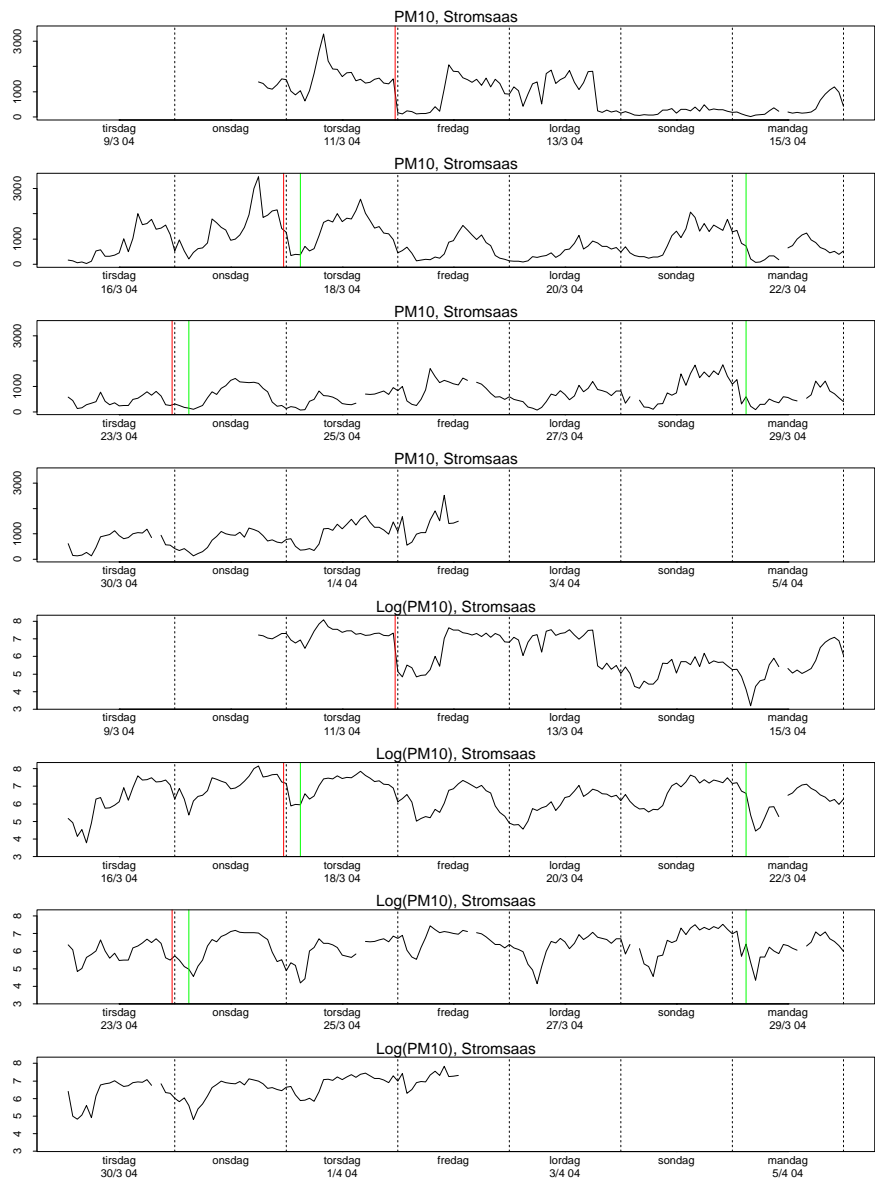


Feiing og salting i Strømsås-tunnelen mars 2004 - innledende analyse



SAMBA/27/04

Magne Aldrin

9. november 2004

Tittel: Feiing og salting i Strømsås-tunnelen mars
2004 - innledende analyse

Dato: 9. november 2004
År: 2004
Notat nr.: SAMBA/27/04

Forfatter: Magne Aldrin <magne.aldrin@nr.no>

Sammendrag: I mars 2004 blei det gjennomført forsøk med vasking og salting i Strømsås-tunnelen, med sikte på å redusere konsentrasjonen av svevestøv. Samtidig blei det gjort målinger av PM_{10} , meteorologi og trafikkvolum.

Denne rapporten inneholder en innledende analyse av dataene. Effekten av tiltakene er vurdert ved å studere endringer i PM_{10} -konsentrasjonen ved igangsetting av tiltak, samtidig som det er korrigert for effekten av trafikkvolum og meteorologi. Det kan synes som om tiltakene noen ganger har effekt, og andre ganger ikke. Imidlertid er det vanskelig å trekke noen klare konklusjoner så langt, grunnet følgende momenter: i) Tidsperiode med data er kort og episodene med tiltak er få. ii) Alle tiltak skjer på natta, da det normalt likevel er en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen. iii) De meteorologiske målingene i selve tunnelen viste seg å være av for dårlig kvalitet, slik at PM_{10} -konsentrasjonen i stedet er korrigert for utendørs meteorologi, som vi antar er mindre informativ for forhold inne i tunnelen.

I neste omgang vil det derfor være gunstig med følgende endringer i) Lenger dataperiode og flere episoder med tiltak. ii) Tiltak på ulike tidspunkt av døgnet. iii) Pålitelige meteorologiske målinger inne i tunnelen.

Arbeidet er utført på oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Emneord:

Målgruppe:

Tilgjengelighet: Lukket

Prosjekt:

Prosjektnr.:

Satsningsområde:

Antall sider: 16

Copyright © 2004 by Norwegian Computing Center, Oslo, Norway
All rights reserved. Printed in Norway.

Innhold

1	Introduksjon	1
2	Data	2
3	Modeller og resultater	12
4	Konklusjon	15

1 Introduksjon

Fem ganger i løpet av mars 2004 har en feid og/eller saltet i Strømsås-tunnelen i Drammen. Hensikten har vært å undersøke om slike tiltak reduserer konsentrasjonen av PM_{10} . Derfor er konsentrasjonen av PM_{10} målt i samme periode. I tillegg finnes registreringer av trafikkvolum, samt meteorologiske målinger inne i tunnelen og utafor tunnelen (Marienlyst).

Denne rapporten inneholder en foreløpig analyse av dataene, med vekt på hva som kan forbedres i nye forsøk. Konsentrasjonen av PM_{10} relateres til trafikkvolum og meteorologi ved hjelp av en statistisk modell. Deretter studeres effekten av tiltak, korrigert for effekten av trafikkvolum og meteorologi. I de neste kapitlene presenteres dataene, rammeverket for de statistiske modellene og til slutt resultatene. Til slutt følger en kort konklusjon, samt råd for gjennomføring av videre studier.

Arbeidet er finansiert av Statens vegvesen Vegdirektoratet. Arbeidet bygger på modeller som er utvikla og presentert i Kåresen og Aldrin (2001), Steinbakk og Aldrin (2003) og Haff og Aldrin (2003).

2 Data

Dataene består av timevise målinger av PM_{10} -konsentrasjon, antall lette og tunge kjøretøy og meteorologiske målinger fra tunnelen, samt meteorologiske målinger utendørs på Marienlyst i Drammen. Dataperioden er fra 10. mars. til 2. april 2004 for de fleste målingene, men noe kortere for de meteorologiske målingene inn i tunnelen.

