

2. Invloed METEO op de CONCENTRATIE

2.1 Emissie-Immissie

Onder luchtverontreiniging verstaat men de aanwezigheid van vreemde gassen of deeltjes in de lucht, waardoor er een verandering in de samenstelling optreedt die schadelijke gevolgen kan hebben voor de mens en de natuur. De uitstoot of emissie van deze stoffen kan van natuurlijke (bosbranden, vulkaanuitbarstingen) of antropogene aard zijn.

Onder immissie verstaat men de concentraties van luchtvervuilende stoffen waaraan de receptoren blootgesteld worden. Er is uiteraard een verband tussen de uitstoot (*emissie*) en de waargenomen concentratie (*immissie*).

In de nabijheid van bronnen of brongebieden is dit verband vrij complex en zeker niet louter proportioneel. Zo kan de luchtkwaliteit in een gebied met meerdere bronnen op bepaalde momenten het sterkst bepaald worden door de bron met de geringste uitstoot en op andere tijdstippen door deze met de hoogste uitstoot. Alleen op relatief grotere afstanden van de bronnen, en voor zover er geen belangrijke fysico-chemische omzetting plaatsgrijpt, zijn de waargenomen concentraties proportioneel met de omvang van de emissies.

Emissiepatroon : meestal zijn de emissies niet constant in de tijd maar onderhevig aan een cyclisch patroon. Anderzijds zijn er ook emissies waarvan de aard onregelmatig, diffuus of accidenteel is. Het cyclisch verloop van de emissies houdt verband met de maatschappelijke bedrijvigheid (arbeid, verkeer, huisverwarming, industriële activiteit, uitgaansleven, etc. ...). Men onderscheidt o.m. cycli in het:

- dag- en nachtverloop
- weekverloop : weekend - werkdag
- seizoenen : zomer - winter
- dagverloop : spitsuren en daluren voor het verkeer
- dagverloop : piekperiode energieproductie/verwarming

Wisselende concentraties: het sterk wisselend verloop van de gemeten concentraties (zie fig. 2.3 en 2.7) vertoont geen duidelijke band met het emissiepatroon. Er is echter wel een duidelijk verband merkbaar tussen het “*gemiddeld concentratieverloop*” en de emissies. Dit kan o.m. afgeleid worden uit de vele grafieken met het “*gemiddeld weekverloop*” of met het gemiddeld “*dagverloop*” (zondag, zaterdag en werkdag) voorgesteld in hoofdstuk 4, respectievelijk voor winter- (oktober - maart) en voor zomerperiodes (april - september).

Algemeen kan gesteld worden dat de concentraties toenemen bij grotere emissies en dat zij afnemen naarmate de “*luchtverversing*” toeneemt. In brongebieden variëren de waargenomen concentraties gewoonlijk vrij snel en in belangrijke mate. De niveaus fluctueren over een veel ruimer concentratiegebied dan kan verwacht worden op basis van de variaties in de uitstoot.

In brongebieden zijn concentratiewijzigingen met een factor 2 tot 3 in de loop van éénzelfde dag de regel, wijzigingen met een factor 10 zijn niet uitzonderlijk en grotere schommelingen niet onmogelijk. Zelfs bij emissies die constant gehouden worden in de tijd kunnen de concentraties zeer sterke schommelingen vertonen. In de praktijk zijn het niet zozeer de variaties in de uitstoot maar veeleer de steeds wisselende meteorologische omstandigheden die bepalend zijn voor de mate waarin de luchtvervuiling waarneembaar is.

Atmosferische processen: niet alle pollutanten worden via bronnen in de atmosfeer gebracht. Sommige worden, uitgaande van de primair uitgestoten pollutanten, gevormd in een reeks atmosferische reactieprocessen. Een type voorbeeld hiervan is ozon. Bij warm en zonnig weer ontstaat er, onder invloed van de invallende UV-straling van de zon, een reactieproces in de reeds vooraf gecontamineerde lucht waarbij ozon in overmaat wordt aangemaakt. De primaire pollutanten, ook “voorlopers” of “precursoren” genoemd, zijn in dit geval stikstofdioxide en reactieve, vluchtige organische componenten. Het eindproduct ozon wordt omschreven als een “*secundaire pollutant*”.

In een omgeving rijk aan stikstofmonoxide wordt een gedeelte van het ozon omgezet tot NO₂. Ook aerosolen (sulfaten, nitraten, ...) worden deels in de atmosfeer gevormd. NO₂ en de fijne deeltjesfractie zijn dan ook ten dele secundaire pollutanten.

2.2 Meteorologische situatie

2.2.1 Laterale verspreiding

Wind zorgt voor de aanvoer van verse lucht (of van verontreiniging) vanop afstand en voor de afvoer van de lokale verontreiniging. Hoe hoger de windsnelheid hoe hoger de graad van luchtverversing en hoe groter de verdunning van de verontreiniging.

Er is duidelijk een belangrijke invloed van de windsnelheid en de windrichting op de laterale verspreiding van de luchtvervuiling.

Wind of luchtverplaatsingen ontstaan door drukverschillen. Rond lage drukgebieden of cyclonen beweegt de lucht in tegenwijzerzin. Voor onze streken gaat dit meestal gepaard met de aanvoer van vrij zuivere lucht van over de Atlantische Oceaan (zuidwestelijke tot noordwestelijke winden). De meestal krachtige wind zorgt voor een grote verdunning bij de afvoer van de lokale uitgestoten luchtvervuiling.

Rondom kernen van hoge luchtdruk of anticyclonen draait het windveld, van bovenaf gezien, in wijzerzin. In onze streken komt dit vaak neer op wind vanuit de oostelijke sector, vanaf het noordnoordoosten tot het zuidoosten. Dit gaat gepaard met aanvoer van continentale lucht die reeds in grotere mate aangerijkt is met pollutanten. De achtergrondconcentraties zijn hoger dan gemiddeld en daar bovenop wordt de lokale verontreiniging toegevoegd. De meestal zwakkere wind, horend bij deze richting, zorgt voor een minder goede verdunning.

