksdata fra stasjonære kilder er levert av SSB med faktorer som beskriver tidsvariasjonen gjennom året og er fra 1998. For utslipp fra veitrafikk er det benyttet vei- og trafikkdata basert på tellinger og trafikkberegninger fra Vstøy/Vbase 4.4 med beregningsår 2000. For kommunene Stavanger, Sola, Sandnes og Randaberg foreligger kun vei- og trafikkdata for

europaveier, riksveier og delvis fylkesveier. Det er ikke trafikkdata på kommunale veier. Døgnfordelingen av trafikken er basert på tellinger utført av Buskerud vegkontor på E18 utenfor Drammen i 1999, som vi anser som relevante også for Stavanger.

1.2.12 Endringer og oppgraderinger av AirQUIS

1.2.12.1 Endringer i MM5-postprosessoren

I forbindelse med inkludering av ny støvmodul i AirQUIS ble det behov for å ta ut to nye meteorologiske parametre fra MM5: Duggpunktstemperatur og bakketemperatur. Da duggpunktstemperaturen ikke direkte er tilgjengelig fra MM5, ble en ny rutine for beregning av denne på basis av spesifikk fuktighet (kg vanndamp/kg luft), temperatur og trykk utviklet i samarbeid med *met.no*. Bakketemperaturen kunne imidlertid hentes direkte fra MM5. Postprosessoren ble også endret slik at man i grensesnittet til denne nå kan velge hvilke MM5-prognosetidspunkt man velger å sende videre til AirQUIS. I tillegg ble postprosessoren endret ved at C-kode for beregning av koordinattransformasjon fra lengde/bredde til UTM ble erstattet med Fortran-kode.

1.2.12.2 Vindblåst støv

Under snøsmeltingsperioden om våren blir det frigjort store mengder svevestøv, PM_{10} , som har vært deponert i og under snøen i vintersesongen. Dette depotet er en betydelig kilde til svevestøv i denne perioden. Tidligere har ikke AirQUIS hatt noen rutine for å beregne bidrag fra deponert svevestøv. Dette har ført til en betydelig underestimering av PM_{10} -nivået i de aktuelle ukene om våren.

Nytt i år er en rutine som skal beregne dette bidraget til luftkvaliteten. En kryssboks i brukergrensesnittet angir om rutinen skal aktiveres. Støv som virvles opp gjennom vinteren vil avsettes på bakken med en avsetningshastighet på 0,003 m/s. Når snøen smelter om våren vil det støvet som er blitt avsatt frigjøres dersom vinden er sterk nok og det ikke regner. Det antas at kun det støvet som er deponert på glatte flater vil bli frigjort. Glatte flater betyr i denne sammenheng asfalt og bygninger. Det er antatt at timemidlet vindhastighet må være minst 4 m/s for at støv skal frigjøres, og at nedbøren ikke må overstige 0,4 mm/time. Dersom frigjøringen av støv først er inntruffet, vil den fortsette inntil vindhastigheten kommer under 1 m/s eller det kommer nedbør over 0,4 mm/time. Utslipp av lagret PM_{10} beregnes som et arealutslipp i gram per sekund i hver enkelt rute.

1.2.12.3 Manuelt styrt av/på- knapp for støvdemping ved snøfall

Det har blitt utviklet en rutine for å aktivisere demping av PM_{10} ved signifikante mengder nedbør i form av snø. Denne rutinen kan aktiviseres ved at vakthavende meteorolog manuelt slår på knappen når det er meldt større snømengder. Da vil tidligere input data fra MM5 bli overprøvd slik at PM_{10} dempes. Rutinen ble installert i april og er operativ, men for 2003/2004 sesongen ble den ikke brukt fordi det ikke kom tilstrekkelige snømengder etter installasjonen.

1.2.12.4 Ny opptørkingsrutine

Erfaringer fra tidligere sesonger har vist at modellen ikke har klart å dempe konsentrasjoner av PM_{10} ved nedbør, i tiden like etter nedbør, eller under forhold med dugging. For sesongen 2003/2004 ble det utviklet en ny rutine som skulle sørge for denne dempingen. Rutinen krevde at det også ble tatt ut duggpunkttemperatur og bakkepunkttemperatur fra MM5.

Den nye rutinen beregner støvdemping i henhold til tre algoritmer. Den første vurderer om det er nedbør eller hvor lenge det siden nedbør. Denne algoritmen demper støvkonsentrasjonen med en

faktor på 0,2, 0,25 eller 0,3. Den andre algoritmen demper støvkonsentrasjonen med en faktor på 0,3 dersom bakketemperaturen er lavere enn duggpunkttemperaturen. Den tredje og siste algoritmen demper støvkonsentrasjonen med en faktor på 0,3 dersom lufttemperaturen er lavere enn 0 °C mellom kl 17:00 og kl 09:00. Bare den laveste av disse dempingsfaktorene blir gjeldende. Denne rutinen ble installert før sesongen startet.

2. EVALUERING

Evalueringen av de meteorologiske prognosene er utført for alle MM5-prognoser. Det omfatter alle dager fra 1. november 2003 til 30. april 2004. Huller i datamaterialet forekommer, men kun i et ubetydelig omfang. Beregning av treffprosent for luftkvalitetsprognoser er gjort for alle tilgjengelige data, dvs. periodene angitt i Tabell 2.1. Evalueringen av luftkvalitetsprognosene er utført for dagene angitt i tabell 2.1.

2.1 Valg av evalueringsdøgn

For hver av byene er det valgt ut to perioder til spesialstudier i sesongen 2003-2004. De utvalgte periodene for hver by er angitt i Tabell 2.2 og omfatter perioder da det er målt høye konsentrasjoner av luftforurensning eller perioder som det er interessant å studere nærmere fordi de kan belyse kvaliteten av prognosesystemet. For Stavanger er det gjort beregninger med MM5 bare fra den 25. mars og ut sesongen. Luftkvalitetsprognosene som er beregnet for februarperioden er basert på meteorologiske inngangsverdier fra HIRLAM10. Beregningene med AirQUIS for aprilperioden inkluderer effekten av piggdekk, derfor er prognosene for støv ikke representative og vil ikke omfattes av evalueringen..

Tabell 2.1. Evalueringsdøgn for luftkvalitetsprognoser for prosjektbyene sesongen 2003-04.

By	Periode 1	Periode 2
Oslo	8. – 18. januar	6. – 13. mars
Trondheim	11. – 19. desember	7. – 12. mars
Bergen	20. – 30. november	6. – 15. mars
Stavanger	16. – 23. februar	21. – 30. april

2.2 Representasjonsnivå

I Tabell 2.2 ses fargekodene på de forskjellige nivåene i AirQUIS Forecast for komponentene NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} som tilsvarer varslingsklassene 1 til 4.

Tabell 2.2: Konsentrasjonsintervaller i varslingsklasser og fargekoder brukt i AirQUIS Forecast for de ulike komponentene. NO₂ gjelder timemiddel mens PM₁₀ og PM_{2,5} gjelder døgnmiddel.

Enhet: µg/m³.

NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	Varslingsklasse	Fargekode
0-100	0-35	0-20	0	
100-150	35-50	20-35	1	Yellow
150-200	50-100	35-60	2	Orange
> 200	> 100	> 60	3	Red

Det er lagt inn et intervall på 2 µg/m³ rundt overgangene med glidende overgang i fargene.

2.3 Evalueringsmetode

For evaluering av de meteorologiske prognosene beregnes differansen prognose minus observasjon for hver observasjonstermin (E_i) av variablene 2m temperatur og 10m vindhastighet. Gjennomsnittet av differansen er prognosens *bias*, et uttrykk for den systematiske feilen. Prognosen bør ha *bias* så nær null som mulig.

$$E_i = O_i - P_i$$

$$bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

Differansens variasjon omkring gjennomsnittsverdien fra observasjonstidspunkt til observasjonstidspunkt måles i standardavvik av feilen (*stde*) og uttrykker den usystematiske (tilfeldige) feilen. *Stde* er alltid et positivt tall, men skal ideelt sett være nær null. Det er vanlig at *stde* for en numerisk værprognose øker med prognoselengde. Dette har sammenheng med at forutsigbarheten av en del værparametre, og spesielt trykket, avtar med prognoselengde. Det er nyttig å skille mellom den systematiske feilen og den tilfeldige feilen fordi den systematiske feilen kan tenkes korrigert med statistiske metoder. Det er vanskeligere å finne gode metoder som reduserer den tilfeldige feilen.

$$stde = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(P_i - \bar{P}) - (O_i - \bar{O})]^2}, \text{ der } \bar{P} \text{ og } \bar{O} \text{ er gjennomsnittet over alle stasjoner av hhv.}$$

prognose og observasjon.

Som et mål på den totale feilen er *rmse* (root mean square error) framstilt i plottene.

$$rmse = \sqrt{bias^2 + stde^2}$$

Vindrosene som er vist i Appendix A viser fordelingen av alle vindtilfellene i modellene og observasjonene på vindretning og 5 klasser av vindhastighet.

Treffprosenten for varslingsklassene definert i Tabell 2.2 er beregnet på følgende måte: Høyeste prognoserte og høyeste observerte varslingsklasse per dag er funnet. Disse to blir sammenlignet og det er funnet antall dager hvor disse stemmer overens. Prosentvis treff innenfor døgn er så beregnet ved å dividere antall dager treff med antall dager observert per varslingsklasse for en tidsperiode (månedsvise eller et tall for hele sesongen).

Spesialstudiene omfatter en grundigere analyse av to perioder i hver by. Periodene som er valgt ut representerer perioder da det er observert høyt forurensningsnivå eller perioder der modellene har hatt problemer med å beregne riktige prognoser. Målte og beregnede verdier for de forskjellige komponentene og målestasjonene blir framstilt som tidsserier. Siden den endelige prognosen er resultat av flere forskjellige modeller er adressering av feilkilden for prognosen et viktig mål for tolkningen av tidsseriene.

Når meteorologiske observasjoner er tilgjengelig for samme lokalitet som luftforurensningsmålingene er disse brukt. Ellers er nærmeste meteorologiske stasjon eller målinger brukt. De meteorologiske prognosene er beregnet for observasjonspunktet vha bilinear interpolasjon fra de fire omkringliggende gitterpunktene til den geografiske posisjonen for målingene. På figurene i Appendix B er det angitt hvilken lokalitet målinger og prognoser gjelder for.

