



Trendanalyse verzuring in Vlaanderen

E. Deschepper, K. Wuyts, J. Staelens, K. Verheyen, O. Thas & J.P. Ottoy

Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij

Eindrapport 2008

Vakgroep Toegepaste Wiskunde,
Biometrie en Procesregeling (BIOSTAT),
UGent
Dr. lic. Ellen Deschepper
Prof. dr. ir. Olivier Thas
Prof. dr. ir. Jean Pierre. Ottoy

Vakgroep Bos- en Waterbeheer
Laboratorium voor Bosbouw,
UGent
ir. Karen Wuyts
Dr. ir. Jeroen Staelens
Prof. dr. ir. Kris Verheyen

Wijze van refereren:

Deschepper, E., Wuyts, K., Staelens, J., Verheyen, K., Thas, O., Ottoy, J.P. 2008. Trendanalyse verzuring in Vlaanderen. Studie in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Eindrapport, Universiteit Gent.

Inhoud

1.	Inleiding en probleemstelling	1
2.	Methodologie en dataspecificatie	2
2.1.	Definitie van totaal verzurende depositie (Staelens et al. 2007)	2
2.2.	Het Vlaamse depositiemeetnet verzuring en de gebruikte data.....	3
2.3.	Statistische analysemethodes.....	5
2.3.1.	Parametrische regressiemethoden: gewogen lineaire regressie.....	5
2.3.2.	Niet-parametrische regressiemethoden	6
2.3.3.	Software	8
3.	Lot 1: Trendanalyse meetnet verzuring per meetplaats	9
3.1.	Semi-parametrische modellen.....	9
3.1.1.	Additiviteit	9
3.1.2.	Autocorrelatie	10
3.1.3.	Overzicht resultaten meetplaats Wingene.....	12
3.2.	Referentiebanden.....	26
3.3.	Langetermijnvoorspellingen	40
4.	Lot 2: Trendanalyse OPS	42
4.1.	Individuele meetplaatsen.....	43
4.1.1.	Resultaten OPS-modeldata.....	44
4.1.2.	Vergelijking resultaten OPS-modeldata en meetnetdata.....	47
4.2.	Vlaanderen	51
4.3.	Lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden	54
5.	Lot 3: Trendanalyse 'Vlaams gemiddelde meting'	58
6.	Conclusies	65
7.	Referenties	67
8.	Appendices	68
9.	139
10.	139

1. Inleiding en probleemstelling

Het depositiemeetnet verzuring van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) werd in de loop van 2001 opgestart in het kader van actie 23 van het MINA-plan 2. Het meetnet omvat tien meetplaatsen die voldoen aan de meeste criteria uit de ISO 5667-8 norm om als regionale site te kunnen beschouwd worden. De meetplaatsen werden ingericht met semi-automatische meettoestellen voor natte depositie (via regen, sneeuw en hagel) en droge depositie (in gasvorm). De gegenereerde data bestaan uit de maandelijks tot tweewekelijkse concentraties en depositiefluxen, namelijk regenwaterconcentraties van ammonium (NH_4^+), nitraat (NO_3^-) en sulfaat (SO_4^{2-}), luchtconcentraties van ammoniak (NH_3), stikstofdioxide (NO_2) en zwaveldioxide (SO_2), en natte, droge en totale (natte + droge) depositie van NH_x , NO_y en SO_x en totale verzurende depositie van stikstof en zwavel (N+S) voor vier vegetatietypes.

Aanvullend hanteert de VMM modelberekeningen d.m.v. het atmosferisch verspreidingsmodel OPS (het Operationele Prioritaire Stoffen model). Het model genereert op basis van emissie-, meteo- en receptorgegevens de luchtconcentraties en depositiefluxen van de verzurende (deel)polluenten SO_x , NO_y en NH_x voor heel Vlaanderen, met een geografische resolutie van o.a. 1 km x 1 km. De modeldata zijn beschikbaar voor de jaren 1990 en 1996-2006.

Ondanks de relatief korte meetperiode is het, in functie van het beleid inzake verzuring in Vlaanderen, toch noodzakelijk om een beeld te krijgen van de tijdstendensen in de beschikbare data. Met deze studie onderzoeken we het voorkomen, de sterkte, het functioneel verband en de nauwkeurigheid van een dalende of stijgende trend in de concentraties en depositiefluxen van de bovenvermelde verzurende polluenten. Deze trendanalyse laat ook toe de nieuwe observaties in de toekomst volgens de vooropgestelde trend en onder voorbehoud van onvoorziene wijzigingen te voorspellen. De trendanalyse wordt uitgevoerd zowel op de data van het depositiemeetnet verzuring als op de modeldata gegenereerd door OPS.

In het eerste deel van dit rapport worden de trends in de meetdata van NH_3 , NO_2 en SO_2 luchtconcentraties en droge, natte en totale depositie van NH_x , NO_y en SO_x alsook de potentieel verzurende depositie voor de meetstations van het depositiemeetnet afzonderlijk beschouwd.

Vervolgens wordt in het tweede deel van deze studie een trendanalyse uitgevoerd op de door het OPS-model gegenereerde jaarlijkse luchtconcentraties en de droge, natte en totale depositiefluxen op de locatie van de meetpunten van het meetnet. Hierbij wordt onderzocht of de tijdstrends in de OPS-modeldata overeenkomen met de tijdstrends in de meetdata van het meetnet. Bovendien worden tijdstrends in OPS-modeldata gekwantificeerd voor twee andere ruimtelijke niveaus. Het eerste niveau betreft dat van Vlaanderen en wordt uitgevoerd op basis van alle 13 756 kilometerhokken. Het tweede niveau is dat van de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden in Vlaanderen', i.e. de populatie waarvoor het meetnet representatief zou kunnen zijn, en wordt uitgevoerd op basis van de kilometerhokken geselecteerd d.m.v. GIS-analyse.

In het laatste deel van deze studie wordt nagegaan of een gezamenlijke trend in gemeten luchtconcentraties en depositiefluxen kan worden afgelijnd (i) over alle meetplaatsen van het meetnet heen en (ii) voor een eventuele subpopulatie van meetplaatsen geselecteerd binnen de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden'.

2. Methodologie en dataspecificatie

2.1. Definitie van totaal verzurende depositie (Staelens et al. 2007)

De depositie van potentieel verzurende componenten ($TD(Ac)_{pot}$) kan in eerste instantie gedefinieerd worden als de totale atmosferische aanvoer van stikstof (N) en zwavel (S) (UBA 2004):

$$TD(Ac)_{pot} = TD(S) + TD(N) = TD(SO_x) + TD(NO_y) + TD(NH_x) \quad (1)$$

met SO_x geoxideerde zwavel (SO_2 en SO_4^{2-})
 NO_y geoxideerde stikstof (NO_x (= NO + NO_2), NO_3^- , HNO_3 , ...)
 NH_x gereduceerde stikstof (NH_3 en NH_4^+)

De term 'potentieel' slaat hierbij op het feit dat gereduceerde N-componenten (NH_x) pas verzurend werken in de bodem na microbiële transformatie (nitrificatie), waarbij nitraat en één of twee protonen worden vrijgesteld, vertrekkend van respectievelijk NH_3 of NH_4^+ . Deze protonen kunnen basische kationen verdringen van het uitwisselingscomplex, die dan kunnen uitspoelen onder de wortelzone met het mobiele nitraat als balancerende anion.

Als op het niveau van een individuele locatie de H^+ -depositie apart bepaald wordt, dient de aanvoer van NH_4^+ (max. 2 equivalenten H^+ per mol) onderscheiden te worden van de aanvoer van NH_3 (max. 1 eq H^+ per mol). Hetzelfde geldt voor SO_2 (2 eq H^+ per mol) en SO_4^{2-} (0 eq H^+ per mol). Op regionale schaal kan dit onderscheid verwaarloosd worden, aangezien de emissie en depositie van 1 mol SO_2 en 2 mol NH_3 dezelfde potentieel verzurende depositie opleveren als de depositie van 1 mol van hun reactieproduct $(NH_4)_2SO_4$, nl. 4 eq. In het vervolg wordt dus aangenomen dat 1 mol SO_x 2 mol H^+ vormt, en dat 1 mol NO_y en NH_x elk 1 mol H^+ vormen (UBA 2004).

In een meer volledige definitie van potentieel verzurende depositie wordt de depositie van de anionen van de sterke zuren en van ammonium gecorrigeerd voor het neutraliserende effect van de zogenaamde basische kationen (UBA 2004):

$$TD(Ac)_{pot} = TD(S) + TD(N) + TD(Cl^-) - TD(BC) \quad (2)$$

met Cl chloride
 BC zogenaamde basische kationen ($Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$)

Bij de rapportering van het depositiemeetnet verzuring wordt tot op heden enkel rekening gehouden met de aanvoer van potentieel verzurende componenten (definitie 1), die uitgedrukt wordt in mol H^+ of potentiële zuurequivalenten (zeq) (VMM 2002). De trendanalyse van de meetdata verzuring gebeurt in de huidige studie daarom op basis van definitie 1. Dit betekent dat voornamelijk aandacht wordt besteed aan de beschikbare gegevens voor N en S, en minder aan de gegevens voor de overige elementen.

De depositie van verzurende componenten gebeurt op verschillende manieren. De totale atmosferische depositie (TD) van een element X is immers gelijk aan de som van de aanvoer via natte, droge en occulte depositie:

$$TD(X) = ND(X) + DD(X) + OD(X) \quad (3)$$

met ND natte depositie (aanvoer via regen, hagel, sneeuw)
 DD droge depositie (afzetting van gas en aerosolen tijdens droge periodes)
 OD occulte depositie (aanvoer via mist, dauw, laaghangende wolken)

Bovendien worden zowel N als S onder verschillende chemische vormen aangevoerd:

$$TD(SO_x) = ND(SO_4^{2-}) + DD(SO_2) + DD(SO_4^{2-}) + OD(SO_4^{2-}) \quad (4)$$

$$TD(NO_y) = ND(NO_2^-) + ND(NO_3^-) + DD(NO_x) + DD(HNO_3) + DD(NO_3^-) + OD(NO_2^-) + OD(NO_3^-) \quad (5)$$

$$TD(NH_x) = ND(NH_4^+) + DD(NH_3) + DD(NH_4^+) + OD(NH_4^+) \quad (6)$$

zodat de totale potentieel verzurende depositie van N en S uit de volgende componenten bestaat:

$$TD(Ac)_{pot} = ND(SO_4^{2-}) + ND(NO_2^-) + ND(NO_3^-) + ND(NH_4^+) + DD(SO_2) + DD(SO_4^{2-}) + DD(NO_x) + DD(HNO_3) + DD(NO_3^-) + DD(NH_3) + DD(NH_4^+) + OD(SO_4^{2-}) + OD(NO_2^-) + OD(NO_3^-) + OD(NH_4^+) \quad (7)$$

2.2. Het Vlaamse depositiemeetnet verzuring en de gebruikte data

Het depositiemeetnet verzuring van de VMM bestaat uit tien meetpunten verspreid over Vlaanderen waar natte en droge verzurende depositie van SO_x , NO_y en NH_x worden bepaald. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de meetplaatsen in het meetnet (met bijhorende afkorting) en de begin- en einddatum van de nattedepositiemeting. De ligging van de meetplaatsen wordt verder geïllustreerd in Fig. 5.1.

Begin 2004 brandde in Mol een schuur af waardoor geen elektriciteit meer beschikbaar was en de metingen niet verder konden plaatsvinden (VMM 2005). Vanaf juni 2005 werden de nattedepositiemetingen van meetplaats Mol verder gezet op een nabijgelegen (9.7 km) plaats in Retie. Natte depositie werd tot en met 08/01/2008 steeds op wekelijkse basis bepaald.

Tabel 2.1: Meetplaatsen in het depositiemeetnet verzuring (met afkorting) en de begin- en einddatum van de nattedepositiemeting

Meetplaats	Afkorting	Toestelcode	Begindatum	Einddatum
Bonheiden	BON	30BO1	22/01/2002	08/01/2008
Borgerhout	BOR	30R801	30/01/2001	26/12/2006
Gent	GEN	30GN06	28/08/2001	08/01/2008
Kapellen	KAP	30KP01	01/01/2002	08/01/2008
Koksijde	KOK	30KK01	28/08/2001	08/01/2008
Maasmechelen	MAA	30MA02	04/09/2001	08/01/2008
Mol	MOL	30MO01	16/10/2001	03/02/2004
Retie	RET	30RT01	05/07/2005	08/01/2008
Tielt-Winge	TIE	30TE01	18/09/2001	08/01/2008
Wingene	WIN	30WN01	24/04/2001	08/01/2008
Zwevegem	ZWE	30ZW01	11/09/2001	08/01/2008

Droge verzurende depositie wordt bepaald op dezelfde tien locaties en dit sinds 01/06/2001. Omwille van budgettaire redenen werd het meetnet droge depositie tijdelijk stopgezet in 2004. Vanaf begin januari 2005 werd droge depositie opgemeten in Retie ter vervanging van de meetplaats in Mol. Vanaf 2001 tot en met 2003 werden luchtconcentraties en de hieruit berekende

droge depositiefluxen bepaald op basis van een meetduur van vier weken. Vanaf 2005 werd de meetduur teruggebracht tot twee weken. De gebruikte datareeks van droge depositie loopt tot 09/01/2008.

De trendanalyse van de meetdata verzuring wordt uitgevoerd op luchtconcentraties, natte, droge en totale depositie van NH_x , NO_y en SO_x van alle meetplaatsen behalve Borgerhout. In de meeste meetplaatsen werd gestart met de metingen tussen eind augustus en half oktober 2001, met uitzondering van de meetplaats Wingene waar de metingen van start gingen eind april van dat jaar. Omwille van het beperkt aantal metingen, werd het jaar 2001 niet meegenomen in de trendanalyse op jaarbasis. Een eenvoudige herschaling naar jaardepositiefluxen op basis van de beschikbare meetdagen op basis van het aantal gemeten dagen, levert een te grote fout aangezien de periode van bemonstering geen volledige jaarrond seizoensschommeling integreert (zowel voor SO_x als voor NH_x bestaat een sterke seizoenaliteit).

De data van de nabijgelegen meetplaatsen Retie en Mol werden aangewend als komende van dezelfde meetplaats. De meetperiode in 2004 te Mol is te kort om te gebruiken voor de bepaling van jaartotalen. Omdat de meetperiode in 2005 zowel zomer- als winteromstandigheden omvat, werd ervoor gekozen de nattedepositiedata van 05/07/05 - 27/12/2005 op te schalen naar een jaardepositie voor 2005. Ter controle werd voor de andere meetplaatsen voor dezelfde periode een opschaling naar een jaartotaal uitgevoerd. Aangezien de verschillen tussen de opgeschaalde en de werkelijke jaartotalen slechts tussen de +7 en -16 % bedroegen t.o.v. de werkelijke jaartotalen, werd de opschaling voor Retie van meetdata in 2005 naar een jaartotaal als aanvaardbaar beschouwd. Voor de trendanalyses op basis van maandelijkse en tweewekelijkse gegevens, werden alle beschikbare metingen gebruikt. De depositiesnelheden zoals herrekend door Staelens et al. (2007) werden toegepast voor de berekening van de droge depositie op de vier beschouwde vegetatietypes.

De trendanalyses van luchtconcentraties en droge depositiefluxen zijn gebaseerd op tweewekelijkse data, waardoor twee herschalingen zich opdringen. Een eerste herschaling betreft het omzetten van de vierwekelijkse data in de periode 2001-2003 naar tweewekelijkse data. Hiervoor zijn twee opties voorhanden: (i) de luchtconcentraties gedurende de meetduur van vier weken gelden als concentraties voor de twee opeenvolgende periodes van twee weken en de droge depositieflux in beide opeenvolgende periodes van twee weken wordt gelijk gesteld aan de helft van de droge depositiefluxen gedurende de meetduur van vier weken, of (ii) de luchtconcentraties of de helft van de depositiefluxen gedurende de meetduur van vier weken worden toegepast als concentratie of depositieflux gedurende twee weken, terwijl de resterende twee weken als 'missing value' worden beschouwd. De eerste optie heeft tot gevolg dat in de trendanalyse de vierwekelijkse concentraties of depositiefluxen in de periode 2001-2003 een twee maal groter gewicht krijgen dan de tweewekelijkse concentraties of depositiefluxen in de periode 2005-2006. De werkelijke variabiliteit wordt in de eerste meetperiode onderschat door de identieke paren gedurende een meetperiode van vier weken. De tweede optie heeft als gevolg dat er meer datapunten voorhanden zijn voor de eerste twee weken van een maand dan voor de laatste twee weken van een maand in de schatting van de seizoenale trend in de luchtconcentraties en depositiefluxen. In navolging van het voorgaande project (Staelens et al. 2007) werd gekozen voor de tweede optie.

Een meetjaar omvat 26 tweewekelijkse meetweken. In de loop der jaren wordt af en toe een correctiejaar ingevoerd dat 27 in plaats van 26 tweewekelijkse meetperioden telt. Sinds de start van het depositiemeetnet is meetjaar 2007 het eerste correctiejaar. De 27 meetperioden worden herschaald naar 26 meetperioden waarbij elke meetperiode uit 27/26 meetperioden bestaat.

Voor de NH_3 -luchtconcentraties werd een bijkomende temperatuurscorrectie, die in het meetnet slechts toegepast wordt sinds 2005, uitgevoerd voor de voorgaande periode 2001-2003 zoals vermeld in Staelens et al. (2007). De temperatuurscorrectie leidde tot 10 % hogere jaargemiddelde

NH₃-concentraties voor de jaren 2001-2003 dan die gerapporteerd door VMM (2002, 2003, 2004) (Staelens et al. 2007).

De jaarlijkse data voor natte depositie toegepast in de huidige studie zijn identiek aan die gerapporteerd door VMM. De jaarlijkse data voor droge depositie zijn berekend van begin januari tot eind december. Ze verschillen licht van de data in de VMM-databanken omdat de jaarlijkse droge depositiewaarden dan worden berekend vanaf de derde week van het jaar t.e.m. de tweede week van het volgende jaar.

2.3. Statistische analysemethoden

In huidig project worden analysemethoden voorgesteld voor het detecteren van eventuele langetermijntrends voor het meetnet verzuring. Beleidsdoelstellingen worden veelal op jaarbasis uitgedrukt. In eerste instantie werd dus gestart met het opstellen van methoden voor jaardepositiefluxen. Het samenvoegen van tweewekelijkse data tot jaarlijkse data leidt tot een groot verlies aan informatie voor een statistische verwerking. Eerst en vooral kunnen slechts een beperkt aantal jaarlijkse observaties opgenomen worden in de analyses. Bovendien zijn de samenvattende jaarlijkse waarden aan grotere onzekerheden onderhevig dan de tweewekelijkse meetwaarden. Ten slotte kunnen langetermijntrends die zich bijvoorbeeld enkel in de zomerperiode en niet in de winterperiode voordoen niet meer gedetecteerd worden op basis van samenvattende jaarlijkse waarden.

Niet-parametrische methoden zijn ondertussen alom vertegenwoordigd in het analyseren van milieugerelateerde data. Enkele zeer recente voorbeelden zijn Ingersoll et al. (2008), waarbij concentraties en chemische depositiefluxen in sneeuw bestudeerd worden op basis van *Seasonal Kendall-testen* voor het detecteren van langetermijntrends, en Ferguson et al. (2008), die additieve en semi-parametrische modellen gebruiken voor het beschrijven van klimatologische wijzigingen. Zowel parametrische en niet-parametrische methoden worden hieronder meer gedetailleerd besproken, samen met hun toepasbaarheid binnen een trendanalyse voor het meetnet verzuring.

2.3.1. Parametrische regressiemethoden: gewogen lineaire regressie

Parametrische methoden, zoals een lineaire regressie, zijn populaire statistische methoden dankzij hun eenvoud in berekeningen en interpretatie. Helaas zijn ze onderworpen aan strenge veronderstellingen, zoals onderliggende normale verdelingen, gelijke varianties en lineariteit van de variabele onder studie. Voor milieugerelateerde data, zoals de concentraties en depositiefluxen voor het meetnet verzuring, is aan deze veronderstellingen dikwijls niet voldaan. Concentraties en depositiefluxen zijn typisch niet symmetrisch verdeeld, maar vertonen vaak extreme waarden. Op basis van de methodologie ontwikkeld in Staelens et al. (2007) werd in deze studie de onzekerheid op de jaarlijkse depositie berekend voor alle beschikbare meetjaren. Er werden duidelijke verschillen gevonden in varianties (onzekerheid) tussen de verschillende meetjaren. Indien lineaire regressies toegepast worden voor dit meetnet, zullen deze verschillen in variantie opgevangen moeten worden door het gebruik van gewogen lineaire regressie. Meer specifiek wordt dan meer "belang" gehecht aan jaardepositiefluxen met kleine "onzekerheden" dan aan jaardepositiefluxen die minder nauwkeurig konden bepaald worden. Hoe dan ook zal de berekende regressierechte sterk beïnvloed worden door extreme waarden, in het bijzonder wanneer deze in het begin of op het einde van de meetperiode voorkomen.

Ten slotte geldt ook nog de veronderstelling van lineariteit. Een lineaire relatie van de eerste orde (een rechte) tussen de depositie en de tijd betekent dat er verondersteld wordt dat zich jaar na jaar dezelfde trend voordoet. Meer bepaald zal er zich dus over de volledige meetperiode steeds ofwel een toename, afname of stagnatie moeten voordoen. Bovendien moet deze toe- of afname ook jaar na jaar even groot zijn. Uit de dataverkenning blijkt dat de zonet vermelde assumpties zeer

strengere veronderstellingen zijn voor het meetnet verzuring. Niet-parametrische methoden dringen zich dan ook op.

2.3.2. Niet-parametrische regressiemethoden

2.3.2.1. Mann-Kendall-testen

De meest bekende niet-parametrische test voor het detecteren van een trend is de Mann-Kendall-test, gebaseerd op het werk van Mann (1945) en Kendall (1975). Deze test laat toe om monotone stijgende of dalende trends in tijdsreeksen te detecteren. Een monotone dalende trend betekent dat de gemiddelde concentratie of depositie over de volledige meetperiode steeds moet afnemen of stagneren, maar zeker niet mag stijgen. De afname moet niet altijd even sterk zijn, en kan afgewisseld worden met perioden van stagnatie. Merk op dat een lineaire relatie ook een monotone relatie is. De 'vorm' van de monotone trend moet bij de Mann-Kendall-test niet op voorhand vastgelegd worden, wat bijvoorbeeld bij lineaire regressie wel het geval is.

De teststatistiek is gebaseerd op de som van de tekens van alle paarsgewijze verschillen tussen de geobserveerde waarden in de beschouwde tijdreeks. De test steunt dus op de rangorde (*ranks*) van de observaties, eerder dan op de absolute meetwaarden. Het maakt de test, in vergelijking met parametrische methoden, minder gevoelig aan de aanwezigheid van zogenaamde *outliers*. Op basis van de bijhorende p-waarde wordt besloten om de nulhypothese (geen trend) te verwerpen ten gunste van de alternatieve hypothese (een monotone trend). Merk op dat wanneer er zich in werkelijkheid zowel opwaartse als neerwaartse trends voordoen gedurende de volledige meetperiode, dit door de Kendall-test niet zal gedetecteerd worden. Indien de trend min of meer lineair kan verondersteld worden, laat deze toets wel toe om de gedetecteerde trend als een lineair verband neer te schrijven. De berekening van deze rechte gebeurt echter niet op basis van de kleinste kwadraten methode, zoals bij lineaire regressie analyse, maar wel op basis van de medianen van alle gestandaardiseerde paarsgewijze verschillen doorheen de tijd. Bijgevolg kan deze methode een helling van de trend weergeven, maar ze laat geen klassieke berekening van betrouwbaarheidsintervallen toe (indien gewenst zou men wel bootstrap-intervallen kunnen implementeren).

2.3.2.2. Seasonal Kendall-test

De Mann-Kendall-test wordt typisch gebruikt voor het bepalen van trends in meetreeksen op basis van jaarlijkse data. De *Seasonal* Kendall-test (Hirsch et al. 1982, Hirsch & Slack, 1984) daarentegen wordt uitgevoerd op basis van bijvoorbeeld maandelijks of seizoenale data. Er wordt getest of er zich eenzelfde monotone, langetermijntrend voordoet per maand of per seizoen. Het niet detecteren van een gezamenlijke trend kan te wijten zijn aan verschillende mogelijkheden. Eerst en vooral is het mogelijk dat er zich geen langetermijntrend voordoet. Het is ook mogelijk dat de langetermijntrends niet dezelfde zijn tussen de verschillende maanden of seizoenen (bv. tijdens de zomermaanden doet zich een dalende langetermijntrend voor, terwijl zich tijdens de wintermaanden een beperkte, maar duidelijk stijgende langetermijntrend voordoet, etc.). Ten slotte is het ook mogelijk dat de langetermijntrend zowel opwaartse als neerwaartse fasen vertoont. Indien er een gezamenlijke trend gedetecteerd wordt en indien het aanvaardbaar is om deze trend als lineair te veronderstellen, kan deze lineaire trend opnieuw geschat worden zoals hoger beschreven voor de Mann-Kendall-test.

De *Seasonal* Kendall-test is voor eenzelfde meetperiode gebaseerd op meer meetdata dan de Mann-Kendall-test, en is dus vaak meer geschikt voor het bepalen van een gezamenlijke langetermijntrend. Merk op dat deze test ook enkel voor zomermaanden kan uitgevoerd worden wanneer er voor deze periode een gezamenlijke langetermijntrend kan worden verwacht. Bovendien is deze test in staat om zogenaamde seriële correlatie op te vangen. In meetreeksen is het vaak zo dat opeenvolgende metingen afhankelijk zijn van elkaar. Naargelang het type meetdata en de tijdsspanne tussen twee opeenvolgende metingen, zullen metingen meer of

minder sterk met elkaar gecorreleerd zijn. Methoden die geen rekening houden met de aanwezigheid van serieel gecorreleerde meetwaarden, zullen typisch te kleine p-waarden voor statistische testen produceren. Het lijkt dan immers alsof er meer informatie beschikbaar is, dan deze die werkelijk in de data vervat zit.

2.3.2.3. *Regional* Kendall-test

Net zoals meetreeksen in de tijd gerelateerd kunnen zijn, kunnen data ook ruimtelijk gecorreleerd zijn. De *Regional* Kendall-test van Helsel & Frans (2006) is de beste keuze om na te gaan of op verschillende meetplaatsen dezelfde langetermijntrends zich voordoen. De test is niet meer dan een *Seasonal* Kendall-test, waar de seriële afhankelijkheid vervangen wordt door een ruimtelijke afhankelijkheid. Deze ruimtelijke covariantiestructuur wordt geschat uit de data, zonder een specifieke covariantiestructuur voorop te stellen.

2.3.2.4. GAM-modellen

De veralgemeende additieve modellen (*general additive model*, GAM, Hastie et al. (1990)) omvatten zowat alle goede eigenschappen van de hierboven vermelde methoden op voorwaarde dat voldoende meetgegevens voorhanden zijn. Deze methodologie wordt binnen dit project dan ook voorgesteld voor het verwerken van de beschikbare tweewekelijkse meetdata. Deze flexibele modellen, beschreven in de studie Staelens et al. (2007), splitsen de gemiddelde trend in de meetreeks van het meetnet verzuring op in een seizoenale trend en in een langetermijntrend, waarbij beide termen additief zijn. Het GAM-model wordt gegeven door

$$y_t = C + f_1(x_{1t}) + f_2(x_{2t}) + \varepsilon_t$$

waarbij y_t de afhankelijke veranderlijke (bv. de luchtconcentratie van NH_3) aanduidt, $f_1(\cdot)$ en $f_2(\cdot)$ functies zijn, die eventueel niet-lineair of zelfs niet-parametrisch kunnen zijn, en C een constante term, het algemeen gemiddelde van de afhankelijke veranderlijke over de tijd. De term ε_t is de stochastische foutterm met gemiddelde nul. Deze fouttermen kunnen onafhankelijk van elkaar verondersteld worden, maar kunnen in het geval van tijdreeksen ook een gecorreleerde covariantiestructuur hebben. Merk op dat de bijdrage van de seizoenale en langetermijntrend onafhankelijk van elkaar verondersteld worden. Alle termen van de verschillende predictoren in het rechterlid worden bij elkaar opgeteld om de afhankelijke variabele te bekomen en worden dus additief genoemd.

Technische specificaties

Voor de seizoenale trend wordt in wat volgt een circulaire *smoother* gebruikt op basis van goniometrische functies (Giannitrapani et al. 2005). Op deze manier wordt er rekening gehouden met het feit dat meetperiode 52 van een jaar en meetperiode 2 van het volgende jaar naburige meetpunten zijn.

Voor de langetermijntrend zijn er twee mogelijkheden. De eerste optie staat beschreven in Staelens et al. (2007) en gebruikt een *smoother* gebaseerd op lokale lineaire regressies voor het modelleren van de langetermijntrend. Het grote voordeel is dat de vorm van de trend niet op voorhand wordt vastgelegd. Met andere woorden, de trend kan lineair of monotoon zijn, maar mag evengoed niet-lineair zijn of neerwaartse en opwaartse bewegingen vertonen. De geschatte trend kan gevisualiseerd worden in een grafiek, waardoor de lezer onmiddellijk een idee krijgt van de onderliggende trend. Benaderende F-testen (Hastie et al. 1990) zijn beschikbaar voor het testen van de nulhypothese voor geen langetermijntrend of voor het testen van lineariteit. Het grote nadeel is dat deze trend niet gemakkelijk gekwantificeerd kan worden. Om dit probleem te verhelpen, wordt een tweede optie voorgesteld, met name de semi-parametrische methoden. Hierbij wordt een parametrische, lineaire, eerste orde term (een rechte) gebruikt om de langetermijntrend te modelleren. Dezelfde gevolgtrekkingen als voor een lineaire regressie kunnen dan bekomen worden, zoals het schatten van de helling, het berekenen van een

betrouwbaarheidsinterval en het maken van predicties. Semi-parametrische modellen vormen dus een speciale klasse binnen de GAM-modellen. Voor de fouttermen wordt een gecorreleerde structuur beschouwd, meer bepaald een *first-order autoregressive*, AR(1), covariantiestructuur. Hiertoe wordt elk model eerst geschat op basis van onafhankelijk veronderstelde fouttermen. Uit de residuen met een tijdsverschuiving van één tijdseenheid wordt de correlatie ρ geschat. Deze schatting wordt vervolgens gebruikt om de variantie-covariantie-matrix V te schatten, $V_{ij} = \rho^{|i-j|}$.

De additieve bijdragen van de seizoenale trend en de langetermijntrend worden getoond in aparte figuren, die de geschatte trendlijnen weergeven samen met de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (geschatte trendlijn ± 2 * de standaardfout).

Voor niet-parametrische termen kunnen referentiebanden (Bowman et al, 1997) toegevoegd worden aan bovenstaande figuren. Deze banden tonen de zone waar het gemiddelde wordt verwacht wanneer de niet-parametrische term niet significant is.