De hogere windsnelheid tijdens de tweede helft van de maand januari 2002 leidt op alle meetplaatsen tot lagere concentratiewaarden dan tijdens de eerste helft van de maand (fig. 2.3). Periodes met verschillende, doch min of meer stabiele windrichting, leiden tot een verandering van het concentratieniveau in de meetposten te Elsene en Kunst-Wet, zoals kan opgemaakt worden uit de evolutie van de concentraties (fig. 2.4) voor de periodes van 3 t/m 11 oktober (zuidwestelijke tot noordwestelijke wind) en 12 t/m 20 oktober 2003 (aanvoer vanuit noordoostelijke richting).

2.2.2 Verticale verspreiding

De verspreiding van de luchtvervuiling in verticale richting heeft een nog veel grotere invloed op de omgevingsconcentratie dan de laterale verspreiding. De luchtvervuilende stoffen worden op een eerder geringe hoogte (enkele meter tot enkele tientallen meter) in de atmosfeer uitgestoten. De pollutanten verspreiden zich in de hoogte en vervuilen de onderste lagen van de troposfeer (meerdere honderden meter tot ca. maximaal 2000 meter hoogte). Onder bepaalde omstandigheden wordt de vervuiling slechts tot op enkele tientallen meter of hoogstens tot een paar honderden meter hoogte verspreid.

De *hoogte van de menglaag*, d.i. de hoogte tot waarop de vervuiling wordt doorvermengd, is veruit de belangrijkste parameter bepalend voor het concentratieniveau aan de grond. De concentraties zijn lager naarmate de menglaag hoger is (fig. 2.1). Bij een menglaag van b.v. 800 m hoogte verspreidt de vervuiling zich in een vier maal groter volume lucht dan bij een 200 m hoge menglaag. In dit laatste geval zijn de concentraties aan de grond 4 maal hoger.

Het verticale temperatuurprofiel in de lucht is bepalend voor de mate waarmee de pollutanten zich vermengen in de bovenliggende luchtlagen.

Temperatuurgradiënt: in de luchtlagen van de troposfeer daalt de temperatuur in principe met de hoogte. Gemiddeld bedraagt de *temperatuurdaling in de omgevingslucht* ca. 0.65°C per 100 m, maar deze kan variëren van ca. 0°C tot ruim meer dan 1°C per 100 meter. Een temperatuursinversie is een situatie waarbij de temperatuur toeneemt met de hoogte.

In een *uitgestoten vervuilde luchtbel* verandert de *temperatuur in functie van de hoogte* min of meer adiabatisch. Het verschil tussen deze adiabatische temperatuurverandering (in opstijgende of dalende luchtbellens) en de temperatuurgradiënt van de omgevingslucht bepaalt in hoge mate de verticale doormenging (fig. 2.2).

Bij een droge luchtbel (niet volledig verzadigd met vocht) bedraagt de adiabatische temperatuurverandering ongeveer 1°C per 100 meter. Bij een met vocht verzadigde luchtbel bedraagt de adiabatische temperatuurverandering minder dan 1°C per 100 meter (0.2 à 0.9°C) wegens de eventuele verdamping of condensatie.

Onstabiele atmosfeer: indien de adiabatische temperatuurverandering in een opstijgende luchtbel minder groot is dan de temperatuurverandering in de omgevende lucht, dan zal de temperatuur in een op omgevingstemperatuur geloosde, opstijgende luchtbel hoger worden dan de temperatuur van de omgevende lucht. Hierdoor wordt de dichtheid van de luchtbel lager dan deze van de omgevende lucht en de luchtbel gaat nog verder stijgen.

Indien deze luchtbel daalt, dan zal de temperatuur ervan lager worden dan deze van de omgevende lucht. De dichtheid van de luchtbel neemt toe en wordt groter dan deze van de lucht eromheen. Hierdoor gaat de luchtbel verder dalen.

Bij een onstabiele atmosfeer verwijderd de uitgestoten luchtbel zich steeds van de beginsituatie. Er is bijgevolg een zeer goede doormenging in de hoogte, met gemiddeld lagere concentraties tot gevolg.

Stabiele atmosfeer: indien de adiabatische temperatuurverandering in een opstijgende luchtbel groter is dan de temperatuurverandering in de omgevende lucht, dan zal de temperatuur in een op omgevingstemperatuur geloosde luchtbel lager worden dan deze van omgevende lucht. Hierdoor neemt de dichtheid van de luchtbel toe t.o.v. de omgevende lucht, waardoor de luchtbel de tendens vertoont om te dalen.

Indien de luchtbel daalt, dan zal de temperatuur van de luchtbel hoger worden dan deze van de omgevende lucht. De dichtheid ervan wordt lager dan deze van de omgevende lucht, waardoor de luchtbel tendens vertoont om te stijgen.

Bij een stabiele atmosfeer heeft de uitgestoten luchtbel steeds de neiging om terug te keren naar de beginsituatie. Er is bijgevolg een eerder moeizame doormenging in de hoogte. De vervuiling blijft derhalve meer geconcentreerd aanwezig in de luchtlaag waarin ze uitgestoten wordt en de concentratie in deze laag neemt toe.

Neutrale situatie: een neutrale situatie doet zich voor wanneer de adiabatische temperatuurverandering van een geloosde luchtbel min of meer gelijk is aan de temperatuurgradiënt van de omgevende lucht. In dit geval is een op omgevingstemperatuur geloosde luchtbel op alle hoogten in evenwicht met de omgevende lucht. In dergelijke situatie is er een behoorlijke vermenging in de hoogte.

De overgangen tussen de verschillende situaties verlopen dynamisch. In de loop van de dag kunnen er meerdere situaties voorkomen met verschillende stabiliteit van de luchtlagen. Bovendien kan een eerder lichte fluctuatie in het verticale temperatuurprofiel reeds tot een andere stabiliteit van de luchtlagen leiden, met snel wisselende concentraties tot gevolg.