Under såkalt stabile meteorologiske forhold har lufta en temperaturgradient i vertikalen som gjør

det umulig for luft fra bakken å stige opp i høyere lag. I områder uten kondensasjon vil vi ha stabile forhold når temperaturen avtar mindre enn $0.98\text{ }^{\circ}\text{C}$ pr. 100 m. Når det er lite horisontal bevegelse (vind) i lufta, vil forurenset luft bli sperret inne i et begrenset område nær forurensningskilden. På denne bakgrunnen er det viktig at den meteorologiske modellen kan gi riktige beregninger av temperaturen i flere høydenivåer nær bakken. Imidlertid har vi ikke målinger av temperaturen annet enn i 2m høyde over bakken i byene i Bedre Byluft-prosjektet bortsett fra i Oslo, der temperaturen måles 25m over bakken på Valle Hovin. Fra denne stasjonen kan vi få informasjon om temperaturen i de laveste lagene av atmosfæren. I Oslo har vi også temperaturmålinger fra to stasjoner som ligger relativt nær hverandre geografisk, men som har stor høydeforskjell: Tryvasshøgda (514 moh) og Blindern (94 moh). Målinger fra disse to stasjonene kan gi et signal om inversjon, et luftlag der oppstigende luft fra bakken vil bli tvungent ned igjen fordi den er kaldere enn lufta i dette inversjonsnivået. Derfor har vi indikasjoner på stabile meteorologiske forhold når temperaturen på Tryvasshøgda er mindre enn $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ lavere enn temperaturen på Blindern. Målingene fra Valle Hovin, Blindern og Tryvasshøgda er ikke tilstrekkelig til å kvantifisere styrken og høydenivået for inversjonen. Målinger fra både Blindern og Tryvasshøgda representerer ikke direkte den vertikale temperaturgradienten i den frie atmosfæren, siden dette er observasjoner nær bakken som er påvirket av forhold her, som f.eks snødekke.

AirQUIS har stabilitet som en viktig parameter, derfor vil stabiliteten ha innflytelse på prognoseresultatene fra AirQUIS, og kan forklare disse selv om stabilitetsberegningene dessverre ikke kan verifiseres med målinger.

3. OSLO

3.1 Meteorologi

3.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen

De meteorologiske prognosene fra MM5 er verifisert mot observasjoner på Blindern, Tryvasshøgda og Valle Hovin på timesbasis. Appendix A, Figur A1 aviser feilstatistikken (*bias* - middelfeil og *stde* (variasjonen omkring middelfeilen) for 2m temperatur og 10m vindhastighet som funksjon av prognoselengde.

På Blindern har 2m temperatur beregnet med MM5 en gjennomsnittsfel på -2 til -0.5 °C gjennom prognoseperioden. Feilen er minst på dagtid og størst om kvelden og natta. *Stde* ligger omkring 2-2.5 °C og er lavest i begynnelsen av prognosen. Vinden på Blindern er underestimert med ca. 1m/s fra MM5. Variasjonen over tid er liten. *Stde* ligger i underkant av 2 m/s. Vind fra nordøst dominerer i både prognoser og observasjoner, men MM5 har for få tilfeller med vind fra sørvest.

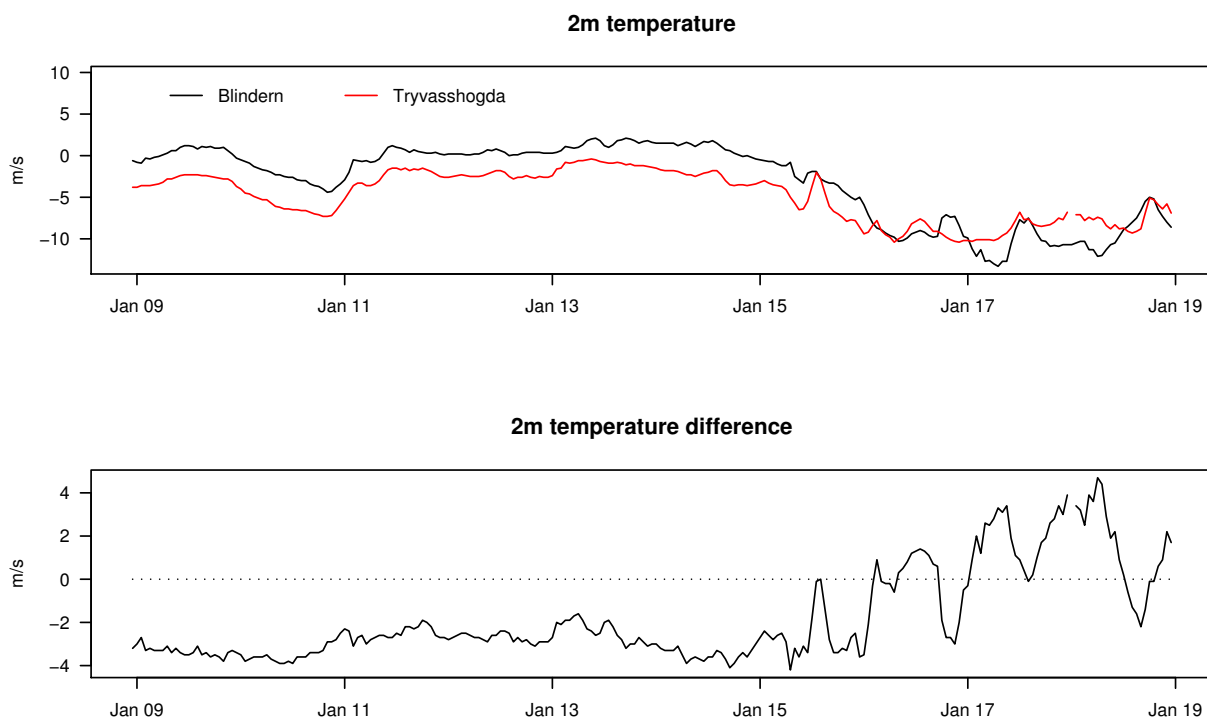
Temperaturprognosene fra MM5 for Tryvasshøgda har *bias* nær null store deler av døgnet, men en liten positiv bias om dagen. *Stde* går opp til nesten 2.5 °C på dagtid. Vinden på Tryvasshøgda overestimeres av MM5 med ca. 1 m/s og *stde* ligger i underkant av 2.5 m/s. Observert vind er oftest fra nord, mens prognosene fra MM5 fordeler seg på flere retninger. Det har tidligere vært påpekt at vindmåleren ved Tryvasshøgda har en ugunstig plassering i le av høye trær og at målinger av vind herfra er lite representative.

Temperaturprognosene for Valle Hovin har en feilstatistikk som ligner mest på Blindern, men feilen er litt mindre. *Bias* er mellom -0.5 og -1.8 °C, lavest om dagen, og *stde* er mellom 2 og 3 °C, lavest i starten av prognosen. Vinden på Valle Hovin underestimeres med ca 1 m/s mens *stde* av vinden er mellom 1.5 og 2 m/s. Observerte vindretninger på Valle Hovin domineres av øst og sørvest, mens MM5-prognosene fordeler seg med flest tilfeller på nordøst og sør, dernest sørøst og øst.

3.1.2 Meteorologi i periodene 8. - 18. januar 2004 og 6.-12. mars 2004

Figurene B1-22 viser observerte og beregnede meteorologiske variable fra Blindern og Valle Hovin sammen med prognosert og observert luftkvalitet.

I perioden 8. - 18. januar var det for en stor del vind fra sørøst og nordøst over Sør-Norge. Lavtrykk i Skagerak ga snøfall den 11. og den 13. januar, slik at bakken var snødekt resten av perioden. Den observerte temperaturen var stort sett under frysepunktet, og mot slutten av perioden ble det kaldere enn -10 °C om natta. Temperaturprognosene for 2m høyde ligger under observasjonene, bortsett fra 17. - 19. januar. Observert vind var mindre enn 5 m/s i hele perioden, og vinden beregnet med MM5 har en feil som er mindre enn 2 m/s. I MM5 er det beregnet stabil sjiktning gjennom hele perioden, men tilnærmet nøytralt i forbindelse med nedbørtilfellene den 11. og 13. januar. Observasjoner fra Valle Hovin mangler dessverre for disse dagene. Observasjoner av 2m temperatur fra Blindern er sammenlignet med observasjonene fra Tryvasshøgda i Figur 3.1. Temperaturen på Tryvasshøgda var ca. 3 °C lavere enn på Blindern fram til den 17. januar, og inntil 4.7 °C høyere i slutten av perioden. Dette indikerer at MM5 har høyere stabilitet enn observert, både under stabile og ustabile forhold..



Figur 3.1 Observert temperatur 2m på Blindern (svart) og Tryvasshøgda (rød) øverst. Nederst differansen T_{2m} Tryvasshøgda (observert) - T_{2m} Blindern (observert) perioden 9. til 19. januar 2004.

Perioden 6. - 12. mars startet med et høytrykk over Storbritannia som beveget seg østover og ble svært kraftig over Sør-Norge omkring den 8-10 mars. Siden beveget det seg videre østover og ble brutt ned av et lavtrykk som utviklet seg over Storbritannia i slutten av perioden. Det var observert vinder omkring 5-6 m/s i Oslo-området den 8. mars og 11.-13. mars, og disse dagene var vinden underestimert fra MM5, både for Blindern og Valle Hovin. Det første døgnet i perioden var nattetemperaturen ca. -7°C på Blindern og Valle Hovin, og dagtemperaturen var omkring 2°C . Fra 8. til 11. mars var dagtemperaturen $5 - 8^{\circ}\text{C}$, mens nattetemperaturen på Blindern og Valle Hovin var på $-2 - 0^{\circ}\text{C}$. MM5 beregninger for Blindern og Valle Hovin var ca 5°C kaldere i hele denne perioden. Den 12. og 13. mars var temperaturen omkring frysepunktet hele døgnet igjennom. Observasjonene fra Valle Hovin tyder på stabil vertikal temperaturgradient om natta og ustabile forhold på dagtid. Beregningene fra MM5 treffer ganske godt for perioden 8. - 12. mars, men stabiliteten i modellen er for høy i begynnelsen og i slutten av perioden.

3.2 Luftkvalitet

3.2.1 Målestasjoner

De målestasjonene som er anvendt for evalueringen er Kirkeveien, Løren, Alna og Manglerud. Målestasjonen Kirkeveien er plassert ca. 3 meter fra Kirkeveien og må karakteriseres som en veinær stasjon. Løren ligger også i et belastet område, ikke så langt fra Ring 3 med mye trafikk. Alna ligger ved Strømsveien og må karakteriseres som en veinær stasjon. Stasjonen Manglerud

ligger ca. 3 meter fra Ring 3, i hellingen ned mot Brynstunnelen, og må også karakteriseres som en veinær stasjon. Figur D1 – D66 i Appendix D viser grafer med timesverdier av luftkvalitet samlet for hele sesongen.

