

KLARE KIJK op de LUCHT – Informatie naar de bevolking

Begin 1990 werd door het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) een systeem op punt gesteld ter verspreiding van informatie aangaande de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

De bevolking kan zich via een automatisch antwoordapparaat informeren over de toestand van de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Dagelijks wordt een boodschap ingesproken : de boodschap begint met de vermelding van de *index voor de algemene luchtkwaliteit* en de eraan verbonden kwalitatieve beoordeling. Bij een verhoogde graad van luchtvervuiling door het verkeer wordt de index aangevuld met een kwalitatieve omschrijving van "*de luchtkwaliteit in een verkeersdrukte omgeving tijdens het spitsuur*".

In de boodschap wordt verder een samenvatting gegeven van de belangrijkste meetresultaten. Indien er een ongunstige evolutie van de luchtkwaliteit wordt verwacht, worden de boodschappen frequenter aangepast. De antwoordapparaten kunnen opgeroepen worden op volgende telefoonnummers :

+32-(0)2-775 75 98	Nederlandstalige boodschap
+32-(0)2-775 75 99	Franstalige boodschap

Meer gegevens over de luchtkwaliteit, o.a. de pollutie-index en de gemeten concentraties zijn toegankelijk op de websites van het BIM-IBGE : <http://www.ibgebim.be> en van de Interregionale Cel voor Leefmilieu (IRCEL-CELINE) : <http://www.irceline.be>.

Naast het verstrekken van de dagelijkse informatie achtten de initiatiefnemers het wenselijk om op regelmatige tijdstippen een synthese te geven van de waargenomen concentraties, teneinde deze over een langere termijn te vergelijken en te interpreteren. Het huidige rapport bevat een overzicht van de voornaamste resultaten bekomen tijdens de zomerperiode van 2005. Er wordt aandacht besteed aan de evolutie van de concentraties van ozon en stikstofdioxide, alsook aan het aantal en de aard van de overschrijdingen van de drempelwaarden voor ozon (O₃) en van de geldende normwaarden voor stikstofdioxide (NO₂). De waarden worden eveneens getoetst aan de doelstellingen voor luchtkwaliteit, die te respecteren zijn vanaf het jaar 2010. Aan de hand van statistisch relevante gegevens wordt een vergelijking gemaakt met de voorgaande zomerperiodes (1994-2004).

De brochures betreffende de luchtkwaliteit tijdens de voorgaande seizoenen, alsook alle andere publicaties, gerealiseerd in het kader van “ **KLARE KIJK op de LUCHT** ”, kunnen (gratis) bekomen worden bij het :

BRUSSELS INSTITUUT voor MILIEUBEHEER
Dienst “Informatie-Leefmilieu”
Gulledelle 100
B-1200 Brussel

Tel. +32-(0)2-775 77 75
Fax +32-(0)2-775 76 21

2 TELEMETRISCH MEETNET voor LUCHTVERONTREINIGING

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest beschikt over 11 volwaardige meetposten voor de continue, "on-line" bewaking van de luchtkwaliteit. Sedert januari 1994 staat het Laboratorium voor Milieu-Onderzoek (LMO) van het BIM in voor de uitbating van dit telemetrisch meetnet.

De ligging van de meetposten wordt op kaart aangeduid in figuur 1. De codenaam en de omschrijving worden hierna vermeld :

41R001	:	Molenbeek (ter hoogte van de sluis)
41R002	:	Elsene (Kroonlaan)
41B003	:	Kunst-Wet (kruispunt)
41B004	:	St.-Katelijne (metro-station)
41B005	:	Eastman-Belliard
41B006	:	Europees Parlement (Spinelli)
41B011	:	St.-Agatha-Berchem (kerkhof - park Wilder)
41R012	:	Ukkel (Koninklijk Meteorologisch Instituut)
41N043	:	Haren (haven Brussel)
41MEU1	:	Meudonpark
41WOL1	:	St.-Lambr.-Woluwe (mobiel laboratorium)

De meetposten bevatten meerdere continu werkende analyseapparaten, die elk specifiek één welbepaalde verontreinigende stof detecteren. Dit is o.a. het geval voor zwaveldioxide (SO₂), stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂), ozon (O₃), koolmonoxide (CO), kooldioxide (CO₂) en de PM10- en PM2,5-deeltjesfractie. Het meetnet is uitgerust voor de opvolging van de voornaamste parameters afkomstig van het verkeer en voor de bewaking van de luchtkwaliteit in het algemeen. Te Molenbeek, Ukkel en St.-Agatha-Berchem staan er tevens masten opgesteld met sensoren voor de bepaling van meteorologische parameters zoals windrichting, windsnelheid, temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid.

Met behulp van dit telemetrisch meetnet wordt de graad van luchtvervuiling permanent gevolgd. Dergelijke meetnetten zijn uitermate geschikt voor het volgen van episodes van verhoogde luchtverontreiniging tijdens winter en zomer. Om dit meetnet operationeel en in overeenstemming te houden met de bestaande en in voorbereiding zijnde EU-richtlijnen, wordt de verouderde apparatuur geleidelijk aan vervangen en wordt er aanvullende apparatuur aangekocht voor de detectie van bijkomende parameters. De huidige configuratie van het telemetrisch meetnet volgt in de tabel hierna :

	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO	CO ₂	PM10	PM2.5	BTeX	Hg
41R001	X	X	X	X	X	-	X	(X)	-	-
41R002	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-
41B003	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-
41B004	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-
41B005	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-
41B006	-	X	X	X	X	-	-	-	X	-
41B011	-	X	X	X	-	-	X	-	-	-
41R012	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-
41N043	X	X	X	X	X	-	X	(X)	-	-
41MEU1	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X
41WOL1	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-

BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

BEWAKING LUCHTKWALITEIT

TELEMETRISCH MEETNET

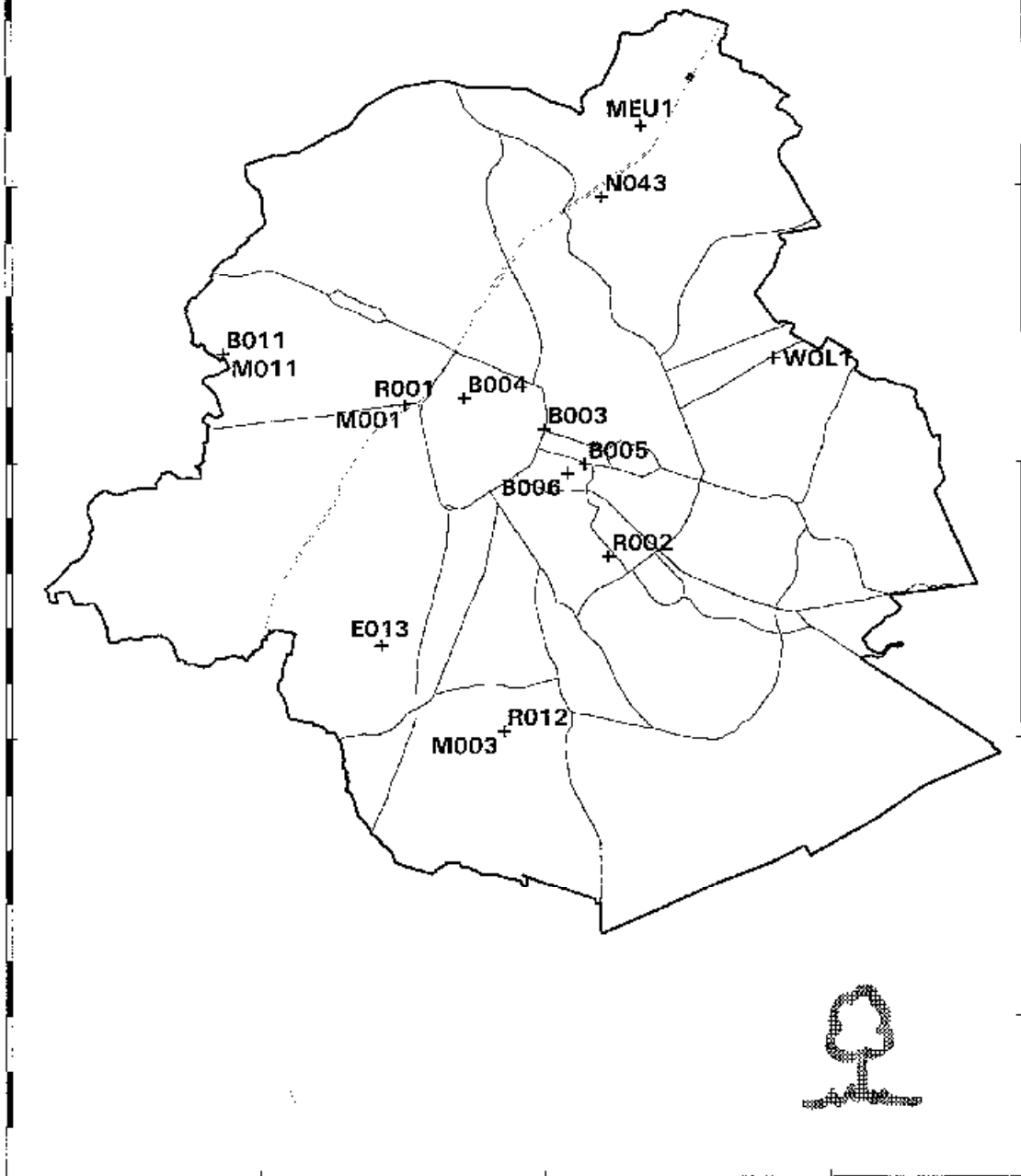


Fig. 1 : Meetposten Telemetrisch Meetnet ter controle van de Luchtkwaliteit

3 LUCHTVERONTREINIGING tijdens een ZOMERPERIODE

In periode vanaf 1960 tot midden de jaren '70 ging de aandacht vooral naar de episodes van hoge luchtverontreiniging tijdens de winter. Ten gevolge van de huisverwarming, toen nog massaal op basis van kolen en stookolie, en onder invloed van ongunstige meteorologische omstandigheden waren er frequent periodes met verhoogde concentraties zwaveldioxide (SO₂) en roetdeeltjes. In deze periode werd de term **smog** (smoke en fog ; rook en mist) algemeen bekend. Om enig inzicht te krijgen in de situatie en deze verder op de voet te volgen, werd in 1968 het nationale “zwavel-rook” meetnet opgericht dat dagelijks de concentratie aangaf voor SO₂ en “zwarte rook”. In dit meetnet is de staalneming gedeeltelijk geautomatiseerd en de analyse gebeurt achteraf in het laboratorium. In het beste geval zijn de resultaten na verloop van één tot twee weken gekend.

Tussen 1975 en 1979 werd, op basis van een goed uitgedokterd concept, een voor die tijd ambitieus telemetrisch meetnet opgericht. De metingen gebeurden continu en de resultaten waren direct beschikbaar. De aandacht ging nog steeds in hoofdzaak naar SO₂ en zwevende deeltjes. Op een aantal plaatsen waren nochtans reeds meettoestellen voorhanden voor stikstofoxiden (NO_x = som van NO en NO₂), ozon (O₃), koolmonoxide (CO) en het gehalte aan vluchtige organische stoffen (VOS).

In de loop der jaren verminderde de verontreiniging door SO₂ gevoelig. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest was dit hoofdzakelijk het gevolg van het toenemend gebruik van zwavelarme brandstoffen voor de huisverwarming (o.a. aardgas) en van de stelselmatige verlaging van het wettelijk toegelaten S-gehalte in de vloeibare brandstoffen.

Sedert het einde van de jaren '70 en vooral tijdens de jaren '80 was er een belangrijke toename van het wegverkeer, dat de voornaamste bron is voor de uitstoot van stikstofoxiden, vluchtige organische stoffen en koolmonoxide. Het meetnet werd dan ook verder geleidelijk aan aangevuld met meerdere meetsystemen voor stikstofoxiden.

Aan de hand van de meetresultaten voor ozon kon vastgesteld worden dat er ook in ons land zomerse pollutie-episoden optraden, die gekenmerkt werden door periodes van verhoogde ozonconcentratie. De fotochemische verontreiniging, naar analogie met de winterse pollutie-episode ook "*zomersmog*" genoemd, was een meer algemeen verspreid probleem geworden. Het nationale meetnet werd in de jaren '80 uitgebreid met enkele O₃-analyzers. Heden zijn er in de meetnetten van de drie Gewesten ca. 35 ozontoestellen operationeel.

Ozon wordt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest op zeven plaatsen gemeten, namelijk te St.-Agatha-Berchem (41B011), Ukkel (41R012), Molenbeek (41R001), Haren (41N043), St.-Katelijne (41B004), het Europees Parlement (41B006) en te Woluwe (41WOL1).

Eind 1992 werd een specifieke EU-richtlijn aangenomen (92/72/EEG) betreffende de O₃-vervuiling in de omgevingslucht. Deze richtlijn verplicht o.a. de ter zake bevoegde overheden om de bevolking te informeren van zodra de ozonconcentratie boven de drempelwaarde van 180 µg/m³ als uurwaarde stijgt. De regelmatige verspreiding van informatie heeft er inmiddels voor gezorgd dat de ozonproblematiek uitvoerig aan bod kwam in de media. In 2002 werd een nieuwe EU-richtlijn (2002/3/EG) voor ozon gepubliceerd. Ze bevat de doelstellingen inzake luchtkwaliteit, te bereiken vanaf het jaar 2010.

Ozonvorming en ozonafbraak

De ozonproblematiek is zeer complex van aard en wegens ogenschijnlijke tegenstrijdigheden is een goed inzicht in de problematiek niet zo evident. De ozonconcentratie op een bepaalde plaats is steeds het resultaat van twee tegen elkaar inwerkende processen : *ozonvorming* en *ozonafbraak*. Beide processen verlopen met een andere snelheid. De ozonvorming neemt meerdere uren in beslag en de ozonafbraak (b.v. met NO) slechts een paar minuten. Op regionaal gebied zou men een vrij homogene ozonconcentratie kunnen verwachten op basis van de ozonvorming. De ruimtelijke verdeling van de ozonconcentratie is echter niet homogeen doordat de ozonafbraak zeer sterk afhankelijk kan zijn van de plaats.

Ozonvorming : bij zonnige periodes en hoge temperatuur komt, onder invloed van de UV-straling uit het zonnenspectrum, een reactieproces op gang (fotochemie) in de luchtmassa's die reeds vooraf verontreinigd zijn met stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen. Dit proces geeft aanleiding tot de vorming van een overmaat ozon. De ozonconcentratie neemt toe in de loop van de dag en bereikt een maximale waarde tegen het einde van de namiddag of tijdens de avonduren.

Het bereikte ozonconcentratieniveau is mede afhankelijk van o.a. de windrichting, de windsnelheid, de stabiliteit van de luchtlagen, de graad van bewolking, de luchtvochtigheid etc.... Luchtmassa's komende van over de oceaan zijn in mindere mate vooraf verontreinigd dan de luchtmassa's komende van over het continent. Felle wind en onstabielere lucht zorgen voor een groter verdunnend effect dan bij geringe windsnelheid of stabielere luchtlagen. De graad van bewolking en de luchtvochtigheid moduleren de UV-intensiteit die doordringt tot in de onderste luchtlagen. Een hogere graad van bewolking of een hogere luchtvochtigheid gaan gepaard met een hogere absorptie van UV-straling door watermoleculen.

Aan de basis van de ozonvorming ligt de fotolyse (splitsing onder invloed van fotonen) van de NO₂-molecule : $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$. Het vrijgekomen zuurstofatoom en een zuurstofmolecule vormen samen ozon : $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$.

De rol van de vluchtige organische stoffen (VOS) bestaat in de oxidatie, via een ingewikkeld reactiemechanisme, van NO (één van de voornaamste pollutanten bij verbrandingsprocessen) tot NO₂, de "voorloper" of "precursor" voor ozonvorming. In tegenstelling tot de primaire pollutanten NO_x en VOS wordt ozon niet rechtstreeks in de atmosfeer uitgestoten. Het wordt gevormd in een fotochemisch reactieproces. Om deze reden wordt ozon een "secundaire" pollutant genoemd.

Bij afwezigheid van vluchtige organische stoffen zou er een dynamisch evenwicht ontstaan tussen enerzijds de ozonvorming en anderzijds de ozondestructie. Dit evenwicht wordt verstoord door de aanwezigheid van vluchtige organische stoffen. Via de vorming van organische peroxiden wordt het NO opnieuw geoxideerd tot NO₂ dat, na splitsing tot NO en O, opnieuw aanleiding geeft tot de vorming van ozon. Dit kettingproces houdt in dat de excessieve ozonvorming kan doorgaan bij een relatief lage concentratie van de precursoren.

Ozonafbraak : de voornaamste reactie die aanleiding geeft tot de afbraak van ozon is de directe reactie van een ozonmolecule met stikstofmonoxide : $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$.

De stoffen die aanleiding geven tot de ozonvorming en ozonafbraak behoren tot dezelfde groep van pollutanten en zijn in ruime mate vertegenwoordigd in de uitstoot van het wegverkeer. Ad hoc maatregelen ter vermindering van de uitstoot van de precursoren, met als doel de ozonconcentratie te verminderen, kunnen tevens leiden tot een nog snellere vermindering van de ozonafbraak. Door deze dualiteit is een snelle verbetering van de situatie, eens er veel ozon aanwezig is, niet eenvoudig haalbaar. Minder goed doordachte of onvoldoende verregaande emissiebeperkende maatregelen kunnen leiden tot een resultaat dat tegengesteld is aan het beoogde.