Stabiliteit luchtlaag en emissiehoogte: de concentraties op grondniveau worden in sterke mate beïnvloed door de stabiliteit van de luchtlagen. Er is echter ook enige wisselwerking met de emissiehoogte.

Bij een stabiele atmosfeer en een geringe lichtsnelheid zal de rookpluim, afkomstig van een hoge schouw, kilometers lang op die hoogte blijven en weinig uitdeinen in de breedte en de hoogte. Onder deze omstandigheden zal de uitstoot van de schouw de luchtkwaliteit in een min of meer ruime omgeving nauwelijks beïnvloeden. De uitstoot op geringe hoogte, b.v. van het verkeer of de huisverwarming in de steden, zal onder dezelfde omstandigheden echter aanleiding geven tot hoge concentraties op grondniveau.

Bij een onstabiele atmosfeer, met een goede verspreiding in de hoogte en met een felle wind, zal de uitstoot van de lage bronnen zich goed verspreiden. In dit geval zijn de concentraties in de steden eerder gering. Onder deze omstandigheden kan de rookpluim van een hogere schoorsteen reeds op vrij korte afstand tot tegen de bodem neerslaan en er lokaal tot hoge concentraties leiden.

Temperatuursinversie : in speciale omstandigheden treedt er temperatuursinversie op. Polluenten uitgestoten beneden de inversielaag dringen er meestal niet doorheen. Bij een inversie op lage hoogte (enkele tientallen meter), gepaard gaande met windstille periodes, worden in de steden de hoogste piekwaarden genoteerd. Er treedt accumulatie op van de op lagere hoogte uitgestoten verontreiniging.

Dergelijke inversie komt vaak voor na een koude nacht zonder bewolking. Tijdens de nacht koelt het aardoppervlak geleidelijk aan af door stralingsverlies. Tegen de ochtend zijn de onderste luchtlagen (tegen de bodem) kouder dan de lucht op enkele tientallen meter hoogte (fig. 2.1). Deze vorm van inversie wordt stralingsinversie genoemd en is meestal van korte duur. De opkomende zon warmt het aardoppervlak op, waardoor de inversie geleidelijk aan opgebroken wordt. Dit fenomeen komt vrij frequent voor, zowel tijdens winter- als tijdens zomerperiodes.

In de grafieken van figuur 2.3 is duidelijk de invloed te zien van de inversie op het concentratieniveau van de onderscheiden polluenten, gemeten op verschillende plaatsen in het Gewest. In de eerste helft van de maand januari 2002 wordt herhaalde malen een temperatuursinversie aan de grond opgetekend. Deze periode wordt gekenmerkt door een geringe windsnelheid en hogere concentraties dan tijdens de tweede helft van de maand. De evolutie van de temperatuurgradiënt gemeten te Ukkel (grafiek onderaan fig. 2.3) wijst herhaaldelijk op de aanwezigheid van een temperatuursinversie aan de grond: een negatieve waarde voor de parameter “ $T3-T30$ ” wijst op een hogere temperatuur op 30 m hoogte (T30) dan op 3 m hoogte (T3).

Ook tijdens de zomerperiode kan een ochtendinversie tot vrij hoge concentraties leiden. De hoogste ozonpieken, opgetekend tijdens de namiddag, worden meestal voorafgegaan door een ochtendinversie. Tegen de middag verdwijnt de inversie weliswaar, maar deze toestand wordt vermoedelijk gevolgd door een situatie met zeer stabiele luchtlagen waarbij de verticale vermenging moeizaam verloopt en de hoogte van de menglaag enigszins beperkt blijft.

Een andere vorm van inversie is de subsidentie-inversie. Deze vorm van inversie is meestal grootschalig, b.v. over een groot gedeelte van West-Europa. Zij ontstaat doordat er zachtere luchtlagen over de koudere lagen aan de grond heen schuiven. Bij hoge druk kunnen de zachtere luchtlagen dalen waarbij de temperatuur, als gevolg van de compressie, min of meer adiabatisch toeneemt. Doordat de lucht in de toplagen ijler is, zal de bovenlaag sterker dalen dan de onderste lagen en dus sterker opwarmen; er kan inversie optreden. In extreme gevallen kan dergelijke situatie leiden tot een pollutie-episode: een periode met aanhoudend sterk verhoogde pollutieniveaus.