2.3.3. *Software*

Alle statistische analyses werden uitgevoerd in R, beschikbaar op <http://www.r-project.org>. De R-code voor de GAM-modellen is gebaseerd op de R-code die beschikbaar werd gesteld in Ferguson et al. (2008).

3. Lot 1: Trendanalyse meetnet verzuring per meetplaats

Voor elke meetplaats in het meetnet verzuring (behalve Borgerhout) werd een trendanalyse uitgevoerd op de droge, natte en totale depositie van NH_x , NO_y , SO_x , de som van de potentieel verzurende pollutanten NH_x , NO_y en SO_x (N+S) en de totale depositie van anorganische stikstof (N, $\text{NH}_x + \text{NO}_y$), en dit per vegetatietype (gras, heide, loofbos en naaldbos). De berekende droge depositie per vegetatietype hangt af van de gemeten gemiddelde luchtconcentratie van het gas en van de gebruikte depositiesnelheid. Uit het rapport van Staelens et al. (2007) blijkt dat er nog een grote onzekerheid bestaat omtrent de depositiesnelheden. Bijgevolg werd ook een trendanalyse uitgevoerd op de luchtconcentraties van NH_3 , NO_2 en SO_2 .

Bij voorkeur worden alle trendanalyses uitgevoerd op basis van GAM-modellen die gebruik maken van de tweewekelijkse concentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) en depositiefluxen ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$). Met het oog op het vergelijken van de langetermijntrends voor de gemodelleerde OPS data en de meetdata van het depositiemeetnet worden tevens ook Mann-Kendall testen uitgevoerd op basis van jaargemiddelde concentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) en jaartotale depositiefluxen ($\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) (zie Lot 2).

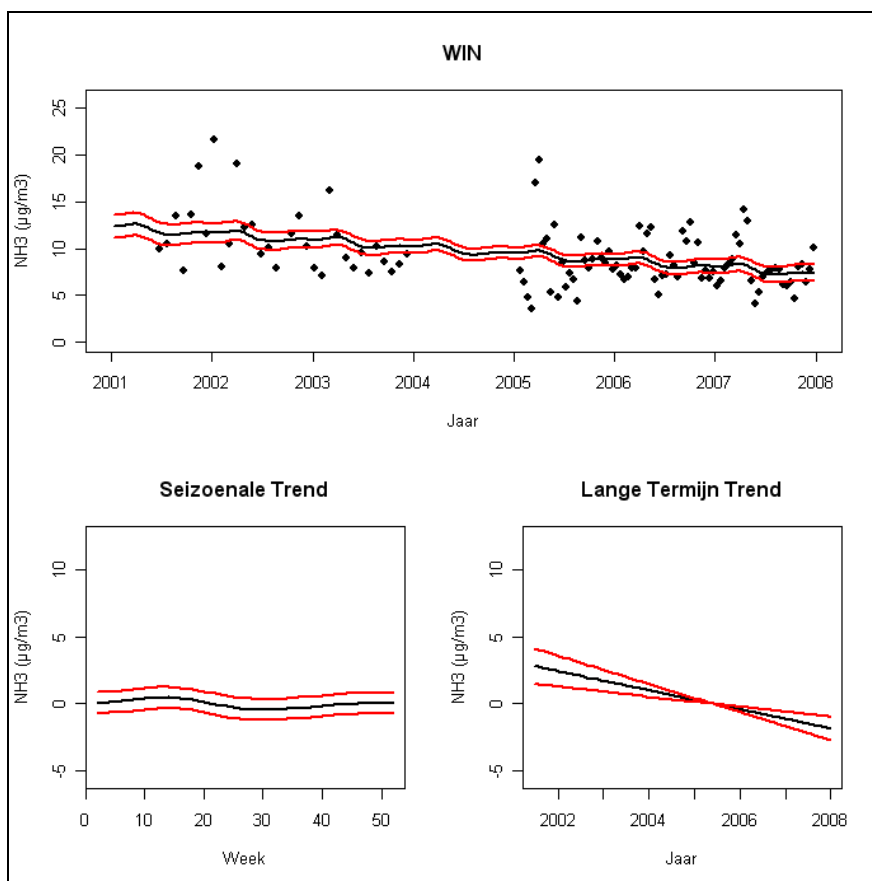
De werkwijze wordt geïllustreerd voor de meetplaats Wingene. Deze meetplaats werd als eerste in gebruik genomen (op Borgerhout na), en bevat dus de vroegst beschikbare meetgegevens. De resultaten voor de andere meetplaatsen zijn weergegeven in Appendices 1 t.e.m. 3.

3.1. Semi-parametrische modellen

3.1.1. Additiviteit

De GAM-modellen voor tweewekelijkse luchtconcentraties en depositiefluxen zijn opgebouwd uit een constante term en twee additieve termen (een seizoenale term en een langetermijnterm), zoals beschreven in sectie 2.3.2.4. Figuur 3.1 toont de geschatte trendanalyse op basis van een GAM-model voor de luchtconcentraties van NH_3 voor de meetplaats Wingene. De constante term in het GAM-model wordt geschat als de algemene gemiddelde luchtconcentratie. De seizoenale en de jaarlijkse componenten zijn additief, en bijgevolg kunnen deze contributies ten opzichte van de constante term in aparte figuren voorgesteld worden. Met andere woorden, de geschatte gemiddelde luchtconcentratie voor een specifieke meetperiode in Figuur 3.1 (boven) is de som van de geschatte algemene gemiddelde luchtconcentratie en de geschatte seizoenale (links onder) en langetermijnbijdrage (rechts onder) voor de specifieke meetperiode. De zwarte lijnen stellen de geschatte gemiddelde trendlijnen voor en de rode lijnen de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen.

Om seizoenale veranderingen weer te geven wordt een niet-parametrische *smoother* gebruikt (Figuur 3.1, links onder). De *smoother* is opgebouwd uit goniometrische functies (cosinus- en sinusfuncties) die een golvende trend weergeven. Deze circulaire *smoother* zorgt ervoor dat meetperiode 52 van het ene meetjaar en meetperiode 2 van het volgende meetjaar als naburig worden beschouwd. Merk op dat de vorm van de geschatte seizoenale trend volledig bepaald wordt door de data. Dit komt niet noodzakelijk overeen met een typische cosinus of sinusperiode. De gemiddelde langetermijntrend (Figuur 3.1, rechts onder) is geschat met behulp van een rechte. De helling en een bijhorend 95 % betrouwbaarheidsinterval, en eventuele predicties voor de toekomst, kunnen gemakkelijk geschat worden. Bovendien laat deze parametrische lineaire term een vlotte interpretatie van een eventuele aanwezige trend toe.



Figuur 3.1: Tweewekelijkse gemeten NH_3 -luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde luchtconcentratie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)

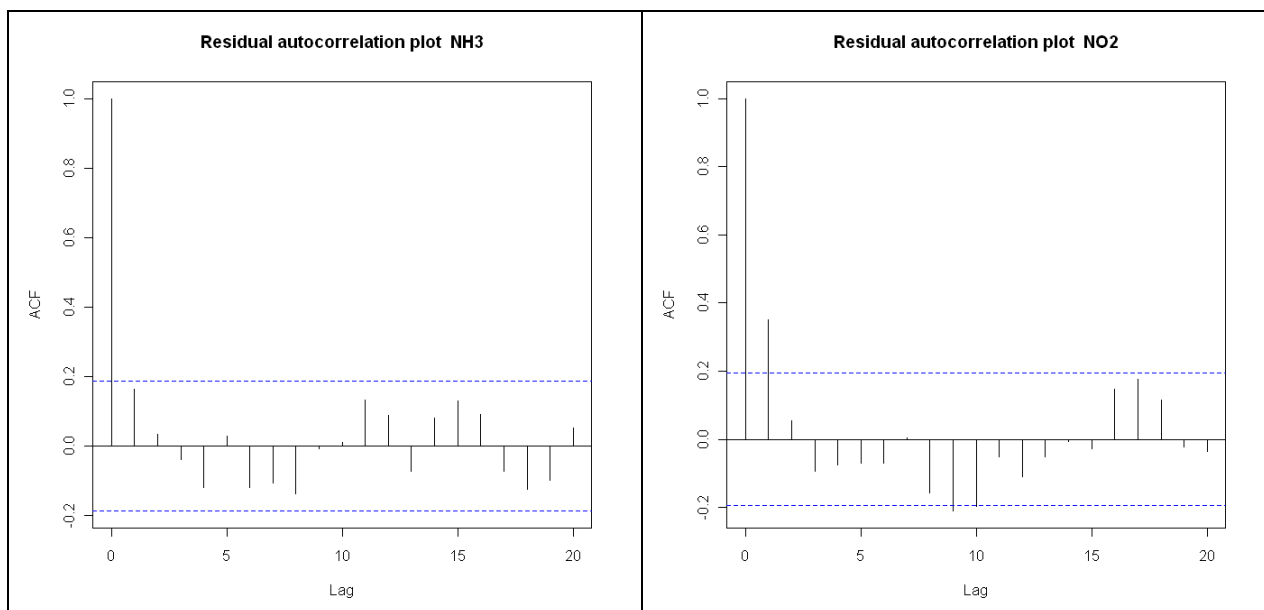
Bovenstaand model wordt ook wel een semi-parametrisch model genoemd. Het verwijst naar een speciale klasse binnen de GAM-modellen. Het model bevat zowel parametrische, als niet parametrische *gesmoothed* termen. Het voorgestelde semi-parametrische model is enkel zinvol wanneer een lineaire afname of toename van de concentraties en depositiefluxen over de tijd kan verondersteld worden. In sectie 3.2 wordt besproken hoe deze veronderstelling kan geverifieerd worden. Ten slotte moeten eventuele lange termijn predicties die op basis van het geschatte model gemaakt worden, met de grootste voorzichtigheid geïnterpreteerd worden (sectie 3.3).

3.1.2. Autocorrelatie

In meetreeksen zijn opeenvolgende metingen vaak afhankelijk van elkaar. Naargelang het type meetdata en de tijdsspanne tussen twee opeenvolgende metingen, zullen metingen meer of minder sterk met elkaar gecorreleerd zijn. Dit verschijnsel wordt seriële correlatie of autocorrelatie genoemd.

Door de seizoenaliteit in de GAM-modellen op te nemen d.m.v. het weeknummer van de meetweek, wordt nagenoeg alle autocorrelatie die aanwezig is in de tijdsreeksen van het meetnet verzuring in rekening gebracht (Staelens et al. 2007). De resterende seriële correlatie in de residuen van het semi-parametrisch model voor luchtconcentraties van NH_3 en NO_2 in Wingene worden gevisualiseerd in de autocorrelogrammen in Figuur 3.2. Op de x-as van het correlogram staat het tijdsverschil tussen twee metingen. Op de y-as staat de correlatiecoëfficiënt tussen de

residuenreeks¹ zelf en de residuenreeks die bekomen wordt door de reeks over 0, 1, 2, etc. tijdseenheden te verschuiven.



Figuur 3.2: Autocorrelogram voor de residuen van het GAM-model voor luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 (links) en NO_2 (rechts) in de meetplaats Wingene

De correlaties die zich buiten de twee stippellijnen evenwijdig met de x-as bevinden zijn significant verschillend van nul. De residuen van NH_3 zijn niet meer met elkaar gecorreleerd, de residuen van NO_2 met een verschuiving van één tijdstip zijn nog positief met elkaar gecorreleerd.

Bij het uitvoeren van statistische testen is het belangrijk om rekening te houden met deze eventuele aanwezigheid van seriële correlatie. Methoden die geen rekening houden met serieel gecorreleerde meetwaarden zullen typisch te kleine p-waarden voor statistische testen produceren. Het lijkt dan immers alsof er meer informatie beschikbaar is, dan deze die werkelijk in de data vervat zit.

Bij het uitvoeren van de statistische analyses wordt in wat volgt rekening gehouden met een *First-order autoregressive (AR1)* covariantiestructuur. Deze structuur veronderstelt een constante correlatie ρ tussen residuen met een verschuiving van één tijdstip, een constante correlatie ρ^2 tussen residuen met een verschuiving van twee tijdstippen, ... en een constante correlatie $\rho^{|j-i|}$ tussen residuen met een verschuiving van $|j-i|$ tijdstippen. Hoe verder residuen van elkaar verwijderd zijn in de tijd, hoe kleiner hun onderlinge correlatie is.

Het verschil in analyse-resultaten met een onafhankelijkheidsstructuur en een AR1 covariantiestructuur wordt geïllustreerd in Tabel 3.1. De hellingen, met bijhorende p-waarde en 95 % betrouwbaarheidsinterval, van de geschatte lineaire langetermijntrends voor de luchtconcentraties in Wingene, staan samengevat in Tabel 3.1. Voor beide covariantiestructuren worden in dit voorbeeld dezelfde besluiten getrokken, maar het is duidelijk dat daar waar de seriële correlatie het grootst was (voor NO_2) ook het grootste verschil in p-waarden voorkomt. De analyse op basis van de onafhankelijkheidsstructuur resulteert in kleinere p-waarden en smallere betrouwbaarheidsintervallen dan de AR1 covariantiestructuur. De type-I fout van de test blijft niet behouden in het geval van autocorrelatie. Wanneer er geen autocorrelatie aanwezig is, zullen de

¹ residu = geobserveerde concentratie – geschatte gemiddelde concentratie door het semi-parametrisch model

verschillen tussen beide p-waarden gering zijn. In wat volgt worden dus enkel resultaten gerapporteerd die behoeven voor autocorrelatie.

Tot slot besluiten we enkel een significante lineaire daling op het 5 % significantieniveau voor de luchtconcentratie van NH₃. De gemiddelde tweewekelijkse NH₃-luchtconcentratie daalt in de meetplaats Wingene met gemiddeld 0.71 µg m⁻³ per jaar ± een standaard afwijking van 0.17 µg m⁻³ per jaar. De onzekerheid op de helling van de regressierechte kan tevens weergegeven worden met behulp van een 95 % betrouwbaarheidsinterval (Tabel 3.1: ondergrens -1.05; bovengrens -0.37). Voor de luchtconcentraties van NO₂ en SO₂ worden positieve hellingen gevonden, maar deze zijn niet significant verschillend van nul op het 5 % significantieniveau.

Tabel 3.1: De helling, met bijhorende p-waarden en 95 % betrouwbaarheidsintervallen, van de geschatte lineaire langetermijntrend voor de luchtconcentraties (µg m⁻³) van NO₂, NH₃ en SO₂ in de meetplaats Wingene, op basis van een onafhankelijkheidsstructuur (onafhankelijk) en een AR1 covariantiestructuur (vet: p < 0.05)

Variabele	Helling	Onafhankelijk				AR1		
		P-waarde	BI		P-waarde	BI		
			Onder	Boven		Onder	Boven	
NH ₃	-0.71	< 0.001	-1.00	-0.42	< 0.001	-1.05	-0.37	
NO ₂	0.23	0.462	-0.37	0.83	0.607	-0.63	1.08	
SO ₂	0.11	0.106	-0.02	0.25	0.158	-0.04	0.27	

3.1.3. Overzicht resultaten meetplaats Wingene

De resultaten van de GAM-modellen op basis van de beschikbare, tweewekelijkse concentraties en depositiefluxen in de meetplaats Wingene zijn weergegeven in Tabel 3.1 (luchtconcentraties) en Tabel 3.2 (depositiefluxen). Figuur 3.3 levert een visuele voorstelling van de seizoenale en langetermijntrendlijn met 95 % betrouwbaarheidsintervallen voor de luchtconcentraties van NO₂ en SO₂ in de meetplaats Wingene. Voor visualisering van de GAM-modellen voor de depositiefluxen opgemeten in de meetplaats Wingene verwijzen we naar Figuur 3.4 a-k.

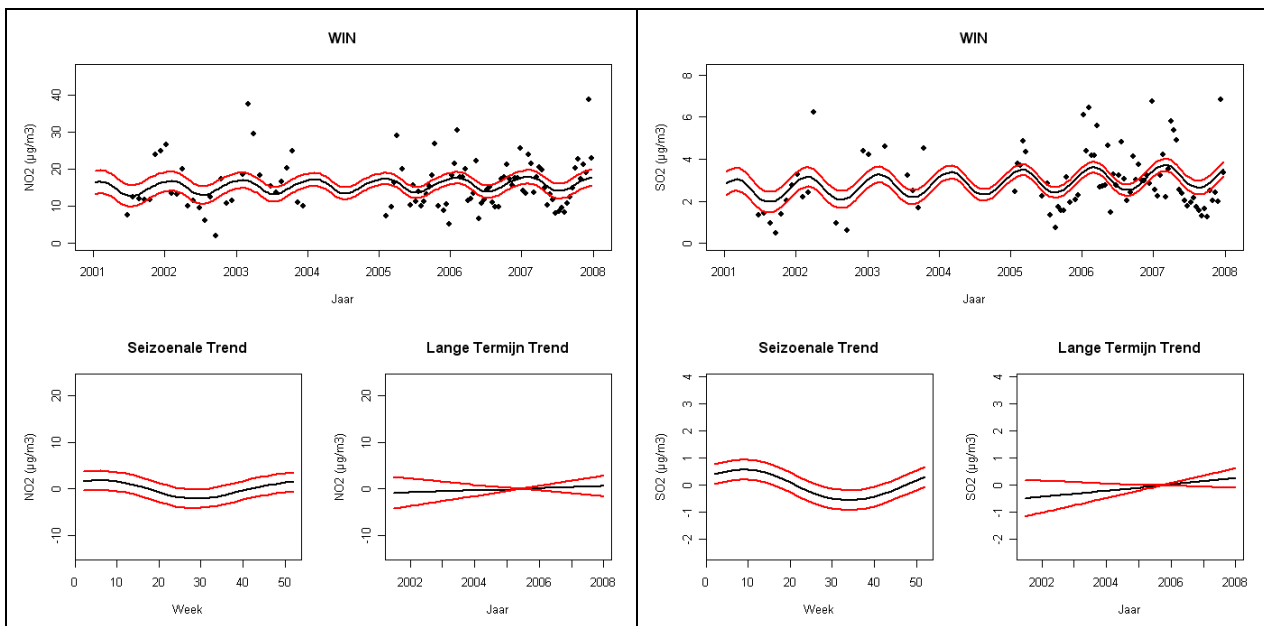
De seizoenale trends in luchtconcentraties enerzijds en droge depositiefluxen anderzijds zijn gelijkaardig, aangezien de gebruikte depositiesnelheden doorheen het volledige jaar constant verondersteld worden per pollutant en vegetatietype. In werkelijkheid veranderen depositiesnelheden echter continu als gevolg van wijzigende meteorologische omstandigheden en fenologie en fysiologie van de vegetatie. Zeer geavanceerde depositiemodellen nemen deze wijzigende depositiesnelheden in rekening, bijvoorbeeld op uurbasis, maar dit is niet haalbaar binnen het depositiemeetnet van de VMM. Evenwel zouden in de toekomst bv. wel seizoenale depositiesnelheden kunnen worden gebruikt. In dat geval zullen de seizoenale trends in luchtconcentraties en drogedepositiefluxen niet meer per definitie dezelfde zijn.

De luchtconcentraties van NH₃ in de meetplaats Wingene vertonen een beperkte seizoenale trend, wat waarschijnlijk het gevolg is van een continu hoge uitstoot van NH₃ door bedrijven met intensieve veeteelt in de omgeving. Luchtconcentraties van NO₂ en SO₂ vertonen, zoals verwacht, de hoogste waarden gedurende de winter. Enkel voor de luchtconcentraties van NH₃, en bijgevolg ook de droge en totale depositie van NH_x, werd een significant dalende trend vastgesteld in de periode 2001-2007. De gemiddelde jaarlijkse afname in luchtconcentratie van NH₃ bedraagt 0.71 ± een standaard afwijking van 0.17 µg m⁻³; de gemiddelde jaarlijkse afname in droge depositie van NH_x bedraagt gemiddeld 145 ± 34 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en 383 ± 110 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor naaldbos. De afname in droge depositie van NH_x en de niet-significante verandering in droge depositie van NO_y en SO_x heeft een significante daling in droge potentieel verzurende depositie tot

gevolg van gemiddeld 147 ± 38 en 407 ± 93 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp., alsook een significante daling in de droge depositie van anorganische stikstof, van gemiddeld 2.1 ± 0.5 en 5.6 ± 1.3 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.

Natte depositie van NH_x, NO_y en SO_x vertoont een significante ($p < 0.05$) of marginaal significante ($0.05 < p < 0.10$) dalende trend, met een significante daling van de natte potentieel verzurende depositie van jaarlijks 56 ± 27 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ tot gevolg. Natte depositie van anorganische stikstof neemt jaarlijks marginaal significant af met gemiddeld 0.5 ± 0.3 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹.

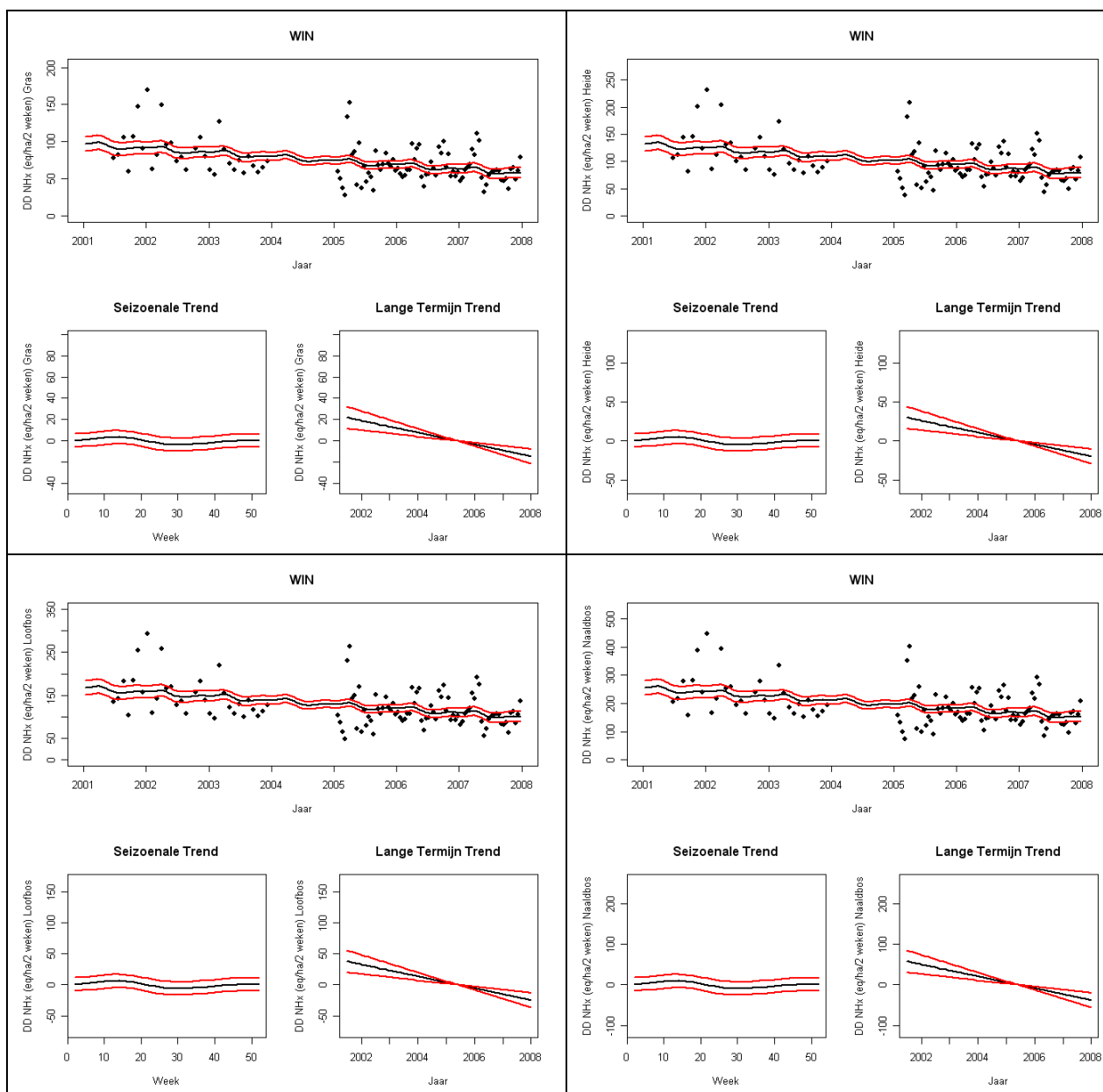
De totale depositie van potentieel verzurende pollutanten (N+S) en anorganische stikstof (N) is significant dalend in de meetplaats Wingene voor de periode 2001-2007: gemiddeld neemt de totale depositie van N+S en N jaarlijks af met 137 ± 43 eq en 2.1 ± 0.6 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en 377 ± 89 eq en 5.5 ± 1.3 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor naaldbos.



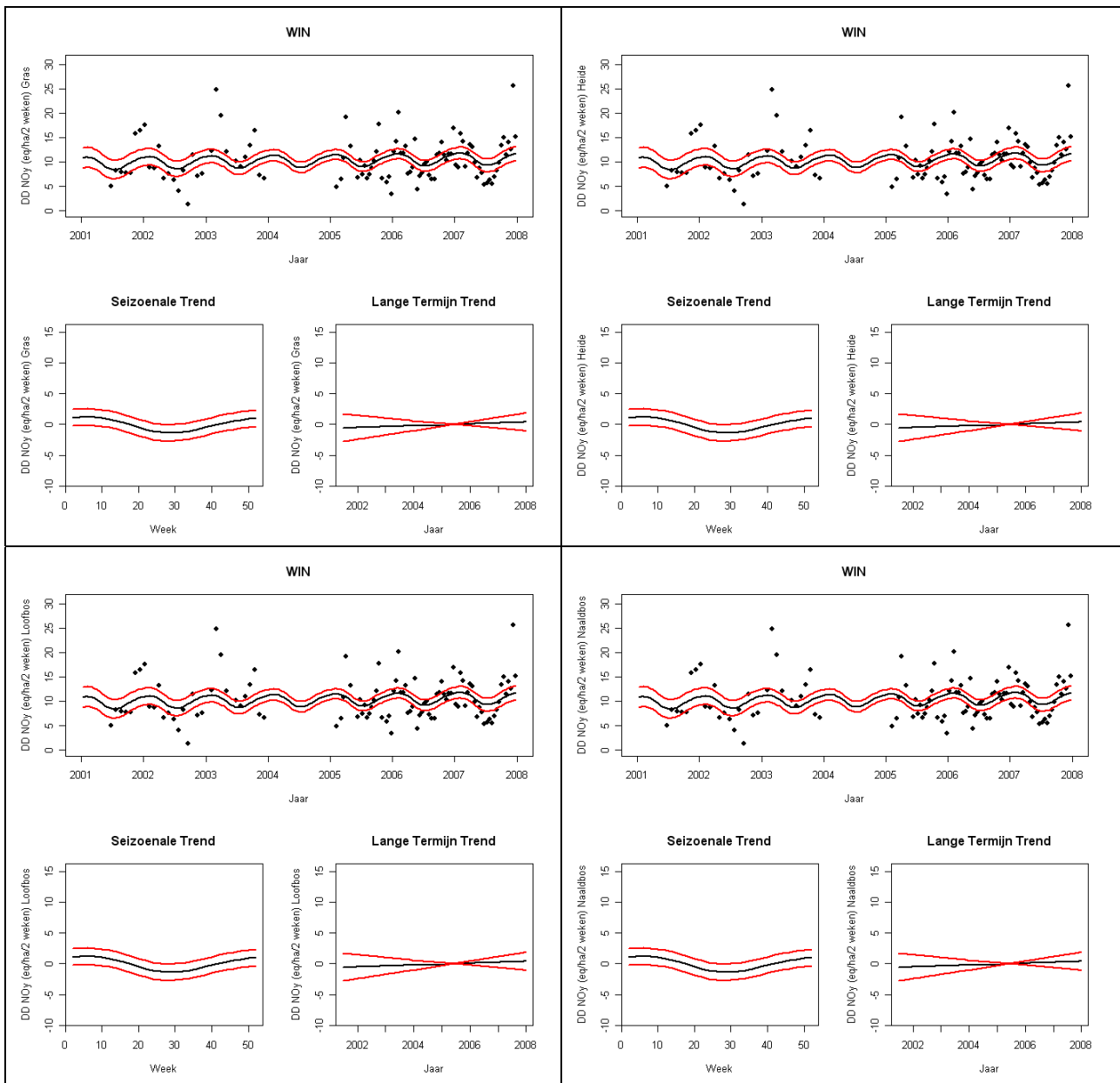
Figuur 3.3: Tweewekelijkse luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NO₂ en SO₂ in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde luchtconcentratie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte jaarlijkse seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend met abstractie van de seizoenale trend (rechts onder)

Tabel 3.2: De helling, de p-waarde en de onder- en bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval van de helling voor de droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositie ($\text{eq ha}^{-1} \text{ 2 weken}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x , de som van potentieel verzurende pollutanten (N+S) en anorganische stikstofdepositie (N) in de meetplaats Wingene, voor de verschillende vegetatietypes, zoals berekend m.b.v. GAM-modellen (BI: betrouwbaarheidsinterval; p-waarde gecorrigeerd voor seizoenale correlatie met covariantiestructuur AR1). Cursief: $p < 0.1$; vet: $p < 0.05$.

