

Meetstation voor luchtverontreiniging Brasschaat Jaarverslag 2006

Johan Neiryndck, Peter Roskams

INBO.R.2007.36

Auteurs:

Johan Neiryndck, Peter Roskams

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO-Geraardsbergen
Gaverstraat 4, 9500 Geraardsbergen
www.inbo.be

e-mail:

Johan.Neiryndck@inbo.be

Wijze van citeren:

Neiryndck, J., Roskams, P. (2007). Meetstation voor luchtverontreiniging Brasschaat. Jaarverslag 2006. INBO.R.2007.36. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2007/3241/180

INBO.R.2007.36

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Jos Van Slycken

Druk:

Management ondersteunende diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

Opstelling sonisch anemometer boven kronendak Grove den

Meetstation voor luchtverontreiniging Brasschaat

J. Neiryneck en P. Roskams

Jaarverslag 2006

[INBO.R.2007.36](#)
D/2007/3241/180

Samenvatting

Het meetjaar 2006 werd gekenmerkt door hoge meetconcentraties van ozon in de maand juli. Een maandgemiddelde ozonconcentratie van $90 \mu\text{g m}^{-3}$ werd voorheen nooit opgetekend. De weersomstandigheden in de daaropvolgende maanden waren minder gunstig voor ozonvorming (lagere temperaturen en zonne-instraling) waardoor de meetwaarden ongeveer halveerden. De AOT40 index overschreed net zoals in 2003 en 1995 de kaap van 15000 ppbuur.

Voor zwaveldioxide blijft de daling zich voortzetten. In het meetjaar 2006 werd het laagste jaargemiddelde ($7.1 \mu\text{g m}^{-3}$) sinds de aanvang van de metingen opgetekend. De aanvoer van zwaveldioxide vanuit de westelijke windsector (petrochemische nijverheid linkeroever) blijft het pollutieklimaat te Brasschaat echter sterk beïnvloeden.

Concentraties van NO_x blijven over de ganse meetreeks (12 jaar) onveranderd. Kritieke niveaus voor acute en chronische blootstelling van vegetatie aan stikstofoxiden worden nog altijd ruim overschreden.

Engelse abstract

The measuring year 2006 was characterized by high ozone levels in the month July. A monthly average of $90 \mu\text{g m}^{-3}$ was measured, which had never been achieved before. The weather conditions in the subsequent months were not favourable to ozone formation (low temperatures and radiation) leading to substantial reductions in ozone levels. For sulphur dioxide, concentrations continue to decrease. External ozone index AOT40 reached, just like 1995 and 2003, high ozone exposure doses exceeding 15000 ppbhours.

For sulphur dioxide the decreasing trend is continued. In 2006 the lowest levels since the start of the measurements, were noticed ($7.1 \mu\text{g m}^{-3}$). Though pollution climate is still strongly liable to western winds bringing SO_2 -bearing air masses from the petrochemical industry located at Antwerp Left Scheldt Bank to the site in Brasschaat.

Levels of NO_x remained unchanged, since the measurements took off in 1995. Critical levels for acute or chronic exposure of plant vegetation to nitrogen oxides are still being largely exceeded.

Inhoud

—1—	
1. Inleiding	5
—2—	
2. Nieuwe infrastructuur meettoren	6
2.1. Pollutiemonitoren	6
2.1.1. Bepaling van zwaveldioxide met de 43 C	6
2.1.2. Bepaling van ozon met de 49 C	7
2.1.3. Bepaling van stikstofdioxides CLD 700 AL	8
2.2. Luchtstaalname	10
2.2.1. Pneumatica	10
2.2.2. Besturingssysteem	11
2.3. Meteorologische sensoren	12
2.3.1. Overzicht	12
2.3.2. Beschrijving meetsensoren	13
2.3.3. Vergelijking met oude meteosensoren	17
2.4. Data-acquisitie	21
2.5. Voeding	22
2.6. Airco	24
2.7. Lier en antivalsysteem	24
—3—	
3. Metingen monitoren 2006	25
3.1. Concentratieniveaus 2006	25
3.2. Trends concentratie 1995-2006	28
3.3. Kritische normen	29
—4—	
4. Besluiten	31
—5—	
5. Dankwoord	31
—6—	
6. Referenties	32
7. Annex	33

1. Inleiding

Sinds 1995 worden in het Meetstation in het Gewestbos “De Inslag” (Brasschaat) metingen verricht van gasvormige componenten en meteorologische variabelen boven en onder het kronendak van een Grove dennenbestand. Deze metingen leveren een interessante tijdsreeks op waaruit trends in chemische luchtkwaliteit en de invloed van weersomstandigheden op de concentraties van de gemeten pollutanten, kunnen afgeleid worden. De concentratieniveaus en hun afgeleide indexen worden vergeleken met internationale normen betreffende bescherming van bosecosystemen.

Teneinde de continuïteit van de metingen te garanderen, werden de afgelopen jaren de nodige aanpassingen en bijkomende investeringen verricht. Van de gelegenheid werd ook gebruik gemaakt om de kwaliteit van de metingen op te drijven door aankoop van betere sensoren en door te investeren in een betere signaaloverdracht en opslag van meetgegevens. Daardoor zijn de gemeten weersvariabelen perfect vergelijkbaar met metingen verricht door stations uitgerust door het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI). De monitoren worden tweemaandelijks gecontroleerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).

Onderhavig rapport geeft een overzicht van de uitgevoerde werken en wijzigingen, uitgevoerd in de voorbije jaren. Naast de beschrijving van de meetapparatuur, wordt ook een vergelijkende studie voorgesteld tussen de meetresultaten verkregen door de oude en nieuwe meetapparatuur. In het tweede hoofdstuk worden de luchtkwaliteitsmetingen van 2006 besproken.

2. Nieuwe infrastructuur meettoren

2.1. Pollutiemonitoren

Het meetstation is uitgerust voor de continue monitoring van de lucht op sporen van gasvormig SO₂, O₃, NO en NO₂. Hiervoor staan in de meetkabine 3 monitoren opgesteld (Tabel 1). Oude monitoren van Environment werden vervangen einde 2000. De nieuwe monitoren meten met hetzelfde meetprincipe als de vorige Environment monitoren maar hebben door o.a. aanwezigheid van meerdere reactiekamers een betere uitmiddeling van de meetwaarde. De meetbereiken werden geherprogrammeerd i.f.v. meetconcentraties. De voeding van de monitoren werd voorzien van scheidingstransfo's om effecten van netvervuiling op de metingen tegen te gaan. De meettoren zijn in een nieuwe montagekast ingebouwd (figuur 1).

Tabel 1: Eigenschappen van de pollutiemonitoren

<i>Polluent</i>	<i>Merk</i>	<i>Type</i>	<i>Meetprincipe</i>
SO ₂	Thermo Instruments, US	43 C	UV-fluorescentie
O ₃	Thermo Instruments, US	49 C	UV-fotometrie
NO, NO ₂	Ecophysics, CH	CLD 700 AL	chemieluminescentie

Bij alle monitoren wordt maandelijks de prefilter (sample filter) + stoffilter vervangen. Daarbij is een jaarlijkse reiniging van capillairen, flow restrictors in ultrasoonbad en jaarlijkse reiniging van de reactiekamers met methanol voorzien. De vervanging van cartridges voor zero gas input geschiedt halfjaarlijks. De ijking van de monitoren gebeurt maandelijks (afwisselend INBO en VMM) op basis van een jaarlijkse opgemaakte ijkkalender. Het onderhoud en ijkingen worden ingeschreven in een logboek en een Access-databestand.

2.1.1. Bepaling van zwaveldioxide met de 43 C

De bepaling van het gehalte aan SO₂ in de aangezogen lucht steunt op het fysisch principe van fluorescentie. De aangezogen lucht wordt eerst gezuiverd van mogelijke aromatische koolhydraten (hydrocarbon kicker + bijkomende filter actieve kool). In de fluorescentiekamer wordt het luchtmonster bestraald door een pulserende UV-bron (golflengte = 214 nm). De in het luchtstaal aanwezige SO₂ zal het UV-licht absorberen en vervolgens weer uitstralen met een langere golflengte. Dit fenomeen heet fluorescentie en wordt door een UV-detector geregistreerd. De intensiteit van het gefluoresceerde licht is een maat voor de hoeveelheid SO₂ in de aangezogen lucht. Een bijkomende bandpass filter (minder gevoelig voor fotochemische degradatie en selectiever in isolatie van golflengtes) laat enkel de geëmitteerde golflengtes door tot de fotomultiplier tube. De pulserende UV lamp draagt bij tot een betere doorgang van UV licht en een lagere detecteerbare SO₂ concentratie. Ook de leeftijd van de lamp wordt hierdoor verlengd. De monitor is uitgerust met een lamp voltage controlecircuit, dat automatisch corrigeert voor de degradatie van de lamp met de jaren.

Bijzonder onderhoud:

- vervanging membranen interne pomp en ventilatoren
- vervanging SO₂-lamp: bij te hoge intensiteit (> 1200 V).

- vervanging actieve kool voor aanzuig zero lucht

De ijking van de SO₂-monitor geschiedt met een gecertificeerde ijkfles (70-80 ppb SO₂) die tweemaandelijks op het referentielaboratorium van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) geijkt wordt.

2.1.2. Bepaling van ozon met de 49 C

De O₃-monitor bepaalt de concentratie aan ozon in de lucht op basis van UV-absorptie. In de ozonmonitor bevinden zich twee reactiekamers waarin een simultane zero en sample meting wordt uitgevoerd. Aan de ingang van de kamers bevindt zich een UV-bron waarvan de UV-intensiteit constant gehouden wordt. De UV-bron wordt afgeschermd zodat enkel de golflengtes gevoelig voor absorptie door O₃, in de meetkamers binnendringen. De storende golflengtes, waarbij uit zuurstof O₃ gevormd wordt, worden uitgefilterd. Naast de UV-bron bevindt zich een UV-detector (elke kamer). Deze vangt de UV-straling op die op het einde van de reactiekamer weerkaatst wordt door spiegels. 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 O₃ verloopt volgens de absorptiewet van Lambert-Beer:

$$I_1/I_0 = \exp(-a \cdot l \cdot C)$$

waarbij:

- I₀ : UV-intensiteit bij ozonvrije lucht;
- I₁ : UV-intensiteit bij ozonhoudende lucht;
- a : absorptiecoëfficiënt voor O₃;
- l : optische weglengte tussen UV-bron en -detector; 38 cm;
- C : ozonconcentratie.

De meting met de 49 C verloopt over twee kamers (vorige Environment monitor slechts 1). Het luchtmonster wordt verdeeld over 2 gasstromen. Een ervan passeert een ozon scrubber, wordt referentiegas (I₀) en komt via een klep (solenoid) in de referentiekamer terecht. De andere luchtstroom komt via de sample klep (sample solenoid) in de meetkamer terecht (meting I₁). Het UV licht wordt in de twee cellen door twee verschillende detectoren gemeten. De kleppen wisselen de luchtstroom iedere 10 sec over de solenoid kleppen zodat de verschillende cellen zowel referentiegas als sample gas meten. De monitor berekent het gemiddelde van de meting over de twee kamers. Op die manier wordt meting van elke absorptie verschillend dan die door ozon vermeden.

De absorptiecoëfficiënt is gekend en wordt gecompenseerd voor effecten van druk en temperatuur wat leidt tot preciezere ozonmetingen. De optische weglengte is een vaste maat van de meetkamer. De relatie concentratieverhouding UV-intensiteiten ligt dus éénduidig vast. Meettoestellen volgens dit principe blijven gedurende zeer lange tijd stabiel. Op voorwaarde dat men het binnendringen van stofdeeltjes in de meetkamer vermijdt (vervuiling meetkamers), dient het toestel niet bijgeregeld te worden.