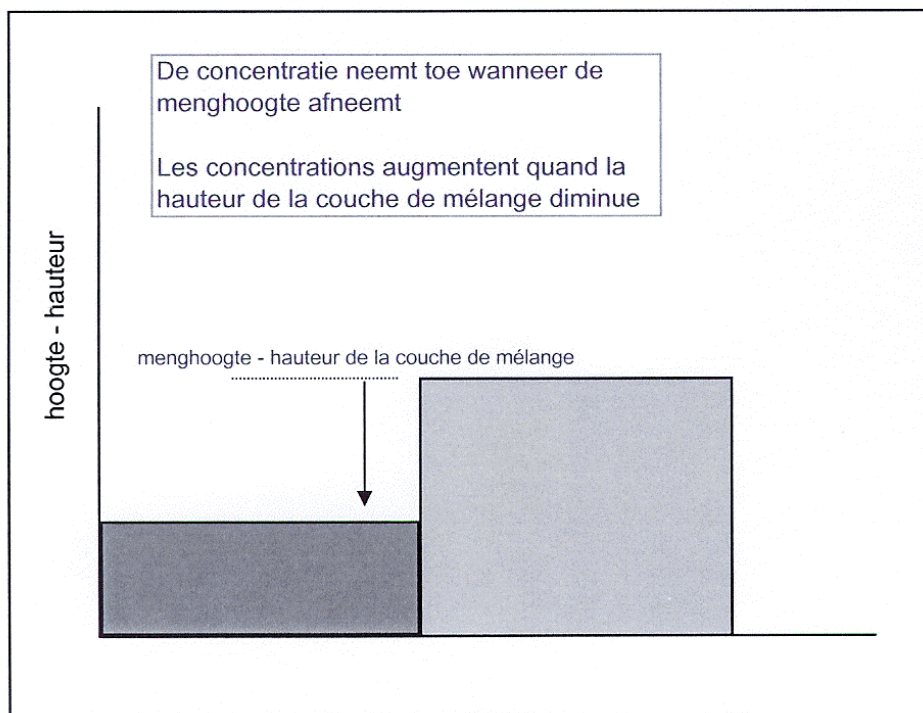
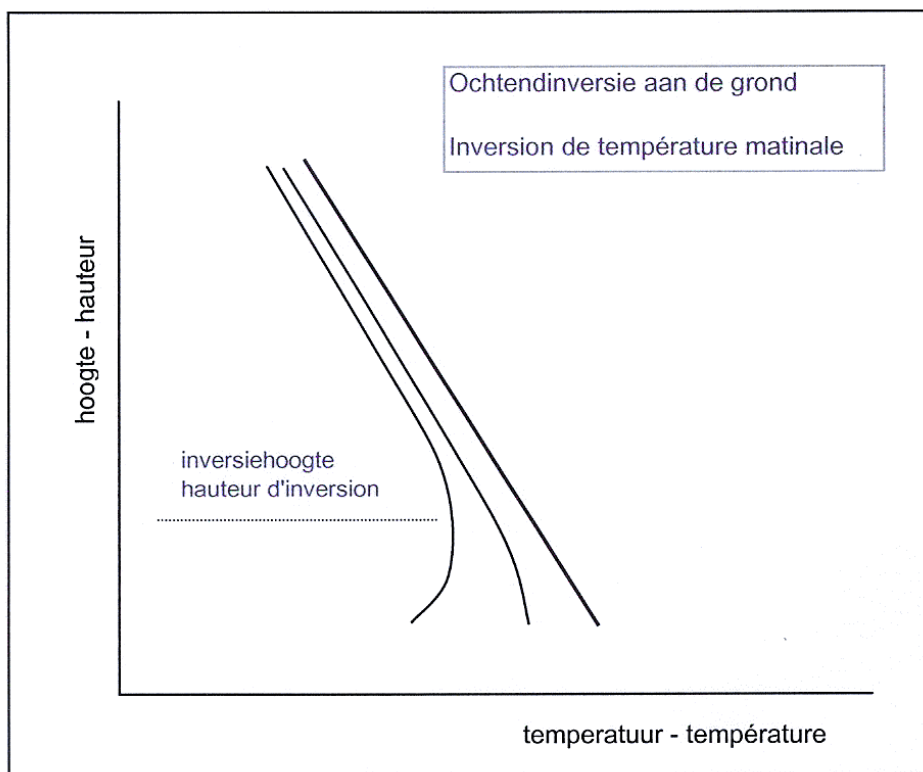


Fig. 2.1 : ochtendinversie en effect van de menglaag op de verticale verspreiding