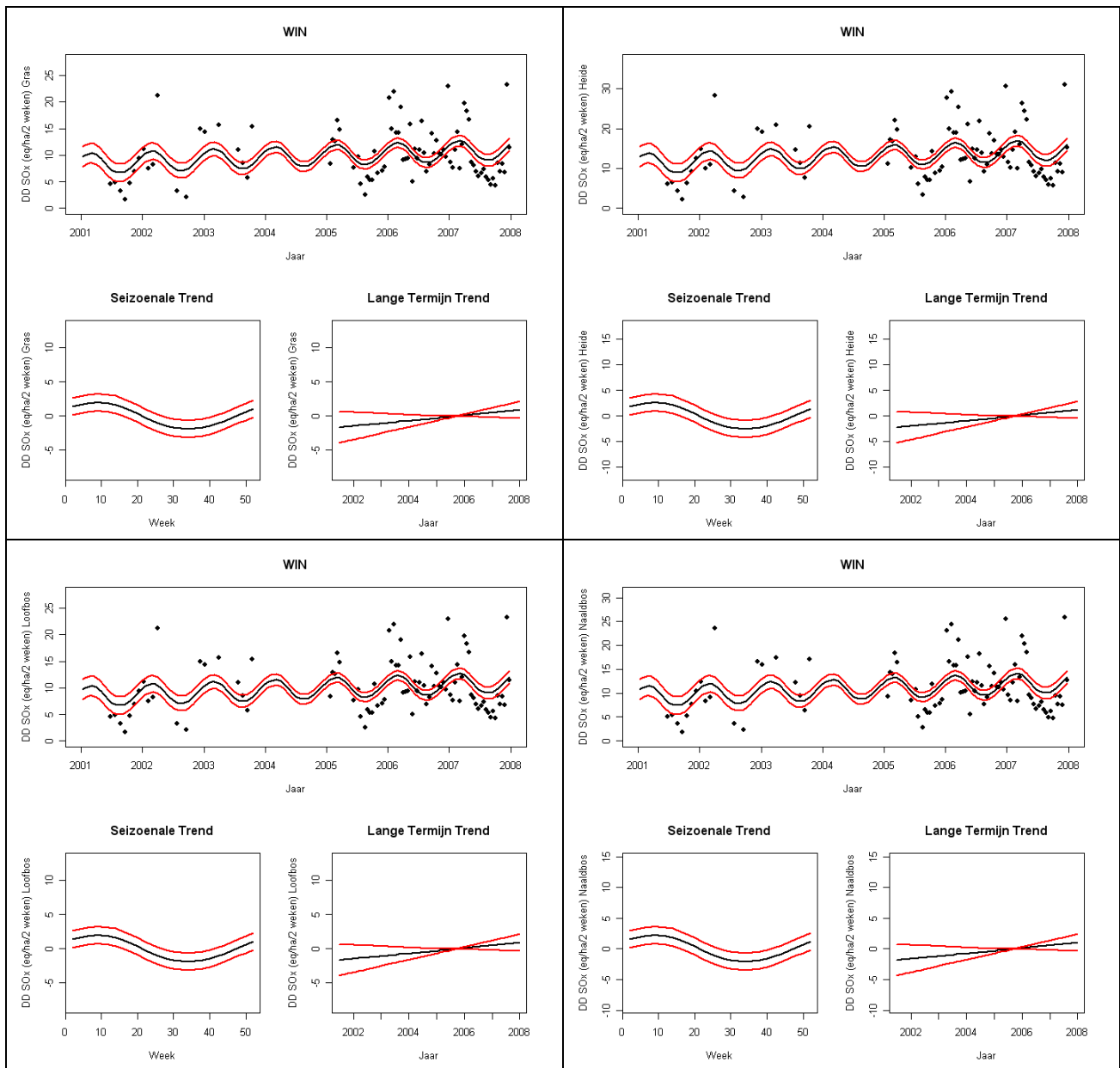
Variabele	Gras				Heide				Loofbos				Naaldbos			
	Helling	P-waarde	BI		Helling	P-waarde	BI		Helling	P-waarde	BI		Helling	P-waarde	BI	
			Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven
DD NH_x	-5.58	< 0.001	-8.23	-2.93	-7.61	< 0.001	-11.23	-4.00	-9.64	< 0.001	-14.22	-5.07	-14.72	< 0.001	-21.71	-7.73
ND NH_x	-0.88	<i>0.076</i>	-1.86	0.09												
TD NH_x	-5.39	< 0.001	-8.09	-2.70	-7.34	< 0.001	-10.91	-3.77	-9.29	< 0.001	-13.76	-4.82	-14.16	< 0.001	-20.92	-7.39
DD NO_y	0.15	0.608	-0.42	0.71	0.15	0.608	-0.42	0.71	0.15	0.608	-0.42	0.71	0.15	0.608	-0.42	0.71
ND NO_y	-0.47	<i>0.085</i>	-1.01	0.06												
TD NO_y	-0.02	0.962	-0.67	0.64	-0.02	0.962	-0.67	0.64	-0.02	0.962	-0.67	0.64	-0.02	0.962	-0.67	0.64
DD SO_x	0.39	0.158	-0.15	0.93	0.52	0.158	-0.20	1.24	0.39	0.158	-0.15	0.93	0.43	0.158	-0.17	1.03
ND SO_x	-0.79	0.029	-1.50	-0.08												
TD SO_x	0.20	0.625	-0.60	1.00	0.36	0.402	-0.49	1.21	0.20	0.625	-0.60	1.00	0.25	0.540	-0.56	1.07
DD N+S	-5.67	< 0.001	-8.59	-2.74	-7.77	< 0.001	-11.69	-3.85	-10.12	< 0.001	-14.90	-5.34	-15.64	< 0.001	-22.79	-8.49
ND N+S	-2.14	0.047	-4.25	-0.03												
TD N+S	-5.27	0.002	-8.55	-1.99	-7.18	< 0.001	-11.14	-3.21	-9.40	< 0.001	-14.13	-4.66	-14.50	< 0.001	-21.32	-7.69
DD N	-5.80	< 0.001	-8.64	-2.96	-7.94	< 0.001	-11.73	-4.16	-10.09	< 0.001	-14.82	-5.36	-15.44	< 0.001	-22.56	-8.33
ND N	-1.35	<i>0.072</i>	-2.83	0.12												
TD N	-5.83	< 0.001	-9.01	-2.64	-7.88	< 0.001	-11.92	-3.85	-9.94	< 0.001	-14.86	-5.03	-15.09	< 0.001	-22.26	-7.92



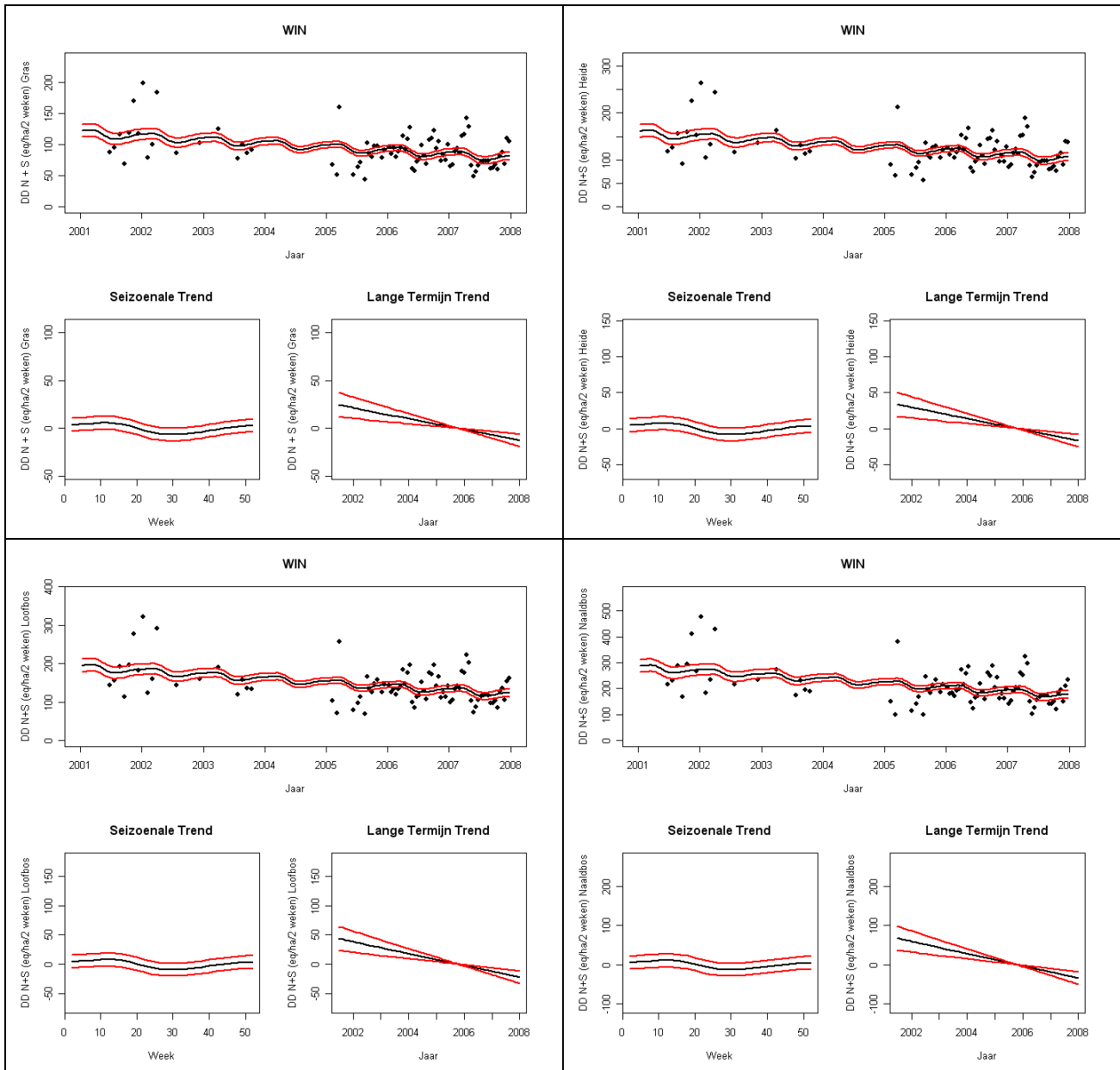
Figuur 3.4a: Tweewekelijkse droge depositie van NH_x ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



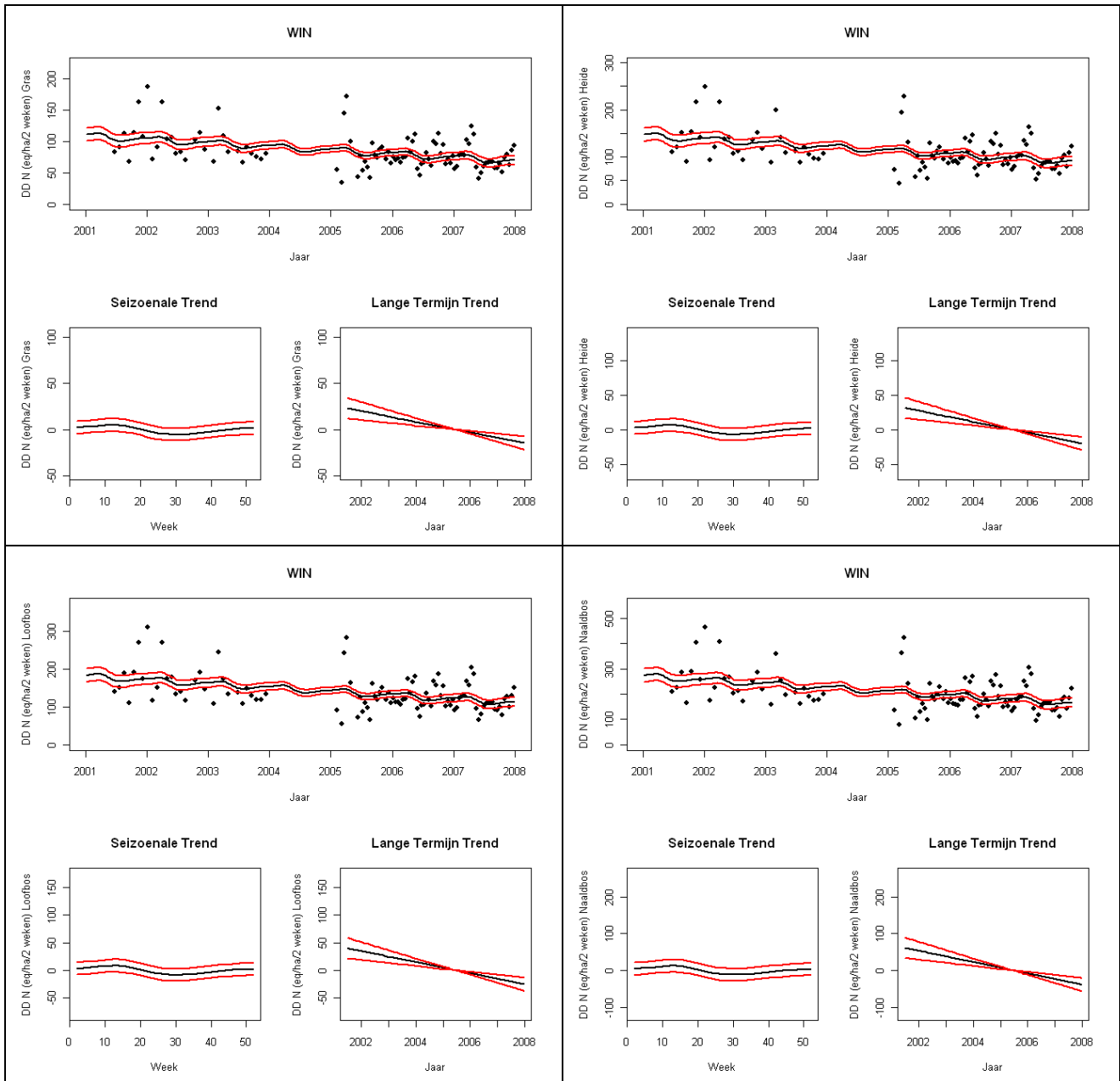
Figuur 3.4b: Tweewekelijkse droge depositie van NO_y (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



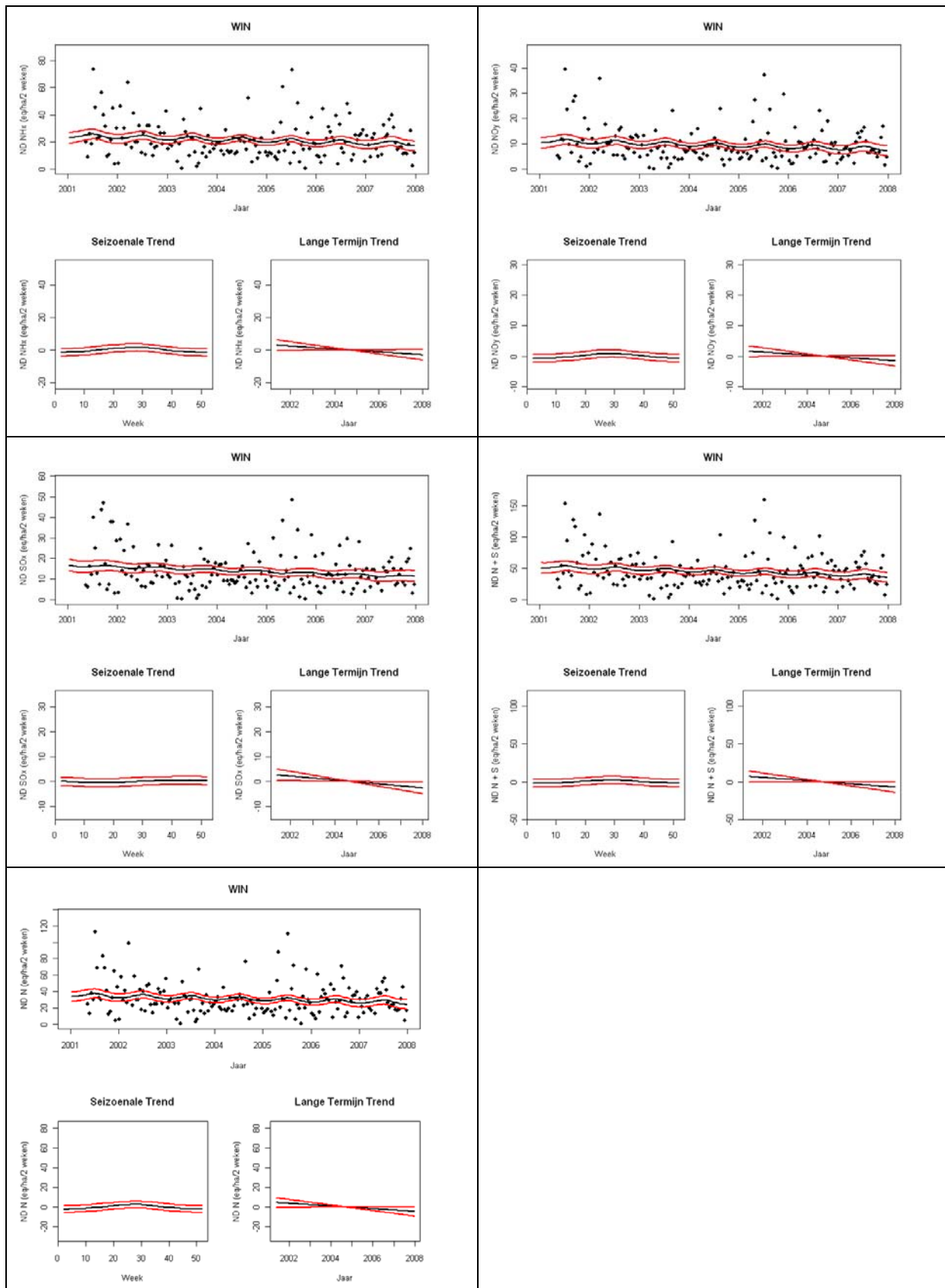
Figuur 3.4c: Tweewekelijkse droge depositie van SO_x (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



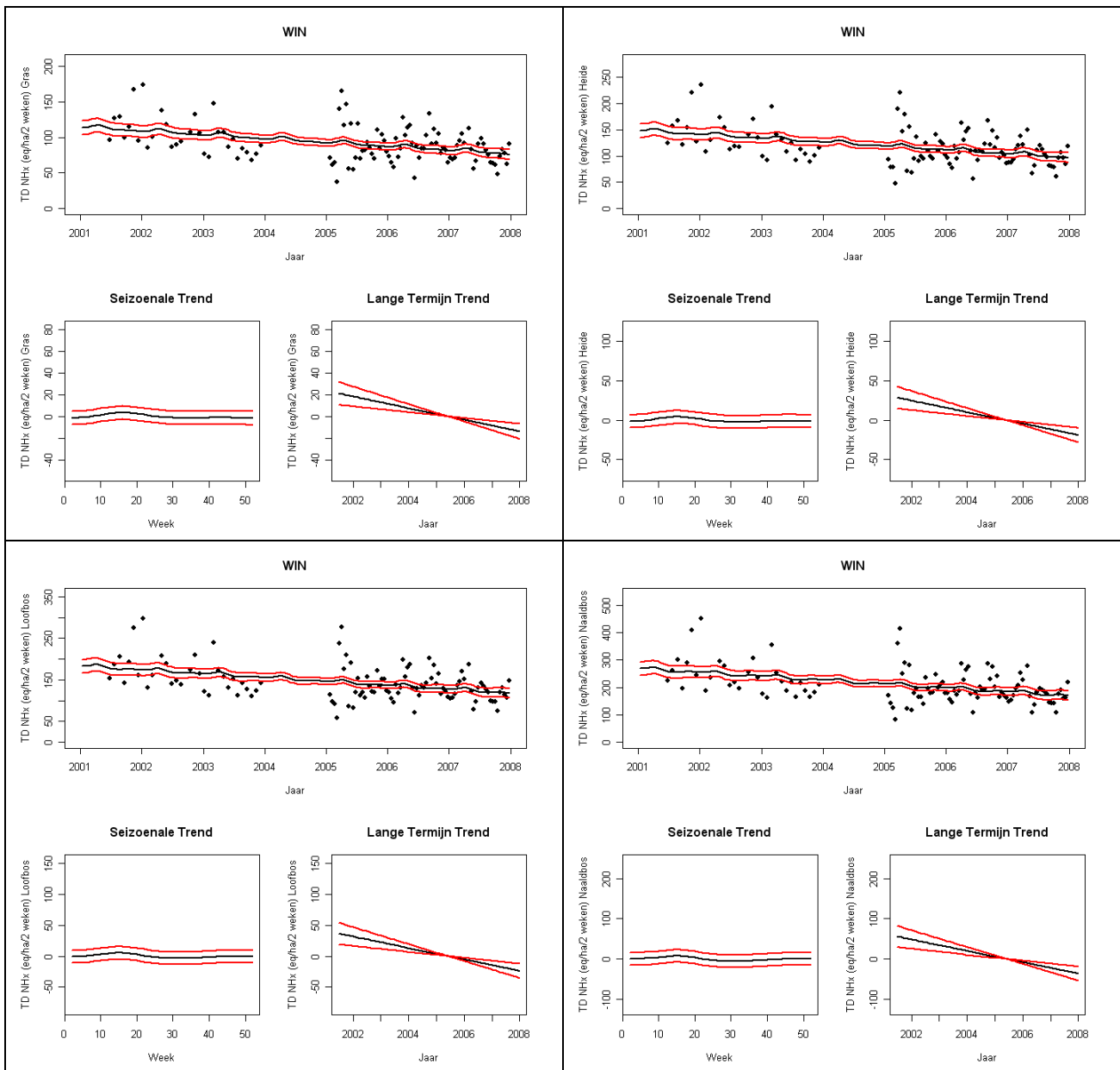
Figuur 3.4d: Tweewekelijkse droge potentieel verzurende depositie (N+S, eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



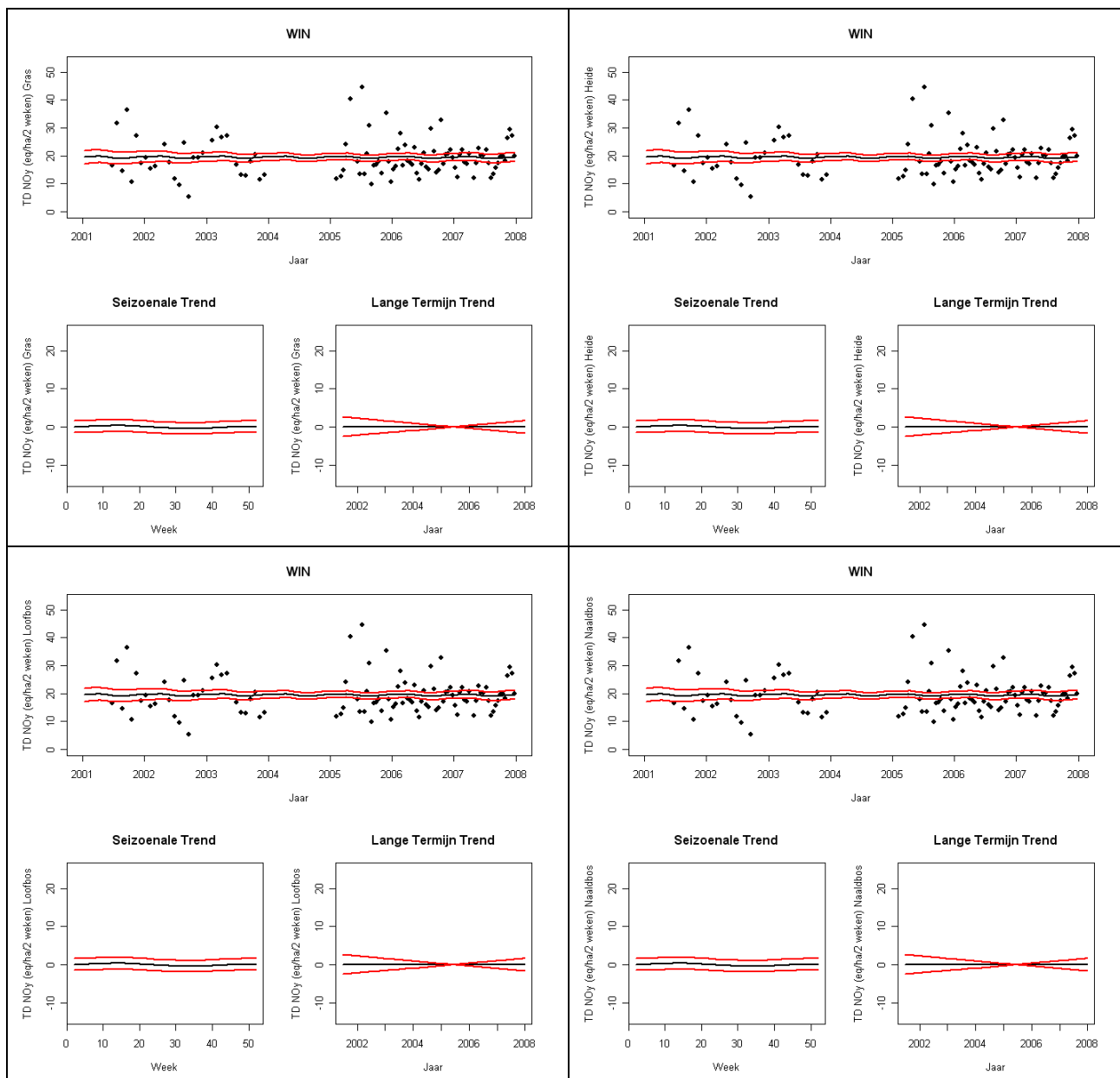
Figuur 3.4e: Tweewekelijkse droge depositie van anorganische stikstof (N, eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



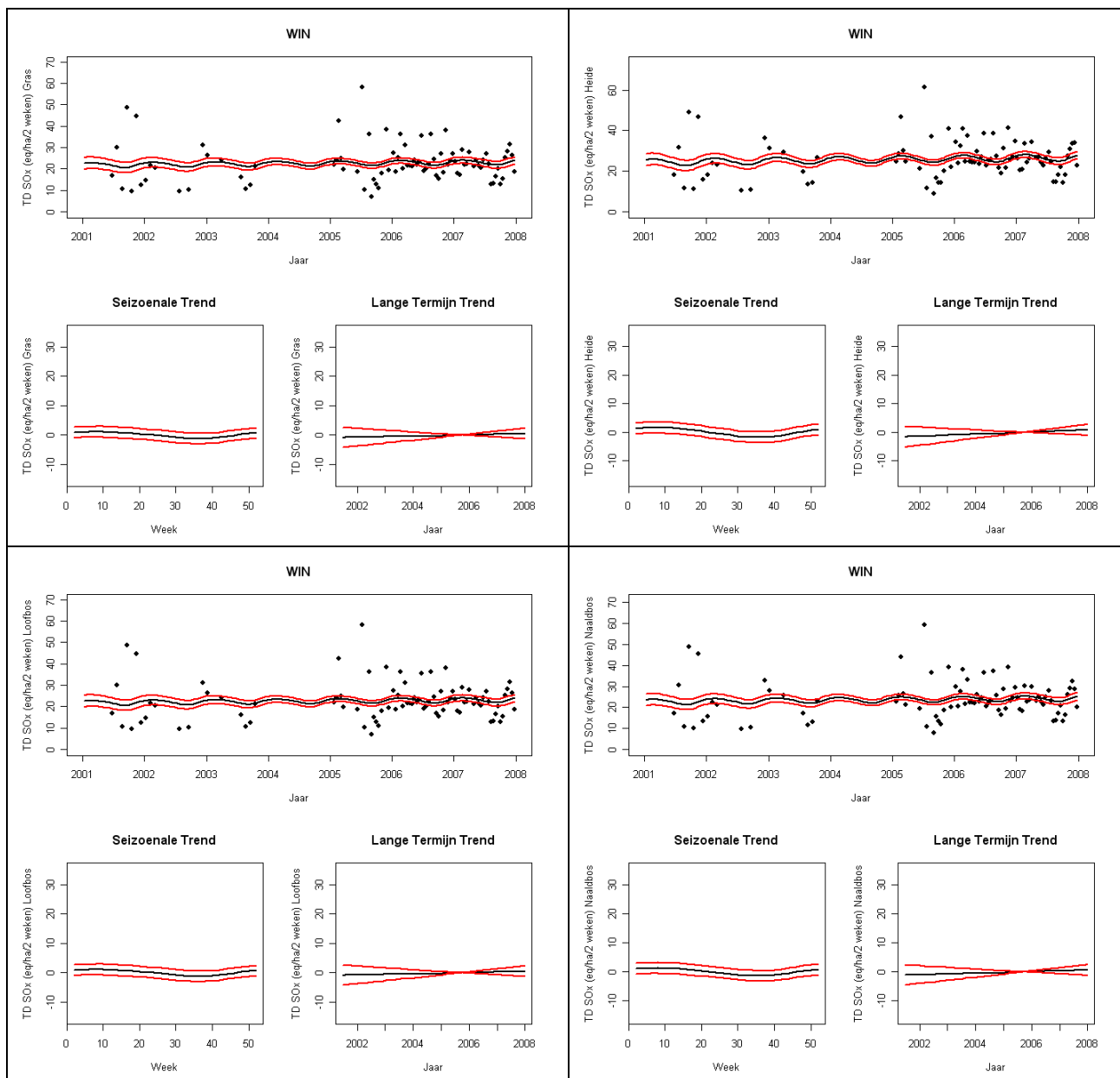
Figuur 3.4f: Tweewekelijkse natte depositie ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) van NHx, NOy, SOx, de potentieel verzurende pollutanten (N+S) en anorganische stikstof (N) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



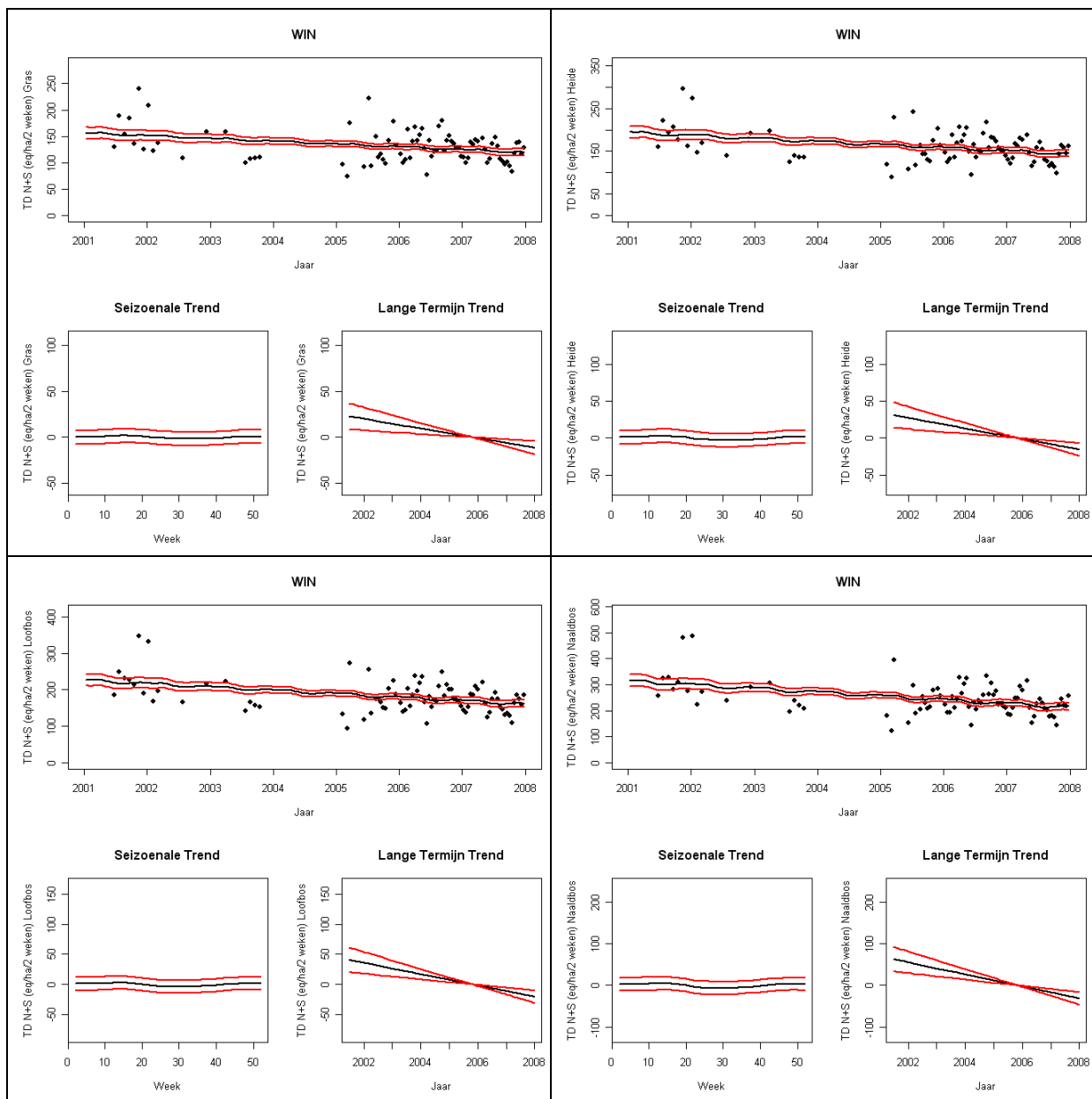
Figuur 3.4g: Tweewekelijkse totale depositie van NH_x ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