De voornaamste emissiebron voor NO_x en VOS, beide precursoren van de ozonvorming, vormt ongetwijfeld het wegverkeer. De bijdrage van het wegverkeer in de totale NO_x-uitstoot van het Gewest bedraagt nagenoeg 70% tijdens de zomerperiode. Andere belangrijke bronnen zijn de industriële verbrandingsprocessen, de productie van elektriciteit (thermische centrale) en de huisverwarming (minder belangrijk tijdens de zomerperiode).

Een belangrijke uitstoot van vluchtige organische stoffen is te vinden bij de raffinage, de opslag, de verwerking en de distributie van petroleumproducten en bij het gebruik van solventen voor verschillende soorten activiteiten (verven, spuitcabines, drukkerijen, industriële reiniging, etc...).

Verhoogde ozonconcentraties komen vooral voor in de periode van half juni tot half augustus. Einde mei en begin juni is er minder kans op hogere temperaturen. Een excessieve ozonhoeveelheid wordt dan met onvoldoende snelheid gevormd. Vanaf half augustus is de zonnestand te laag om het reactieproces voldoende lang te laten verlopen. Gemiddeld hogere temperaturen, gekoppeld aan een hoge stand van de zon, doen de kans op excessieve ozonvorming toenemen. Periodes met verhoogde O₃-verontreiniging komen in principe het vaakst voor tijdens de maand juli en begin augustus.

Stedelijke gebieden en gebieden met veel wegverkeer zijn belangrijke brongebieden voor de primaire pollutanten NO_x en VOS. Dichtbij en in het brongebied is de ozonafbraak (hogere NO-concentratie) belangrijker dan de vorming. Aan de rand en verder weg van het brongebied haalt de ozonvorming het op de afbraak. In deze zone en windafwaarts van het brongebied zijn normaliter de hoogste O₃-concentraties te verwachten.

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is een relatief belangrijk brongebied. In de onmiddellijke omgeving van de meetposten van St.-Agatha-Berchem (41B011) en Ukkel (41R012) bevinden zich geen belangrijke verkeersaders. De ozonafbraak is er geringer dan in de nabijheid van drukke verkeerswegen. De kans op het detecteren van hogere ozonconcentraties, significant voor de fotochemische verontreiniging, neemt toe naarmate de meetpost beter afgeschermd is van de directe invloed van het verkeer. De ligging van deze beide meetposten is, rekening houdend met het specifiek karakter van grote agglomeraties, vrijwel ideaal voor de bepaling van de ozonconcentratie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

De ozonafbraak ten gevolge van een directe invloed van het verkeer is duidelijk. Dit kan vastgesteld worden op de meer centraal gelegen meetposten te Molenbeek (41R001) en St.-Katelijne (41B004) en ook op de meer perifere meetposten te Haren (41N043) en Woluwe (41WOL1), beide gelegen langs belangrijke verkeerswegen.

4 OZONBEPALING en het VALIDEREN van de gegevens

De O₃-toestellen, aanwezig in de meetposten, zijn UV-absorptietoestellen. In een meettoestel met UV-absorptie bevindt zich een cilindrische buis van ongeveer ½ inch diameter die, hetzij inwendig perfect gepolijst (spiegelend oppervlak) is, hetzij uit kwartsglas bestaat. Aan de ingang van de buis bevindt zich een UV-bron waarvan de intensiteit constant gehouden wordt. De UV-bron wordt afgeschermd zodat enkel de golflengtes, gevoelig voor absorptie door O₃, in de meetkamer binnendringen. De storende golflengtes, waarbij o.a. O₃ geproduceerd wordt uit de aanwezige zuurstof, worden vooraf uitgefilterd. Op het einde van de buisvormige reactiekamer bevindt zich een UV-detector. Bij toenemende O₃-concentratie is er meer absorptie van UV-straling in de meetkamer. Op de detector wordt dan een lagere UV-intensiteit gemeten.

De absorptie van UV-straling door ozon volgt de absorptiewet van Lambert-Beer :

$$\frac{I_1}{I_0} = \exp (- \alpha \cdot l \cdot C)$$

waarbij :

I ₀	:	UV-intensiteit bij ozonvrije lucht
I ₁	:	UV-detectie bij ozonhoudende lucht
α	:	absorptiecoëfficiënt
l	:	optische weglengte tussen UV-bron en UV-detector
C	:	ozonconcentratie

In de praktijk werkt het analyseapparaat in twee snel op elkaar volgende cycli. Gedurende een aantal seconden wordt de omgevingslucht direct aangezogen doorheen de meetkamer. Hierbij is er UV-absorptie door de aanwezige ozon (bepaling I₁). Vervolgens wordt gedurende een even lange periode lucht aangezogen waarbij het aanwezige ozon totaal afgebroken wordt (bepaling I₀) op een O₃-scrubber.

De absorptiecoëfficiënt voor O₃ is gekend, de optische weglengte ligt per meettoestel vast en de meting van I₀ en I₁ kan met voldoende nauwkeurigheid uitgevoerd worden. Het verband tussen de concentratie enerzijds en de verhouding van de UV-intensiteiten anderzijds, ligt éénduidig vast. Meettoestellen werkend volgens dit principe blijven, indien zij technisch in orde zijn, gedurende zeer lange tijd stabiel ; dit wordt o.a. experimenteel bevestigd bij de opeenvolgende ijkingen. Op voorwaarde dat het binnendringen van stofdeeltjes in de meetkamer vermeden wordt, dient het toestel niet bijgeregeld te worden, ook niet na meerdere maanden gebruik.

Het binnendringen van stofdeeltjes wordt vermeden door aan de ingang van de leiding voor monsterneming een teflonfilterhouder met teflonmembraanfilter te voorzien. Dit membraan dient regelmatig vervangen te worden om absorptie van ozon op het gecollecteerde stof te vermijden. De leiding voor monsterneming en alle verbindingen dienen bovendien lekdicht te zijn en bij voorkeur enkel uit teflon en/of borosilicaatglas te bestaan.

Voorafgaand aan de zomerperiode worden de O₃-meettoestellen vanuit het meetnet naar het laboratorium van het BIM overgebracht (maart - april 2005). Bij de aankomst in het labo worden de prestaties van de meettoestellen grondig gecontroleerd (gevoeligheid, nauwkeurigheid, stabiliteit, lineariteit, ...) met behulp van de O₃-referentie-ijkbron. Vervolgens wordt het zesmaandelijks preventief onderhoud van de meettoestellen uitgevoerd. Dit omvat o.a. de reiniging van de meetkamer, de vervanging van de specifieke O₃-scrubber, de reiniging van de elektromagnetische klep en het testen van de lektheid van het meetsysteem. Ten slotte, alvorens de meettoestellen terug in het meetnet te plaatsen, worden de prestaties opnieuw getest t.o.v. de O₃-referentie-ijkbron van het laboratorium.

De juiste waarde van de O₃-referentie-ijkbron wordt met een gasfase-titratiesysteem gesteld t.o.v. de referentie-ijkbron voor NO_x en is tot op 2% nauwkeurig. Het IRCEL-ijklabo beschikt eveneens over een referentie-UV-fotometer. De verschillen van de ijkingen op basis van beide referentiesystemen zijn beperkt tot ca. 2% over een concentratiegebied gaande van enkele tientallen tot enkele honderden microgram/m³. De afregeling van de meettoestellen van het meetnet diende niet noemenswaardig (< 2%) gewijzigd te worden t.o.v. de vorige controles (maart - april en oktober - november '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03 en 2004). Belangrijk voor de goede werking van een O₃-meettoestel is een perfect afsluitende elektromagnetische klep : bij elke cyclus schakelt deze klep om en er mag geen lucht worden aangezogen via lekken in het meetapparaat. Verder mag er geen menging optreden tussen de lucht van beide meetfasen (ozonhoudende en ozonvrije lucht) en dient de O₃-scrubber voldoende efficiënt en zuiver te zijn.

Problemen doen zich eerder zelden voor, maar kunnen desgevallend tot relatief grote meetfouten leiden. Een gemis aan duurzaamheid (kwaliteit, specificiteit) van origineel geleverde O₃-scrubbers en UV-bronnen heeft reeds meerdere malen geleid tot een verlies aan meetgegevens.

De meettoestellen beschikken ook over een inwendige O₃-generator waarmee, om de drie dagen, een routinetest wordt uitgevoerd. Eens het apparaat correct afgeregeld t.o.v. de referentie-ijkbron in het labo, wordt voor elk apparaat de interne controlewaarde genoteerd. In het meetnet wordt om de drie dagen een controletest uitgevoerd. Gedurende een half uur wordt ozonvrije lucht aangezogen (ZERO-meting) en vervolgens wordt gedurende een half uur de routinetest uitgevoerd (SPAN-meting).