Het binnendringen van stofdeeltjes wordt verhinderd door aan de ingang van de staalnameleiding van de monitor een teflonmembraanfilter te voorzien. De reactiekamers moeten halfjaarlijks gereinigd worden. Het membraan met poriëndiameter van 5 µm dient regelmatig vervangen te worden om absorptie van ozon door het op de filter verzamelde stof te vermijden. Het toestel dient ook gecontroleerd te worden op lekken (aan pompen, kleppen).

Een laboportpomp trekt zero lucht aan via een met silicagel en actieve kool gevulde filter. Een interne ozongenerator laat regelmatige span checks toe.

De monitor wordt zesmaandelijks geijkt aan een primaire ozonstandaard.

Bijzonder onderhoud of afregeling 49 C

- verschil in intensiteit tussen beide kamers mag niet te groot (lamp intensiteit testen) worden: wijst op eventuele verontreiniging van kamer;
- Detector frequenties < 65 kHz wijzen op ofwel een verontreinigde cel of lage lamp output;
- vervanging ozon scrubber (zesmaandelijks);
- vervanging O-ringen en flow restrictoren die in reactie met ozon komen;
- vervanging membranen laboportpomp zesmaandelijks ;
- vervanging silicagel en actieve kool voor zero lucht;
- vervanging membranen interne pomp en ventilatoren .

2.1.3. Bepaling van stikstofoxides CLD 700 AL

Met stikstofoxides (NO_x) wordt zowel stikstofmonoxide (NO) als stikstofdioxide (NO_2) bedoeld. De som van beide wordt als NO_x aangeduid. De detectie van NO en NO_2 is gebaseerd op de chemieluminescente reactie van NO met O_3 .

De aangezogen lucht wordt in twee gelijke stromen opgedeeld. De eerste stroom wordt direct naar de eerste reactiekamer (NO determinatie) geleid, waar een gedoseerde hoeveelheid ozon wordt toegevoegd. Hierbij wordt het in de lucht aanwezige NO geoxideerd tot NO_2 . Ongeveer 20 % van de NO_2 moleculen komt daarin in een geëxciteerde toestand (NO_2^*) terecht die een hoeveelheid licht uitstralen wanneer ze terug in de grondtoestand terugvallen (NO_2). Daarbij wordt een hoeveelheid licht uitgestraald die in de reactiekamer wordt gedetecteerd. De gedetecteerde straling is dus een maat voor de hoeveelheid NO in het luchtmonster. De afgegeven straling bevindt zich in de golflengte tussen 600 en 3000 nm, met een maximum van ongeveer 1200 nm. Een fractie van de geëxciteerde NO_2 moleculen reageert met andere moleculen waarbij geen licht wordt uitgestraald (quenching). Om deze ongewenste reacties te verhinderen, wordt de druk in de reactiekamer verlaagd. Een infrarood filter verhindert de instraling van ongewenste golflengtes in de reactiekamer.

De tweede stroom gaat eerst door een thermische molybdeen convertor (375 °C, 1000 ppmh) waarbij het aanwezige NO_2 wordt omgezet tot NO, terwijl het reeds aanwezige NO onveranderd blijft. Na toevoeging van O_3 in de tweede reactiekamer (NO_x kamer) kan de hoeveelheid NO_x berekend worden. Uit het verschil van beide signalen bekomt men het NO_2 -gehalte van de aangezogen lucht. De NO- NO_2 -monitor beschikt over een interne O_3 -generator voor de aanmaak van O_3 (ionisatie zuurstof). De bepaling van het zero signaal geschiedt automatisch zonder de behoefte van bevoorrading van zero lucht.

De meting over de twee kamers gebeurt via een roterende spiegel (aangedreven door een stepper motor) die zorgt voor een projectie van beide kamers op de fotomultiplier tube (met multialkali-fotocatode). Gezien deze detector gedeeld wordt tussen de twee reactiekamers, wordt een exacte synchronisatie van beide kanalen en een hoge signaalstabiliteit voor NO_2 gerealiseerd. De sample en ozone flow restrictoren, en eveneens de reactiekamers worden verwarmd op een constante temperatuur (55°C) om ongewenste wandreacties te onderdrukken. Een externe vacuumpomp genereert een onderdruk in de reactiekamer van ongeveer 45 mbar, voor het aanzuigen van het sample gas en de gedroogde lucht voor de ozongenerator. De pomp is voorzien van een thermische ozon destroyer die de ozon aanwezig in de uitlaat verwarmt tot 700 ° C en degradeert tot zuurstof. Deze pomp werd achteraan de kabine opgesteld om eventuele vrijstelling van schadelijke componenten binnen de kabine te vermijden.

De ijking van de NO_x monitor geschiedt met een gecertificeerde NO-ijkfles (± 400 ppb) die tweemaal per jaar op het referentielaboratorium van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) geijkt worden.

Bijzonder onderhoud CLD700 AL

- membranen externe pomp (checken membraanfactor);
- vervanging ozon scrubber (halfjaarlijks of na uitvoeren test);
- vervangen O-ringen op halfjaarlijkse basis;
- Molybdeenconverter (hoeveel ppmu te gaan voor vervanging);
- Uitvoeren van testen op druk in de reactiekamer: > 75 mbar membranen afgesloten.



Fig 1: opstelling monitoren meetcabine (met Dhr. Smesman op voorgrond)

2.2. Luchtstaalname

2.2.1. Pneumatica

Voor de aanvoer van lucht naar de monitoren is een systeem uitgebouwd waarbij afwisselend van drie punten op de toren lucht kan aangezogen worden via teflon-leidingen. Alle delen van dit luchtmonstersysteem waarmee de lucht in aanraking komt zijn vervaardigd of bekleed met PTFE-teflon. Alle aanzuigleidingen vanaf de niveaus 24, 32 en 40 m hebben eenzelfde lengte, 53,5 m. Voor de lagere niveaus, < 40 m, is het overschot aan lengte opgeborgen in een gethermostatiseerde kast in de meethut met een constante temperatuur van 30-35° C (PT100-bovenaan). Niet werkzame ventilatoren werden uit de kast verwijderd en vervangen. Bij de herinrichting van de meettoren werden de aanzuigleidingen in een speciaal gemonteerd rail herbevestigd op de toren en met spanriemen gefixeerd.

Drie gethermostatiseerde aanzuigkoppen gemonteerd op een beweegbare arm op de verschillende werkplatformen vormen het beginpunt van de aanzuigleidingen. Via een teflon filter met poriën van 0,5 mm diameter wordt de aangezogen lucht van grote partikels gezuiverd. De aanzuigleidingen hebben een binnendiameter van 3/8 duim of 9,5 mm. Met behulp van één draadvormig verwarmingselement (mantel) over de lengte van de aanzuigleiding buiten de meetkabine wordt de temperatuur constant op 30-35° C gehouden. De PT100 thermometer bevindt zich tussen het verwarmingslint en de leiding. De gelaagdheid van de aanzuigleiding is als volgt: buitenwand in zwarte plastic, isolatiemateriaal, verwarmingslint en de teflon aanzuigleiding. Het geheel heeft een externe diameter van 47 mm.

Schematisch bestaat het aanzuigleidingsysteem uit volgende onderdelen (zie figuur 2), waarbij de laatste twee delen gemeenschappelijk zijn voor alle drie aanzuigleidingen:

- aanzuigkop met filter,
- verwarmde aanzuigleiding (± 45 m),
- manovacuometer voor onderdruk RIEGLER,
- vacuumpomp KNF,
- dichtingskranen voor en na pomp
- aanzuigleiding naar manifold binnendiameter 3/8 duim ($\pm 6,5$ m),
- manifold met condensatieflessen en ontluchtingsventilator,
- aanzuigleiding naar monitor met buitendiameter van 1/4 duim ($\pm 2,5$ m).

De 5 oude monofasige membraanpompen werden na een dienstperiode van 10 jaar vervangen door 1 continu draaiende driefasige membraanpomp. De vacuümpomp zuigt lucht aan met een debiet van 60 Nliter/minuut. Het betreft een KNF membraanpomp type N860FTE die omgebouwd werd tot een driefazemotor (230/400 V) met olievrije membraan vacuümpomp, 50 Hz. Debiet bij atmosferische druk bedraagt 60 Nl/min. De 50 m lange teflonleidingen zijn binnen een tijdsinterval van 10 seconden gepurgeerd.

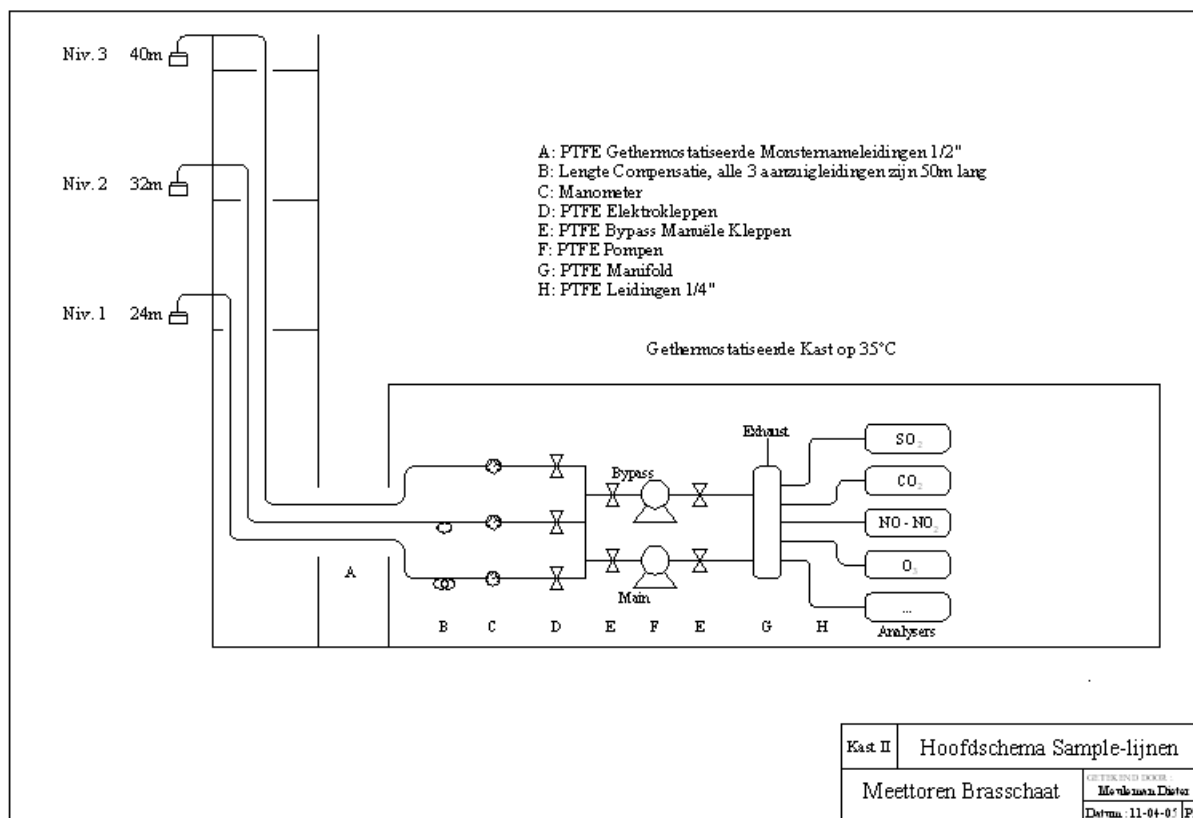
Een tweede vacuümpomp (in bypass) kan de functie van de eerste membraanpomp bij defect overnemen. Vanuit de vacuümpompen vertrekken twee darmen naar de manifold waar het luchtstaal verdeeld wordt over de verschillende monitoren. De leidingen (en bijhorende koppelingen) naar de monitoren (1/4 duim), naar de uitlaat buiten, voor de ijking van de toestellen en de aanzuig van zero lucht via filters werden in 2006 vervangen door tubings in PFA materiaal.