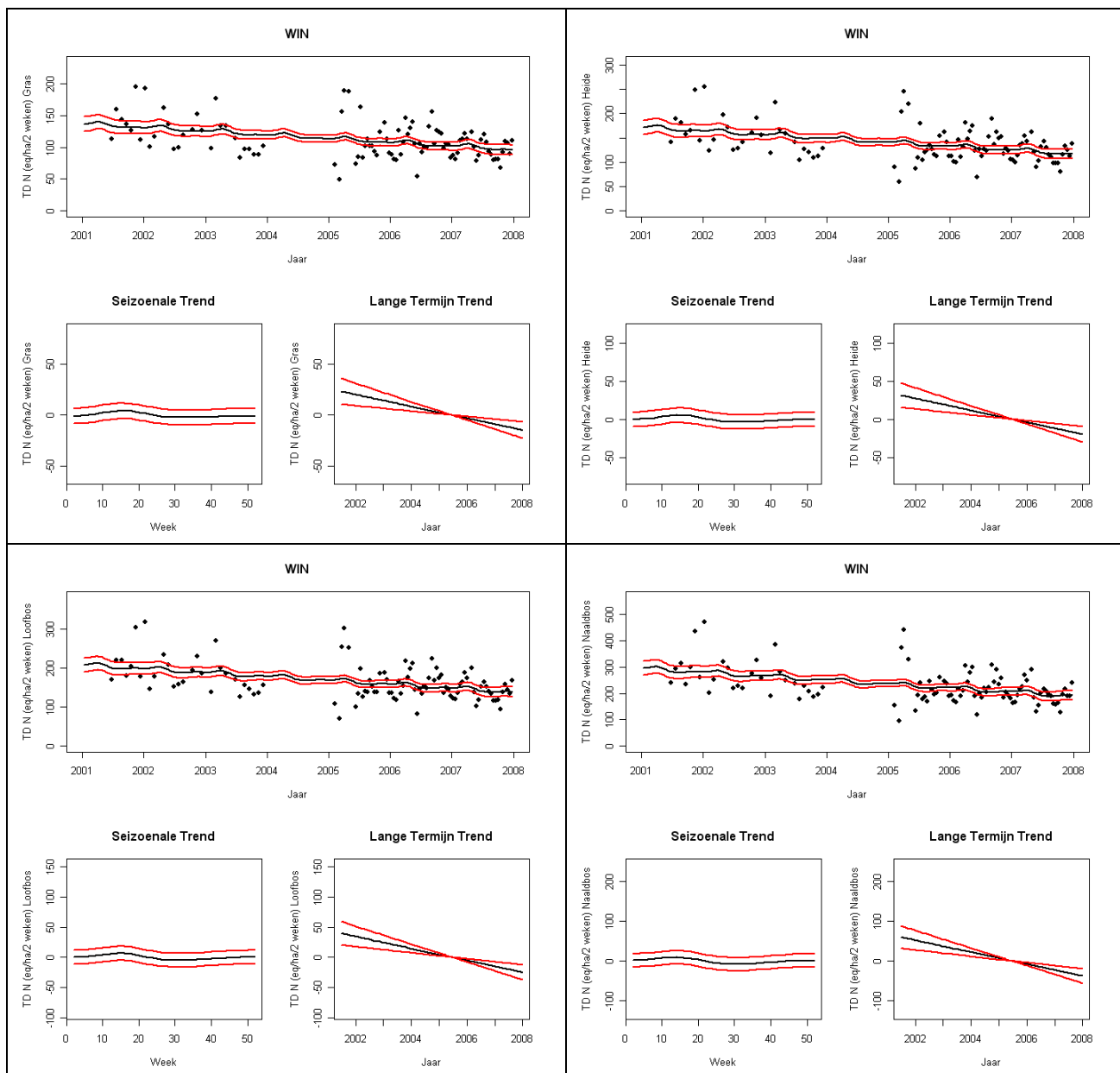
Figuur 3.4h: Tweewekelijkse totale depositie van NO_y (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



Figuur 3.4i: Tweewekelijkse totale depositie van SO_x (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



Figuur 3.4j: Tweewekelijkse totale potentieel verzurende depositie (N+S, eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹), met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)



Figuur 3.4k: Tweewekelijkse totale anorganische stikstofdepositie (N, eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in meetplaats Wingene, met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder)

De resultaten van de GAM-modellen voor de totale verzurende depositie in de andere meetplaatsen van het meetnet zijn opgelijst in Appendices 1 (luchtconcentraties) en 2 (depositiefluxen). De luchtconcentraties van NH₃ nemen significant af tijdens de periode 2001-2007 in alle meetplaatsen behalve Maasmechelen; de daling in de meetplaats Bonheiden is maar marginaal significant. De grootste afnames vinden we in Wingene en Zwevegem (met een jaarlijkse afname van 0.71 ± 0.17 en $0.80 \pm 0.20 \mu\text{g m}^{-3}$, respectievelijk); de kleinste afnames in Kapellen en Bonheiden (met een jaarlijkse afname van 0.32 ± 0.14 en $0.13 \pm 0.08 \mu\text{g m}^{-3}$, respectievelijk). Luchtconcentraties van NO₂ en SO₂ vertonen geen significante trend in de periode 2001-2007, met uitzondering van een marginaal significante trend in de SO₂-concentraties in de meetplaats Zwevegem.

De afnames in NH₃-luchtconcentraties zijn weerspiegeld in de tijdstrends van droge depositie van NH_x, met een gemiddelde jaarlijkse afname tussen de 65 (Kapellen) en 164 (Zwevegem) eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor het vegetatietype gras. Voor de depositiefluxen van NO_y en SO_x werden geen significante trends vastgesteld met uitzondering van een significante afname in de natte depositie van SO_x in Zwevegem en Wingene en een marginaal significante afname in de droge depositie van SO_x in de meetplaats Zwevegem. Deze afname in droge depositie kan een gevolg zijn van de afname in droge depositie van NH₃ (co-depositie van NH_x en SO_x).

Het gevolg is dat de droge potentieel verzurende depositie van N en S significant afneemt tussen 2001 en 2007 in de meetplaatsen Gent, Koksijde, Mol/Retie, Tielt-Winge, Wingene en Zwevegem, met de kleinste afname in Tielt-Winge en Koksijde en de grootste afname in Zwevegem en Wingene, i.e. meetplaatsen gelegen in een regio met hoge luchtconcentraties van NH₃ door intensieve veeteelt. Uit de data besluiten we dat de totale potentieel verzurende depositie afneemt in de periode 2001-2007 in de meetplaatsen Gent (met een jaarlijkse afname van 83 ± 40 en 321 ± 74 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, respectievelijk), Mol/Retie (135 ± 46 en 322 ± 74 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.), Wingene (137 ± 43 en 377 ± 89 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.) en Zwevegem (179 ± 49 en 475 ± 108 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.). Enkel in de meetplaats Maasmechelen werd een significante toename in totale potentieel verzurende depositie genoteerd, nl. een gemiddelde jaarlijkse toename van 93 ± 42 en 138 ± 66 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.

De natte depositie van anorganische stikstof neemt enkel in de meetplaats Wingene (marginaal) significant af. De droge depositie van anorganische stikstof neemt significant af in de meetplaatsen Gent (gras: 1.7 ± 0.4 eq ha⁻¹ jaar⁻¹; naaldbos: 4.6 ± 0.9 eq ha⁻¹ jaar⁻¹), Koksijde (gras: 1.5 ± 0.3 eq ha⁻¹ jaar⁻¹; naaldbos: 4.0 ± 0.8 eq ha⁻¹ jaar⁻¹), Mol/Retie (gras: 1.6 ± 0.4 eq ha⁻¹ jaar⁻¹; naaldbos: 4.2 ± 1.1 eq ha⁻¹ jaar⁻¹), Tielt-Winge (gras: 1.0 ± 0.3 eq ha⁻¹ jaar⁻¹; naaldbos: 2.7 ± 0.9 eq ha⁻¹ jaar⁻¹), Wingene (gras: 2.1 ± 0.5 eq ha⁻¹ jaar⁻¹; naaldbos: 5.6 ± 1.3 eq ha⁻¹ jaar⁻¹) en Zwevegem (gras: 2.3 ± 0.6 eq ha⁻¹ jaar⁻¹; naaldbos: 6.2 ± 1.5 eq ha⁻¹ jaar⁻¹). Een marginaal significante stijging in droge depositie van anorganische stikstof werd geobserveerd voor Maasmechelen, met een gemiddelde jaarlijkse toename van 0.5 ± 0.3 en 1.1 ± 0.7 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.

De totale anorganische stikstofdepositie neemt af in de meetplaatsen Gent, Koksijde, Mol / Retie, Tielt-Winge, Wingene en Zwevegem, met de kleinste afname in Koksijde (0.9 ± 0.4 en 3.3 ± 0.9 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.) en Tielt-Winge (1.1 ± 0.5 en 3.2 ± 1.0 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.) en de grootste afname in Wingene en Zwevegem (2.2 ± 0.6 en 6.1 ± 1.4 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp., in Zwevegem). De gemiddelde jaarlijkse afname in totale stikstofdepositie in Gent bedraagt 1.1 ± 0.5 en 4.1 ± 1.0 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹; voor gras en naaldbos, resp., terwijl die in Mol/Retie neerkomt op 1.04 ± 0.5 en 3.9 ± 1.0 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor gras en naaldbos, resp.

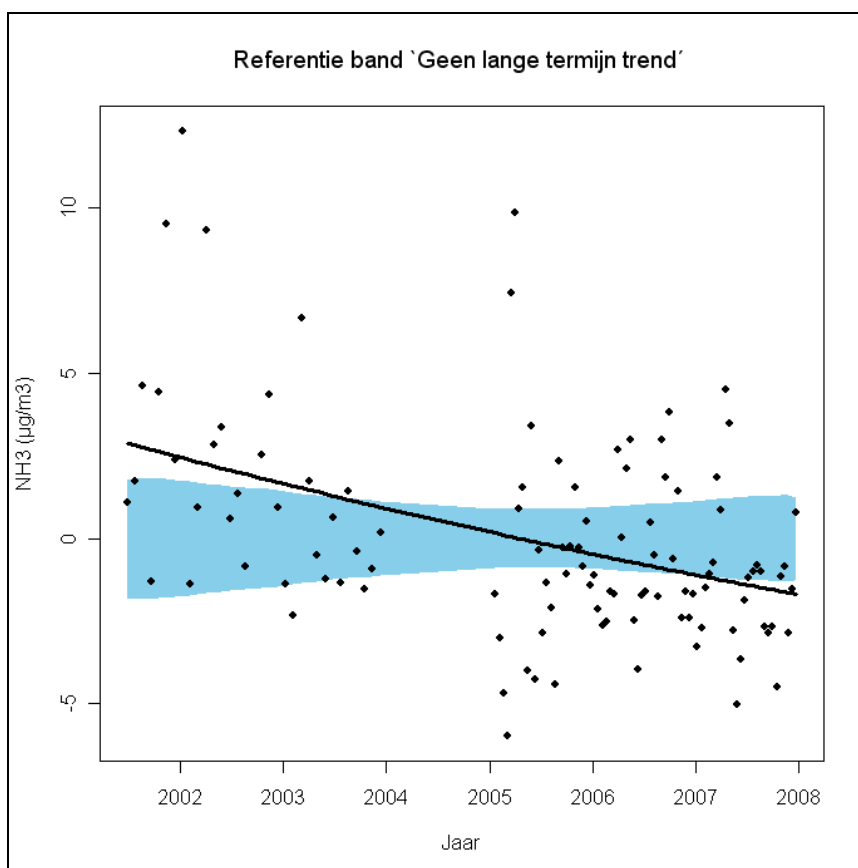
3.2. Referentiebanden

Het in sectie 3.1 voorgestelde semi-parametrische model is enkel zinvol als een lineaire afname of toename van de concentraties en depositiefluxen over de tijd verondersteld kan worden. Door de parametrische term opnieuw door een *smoother* met betrekkelijk grote bandbreedte te vervangen, zoals in Staelens et al. (2007), kan de vorm van de langetermijntrend gevisualiseerd worden. Dit wordt in Figuur 3.5 geïllustreerd voor de geschatte langetermijntrend voor de luchtconcentratie van NH₃ in Wingene. De zwarte lijn is een *smoother* met een bandbreedte die een matige niet-lineariteit toelaat. Toch benadert de vloeiende trendlijn van de *smoother* heel sterk een rechte lijn.

Voor de beschikbare meetperiode is een rechte lijn dus een aanvaardbare benadering voor de langetermijntrend voor de concentratie van NH₃. Mocht dit niet het geval zijn, dan zou de vloeiende lijn geen rechte benaderen. De vorm van de langetermijntrend kan dan eventueel een alternatief

functioneel verband suggereren. Merk op dat dankzij het gebruik van de *smoother* elke trend zal waargenomen worden, al dan niet lineair of monotoon.

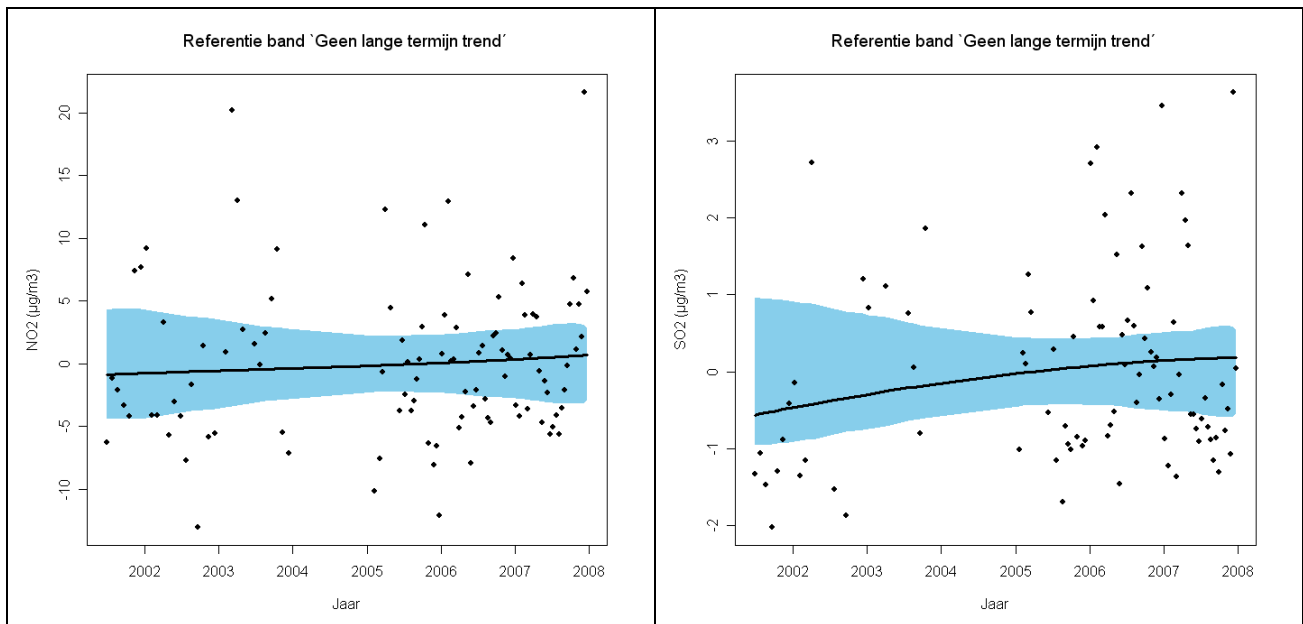
Door het aanbrengen van een zogenaamde referentieband (Bowman & Azzalini, 1997) kan bovendien ook gevisualiseerd worden of de waargenomen trend al dan niet significant ($\alpha = 0.05$) is. De referentieband of blauwe oppervlakte in Figuur 3.5 duidt immers de zone aan waar de trendlijn verwacht wordt indien er geen langetermijntrend aanwezig is. De vloeiende trendlijn voor de luchtconcentratie van NH_3 in Figuur 3.5 ligt aan het begin en het einde van de beschouwde periode duidelijk buiten de blauwe zone, wat dus duidt op een significante daling.



Figuur 3.5: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de luchtconcentratie ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 in meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007.

De vloeiende langetermijntrendlijnen van de luchtconcentraties en depositiefluxen in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' zijn weergegeven in Figuur 3.6 (luchtconcentraties) en in Figuur 3.7 a t.em. k. Op basis van deze figuren wordt besloten dat het aannemelijk is om de langetermijntrend voor de beschikbare meetperiode aan de hand van een rechte te modelleren.

De figuren van de referentiebanden voor de depositiefluxen voor de andere meetplaatsen worden getoond in Appendix 3a en b.



Figuur 3.6: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de luchtconcentratie ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NO_2 en SO_2 in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007

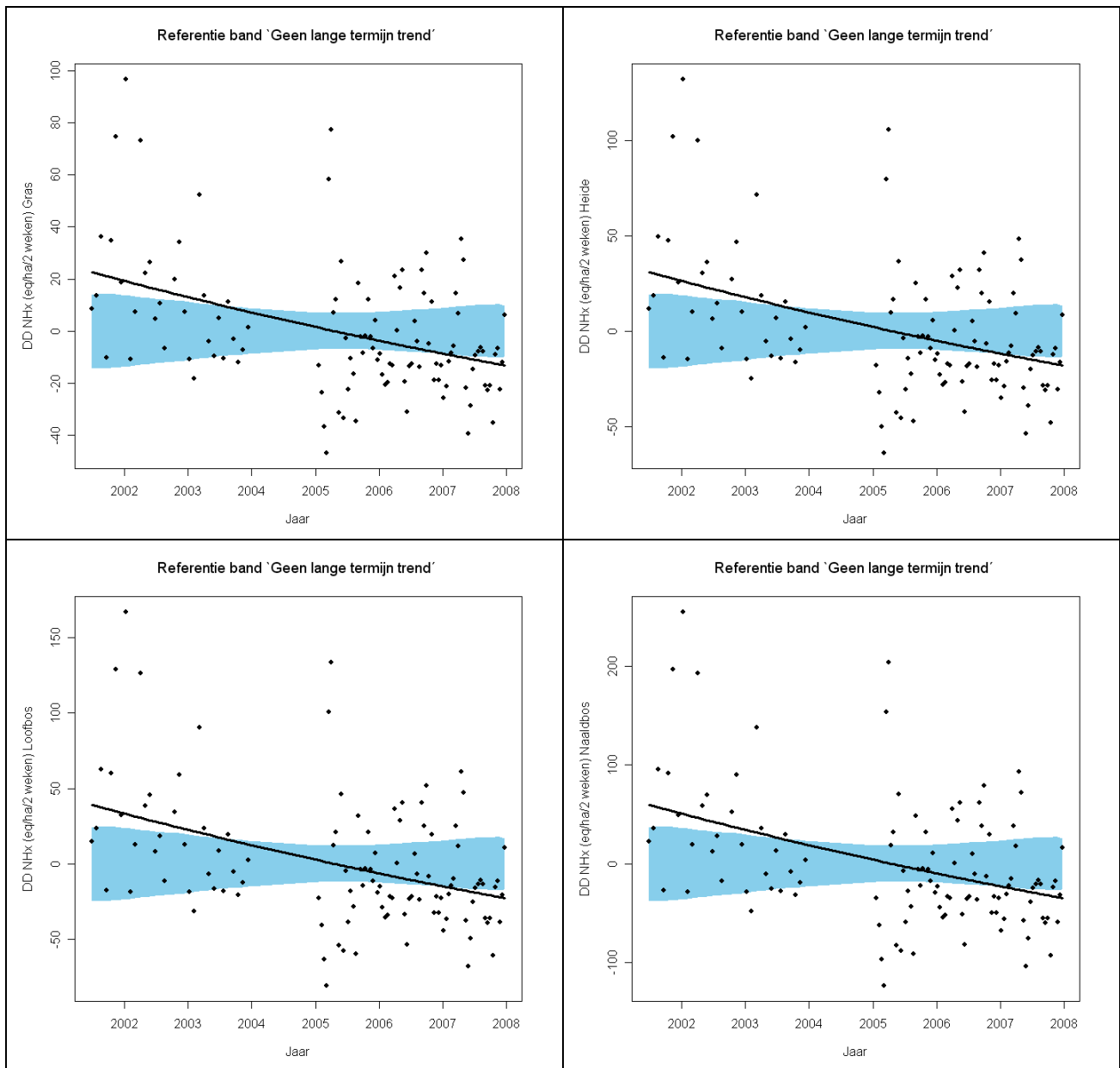
De visuele beoordeling kan aangevuld worden met benaderende F-testen voor lineariteit. Deze testten kunnen exploratief gebruikt worden om na te gaan of de langetermijntrend jaar na jaar al dan niet door een rechte kan benaderd worden. De p-waarden worden getabelleerd in Tabel 3.3, met als nulhypothese dat de langetermijntrend door een rechte kan gemodelleerd worden. Bovendien worden in deze tabel ook de resultaten van een benaderende F-test voor 'geen langetermijntrend' weergegeven. Indien deze testten wel een significant resultaat weergeven, dan toont de vloeiende langetermijntrend lijn de vorm van de gedetecteerde trend. Op basis van de referentiebanden en de benaderende F-testen voor 'geen langetermijntrend' worden dezelfde significante langetermijntrends waargenomen als deze in sectie 3.1. Dit geeft tevens vertrouwen in het gebruik van de benaderende F-testen voor lineariteit.

De tabellen met p-waarden voor de benaderende F-testen voor lineariteit en 'geen langetermijntrend' worden weergegeven in appendices 4a (luchtconcentraties) en 4b (depositiefluxen).

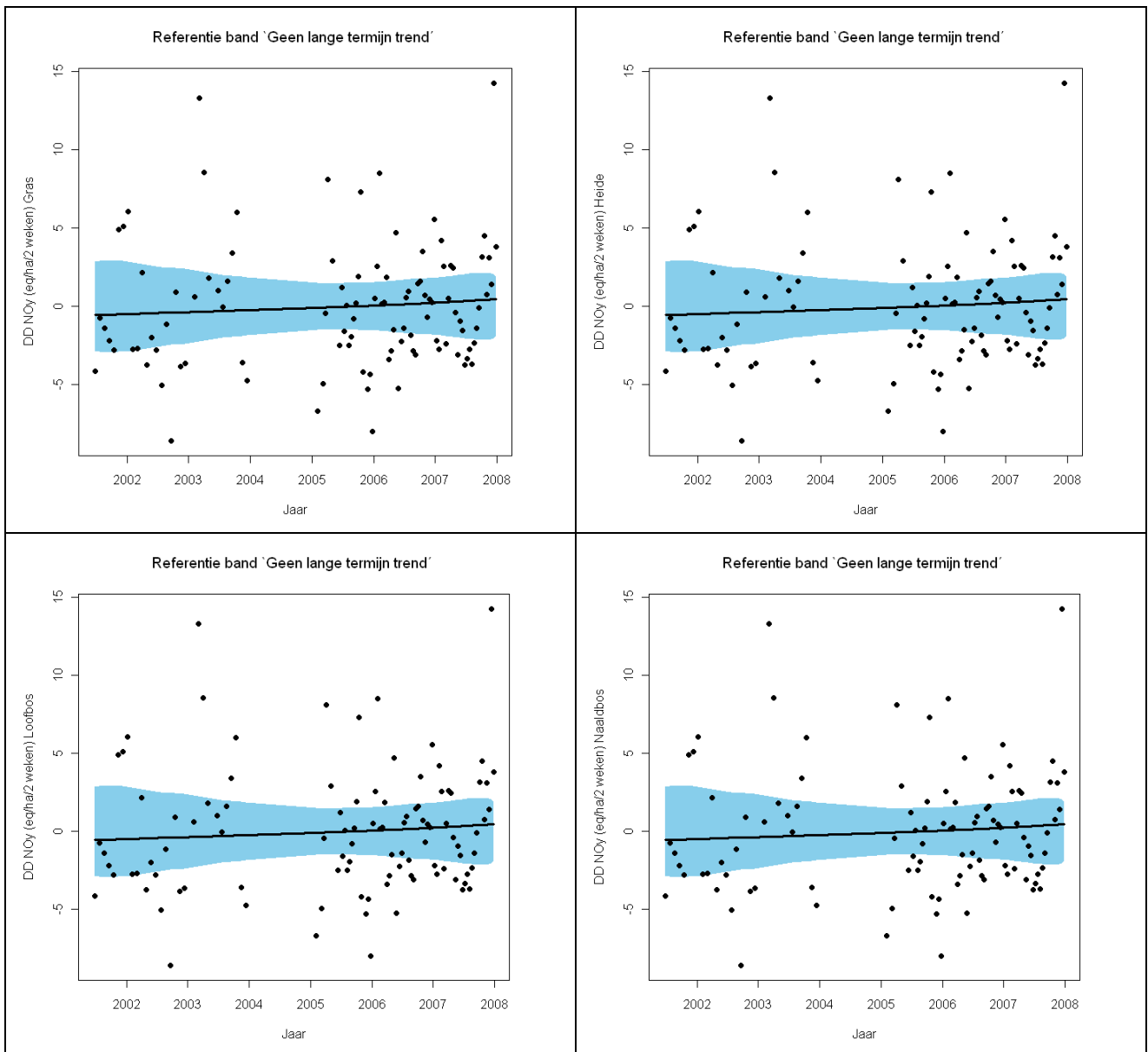
In de toekomst zullen er op basis van de bijkomende meetgegevens steeds betere uitspraken kunnen gedaan worden over de waargenomen langetermijntrends. Van zodra blijkt dat sommige langetermijntrends niet langer door een rechte kunnen benaderd worden, is het nodig om de semi-parametrische modellen in sectie 3.1 aan te passen voor een kwantitatieve beschrijving van de langetermijntrends. Uitspraken over het al dan niet detecteren van significante langetermijntrends kunnen zonder aanpassingen nog steeds gedaan worden op basis van de referentiebanden of de benaderende F-testen voor 'geen langetermijntrend'. De visualisatie van de langetermijntrends kan ook nog steeds gebeuren door de vloeiende langetermijntrendlijn.

Tabel 3.3: P-waarden voor de benaderende F-test voor lineariteit (lineair) en voor 'geen langetermijntrend' (geen LT) voor de meetplaats Wingene. Cursief: $0.05 < p < 0.10$; vet: $p < 0.05$.