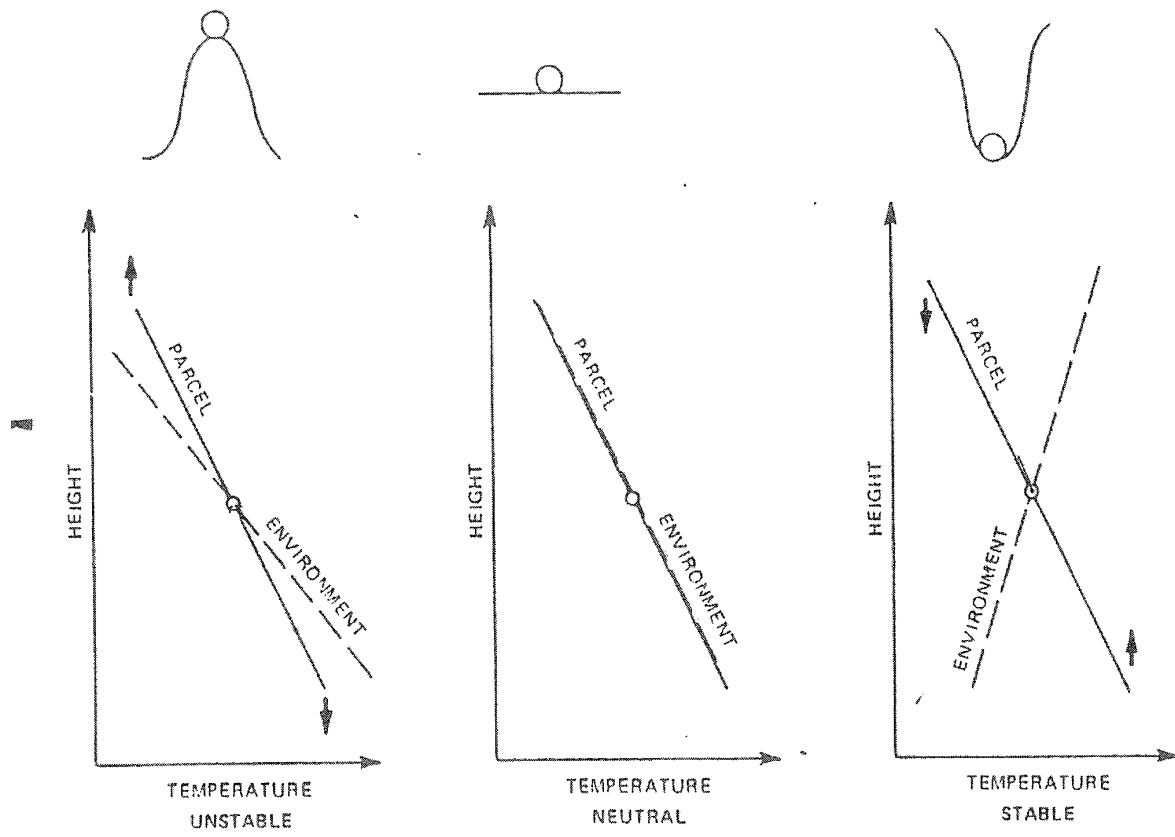


Fig. 2.2 : Onstabiel, neutraal en stabiel temperatuurprofiel

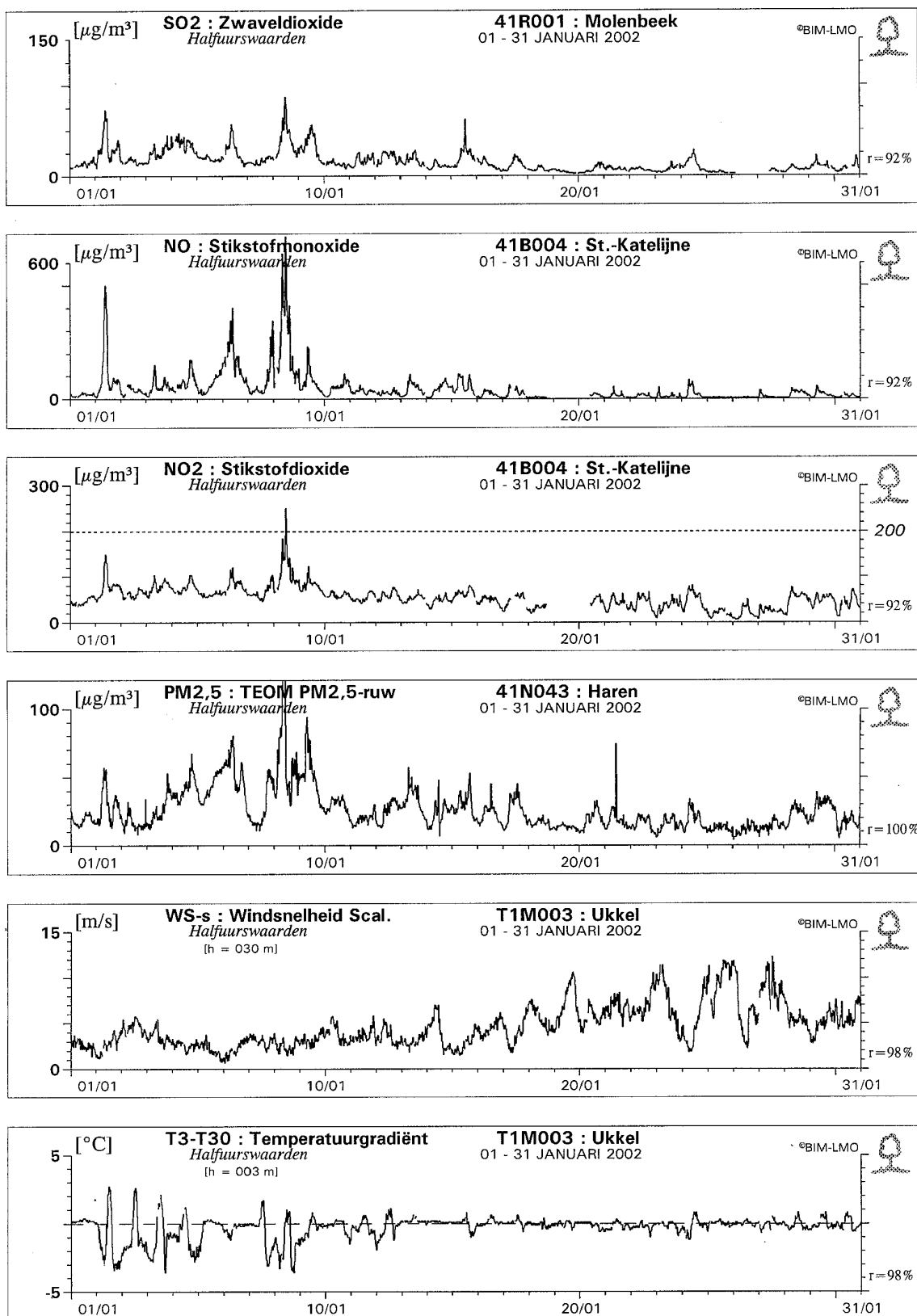


Fig. 2.3 : Concentratieverloop tijdens de maand Januari 2002.
 Temperatuursinversie - hogere concentraties in de eerste helft van de maand
 Hogere windsnelheid – lagere concentraties tijdens de tweede helft van de maand