Onderhoud aan deze onderdelen omvat onder meer het reinigen van de aanzuigleidingen. Halfjaarlijks worden de lengtes binnen en buiten de meetkabine + manifold met teflonwatten gereinigd. De teflonaanzuigkop wordt jaarlijks gereinigd in een ultrasoonbad. De membranen van de aanzuigpompen dienen tweejaarlijks vervangen te worden.

2.2.2. Besturingssysteem

De verschillende niveaus worden sequentieel aangestuurd door computergestuurde kleppen, die recent vernieuwd werden door magneetventielen (type 150, 0-2 bar) waarvan de afdichtingen en behuizing in PTFE is afgewerkt.

Het oude besturingssysteem (Hitachi) werd vervangen door een compacte Siemens (LOGO! 230 RC en DM8 230 R) uitvoering met meer voorgeprogrammeerde selectiemogelijkheden (codes relais) om de bepaling van gradiënten tot bepaalde hoogtes te beperken en meetcyclus in te korten. Deze compacte PLC werd ingewerkt in de kastdeur van voedingskast 2. Er kan bv. ook op 1 niveau gemeten worden. Momenteel wordt enkel op hoogtes 24 en 40 m gemeten. De meetcyclus bedraagt 10 minuten (elk 5 min) waarvan de eerste minuut verwijderd wordt.



Figuur 2: Aanzuigstelsysteem luchtstalen meettoren

2.3. Meteorologische sensoren

2.3.1. Overzicht

Momenteel zijn volgende sensoren in gebruik (Tabel 2):

Tabel 2: Overzicht van de operationele sensoren. Nieuwe meetapparatuur: in vet weergegeven

Variabele	Locatie (m)	Sensorspecificatie	Meetprincipe
Relatieve vochtigheid	2, 24 en 40 m	Vaisala HMP 243 Finland	Bepaling dauwpunt
Temperatuur	2, 24 en 40 m	Vaisala HMP 243 Finland	PT100
Neerslag	40 m	NINA Precipitation pulse transmitter Siggelkow GMBH Germany	Tipping bucket Reed contact
Diepte grondwatertafel	- 1 m	PDCR11830 Pressure Transducer for Depth Measurement Campbell, USA	Meting drukverschil
Windrichting	Op 40 m	Potentiometer windvane W200P, Campbell	Potentiometer met magnetische koppeling
Windsnelheid (nieuw)	Op 24, 32 en 40 m Torenarm	LISA Siggelkow Germany	Pulsmeting
Windsnelheid (oud)	op 40 m	Anemometer Didcot DWR-205G, UK	tachogenerator met een magnetische koppeling
Net-radiometer	Op 40 m Torenarm	pyranometer / pyrgeometer CNR1 Kipp & Zonen the Netherlands	dome solarimeter en pyrgeometer
Zonnestraling	op 40 m	pyranometer CM6B Kipp & Zonen the Netherlands	dome solarimeter
Net-radiometer	op 40 m Torenarm	netto-radiometer REBS 07 WA USA	thermokoppel
Bodemtemperatuur	-0,02 en -0.09 m	bodemthermometer Didcot DPS-404 UK	PT100
Bodemwarmteflux	-0,02 en -0.09 m	Heat flux plate Campbell HFT03 CSI USA	thermokoppel
Luchtdruk	op 1,5 m	barometer SETRA USA	druksensor

2.3.2. Beschrijving meetsensoren

HMP243 Dewpoint Transmitter and PT100 Vaisala

- Meetprincipe: dauwpuntstemperatuurmeting (diffusietijd watermolecules);
- head van capacitieve vochtigheidsmeter wordt droog gehouden (verwarmd). Optredend dauw verstoort immers de meting; bijkomende T probe wordt toegevoegd om T en daaruit RH te bepalen;
- Nauwkeurigheid RH meting aan 60 % RH: (2.0 %); nauwkeurigheid T meting aan ± 20 °C: 0.1°C;
- open luchtcirculatie: ventilatie geschiedt door EBM 230 V motoren (50-60 Hz);
- behuizing van sensoren en ventilatie (zie figuur 3): geproduceerd door KMI (geen blokkage luchtcirculatie);
- voorzien van HUMICAP Dewpoint Transmitter die het signaal van mV in mA omzet;
- verwarming: 24 VAC.

Windsnelheidsmeters Siggelkow LISA

- meetprincipe: pulsmetingen (lichtbarrière: opto-electronisch);
- plaatsing op zijarm (figuur 4);
- voeding: 12 VDC;
- verwarming: 24 VAC (tegen opvriezen cup star);
- stalling speed: ingesteld op 0.1 m/s;
- 10 of 40 pulsen per omwenteling;
- meetnauwkeurigheid ± 1 %;
- onderhoud: ondersteuning (bearings) moet vierjaarlijks vervangen worden.



Figuur 3: Shield voor RV en T sensor ventilatie.



Figuur 4: Siggelkow cup anemometer (in blauw) naast oude Didcot-sensor.

W200P Potentiometer Windrichtingsmeter Campbell

- Meetprincipe: windhaan incorporeert een 358 ° micro-torsiekoppel potentiometer;
- Corrosieresistent en beschermd tegen indringing van water en stof;
- Vin,kielvlak beweegt bij 0.6 m s^{-1}
- Nauwkeurigheid: 2° bij windsnelheden tot 5 m s^{-1} .
- Voeding: 20 VDC maximum

Siggelkow pluviometer NINA

- Meetprincipe: pulssignaal door reed contact: gestuurd door magneet op contact stud van tipping bucket;
- nominaal volume van tipping bucket is $2 \text{ cm}^3 = \pm 0.1 \text{ mm}$;
- ijking: 3 maandelijks : door bijregelen schroeven; gekend volume (250 ml) door trechter en aantal kips tellen;
- verwarming: 24 VAC: 2 circuits (trechter en basis);
- trechteroppervlak: 200 cm^2
- resolutie: 0.1 mm neerslag;
- nauwkeurigheid: $\pm 3 \%$ tot 4 mm/min regenintensiteit;
- onderhoud: reiniging van alle delen in contact met regenwater: mondstuk en tipping bucket: onderhoudsproduct voor roestvrij staal, zachte wol/ reiniging filter voor grof materiaal.

Kipp & zonen CNR1 radiometer

- meetprincipe: beschikt over CM3 en CG3- sensor (figuur 5);
- CM3: pyranometer: kortgolfige straling uitgaand en neergaand (0.3 tot $3 \mu\text{m}$);
- CG3 pyrgeometer: verre IR radation ($5 \mu\text{m}$ tot $50 \mu\text{m}$)
- Heating: 12 VDC voor preventie van dauw- en vorstdepositie
- Operating T: -40 tot 80° C
- Output: 4 mV signaal
- Specificaties CM3:
 - o Spectraal bereik: 305-2800 nm
 - o Nauwkeurigheid voor dagsommen: $\pm 10 \%$
- Specificaties CGR:
 - o Spectraal bereik: 5000 tot 42000 nm
 - o Nauwkeurigheid voor dagsommen: $\pm 10 \%$
- calibratie: calibratie van pyranometer is enkel mogelijk volgens de World Radiometric Reference: elke 2 jaar, bij voorkeur door erkend Kipp & Zonen calibration facility;
- Onderhoud: reiniging van de koepels en de vensters met water of alcohol.



Figuur 5: CNR1 radiometer met CM3-solarimeter (onder) en CG3-pyrgeometer (bovenaan)

Kipp & zonen CM6B pyranometer

- meting van de totale zonnestraling, die bestaat uit zowel directe als diffuse zonnestraling;
- spectraal bereik: 305-2800 nm;
- instraling: 0-1400 W m⁻²;
- onderhoud: verhinderen condens binnen koepel door aanbrengen van silicagel.

Net radiometer REBS Q*7.1

- Meetprincipe: bepaling ingaande totale hemisferische radiatie en uitgaande totale hemisferische straling via solarimeter en pygrgeometer;
- Kortgolvlige straling: spectraal bereik 0.25 tot 4 μm ;
- Langgolvlige straling: spectraal bereik 4 tot 100 μm ;
- Output: millivolt signaal proportioneel met netto straling;
- Sensor oppervlakte wordt beschermd van convectieve koeling door hemisferische polyethyleen windkoepels. Polyethyleen is transparant voor zowel kort- als langgolvlige straling. Lucht binnen de koepels moet volledig droog zijn;
- Onderhoud: vervanging koepels en silicagel om waterstagnatie te vermijden/ wind shields schoon houden (optreden condensatie tegengaan, ook zeer gevoelig voor schade aangericht door vogels).

237 Wetness Sensing Grid Campbell

- meetprincipe: condensatie of regen verlaagt weerstand tussen de dooreengevlochten goudgelaagde koperdraden op epoxy circuit board;
- onderhoud: zacht doek met water, detergent of isopropanol;
- calibratie: bepaling transitiepunt i.f.v. beneveling;
- vast oppervlak: niet flexibel.

PDCR11830 Pressure Transducer for Depth Measurement Campbell

- meetprincipe: bepaling diepte grondwatertafel wordt verkregen door metingen van het drukverschil tussen de atmosfeer en dat op de relevante diepte;
- Meetbereik: 0-360 cm diepte;
- Drukbereik: 350 mbar;
- Voltage output: ratiometrisch tot toegevoegde supply.

SETRA Barometric Pressure transducer Model 278

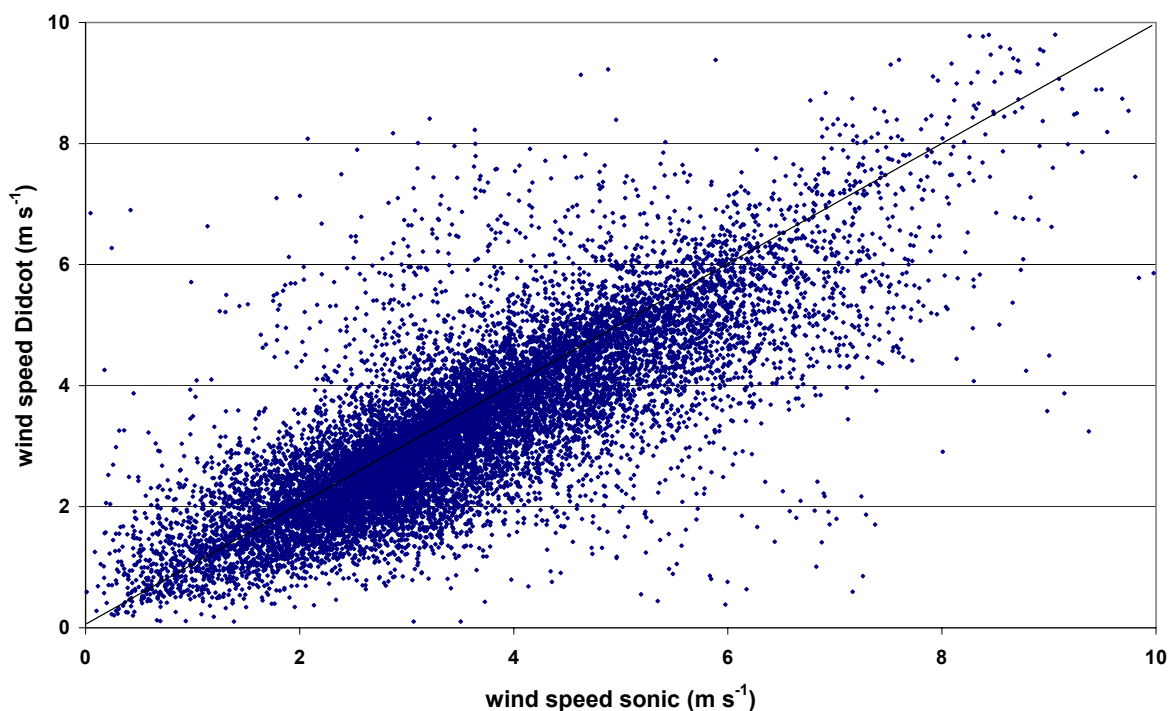
- registreert absolute druk en converteert naar analoge output;
- vereist voeding 12 VDC