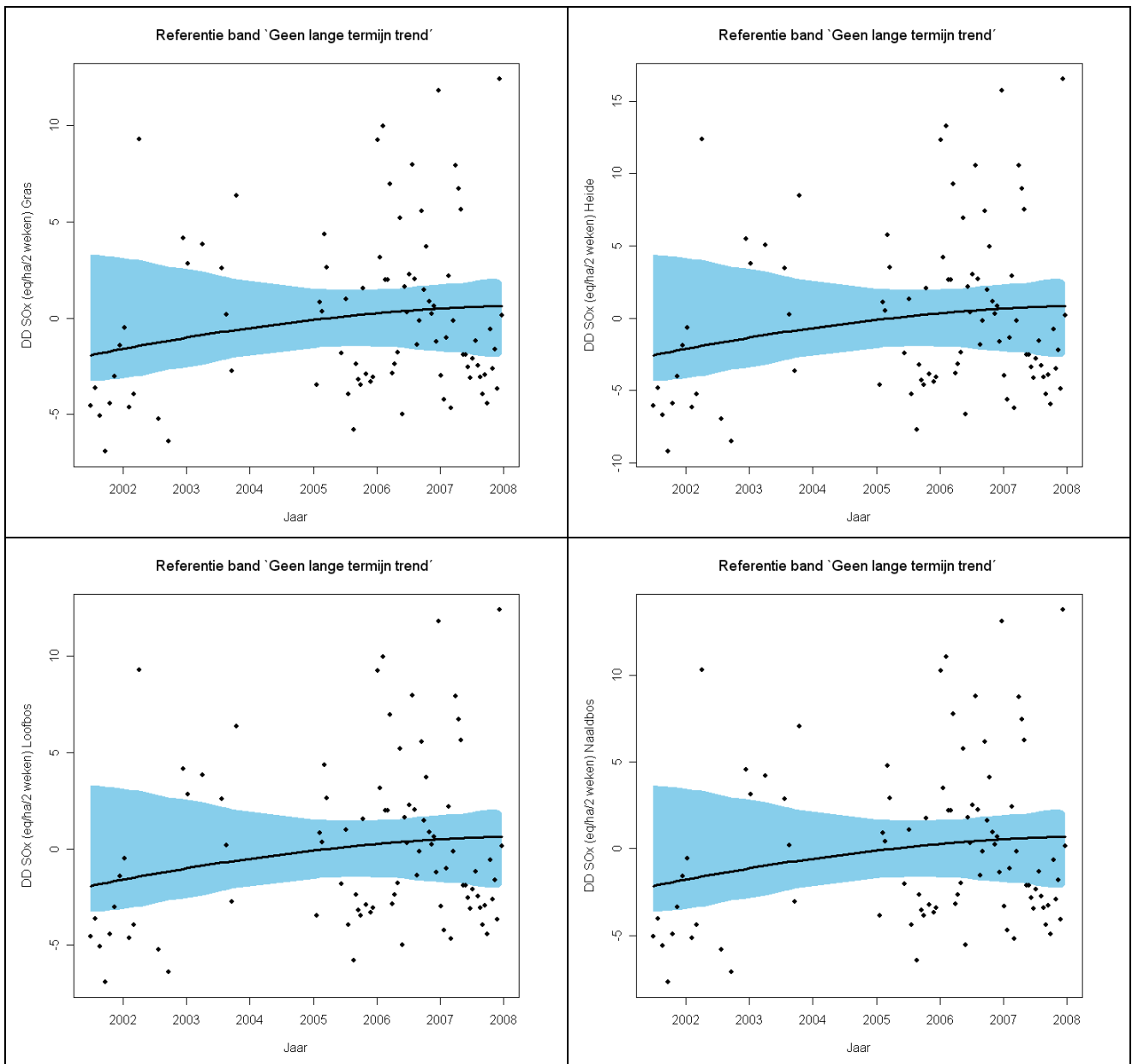
Variabele	Gras		Heide		Loofbos		Naaldbos	
	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT
NH ₃	0.108	<0.001						
NO ₂	0.203	0.281						
SO ₂	<i>0.062</i>	<i>0.050</i>						
DD NH _x	0.109	<0.001	0.109	<0.001	0.109	<0.001	0.109	<0.001
ND NH _x	<i>0.090</i>	<i>0.075</i>						
TD NH _x	0.171	<0.001	0.158	<0.001	0.151	<0.001	0.144	<0.001
DD NO _y	0.203	0.282	0.203	0.282	0.203	0.282	0.203	0.282
ND NO _y	0.117	<i>0.077</i>						
TD NO _y	0.316	0.860	0.316	0.860	0.316	0.860	0.316	0.860
DD SO _x	<i>0.062</i>	<i>0.050</i>	<i>0.062</i>	<i>0.050</i>	<i>0.062</i>	<i>0.050</i>	<i>0.062</i>	<i>0.050</i>
ND SO _x	<i>0.074</i>	0.026						
TD SO _x	0.365	0.772	0.286	0.565	0.365	0.772	0.338	0.703
DD N+S	<i>0.094</i>	<0.001	<i>0.095</i>	<0.001	<i>0.088</i>	<0.001	<i>0.086</i>	<0.001
ND N+S	<i>0.083</i>	0.045						
TD N+S	0.153	0.004	0.137	0.001	0.119	<0.001	0.110	<0.001
DD N	0.115	<0.001	0.118	<0.001	0.119	<0.001	0.122	<0.001
ND N	<i>0.095</i>	<i>0.069</i>						
TD N	0.186	<0.001	0.166	<0.001	0.156	<0.001	0.148	<0.001



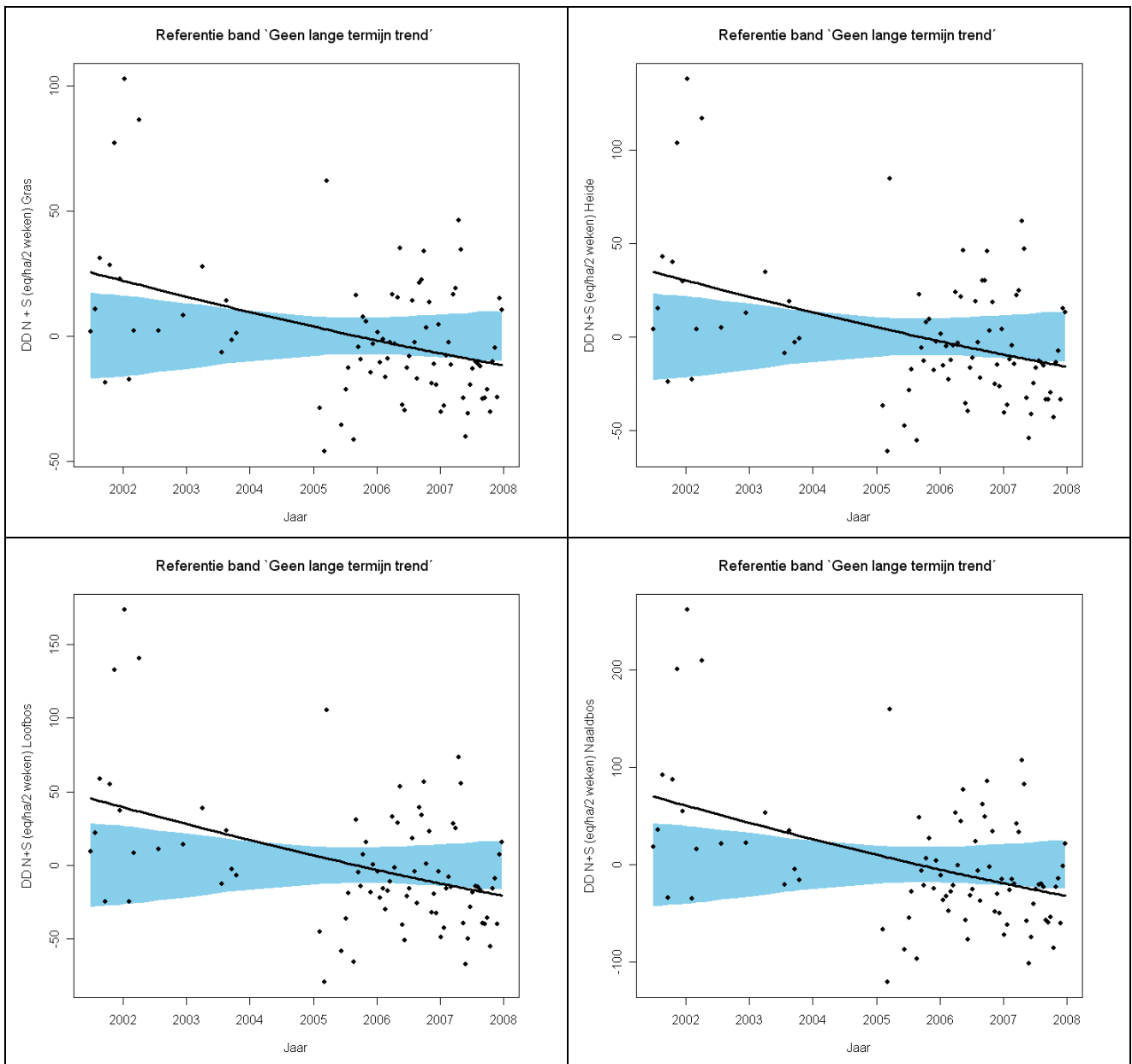
Figuur 3.7a: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de droge (DD) depositie ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) van NH_x in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



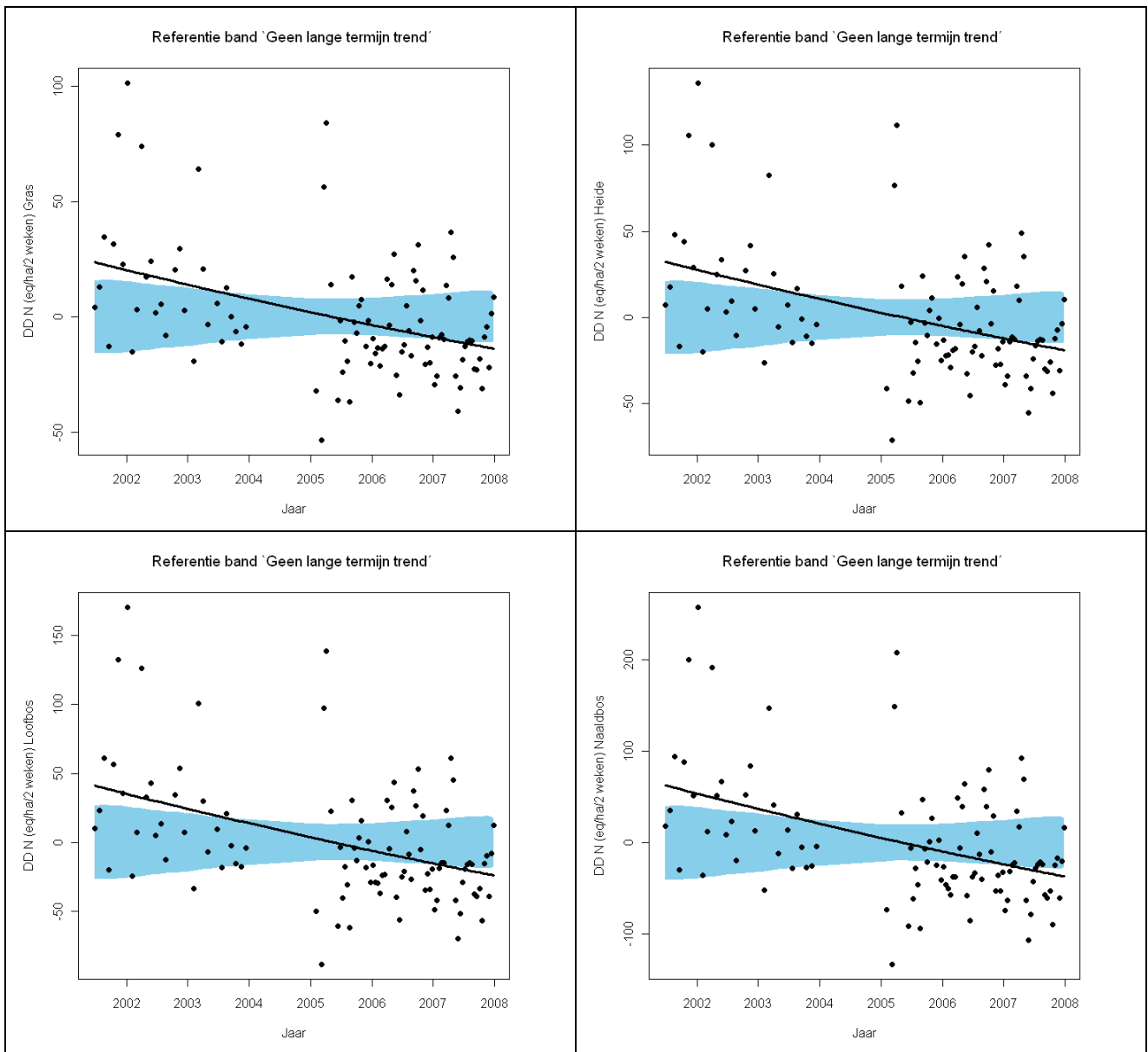
Figuur 3.7b: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de droge (DD) depositie ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) van NO_y in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



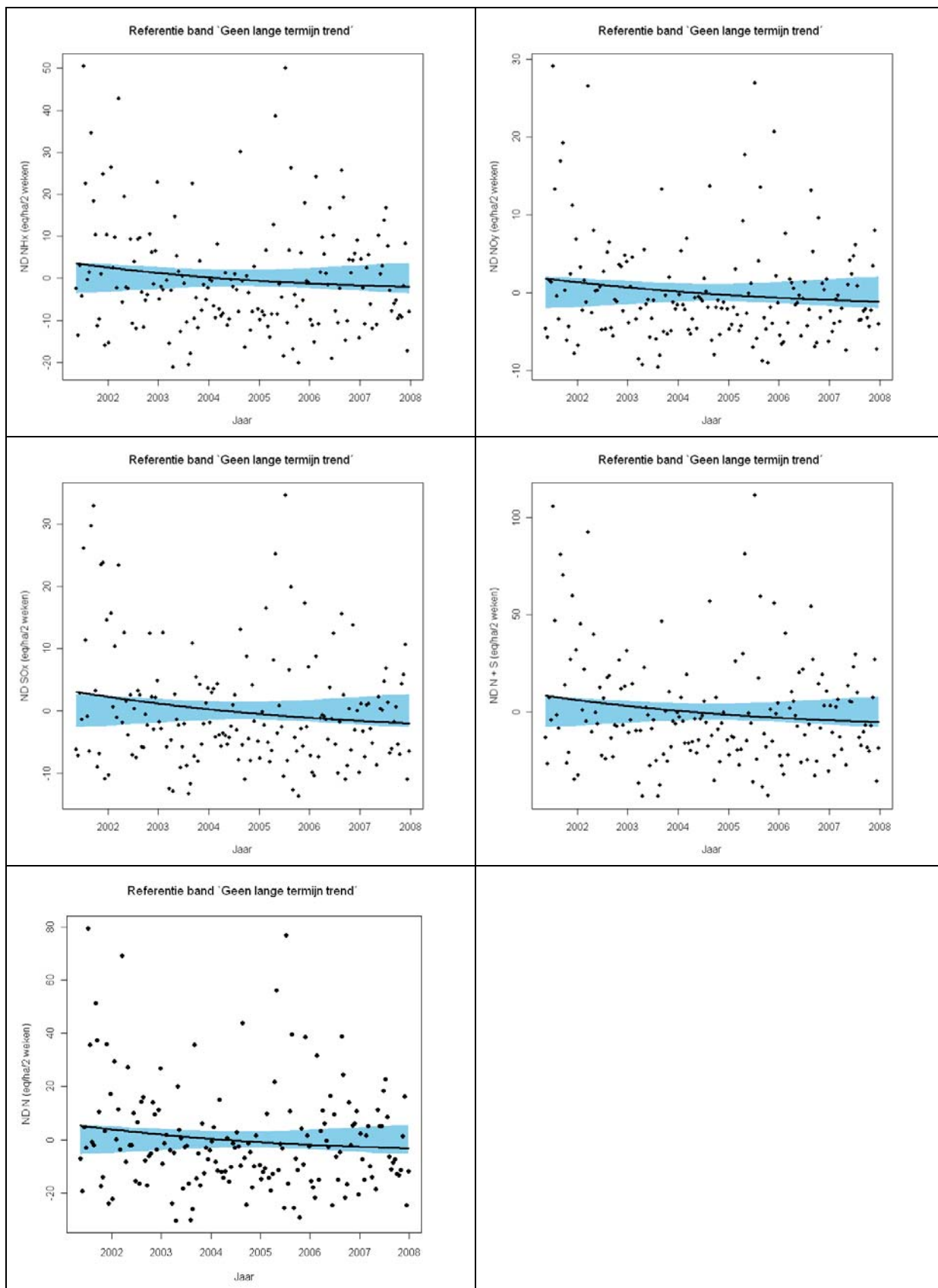
Figuur 3.7c: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de droge (DD) depositie (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) van SO_x in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



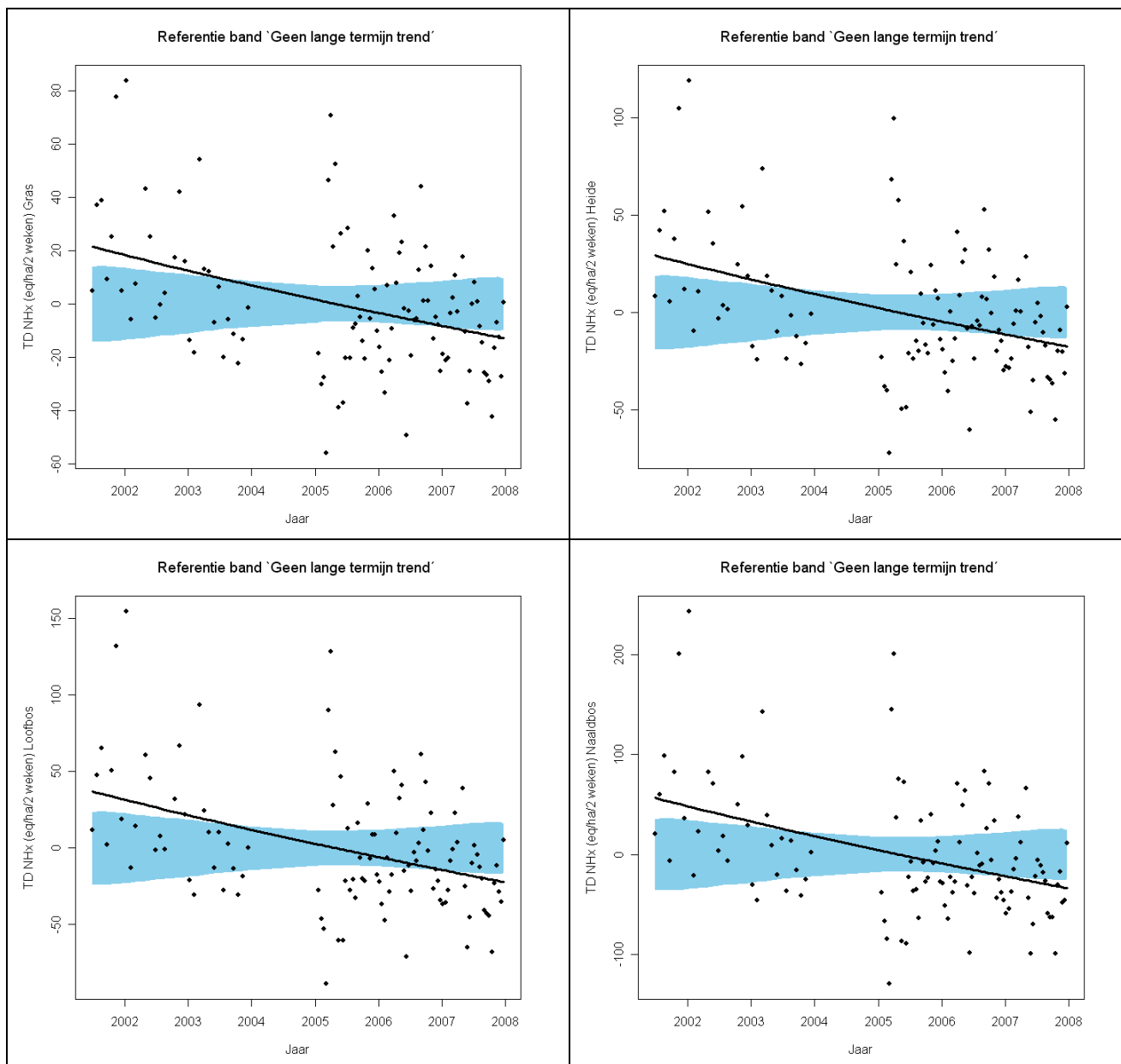
Figuur 3.7d: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de droge potentieel verzurende depositie (N+S; $\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



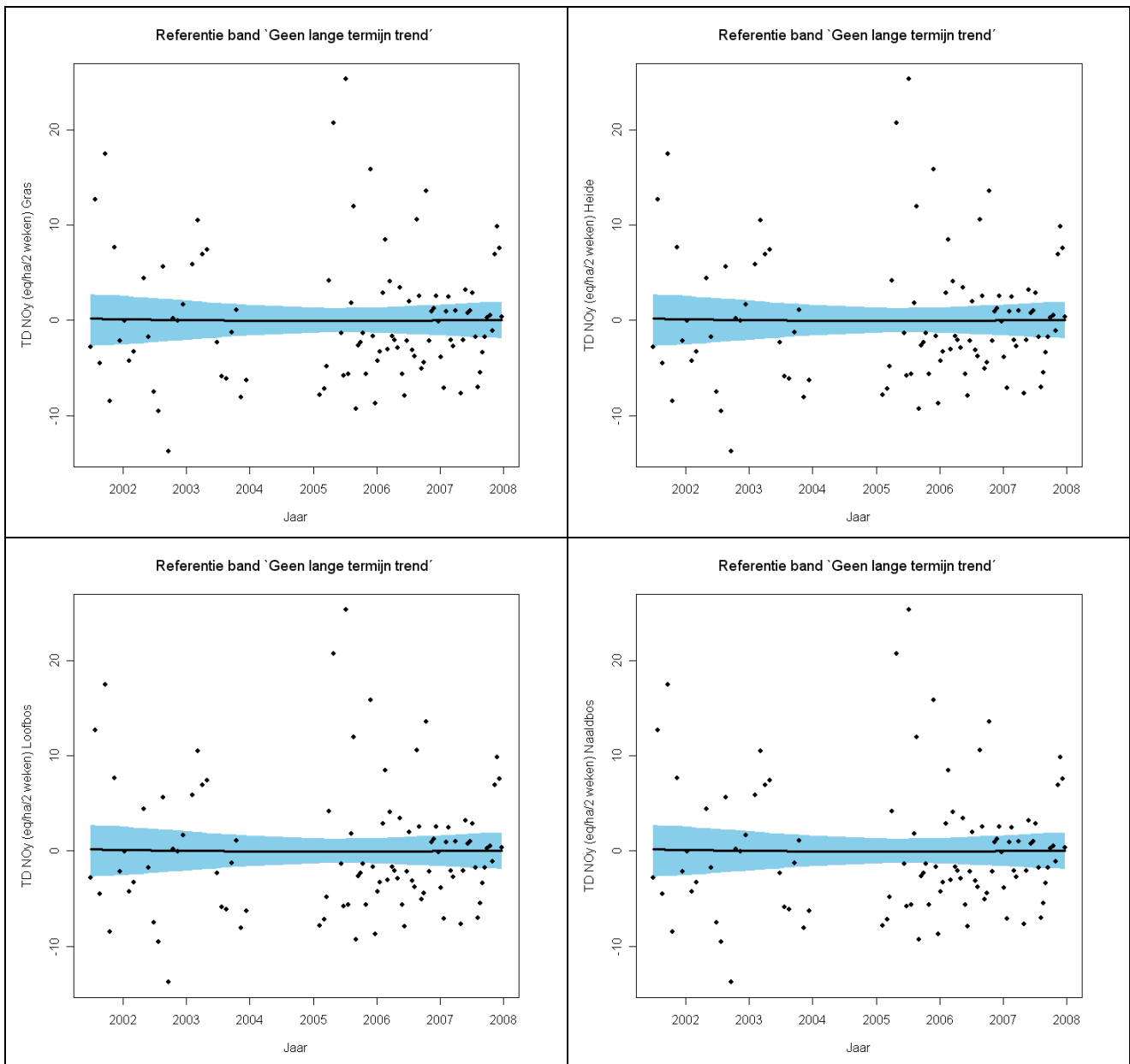
Figuur 3.7e: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de droge (DD) depositie ($\text{eq ha}^{-1} 2 \text{ weken}^{-1}$) van anorganische stikstof (N) in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



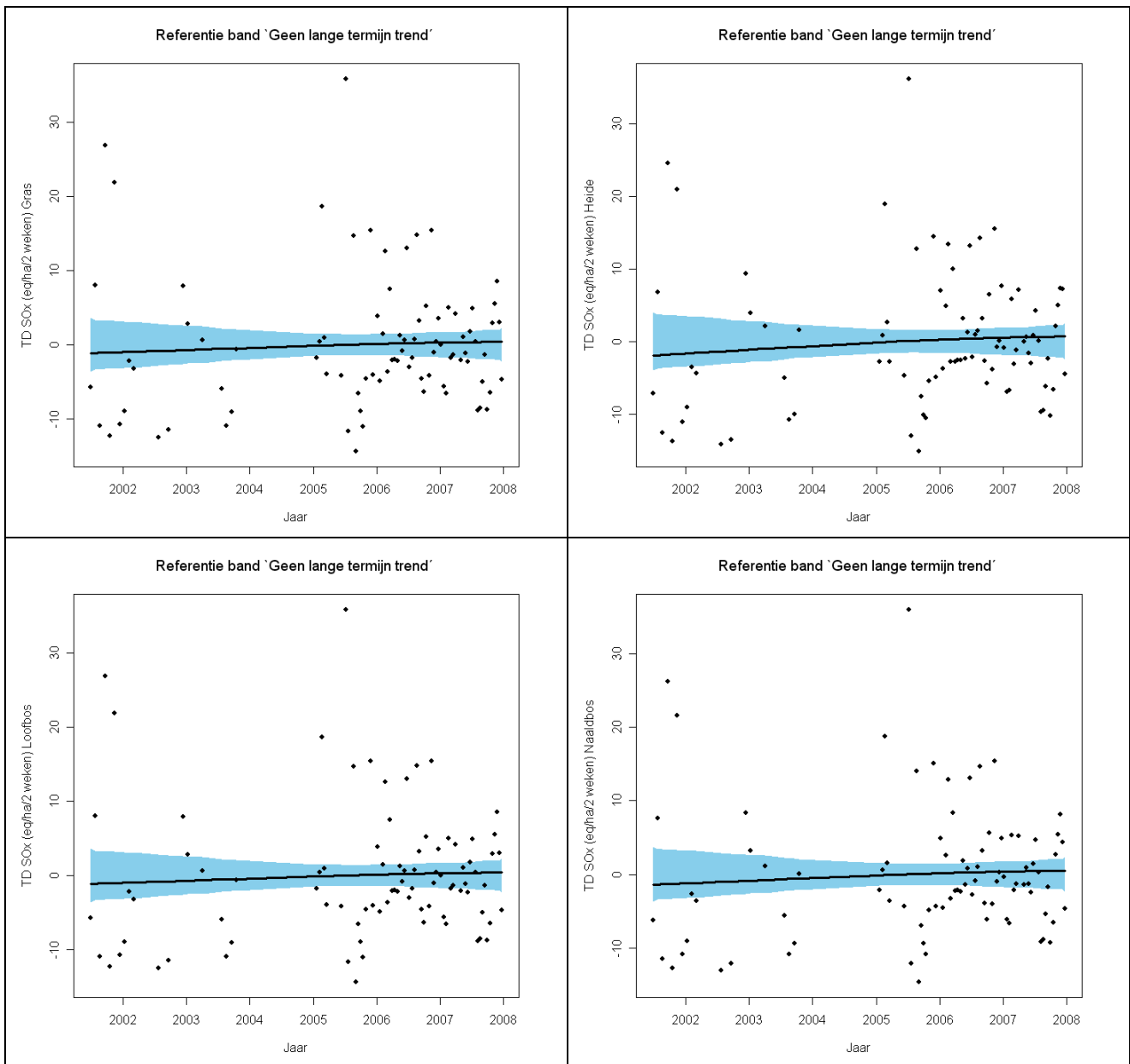
Figuur 3.7f: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de natte depositie (ND; $\text{eq ha}^{-1} \text{2 weken}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x , de som van potentieel verzurende pollutanten (N+S) en anorganische stikstof (N) in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



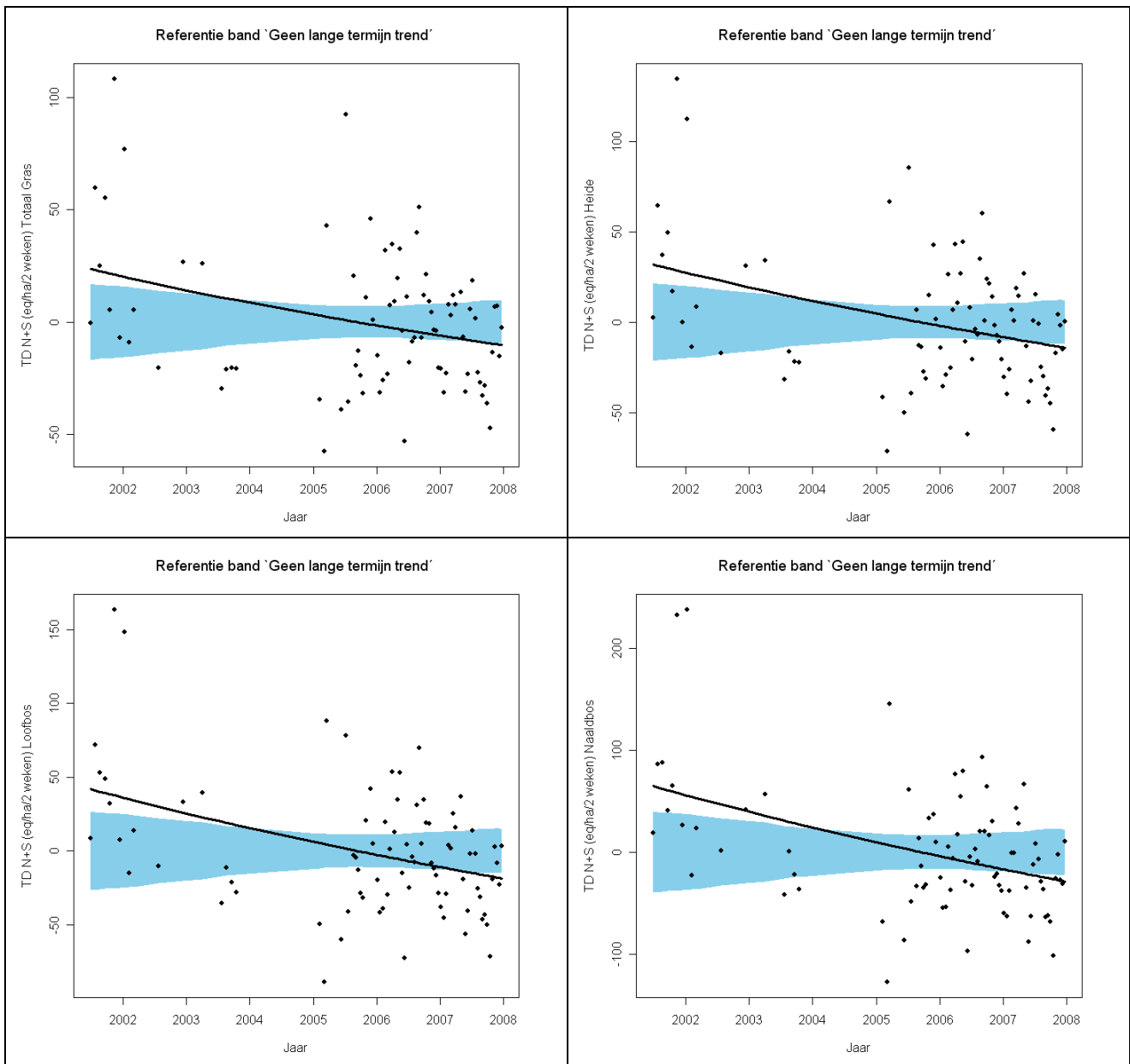
Figuur 3.7g: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de totale depositie (TD; eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) van NH_x in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



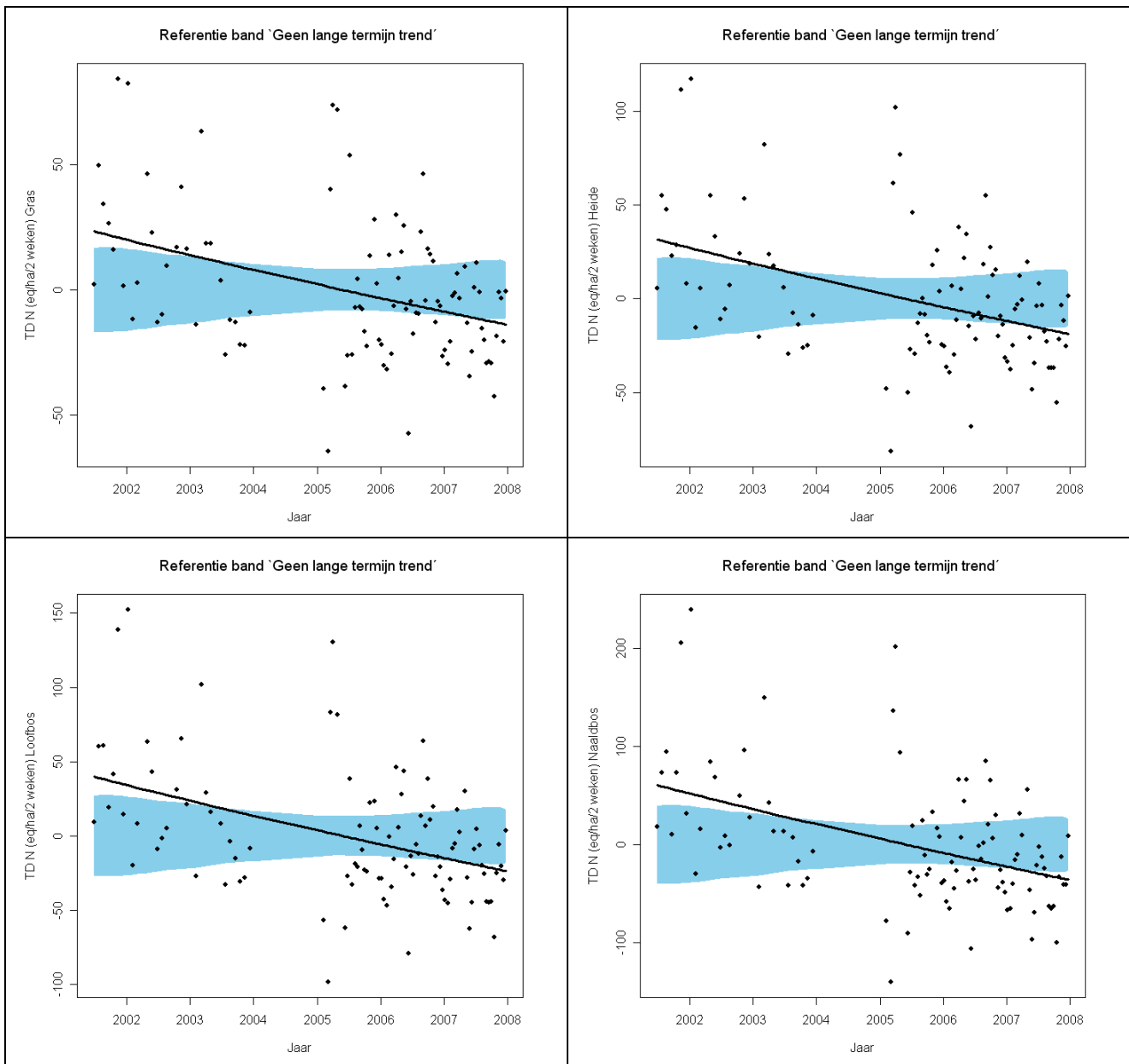
Figuur 3.7h: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de totale depositie (TD; eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) van NO_y in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