De bekomen ZERO- en SPAN-waarden worden vergeleken met de ingestelde waarden. Wanneer de afwijking van beide testwaarden tegenover de verwachte waarde lager is dan de aangenomen toleranties, worden de meetwaarden "*technisch gevalideerd*", in het andere geval worden zij definitief verworpen. De oorzaak van de afwijking wordt opgespoord en technische problemen worden zo snel als mogelijk verholpen. Het streefdoel is te beschikken over gevalideerde meetwaarden voor minstens 90% van de tijd, zonder dat de resultaten moeten inboeten aan kwaliteit.

De tolerantie op de ZERO-waarde bedraagt ca. 4 µg/m³. Op de SPAN-waarde bedraagt de tolerantie 10% van de ingestelde waarde. Het opleggen van een relatief ruime marge van 10% komt door de beduidend minder goede reproduceerbaarheid van de ingebouwde ozongeneratoren. De O₃-vorming is afhankelijk van het UV-spectrum van de interne bron en van de luchtvochtigheid. De reproduceerbaarheid van de ozondetectie is veel beter en is van de orde van 2%. Bij de zesmaandelijkse controletesten in het labo blijkt dat finaal een nauwkeurigheid van 2 à 3 % bereikt wordt t.o.v. de O₃-referentie-ijkbron.

5 Bepaling gehalte STIKSTOFOXIDES

Met stikstofoxiden wordt zowel stikstofmonoxide (NO) als stikstofdioxide (NO₂) bedoeld. De som van beide wordt als NO_x aangeduid : $[NO_x] = [NO] + [NO_2]$. De detectie van stikstofoxiden is gebaseerd op de chemieluminescente reactie tussen stikstofmonoxide (NO) en ozon (O₃).

De aangezogen lucht wordt binnen het meettoestel in twee gelijke stromen verdeeld. De eerste stroom wordt direct naar de reactiekamer geleid, waar een hoeveelheid ozon in overmaat wordt toegevoegd ; hierbij wordt het in de lucht aanwezige NO gedetecteerd. De tweede stroom gaat eerst over een katalytische convertor waarbij het aanwezige NO₂ integraal tot NO gereduceerd wordt terwijl het aanwezige NO onveranderd blijft. Na toevoeging van ozon wordt in deze stroom NO_x gedetecteerd, nl. de som van NO dat in de buitenlucht als NO aanwezig was en van NO dat in de buitenlucht als NO₂ aanwezig was. Uit het verschil van beide meetsignalen NO_x – NO wordt het NO₂-gehalte bekomen. NO_x-analyzers beschikken over een interne O₃-generator voor de aanmaak van het ozon, noodzakelijk voor de chemieluminescente reactie.

De referentie-ijkmethode voor NO_x-analyzers is gebaseerd op primaire ijkstandaarden voor NO en NO₂. De primaire ijkstandaard voor NO bestaat uit een gecertificeerde ijkgascilinder met een concentratie van 100 ppm NO onder stikstofatmosfeer. Met behulp van "zero-lucht", d.i. gedroogde en gezuiverde lucht (eliminatie van SO₂, NO, NO₂, O₃, CO, koolwaterstoffen en stofdeeltjes) worden in het ijklabo verdunningen uitgevoerd tot concentraties binnen het bereik van 200 à 1000 ppb NO. De debieten van het primaire NO-ijkgas en van de zuivere verdunningslucht worden geregeld met behulp van massadebietregelaars met een nauwkeurigheid van 1% en een reproduceerbaarheid van 0.1%.

Met behulp van deze NO-ijkgasconcentraties worden beide kanalen (NO en NO_x) van de NO_x-referentie-analyzer in het ijklaboratorium afgeregeld. Tevens worden de lineariteit en de stabiliteit van het referentie-apparaat gecontroleerd.

De primaire NO₂-standaard bestaat uit een permeatiebuisje, gevuld met vloeibaar NO₂. Een permeatiebuisje is een gesloten buisje vervaardigd uit een kunststof (b.v. teflon) of uit roestvrij staal, voorzien van een permeabele wand. Dit buisje wordt in een oventje geplaatst waarvan de temperatuur op 0.1 °C nauwkeurig geregeld wordt. Bij verhoogde temperatuur diffundeert het NO₂ doorheen de permeabele wand. Eens de vorm en het materiaal van het buisje vastliggen, wordt het permeatiedebiet volledig bepaald door de temperatuur. Bij constante temperatuur is de afgifte van het buisje constant in functie van de tijd. Doorheen het oventje wordt een constant debiet zuivere lucht geleid waardoor men beschikt over NO₂-ijkgas met constante concentratie. De afgifte van het permeatiebuisje wordt maandelijks gravimetrisch bepaald met behulp van een analytische balans (0.01 mg resolutie). Uit het luchtdebiet en het permeatieverlies wordt de concentratie berekend.

Het NO₂-ijkgas wordt vervolgens met een NO_x-referentie-analyzer gemeten die voorafgaandelijk met behulp van het NO-ijkgas was afgeregeld. De afwijking van de gemeten NO₂-concentratie t.o.v. de berekende mag niet meer dan 2% bedragen, zoniet dient de oorzaak van dit verschil opgespoord en verholpen te worden.

Na een goed verloop van de ijktesten wordt met behulp van de nauwkeurig afgeregelde NO_x-referentie-analyzer de NO- en NO₂-concentratie in de transferstandaarden bepaald. De transferstandaard voor NO is een niet gecertificeerde ijkgascilinder met een concentratie van ca. 400 ppb NO in stikstofatmosfeer. De exacte concentratie ervan (± 3%) wordt in het ijklaboratorium bepaald met behulp van de exact afgeregelde NO_x-referentie-analyzer.

De transferstandaard voor NO₂ bestaat uit een NO₂-permeatiebuisje in een draagbaar permeatiesysteem. De NO₂-concentratie van dit systeem wordt eveneens bepaald in het ijklaboratorium met behulp van de NO_x-referentie-analyzer. De testen met behulp van NO₂ laten tevens toe het rendement van de NO₂-conversie (reductie van NO₂ tot NO) te controleren.

De NO_x-meetapparaten van het meetnet worden regelmatig, om de zes maanden, getest en desgevallend opnieuw juist ingesteld t.o.v. de transferstandaarden. Tegelijkertijd wordt het rendement van de NO₂-convector bepaald. Vermits dezelfde transferstandaard in alle meetcabines wordt aangewend, refereert elk NO_x-apparaat uit het meetnet naar de gemeenschappelijke primaire standaard. In de meetcabines bevindt zich eveneens een controlesysteem waarmee om de twee dagen een routinecontrole wordt uitgevoerd. Onmiddellijk nadat de NO_x-analyzer juist afgeregeld werd t.o.v. de transferstandaard wordt de concentratie, afkomstig van dit intern systeem, bepaald. De interne calibratiewaarde met de bijhorende tolerantie wordt in het beheerssysteem van het meetnet ingevoerd. De ingestelde tolerantie bedraagt momenteel 7%. In verschillende NO_x-apparaten werd de detectiekamer aangepast om een betere langetermijnstabiliteit te bekomen. De stabiliteit over langere termijn (6 maanden en méér) van de interne controlesystemen werd progressief verbeterd en bedraagt ongeveer 1.5 à 2%.

Indien bij de dagelijkse routinecontrole de afwijking beneden de ingestelde tolerantie blijft, worden de meetwaarden “technisch gevalideerd”. Bij een grotere afwijking worden de meetwaarden definitief verworpen. Na diagnose dient de oorzaak aangeduid en het probleem verholpen te worden. De meetwaarden blijven verworpen totdat de routinecontrole opnieuw een aanvaardbaar resultaat oplevert of totdat de ijkprocedure opnieuw volledig wordt uitgevoerd. In de praktijk wordt ernaar gestreefd om voor 90% van de tijd gevalideerde meetwaarden te bekomen (90%-rendement wordt opgelegd door de recente EG-richtlijnen).

Het strikt toepassen van de ingestelde toleranties bij de routinecontroles en een regelmatige controle op de juiste afregeling van de meetapparatuur staan borg voor de kwaliteit van de meetresultaten. Op de “technisch” gevalideerde meetresultaten wordt dan ook geen correctiefactor toegepast.

“Technisch” gevalideerde waarden kunnen alsnog verworpen worden, zij het enkel indien daartoe evidente redenen zijn : b.v. niet gesignaleerde technische storingen of een breuk in de leiding voor monsterneming ter hoogte van de aansluiting op het meettoestel. De “technisch” gevalideerde waarden worden verder aan een aantal statistische testen onderworpen teneinde eventuele anomalieën op te sporen. Na deze testen worden de meetwaarden definitief gevalideerd.