2.3.3. Vergelijking met oude meteosensoren

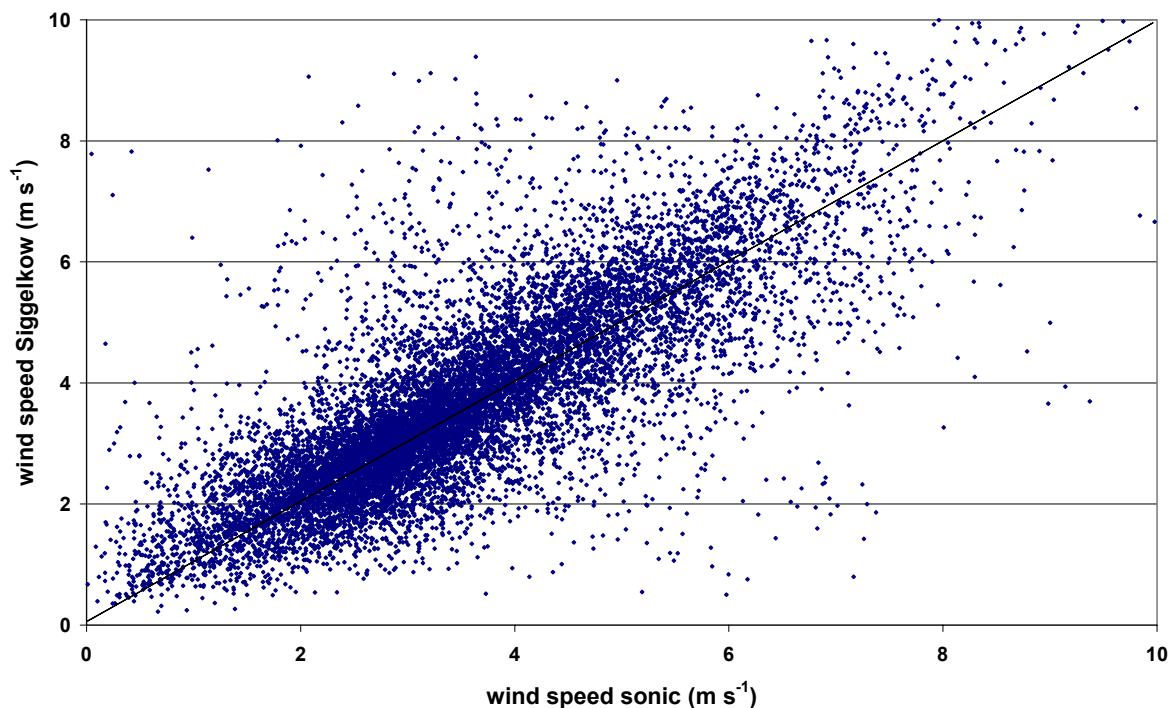
Bij de vervanging van de oude meetsensoren werd en wordt nagegaan in welke mate er verschillen bestaan tussen de meetwaarden teneinde grote verschillen in rekening te brengen bij tijdsreeksanalyse.

De nieuwe Siggelkow LISA-sensoren geven een 10 tot 15 % hogere meetwaarde dan de oude Didcot anemometers. Beide zijn cup anemometers die een horizontale windsnelheid registreren. De metingen van de cup anemometers werden ook vergeleken met metingen van de sonische anemometer (model SOLENT 1012R2, Gill Instruments, Lymington, UK) die de windsnelheid in drie dimensies bepaalt en de horizontale meetwaarde vectorieel afleidt. Daaruit blijkt dat oude Didcot anemometer de windsnelheid geregistreerd door de sonische anemometer met gemiddeld 8 % onderschat (Figuur 6). Een betere overeenkomst wordt verkregen met de nieuwe Siggelkow Lisa anemometers die licht hogere meetwaarden aangeven bij hogere windsnelheden (Figuur 7).

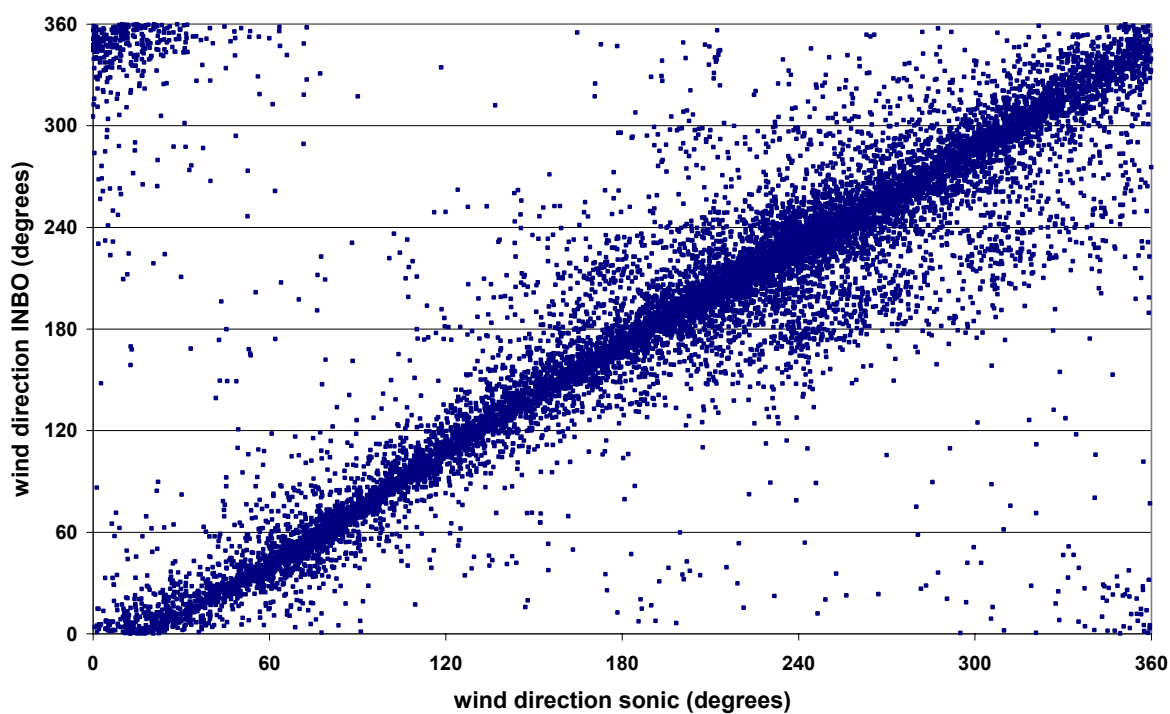
Bij de vergelijking van de sonische anemometer met de Campbell WP200P sensor wordt tevens een grote strooiing waargenomen. Tevens bestaat er een declinatie van 10 °. In 2007 wordt nagegaan in welke mate deze kan verbeterd worden (Figuur 8).



Figuur 6: Vergelijking van windsnelheid gemeten door sonische anemometer en oude Didcot-cup anemometer.

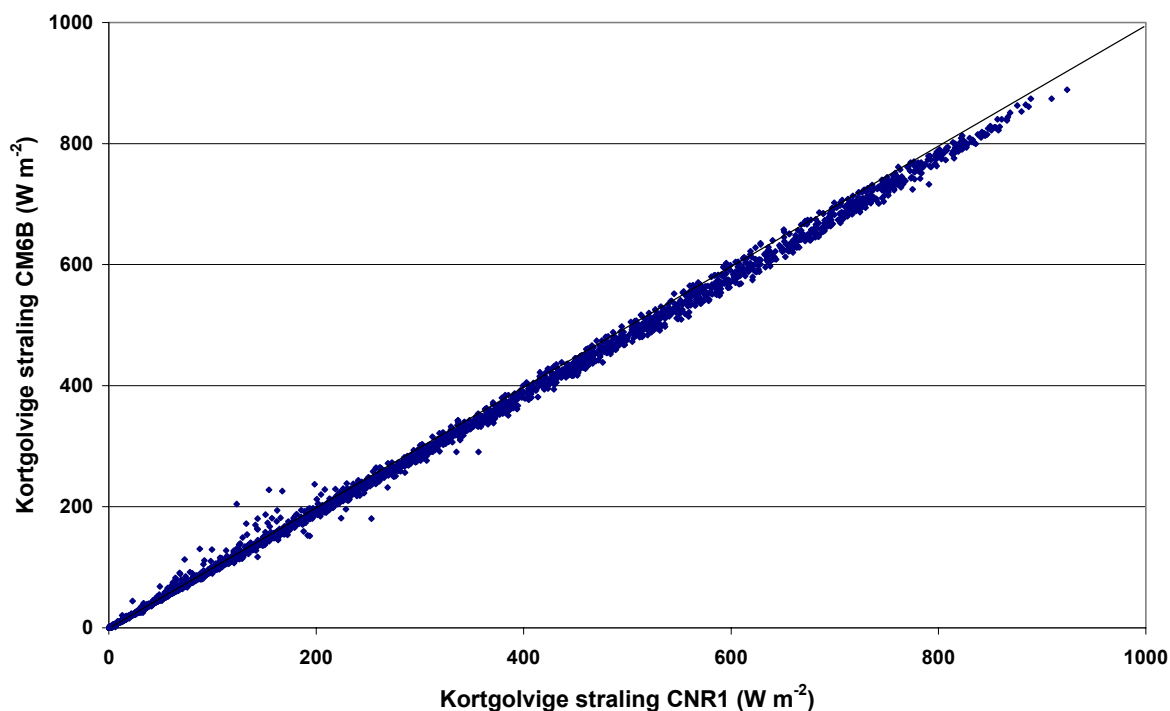


Figuur 7: Vergelijking van windsnelheid gemeten door sonische anemometer en nieuwe Siggelkow cup anemometer.



Figuur 8: Vergelijking van de windrichting gemeten door de sonische anemometer t.o.v. windrichting gemeten door Campbell W200P sensor.