3.2.2 Treff i prognosene gjennom hele sesongen

Tabellene C1-C4 i Appendix C viser treff og forekomst innen varslingsklasser for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for alle stasjoner basert på timemiddelverdier. En oppsummering av treff i varslingsklasse 2 og 3 er gitt i Tabell 3.1. For stasjoner der det er 5 eller færre dager med observasjoner i den respektive varslingsklassen er ikke prosentvis treff angitt.

Tabell 3.1: Prosentvis treff i varslingsklasse 2 og 3 for alle målestasjoner i Oslo sesongen 2003-2004.

Stasjon	Komponent	Prosentvis treff i Varslingsklasse 2	Prosentvis treff i Varslingsklasse 3
Alnabru	NO ₂	40	10
	PM ₁₀	55	29
Manglerud	NO ₂	-	-
	PM _{2,5}	12	-
	PM ₁₀	24	77
Kirkeveien	NO ₂	-	-
	PM _{2,5}	17	-
	PM ₁₀	24	0
Løren	NO ₂	17	-
	PM _{2,5}	0	-
	PM ₁₀	34	58

Tabellene C5-C8 i Appendix C viser treff og forekomst innen alle varslingsklasser for PM₁₀ og PM_{2,5} for alle stasjoner basert på døgnmiddelverdier. En oppsummering av treff i alle varslingsklasser er gitt i Tabell 3.2.

Tabell 3.2: Prosentvis treff i varslingsklasse for alle målestasjoner i Oslo sesongen 2003-2004.

Stasjon	Komponent	Prosentvis treff
Alnabru	PM ₁₀	
Manglerud	PM _{2,5}	24
	PM ₁₀	43
Kirkeveien	PM _{2,5}	27
	PM ₁₀	44
Løren	PM _{2,5}	34

	PM ₁₀	45
--	------------------	----

3.3. Spesialstudium 8. - 18. januar 2004

3.3.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Kirkeveien, Løren, Alnabru og Manglerud er vist i hhv. Figur B1, B2, B3 og B4 i Appendix B.

I denne perioden er det godt treff mellom prognose og observasjoner for NO₂. Ved alle stasjoner er det både prognosert og målt flere topper på 100 - 140 µg/m³ per time. Modellen treffer bra både på tidspunkt og nivå av disse toppene. For dagene 9. januar – 12. januar overestimerer modellen noe ved Alnabru og Manglerud, dette til tross for at MM5-prognosen gir samsvar med måledata. Merk at 10. og 11. januar er helg. Det er noe avvik mellom observert og prognosert vindretning for stasjonene i denne perioden, men studium av speilpunktene viser ikke bedre resultater.

3.3.2 PM₁₀

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Kirkeveien, Løren, Alnabru og Manglerud er vist i hhv. Figur B5, B6, B7 og B8 i Appendix B.

I denne perioden er det en meget kraftig overestimering av PM₁₀ ved alle stasjoner. Målingene er, med få unntak, under 50 µg/m³ per time for alle stasjonene. Prognosen overestimerer med 150 og opp til 500 µg/m³ per time. Dette store avviket lar seg ikke forklare av meteorologiprognosen. Det er ikke noen åpenbar forklaring på denne overestimeringen.

3.3.3 PM_{2,5}

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Kirkeveien, Løren og Manglerud er vist i hhv. Figur B9, B10 og B11 i Appendix B.

I denne perioden er det en overestimering av PM_{2,5} ved alle stasjoner. Observasjonene ligger for det meste opptil 30 µg/m³ per time. På slutten av perioden kommer observasjonene opp i ca 70 µg/m³ per time. AirQUIS prognoserer verdier som ligger jevnt over dette med en topp over 100 µg/m³ per time både ved Løren og Kirkeveien. Dette avviket kan tildels forklares med at modellen på dette tidspunkt ikke var oppgradert med PM_{2,5}-demping ved snøfall. Fra 8. januar til og med 14. januar var det i gjennomsnitt 0,74 mm nedbør. Dette har trolig vasket mye PM_{2,5} ut av luften, noe som ikke var lagt inn i modellen. Fra 15. januar er det også noe overestimering av PM_{2,5}, men ikke like mye. Speilpunktene gir ikke bedre treff.

3.4 Spesialstudium 6. – 13. mars 2004

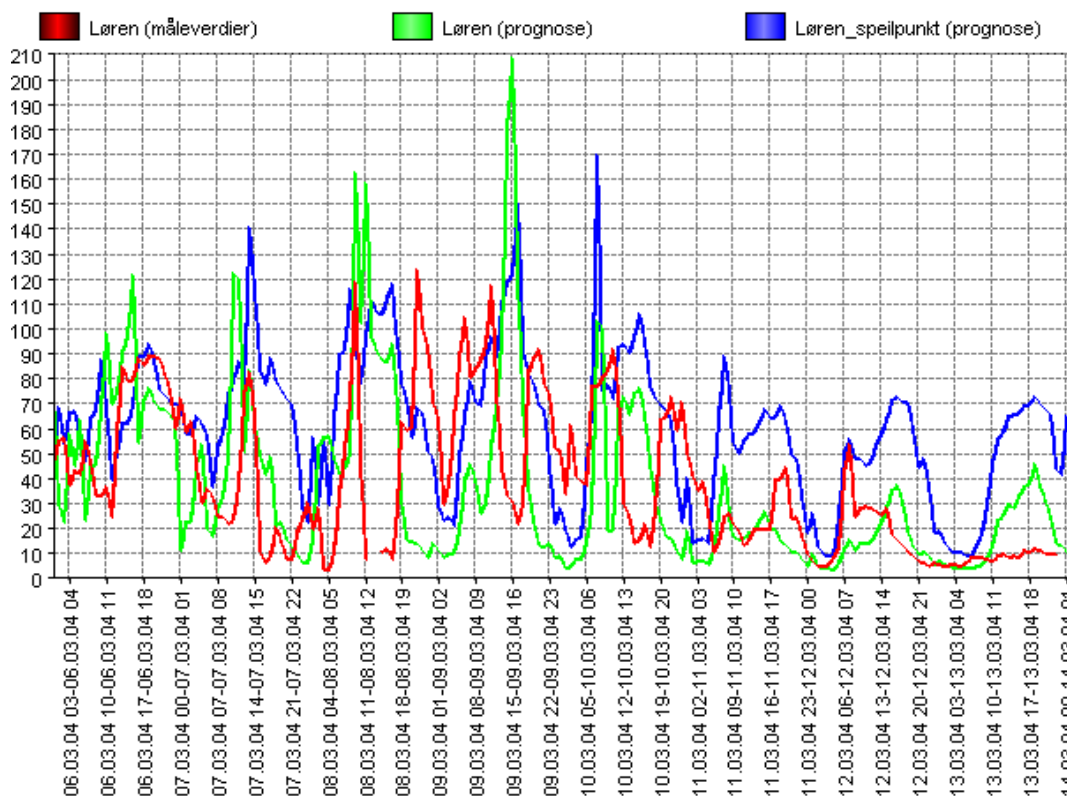
3.4.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Kirkeveien, Løren, Alnabru og Manglerud er vist i hhv. Figur B12, B13, B14 og B15 i Appendix B.

I denne perioden er det godt treff mellom prognose og observasjoner for NO₂ på Manglerud, både prognose og målinger viser topper mellom 100 og 150 µg/m³ per time. For Alnabru er det også

godt treff med unntak av fire timer i morgenrushet 8. mars. Her er målingene over $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, mens prognosen er $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Det er ingen avvik mellom prognoserte og målte meteorologiske verdier som kan forklare disse fire timene. Mulig forklaring på denne toppen kan være lokalt midlertidig utslipp som ikke er mulig å inkludere i modellen. F.eks. en uforutsett trafikkork e.l. Det er også en samtidig høy observasjon av PM_{10} ved Alnabru 8. mars, dette tyder på at det ikke er noen målefeil. Ved Kirkeveien er det også bra treff med en svak underestimering av NO_2 -nivået. Her er maksimal observert topp på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, mens modellen bare klarer $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Med unntak av to topper er det veldig bra treff ved Kirkeveien. Løren er den stasjonen som det er dårligst treff for. Ved å studere speilpunktet, Figur 3., ser vi at speilpunktet gir bedre treff fra 6. til og med 9. mars, mens det originale reseptorpunktet gir best treff fra 10. mars. Generelt er Løren en av stasjonene der det kan være stor variasjon mellom speilpunkt og originalt reseptorpunkt. Dette skyldes trolig topografi og lokale vindretninger.

Det er en underestimering av temperaturen i hele perioden på ca 5°C . Vinden er også svakt underestimert, ca 2 m/s med enkelt timer ned mot 6 m/s. Vindretningen treffer godt i hele perioden. Avviket fra MM5 skulle tilsi en svak overestimering av konsentrasjonen. Dette er bare tilfelle ved Løren.



Figur 3.2: Originalt reseptorpunkt og speilpunkt for NO_2 ved Løren.

3.4.2 PM_{10}

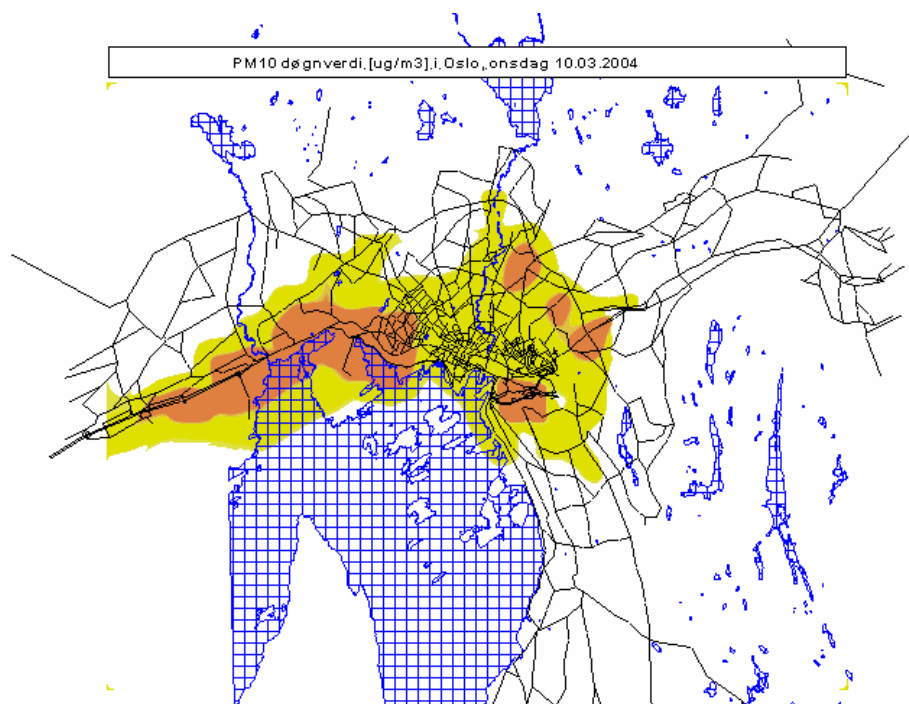
Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Kirkeveien, Løren, Alnabru og Manglerud er vist i hhv. Figur B16, B17, B18 og B19 i Appendix B.