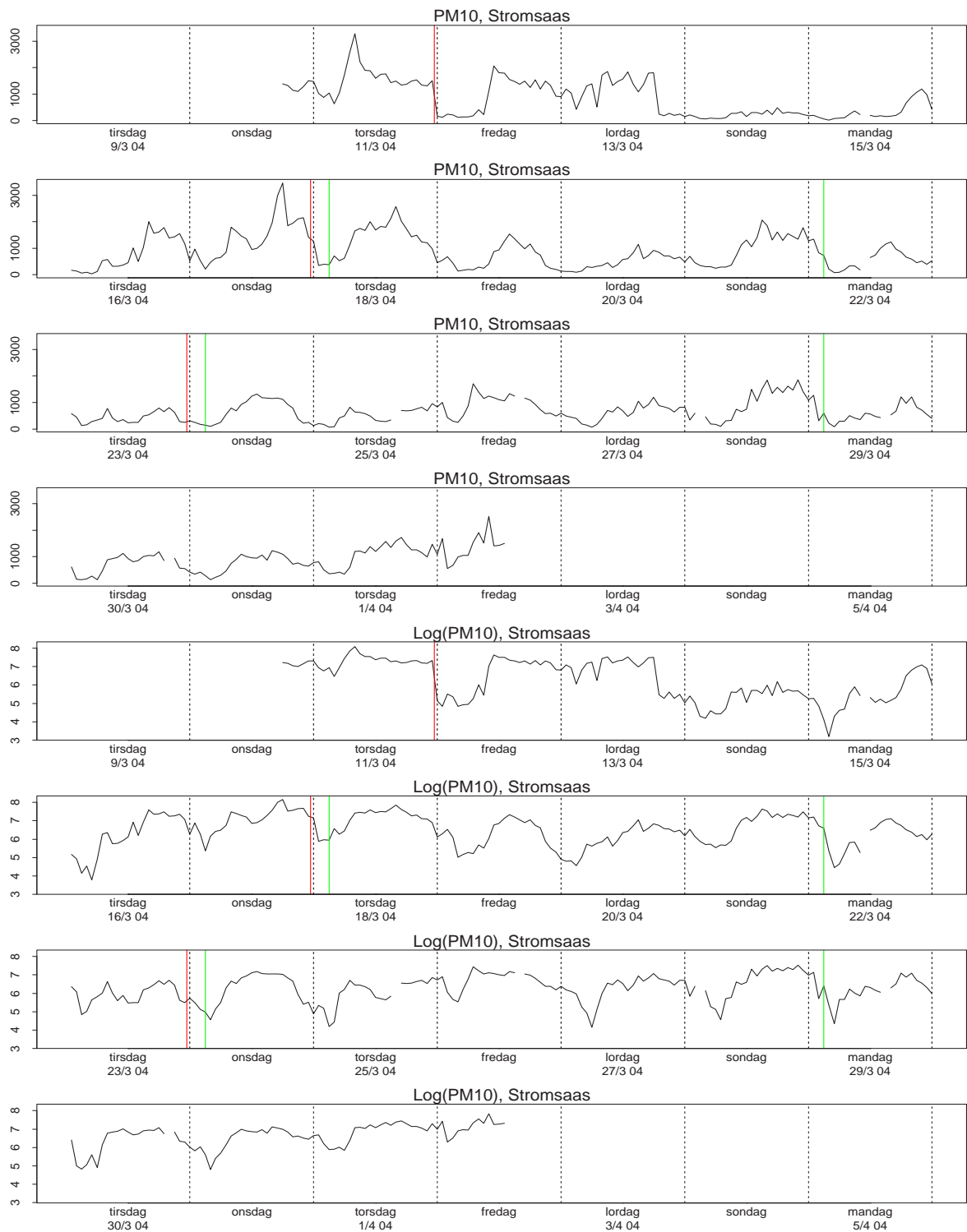
Figur 1 viser PM_{10} -konsentrasjon ($\mu g/m^3$) i tunnelen på henholdsvis original skala og (naturlig) logaritme-skala. Feiing er utført tre ganger i perioden, hver gang omkring klokka 22:30, markert med rødt i figuren. Salting er utført fire ganger, omkring klokka 2:00, markert med grønt. Det er til sammen fem episoder med tiltak, siden feiing og salting er kombinert to ganger. Vi ser at PM_{10} -konsentrasjonen minker omtrent samtidig med tiltakene i flere tilfeller, men ikke alltid. Videre ser vi at det ofte er en nedgang i PM_{10} -konsentrasjon omkring midnatt, også nå det ikke er gjennomført tiltak. Det gjelder derfor å korrigere for faktorer som trafikkvolum og meteorologi før vi vurderer hvilken effekt tiltakene har hatt.

Figur 2 viser antall kjøretøy totalt og hvor mange av disse som er tunge. Dette er et typisk trafikkmønster, med tydelig morgen- og ettermiddagsrush, samt lavere trafikk lørdag og søndag enn øvrige dager.

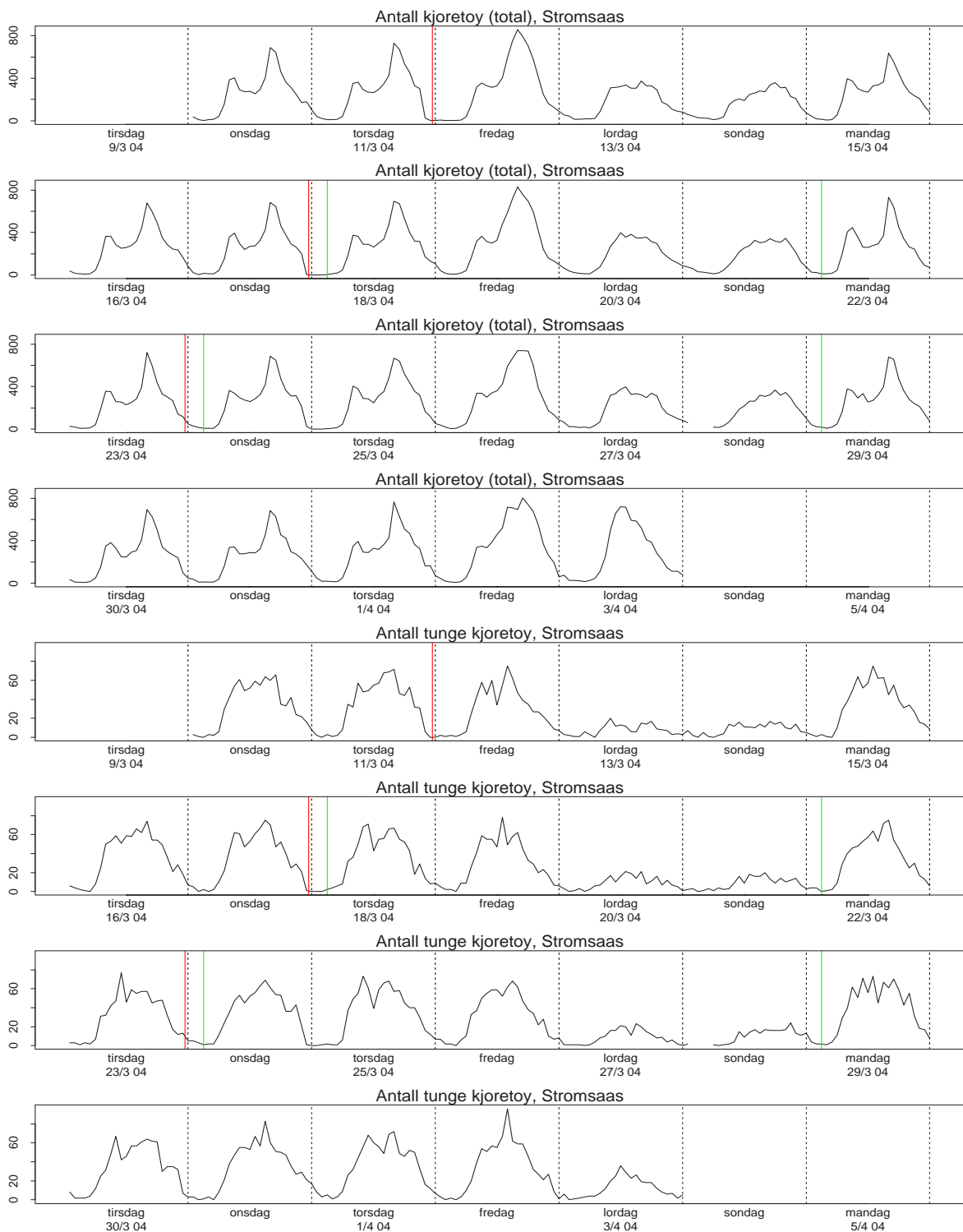
Figurene 3, 4 og 5 viser seks meteorologiske variable målt på Marienlyst.