Figuur 3.7i: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de totale depositie (TD; eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) van SO_x in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007



Figuur 3.7j: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de totale potentieel verzurende depositie (N+S; eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007

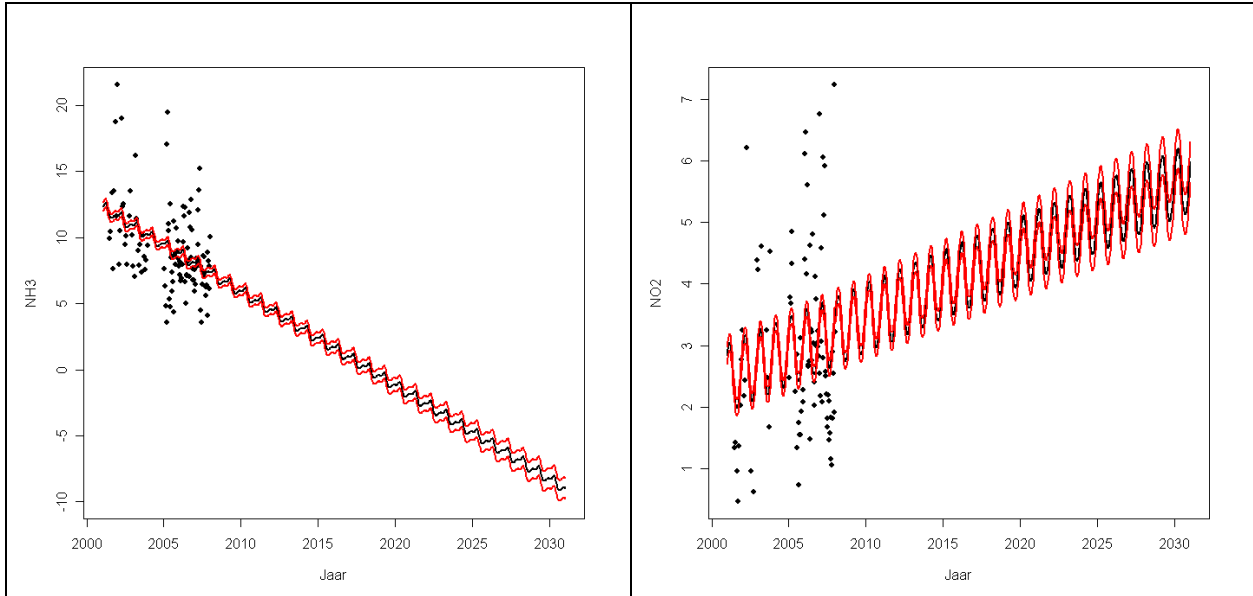


Figuur 3.7k: Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de totale depositie van anorganische stikstof (N; eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) in de meetplaats Wingene ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007

3.3. Langetermijnvoorspellingen

Op basis van de semi-parametrische modellen is het mogelijk om lange termijn voorspellingen te maken. Indien dit gebeurt, dienen deze voorspellingen met de grootste voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Figuur 3.8 toont lange termijn voorspellingen voor de gemiddelde luchtconcentraties (zwarte lijn) van NH₃ (links) en NO₂ (rechts) in Wingene, en illustreert het gevaar van dergelijke extrapolatie. Mocht de geschatte langetermijntrend over de meetperiode van 2001-2007 voor de tweewekelijkse gemiddelde luchtconcentratie van NH₃ zich verder zetten, dan zou vanaf het meetjaar 2018 de concentratie negatief worden.

Het is duidelijk dat deze sterke lineaire daling zich onmogelijk kan verder zetten. Jaar na jaar zal het noodzakelijk zijn om het verloop van de langetermijntrend op te volgen en wanneer nodig bij te sturen. Het lijkt ons dan ook niet zinvol om op basis van de momenteel beschikbare meetjaren en de geschatte langetermijntrends uitspraken te doen over lange termijn voorspellingen of powerberekeningen.



Figuur 3.8: Lange termijn voorspellingen voor de tweewekelijkse gemiddelde luchtconcentratie ($\mu\text{g m}^{-3}$) (zwarte lijn) van NH_3 (links) en NO_2 (rechts) met hun 95 % betrouwbaarheidsgrenzen

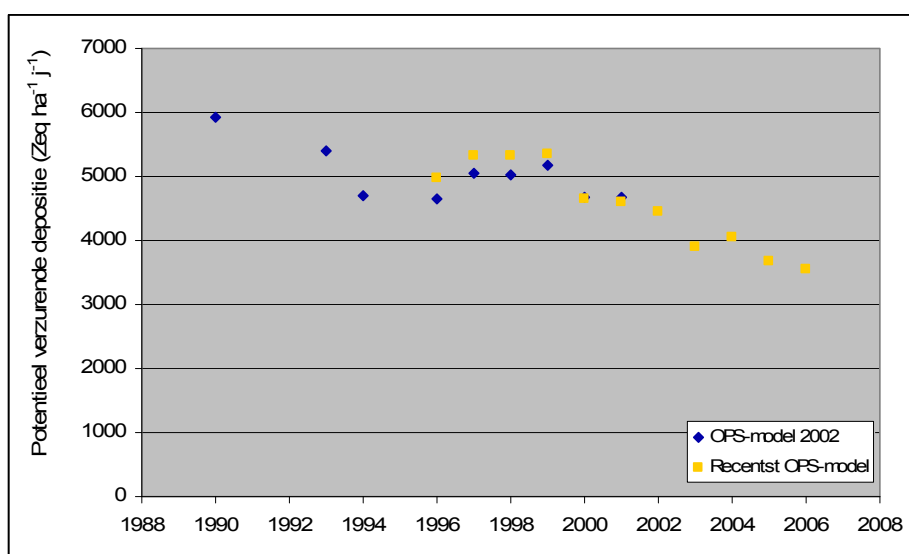
4. Lot 2: Trendanalyse OPS

Het OPS-model, ontwikkeld door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) (Van Jaarsveld 1989) en voor Vlaanderen geïmplementeerd door VITO in opdracht van de VMM, simuleert de actuele en toekomstige luchtkwaliteit op regionaal niveau (Vlaanderen). Het model berekent transport, verspreiding en depositie van verzurende stoffen (SO_x , NO_y , NH_x) en genereert als uitvoer concentratie- en depositieniveaus voor o.a. potentieel verzurende polluenten. Voor dit project werden de concentratie- en depositiefluxen berekend op een rooster van $1 \times 1 \text{ km}^2$ (kilometerhokken) en voor de specifieke meetstations van het meetnet verzuring.

Trendanalyses werden uitgevoerd op de door het OPS-model gegenereerde jaarlijkse gemiddelde luchtconcentraties van NH_3 , NO_2 en SO_2 en jaarlijkse droge, natte en totale depositie van NH_x , NO_y , SO_x en de potentieel verzurende polluenten. Deze trendanalyses werden uitgevoerd op drie ruimtelijke niveaus: (i) op de individuele kilometerhokken van de meetplaatsen van het meetnet verzuring (sectie 4.1), (ii) op niveau van alle Vlaamse kilometerhokken (sectie 4.2) en (iii) op niveau van alle kilometerhokken gelegen in 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' (sectie 4.3).

De OPS-modeldata voor het jaar 1990 en de jaren 1996-2006 werden betrokken in de analyses. Voor de jaren tussen 1990 en 1996 waren enkel de concentraties en depositiefluxen beschikbaar gesimuleerd met het voorgaande OPS-model (2002). Uit de vergelijking van de output van het oude model met die van het recentste model voor 1996-2001, blijken de data voor de tussenliggende jaren 1992, 1993, 1994 en 1995 niet bruikbaar te zijn voor de trendanalyse (Figuur 4.1). Bovendien leverde het oudere model enkel waarden voor totaal potentieel verzurende depositie op.

De analyse op het niveau van de individuele kilometerhokken van de meetplaatsen van het meetnet verzuring laat tevens toe om na te gaan of de trends in de meetdata van het meetnet overeenkomen met de trends in de jaarlijkse OPS-modeldata. Om deze vergelijking mogelijk te maken, werd de trendanalyse eveneens uitgevoerd op de meetperiode van het meetnet verzuring. Omdat de droge en natte depositiemetingen van start gingen in 2001, werd ervoor geopteerd om de trendanalyse op de OPS-modeldata uit te voeren op de periode 2001-2006.



Figuur 4.1: Vergelijking tussen de totale potentieel verzurende depositie gemodelleerd door het oudere OPS-model 2002 en het recentste OPS-model

Omdat deze OPS-modeldata gegenereerd zijn op jaarlijkse basis, zijn slechts een beperkt aantal datapunten voorhanden. Een klassieke parametrische regressie zou zeer gevoelig zijn voor *outliers* en de eerste en laatste meetjaren zouden zwaar doorwegen in het berekenen van de regressielijn. In wat volgt opteren we daarom voor een niet-parametrische trendanalyse, de Mann-Kendall-test, die toelaat om monotone (maar niet noodzakelijke lineaire) trends te detecteren. Indien de veronderstelling van een lineaire trend aanvaardbaar lijkt voor de beschouwde meetperiode, dan kan de eventuele trend in de vorm van een rechte worden weergegeven.

Met het oog op het vergelijken van geschatte trends voor het meetnet en geschatte trends voor de OPS-modeldata, worden ook trendanalyses heruitgevoerd op meetdata van het meetnet verzuring met dezelfde Mann-Kendall-testen op basis van jaarlijkse luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) en depositiefluxen ($\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) (sectie 4.1). Er kan immers pas een 'eerlijke' vergelijking uitgevoerd worden wanneer beide testen dezelfde nulhypothese hebben en de kracht van de testen ongeveer dezelfde is. De GAM-modellen testen enkel voor een lineaire trend, terwijl de Mann-Kendall test voor alle monotone trends test. Het is te verwachten dat de test op basis van tweewekelijkse data in het algemeen een grotere kracht zal bezitten dan een test op basis van slechts enkele jaarlijkse datapunten. Toch is het zinvol om de resultaten van de GAM-modellen naast de resultaten van de Mann-Kendall testen te rapporteren, om te zien of de Mann-Kendall testen in het algemeen wel voldoende kracht hebben om significante trends te detecteren.

In secties 4.2 en 4.3 wordt door middel van *Regional* Kendall-testen nagegaan of een gezamenlijke gemiddelde tijdstrend kan worden vooropgesteld voor de OPS-modeldata voor alle beschouwde meetplaatsen van het meetnet en alle kilometerhokken van Vlaanderen.

4.1. Individuele meetplaatsen

Voor elke meetplaats werden door het OPS-model luchtconcentraties en depositieniveaus gegenereerd en deze werden voor iedere meetplaats afzonderlijk onderzocht op het optreden van een significante tijdstrend. Voor meetplaats Wingene toont Tabel 4.1 de helling en de p-waarde van de tijdstrend in de met OPS gegenereerde luchtconcentraties en droge, natte en totale depositiefluxen van NH_x , NO_y , SO_x en de totale potentieel verzurende depositie in de periode 1990-2006 en de periode 2001-2006, die vrijwel samenvalt met de meetperiode van het meetnet verzuring 2002-2007. Figuur 4.2 en Figuur 4.3 tonen de tijdstrend in de door OPS gegenereerde luchtconcentraties en depositieniveaus (droge, natte en totale depositie), respectievelijk, voor de meetplaats Wingene in beide beschouwde periodes.

De resultaten van de trendanalyses m.b.v. de Mann-Kendall-testen op de jaarlijkse gemeten concentraties en depositiefluxen in de meetplaats Wingene van het meetnet verzuring zijn eveneens aan Tabel 4.1 toegevoegd. Om het overzicht te bewaren, werden de resultaten van het meetnet in Tabel 4.1 enkel weergegeven voor het vegetatietype gras. De tijdstrends in de meetdata van het meetnet volgens de Mann-Kendall-testen zijn weergegeven in Figuur 4.4 a, b en c in vergelijking met de tijdstrends in de OPS-modeldata, en dit zowel voor gras als naaldbos. De resultaten van de Mann-Kendall-testen op de luchtconcentraties en de depositiefluxen in de andere meetplaatsen van het meetnet zijn weergegeven in Appendix 5 en Appendix 6, respectievelijk.

Merk op dat de trendanalyses op de meetdata van het meetnet zowel uitgevoerd werd op jaarlijkse als op tweewekelijkse luchtconcentraties. Hoewel een trendanalyse op basis van GAM-modellen de voorkeur geniet voor de meetdata van het meetnet, werden ook voor het meetnet Mann-Kendall testen op jaarlijkse data gerapporteerd om een 'eerlijke' vergelijking met de OPS-resultaten toe te laten. De Mann-Kendall testen testen immers voor een bredere waaier aan mogelijke trends, daar niet alleen lineaire, maar alle monotone trends kunnen gedetecteerd worden. Bovendien zijn er

duidelijke verschillen te verwachten tussen de resultaten van methoden die slechts op enkele datapunten gebaseerd zijn en de resultaten van statistische toetsen gebaseerd op enkele honderden datapunten.

Tabel 4.1: De helling en de p-waarde voor de langetermijntrend in NH₃, NO₂ en SO₂ luchtconcentraties (µg m⁻³) en natte (ND), droge (DD) en totale (TD) depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x en de totale potentieel verzurende pollutanten in de meetplaats Wingene, op basis van jaarwaarden gesimuleerd met OPS en op basis van tweewekelijkse waarden van het meetnet verzuring. Voor droge en totale depositie bepaald in het meetnet zijn enkel de resultaten voor het vegetatietype 'gras' weergegeven; de resultaten voor de andere vegetatietypes zijn gelijkaardig (zie Lot 1). Zowel voor data gegenereerd door OPS als die van het meetnet geeft de helling van de tijdstrend de jaarlijkse toename (positief) of afname (negatief) in luchtconcentratie (µg m⁻³) of depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹). Cursief: p < 0.1; vet: p < 0.05.

Variabele	OPS				Meetnet			
	1990-2006		2001-2006		Kendall (2002-2007)		GAM (2001-2007)	
	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde ¹
Luchtconc.								
NH ₃	-1.07	0.004	-0.80	<i>0.085</i>	-0.24	0.027	-0.71	< 0.001
NO ₂	0.22	0.535	-0.22	0.566	0.26	0.806	0.23	0.607
SO ₂	-0.32	0.005	-0.21	<i>0.060</i>	-0.21	0.462	0.11	0.158
Depositie								
DD NH _x	-244.67	0.001	-173.33	0.024	-119.25	0.027	-145.08	< 0.001
ND NH _x	-44.50	0.034	-55.00	0.260	5.00	1.000	-22.88	<i>0.076</i>
TD NH _x	-325.83	0.001	-230.00	0.024	-162.25	0.221	-140.14	< 0.001
DD NO _y	-23.05	0.011	-41.00	0.024	10.20	0.462	3.90	0.608
ND NO _y	-2.11	0.148	-7.20	0.707	-0.02	1.000	-12.22	<i>0.085</i>
TD NO _y	-27.18	0.004	-56.20	0.009	-2.58	0.806	-0.52	0.962
DD SO _x	-30.00	< 0.001	-24.00	0.024	3.10	1.000	10.14	0.158
ND SO _x	-9.80	0.009	-9.60	0.452	0.67	1.000	-20.54	0.029
TD SO _x	-38.60	< 0.001	-30.00	0.133	-6.04	0.462	5.20	0.625
DD N+S	-313.15	< 0.001	-227.50	0.009	-146.12	<i>0.086</i>	-147.42	< 0.001
ND N+S	-57.02	0.011	-71.00	0.133	-24.00	1.000	-55.64	0.047
TD N+S	-374.58	< 0.001	-283.00	0.024	-177.62	0.462	-137.02	0.002

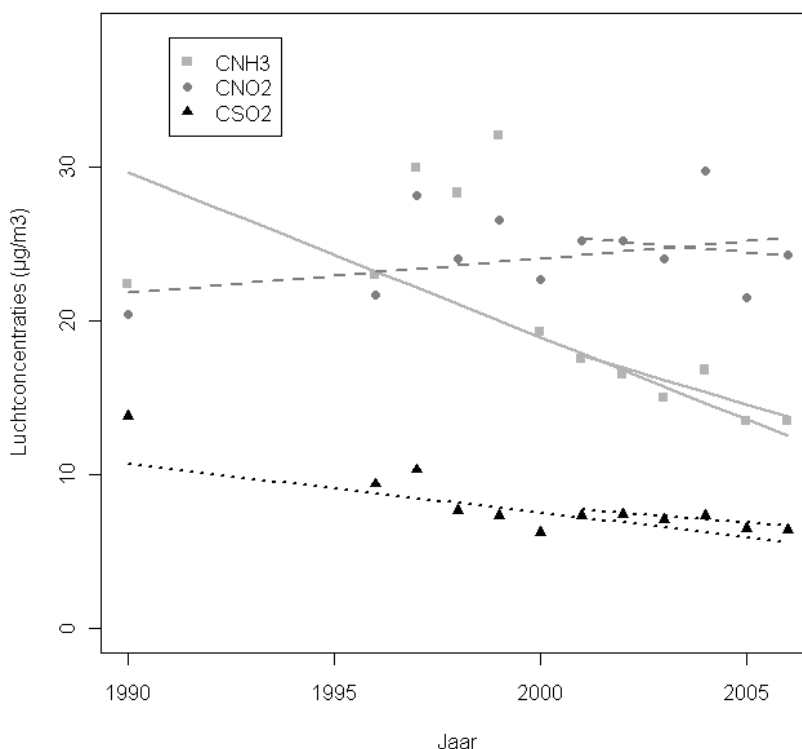
¹ p-waarde rekening houdend met de seizoenale correlatie op basis van een AR1 covariantiestructuur

4.1.1. Resultaten OPS-modeldata

Ter hoogte van de meetplaats Wingene vertonen de OPS-luchtconcentraties van NH₃ en SO₂ voor de periode 1990-2006 een significant dalende trend, met de sterkste daling voor NH₃. Deze trends zijn weerspiegeld in de depositie: de droge, natte en totale depositie van NH_x, NO_y en SO_x tonen een significant dalende trend over de periode 1990-2006, met uitzondering van de natte depositie van NO_y. De sterkste daling in depositie wordt waargenomen voor NH_x, met een gemiddelde jaarlijkse afname van 326 eq ha⁻¹ jaar⁻¹, voornamelijk als gevolg van een daling in de droge

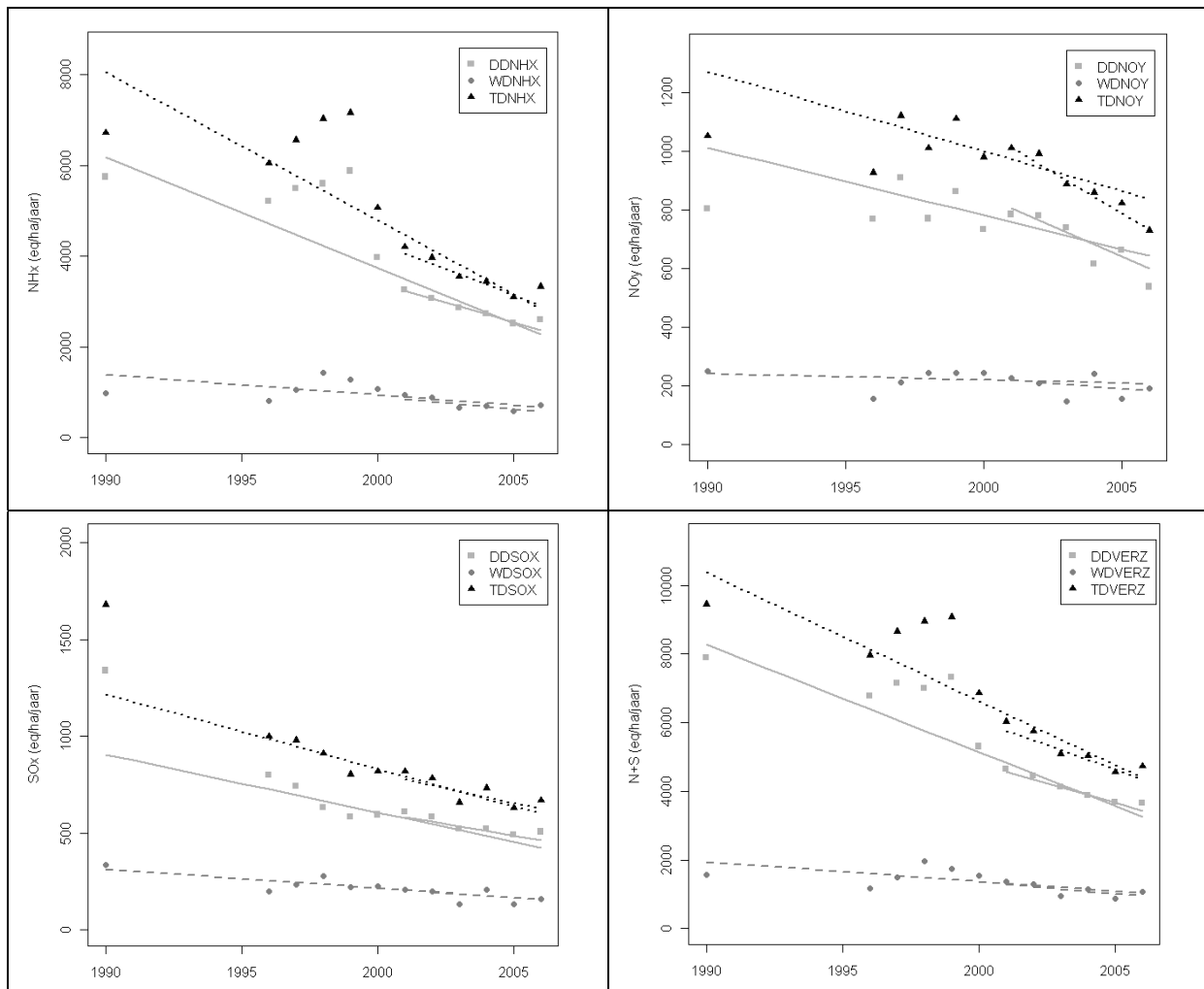
depositie. Sinds 1990 neemt de totale depositie van NO_y en SO_x jaarlijks af met gemiddeld 27 en 39 eq ha^{-1} jaar $^{-1}$, respectievelijk. De totale potentieel verzurende depositie neemt jaarlijks af met 375 eq ha^{-1} jaar $^{-1}$, hoofdzakelijk door een afname van de droge depositie van NH_3 .

Voor de periode 2001-2006 zijn de dalingen in NH_3 -luchtconcentraties en depositie van NH_x en de potentieel verzurende pollutanten minder spectaculair in vergelijking met de ganse periode vanaf 1990, wat wijst op een afvlakking van de dalende trend gedurende de laatste jaren. De afname in NO_y -depositie daarentegen is twee maal groter in de periode 2001-2006 dan in de periode 1990-2006. De afname van SO_x blijkt gelijkaardig te zijn over de twee beschouwde periodes. Significante afnames in totale depositie blijken voornamelijk een gevolg te zijn van significante afnames in droge depositie; de dalende trends van natte depositie blijken niet significant te zijn voor de periode 2001-2006.



Figuur 4.2: Tijdstrend in de door OPS gegenereerde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 ter hoogte van de meetplaats Wingene voor de periodes 1990-2006 en 2001-2006

De resultaten en figuren van de trendanalyses op de OPS-modeldata van de overige meetplaatsen zijn weergegeven in Appendices 7 (luchtconcentraties) en 8 (depositiefluxen). Voor de periode 1990-2006 werden in alle meetplaatsen behalve Bonheiden, Mol/Retie en Zwevegem significant dalende trends in de door OPS gemodelleerde NH_3 -luchtconcentratie waargenomen, waarbij de grootste gemiddelde daling werd geobserveerd ter hoogte van de meetplaats Wingene (gebied met sterk agrarisch karakter; jaarlijkse afname van $1.07 \mu\text{g m}^{-3}$) en de kleinste daling in Koksijde (jaarlijkse afname van $0.09 \mu\text{g m}^{-3}$). Ter hoogte van alle meetplaatsen werd een significante daling in de gemodelleerde SO_2 -luchtconcentraties gevonden, met de sterkste afname voor de meetplaatsen dicht gelegen bij industrie (Gent en Kapellen) en de zwakste afname voor de meetplaatsen gelegen in buitengebied (Tielt-Winge en Wingene). Voor de OPS-luchtconcentratie van NO_2 werden geen significante tijdstrends waargenomen. Significante dalende luchtconcentraties in de periode 2001-2006 werden enkel waargenomen voor NH_3 in Gent, Kapellen, Maasmechelen en Tielt-Winge en voor SO_2 in Maasmechelen, Tielt-Winge, Mol/Retie en Zwevegem. Voor SO_2 zijn de afnames kleiner voor 2001-2006 dan voor 1990-2006, voor NH_3 zijn ze gelijkaardig.



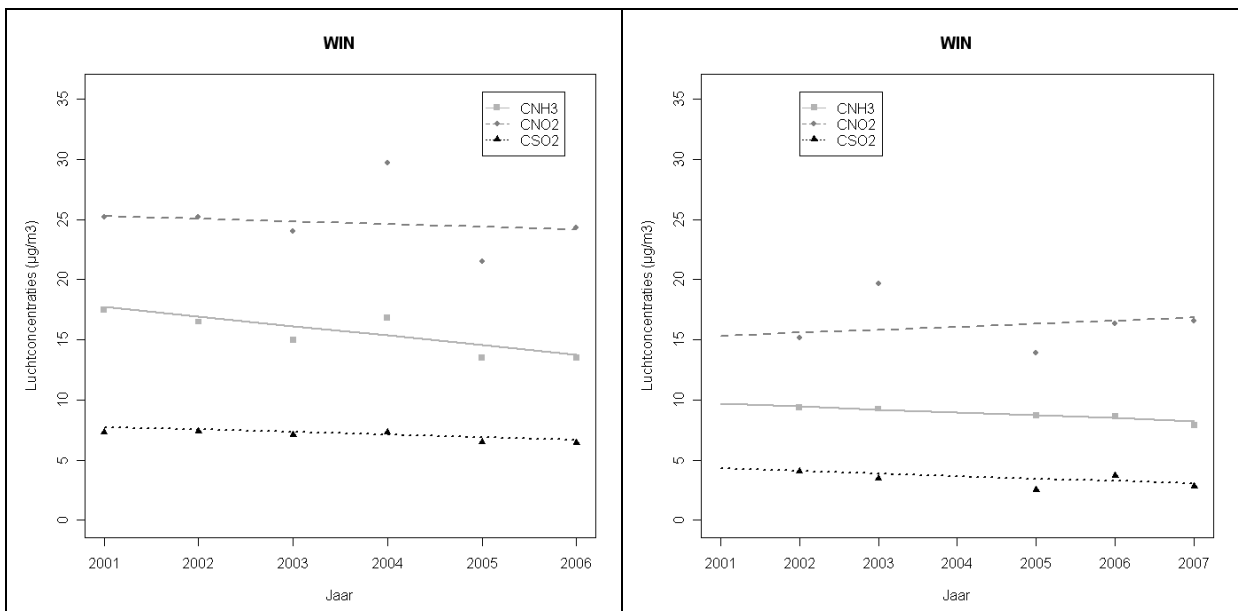
Figuur 4.3: Tijdstrend in de door OPS gegenereerde droge (DD), natte (WD) en totale (TD) depositie ($\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x en de potentieel verzurende polluenten (N+S) ter hoogte van de meetplaats Wingene voor de periodes 1990-2006 en 2001-2006

De natte depositie van NO_y vertoont geen significante trend in de periode 1990-2006, terwijl de natte depositie van SO_x een significant dalende trend vertoont in alle meetplaatsen behalve Kapellen, Mol/Retie en Zwevegem. De natte depositie van NH_x neemt enkel significant af tussen 1990 en 2006 voor de meetplaatsen Gent, Kapellen, Mol/Retie en Wingene. De droge depositie van NH_x , NO_y , SO_x en de potentieel verzurende polluenten daalt significant tussen 1990 en 2006, al zijn de afnames van de droge depositie van NO_y slechts marginaal significant voor de meetplaatsen Gent en Kapellen. De sterkste daling in de droge depositie van NH_x en de som van potentieel verzurende polluenten tussen 1990 en 2006 werd waargenomen ter hoogte van de meetplaats Wingene (245 en $313 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ per jaar, resp.). De sterkste daling in de droge depositie van NO_y en SO_x vond plaats ter hoogte van de meetplaats Kapellen (30 en $125 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ per jaar, resp.). De totale potentieel verzurende depositie kende in de periode 1990-2006 de sterkste afname ter hoogte van de meetplaatsen in Wingene ($375 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ per jaar, waarvan bij benadering 87 % NH_x en 10 % SO_x) en Gent ($278 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ per jaar, waarvan bij benadering 53 % NH_x en 43 % SO_x). De zwakste daling in totale potentieel verzurende depositie werden geregistreerd in Tielt-Winge ($93 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ per jaar) en Koksijde ($102 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ per jaar).

4.1.2. Vergelijking resultaten OPS-modeldata en meetnetdata

De Mann-Kendall-testen uitgevoerd op de gemeten, jaarlijkse luchtconcentraties en depositiefluxen van de meetplaats Wingene, tonen opmerkelijk minder significante tijdstrends dan de resultaten van de GAM-modellen. Enkel de luchtconcentratie van NH_3 en de droge depositie van NH_x vertonen een significante tijdstrend, met een gemiddelde jaarlijkse afname van $0.24 \mu\text{g m}^{-3}$ en $119 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Er werd slechts een marginaal significante trend in droge potentieel verzurende depositie waargenomen, met een gemiddelde jaarlijkse afname van $146 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, en geen significante tijdstrend in de totale potentieel verzurende depositie volgens de Mann-Kendall-test. In vergelijking met de GAM-modellen uitgevoerd op tweewekelijkse data blijkt de Mann-Kendall-test dus minder krachtig omdat door het gebruik van de jaardepositiefluxen veel informatie verloren gaat die de tweewekelijkse data bevatten.