Ved Kirkeveien er det brukbart treff mellom prognose og observasjoner. Her er det noe

overestimering og noe underestimering. Modellen underestimerer for den høyeste verdien i perioden, 9. mars er det målt $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, mot prognosert $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Prognosert topp treffer innenfor riktig døgn, men noe senere på dagen. Ved Alnabru er det også brukbart treff mellom prognose og observasjoner. De fleste døgn følger kurvene hverandre opp til ca $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. 8. mars går både prognose og observasjon opp til $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Modellen varslers også to enkelttimer i nærheten av $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time (6. og 9. mars) uten at dette er tilfelle for observasjonene. På Løren treffer prognosen med store topper 6., 7., 8. og 9. mars og ingen større topper etter dette. Dette stemmer med observasjonene, men konsentrasjonstoppene fra modellen er imidlertid for høye. Mens observasjonene viser topper på $200 - 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time viser modellen topper på $250 - 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Løren gir derfor en kvalitativ beskrivelse av PM_{10} , men treffer ikke på nivået.

Ved Manglerud skjer det samme som ved Løren. En overestimering av toppene 6., 7., 8., 9. og 10. mars. Der er det flere prognoserte topper mellom $400-700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, mens observasjonene bare viser opp til $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Det er dårlig treff for denne perioden. Noe av overestimeringen kommer sannsynligvis fra at prognosert vind er ca 2 m/s lavere enn den målte. Det er også prognosert for høy stabilitet fra MM5, dette kan også gi overestimering av nivået i hele perioden. Avvik i MM5 kan ikke forklare hele overestimeringen av PM_{10} . Det er ikke nedbør i denne perioden.

Selv om det har vært en overestimering ved enkelttimer, så har det ikke gitt stort utslag på døgnmiddelkonsentrasjonene. Figur 3.3 viser døgnvarsel som ble generert 10. mars 2004 for PM_{10} . Varslet viser oransje som betyr et døgnmiddel på $50-100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er samme døgn som Manglerud hadde maksimalt timemiddel på $720 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time.



Figur 3.3: Konturplott av døgnmiddel av PM_{10} i Oslo, 10. mars 2004

3.4.3 $\text{PM}_{2,5}$

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Kirkeveien, Løren og Manglerud er vist i hhv. Figur B20, B21 og B22 i Appendix B.

PM_{2,5}-prognosen overestimerer noe på Manglerud og forholdsvis mye på Kirkeveien og Løren. Noe av overestimeringen kommer sannsynligvis fra at prognosert vind er ca 2 m/s lavere enn den målte. Det er også prognosert for høy stabilitet fra MM5, dette kan også gi overestimering av nivået i hele perioden. Det er ikke nedbør i denne perioden.

4. DRAMMEN

4.1 Meteorologi

4.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen

Drammen og Oslo er eksponert for de samme storskala meteorologiske forhold, men på lokal skala er det ulike forhold. Tilgangen på prognoser fra MM5 er den samme. Meteorologisk Institutt har ingen målestasjoner i Drammen.

Appendix A, Figur 4-5 viser feilstatistikken til prognoser for 2m temperatur og 10m vind på Engene og Marienlyst gjennom sesongen. MM5 overestimerer vinden for Engene med 0.5 - 1 m/s, minst midt på dagen. Standardavviket av feilen er omkring 1 m/s gjennom hele døgnet. Prognosene for Marienlyst har enda mindre feil gjennom vinteren. Temperaturprognosene for Engene har en *bias* som svinger mellom -1 °C ved starten av prognosen og om kvelden og 1 °C midt på dagen. Marienlyst har en gjennomsnittsfeil på ca. 1 °C på dagtid. Om kvelden er *bias* nær null. *Stde* ligger i underkant av 3 °C på begge stasjonene.

Prognosenes temperaturbias svinger fra en lav verdi ved starten av prognosen til en høy verdi fra +3 til +12 timer, dernest lavere verdi igjen fra +12 til +18 timer og stigende til +24. Dette forløpet tyder på at den negative *biasen* er et uttrykk for problemer med initialverdiene (baketemperatur fra HIRLAM10) heller enn tida på døgnet.

Vindrosene for Engene viser en overhyppighet av vinder fra nordøst og nordvest i MM5 sammenlignet med observert. Antall tilfeller med vind fra øst er færre enn observert. På Marienlyst observeres langt færre tilfeller med vind fra nord en beregnet med MM5, og også ved denne stasjonene er det observert flere tilfeller med vind fra øst.

4.1.2. Meteorologi i periodene 8. - 18. januar 2004 og 6. - 13. mars 2004

De storskala meteorologiske forholdene i Drammen avviker ikke fra forholdene i Oslo. Lokal meteorologi observert på Engene sammen med prognoser fra MM5 for Engene og Nedre Storgate er vist i figur B23-26. De to lokalitetene ligger med så liten avstand at de får like prognoser i MM5.

Perioden 8. - 18. januar hadde vind fra sørøst og nordøst over Sør-Norge og et lavtrykk i Skagerak ga snøfall den 11. og den 13. januar, slik at bakken var snødekt resten av perioden. Den observerte temperaturen i begynnelsen av perioden er omkring frysepunktet, men mot slutten av perioden var det kaldere enn -10 °C. Temperaturprognosene for 2m høyde ligger under observasjonene på Engene fra 13. til 16. januar, deretter er temperaturprognosene varmere enn observert. Observert vind var mindre enn 3 m/s i hele perioden, og vinden beregnet med MM5 er inntil 3 m/s feil. De to første dagene er det observert østlig vind lokalt, mens prognosene gir vind fra vest. Omkring den 12. januar er situasjonen omvendt, men resten av perioden er det bedre samsvar mellom observert og beregnet vindretning. I MM5 er det beregnet stabil sjiktning gjennom hele perioden, men tilnærmet nøytralt i forbindelse med nedbørtillfellene den 11. og 13. januar.

Perioden 6. - 12. mars startet med et høytrykk over Storbritannia som beveget seg østover og ble svært kraftig over Sør-Norge omkring den 8-10 mars. Siden beveget det seg videre østover og ble brutt ned av et lavtrykk som utviklet seg over Storbritannia i slutten av perioden. I første del av perioden var det vind opptil 2 m/s om dagen og nesten vindstille om natta. MM5 overestimerer vindhastigheten spesielt nattetid. Det var observert vindhastighet opptil 3 m/s ved Engene 11.-

13. mars, og vinden beregnet i MM5 treffer godt. Den lokale vindretningen er mellom nord og nordøst fram til 12. mars, deretter er det vestlig vind lokalt. Temperaturen har en døgnlig variasjon mellom -5 og 7 °C. MM5 har en tilsvarende døgnlig gang i temperaturprognosene, men feilen i prognosene ligger hovedsaklig på den negative siden for dagtemperaturene. Stabiliteten i MM5 er beregnet positiv om natten og negativ til nøytral om dagen.

4.2 Luftkvalitet

4.2.1 Målestasjoner

Målingene tilgjengelig for evaluering i Drammen for NO₂ er utført med DOAS og tar utgangspunkt i Nedre Storgate og er typiske stasjoner for beskrivelse av bybakgrunn. Sløyfen Rynningsgate er en sløyfe over elva som er ca. 600 m lang. Sløyfen som ender på Grev Wedels pl. er ca. 300 m lang og går over sentrum.

4.2.2 Treff i prognosene gjennom hele sesongen

Trefftabeller med treff i varslingsklasser og grafer med timesverdier av luftkvalitet samlet for hele sesongen er ikke presentert for Drammen.

4.3 Spesialstudium av perioden 8. - 18. januar 2004

4.3.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Nedre storgate er vist i Figur B23 i Appendix B.

I denne perioden er det godt treff mellom prognose og observasjoner for NO₂. Både observasjoner og prognose har topper opp omkring 60 - 80 µg/m³, toppene er også sammenfallende i tid. Prognose og observasjoner er begge i varslingsklasse 0.

4.3.2 PM₁₀

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Nedre storgate er vist i Figur 24 i Appendix B.

I denne perioden er det godt treff mellom prognose og observasjoner for PM₁₀. Observasjonene har noen topper som er litt høyere enn prognosen, men både prognose og observasjoner er begge i varslingsklasse 0. Både observasjoner og prognose har topper opp omkring 20 - 30 µg/m³.

4.4 Spesialstudium av perioden 6. - 12. mars 2004

4.4.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Nedre storgate er vist i Figur B25 i Appendix B.

I denne perioden er det forholdsvis godt treff mellom prognose og observasjoner for NO₂. Observasjonene har topper opp omkring 100 - 120 µg/m³, mens prognosen ligger jevnt noe under 70 - 90 µg/m³. I denne perioden er det en svak overestimering av vindstyrken på 1-2 m/s. Dette

er trolig en årsak til at prognosen er litt for lav.

4.4.2 PM₁₀

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Nedre storgate er vist i Figur B26 i Appendix B.

I denne perioden underestimerer modellen. Prognosen ligger omkring 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens observasjonene er høyere, 20 - 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. For det meste er både prognose og observasjoner i varslingsklasse 0. Også her er det grunn til å anta at en svak over estimering av vindstyrken er en årsak til at prognosen er for lav.

5. BERGEN

5.1 Meteorologi

5.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen

Vinden på Meteorologisk institutts målestasjon Florida i Bergen har vært i gjennomsnitt litt sterkere enn det som ble varslet med MM5 vinteren 2003/2004. Modellen underestimerer vinden mest om dagen, ca 1 m/s. Om kvelden, natta og tidlig morgen er *bias* nær null. *Stde* av vinden har liten variasjon med prognoselengde eller tida på døgnet, den er ca. 2 m/s. Temperaturprognosene fra MM5 for Florida har en *bias* som er rett i underkant av null det meste av døgnet. *Stde* varierer noe gjennom prognosen, ca. 2.5 °C ved +6 timer, 1.5 °C ved +12 timer og økende til 2 °C utover i prognosen. Vindrosene for observert og varslet vind viser at vind fra sørøst dominerer i både observasjoner og prognoser.