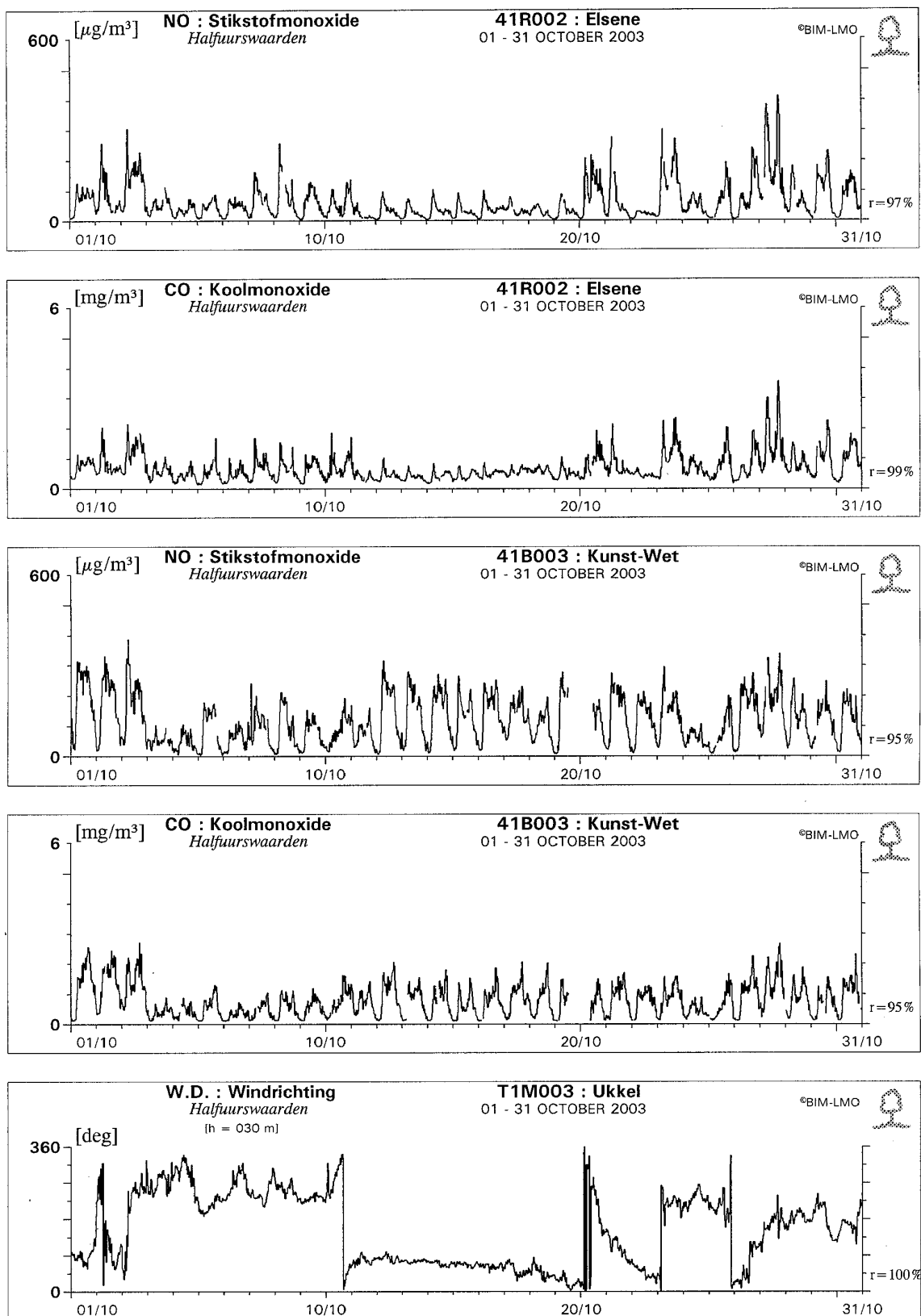


Fig. 2.4 : Concentratieverloop NO en CO te Elsene en Kunst-Wet – Oktober 2003. Windrichting en concentratieniveaus tijdens de periodes van 3 t/m 11 en van 11 t/m 20 oktober

2.2.3 Voorspellingsmodel "ALADIN"

Via een overeenkomst met het KMI ontvangt het BIM sedert april 2002 tweemaal daags de resultaten van het model *ALADIN*. Hierbij worden voor de komende 60 uren voorspellingen gedaan voor twee relevante meteorologische parameters, namelijk het "*temperatuurverloop in de hoogte*" (temperatuurgradiënt) en de "*horizontale transportindex*". De transportindex wordt bekomen door de windsnelheid te delen door de Brunt-Väisälä frequentie. Deze frequentie is een maat voor de stabiliteit van de luchtlagen: hoe stabielere de luchtlagen, hoe hoger de frequentie.

De meteorologische condities worden als bijzonder ongunstig aanzien voor de verspreiding van de luchtvervuiling indien aan volgende 4 voorwaarden wordt voldaan:

- er is een duidelijke temperatuurinversie
- de horizontale transportindex is bijzonder gering (< 100 m), in een zone die reikt vanaf de bodem tot op de hoogte van de menglaag
- deze situatie houdt meerdere uren aan (orde van 24 uur)
- er worden in de ruime omgeving nauwelijks drukverschillen genoteerd: "*barometrisch moeras*"

Onder deze omstandigheden is er bijna geen beweging in de luchtlagen, noch horizontaal, noch verticaal. Indien deze situatie lang genoeg aanhoudt (minimum duur ~24 uur) nemen de concentraties toe als gevolg van de accumulatie van de lokale verontreiniging bovenop de reeds aanwezige vervuiling.

In figuur 2.5 wordt de voorspelling weergegeven van de horizontale transportlengte, opgemaakt op maandag 8 december 2003, voor de komende 60-urenperiode. Deze voorspelling geeft een geblokkeerde situatie aan, die zou beginnen op maandag 8 december omstreeks 20 h UT en die nagenoeg ononderbroken zou doorlopen tot de middag van woensdag 10 december. De resultaten weergegeven in figuur 2.7 wijzen op aanhoudende hoge concentraties op dinsdag 9 en woensdag 10 december 2003.