Figurene 6, 7, 8 og 9 viser åtte meteorologiske variable målt inne i Strømsås-tunnelen. Temperatur og relativ fuktighet er målt på to ulike stasjoner, angitt med "In" og "Out". Både i "In" og "Out" kommer minimumstemperaturen typisk på kvelden. Dette er urimelig. Normalt når temperaturen minimum om natta eller tidlig på morgenen slik som på Marienlyst. De ansvarlige for målingene i tunnelen har i ettertid konkludert med at det må være feil i temperatur-målingene, men uten å ha funnet noen årsak. En mulig hypotese kan være at dataene er forskjøvet i tid, noe som understøttes av følgende observasjon: Vindhastigheten er slik at det er bortimot vindstille ved 17-tida hver dag. Jeg er usikker på hva som er årsaken til vind i tunnelen, men gjetter at den er relatert til trafikkmengden, og at det typisk burde være minst vind om natta. Alt i alt gjør dette at man i utgangspunktet kan være skeptisk til kvaliteten på alle de meteorologiske målingene i tunnelen, og det viser seg at de ikke er relatert til PM_{10} -konsentrasjonen, se kapittel 3.

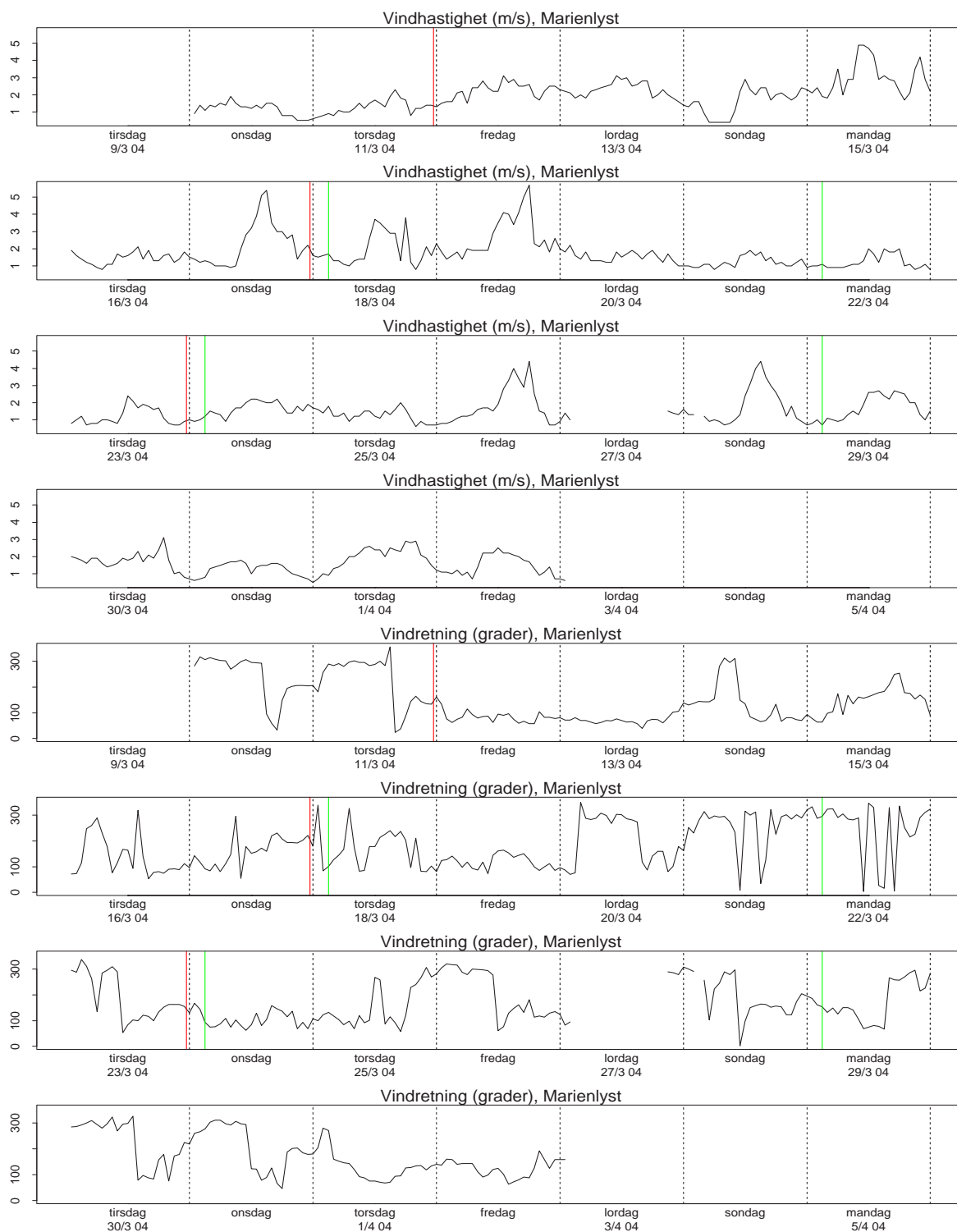
Forøvrig skaper overgangen fra vinter- til sommertid kl. 2:00 28. mars noe usikkerhet, fordi dette er behandlet ulikt i de forskjellige datakildene. Jeg har etter beste evne korrigert for dette, slik at målingene som presenteres her er ment å være i klokketid (det vil si i vintertid til og med 28/3 kl. 2:00, og sommertid etter dette).