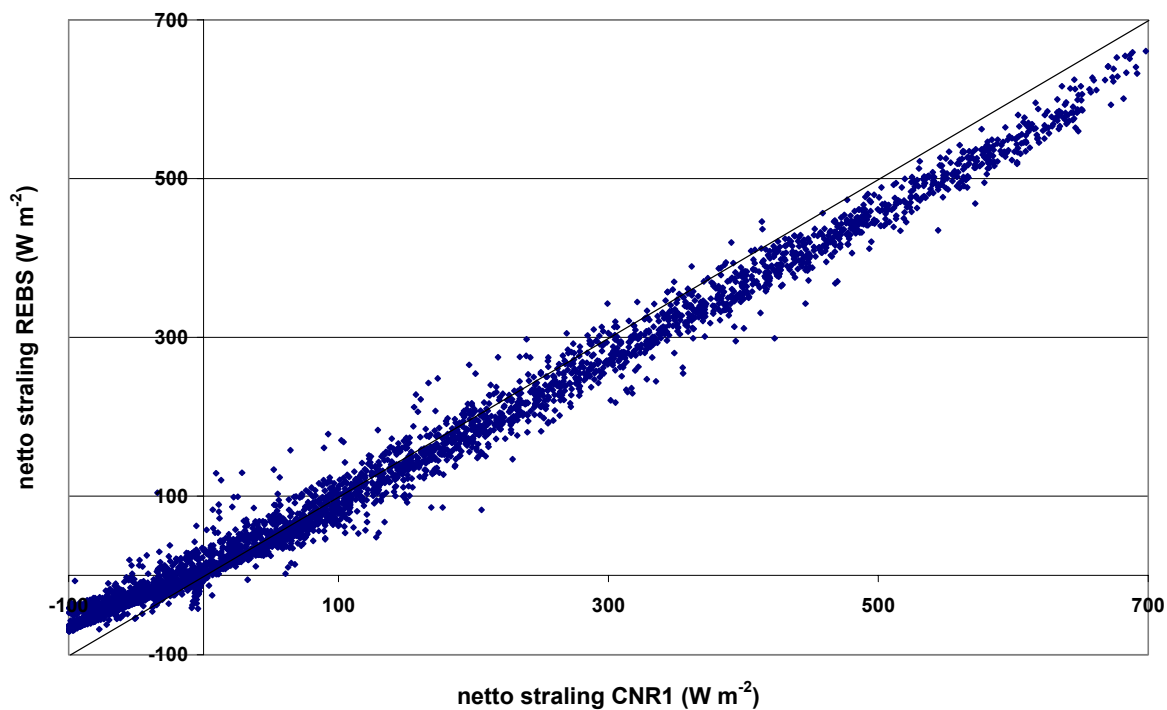
Bij de radiometers wordt een vrij goede overeenkomst gevonden wanneer de metingen van de kortgolvlige straling vergeleken worden (fig. 9). Daarbij zijn de meetwaarden van de oude CM6B Kipp en Zonen solarimeter tot 3% lager t.o.v. de nieuwe CNR1-radiometer, die hetzelfde kortgolvlige meetspectrum beslaat als de oude sensor. De oude sensor zal in de toekomst niet meer geijkt worden en zal enkel nog dienen om hiaten in de database aan te vullen.



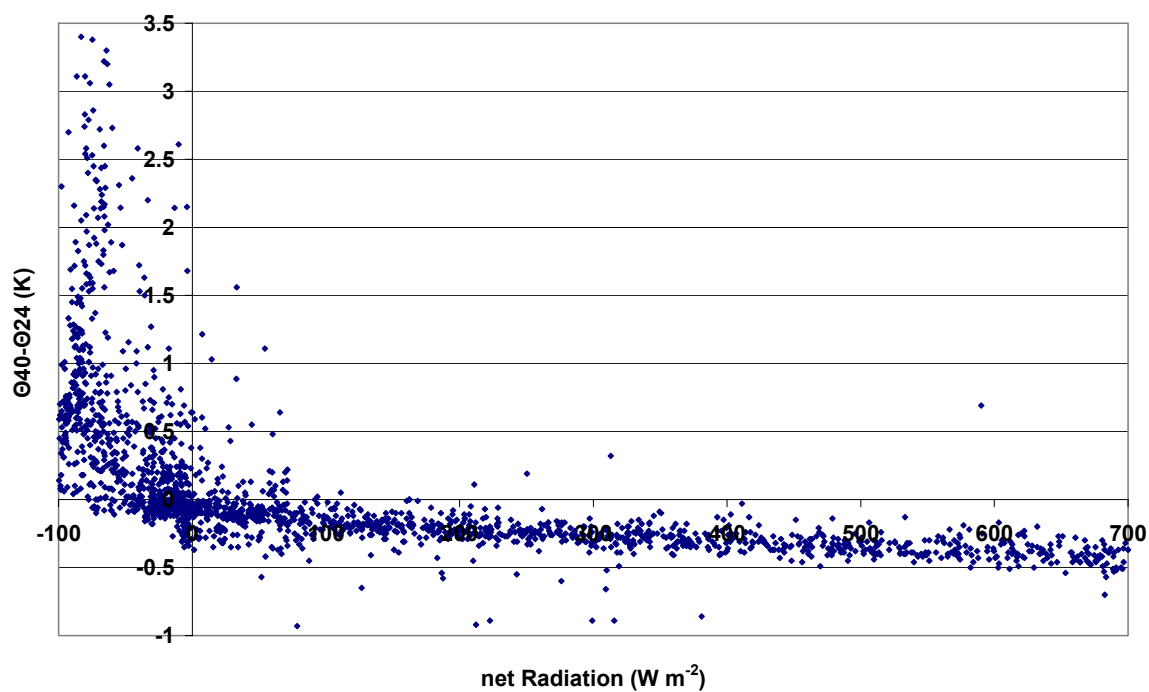
Figuur 9: Vergelijking van de kortgolvlige straling gemeten door CNR1-radiometer met meetwaarde verkregen door oude CM6B pyranometer.

Uit de vergelijking van de netto-straling gemeten door de REBS en deze door de nieuwe radiometer CNR1 blijkt dat de oude REBS sensor 10 % lagere waarden aangeeft (figuur 10). Nochtans scant het oude toestel een breder frequentiespectrum af in vergelijking tot de nieuwere sensor (4000-100 000 nm t.o.v. 5000-42 000 nm voor wat betreft de langgolvlige straling en 250-4000 nm t.o.v. 305-2800 nm voor kortgolvlige straling). Deze laatste leest kortgolvlige en langgolvlige straling (zowel in- als uitgestraald) apart uit. Uit de kennis van de uitgestraalde langgolvlige straling kan de oppervlakte temperatuur bepaald worden. Deze wordt in het meetproefvlak gelijk gesteld aan de kroontemperatuur. Deze kan op warmere dagen tot 5 ° C hoger liggen dan de omgevingstemperatuur.

De temperatuurgradiënten gemeten met de nieuwe Vaisala sensoren zijn duidelijke afhankelijk van de netto-straling (Figuur 11). Positieve temperatuurgradiënten (nachtelijke inversie) treden op bij netto-uitstraling. Overdag worden kleine negatieve gradiënten opgemeten.



Figuur 10: Vergelijking van de totale netto-straling gemeten door CNR1-radiometer met meetwaarde verkregen door oude REBS- NR radiometer.



Figuur 11: Afhankelijkheid van potentiële temperatuurgradiënt van netto-straling.

2.4. Data-acquisitie

Voor de meteo-apparatuur gebeurt de dataverwerking via multikabels (PPDV-2af 16x2x0.5) die de signaalkisten op de toren (24m, 32 m en 40 m) en grondniveau met de datalogging unit beneden verbinden. De multikabels zijn afgeschermd door een buitenmantel waardoor ruis door geïnduceerde elektromagnetische straling in de binnenkern verhinderd wordt. De signaalkabels van de sensoren worden verbonden met contactblokken (phoenic contacten) vastgeklemd op koperen DIN-rails op de aluminium montageplaat in de signaalkast. Aan het andere uiteinde van de contactblokken zijn de aansluitingen van de multikabels voorzien.

De logging unit (buitenkant cabine) bestaat uit:

- CR 1000 datalogger (Campbell, UK) met volgende karakteristieken
 - o Opslagcapaciteit data storage: 2 MB SRAM
 - o Analoge kanalen: 8 differentiële of 16 single-ended inputs: voor meting van voltages tot ± 5 V met resolutie van $0.67 \mu\text{V}$
 - o Bij stroomonderbreking blijft geheugen bewaard
 - o PakBus network communications protocol: mogelijkheid voor routing, short distance networks; is verbonden met CR1000 via RS-232 poort
 - o Differentieel verbonden met 2 multiplexers AM16/32 1 en 2
 - o Verbonden met SMD-SW8A en SDM-INT8
 - o Single ended verbonden met bladnatheid, windrichting en grondwaterdiepte
 - o CR1000 meet differentieel langs 2 kanten en middelt vervolgens uit.
- 2 multiplexers AM16/32 (Campbell, UK): maakt mogelijk om verschillende uitgangssignaal tot 1 signaal te herleiden en later opnieuw apart uit te lezen:
 - o Multiplexer 1: 4-wire aansluiting van bodem T 1 en 2, T CNR1 en temp cabine;
 - o Multiplexer 2: differentiële aansluiting Temp/RH 2, 24 en 40 m, alle stralingsmetingen.
- Eight Channel Interval timer SDM-INT8 (Campbell, UK): aansluiting windsnelheid LISA en Didcot;
- Eight channel switch closure input module SDM-SW8A: aansluiting van doorval 1, 2 en precipitatie ;
- NL 100 network link interface: communicatie met Pakbus: mogelijkheid om datalogger te verbinden met een netwerk.

Een precisieweerstand 100 Ohm is voor alle PT100 sensoren van multiplexer 2 aangebracht zodat bepaling van gradiënten mogelijk is.

De data opgeslaan in de meteodatalogger worden op halfuurlijkse basis geïntegreerd en uitgelezen.

De metingen van de analysers worden op minuutsbasis opgeslaan in een CR10x datalogger (Campbell, UK). De aanduiding van de meethoogte wordt doorgegeven via relais contact met de Siemens PLC.

2.5. Voeding

Op de onderzoekssite is netstroom beschikbaar. Via een 500 m lange kabel (type EVAVB 3x70 + 35 mm²) wordt vanaf de Fortsebaan elektriciteit aangevoerd. Op drie van de zes werkplatformen is netstroom aanwezig via waterdichte opbouwcontactdozen. Hoofdschakelaar (3 fasen van 32 A+ neuter), teller en differentieel (1 A) bevinden zich in een gemetselde cabine aan de Fortsebaan. De zekeringenkast bevindt zich in de meetcabine.

De toren is geaard via twee koperen geleiders die verbonden zijn aan koperen staven die in de grond steken. De geleidingsweerstand bedraagt minder dan 5 ohm. Op dezelfde wijze is de meetcabine en het elektrisch circuit geaard. In totaal zijn er 6 circuits:

- Kast II (luchtstaalname): 20 A
- AIRCO : 32 A
- Ventilator: 16 A
- Stopcontacten: 20 A
- Verlichting: 16 A
- Universiteit Antwerpen (UA) : 10 A

Vóór de circuits, is een differentieel van 300 mA geplaatst. De binnenkomende voedingskabel in de cabine is van een nieuwe bliksembeveiliging voorzien. Bliksembeveiligingstoestelletjes zijn geplaatst op de elektriciteitsleidingen die van de platforms komen, op de verwarmingselementen van de aanzuigleidingen en in de meteo-datalogger.

De sturing (PLC) en de verwarming van de aanzuigleidingen (temperatuurregelaars) wordt geregeld in voedingskast 2. Deze kast waar de aanzuigleidingen tevens aankomen, werd van nieuwe verwarmingselementen voorzien. Er zijn bijkomende Flashtrabs in de voedingskast 2 aangebracht als bliksembeveiliging en extra bescherming tegen overspanning.

In kast 2 worden ook de transfo's voor monitoren ondergebracht. Vanuit de transfo's in voedingskast 2 vertrekt een 7-draadse voedingskabel naar de kast met monitoren waar ze op een rail toekomt met 19 inch stopcontacten. Deze worden voor de stroomvoorziening van de monitoren gebruikt.

De sonische anemometer (circuit UA) werd zo gemonteerd op het hoogste platform dat hij geaard is aan de toren.

Voor de aarding van de sensoren en multikabels werd een extra aardingspin geplaatst. Ook is een extra beveiligingsmantel rond de aardingsdraad aangebracht. Op die manier wordt het circuit van de voeding gescheiden van de signaaloverdracht. Multikabels worden via de interne aardingsdraden (vormen samen bundel met de twee signaaldraden) met de signaal-equipotentiaal verbonden. Hetzelfde geldt voor de buitenmantel met zwachtel. De aansluiting op de signaal-equipotentiaal gebeurt via de aardingsrail achter de montageplaat van de logging unit aan de meetcabine. Voor de sensoren werd een bijkomende aardingsdraad (sectie 16 mm²) vanuit de aardingsklemmen (waaraan shields van sensoren vastgeklemd zijn) in de signaalkasten op de platforms tot beneden getrokken en op het signaalaardingscircuit aangesloten, achteraan de loggingkast.