Wanneer we voor de meetplaats Wingene de tijdstrends in de door OPS gegenereerde luchtconcentraties vergelijken met die in de data van het meetnet verzuring (Tabel 4.1 en Figuur 4.4 a, b en c), dan blijkt dat (i) de luchtconcentraties van het meetnet algemeen lager liggen dan de luchtconcentraties volgens OPS, (ii) de tijdstrend in NH_3 -concentraties duidelijker is voor OPS dan voor het meetnet en (iii) de tijdstrend voor NO_2 -concentraties licht dalend is in de OPS-modeldata maar licht stijgend in het meetnet, hoewel de trend in het meetnet niet significant is. Voor NH_x -depositie blijken de trends in OPS- en meetdata overeen te komen. Voor de depositie van NO_y zijn de dalende trends in de natte en totale depositie sterker in de OPS-modeldata dan in het meetnet; voor de droge depositie van NO_y werden zelfs tegengestelde trends vastgesteld, al is enkel de dalende trend in de OPS-modeldata significant. De dalende trend in de droge en natte depositie van SO_x volgens OPS, waarvan enkel die in droge depositie significant is, werd niet teruggevonden in de depositie volgens het meetnet. Dezelfde trends in potentieel verzurende depositie werden gevonden in de OPS-modeldata en de meetdata, maar (i) de daling in totale potentieel verzurende depositie was significant voor OPS en niet voor de meetdata en (ii) de gemiddelde jaarlijkse afname is groter voor de OPS-modeldata dan voor de meetnetdata. Zo zou de door OPS gegenereerde totale potentieel verzurende depositie jaarlijks afnemen met gemiddeld $283 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, terwijl dit in het meetnet gemiddeld maar $178 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ zou bedragen.



Figuur 4.4a: Vergelijking tussen tijdstrends in de door OPS gegenereerde data (links; periode 2001-2006) en in de meetdata van het meetnet verzuring (rechts; periode 2002-2007) voor luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 in meetplaats Wingene zoals berekend met Kendall-testen

Ook voor de andere meetplaatsen werden de trendlijnen in de OPS-modeldata vergeleken met die in de meetdata (Appendices 7 en 8). Significante tijdstrends in de luchtconcentraties van NO_2 blijken zowel voor OPS als de meetdata afwezig te zijn in alle meetplaatsen; terwijl de OPS-modeldata en meetdata geen unaniem significante trends opleveren doorheen de tijd voor de luchtconcentraties van NH_3 en SO_2 .

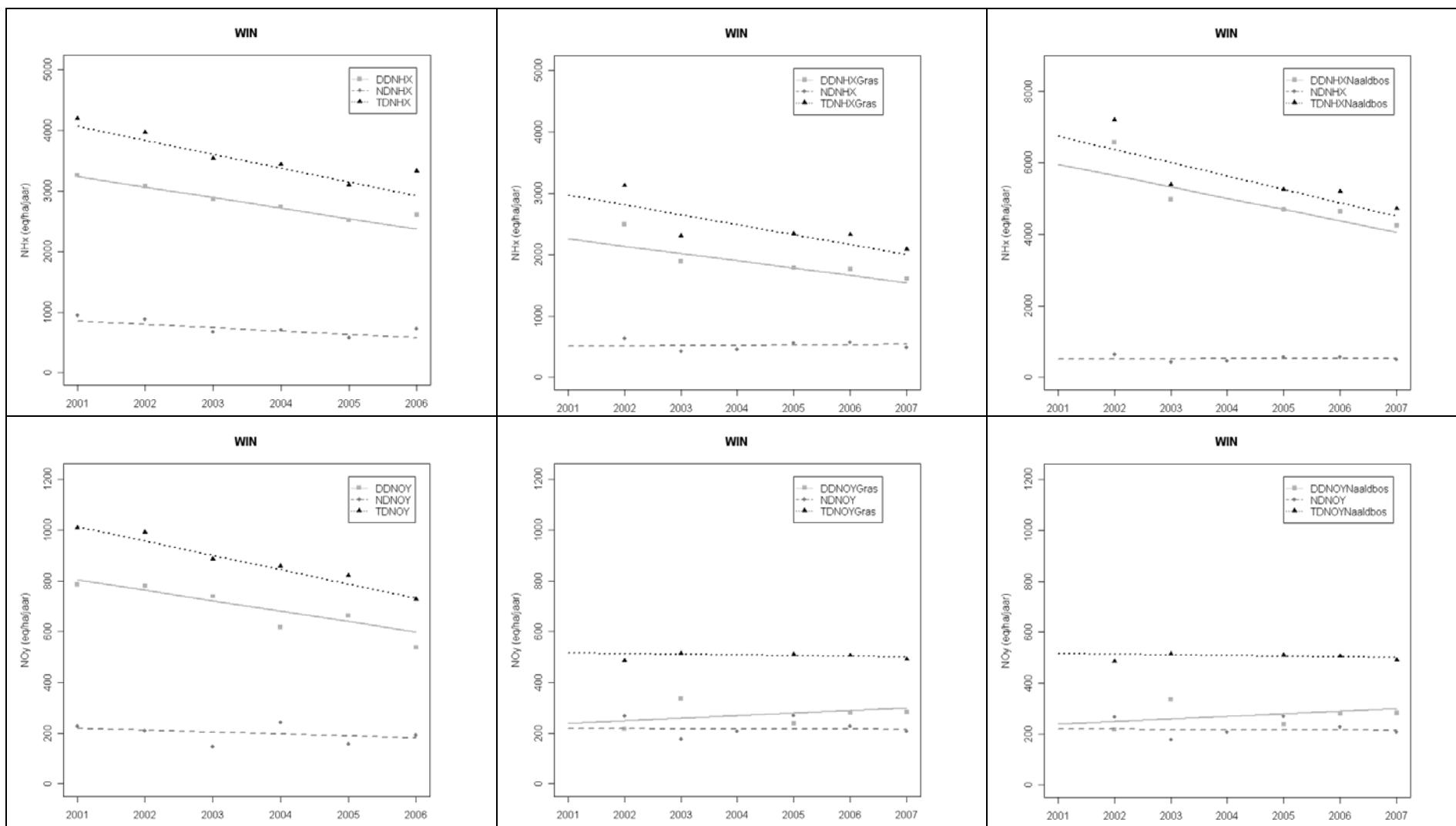
Met de Mann-Kendall-testen werden vrijwel geen significante tijdstrends gedetecteerd in de meetdata, terwijl in de OPS-modeldata in elke meetplaats behalve Bonheiden significant dalende trends werden waargenomen, en dit voornamelijk voor NH_x . Hiervoor zijn zoveel inhoudelijke als statistische verklaringen mogelijk.

Een statistische verklaring voor het feit dat de Mann-Kendall testen voor de OPS-data krachtiger zijn dan die voor de jaarlijkse meetdata is dat de werkelijke variabiliteit van de concentraties en de fluxen onderschat zou kunnen worden wordt door het OPS-model, wat dan resulteert in een hogere power voor de OPS-data. Merk hierbij op dat bepaalde langetermijntrends wel degelijk vastgesteld werden in het meetnet, maar dan met de GAM-modellen op basis van tweewekelijkse data, die meer informatie bevatten dan de afgeleide jaartotalen.

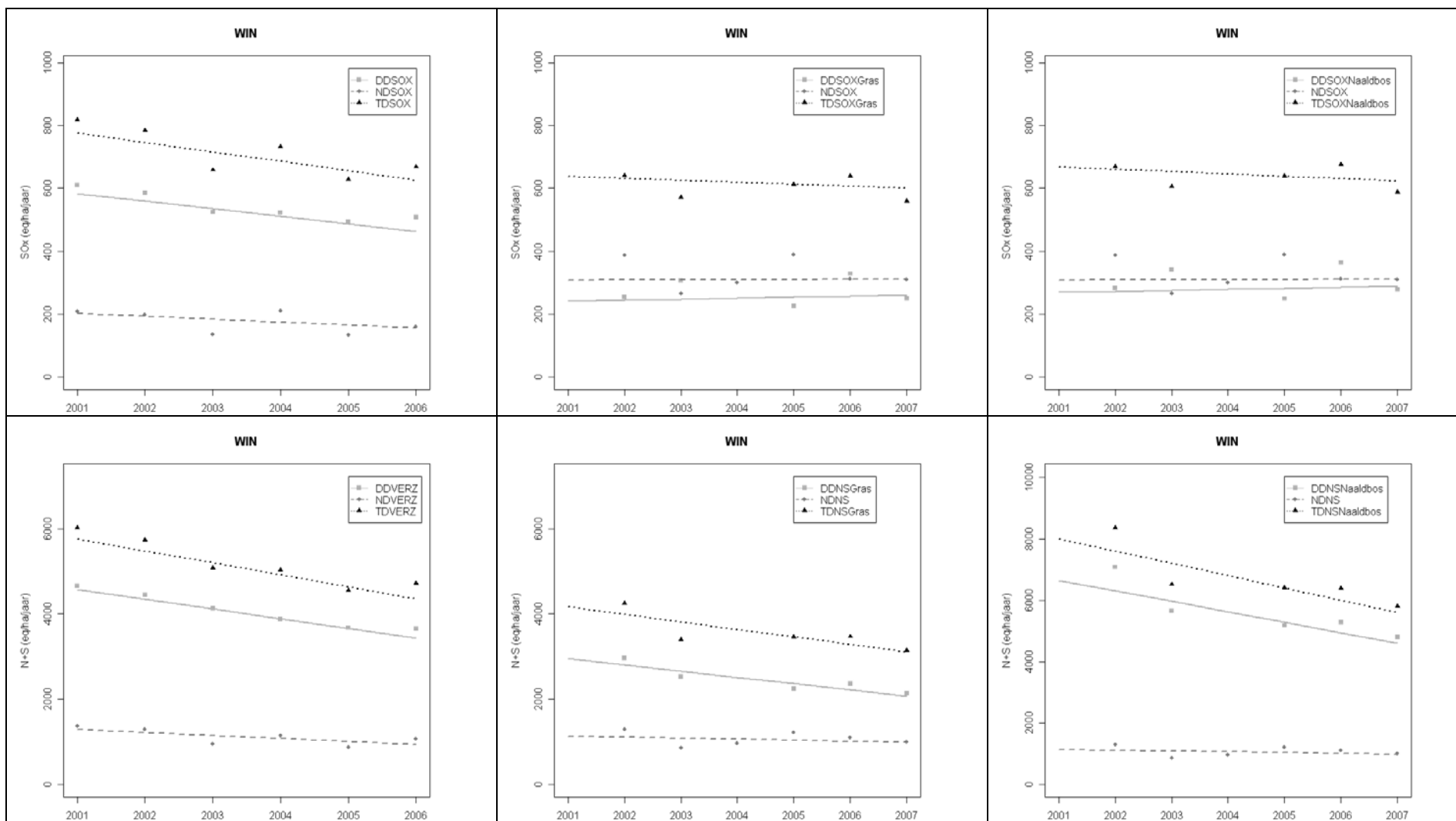
Mogelijke inhoudelijke oorzaken voor dit verschil tussen jaarlijkse meetdata en OPS-modeldata zijn het verschil in beschouwde meetperiode, het ontbreken van de meetdata droge depositie in 2004 en het meer geleidelijke verloop van concentraties en depositiefluxen doorheen de jaren. Het verschil in meetperiode tussen OPS en meetnet kan echter nauwelijks invloed hebben op de resultaten aangezien er geen abrupte veranderingen in depositiefluxen optreden in de 'randjaren' (i.e. bij OPS in 2001 en bij het meetnet in 2007). Voornamelijk voor NO_y en SO_x blijken de OPS-modeldata sterk af te wijken van de gemeten data van het meetnet en leveren ze een positiever beeld van de evolutie van de depositie gedurende de periode 2002-2007 dan blijkt uit de trendanalyse van de meetdata. Het OPS-model modelleert depositiefluxen onder andere op basis van emissiegegevens, en NO_y - en SO_x -polluenten worden, in tegenstelling tot NH_x , voornamelijk gekenmerkt door langeafstandstransport. Het is bijgevolg mogelijk dat de emissies van NO_y en SO_x waarop het OPS-model is gebaseerd, effectief significant zijn gedaald in de beschouwde periode, evenals de hieruit berekende depositiefluxen, maar dat de bijdrage van verderaf gelegen bronnen van NO_y en SO_x met niet-dalende emissies wordt onderschat in het OPS-model.

Enkel voor droge depositie van NH_x in Wingene en Zwevegem, droge potentieel verzurende depositie in Koksijde en totale potentieel verzurende depositie in Zwevegem werden zowel voor het meetnet als de OPS-modeldata significant dalende trends vastgesteld. Hierbij zijn zowel grotere als kleinere dalingen in OPS-depositiefluxen vastgesteld in vergelijking met de meetnet-depositiefluxen.

Wanneer we enkel de tijdstrends in de totale potentieel verzurende depositie beschouwen (met abstractie van de significantie van de tijdstrends), dan blijkt dat deze een steilere helling en dus een sterkere daling in depositie vertonen voor de OPS-modeldata dan voor de meetdata, met uitzondering van de meetplaats Koksijde. Omdat de OPS-modeldata een sterkere daling in totale potentieel verzurende depositie opleveren dan de meetdata van het meetnet verzuring, dienen de tijdstrends in de OPS-modeldata met zekere voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd. Op basis van de huidige (relatief korte) tijdsreeks kan worden gesteld dat de tijdstrends gebaseerd op de OPS-modeldata niet representatief zijn voor de tijdstrends opgemeten door het meetnet verzuring.



Figuur 4.4b: Vergelijking tussen tijdstrends in de door OPS gegenereerde data (links; periode 2001-2006) en in de meetdata van het meetnet verzuring (midden voor vegetatietype gras, rechts voor vegetatietype naaldbos; periode 2002-2007) voor droge (DD), natte (ND) en (TD) totale depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x en NO_y, voor de meetplaats Wingene zoals berekend met Kendall-testen



Figuur 4.4c: Vergelijking tussen tijdstrends in de door OPS gegenereerde data (links; periode 2001-2006) en in de meetdata van het meetnet verzuring (midden voor vegetatietype gras, rechts voor vegetatietype naaldbos; periode 2002-2007) voor droge (DD), natte (ND) en (TD) totale depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van SO_x en de som van potentieel verzurende polluenten (N+S), voor de meetplaats Wingene zoals berekend met Kendall-testen

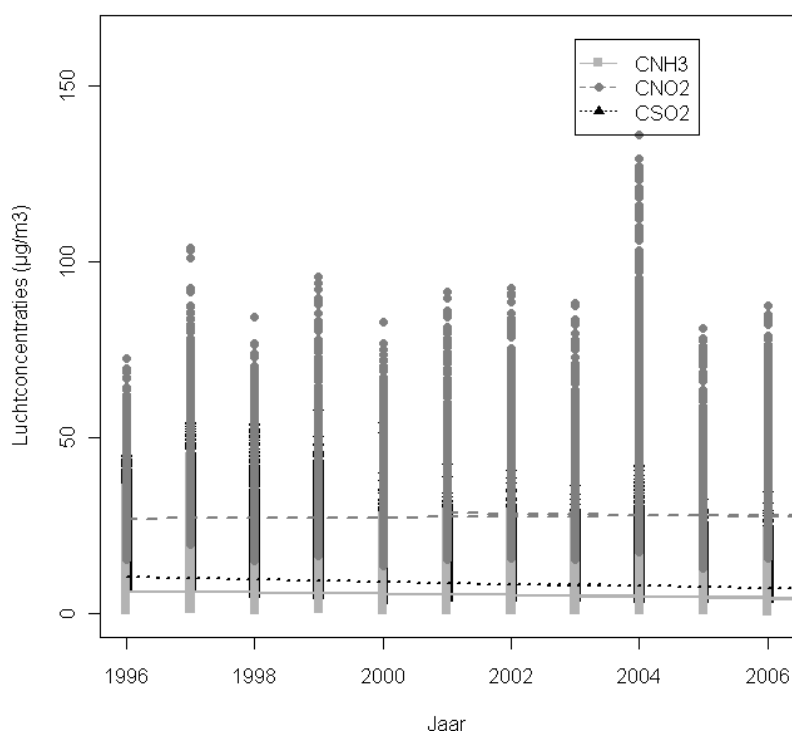
4.2. Vlaanderen

De luchtconcentraties en depositieniveaus van alle 13 756 kilometerhokken in Vlaanderen werden gebruikt voor de analyse van de tijdstrend in de OPS-modeldata op het niveau van Vlaanderen. Omwille van de ruimtelijke afhankelijkheid van de data in elk van de kilometerhokken werd een *Regional* Kendall-test uitgevoerd die de ruimtelijke afhankelijkheid in rekening brengt. Naargelang de afstand tussen twee nabijgelegen kilometerhokken, zullen metingen meer of minder sterk met elkaar gecorreleerd zijn. Indien geen rekening gehouden wordt met de ruimtelijk correlatie tussen meetwaarden, zullen typisch te kleine p-waarden voor statistische testen worden geproduceerd. Het lijkt dan immers alsof er meer informatie beschikbaar is, dan deze die werkelijk in de data vervat zit. De helling en de p-waarden van de tijdstrends in luchtconcentraties en depositiefluxen op niveau van Vlaanderen op basis van *Regional* Kendall-testen zijn weergegeven in Tabel 4.2. Deze trends worden gevisualiseerd in Figuur 4.5 (luchtconcentraties) en Figuur 4.6 (droge, natte en totale depositie).

Tabel 4.2: De helling en p-waarde op basis van de *Regional* Kendall-test van de gezamenlijke tijdstrends in de door OPS gegenereerde jaarlijkse luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 en droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen ($\text{eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x en de som van potentieel verzurende pollutanten (N+S) over alle kilometerhokken van Vlaanderen, voor de periodes 1996-2006 en 2001-2006 (cursief: $p < 0.1$; vet: $p < 0.05$)

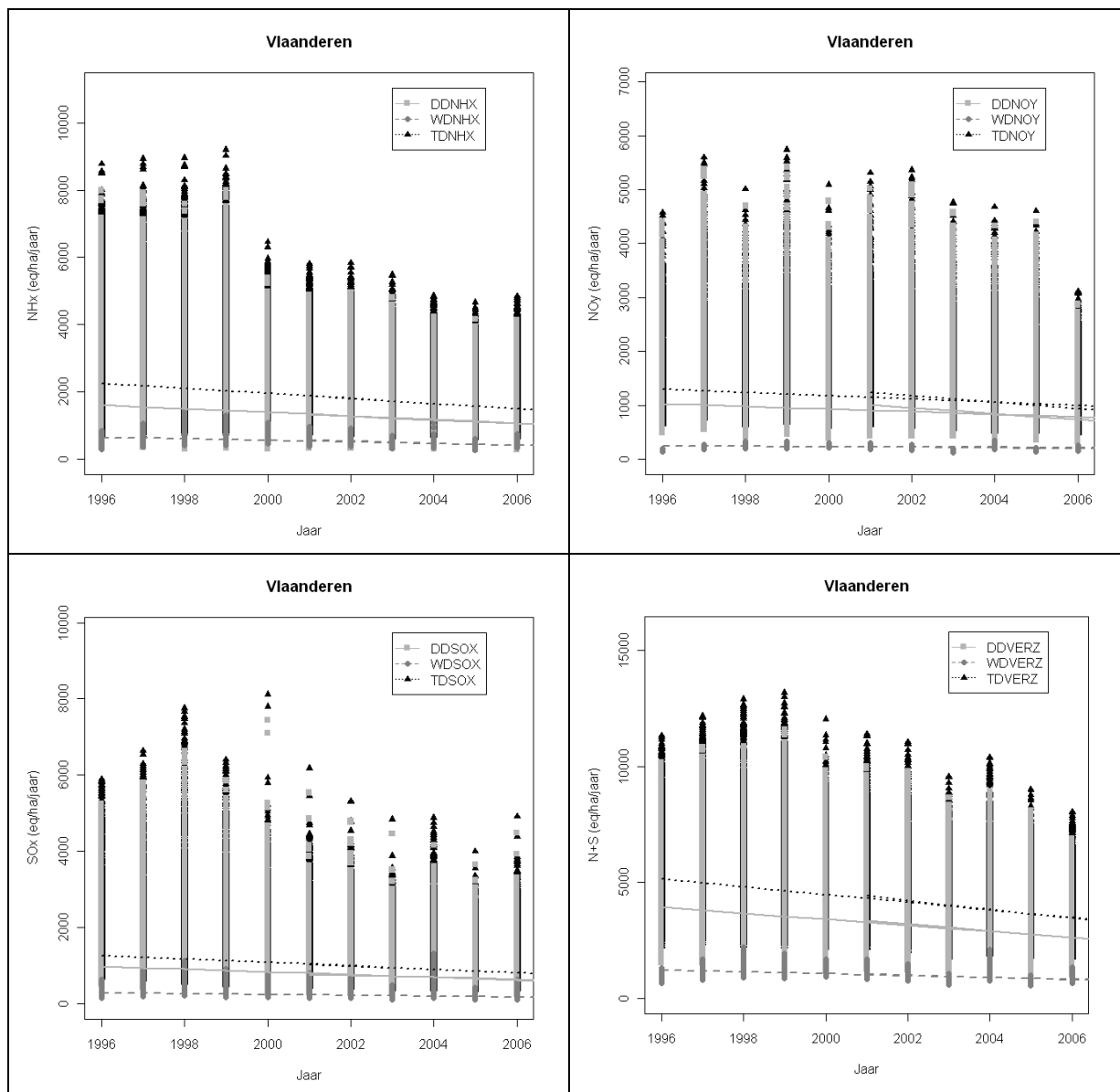
Variabele	1996-2006		2001-2006		
	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	
Luchtconc.	NH_3	-0.18	0.008	-0.24	0.014
	NO_2	0.10	0.757	-0.17	0.618
	SO_2	-0.31	0.004	-0.24	0.042
Depositie	DD NH_x	-53.60	0.001	-54.00	0.011
	ND NH_x	-22.00	0.062	-28.25	0.136
	TD NH_x	-75.00	0.002	-80.00	0.014
	DD NO_y	-24.50	0.016	-55.00	0.026
	ND NO_y	-2.44	0.498	-7.00	0.562
	TD NO_y	-30.80	0.015	-58.00	0.014
	DD SO_x	-35.43	< 0.001	-26.00	0.022
	ND SO_x	-10.40	0.027	-11.00	0.319
	TD SO_x	-45.11	< 0.001	-39.20	0.081
	DD N+S	-130.00	< 0.001	-148.00	0.008
	ND N+S	-38.86	0.073	-47.25	0.217
	TD N+S	-165.67	0.001	-193.40	0.014

Vlaanderen



Figuur 4.5: Gezamenlijke tijdstrend in de door OPS gegenereerde jaarlijkse gemiddelde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 voor alle kilometerhokken van Vlaanderen, vanaf 1996 en vanaf 2001

Eerst en vooral dient vermeld dat de luchtconcentraties en depositiefluxen gegenereerd door het OPS-model een groot bereik hebben, met relatief weinig kilometerhokken met extreem hoge concentraties en depositiefluxen. In beide beschouwde periodes werden gelijkaardige significante dalingen in luchtconcentraties en depositiefluxen genoteerd, met uitzondering van de natte depositie van NH_x en SO_x , waarvoor enkel in de periode 1996-2006 een (marginaal) significante daling werd vastgesteld. Voor de ganse periode 1996-2006 werden de grootste afnames in droge, natte en totale depositie waargenomen voor NH_x , gevolgd door SO_x en NO_y . Voor de periode 2001-2006 blijken ook de afnames van NH_x en NO_y nog significant, maar de afname in SO_x -depositie blijkt af te vlakken. Uit Figuur 4.6 blijkt de sterkste daling in SO_x -depositie zich voor te doen tussen 1998 en 2003. De depositie van NH_x kende tussen 1999 en 2000 een sterke terugval, welke zich voornamelijk voordeed in gebieden met de hoogste NH_x -depositiefluxen, zoals eerder bleek uit de resultaten van Lot 1 voor de meetplaatsen Wingene en Zwevegem. In de periode 1996-2006 nam, uitgemiddeld over Vlaanderen, de totale potentieel verzurende depositie jaarlijks af met $166 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, waarvan 78 % toe te schrijven was aan een daling in droge potentieel verzurende depositie. In de periode die min of meer overeenkomt met de meetperiode van het meetnet verzuring, blijkt de jaarlijkse afname in totale potentieel verzurende depositie iets groter te zijn, nl. $193 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, die in dezelfde mate toe te schrijven is aan een daling in de droge potentieel verzurende depositie. De vergelijking van de tijdstrends tussen de meetdata van het meetnet en de OPS-modeldata in sectie 4.1 toonden aan dat (i) meer significante tijdstrends worden gevonden in de OPS-modeldata dan in de meetdata, zelfs wanneer de resultaten van de krachtigere GAM-modellen worden beschouwd, en (ii) de tijdstrends gebaseerd op de OPS-modeldata in het algemeen een overschatting leveren van de tijdstrends in de gemeten potentieel verzurende depositie. Gezien deze resultaten dienen ook de resultaten van de gezamenlijke tijdstrend in alle kilometerhokken van Vlaanderen met enige terughoudendheid te worden geïnterpreteerd.



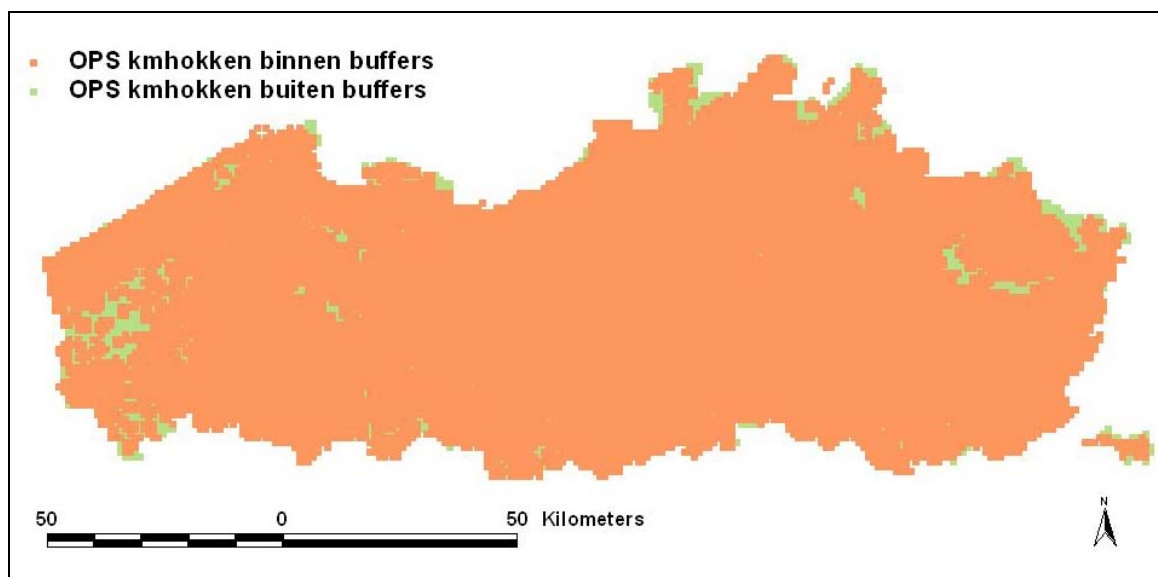
Figuur 4.6: Gezamenlijke tijdstrend in de door OPS gegenereerde jaarlijkse droge (DD), natte (WD) en totale (TD) depositie ($\text{eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x en de potentieel verzurende polluenten (N+S) voor alle kilometerhokken van Vlaanderen, vanaf 1996 en vanaf 2001

4.3. Lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden

Naast het ruimtelijke niveau van de individuele meetnetlocaties en van gans Vlaanderen, werd een derde ruimtelijk niveau onderscheiden van 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden in Vlaanderen', i.e. de populatie waarvoor het meetnet representatief zou kunnen zijn. In 2002 werd door de VMM een GIS-analyse uitgevoerd op niveau van Vlaanderen en de provincies om te bepalen welke meetplaatsen van het meetnet voldoen aan de EG-richtlijn 1999/30/EG om als meetpunt voor de grenswaarde voor de bescherming van ecosystemen in aanmerking te komen. Met betrekking tot SO₂ en NO_x, dienen meetplaatsen volgens de richtlijn gelegen te zijn op meer dan 5 km van autosnelwegen, industriële installaties en gebieden van bebouwing en op 20 km van agglomeraties. Op basis van de locaties van de autosnelwegen en grote emissiebronnen van SO₂ (> 100 ton per jaar) en NO_x (> 50 ton per jaar) werden bufferzones van 5 km gebruikt in de GIS-analyse. Wanneer een bufferzone van 5 km werd gebruikt rond woon(uitbreidings)gebieden, woongebieden met landelijk karakter en woonparken, bleek dat er in gans Vlaanderen geen enkele plaats bestaat conform de in de richtlijn vooropgestelde criteria. Deze bufferzone werd bijgevolg afgezwakt tot 1 km, waardoor toch enkele gebieden uit de analyse tevoorschijn kwamen als conform met de richtlijn. Vergelijken we de criteria van de EG-richtlijn met die van de ISO-norm 5667-8, dan blijkt de laatste strenger te zijn op het vlak van voorsteden en industrie (10 vs. 5 km), maar minder streng op het vlak van autosnelwegen (1 vs. 5 km). Enkele criteria van de ISO-norm werden niet in de GIS-analyse van VMM (2002) opgenomen, maar de impact daarvan wordt beperkt geacht behalve voor het criterium 'voldoende afstand van landbouwgebieden, veeteelt en stallen'.

De drie gegenereerde buffergebieden rond autosnelwegen, grote emissiebronnen en woongebieden werden gebruikt als input voor de selectie van de kilometerhokken in 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden in Vlaanderen'. Dit leverde 609 kilometerhokken op, vnl. gelegen in het zuidwesten van West-Vlaanderen, op de grens tussen Oost- en West-Vlaanderen, in de Noorderkempen tegen de Nederlandse grens en in het noorden en centraal in Limburg (Figuur 4.7). Kilometerhokken gelegen aan de grens met Nederland, Frankrijk of Duitsland zijn echter minder betrouwbaar omdat enkel data van emissiebronnen in Vlaanderen werden geïmplementeerd. Gezien de overheersende zuidwesterwinden is dit niet problematisch voor het grensgebied met Nederland en Duitsland, maar wel voor de zone in zuidelijk West-Vlaanderen, gelegen nabij grote Franse industriegebieden aan de Belgische grens.