Florida ligger ikke langt fra Danmarks plass, og MM5-prognosene for disse lokalitetene er nesten identiske. Likevel vil trolig fra Florida avvike noe fra værforholdene på Danmarks plass, men dette kan ikke kvantifiseres siden vi ikke har observasjoner fra Danmarks plass.

5.1.2 Meteorologi i periodene 20. - 30. november 2003 og 6. - 15. mars 2004.

Observasjoner fra Florida og prognoser fra MM5 for meteorologiske variable er vist i figurene B27-36.

Novemberperioden har observert vind opp i 10 m/s den 25. og 26 forårsaket av et kraftig lavtrykk ved Island med sekundær utvikling i Norskehavet og seinere et lavtrykk ved Shetland som beveget seg nordover i Norskehavet. Den 30. november er det observert 15 m/s på Florida, denne gangen som følge av et lavtrykk som beveget seg fra Irland over Storbritannia og videre nordover utenfor Norskekysten. I perioden før lavtrykkene var det rolige vindforhold, med et høytrykk over det nordlige Skandinavia som etter hvert beveget seg østover. MM5 underestimerer vinden i sterkvindsperiodene, men svinger ellers med ca. 2 m/s omkring de observerte verdiene. En forklaring på at vinden underestimeres i MM5 kan være at modellområdet er for lite, slik at det er under innflytelse av HIRLAM10 bare innenfor kysten der vinden allerede er bremsset av friksjonen i HIRLAM10. Vinden i HIRLAM10 er minst like sterk som observert i områdene utenfor kysten. Observert temperatur i 2m varierer fra 12 til 0 °C, mens modellens temperatur varierer mellom 8 og 3 °C. 23. november er det kaldeste døgnet og modellen overestimerer nattetemperaturen med ca 3 °C. Temperaturstigningen den 26. og 29. november er ikke beskrevet av modellen, som har en feil på opptil 6 °C det første av disse døgnene. Beregnet temperaturendring i høyden er svakt positiv gjennom hele perioden.

Høytrykket over Sør-Norge preger også den meteorologiske situasjonen i Bergen marsperioden. Fra 7. til 11. mars var observert vind svak, 0 - 3 m/s og prognosene fra MM5 samsvarer godt med observasjonene. Fra 12. mars er det observert økende vind, men modellen underestimerer vinden i siste del av perioden. Temperaturen i 2m svinger gjennom døgnet i hele perioden og dagtemperaturen er mellom 7 og 9 °C og underestimeres bare ubetydelig av modellen. Nattetemperaturen varierer fra 2 - 3 °C de første dagene til -2 °C den 11. mars. De kaldeste nettene blir ikke korrekt varslet av modellen. Fra 12. mars og ut perioden øker nattetemperaturen og varierer mellom 2 og 7 °C, mens modellen øker temperaturen langsomt og underestimerer temperaturen med inntil 4 °C. Stabiliteten beregnet fra MM5 ligger på den positive sida om natta mens det er ustabile forhold på dagtid. Fra Bergen har vi ingen observasjoner å sammenligne modellen med som kan gi informasjon om stabilitetsforholdene.

5.2 Luftkvalitet

5.2.1 Målestasjoner

De målestasjonene som er anvendt for evalueringen er Rådhuset og Danmarks plass. Stasjonen Rådhuset er en typisk bybakgrunnsstasjon for Bergen sentrum, mens stasjonen ved Danmarks plass er en veinær stasjon. Figur D100 – D129 i Appendix D viser grafer med timesverdier av luftkvalitet samlet for hele sesongen.

5.2.3 Treff i prognosene gjennom hele sesongen

Tabellene C9-C10 i Appendix C viser treff og forekomst innen varslingsklasser for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for alle stasjoner basert på timemiddelverdier. En oppsummering av treff i varslingsklasse 2 og 3 er gitt i Tabell 5.1. For stasjoner der det er 5 eller færre dager med observasjoner i den respektive varslingsklassen er ikke prosentvis treff angitt.

Tabell 5.1: Prosentvis treff i varslingsklasse 2 og 3 for begge målestasjoner i Bergen sesongen 2003-2004.

Stasjon	Komponent	Prosentvis treff i Varslingsklasse 2	Prosentvis treff i Varslingsklasse 3
Rådhuset	NO ₂	-	-
	PM ₁₀	0	-
Danmarks-plass	NO ₂	-	-
	PM ₁₀	52	-

Tabellene C11-C12 i Appendix C viser treff og forekomst innen alle varslingsklasser for PM₁₀ og PM_{2,5} for alle stasjoner basert på døgnmiddelverdier. En oppsummering av treff i alle varslingsklasser er gitt i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Prosentvis treff i varslingsklasse for alle målestasjoner i Bergen sesongen 2003-2004.

Stasjon	Komponent	Prosentvis treff
Rådhuset	PM ₁₀	15
Danmarks-plass	PM ₁₀	16

5.3 Spesialstudium av perioden 20. - 30. november 2003

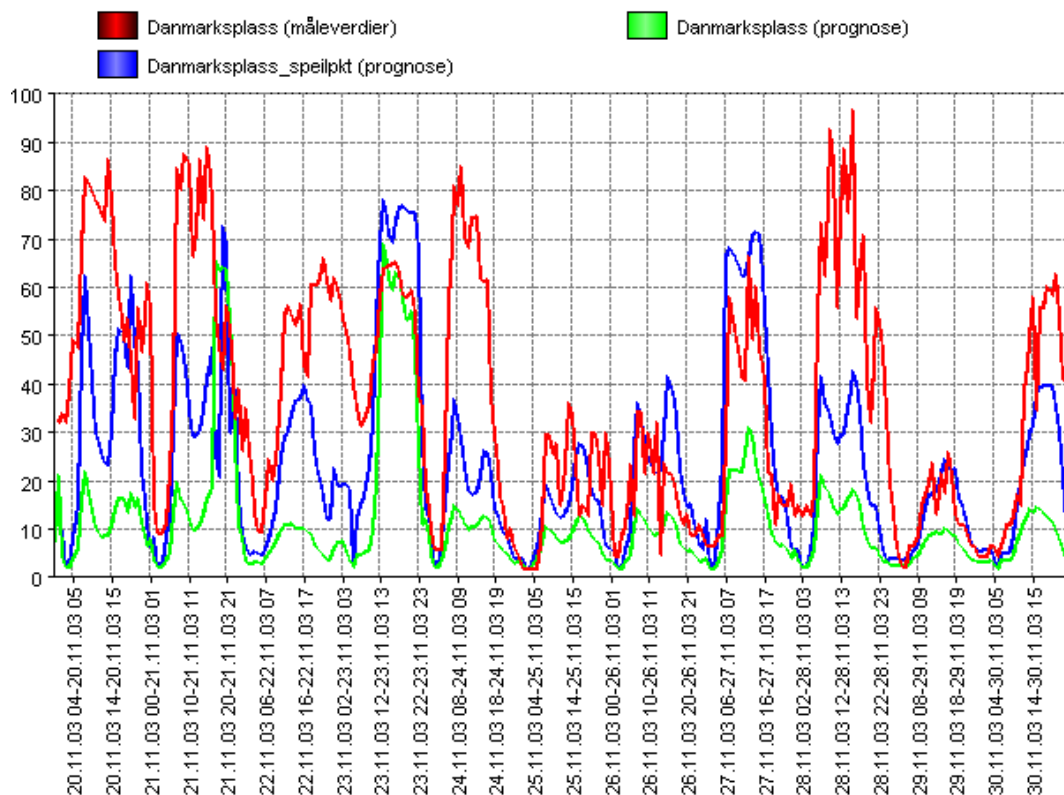
5.3.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Rådhuset og Danmarks plass er vist i hhv. Figur B27 og B28 i Appendix B.

I denne perioden er det særdeles godt samsvar mellom målte og beregnede konsentrasjoner av NO₂ ved Rådhuset. Her ser vi også at det er meget godt treff mellom de meteorologiske parametrene fra MM5 og observasjonene. Konsentrasjonsverdiene er forholdsvis lave, opp til 70 µg/m³ per time.

For Danmarks plass er det derimot underestimert fra AirQUIS. En mulig forklaring på dette kan være at spredningsmodellen som blir benyttet i AirQUIS, EPISODE, er en spredningsmodell for veier i åpne omgivelser, mens gaterommet ved Danmarks plass er omkranset av høye bygninger (en såkalt "street canyon"). I en slik bytopografi vil bygningsturbulens spille en større rolle og luftmasser kan i større grad bli blokkert av bygninger slik at forurensing ikke blir luftet ut. Ved å studere beregnede konsentrasjoner fra speilpunktet, Figur, ser vi at dette gir bedre samsvar med observasjonene. Dette kan tyde på at det er en lokal vindretning i gaterommet som ikke er lik målt vindretning på større skala (vi ser fra Figur B28 i Appendix B at MM5 treffer godt også på vindretning).

Speilpunktet ved Danmarks plass beregner konsentrasjoner opp til $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time dette er høyere enn beregningene fra Rådhuset, men ikke like høyt som målingen ved Danmarks plass som kommer opp i $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Dette er som ventet på grunn av større trafikkmengde ved Danmarks plass enn ved Rådhuset.