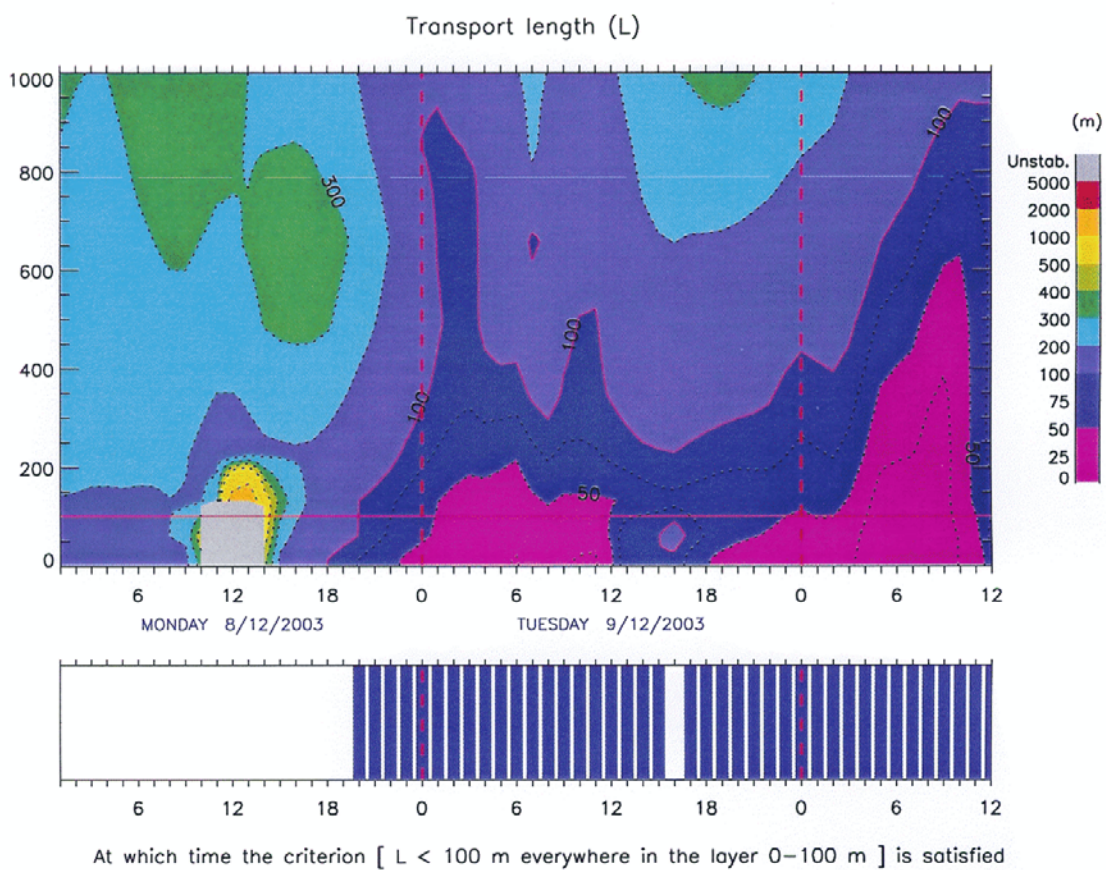
De voorspelling opgemaakt op donderdag 11 december 2003 wijst een kortstondige periode aan, voor vrijdag 12 december, die ongunstig zou zijn voor een goede verspreiding van de luchtvervuiling. De meetresultaten van de verschillende meetposten geven een kortstondige piekconcentratie weer tijdens de ochtend van vrijdag 12 december.

De voorspellingen met het model *ALADIN* laten toe om, met een vrij grote zekerheid, periodes te voorzien waarbij de meteorologische omstandigheden ongunstig zijn voor een goede verspreiding. Een voorspelling van de concentratieniveaus zelf behoort niet tot de mogelijkheden van dit model.

De Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (*IRCEL*) heeft de beschikking over enkele andere modellen, waarmee voorspellingen mogelijk zijn voor de concentraties van ozon, stikstofdioxide en *PM10*-deeltjes voor de komende dagen. Resultaten van deze voorspellingen zijn opvraagbaar op de website van de Intergewestelijke Cel : www.irceline.be.

BRUSSELS

ALADIN forecast initialized on MONDAY 8/12/2003 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From MONDAY 8/12/2003 at 20 UT

To TUESDAY 9/12/2003 at 15 UT

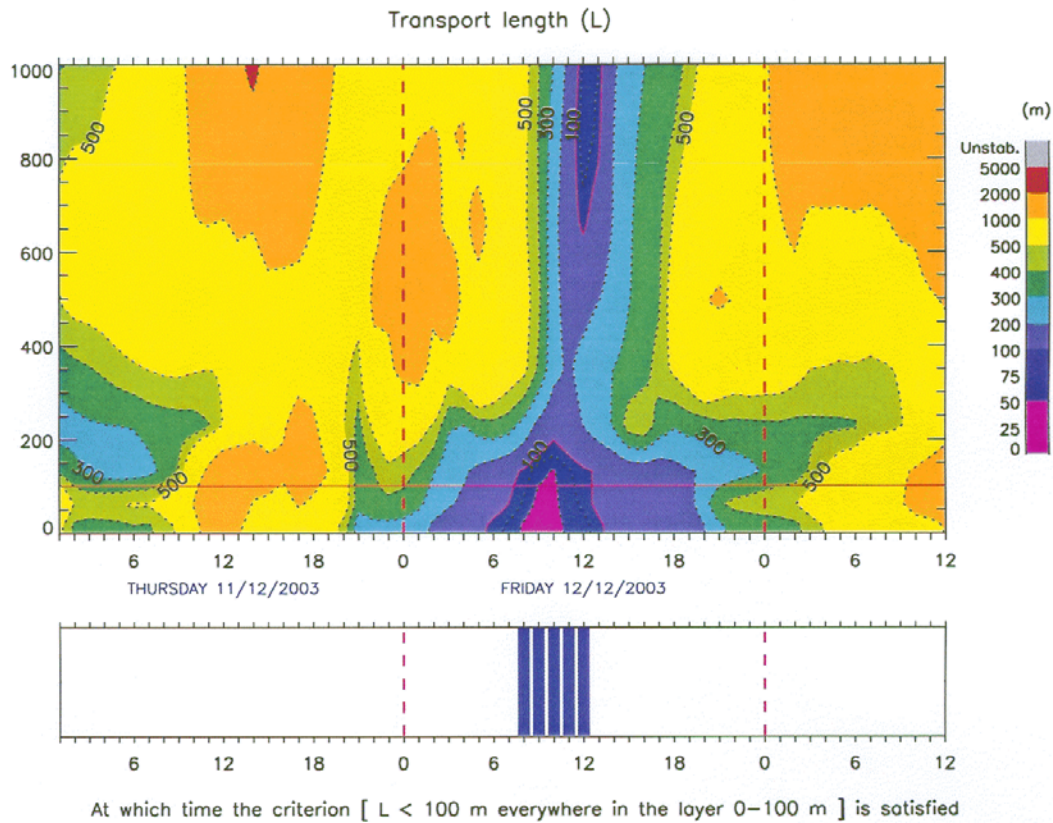
Event duration: 20 hours

POLLUTION ALERT

Fig. 2.5 : Model Aladin (bron KMI) - Voorspelling van maandag 8 december 2003 van de horizontale transportlengte voor de komende 60-urenperiode.

BRUSSELS

ALADIN forecast initialized on THURSDAY 11/12/2003 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From FRIDAY 12/12/2003 at 8 UT
To FRIDAY 12/12/2003 at 12 UT
Event duration: 5 hours

NO POLLUTION ALERT

because the duration of the period unfavourable to the dispersion of pollutants is less than 17 hours.