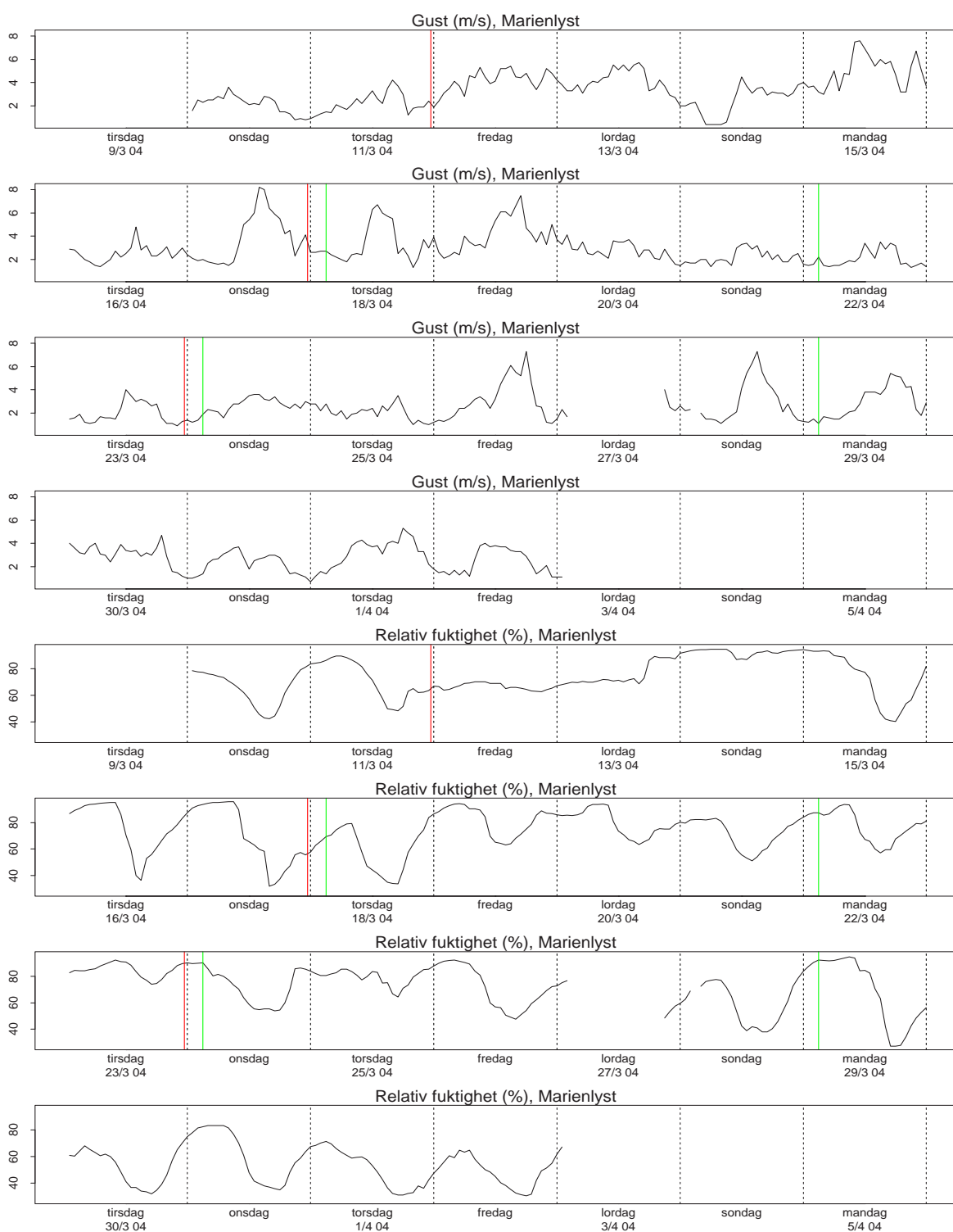
Figur 1: Fire øverste paneler: PM_{10} -konsentrasjon, Strømsås. Fire nederste paneler: $\text{Log}(PM_{10})$, Strømsås. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



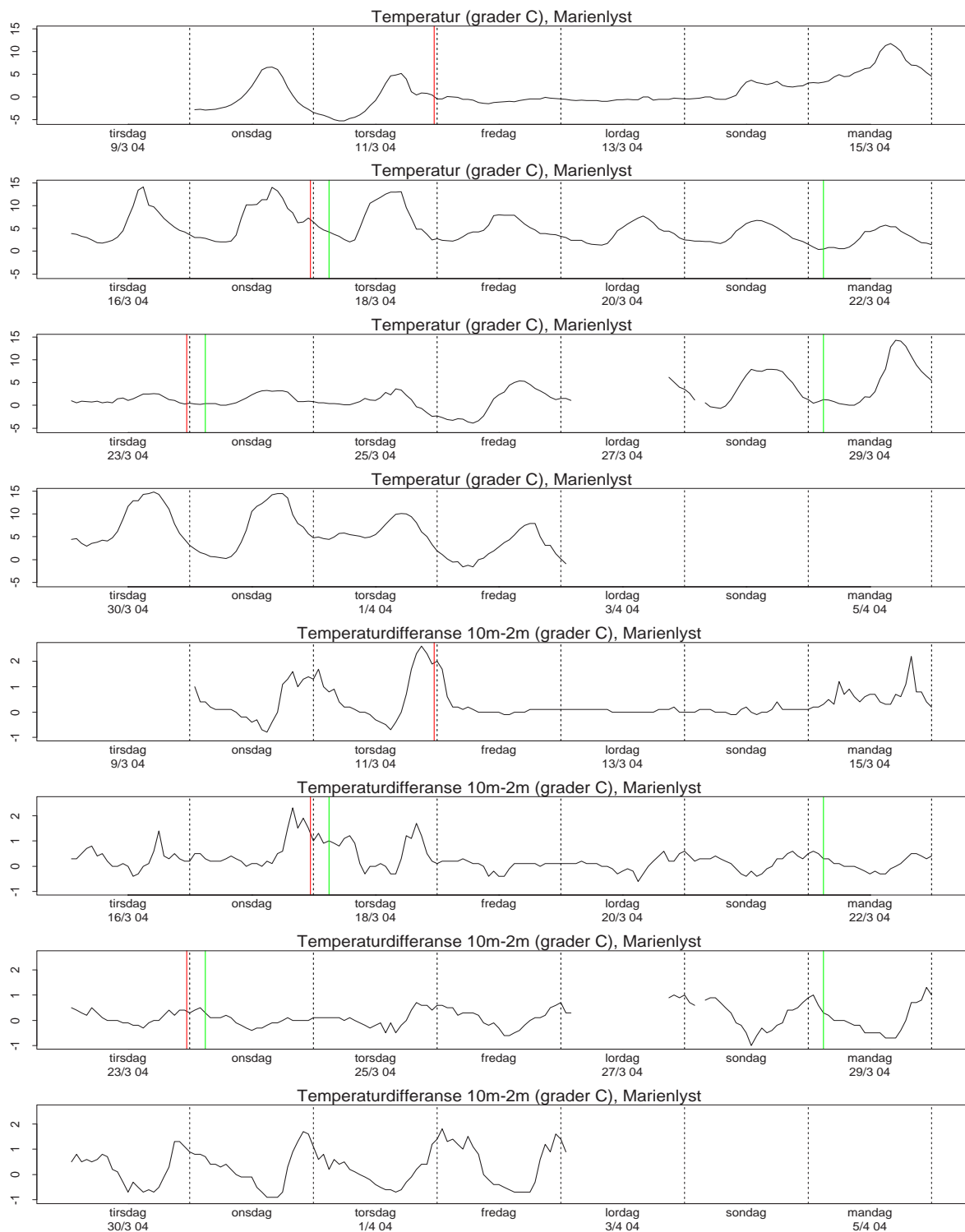
Figur 2: Fire øverste paneler: Antall kjøretøy, Strømsås. Fire nederste paneler: Antall tunge kjøretøy, Strømsås. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