De definitief gevalideerde halfuurswaarden voor NO, NO₂ en O₃ worden opgenomen en bewaard in de databank voor luchtpollutiemetingen (immissiemetingen) van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Deze gegevens worden eveneens ter beschikking gesteld van de interregionale samenwerkingscel IRCEL, die o.a. instaat voor de harmonisatie van de luchtpollutiemetingen (ijkmethoden, gegevensbank, ...) over de drie Gewesten.

De 11 meetposten van het telemetrisch meetnet luchtpollutie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (zie pag. 2) zijn uitgerust met een NO_x-meettoestel.

6 Bepaling gehalte aan Vluchtige Organische Stoffen (VOS)

Op een aantal plaatsen wordt het gehalte aan VOS bepaald. De bepalingen te Ukkel, Molenbeek, Elsenne en Kunst-Wet gebeuren op weekbasis. Op het meetpunt te St.-Lambrechts-Woluwe worden 24-uursstalen genomen.

Omgevingslucht wordt met een constant geregeld debiet (massadebietregelaar) van ca. 4 Nml/min. aangezogen over een Carbotrap-300 absorptietube. De aanwezige vluchtige organische componenten worden erin geabsorbeerd. De kwantitatieve GC-analyse gebeurt achteraf in het laboratorium.

Na een thermische desorptie (Tekmar Aerotrap 6000) bij 250 °C van de geabsorbeerde componenten volgt een cryogene trap bij -100 °C. Na verhitting worden de componenten getransfereerd naar de ingang van een gaschromatograaf (GC 8000 van Fisons), uitgerust met een 60 m lange capillaire kolom, met een inwendige diameter van 0.32 mm. De filmlaag met een dikte van 3.0 µm bestaat uit dimethylpolysiloxaan. De programmering laat de temperatuur van de kolom toenemen van 35 tot 180 °C met een gradiënt van 4°C/min. Het debiet van het draaggas helium bedraagt 1.9 ml.min. Oorspronkelijk was de GC uitgerust met een FID-detector (vlamionisatie-detectie) met waterstofvlam, verwarmd tot 250 °C. Het detectiesignaal werd geanalyseerd met behulp van het integratiesysteem PEAKNET 5.0 van de firma Dionex.

Begin 2002 werd de FID-detector vervangen door een massaspectrometer (Finnigan Trace MS 250). De identificatie van de verschillende VOS gebeurt aan de hand van hun retentietijd en de massa van een aantal karakteristieke ionen. Kwantificering van deze componenten gebeurt door de intensiteit van de ionen te vergelijken met deze van zuivere standaarden via een ijklijn. Dit verloopt automatisch met het bijgeleverde programma "Xcalibur".

Routinematig worden tot dusver de gehalten van volgende componenten bepaald :

alifaten :

- ✓ n.pentaaan
- ✓ n.hexaaan
- ✓ 2-methylhexaaan
- ✓ n.heptaaan
- ✓ n.octaaan

aromaten :

- ✓ benzeen
- ✓ toluen
- ✓ m+p-xyleen
- ✓ o-xyleen
- ✓ ethylbenzeen

gechloreerde koolwaterstoffen :

- ✓ 1,2-dichloorethaan
- ✓ tetrachloroethyleen

7 CONCENTRATIES voor O₃, NO₂ en VOS tijdens de zomer 2005

De grafieken in figuur 2 geven de evolutie weer van de berekende uurgemiddelde O₃-concentraties op de meetpost te Ukkel tijdens de maanden mei, juni, juli en augustus 2005. In de grafieken stemt de stippellijn overeen met de drempelwaarde voor het verstrekken van informatie aan de bevolking: 180 µg/m³ als uurgemiddelde.

In de grafieken van de figuren 1 t/m 4 van de bijlage wordt, per kalendermaand (mei t/m augustus 2005), het verloop van de ozonconcentratie in de andere meetposten afgebeeld: elke figuur geeft in volgorde de evolutie weer van de O₃-uurwaarden op de meetposten te St.-Agatha-Berchem, het Europees Parlement, Molenbeek, St.-Katelijne, St.-Lambr.-Woluwe en Haren.

Het verloop van de NO₂-uurwaarden wordt eveneens per kalendermaand (mei t/m augustus 2005) grafisch weergegeven in de figuren 5 t/m 12 van de bijlage. De stippellijn in de grafieken stemt overeen met de limietwaarde van 200 µg/m³. De tabellen op de bladzijden 13, 14 en 15 van de bijlage geven een overzicht van de recente maandgemiddelde VOS-concentraties.

In figuur 3 wordt de evolutie van de daggemiddelde O₃-concentraties grafisch voorgesteld voor de periode "*september 2004 – augustus 2005*". Men merkt dat de ozonconcentratie toeneemt naarmate de zomerperiode nadert. Vooral einde juni 2005 werden hoge ozonwaarden bereikt. De stippellijn in de grafiek stemt overeen met de vroegere drempelwaarde (92/62/EG) ter bescherming van de vegetatie (65 µg/m³ als dagwaarde).

In figuur 4 wordt het gemiddeld dagverloop van de ozonconcentratie tijdens de beschouwde zomerperiode (*1 mei t/m 31 augustus 2005*) voorgesteld. Voor elke uurperiode van de dag (01.00 UT, 02.00 UT, ..., 24.00 UT) wordt het gemiddelde berekend over alle dagen van de meetperiode. In deze grafieken worden de resultaten van vijf meetposten uitgezet. De tijdsschaal is de universele tijd (UT). Tijdens de zomerperiode bedraagt het verschil tussen lokale tijd (LT) en universele tijd 2 uur : LT = UT +2. Om 12 h UT, het middaguur volgens de hoogte van zonnestand, is het 14 h LT (lokale tijd).

De gemiddelde ozonconcentratie bereikt een minimum tussen 2 en 6 uur LT 's ochtends, neemt toe naarmate de dag vordert en bereikt een maximum in de late namiddag. Tijdens de nachtelijke uren daalt de O₃-concentratie geleidelijk aan. De evolutie van de gemiddelde ozonconcentratie te Ukkel en St.-Agatha-Berchem is vrij gelijklopend. In een omgeving met meer verkeer is de gemiddelde ozonconcentratie lager. De NO-uitstoot zorgt voor een titratie-effect (ozonafbraak). Dit is het geval in de omgeving van de meetposten te Woluwe en St.-Katelijne en nog meer uitgesproken te Haren.

In figuur 5 wordt, naar analogie met voorgaande figuur, het gemiddeld NO₂-dagverloop tijdens de zomerperiode (*1 mei – 31 augustus 2005*) grafisch voorgesteld. Het gemiddeld NO₂-dagverloop toont aan dat de gemiddelde NO₂-concentratie tijdens de namiddag hoger is te Woluwe, Haren en St.-Katelijne en lager op de meetplaatsen Ukkel en St.-Agatha-Berchem. Het complementair gedrag van de O₃ en NO₂-concentraties blijkt uit figuur 6 waar het gemiddeld dagverloop wordt gegeven voor de som van gasvormige oxidantia [O₃ + NO₂], uitgedrukt als equivalente massaconcentratie O₃. Dit verloop is nagenoeg identiek op alle meetposten van het Gewest.