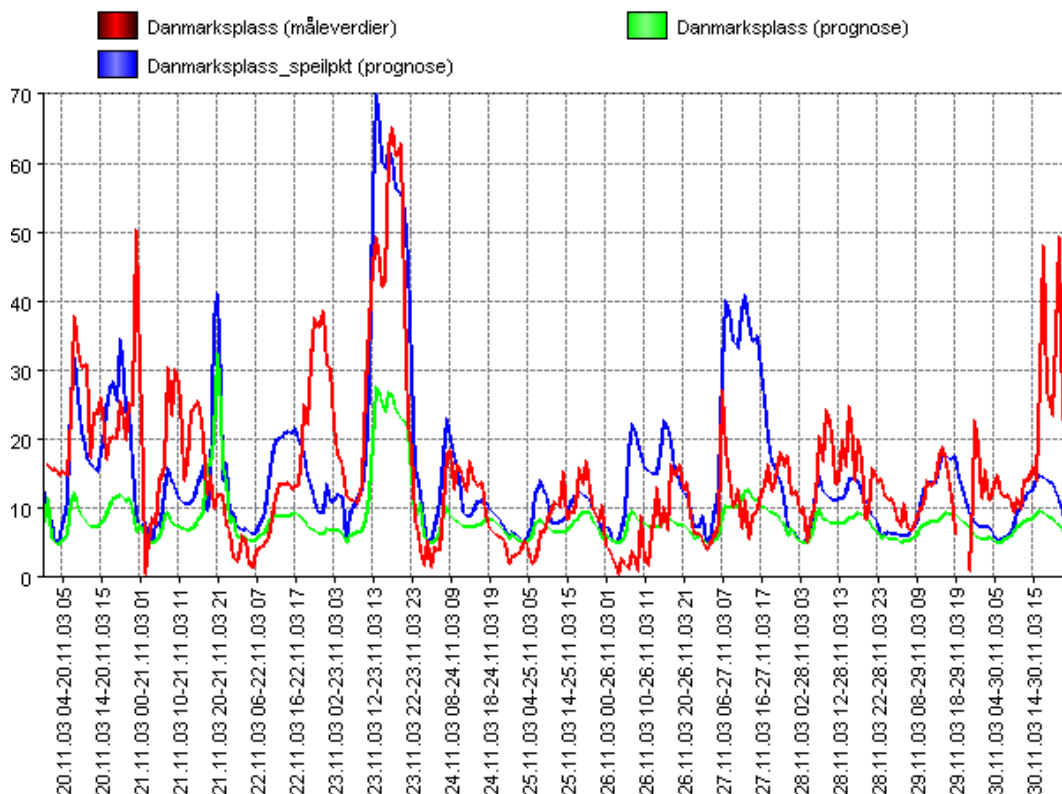
Figur 4.1: NO_2 -konsentrasjon ved Danmarks plass 20. - 30. november. Rød kurve er observerte verdier fra målestasjon. Grønn kurve er originale beregnede verdier fra AirQUIS og blå kurve er beregnede verdier av speilpunktet.

5.3.2 PM_{10}

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Rådhuset og Danmarks plass er vist i hhv. Figur B29 og B30 i Appendix B.

På samme måte som for NO_2 er det meget bra treff ved Rådhuset og underestimert ved Danmarks plass. Også her ser vi at speilpunktet gir atskillig bedre samsvar med målingen enn det originale reseptorpunktet, Figur 1. Speilpunktet treffer også tid og konsentrasjon på maksimalt

målt verdi, 23. november.



Figur 1.2: PM_{10} -konsentrasjon ved Danmarks plass 20. - 30. november. Rød kurve er observerte verdier fra målestasjon. Grønn kurve er originale beregnede verdier fra AirQUIS og blå kurve er beregnede verdier av speilpunktet.

Gata ved Danmarks plass er orientert i nord-sør retning. Både for PM_{10} og NO_2 er det en tendens til at det originale reseptorpunktet underestimerer mindre når vinden kommer inn langs veien, dvs. fra nord.

5.3.3 $PM_{2,5}$

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Danmarks plass er vist i Figur B31 i Appendix B.

Både målinger og AirQUIS viser små konsentrasjoner i perioden, ca $10-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Her er det godt samsvar mellom målinger og beregninger. Noe av grunnen til at $PM_{2,5}$ treffer bedre enn NO_2 kan være at konsentrasjonene er små. Bakgrunnsnivå av $PM_{2,5}$ i AirQUIS utgjør $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Unntaket er den 23. november. Her er det målinger på $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time som modellen ikke klarer å reprodusere. Det skyldes trolig at vindretning fra MM5 er fra øst-sørøst, mens observert vindretning er fra nord-nordvest.

5.4. Spesialstudium av perioden 6. - 15. mars 2004

5.4.1 NO_2

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Rådhuset og

Danmarks plass er vist i hhv. Figur B32 og B33 i Appendix B.

Det er forholdsvis godt samsvar mellom prognose og målinger ved Rådhuset, men ikke like godt som i novemberperioden. Både prognose og målinger viser konsentrasjoner over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time for flere dager. Ved Danmarks plass er det også i denne perioden dårligere samsvar mellom målinger og prognose. Målingene viser topper opp til og over $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, mens prognosen bare kommer opp til $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Speilpunktet gir ikke bedre resultater i dette tilfelle. Dette skyldes trolig at vindretningen i periode 1 hadde stor vinkel med gatas orientering, mens vindretningen i periode 2 er mer parallell med gata. Da vil ikke konsentrasjonen variere så mye fra den ene siden av gata til den andre.

Det er også interessant å legge merke til at modellen har atskillig lavere konsentrasjoner om natten enn målingene. Dette gjelder begge stasjoner i Bergen. Mulig forklaring på dette kan være at døgnfordeling av trafikkarbeid gir for lite trafikk nattestid i modellen eller at modellen lufter ut forurensing for raskt. Bergen kommune har tidligere rapportert at NO_2 -nivået om natta i perioder har holdt seg relativt høyt og at dette har gitt et høyt årsmiddel.

5.4.2 PM_{10}

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Rådhuset og Danmarks plass er vist i hhv. Figur B34 og B35 i Appendix B.

Ved Rådhuset gir AirQUIS tre topper på over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time (varslingsklasse 3). For to av disse er det ikke tilgjengelige måldata, men for den tredje er det godt samsvar med måldata. Dessuten er det målt en topp på ca $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time den 12. mars 2004. Denne toppen klarer ikke AirQUIS å prognosere. Dette kan skyldes at MM5 prognoserer gal vindretning denne dagen.

For Danmarks plass er det fem observasjoner over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time (varslingsklasse 3). Fire av disse treffer AirQUIS. Den toppen som modellen ikke treffer er også her 12. mars 2004.

Også her underestimerer modellen konsentrasjonen om natten.

5.4.3 $\text{PM}_{2,5}$

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Danmarks plass er vist i Figur B36 i Appendix B.

Figuren viser at det er godt samsvar mellom målinger og prognose. Modellen treffer fire av seks topper mellom 35 og $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time (varslingsklasse 2). Også her underestimerer modellen konsentrasjonen om natten.

5.5 Verifikasjon av utsendte luftkvalitetsvarsler i varslings sesongen 2003 – 2004

Luftkvalitetsvarslingen for Bergen ble utført av meteorologer ved Meteorologisk institutts regionavdeling Vervarslinga på Vestlandet, der varsling av luftkvalitet for byene Bergen og Stavanger inngikk som en integrert del av oppgavene i den operative turnustjenesten.

For byluftsesongen oktober 2003 – april 2004 er det blitt gjort en sammenligning mellom varslet og observert forurensingsnivå for Bergen. Forurensingsvarslene ble utsendt om ettermiddag/kveld dag 0 (i dag), med gyldighet for dag 1 (i morgen) og dag 2 (i overmorgen).

Både observasjoner og varsler om forurensningsnivå er inndelt i de fem varslingsklasser; lite, noe, mye og svært mye. Resultatet er gitt som en kontingenstabell. Dataserien sammenligningen bygger på er ikke komplett, av flere årsaker. Alle de tilfellene da enten varsel og/eller observasjonsdata for de dagene varslet gjelder for mangler, er utelatt fra plottene.

Framstillingen i tabellen viser at det både for dag 1 (i morgen) og dag 2 (i overmorgen) er langt flest tilfeller med varslet og observert lite forurensing. Av resultatene for dag 1 finner vi at det deretter er 27 tilfeller med observert lite og varslet noe. Observert mye og varslet mye i 3 tilfeller, varslet mye og observert lite i 1 tilfelle, mens det er observert mye og varslet lite i 2 tilfeller. For dag 2 er det observert lite og varslet noe i 22 tilfeller, observert mye men varslet lite i 2 tilfeller. Derimot finner vi at det er observert mye og varslet noe i 7 tilfeller for dag 2 mens det tilsvarende ble observert mye og varslet noe i 4 tilfeller for dag 1.

For sesongen som helhet er det for 141 tilfeller (dager) med helt sammenfall av observert og varslet forurensingsklasse for dag 1, og tilsvarende 131 tilfeller (dager) med helt sammenfall av observert og varslet forurensingsnivå for dag 2.

v					
a	svært mye				
r	mye	1	2	3	
s	noe	27	15	4	
e	lite	123	11	2	
l		lite	noe	mye	
				svært mye	
		observasjon			

v					
a	svært mye				
r	mye	3	4		
s	noe	22	8	7	
e	lite	123	14	2	
l		lite	noe	mye	
				svært mye	
		observasjon			

Figur 4.3 Kontingenstabell med tilfeller varslet i hver varslingsklasse vertikalt mot observert i tilsvarende klasser horisontalt. Varsel for dag 1 øverst og for dag 2 nederst.

6. TRONDHEIM

6.1 Meteorologi

6.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen

Meteorologiprognosene for Trondheim er validert mot observasjoner ved Meteorologisk institutts målestasjon Voll og mot Trondheim kommunes målinger i Elgesetergate. MM5 har en svak overestimering av vinden i 10m høyde på Voll, omkring 0.5 m/s. Standardavviket av feilen er i underkant av 2 m/s i begynnelsen av prognosen men øker til litt over 2 m/s mot slutten av prognosen. Observert vindretning er oftest sør og sørvest, og fordelingen av tilfellene i observasjon og prognose samsvarer bra. Temperaturprognosene for 2m høyde på Voll har en *bias* som varierer gjennom prognoselengden, fra -1 °C til 0.5 °C midt på dagen og til -1 °C igjen på kvelden og natta. Standardavviket av feilen ligger på samme nivå gjennom hele prognosen, ca. 2 °C.

Vinden beregnet for Elgeseter er i gjennomsnitt 1 - 1.5 m/s sterkere enn det som observeres. Standardavviket av feilen for Elgeseter er lav, bare 1 m/s. Hyppigheten er størst av tilfeller med vindretning fra sør både i modell og observasjoner, og i vindrosene ser vi at det også er vinden fra sør som er for sterk i modellen sammenlignet med observasjonene. *Bias* i temperaturprognosene for Elgeseter er -0.5 °C i begynnelsen av prognosen, øker til ca.1 °C midt på dagen og synker til -1 °C mot slutten av prognosen. Standardavviket av feilen er størst midt på dagen (3 °C) og minst mot slutten av prognosen (2 °C).

6.1.2 Meteorologi i periodene 12. - 18. desember 2003 og 7. - 12. mars 2004

Figurene B37-48 viser meteorologiske observasjoner fra Voll og Elgeseter sammen med prognoser fra MM5 for periodene 12. - 18. desember og 7. - 12. mars.