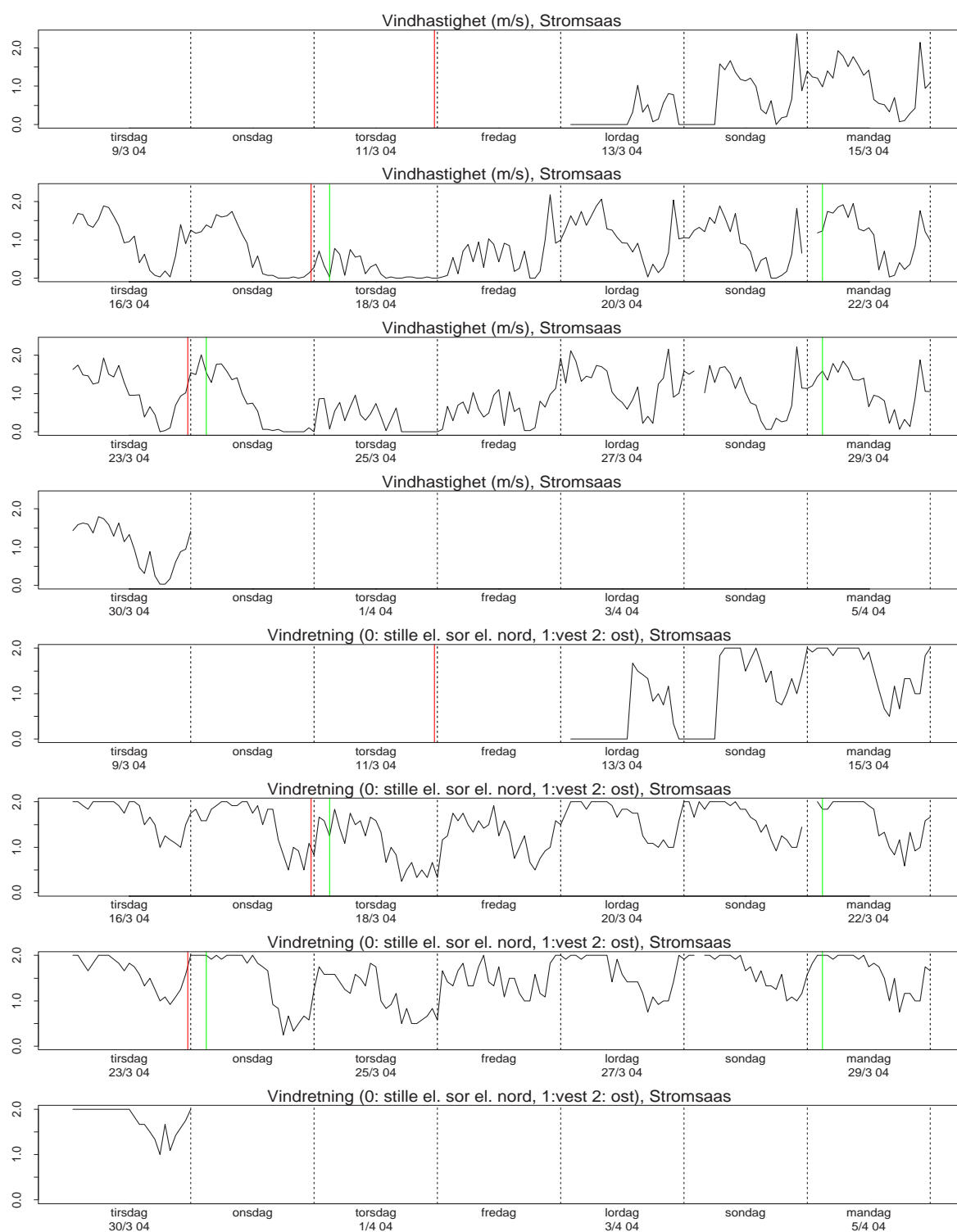
Figur 3: Fire øverste paneler: Vindhastighet Marienlyst. Fire nederste paneler: Vindretning, Marienlyst. Røde vertikale streker: Feing. Grønne vertikale streker: Salting.



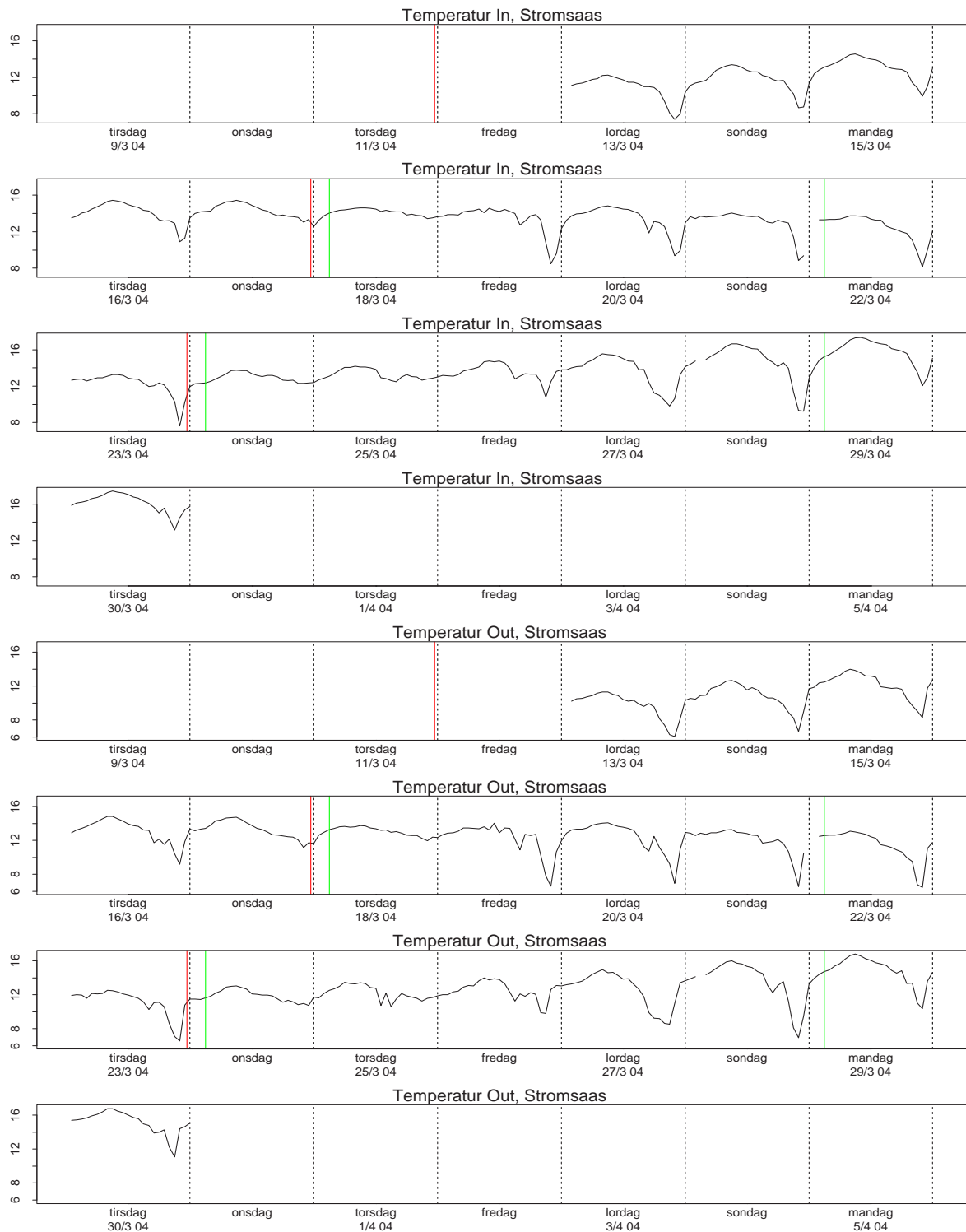
Figur 4: Fire øverste paneler: Gust Marienlyst. Fire nederste paneler: Relativ fuktighet, Marienlyst. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