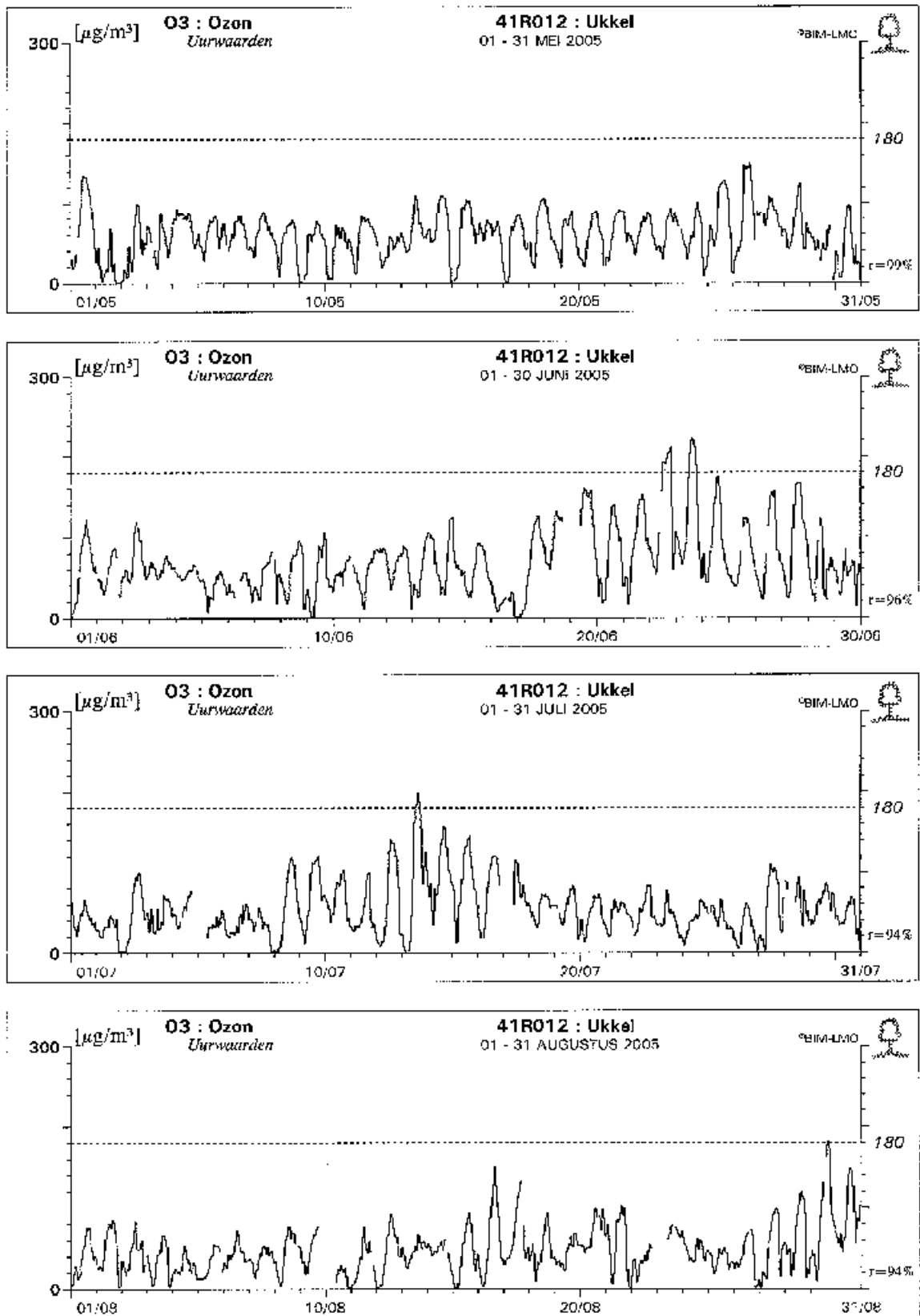


Fig. 2 : Evolutie O₃-concentratie te Ukkel tijdens de maanden mei, juni, juli en augustus 2005

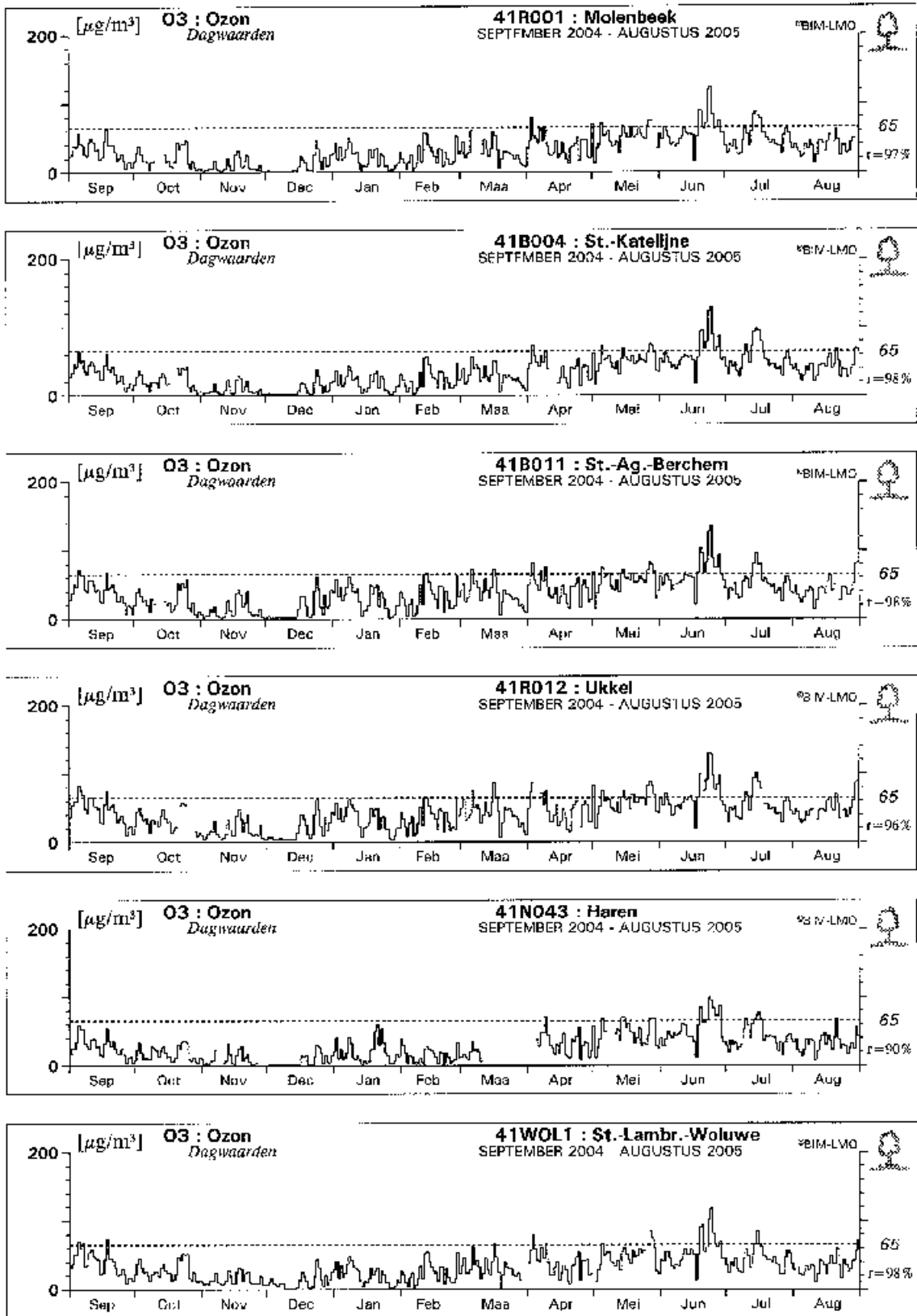


Fig. 3 : Evolutie O₃-dagwaarden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
 Periode : september 2004 – augustus 2005

OZON - Gemiddeld dagverloop

Vergelijking Meetposten - alle dagen

Zomerperiode : mei - augustus 2005

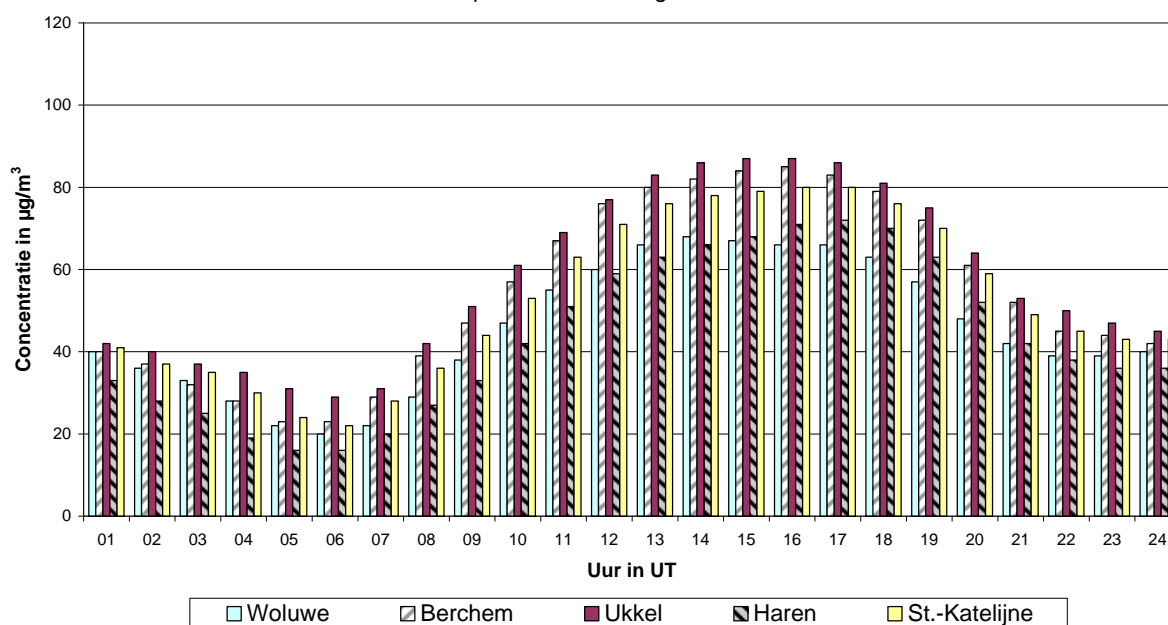


Fig. 4 : Gemiddeld dagverloop van de O₃-concentratie in de periode mei - augustus 2005