Fig. 2.6 : Model Aladin (*bron KM*) - Voorspelling van donderdag 11 december 2003 van de horizontale transportlengte voor de komende 60-urenperiode

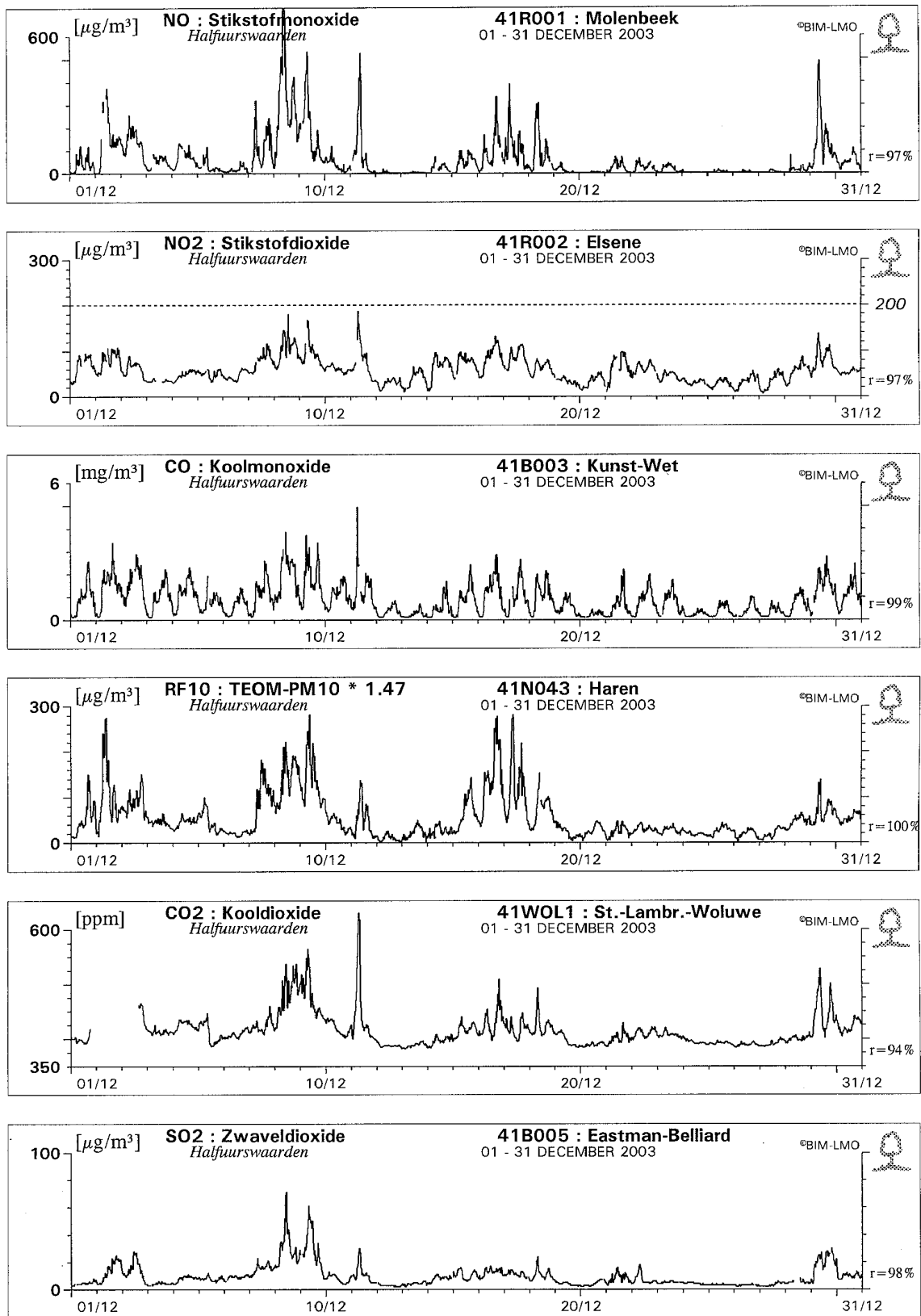


Fig. 2.7 : Hoge concentraties op dinsdag 9 en woensdag 10 december 2003 (voorspelling 8 december). Kortstondige piekperiode op vrijdag 12 december 2003 (voorspelling 11 december).

2.2.4 Studie van de Luchtverontreiniging

De veranderlijke uitstoot uit een groot aantal, zeer verscheiden bronnen en de invloed van de permanent wisselende meteorologische omstandigheden maken het fenomeen luchtverontreiniging tot een bij uitstek “*dynamisch verlopend gebeuren*”. Een rechtstreeks gevolg daarvan is een grote variabiliteit van de gemeten concentraties. Dit maakt dat de metingen gedurende langere tijd moeten doorgaan, alvorens een situatie globaal kan ingeschat worden.

Langere tijd meten, leidt echter tot een massa cijfergegevens. De massale beschikbaarheid van gegevens maakt het niet evident om “*klaar te zien*” doorheen al deze informatie. Evaluatie van de gegevens dient dan ook te geschieden aan de hand van relevante statistische gegevens (gemiddelden, percentielen, week- en dagverloop, pollutierozen, etc. ...).

Trendanalyse dient bij voorkeur te geschieden over meerdere jaren, zoniet bestaat het risico dat vooral de invloed van een “enigszins andere” meteorologische situatie wordt onderkend (b.v. de invloed van een warmere t.o.v. een gemiddelde zomer, een ijzig koude winter t.o.v. een winterperiode met overwegend stormweer), veeleer dan de invloed van een zich wijzigend emissiepatroon. Het is dan ook uitermate belangrijk dat de meetsystemen onderworpen worden aan een strikt uitgevoerd kwaliteitsprogramma dat over de jaren heen minstens een evenwaardige en optimale betrouwbaarheid van de gegevens garandeert.