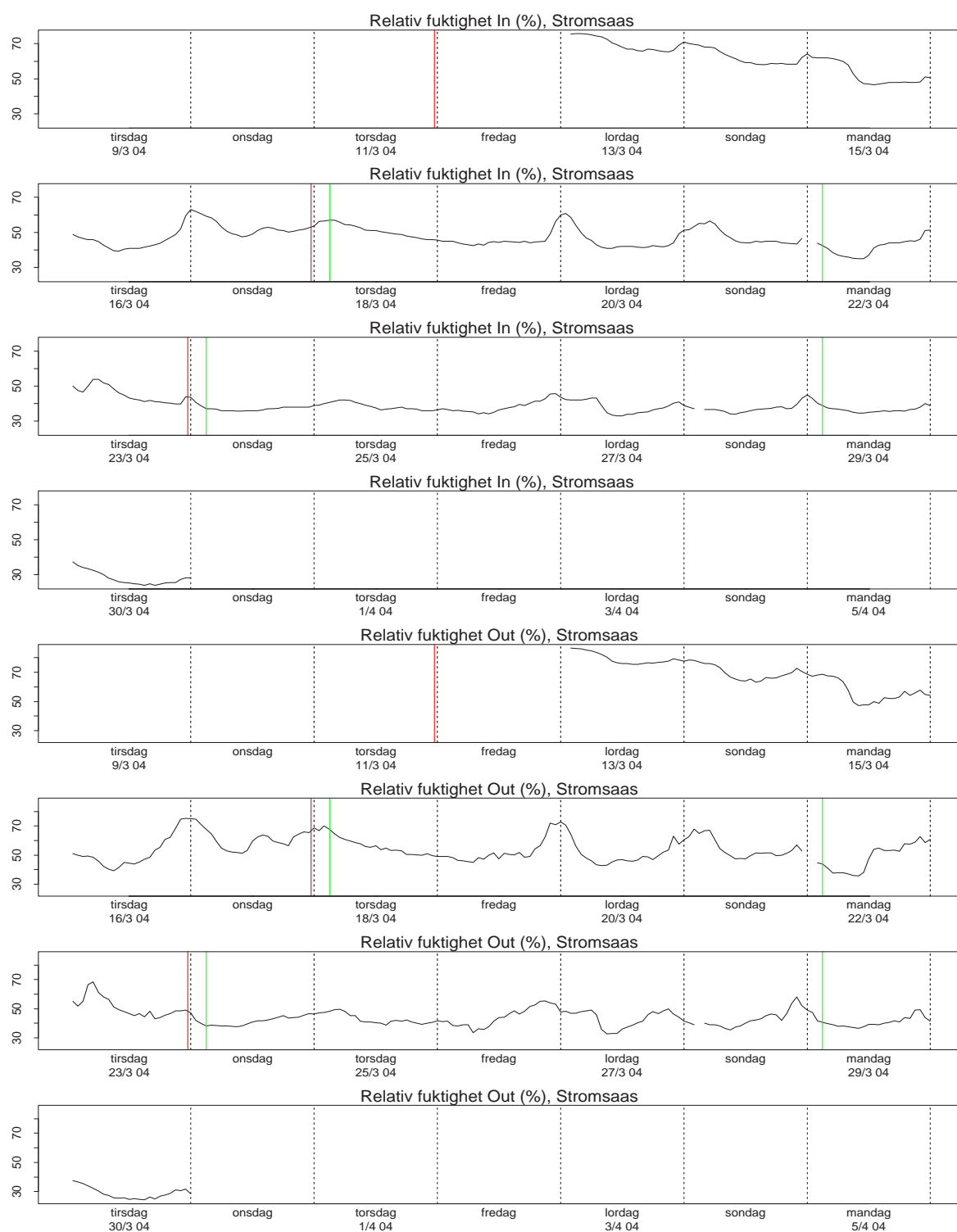
Figur 5: Fire øverste paneler: Temperatur, Marienlyst. Fire nederste paneler: Temperaturdifferanse, Marienlyst. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