NO₂ - Gemiddeld dagverloop

Vergelijking Meetposten - alle dagen

Zomerperiode : mei - augustus 2005

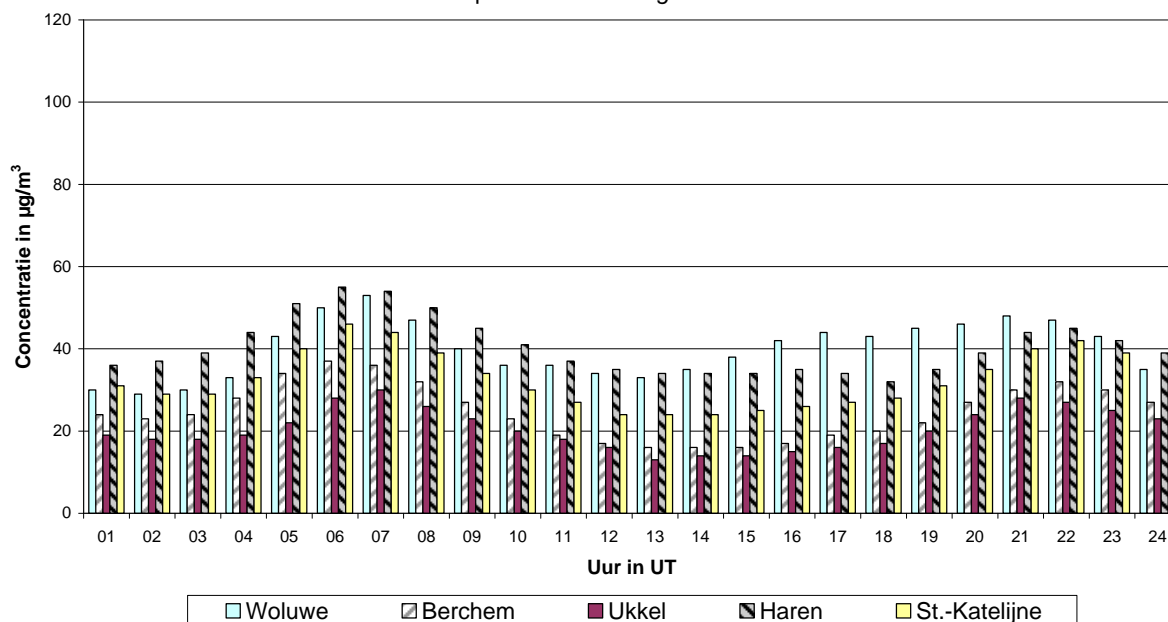


Fig. 5 : Gemiddeld dagverloop van de NO₂-concentratie in de periode mei – augustus 2005

[O₃ + NO₂] - Gemiddeld dagverloop

Vergelijking Meetposten - alle dagen

Zomerperiode : mei - augustus 2005

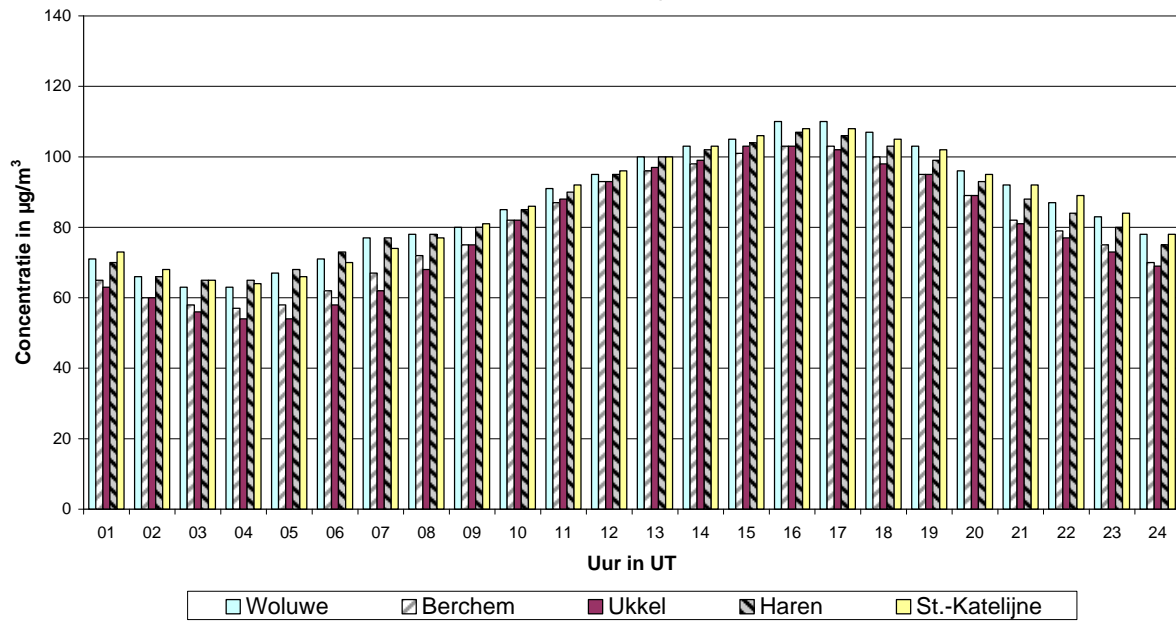


Fig. 6 : Gemiddeld dagverloop gasvormige oxidantia [O₃ + NO₂] in de periode mei – augustus 2005

8 NORMEN voor OZON – Richtlijn 2002/3/EG

Op 12 februari 2002 werd door de Europese Unie de langverwachte nieuwe O₃-richtlijn uitgevaardigd. Reeds op 18 april 2002 werd deze richtlijn omgezet in een besluit van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

De reglementering heeft tot doel :

- doelstellingen op lange termijn, streefwaarden, een alarmdrempel en een informatiedrempel voor ozonconcentraties in de lucht in de Gemeenschap vast te stellen, teneinde schadelijke gevolgen voor de gezondheid van de mens en voor het milieu in zijn geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen
- ervoor zorg te dragen dat de ozonconcentraties en in voorkomend geval de concentraties van de ozonprecursoren (stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen) in de lucht, in de lidstaten op basis van gemeenschappelijke methoden en criteria worden beoordeeld
- ervoor zorg te dragen dat adequate informatie over ozonconcentraties in de lucht (troposfeer) wordt verkregen en voor de bevolking beschikbaar wordt gesteld
- ervoor zorg te dragen dat de luchtkwaliteit, wat ozon betreft, waar zij goed is, op peil wordt gehouden en in de overige gevallen wordt verbeterd
- meer samenwerking tussen de lidstaten te bevorderen bij de verlaging van de ozonconcentraties, de benutting van het potentieel van grensoverschrijdende maatregelen en het overeenkomen daarvan

De richtlijn voor ozon geeft geen grenswaarde (limit value) op, maar een “streefwaarde” (target value) : een niveau dat is vastgesteld om schadelijke gevolgen voor de gezondheid van de mens en/of het milieu in zijn geheel op langere termijn te vermijden, en dat zoveel mogelijk binnen een gegeven periode dient te worden bereikt.

Naast de streefwaarde worden ook waarden opgegeven als “langetermijndoelstelling” : ozonconcentraties in de lucht waarbeneden, volgens de huidige wetenschappelijke inzichten, vermoedelijk geen directe schadelijke gevolgen voor de gezondheid van de mens en/of voor het milieu in zijn geheel optreden. Deze doelstelling moet op lange termijn worden bereikt, behalve in gevallen waarin dit niet door proportionele maatregelen realiseerbaar is, teneinde een doeltreffende bescherming voor de gezondheid van de mens en voor het milieu te bieden.

Voor de “alarmdrempel” geldt de definitie: een niveau waarboven kortstondige blootstelling een gezondheidsrisico voor de gehele bevolking inhoudt en bij overschrijding waarvan de lidstaten onmiddellijk maatregelen nemen overeenkomstig de bepalingen van artikels 6 (*informatie aan de bevolking*) en 7 (*actieplannen op korte termijn*) van de richtlijn.

Voor de “informatiedrempel” geldt: een niveau waarboven kortstondige blootstelling een gezondheidsrisico voor bijzonder gevoelige bevolkingsgroepen inhoudt, en waarbij geactualiseerde informatie noodzakelijk is.

De vooropgestelde waarden worden weergegeven in de **tabellen I, II en III**.