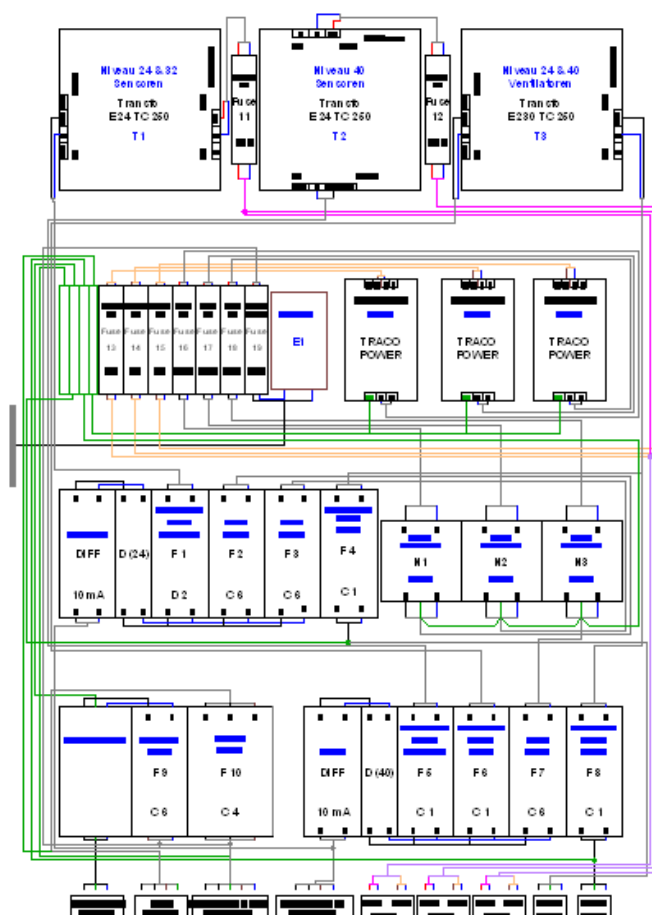
Voor de voeding van sensoren, contacten en bediening lier op de toren werd een voedingskast aan de buitenkant van de cabine geplaatst. Deze is voorzien van twee differentiëlen van 100 mA:

- bediening lier
- voedingtoevoer stopcontacten, sensoren op de meettoren

Vanuit deze voedingskast op grondniveau worden 2 5 x 6 mm² voedingskabels naar boven getrokken. De eerste voorziet stroom voor de stopcontacten, waterringpomp (ammoniakmetingen) en bediening AMANDA en komt achtereenvolgens op 24, 32 en 40 m terecht van waaruit kabels vertrekken voor de stopcontacten of waterringpomp.

De kabel komt eerst aan in de kleine voedingskast van het 24 m platform vanwaar het verder doorloopt naar de grote voedingskast op 32 m en tenslotte eindigt in de kleinere voedingskast op 40m.

De tweede voedingskabel komt rechtstreeks in de voedingskast op 32 m terecht waar het stroom levert voor de voeding of verwarming van de meteosensoren (laagspanning) of de werking van de ventilatoren van de RH/T sensoren (wisselspanning 230 V) aanwezig op het platform van 24 en 40 m. Voor de laatste is nog een scheidingstransfo van 230 V vereist om netvervuiling te verminderen (figuur 12).



Figuur 12: tekening voedingskast 32 m

Binnen de voedingskast op 32 m wordt de hoogspanning omgezet naar laagspanning (12 VDC of 24 VAC) die nodig is voor de verwarming of de werking van de sensoren. De omzetting naar 12 VDC (voor o.a. de windsnelheidsensoren) gebeurt via voor- en nabeveiligde TRACO power transfo's. Bijkomende netwerkfilters worden geplaatst voor de filtering van storende hoge en lage frequenties. De omzetting naar 24 VAC (verwarming Vaisala) grijpt plaats met 2 voor- en nabeveiligde 24 VAC transfo's (niveau 24 en 40 m). De twee 30 mA differentiëlen zorgen ervoor dat bij uitval van de spanning op bv. niveau 40 m, nog op de overige niveaus verder gemeten kan worden, en omgekeerd.

De verkregen laagspanning wordt overgebracht met KVCY 7 x 1.5 mm² kabels naar de signaalkasten. Die worden daar verzekerd om overspanning aan de sensoren te verhinderen.

De 12 VDC laagspanning wordt verdeeld voor de voeding van:

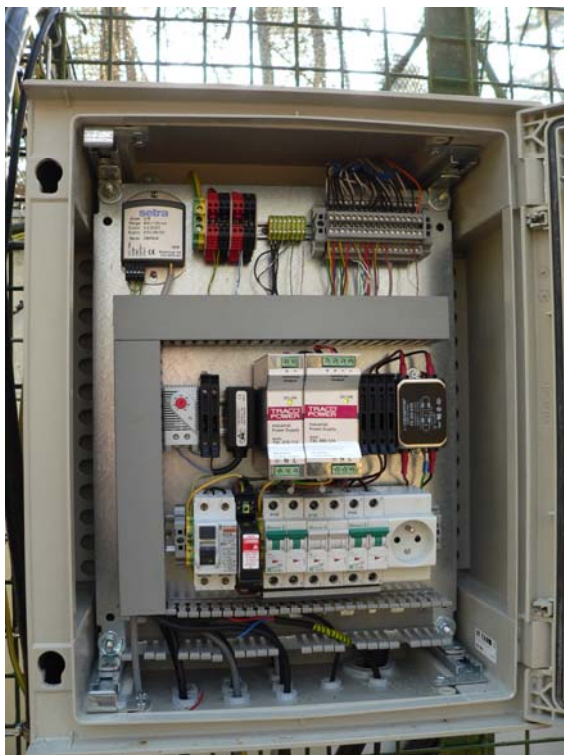
- voeding anemometers LISA
- verwarming CNR1
- voeding windrichting

De 24 VAC laagspanning wordt voorzien voor:

- verwarming Vaisala
- verwarming anemometers LISA
- verwarming pluviometer
-

De signalen van de sensoren op grondniveau komen aan in een kast gemonteerd op de buitenkant van de afsluiting (figuur 13). Hier komt ook laag- en hoogspanning toe voor de werking van de ventilator (230 V) en de voeding van de SETRA barometer (12 VDC) en de Vaisala sensoren (24 VDC).

Overige sensoren worden gevoed via de CR1000 logger (bv bladnatheid, grondwatertafel) en zijn tevens afhankelijk voor het excitation kanaal.



Figuur 13: Locatie signaal- en voedingskast op grondniveau

2.6. Airco

Een nieuwe airco werd geplaatst ter vervanging van de oude Alaska. Het voldoet aan de nieuwe vereiste veiligheids- en technische normen en heeft volgende eigenschappen:

- koelcapaciteit 800 W
- verwarmingscapaciteit: 800 W
- ontvochtigingscapaciteit 1.6 l/u

2.7. Lier en antivalsysteem

- EMCE MC950
- Bedrijfslast: 200 kg
- Plaatsing eindloopschakelaar
- Ingangen voor bediening mogelijk vanaf de platformen

Klimrail: Guide rail vertical GALVA met harnas, helm, antivaltoestel.

3. Metingen monitoren 2006

3.1. Concentratieniveaus 2006

Het verloop van de concentraties is duidelijk seizoensgebonden. Voor SO₂ en NO_x worden de hoogste maandgemiddelden tijdens de winter- en herfstperiode opgetekend (Tabel 3). Dit heeft te maken met de lagere oxidatiecapaciteit van de atmosfeer, de lagere atmosferische menging en de hogere emissies door o.a. gebouwverwarming, elektriciteitscentrales tijdens de winterperiode.

Voor SO₂ liggen de maandgemiddelden van januari t.e.m. april en november boven de jaargemiddelde concentratie van 7.1 µg m⁻³. In november wordt het hoogste maandgemiddelde voor SO₂ (9.3 µg m⁻³) en in februari het hoogste daggemiddelde (37.8 µg m⁻³) gemeten.

Voor NO liggen de maandgemiddelden in januari, februari, november en december boven het jaargemiddelde van 7.8 µg m⁻³ terwijl de maandgemiddelde NO₂ concentraties gedurende het ganse winterhalfjaar boven de jaargemiddelde concentratie van 31.1 µg m⁻³ liggen.

Voor NO wordt het hoogste maandgemiddelde in december (18.5 µg m⁻³) opgetekend. Voor NO₂ is dit het geval in de maand november (39.0 µg m⁻³). De hoogste dagwaarden voor NO en NO₂ (resp. 226.2 en 78.8 µg m⁻³) vallen in december.

De hoogste maandgemiddelden van ozon worden genoteerd in de periode van maart t.e.m. juli. Ozon bereikt haar hoogste maandgemiddelde concentraties in juli (90.0 µg m⁻³). In deze maand loopt de maximale daggemiddelde concentratie op tot 144.0 µg m⁻³. Ook in de maand juni zijn er vele ozonepisodes (maandgemiddelde 78.9 µg m⁻³). In augustus en september, traditioneel

Tabel 3: Maandgemiddelde concentraties in µg m⁻³, berekend uit daggemiddelden. Gearceerde waarden liggen boven jaargemiddelde concentraties.

	Jan	Feb	maa	apr	mei	Jun	Jul	Aug	sep	okt	nov	dec
SO ₂												
Gem	8.4	8.4	7.8	8.9	6.8	6.0	5.8	5.1	5.9	5.5	9.3	6.9
Max	27.1	37.8	27.6	23.9	17.8	20.1	15.5	13.9	19.3	16.4	26.2	27.2
O ₃	Jan	Feb	maa	apr	mei	Jun	Jul	Aug	sep	okt	nov	dec
Gem	20.7	34.7	47.9	60.4	65.1	78.9	90.0	42.7	42.7	28.2	26.9	24.2
Max	46.0	69.3	73.0	90.1	107.7	131.5	144.0	81.9	77.0	52.3	68.1	58.1
NO	Jan	Feb	maa	apr	mei	Jun	Jul	Aug	sep	okt	nov	dec
Gem	17.7	13.6	4.7	3.4	2.8	1.5	1.2	4.4	6.9	7.4	11.5	18.5
Max	100.4	115.3	27.6	18.2	17.7	5.3	4.9	23.1	34.0	32.4	75.1	226.2
NO ₂	Jan	feb	maa	apr	mei	Jun	Jul	Aug	sep	okt	nov	dec
Gem	38.6	34.7	32.8	29.4	26.6	22.7	22.6	26.0	32.5	33.6	39.0	33.8
Max	60.2	76.0	58.5	53.7	49.5	43.6	38.9	44.5	54.0	51.3	67.9	78.8

Meetmaanden met hoge ozonwaarden, liggen de ozonconcentraties echter tot de helft lager. Dit heeft te maken met de minder gunstige weersomstandigheden die tot ozonvorming bijdragen. Zo lagen de temperaturen in deze zomermaanden resp. 70 tot 80 % lager t.o.v. augustus. Ook was de zonne-instraling in augustus en september tot de helft lager dan in augustus.