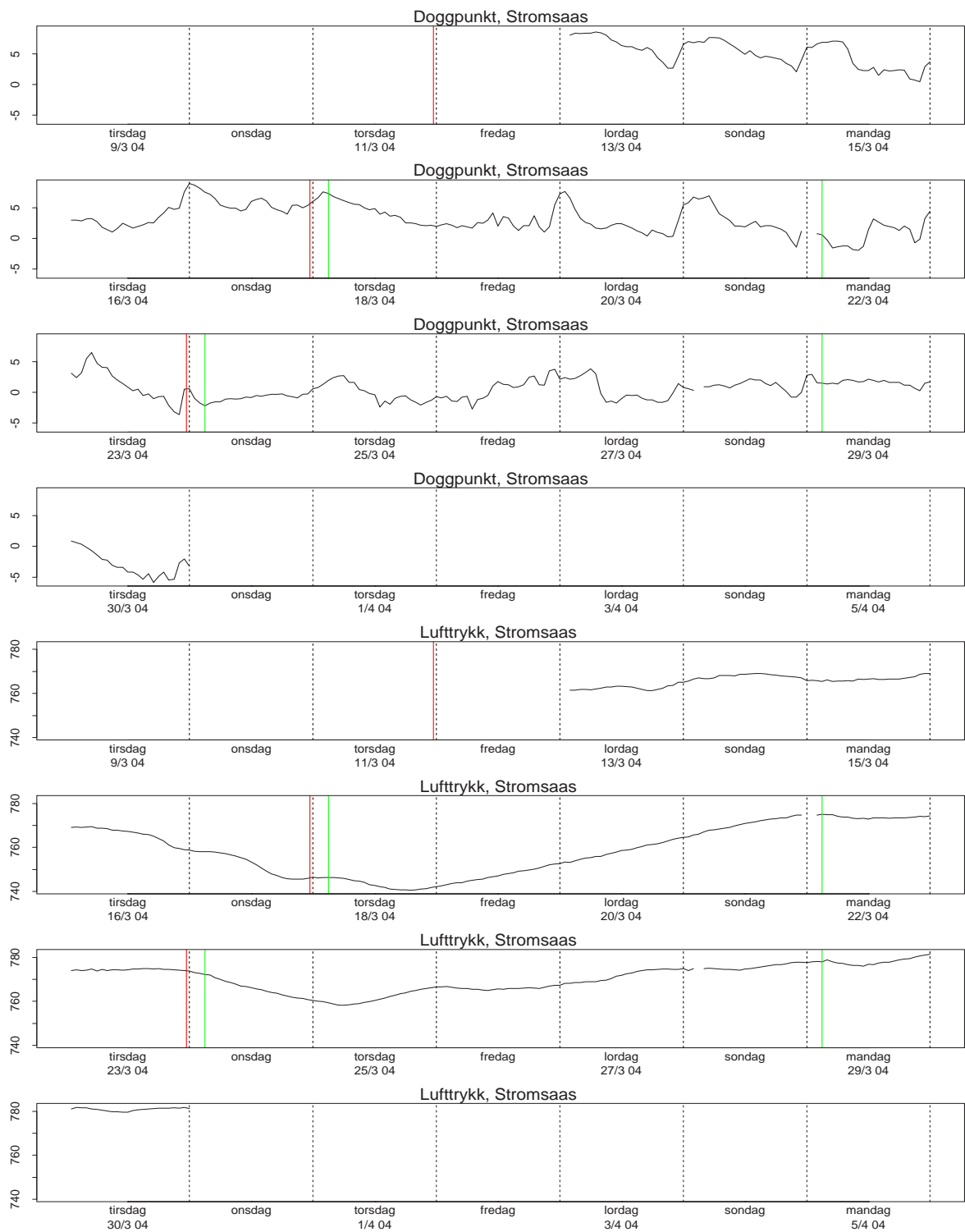
Figur 6: Fire øverste paneler: Vindhastighet, Strømsås. Fire nederste paneler: Vindretning, Strømsås. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



Figur 7: Fire øverste paneler: Temperatur In, Strømsås. Fire nederste paneler: Temperatur Out, Strømsås. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



Figur 8: Fire øverste paneler: Relativ fuktighet In, Strømsås. Fire nederste paneler: Relativ fuktighet Out, Strømsås. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.



Figur 9: Fire øverste paneler: Doggpunkt, Strømsås. Fire nederste paneler: Lufttrykk, Strømsås. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.

3 Modeller og resultater

Sammenhengen mellom PM_{10} og trafikk- og meteorologivariablene er modellert ved hjelp av generaliserte additive modeller (GAM), slik som i Haff og Aldrin (2003). På originalskala er modellen

$$PM_{10} = S_1(x_1) \cdot S_2(x_2) \cdots S_p(x_p) \cdot E, \quad (1)$$

der PM_{10} er timevise verdier, x -ene er korresponderende forklaringsvariable (trafikk eller meteorologi), og S -ene er glatte funksjoner bestemt av dataene.

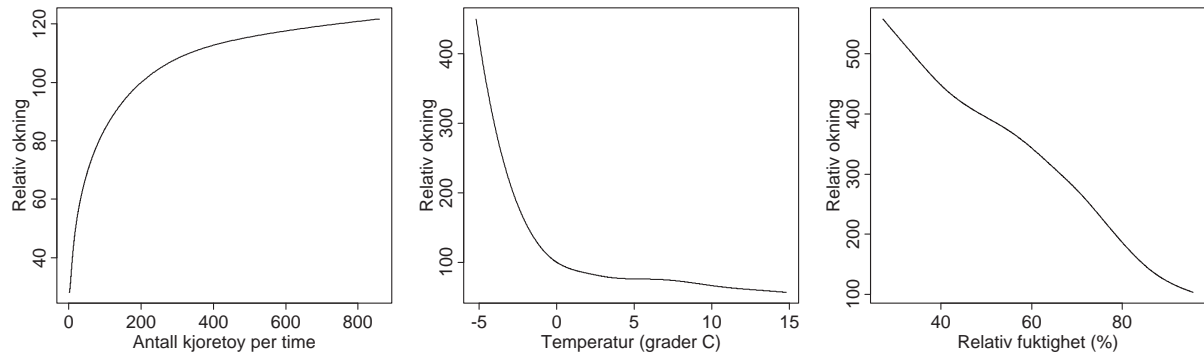
Ulike varianter av denne modellen er prøvd ut. Trafikkvolum er, naturlig nok, en viktig forklaringsvariabel, og det viste seg at totalt antall kjøretøy er mer signifikant enn lette eller tunge kjøretøy. Videre er temperatur og relativ fuktighet målt på Marienlyst klart signifikante. De øvrige meteorologiske variable målt på Marienlyst er ikke signifikante. De meteorologiske variablene målt i tunnelen er ikke signifikante, muligens med unntak av lufttrykk, og er dermed ikke tatt med i den endelige modell. Disse resultatene forsterker antakelsen fra kapittel 2 om at det kan være noe galt med alle de meteorologiske dataene inne fra tunnelen. Haff og Aldrin (2003) inkluderte en tidstrend i modellene, men det er ikke nødvendig denne gang, siden dataperioden er så kort som en måned. Haff og Aldrin (2003) inkluderte også en døgn effekt i modellene, men den er ikke signifikant for de nåværende data.

Det viste seg at PM_{10} -konsentrasjonen en gitt time er sterkere relatert til forklaringsvariablene i timen før enn i inneværende time, slik at forklaringsvariablene i den endelige modellen er forskjøvet med én time i forhold til PM_{10} -målingene. Det kan godt skyldes en reell tidsforsinkelse mellom årsak og virkning, men årsaken kan også være at deler av dataseriene er feilaktig forskjøvet i tid, jfr. kommentarer om vinter- og sommertid i kapittel 2. Dette bør undersøkes nærmere når det gjøres flere forsøk.

Figur 10 viser de estimerte effektene av de tre variablene i den endelige modellen. Figuren viser at PM_{10} -konsentrasjonen stiger med økende trafikk, men minker med økende temperatur og relativ fuktighet. Dette er hovedsakelig i samsvar med resultatene fra Haff og Aldrin (2003).