Tabel I : Streefwaarden voor Ozon (O₃)

Bescherming	Waarde ter beoordeling	Streefwaarde	Aantal toegelaten overschrijdingen	Datum waarop de streefwaarde zo goed mogelijk moet zijn bereikt
Gezondheid mens	hoogste 8-uurwaarde van de dag (berekend op basis van voortschrijdende 8-uurwaarden)	120 µg/m ³	25 per jaar (gemiddeld over 3 jaar)	2010 (*)
Vegetatie	AOT40, (berekend op de uurwaarden periode mei – juli)	18.000 µg/m ³ .h (gemiddeld over 5 jaar)		2010 (*)

(*): 2010 is het eerste jaar waarvan de gegevens worden gebruikt voor de test over 3 of 5 jaar

Tabel II : Doelstelling voor de Lange Termijn voor Ozon (O₃)

Bescherming	Waarde ter beoordeling	Doelstelling Lange Termijn	Datum voor het respecteren van de doelstelling
Gezondheid mens	hoogste 8-uurperiode van een dag, (berekend op basis van voortschrijdende 8-uurwaarden)	120 µg/m ³	richtdatum 2020
Vegetatie	AOT40, (berekend op de 1h-waarden voor de periode mei – juli)	6.000 µg/m ³ .h	richtdatum 2020

Tabel III : Informatiedrempel en alarmdrempel voor Ozon (O₃)

Drempel	Periode	Drempelwaarde
Informatiedrempel	Uurgemiddelde	180 µg/m ³
Alarmdrempel	Uurgemiddelde (*)	240 µg/m ³

(*) voor toepassing van de maatregelen van artikel 7 (actie op korte termijn) moet de overschrijding van de drempelwaarde gedurende drie opeenvolgende uren gemeten of voorspeld worden

Artikel 7, lid 1 bepaalt o.a. dat er op een passend bestuurlijk niveau actieplannen worden ondernomen waarin wordt vermeld welke specifieke maatregelen op korte termijn genomen moeten worden in zones waar een risico van overschrijding van de alarmdrempel bestaat, indien er significante mogelijkheden zijn om dat risico te verminderen of om de duur of de ernst van de overschrijding van de alarmdrempel te beperken. Wanneer geconstateerd wordt dat er geen significante mogelijkheden voor de beperking van het risico, de duur of de ernst van een overschrijding in die zones bestaan, zijn de lidstaten ontheven van deze bepalingen.

De informatiedrempel in praktijk :

180 µg/m³ als gemiddelde waarde over 1 uur

Vanaf deze drempelwaarde treden er bij een gedeelte van de bevolking, vooral bijzonder gevoelige personen, gezondheidseffecten op die van voorbijgaande aard zijn. Naarmate de concentraties toenemen, ondervinden meer mensen hinder. In de praktijk wordt er op voorhand verwittigd voor O₃-piekwaarden die deze drempelwaarde eventueel kunnen overschrijden, o.a. door middel van de dagelijkse telefonische boodschap (antwoordapparaat van het BIM).

Via de boodschappen en persmededelingen wordt de bevolking, meer bepaald personen die bijzonder gevoelig zijn voor deze vorm van luchtverontreiniging (o.a. kinderen, ouderen, personen met ademhalingsproblemen, etc...), afgeraden ongewone lichamelijke inspanningen in open lucht te verrichten tussen 12.00 en 20.00 h. Algemeen wordt aanbevolen om langdurige fysieke inspanningen (b.v. joggen) tijdens deze periode van de dag te vermijden.

Sinds de zomer van '96 begint de telefonische boodschap met de vermelding van de index voor algemene luchtvervuiling. Dagelijks wordt de algemene luchtkwaliteit aangeduid met één enkel cijfer, in een schaalbereik van **1** tot **10** met de eraan verbonden kwaliteitsbeoordeling, gaande van "uitstekend" (1) tot "verschrikkelijk slecht" (10). De index voor de luchtkwaliteit en enige aanvullende informatie is beschikbaar op de site van het BIM (<http://www.ibgebim.be>).

Andere informatiebronnen: De interregionale samenwerkingscel voor leefmilieu (IRCEL) verspreidt elke ochtend een overzicht van de O₃-meetwaarden van de voorbije dag, gemeten in de meetposten van de drie gewesten.

Deze informatie (o.a. op Internet <http://www.irceline.be>) wordt aangevuld met een voorspelling van de te verwachten O₃-concentratie voor de namiddag en de volgende dag. De prognose geschiedt op basis van de resultaten van het SMOGSTOP-voorspellingsmodel. Reeds vanaf de zomerperiode '98 zijn de ozonconcentraties van de dag zelf opvraagbaar. Bovendien is er een historiek van O₃-gegevens en afgeleide informatie (aantal dagen met overschrijding, AOT40, etc...) beschikbaar. De site is informatief goed en zeer gebruiksvriendelijk ; ze wordt nog steeds verder uitgebouwd.

AOT :

AOT staat voor “*Accumulated exposure over a Threshold*”. De AOT40 is de som van de overschotten boven de drempel van 40 ppb ozon (= 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ O_3 bij 293 K en 1013 hPa). De AOT40 ter bescherming van de vegetatie wordt berekend op basis van de uurgemiddelde O_3 -concentraties tijdens de periode van “1 mei tot 31 juli” (groeiseizoen). De berekening gebeurt voor de uurperiodes tussen “8 h en 20 h Midden-Europese Tijd (MET)”. Deze periode stemt overeen met “7 tot 19 h UT”. Bij de berekening wordt de som gemaakt van alle positieve overschotten (gedeelte boven 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Voor een O_3 -uurwaarde van 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt het positieve overschot 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en voor een O_3 -uurwaarde van 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt dit 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Het principe van de berekening van de AOT40 wordt geïllustreerd in figuur 7, waar de positieve overschotten boven de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ donker ingekleurd zijn tussen 8 h en 20 h MET.

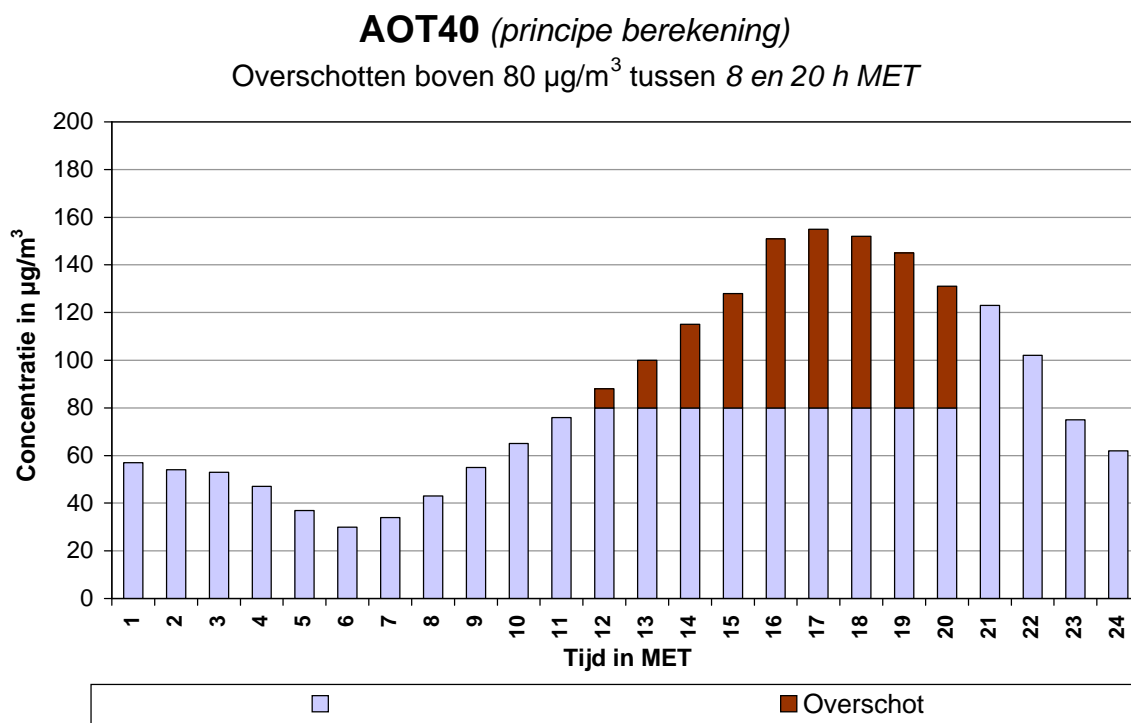


Fig. 7 : AOT40 : Voorstelling overschotten boven 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tussen 8 en 20 h MET

Indien niet alle desbetreffende uurwaarden beschikbaar zijn, wordt de gemeten AOT-waarde aangepast in functie van het totaal aantal uurperiodes :

$$\text{AOT40}_{\text{(berekend)}} = \text{AOT40}_{\text{(gemeten)}} * [\text{totaal aantal uurperiodes}] / [\text{aantal gemeten uurperiodes}]$$