Desemberperioden var preget av mange lavtrykk som kom inn mot kysten mellom Stad og Lofoten og ga sterke vinder fra sørvest til nordvest i Trondheim. Data fra Elgeseter mangler delvis i perioden, men tilgjengelige data viser at den observerte vinden er langt svakere ved Elgeseter enn på Voll. Vinden på Voll er underestimert i de periodene det observeres mest vind. Vindretningen fra MM5 treffer imidlertid begge observasjonene godt. Temperaturene i Trondheim er i underkant av frysepunktet i begynnelsen av perioden, øker så til ca. 5 °C før den synker ned mot frysepunktet igjen. Mot slutten kommer en ny periode med høyere temperatur, denne gangen opp mot 7 - 8 °C. Observasjonene ved Elgeseter og Voll følger hverandre tett, mens prognosene fra MM5 for begge lokaliteter ligger flere °C under i perioder. Stabiliteten i MM5 er positiv i de kaldeste periodene, og nesten nøytral i periodene med høy temperatur. For Elgeseter er det observert veitemperatur som er plottet sammen med temperatur på bakkens overflate fra MM5. Data for veitemperatur ser dessverre ut til å ha store feil, men det kan likevel være nyttig å se dette. I MM5 svinger bakktemperaturen mellom -5 og 5 °C i perioden.

Marsperioden som er valgt ut for spesialstudium av varslingen for Trondheim samsvarer med utvalgte periode for Oslo og Bergen og er dominert av det samme høytrykket over Sør-Norge. Det er svak vind i 10m høyde fram til 12. mars. Det observeres sterkere vind på Voll enn på Elgeseter, men MM5-prognosene overestimerer vinden begge steder med ca 2 m/s. Vindretning i 10m er sør-sørvest gjennom det meste av perioden men svinger mot nord i korte perioder. Vindretning i modell og observasjoner samsvarer bra. Temperaturprognosene har stor døgnlig amplitude i hele perioden, mens observasjonene både på Voll og Elgeseter har mindre amplitude. Observasjonen på Elgeseter avviker fra observasjonen på Voll den 11. og 12. mars og har her samme svingninger som modellen. Denne typen avvik mellom modell og observasjon har

vanligvis sammenheng med forskjeller i skydekket. Det har sannsynligvis vært mer skyer i Trondheim i denne perioden enn det som er representert i MM5. Stabiliteten i MM5 svinger gjennom døgnet på samme måte som 2m temperaturen. Det er beregnet høy stabilitet om natta og ustabile forhold om dagen. Veitemperaturen observert på Elgeseter har store feil også i denne perioden, og er uegnet til å verifisere bakketemperaturen i MM5.

6.2 Luftkvalitet

6.2.1 Målestasjoner

De målestasjonene som er anvendt for evalueringen er Elgesetergate og Rosendal. Figur D67 – D99 i Appendix D viser grafer med timesverdier av luftkvalitet samlet for hele sesongen.

6.2.2 Treff i prognosene gjennom sesongen

Tabellene C13-C14 i Appendix C viser treff og forekomst innen varslingsklasser for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for alle stasjoner basert på timemiddelverdier. En oppsummering av treff i varslingsklasse 2 og 3 er gitt i Tabell 6.1. For stasjoner der det er 5 eller færre dager med observasjoner i den respektive varslingsklassen er ikke prosentvis treff angitt.

Tabell 6.1: Prosentvis treff i varslingsklasse 2 og 3 for alle målestasjoner i Trondheim sesongen 2003-2004.

Stasjon	Komponent	Prosentvis treff i Varslingsklasse 2	Prosentvis treff i Varslingsklasse 3
Elgeseter	NO ₂	8	0
	PM _{2,5}	45	-
	PM ₁₀	23	0
Rosendal	NO ₂	-	-
	PM _{2,5}	65	-
	PM ₁₀	18	-

Tabellene C15-C16 i Appendix C viser treff og forekomst innen alle varslingsklasser for PM₁₀ og PM_{2,5} for alle stasjoner basert på døgnmiddelverdier. En oppsummering av treff i alle varslingsklasser er gitt i Tabell 6.2.

Tabell 6.2: Prosentvis treff i varslingsklasse for alle målestasjoner i Trondheim sesongen 2003-2004.

Stasjon	Komponent	Prosentvis treff
Rådhuset	PM ₁₀	15
Danmarks-plass	PM ₁₀	16

6.3 Spesialstudium av perioden 11. - 19. desember 2003

6.3.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Elgeseter og Rosendal er vist i hhv. Figur B37 og B38 i Appendix B.

Perioden 11.-16. desember er det svært høye observasjoner av NO₂ på Elgeseter, helt opp mot 500 µg/m³ per time. På Rosendal er toppene av NO₂ verdiene 50-100 µg/m³ per time. Det er ikke naturlig at det skal være så høyt nivå på Elgeseter. Det er heller ikke naturlig at det skal være så stor forskjell mellom disse stasjonene. Den høye konsentrasjonen på Elgeseter skyldes trolig en veldig lokal kilde, f.eks. veiarbeid. Når vi ser bort fra denne perioden ved Elgeseter er det brukbart treff mellom prognose og observasjon. Elgeseter treffer for resten av perioden og det er en svak underestimering ved Rosendal.

6.3.2 PM₁₀

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Elgeseter og Rosendal er vist i hhv. Figur B39 og B40 i Appendix B.

Med unntak av 14. og 15. desember er det generelt en svak overestimering av PM₁₀-nivået i denne perioden i Trondheim. Ved Elgeseter når prognosen ca 50 µg/m³ per time nesten hver dag. 19. desember blir prognosen ca 150 µg/m³ per time. Ved Rosendal er også prognosen høyere enn observasjonene. Her utgjør PM_{2,5} store deler av PM₁₀-konsentrasjonen, slik at store deler av overestimeringen kommer fra PM_{2,5}.

6.3.3 PM_{2,5}

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Elgeseter og Rosendal er vist i hhv. Figur B41 og B42 i Appendix B.

For Elgeseter er det brukbart treff mellom prognose og observasjoner. Unntaket er en enkelttime der det er målt en konsentrasjon på over 100 µg/m³ per time. Dette er en målefeil. Dette dokumenteres ved at PM₁₀-nivå for samme time er langt lavere (PM₁₀ er summen av PM_{2,5} og grovfraksjon svevestøv). Utover denne ene timen ligger prognosene på ca 25 – 40 µg/m³ per time, noe høyere enn observasjonene. For Rosendal er situasjonen omtrent den samme. Prognosen har topper fra 20 – 60 µg/m³ per time, mens observasjonene ligger på 15 – 25 µg/m³ per time. Resultatene fra MM5 viser at det er bra treff mellom prognose og observerte meteorologiske data. Overestimering av PM_{2,5}-nivå kan komme fra utslippsnivået.

6.4 Spesialstudium av perioden 7. - 12. mars 2004

6.4.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Elgeseter og Rosendal er vist i hhv. Figur B43 og B44 i Appendix B.

Både ved Rosendal og ved Elgeseter underestimerer prognosen NO₂-nivået. Ved disse tilfellene kan vi se en sammenheng mellom prognosene for luftkvalitet og vindhastighet. Underestimering av NO₂-konsentrasjon inntreffer samtidig med overestimering av vindhastigheten fra MM5. På slutten av perioden treffer både MM5- og AirQUIS-prognosene bedre. Konsentrasjonene har topper på 80 – 150 µg/m³ per time og avviket kan tildels forklares med avvik i meteorologiprognosen.

6.4.2 PM₁₀

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Elgeseter og Rosendal er vist i hhv. Figur B45 og B46 i Appendix B.

Ved Elgeseter gir både observasjoner og prognose en verdi over $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, noe som er veldig høyt. Denne toppen treffer innenfor samme døgn, dette er et døgn der vindhastigheten fra MM5 passer godt med observasjonene. For resten av perioden er det ikke treff mellom prognoserte og observerte topper. For Rosendal er konsentrasjonene noe lavere, men fremdeles høye, $150 - 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Selv om prognoserte og observerte topper har like høye konsentrasjoner, så treffer de ikke innenfor samme døgn.

6.4.3 PM_{2,5}

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Elgeseter og Rosendal er vist i hhv. Figur B47 og B48 i Appendix B.

Ved Elgeseter har vi samme tendens som for NO₂. En overestimering av vinden gir en underestimering av konsentrasjonen i perioden. Observasjonene har en topp på $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, og flere dager med $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. Prognosen når maksimalt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time. For Rosendal er ikke denne tendensen like framtrødende. Her veksler prognosen mellom å ligge over og under observasjonene. Her når både observasjoner og prognose ca $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time, men toppene er ikke sammenfallende i tid.

7. STAVANGER

7.1 Meteorologi

7.1.1 Meteorologiprognosenes kvalitet gjennom sesongen

Meteorologiprognosene for Stavanger er evaluert mot observasjoner ved Meteorologisk institutts målestasjon på Sola. Observasjonene her blir bare tatt hver 6. time mot hver time ved målestasjonene som er brukt i de andre byene. MM5-prognoser er bare beregnet fra 25. mars til og med 30. april. Datagrunnlaget for beskrivelsen av prognosenes kvalitet er derfor betydelig mindre enn for de andre byene slik at resultatene har mindre signifikans. MM5 for Stavanger underestimerer vinden i 10m med ca. 1 m/s i begynnelsen av prognosen. Gjennomsnittsseilen reduseres i de neste seks timene til null. Deretter er *bias* ca 1.5 m/s de siste to observasjonsterminene. Standardavviket av feilen svinger mellom 1.5 og 2.5 m/s med lavest verdi 18 UTC. Vind fra sør og sørøst er hyppigst observert ved Sola. MM5 har en tilsvarende fordeling av vindepisodene men med noe lavere vindhastighet. Temperaturprognosene for Sola har positiv *bias* på 1 °C 6 UTC, nær 0 °C 18 UTC og ca -2 °C i begynnelsen og slutten av prognosen.

Som inngangsverdier til AirQUIS i perioden 16. - 24. februar er benyttet HIRLAM10. Kvaliteten av disse prognosene for sesongen er ikke vist.

7.1.2 Meteorologi i periodene 16. - 24. februar 2004 og 21. - 30. april 2004

Figurene B49-51 viser meteorologiske observasjoner fra Sola sammen med prognoser fra MM5 for periodene 16. - 24. februar og 21. - 30. april.