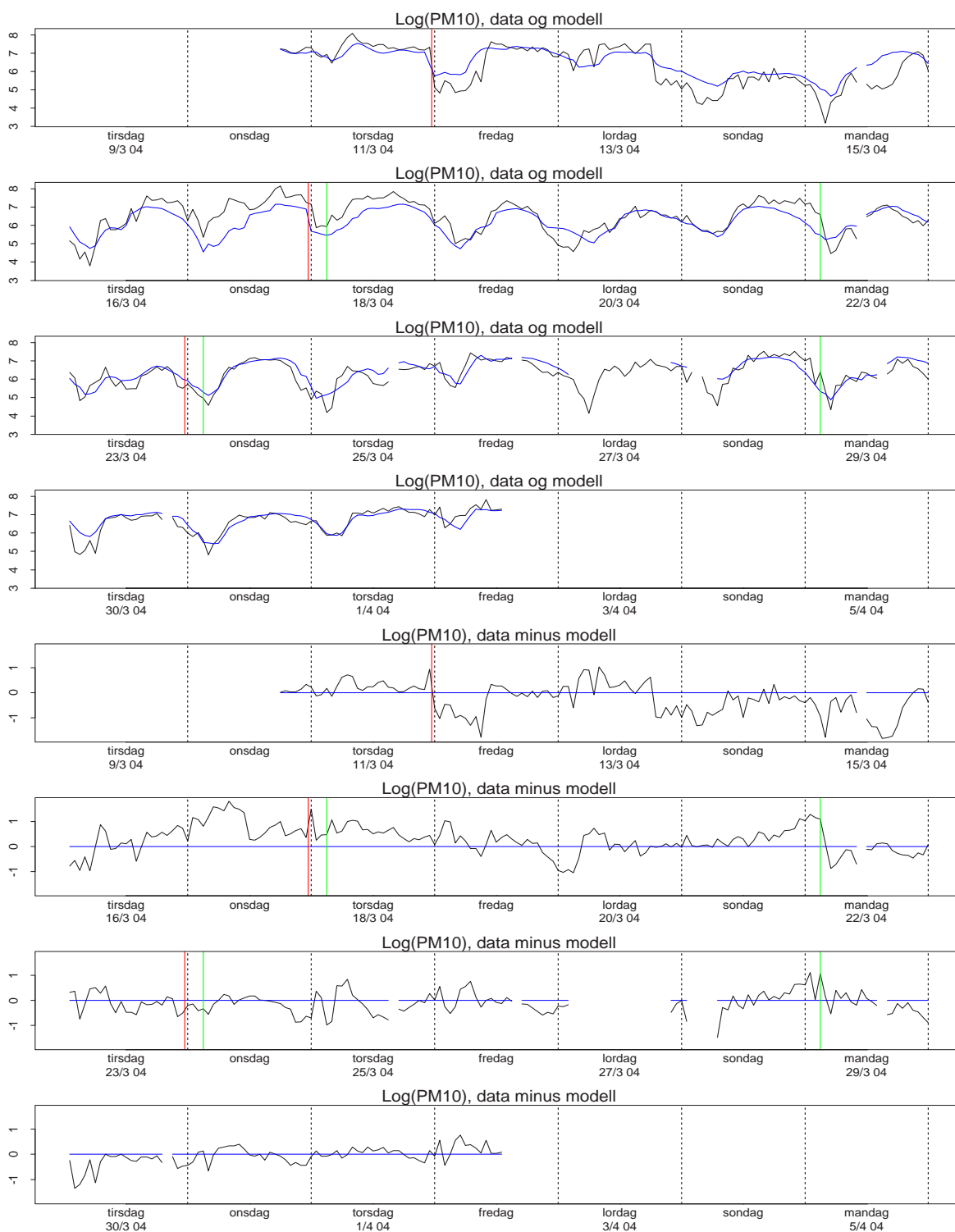
Øvre del av figur 11 viser (den naturlige) logaritmen til målt PM_{10} (svart) og tilsvarende estimer basert på modellen (blått). Nedre del viser forskjellen mellom målte og estimerte verdier (igjen på logaritmisk skala). Vi ser at det første tiltaket (mellom 11/3 og 12/3) faller sammen med en kraftig reduksjon i PM_{10} -konsentrasjonen, men at en stor del av dette forklares av modellen, nærmere bestemt av et kraftig fall i trafikkvolumet umiddelbart før tiltaket, se figur 2. Neste sett av tiltak (mellom 17/3 og 18/3) faller også sammen med en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen, men hele denne nedgangen er forklart i modellen. Tredje sett av tiltak (mellom 21/3 og 22/3) er fulgt av en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen som ikke er forklart av modellen. Fjerde sett av tiltak (mellom 23/3 og 24/3) faller igjen sammen med en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen, men igjen er dette fullt ut forklart av modellen. Også femte sett av tiltak (mellom 28/3 og 29/3) faller sammen med en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen, hvorav mesteparten, men ikke alt, lar seg forklare av modellen.

Selv om alle fem sett av tiltak faller sammen med en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen, er det altså i kun ett tilfelle at modellen ikke forklarer hele eller deler av nedgangen. Dermed er det ut fra disse dataene svært usikkert hvilken effekt tiltakene har. Jeg har derfor ikke



Figur 10: Plott av funksjonene $S(x)$, for de tre forklaringsvariablene.

supplert de kvalitative vurderingene over med en kvantitativ analyse av eventuelle effekter, slik som i Steinbakk og Aldrin (2002) hvor effektene av tiltake blei inkludert i modellene.



Figur 11: Øverste 4 paneler: Målt (svart) og estimert (blått) PM_{10} -konsentrasjon. Nederste 4 paneler: Residualer = målt - estimert. Røde vertikale streker: Feiing. Grønne vertikale streker: Salting.

4 Konklusjon

Analysene har antydnet at tiltakene feiing og salting kan ha en positiv effekt på PM_{10} -konsentrasjonen, men dette er på ingen måte avklart ut fra de foreliggende dataene. For å kunne tallfeste effekten av de to tiltakene er det nødvendig å gjennomføre flere forsøk.

Følgende momenter er viktige for å få størst mulig utbytte av en ytterligere studie:

- En mye lengre periode med data, for å kunne etablere en tydeligere sammenheng mellom PM_{10} -konsentrasjonen og forklaringsvariablene.
- Flere episoder med tiltak.
- Som i inneværende studie bør det være noen tilfeller med kun feiing, noen med kun salting og noen med begge tiltak, slik at det blir mulig å skille effekten av de ulike tiltakene.
- Tiltakene bør ikke gjennomføres kun på tidspunkt da man uansett kan forvente en nedgang i PM_{10} -konsentrasjonen. Det vil si at tiltak bør gjennomføres på ulike tider av døgnet, ikke minst på dagtid.
- Det bør framskaffes pålitelige meteorologiske data inne fra tunnelen.
- Spesielt er det viktig at målingene og tiltakene relateres til riktig tidspunkt.

References

Haff, I. H. og Aldrin, M. (2002). Empiriske modeller for luftforurensning, trafikkvolum og meteorologi - basert på data fra 2001-2003. NR-Notat SAMBA/38/02, Norsk Regnesentral.

Kåresen, K. og Aldrin, M. (2001). Effekt av salting på trafikkgenerert svevestøv; foreløpig statistisk analyse. NR-notat SAMBA/20/01, Norsk Regnesentral.

Steinbakk, G. H. og Aldrin, M. (2003). Effekt av salting på svevestøv. En analyse basert på data fra vintrene 2001/2002 og 2002/2003. NR-notat SAMBA/19/03, Norsk Regnesentral.