De hoge maandgemiddelden van SO₂ in de maand november is voor een belangrijk stuk toe te schrijven aan de sterke vertegenwoordiging van W en WZW winden (± 40 - 50 % in de windrichtingfrequentie) tijdens deze meetmaand (Tabel 4). Door de dominantie

van deze windrichting wordt dit pollutant versterkt aangevoerd vanuit de Antwerpse industriezone tot aan de meetsite. Ook voor NO₂ kunnen de hogere NO₂-waarden in deze maand in verband gebracht met sterke Zuidelijke tot Westelijke windstromingen die verontreinigde lucht afkomstig van het omringende verkeer en gebouwen aanvoeren (Tabel 4, Fig. 13). Februari, daarentegen wordt gekenmerkt door SO₂ en NO_x meetconcentraties die relatief laag zijn voor de winterperiode wat te maken heeft met een grotere dominantie van NW- en ONO winden (tabel 4).

Tabel 4: Windrichtingfrequenties (in %) per maand. Overheersende winden (> 10 %) voor iedere maand gearceerd weergegeven.

	jan	feb	maa	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	totaal
N	2%	2%	1%	11%	3%	12%	3%	6%	1%	1%	1%	1%	4%
NNO	4%	1%	3%	7%	1%	13%	5%	2%	1%	0%	0%	2%	3%
NO	13%	5%	5%	2%	1%	9%	8%	1%	2%	1%	0%	3%	4%
ONO	13%	13%	18%	1%	3%	7%	11%	1%	4%	4%	0%	3%	7%
O	11%	9%	6%	1%	2%	3%	5%	1%	6%	5%	0%	9%	5%
OZO	6%	1%	7%	4%	6%	3%	5%	3%	3%	4%	1%	3%	4%
ZO	3%	1%	5%	1%	6%	5%	4%	4%	11%	7%	2%	1%	4%
ZZO	11%	4%	2%	2%	4%	5%	3%	4%	10%	9%	5%	1%	5%
Z	7%	5%	3%	3%	5%	3%	3%	6%	11%	10%	12%	6%	6%
ZZW	5%	6%	4%	4%	8%	1%	4%	7%	11%	12%	21%	15%	8%
ZW	8%	7%	9%	11%	9%	5%	6%	10%	12%	22%	18%	34%	13%
WZW	4%	6%	17%	17%	16%	9%	12%	11%	9%	8%	15%	15%	12%
W	3%	4%	9%	12%	10%	6%	6%	10%	5%	6%	12%	4%	7%
WNW	4%	4%	5%	11%	7%	3%	5%	9%	4%	4%	6%	1%	5%
NW	3%	10%	4%	8%	10%	7%	4%	10%	5%	4%	5%	0%	6%
NNW	1%	2%	1%	7%	7%	9%	3%	11%	3%	3%	2%	1%	4%
Calm*	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
Na**	1%	20%	0%	0%	0%	0%	13%	6%	2%	0%	0%	0%	0%

* calm: windsnelheden < 0.2 m s⁻¹

** na: niet beschikbaar

Het jaar 2006 wordt verder gekenmerkt door een lagere windrichtingfrequentie van O- en ONO winden die traditioneel zorgen voor de aanvoer van ammoniak vanuit regio's met intensieve veehouderij (Neiryneck et al., 2005). Enkel in de maanden januari, februari, maart en juli is deze windrichtingsector overheersend.

Uit verdeling van de daggemiddelde percentielen blijkt dat enkel voor ozon hogere waarden gemeten worden t.o.v. 2004 en 2005 (Neiryneck en Roskams, 2005; 2006). In 2006 wordt de hoogste mediane ozonconcentratie gemeten sinds de aanvang van de metingen in 1995. Het maximale daggemiddelde (144 µg m⁻³) gemeten op 19 juli 2006 is samen met dagmaxima gemeten op 6 en 7 mei 1995 (resp. 139 en 140 µg m⁻³) de hoogste sinds de metingen in 1995 aanvingen.

Voor SO₂ liggen de percentielen lager dan in 2004 en 2005 (Tabel 5). Voor NO_x zijn de 2006 waarden vergelijkbaar met die van 2005.

Tabel 5: Percentielverdeling van de daggemiddelden in $\mu\text{g m}^{-3}$.

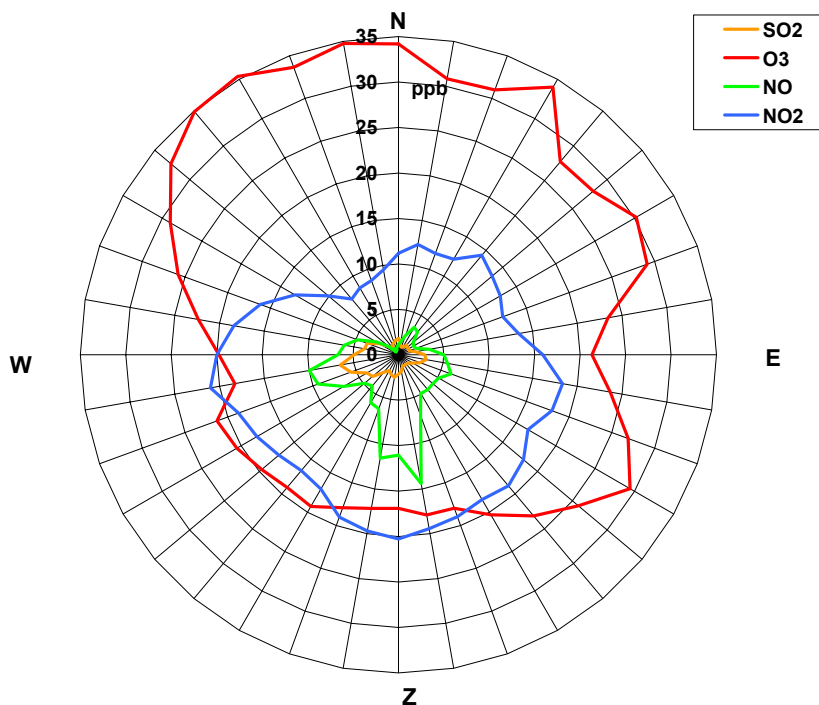
	P10	P30	P50	P60	P70	P80	P90	P95	P98	Max	Gem
SO ₂	1.6	3.7	5.6	6.9	8.7	10.7	13.8	17.8	22.4	37.8	7.1
O ₃	13.5	31.4	45.9	52.1	59.5	68.4	81.9	104.7	116.1	144.0	47.5
NO	0.2	0.8	1.9	3.0	5.3	9.5	18.4	29.0	69.1	226.2	7.8
NO ₂	15.6	23.1	29.9	32.6	37.4	42.3	48.4	53.1	58.4	78.8	31.1

Hetzelfde blijkt uit de percentielverdeling van de halfuurswaarden (Tabel 6). Het jaar 2006 verhoudt zich tot 2004 en 2005 door hogere ozonwaarden. De halfuurlijkse percentielen van SO₂ zijn beduidende lager.

Tabel 6: percentielverdeling van de halfuurswaarden in $\mu\text{g m}^{-3}$.

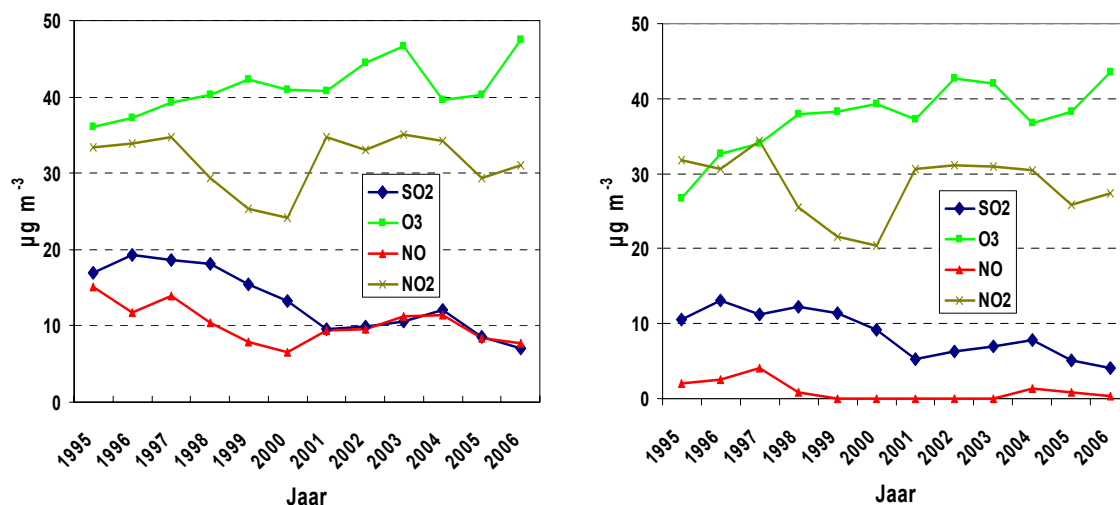
	P10	P30	P50	P60	P70	P80	P90	P95	P98	max	Gem
SO ₂	0.2	1.9	4.1	5.6	7.6	10.9	16.9	23.5	35.4	165.6	7.1
O ₃	3.1	24.1	43.5	52.5	61.9	73.7	90.0	117.3	152.7	259.0	47.4
NO	0.0	0.0	0.3	1.1	2.2	5.8	19.4	39.1	79.9	417.7	7.8
NO ₂	10.3	18.5	27.4	32.7	38.9	46.3	57.2	66.4	76.8	142.7	31.1

De gemeten gasvormige componenten zijn duidelijk onderhevig aan aanvoer uit een specifieke windrichting (Fig. 14). Daarbij is SO₂ afhankelijk van de aanvoer van verontreinigde lucht uit WZW richting (petrochemische nijverheid). De aanvoer van NO_x gebeurt vnl. uit de ZW windsector (verkeer E19-autoweg, verkeer Brasschaat zelf, gebouwenverwarming). Voor NO zijn er pieken in de westelijke als de zuidelijke windsector. Ozon realiseert haar hoogste waarden bij NNW windrichting, wanneer NO verdund is en er bijgevolg minder ozontitratie plaats vindt.



Figuur 14: Pollutierooster van gemeten gasvormige hoofdcomponenten in 2006 (in ppb).

3.2. Trends concentratie 1995-2006

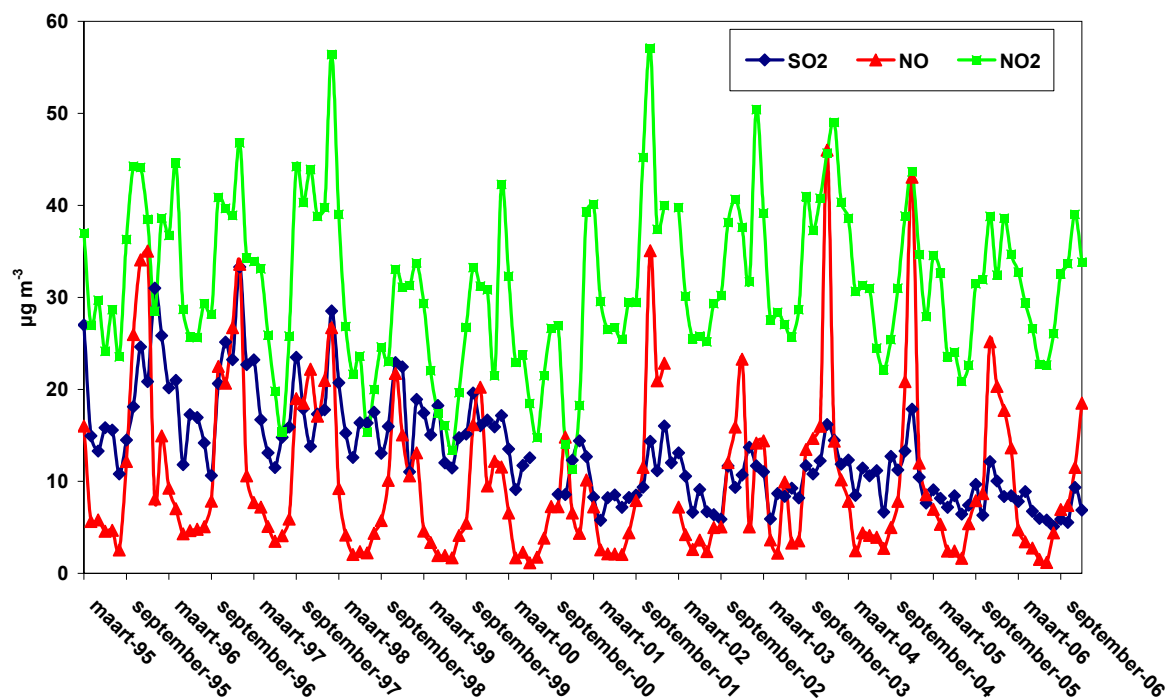


Figuur 15: Verloop van de jaargemiddelde (links) en –mediane concentraties (rechts) van SO₂, NO_x en O₃ tussen 1995 en 2006.