Høytrykk over Storbritannia og etter hvert Sør-Norge ga vind fra nord, først mellom 5 og 10 m/s, deretter en periode med lite vind i Stavanger i februarperioden. Mot slutten av perioden kommer et lavtrykk inn mot Trøndelag og gir vind opptil 15 m/s. HIRLAM10 har en negativ gjennomsnittsseil i slutten av perioden, men varsler vindretningen ganske bra. Temperaturen observert på Sola er over frysepunktet hele perioden med unntak av natt til 20. februar. HIRLAM10 har en negativ gjennomsnittsseil i temperatur. Stabiliteten i HIRLAM10 er for det meste negativ, men noe positiv i de dagene høytrykket ligger over Sør-Norge.

Perioden 21. - 30. april er også en høytrykksperiode. Det veksler mellom vind fra sør med hastighet opp mot 10 m/s og perioder med svak vind 2 m/s fra forskjellige retninger. MM5 prognoserer svakere vind for Våland enn for Sola, og vinden for Sola er underestimert i sterkvindsepisodene. Forklaringen ligger også her, som i Bergen, i at vinden fra HIRLAM10 som driver MM5 er svekket av friksjonen over land. Vindretningen varslet for Sola stemmer godt overens med observasjonene. Temperaturprognosene har en døgnlig gang med amplitude på inntil 10 °C. Observasjonene viser mindre svingninger, noe som tyder på at det har vært for lite skyer i MM5 også i denne perioden. Stabiliteten svinger gjennom døgnet med stabile netter og ustabile dager.

7.2 Luftkvalitet

7.2.1 Målestasjoner

Målestasjonen ved Våland er anvendt for evalueringen. Figur D130 – D139 i Appendix D viser grafer med timesverdier av luftkvalitet samlet for hele sesongen.

7.2.2 Treff i prognosene gjennom sesongen

Tabell C17 i Appendix C viser treff og forekomst innen varslingsklasser for NO₂ og PM₁₀ for Våland basert på timemiddelerverdier. I Stavanger har luftkvaliteten vært god. Det er ikke

tilstrekkelig mange dager eller timer med observasjoner i de to høyeste varslingsklassene til å lage prosentvis treff gjennom sesongen. Tabell C18 i Appendix C viser treff og forekomst innen alle varslingsklasser for PM₁₀ og PM_{2,5} for Våland basert på døgnmiddelverdier.

7.3 Spesialstudium av perioden 16. - 23. februar 2004

7.3.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Våland er vist i Figur B49 i Appendix B.

Plottet viser at både prognose og observasjoner når en topp på 80 µg/m³ per time 20. februar og 60 µg/m³ per time 16. og 19. februar. Det er godt treff mellom prognose og observasjoner. For dagene med høyest konsentrasjon er det også godt samsvar mellom prognosert og observert vindhastighet. Det er generelt små verdier av NO₂ ved Våland (varslingsklasse 0).

7.3.2 PM₁₀

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Våland er vist i Figur B50 i Appendix B.

Plottet viser at både prognose og observasjoner når en topp på 60 µg/m³ per time 20. februar. Denne dagen er det også godt samsvar mellom prognosert og observert vind. I resten av perioden er nivået av både observasjoner og prognose lavt.

7.4 Spesialstudium av perioden 21. - 30. april

7.4.1 NO₂

Et plott av de målte og beregnede konsentrasjonene og meteorologiske data for Våland er vist i Figur B51 i Appendix B.

Prognosen ligger noe høyere enn observasjonene i hele perioden, men både begge ligger innenfor varslingsklasse 0.

8. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

8.1 Det operasjonelle modellsystemet

Koblingen mellom meteorologimodellen og AirQUIS er vurdert og endret før inneværende sesong. Fortsatt vurderes dette med tanke på at beregninger meteorologiske parametre skal være mest mulig konsistent. Spesielt gjelder dette parametre som beskriver bevegelse og stabilitetsforhold i den bakkenære atmosfæren.

Ved innføring av ny meteorologisk modell (UM) blir det nødvendig å gjennomgå koblingen på nytt og gjøre tilpasninger til endringer i innhold og format.

8.2 Meteorologi

Evalueringen av sesongen 2003-2004 viser at problemet med en relativt stor negativ temperaturbias i starten av prognosen er mindre enn i forrige sesong. Siden forrige sesong er HIRLAM10 oppgradert (Bjørge et al., 2003). Endringer i beregninger av temperatur og fuktighet på bakkens overflate er en viktig del av oppgraderingen som også har betydning for MM5. De nye beregningene av temperatur og fuktighet på bakken gir redusert feil i prognoser for 2m temperatur i HIRLAM10, og ser også ut til å gjøre det for MM5.

Fremdeles mangler i HIRLAM10 og MM5 en daglig oppdatering av snødekke/snødybde basert på observasjoner. Snødekke er en viktig faktor i beregning av bakketemperatur. Snøen har høyere albedo enn barmark og isolerer bakken slik at ikke jordtemperaturen synker like mye som i barmark. Utfordringen i daglig oppdatering av snødekke ligger i et relativt glissent observasjonsnettverk som ikke gir en fullverdig representasjon av snøens fordeling i variert topografi og langs en komplisert kystlinje. Satellittobservasjoner kan til en viss grad bøte på dette, men i overskyet vær er det ikke mulig å få ny informasjon om snødekke. Arbeidet med å utvikle en god rutine for oppdatering av snødekke i våre modeller er viktig for Bedre Byluft, men også generelt for *met.no*.

I spesialstudiene ser vi at MM5 i noen tilfeller har problemer med å beregne tilstrekkelig vindhastighet i byene Bergen og Stavanger. Modellområdene omkring disse byene er relativt små. Data fra HIRLAM10 som dekker disse områdene er under innflytelse av kysten og innlandstopografien, slik at vinden i HIRLAM10 her er bremsert av friksjonen. Med større modellområder for MM5 vil det være mulig for denne modellen å få informasjon om de sterke vindene utenfor kysten og behandle denne i forhold til en kystlinje som har flere detaljer enn i HIRLAM10. Regnekapasiteten ved *met.no* er nå god, slik at en utvidelse av MM5-området for Bergen kan vurderes. Ved innføring av UM vil vi ta slike hensyn når modellområdene etableres.

Vi anbefaler for videre utvikling:

1. intensivere arbeidet med å oppdatere snødekke vha konvensjonelle bakkeobservasjoner og satellittbilder
2. utvide modellområdet for Bergen, Trondheim og Stavanger
3. utvikle et grensesnitt mellom AirQUIS og UM

8.3 Luftkvalitet

Beregningene i AirQUIS benytter i tillegg til prognoser for meteorologi fra MM5, årssett for forbruks- og utslippsdata fra SSB og trafikkdata fra vegkontorene og NILU. I tillegg er bakgrunnsverdier for komponentene (og ozon (O₃)) konstante, basert på siste tilgjengelige målinger ved representative stasjoner. Kvaliteten på disse inngangsdata er viktige for å få gode

resultater. Ved at prognoseberegningene for luftkvalitet benytter historiske inngangsdata for utslipp, så betyr dette at prognosene ikke tar hensyn til spesielle avvik fra det normale når det gjelder utslipp.

For alle byene unntatt Bergen og Stavanger er utslipps- og forbruksdata fra stasjonære kilder oppdatert fra 1995 til 1998. Bergen-dataene er gyldig for 1995 og Stavanger-dataene for 1998. Forbruksdata for ved er for de byene som er oppdatert gyldige for 1999, og utslippsfaktorene gyldige for 2000. I forkant av sesongen 2003/2004 var det NILUs intensjon å oppdatere samtlige databaser med tanke på vedfyringsdata. SSB har gjennomført en omfattende undersøkelse for vedfyring i Oslo og Bærum som skal legge grunnlag for nye fyringsdata. For de resterende byene vil SSB gjennomføre en oppdatering av eksisterende data. Disse dataene har imidlertid ikke vært tilgjengelige for NILU i løpet av sesongen og derfor ikke lagt inn i basen ennå.

For Bergen er det benyttet vei og trafikkdata som er oppdatert i 2003 i forbindelse med prosjektet "Oppdatering av trafikk og arealbefolkning for Bergen i AirQUIS". For de andre byene er det uendret trafikkgrunnlag.

I løpet av de siste årene har det blitt utviklet en ny og mer brukervennlig versjon av AirQUIS ved NILU, AirQUIS₂₀₀₃. Denne versjonen er nå testet og verifisert og vil erstatte den versjon som tidligere har blitt benyttet i Bedre Byluft.

For videre arbeid med Bedre Byluft anbefaler vi:

1. Omlegging fra nåværende AirQUIS forecast til ny versjon, AirQUIS₂₀₀₃.
2. Oppdatering av vedfyringsdata i samtlige norske byer. Dette arbeidet ble startet av SSB i 2003. NILU vil anskaffe disse data.
3. Revidere trafikkdata og oppdatere data der det er nødvendig. Spesielt bør døgnfordeling av trafikken vurderes.
4. Oppfølging og forbedring av rutinen for vindblåst støv. Denne rutinen er ny i 2003/2004 sesongen, og det er behov for å justere betingelsene og nivå av støvutslipp i denne rutinen.
5. På sikt bør det vurderes hvorvidt det vil være hensiktsmessig å inkludere en ny spredningsmodell for gaterom i AirQUIS₂₀₀₃. Linjekildemodellen som er inkludert i AirQUIS i dag er primært utviklet for relativt åpne veier uten større husfasader og har problem med å beregne luftkvaliteten i gaterom som er omkranset av høye bygninger, eksempelvis Danmarks plass. Dette er imidlertid en omfattende prosess som krever mye tid og ressurser til testing og verifisering.

REFERANSER

Bjørge, D., Haugen, J.E., Homleid, M., Vignes, O.N. and V. Ødegaard, 2003, *Updating the HIRLAM numerical weather prediction system at met.no 2000-2002*, Research Report no. **145**, Norwegian Meteorological Institute, P.O. Box 43, Blindern, N-0313 Oslo, Norway

Buskerud vegkontor (2001), Tidsvariasjon for trafikk for E18 i Drammen 2000.

Guerreiro, C. B. (2004), personlig kommunikasjon med prosjektleder (o-103124)

Laupsa, H. (2002a), Rikets miljøtilstand 2001, Notat, Kjeller, NILU 2001

Laupsa, H. (2002b), Scandiaconsult, personlig kommunikasjon

Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2003), *Piggdekkundersøkelsen 2003*, 16-3-2003/KJJ

Statens vegvesen (1998), *Nasjonal Transportplan 2002-2011. Trafikkprognoser for bruk i planarbeidet. Oslo*, Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Ødegaard, V., S.E. Walker, K.H. Midtbø, H.T.B. Jablonska, K.I. Gjerstad og N. Bjergene, 2003, *Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2002/2003*, Research Report no. **152**, Meteorologisk Institutt, Postboks 43, Blindern, 0313 Oslo.