Voor SO₂ wordt zowel voor de jaargemiddelden als medianen een verdere daling vastgesteld, alhoewel de meetconcentraties zich stabiliseerden in de periode 2001-2004. In 2006 wordt de daling verder gezet en bereikt het jaargemiddelde de laagste waarde sinds de aanvang van de metingen (figuur 15). Indien het meetjaar 1996 als referentiejaar wordt genomen, zijn de concentraties meer als gehalveerd. De maandgemiddelden liggen in 2006 systematisch onder 10 $\mu\text{g m}^{-3}$, in tegenstelling tot het begin van de meetreeks waar maandgemiddelden nog 30 $\mu\text{g m}^{-3}$ konden overschrijden (figuur 16).

Voor ozon is de stijging van de gemiddelden en medianen uitgesproken maar de curve vertoont een knik; de concentraties blijven in 2004-2005 ondermeer door het minder gunstige weer beperkt tot dezelfde concentraties als gemeten in de periode 1998-2001. In 2006 wordt het hoogste jaargemiddelde gemeten sinds de aanvang van de metingen. Dit is te wijten aan de hoge achtergrondconcentraties en de talrijke ozonpieken in juni en juli. In de jaren 2002, 2003 en 2006 overschrijden de jaargemiddelden telkens 45 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Voor NO en NO₂ is de trend tot 2001 dalend. Later grijpt een herstel plaats die in 2005 terug omgebogen wordt. Het NO_x-regime in 2006 sluit sterk aan met dat van 2005. Het verloop van de maandgemiddelde concentraties brengt geen definitief uitsluitsel over een mogelijke trend in NO_x (figuur 16).



Figuur 16: Verloop van de maandgemiddelde SO₂ en NO_x concentraties over de periode 1995-2006.

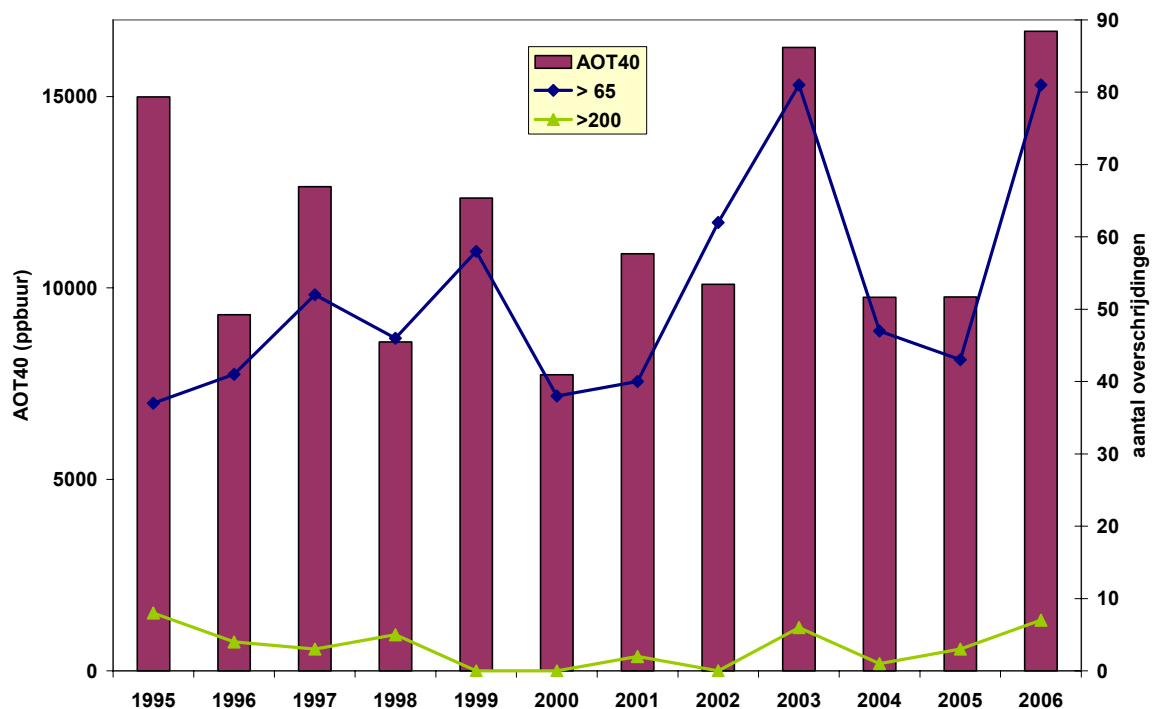
3.3. Kritische normen

Voor SO₂ blijven de daggemiddelde en jaargemiddelde concentraties net als in de voorgaande jaren ruimschoots onder de norm zowel acute als chronische effecten (resp. 70 en 20 µg m⁻³). Voor stikstofoxiden wordt het 4-uurgemiddelde van 95 µg NO_x m⁻³ 91 maal overschreden in 2006. Het kritische niveau voor langdurige blootstelling (30 µg m⁻³) wordt met een jaargemiddelde NO_x concentratie van 43 µg m⁻³ nog altijd ruim overschreden (zie tabel 10).

Tabel 10: Toetsing van kritische waarden voor kortstondige (aantal overschrijdingen) en langdurige blootstelling van NO_x (in NO₂ eq) over de periode 1996 tot 2006.

Jaar	NO _x	
	Acuut (overschrijdingen)	Chronisch (> 30 µg m ⁻³)
1996	121	51.8
1997	124	56.2
1998	116	45.4
1999	95	37.2
2000	70	30.7
2001	110	49.1
2002	140	47.7
2003	105	52.4
2004	93	51.8
2005	99	42.2
2006	91	43.1

Voor ozon wordt de kritische AOT40-index voor langdurige blootstelling van 10000 ppbuur met een AOT40-waarde van 16704 ppbuur ruimschoots overschreden. Dergelijke extreme overschrijdingen (> 15000 ppbuur) grepen slechts in 1995, 2003 en 2006 plaats (figuur 17). Sinds 1995 werd de AOT40-index van 10000 ppbuur 7 maal overschreden (1995, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003 en 2006). Het aantal overschrijdingen van de drempelwaarden voor bescherming van vegetatie (ozone directive 92/97/EEC) betreft 7 en 81 voor resp. de uurlijkse ($200 \mu\text{g m}^{-3}$) en dagnorm ($65 \mu\text{g m}^{-3}$). De dagnorm werd in 2006 evenveel overschreden als in 2003. In 2006 bleven deze overschrijdingen beperkt tot in de maand juli. De overschrijding van de $65 \mu\text{g m}^{-3}$ dagnorm vertoont een duidelijk stijgende tendens, ook al wordt de trend beïnvloed door meteorologische verschillen tussen de meetjaren.



Figuur 17: Jaarlijks verloop van de AOT40-index, aantal dagen met overschrijdingen van de uurgemiddelde ozonconcentraties boven EU-drempelwaarde $200 \mu\text{g m}^{-3}$ en daggemiddelde ozonwaarden.

4. Besluiten

De afgelopen jaren werd veel tijd geïnvesteerd in de herinrichting van de meettoren. Een belangrijk facet daarbij is de vernieuwing van de meteo-apparatuur. Naast vervanging van de oude sensoren werd de meettoren ook voorzien van een nieuwe signaal- en voedingsbekabeling. Oude dataloggers en multiplexers werden vervangen en aangevuld met andere hardware teneinde de ruis op de metingen verder te verminderen. De herinrichting laat ons toe om de nieuwe meteometingen met metingen van KMI-weerstations te vergelijken die met dezelfde sensoren uitgerust zijn en volgens hetzelfde meetprincipe meten. Een vergelijkende studie tussen oude meetsensoren en nieuwe sensoren werd uitgevoerd om inconsistenties in de meetreeks weg te werken.

Om het meetstation verder draaiende te houden, werd ook het besturing- en het aanzuigsysteem met bijhorende membraanpompen vernieuwd. De lier werd vervangen en de aanpassingen aan de meettoren zelf (verhoging stootplinten, verbeterde toegankelijkheid ladder, klimbeveiliging, behandeling bouten tegen corrosie, dichten bovenste openingen stijlen) werden doorgevoerd teneinde de veiligheid van het personeel te garanderen.

Het meetjaar 2006 werd gekenmerkt door hoge meetconcentraties van ozon in de maand juli. Een maandgemiddelde ozonconcentratie van $90 \mu\text{g m}^{-3}$ werd voorheen nooit opgetekend. De weersomstandigheden in de daaropvolgende maanden waren minder gunstig voor ozonvorming (lagere temperaturen en zonne-instraling) waardoor de meetwaarden ongeveer halveerden. Net als in 1995 en 2003 werden hoge AOT40 indexen opgemeten, meer dan 15000 ppbuur.

Voor zwaveldioxide blijft de daling zich voortzetten. In het meetjaar 2006 werd het laagste jaargemiddelde sinds de aanvang van de metingen opgetekend. De aanvoer van zwaveldioxide vanuit de westelijke sector (petrochemische nijverheid linkeroever) blijft het pollutieklimaat te Brasschaat echter nog altijd sterk beïnvloeden. Concentraties van NO_x bleven gedurende de ganse meetperiode onveranderd. Kritieke niveaus voor acute en chronische blootstelling van vegetatie aan stikstofoxiden worden nog altijd ruim overschreden.

5. Dankwoord

Wij danken Eddy Smesman en Luc de Geest werkzaam aan het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (IBW) voor hun assistentie bij het verzamelen van gegevens en het onderhoud van het meetstation. Data van de sonische anemometer worden aangeleverd door het UIA die sinds 1996 instaan voor het beheer van het instrument, waarvoor dank.

Boswachter Marc Schuermans zorgt al jaren voor het toezicht ter plaatse. Hij is altijd beschikbaar indien er onverwachte problemen opduiken. We zijn hem daarvoor uitermate dankbaar.

De VMM assisteert ons op tweemaandelijks basis bij de ijking van onze monitoren. Hun medewerking heeft bijgedragen tot een kwalitatief hoge dataset.

Wij zijn Filip Coopman en Nicole De Groof erkentelijk voor het verzorgen van de lay-out en het afhandelen van de druk van dit rapport.

6. Referenties

Neiryck, J., Roskams, P., 2001. Meetstation voor luchtverontreiniging Brasschaat. Jaarverslag 2000. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.

Neiryck, J., Roskams, P., 2005. Meetstation voor luchtverontreiniging Brasschaat. Jaarverslag 2004. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.

Neiryck, J., Roskams, P., 2006. Meetstation voor luchtverontreiniging Brasschaat. Jaarverslag 2005. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.

Neiryck, J., Kowalski, A., Carrara, A., Ceulemans, R., 2005. Driving forces for ammonia fluxes over mixed forest subjected to high deposition loads. Atmospheric Environment 39, 5013-5024.