Tabel 4.3, Figuur 4.8 en Figuur 4.9 tonen de resultaten van de *Regional* Kendall-test op de door OPS gegenereerde jaarlijkse gemiddelde luchtconcentraties en jaarlijkse depositiefluxen. Significant dalende tijdstrends treden op in beide beschouwde periodes in de luchtconcentraties van NH₃ en SO₂ en de droge en totale depositie van NH_x, NO_y, SO_x en de som van potentieel verzurende pollutanten. De sterkte van de afnames in depositie zijn vergelijkbaar in beide beschouwde periodes voor NH_x, voor SO_x blijkt, net als voor het niveau van gans Vlaanderen, enige afvlakking op te treden vanaf 2003. In de lokaal niet-beïnvloede gebieden zou, tijdens beide beschouwde periodes, de gemiddelde jaarlijkse afname in totale potentieel verzurende depositie 180 eq ha⁻¹ jaar⁻¹ bedragen, waarvan 72 % toe te schrijven is aan een daling in de droge potentieel verzurende depositie.

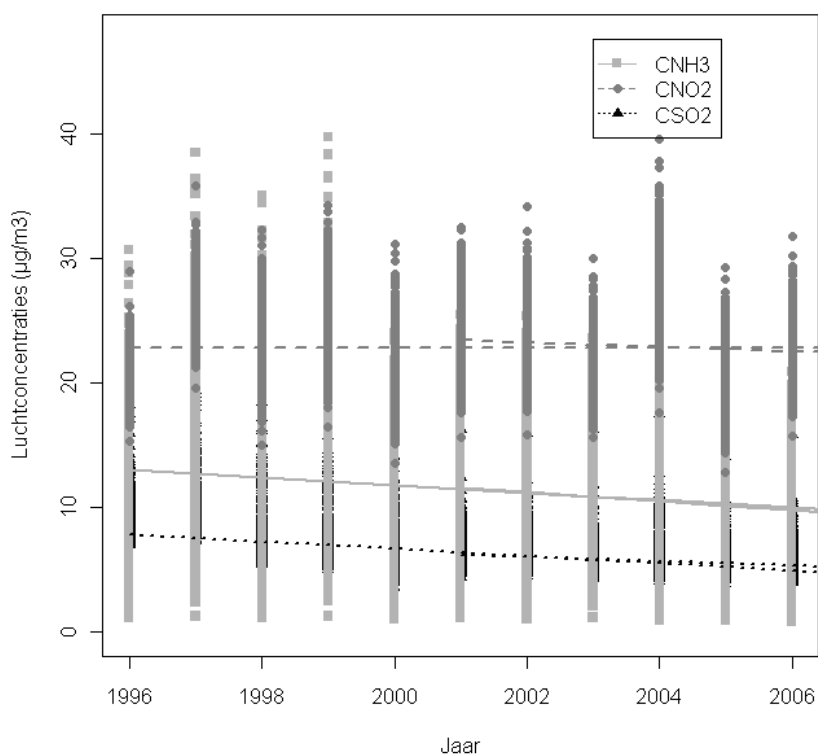


Figuur 4.7: Kaart van Vlaanderen met aanduiding van de kilometerhokken gelegen binnen (rood) en buiten (groen) de emissiebuffers van autosnelwegen, industrie en woongebieden, naar een GIS-analyse uitgevoerd door VMM (2002)

Tabel 4.3: De helling en de p-waarde rekening houdend met ruimtelijke correlatie via de *Regional* Kendall-test voor de tijdstrend in de door OPS gegenereerde jaarlijkse gemiddelde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) en droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen (eq ha^{-1} jaar $^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x en de som van de potentieel verzurende polluenten (N+S) voor de selectie van kilometerhokken 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' voor de periodes 1996-2006 en 2001-2006 (cursief: $0.05 < p < 0.10$; vet: $p < 0.05$)

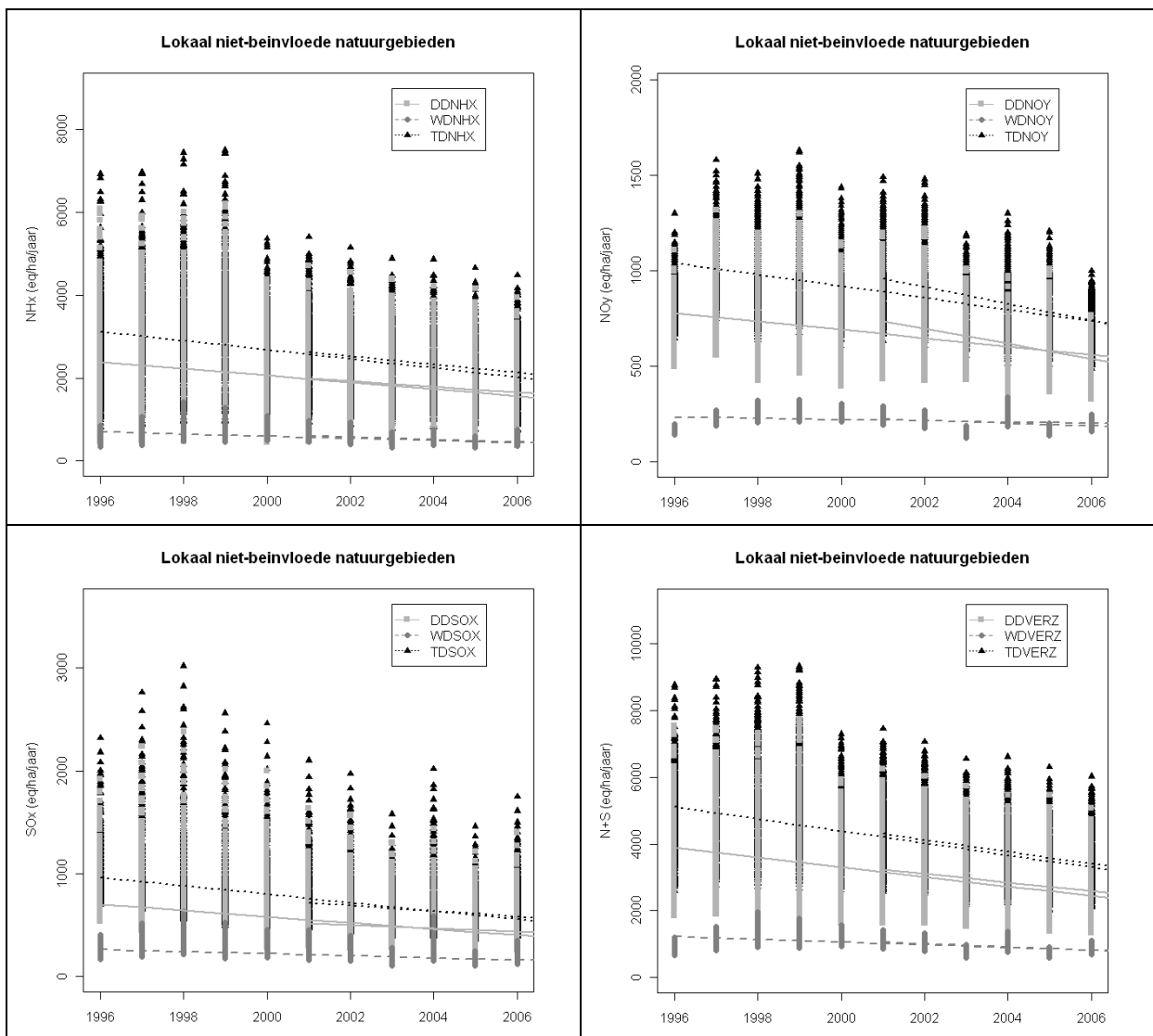
Variabele	1996-2006		2001-2006		
	Helling	Gecorr. p-waarde	Helling	Gecorr. p-waarde	
Luchtconc. NH_3	-0.30	0.012	-0.37	0.021	
	0.00	0.967	-0.17	0.565	
	-0.29	0.001	-0.18	0.029	
Depositie	DD NH_x	-82.50	0.001	-66.67	0.018
	ND NH_x	-25.00	<i>0.056</i>	-31.00	0.118
	TD NH_x	-110.00	0.001	-100.00	0.015
	DD NO_y	-21.90	0.005	-39.75	0.026
	ND NO_y	-3.20	0.397	-7.00	0.542
	TD NO_y	-30.00	0.005	-44.00	0.010
	DD SO_x	-30.00	< 0.001	-16.00	0.032
	ND SO_x	-10.00	0.018	-9.50	0.303
	TD SO_x	-40.40	< 0.001	-27.00	<i>0.067</i>
	DD N+S	-144.00	< 0.001	-130.00	0.010
	ND N+S	-41.25	<i>0.061</i>	-46.00	0.163
	TD N+S	-180.89	0.001	-179.75	0.015

Lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden



Figuur 4.8: Gezamenlijke tijdstrend in de door OPS gegenereerde jaarlijkse gemiddelde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 voor alle kilometerhokken binnen de selectie 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden', vanaf 1990 en vanaf 2001

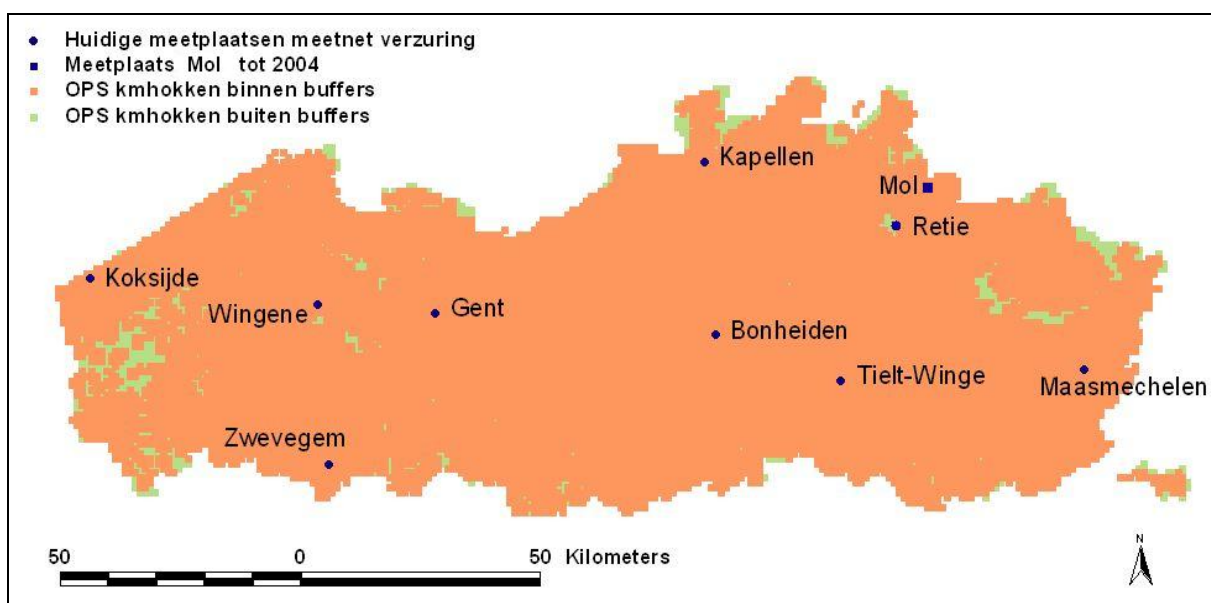
In vergelijking met de gezamenlijke tijdstrends in de depositiefluxen in alle kilometerhokken van Vlaanderen, blijken de zogenaamde 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' onderworpen te zijn aan gelijkaardige trends in natte depositie, maar aan minder sterke dalingen in droge en totale depositie van NO_y en SO_x en sterkere dalingen van droge en totale depositie van NH_x . Het resultaat is dat de daling in droge en totale potentieel verzurende depositie voor de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' iets beperkter is dan voor gans Vlaanderen, met een jaarlijks verschil van een tiental $\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. De resultaten van Lot 1 toonden dat de sterkste dalingen in depositie te vinden zijn in regio's met de hoogste depositieniveaus. Het resultaat dat de dalingen in NO_y en SO_x kleiner zijn voor de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' dan voor gans Vlaanderen is dus een intrinsiek gevolg van de locatie van deze gebieden ten opzichte van de emissiebronnen. Blijkbaar hebben de afstandrestricties rond NO_y en SO_x emissiebronnen in de GIS-analyse, uitgevoerd door VMM (2002), tot gevolg dat voornamelijk kilometerhokken gelegen in regio's met hogere luchtconcentraties dan gemiddeld voor Vlaanderen (zoals het agrarisch buitengebied) werden geselecteerd. Een bijkomende afstandrestrictie rond emissiebronnen van NH_3 in de GIS-analyse zou ertoe hebben geleid dat een nog kleiner aantal kilometerhokken geselecteerd zou worden.



Figuur 4.9: Gezamenlijke tijdstrend in de door OPS gegenereerde jaarlijkse droge (DD), natte (WD) en totale (TD) depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x en de potentieel verzurende polluenten (N+S) voor alle kilometerhokken binnen de selectie 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden', vanaf 1990 en vanaf 2001

5. Lot 3: Trendanalyse 'Vlaams gemiddelde meting'

Uitgaande van de GIS-analyse in Lot 2, kan worden gesteld dat geen enkel meetpunt van het meetnet verzuring binnen de selectie valt op basis van de EG-richtlijn 1999/30/EG (Figuur 5.1). Echter, de meetplaats Retie bevindt zich net op de grens tussen lokaal beïnvloed gebied en lokaal niet-beïnvloed gebied. Deze meetplaats werd maar sinds 2005 in gebruik genomen, na het verlaten van de meetplaats Mol. De datareeks voor de meetplaats Retie is voorlopig te kort om een trendanalyse op uit te voeren, maar dat kan in de toekomst, naarmate meer meetjaren voorhanden zullen zijn, wel worden doorgevoerd. Echter, één enkele meetplaats kan geen representatieve steekproef vormen voor de subpopulatie 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden'.

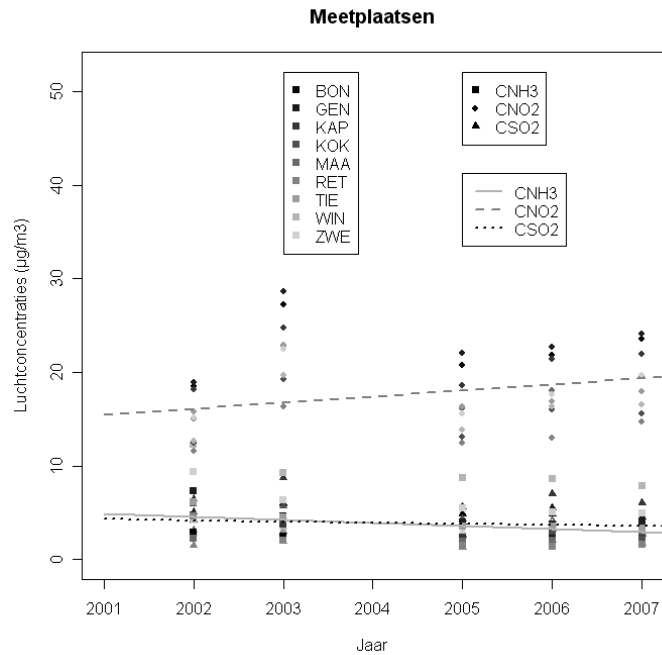


Figuur 5.1: Locatie van de negen huidige meetplaatsen en de in 2003 verlaten meetplaats Mol van het meetnet verzuring ten opzichte van de selectie van kilometerhokken die voldoen aan de richtlijnen van EG-richtlijn 1999/30/EG

Door middel van de *Regional* Kendall-test werd nagegaan of dezelfde langetermijntrends zich voordoen in alle negen meetplaatsen van het meetnet verzuring. Tabel 5.1 en Figuur 5.2 stellen de resultaten voor van deze *Regional* Kendall-test op de jaarlijkse luchtconcentraties van NH_3 , NO_2 en SO_2 in alle meetplaatsen tezamen.

Tabel 5.1: De helling en de p-waarde gecorrigeerd voor ruimtelijke correlatie via de *Regional* Kendall-test voor de gezamenlijke tijdstrend in de jaarlijkse gemeten gemiddelde luchtconcentraties van NH_3 , NO_2 en SO_2 ($\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) in alle meetplaatsen van het meetnet verzuring voor de periode 2002-2007 (vet: $p < 0.05$)

Variabele	Helling	P-waarde	Gecorr. p-waarde
NH_3	-0.32	< 0.001	0.063
NO_2	0.65	0.007	0.363
SO_2	-0.11	0.049	0.406

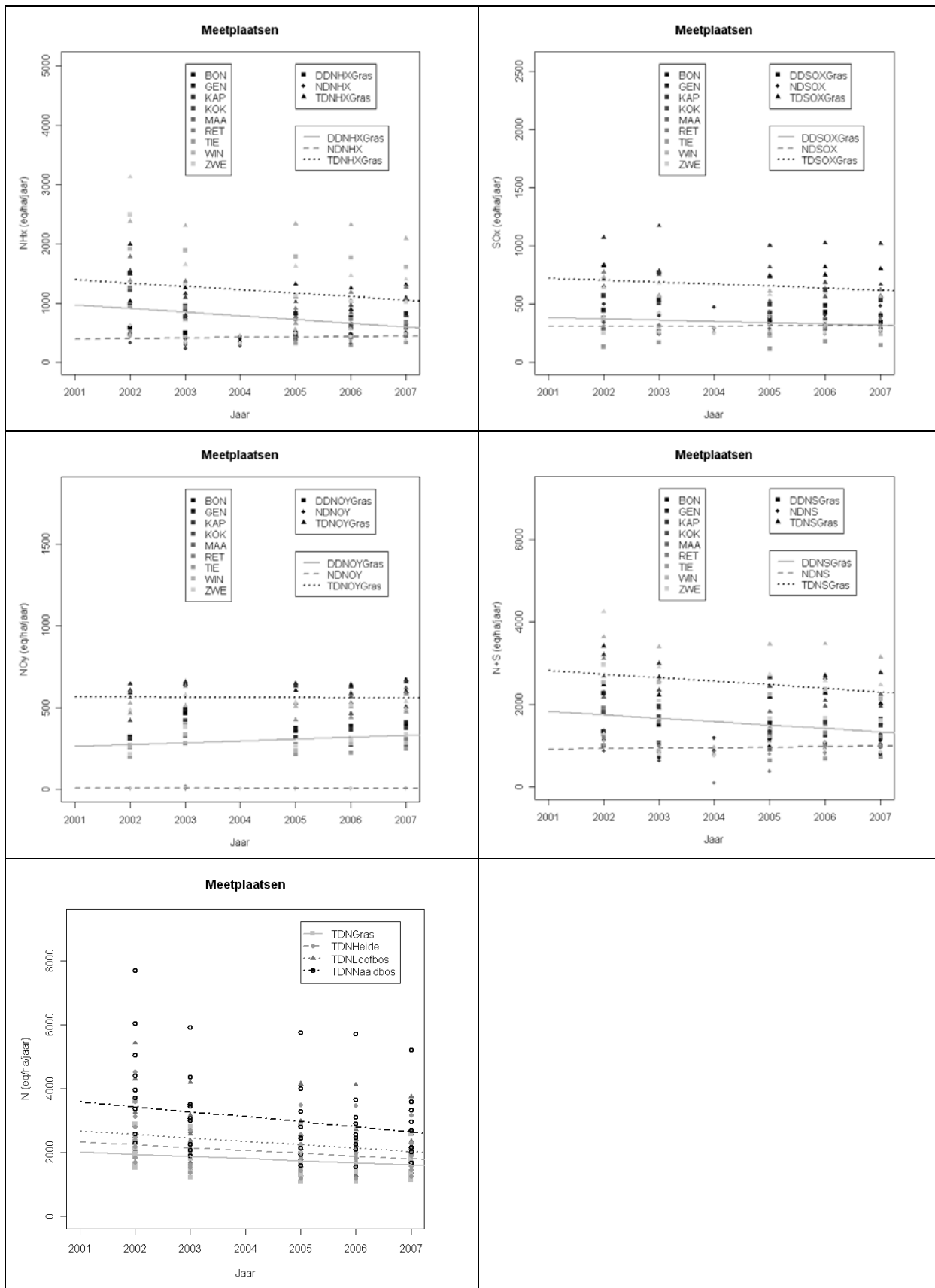


Figuur 5.2: Gezamenlijke tijdstrend voor alle meetplaatsen in het meetnet verzuring op basis van de *Regional* Kendall-test op jaarlijkse gemeten gemiddelde luchtconcentraties van NH₃, NO₂ en SO₂ (µg m⁻³) voor de periode 2002-2007

De resultaten van de *Regional* Kendall-test op de jaarlijkse gemeten depositiefluxen in het meetnet zijn weergegeven in Tabel 5.2 en Figuur 5.3. De figuren voor de andere vegetatietypes (heide en loofbos) worden vermeld in Appendix 9.

Tabel 5.2: De helling en de p-waarde gecorrigeerd voor ruimtelijke correlatie via de *Regional* Kendall test voor de gezamenlijke tijdstrend in de jaarlijkse gemiddelde gemeten droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x en de som van de potentieel verzurende pollutanten (N+S) voor het vegetatietype gras in alle meetplaatsen van het meetnet verzuring tezamen, voor de periode 2002-2007 (cursief: 0.05 < p < 0.10; vet: p < 0.05)

Variabele	Helling	P-waarde	Gecorr. p-waarde
DD NH _x	-61.85	< 0.001	<i>0.063</i>
ND NH _x	8.38	0.336	0.684
TD NH _x	-56.93	0.001	0.113
DD NO _y	11.40	0.011	0.387
ND NO _y	-0.18	0.847	0.927
TD NO _y	-1.20	0.935	0.962
DD SO _x	-10.83	<i>0.071</i>	0.410
ND SO _x	1.50	0.898	0.954
TD SO _x	-17.00	0.011	0.206
DD N+S	-82.12	< 0.001	0.147
ND N+S	13.67	0.316	0.683
TD N+S	-89.00	0.003	0.143



Figuur 5.3: Gezamenlijke tijdstrend voor alle meetplaatsen in het meetnet verzuring op basis van de *Regional* Kendall-test op jaarlijkse gemeten droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x, de som van potentieel verzurende polluenten (N+S) en anorganische stikstof (N) voor de periode 2002-2007

De resultaten van de *Regional* Kendall-test voor zowel de luchtconcentraties als de depositiefluxen tonen het grote verschil tussen de niet-gecorrigeerde p-waarden en de p-waarden gecorrigeerd voor ruimtelijke afhankelijkheid. Op basis van de gecorrigeerde p-waarden besluiten we dat er enkel voor de luchtconcentratie van NH_3 en de droge depositie van NH_x een gezamenlijke marginaal significante trend kan worden vastgesteld voor alle meetplaatsen van het meetnet. De gemiddelde jaarlijkse afname in de periode 2002-2007 bedraagt $0.32 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ en $62 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ voor het vegetatietype gras.

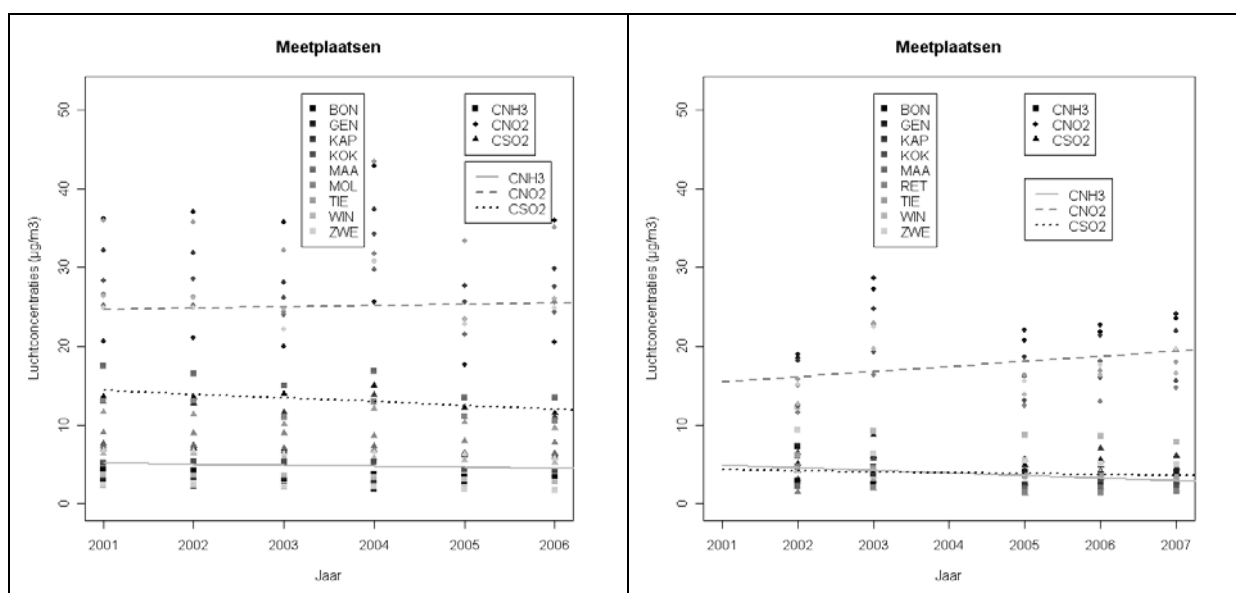
Ook wanneer de meetplaatsen elk afzonderlijk werden beschouwd (zie Lot 2; Appendices 4 en 5), werden slechts enkele significante trends in depositiefluxen vastgesteld, nl. in luchtconcentraties van NH_3 en droge depositie van NH_x in de meetplaatsen Koksijde, Wingene en Zwevegem. Deze trends duiken terug op in de marginaal significante gezamenlijke trends in NH_3 -luchtconcentratie en droge depositie van NH_x over alle meetplaatsen heen. Dit betekent dat het niet optreden van significante gezamenlijke tijdstrends over alle meetplaatsen heen eerder een gevolg is van de gebruikte statistiek in combinatie met het kleine aantal meetjaren. De Kendall-testen maken gebruik van jaarlijkse concentratie- en depositiedata, terwijl de GAM-modellen, die wel in staat zijn reeds significante tijdstrends in de meetplaatsen te detecteren, gebruik maken van tweewekelijkse data. Naarmate in de toekomst meer meetjaren beschikbaar zullen zijn, zal de Kendall-test wel in staat zijn om significante gezamenlijke trends te detecteren, tenzij zich abrupte wijzigingen in luchtconcentraties of depositiefluxen voordoen.

Om de vergelijking te maken tussen de gezamenlijke 'meetplaatsen'-tijdstrend in de meetdata en die in de OPS-modeldata, werd de *Regional* Kendall-test eveneens uitgevoerd op de OPS-modeldata voor de negen meetplaatsen. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 5.3 en Figuur 5.4 a, b en c, waarin de vergelijking tussen OPS en het meetnet wordt gemaakt. Ook uit de vergelijking van de gezamenlijke trends in de meetplaatsen, blijken de trends in de OPS-modeldata vaker significant dan de trends in de meetdata van het meetnet verzuring. Ook voor de gezamenlijke tijdstrends in alle meetplaatsen blijken die gebaseerd op OPS-modeldata niet representatief voor de trends in de meetdata van het meetnet.

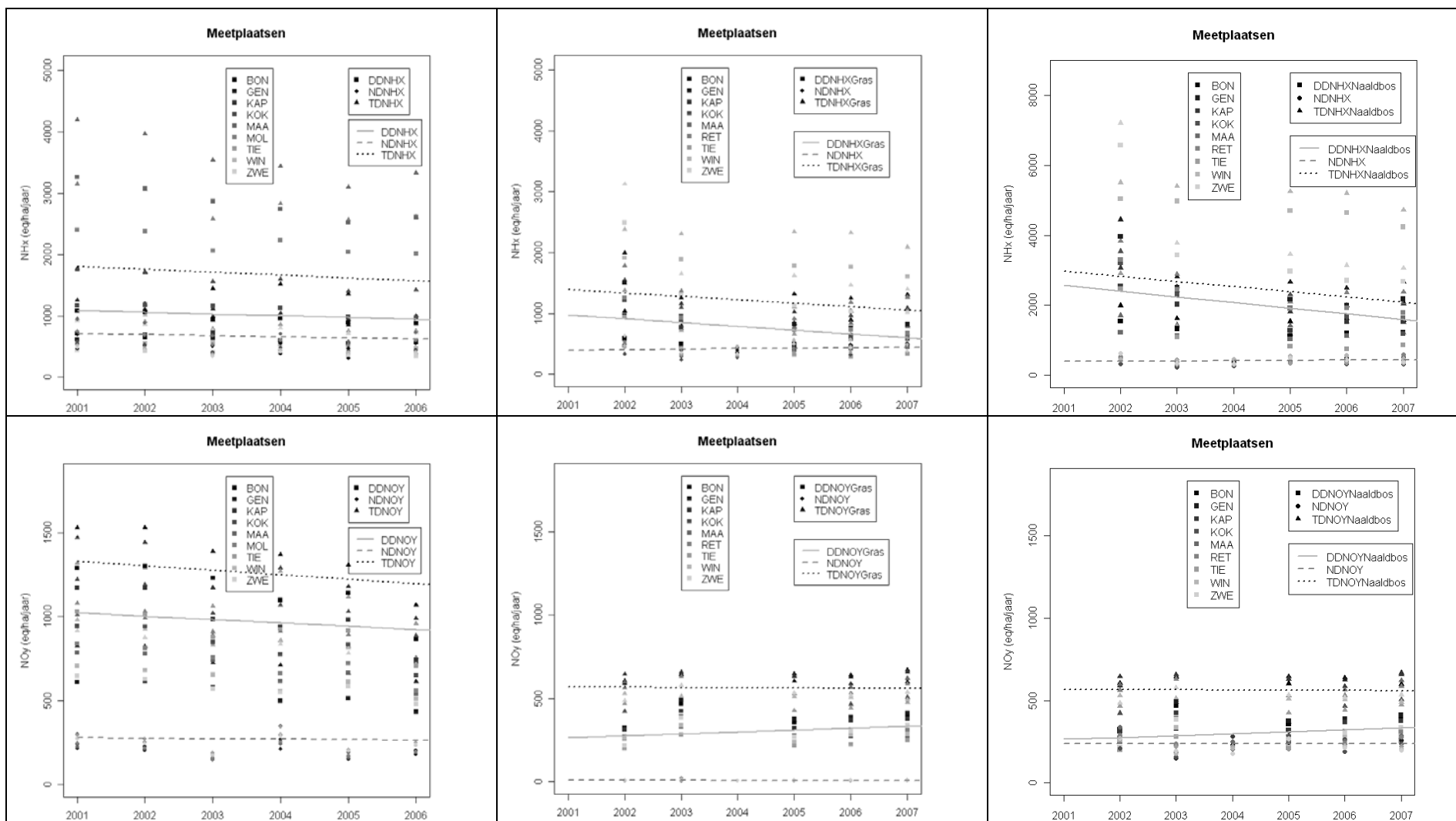
Met uitzondering van de natte depositie van NH_x en SO_x , ondervinden dezelfde OPS-depositiefluxen een significante gezamenlijke tijdstrend voor de meetplaatsen tezamen, alle kilometerhokken in Vlaanderen tezamen en de kilometerhokken in de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden'. De gezamenlijke afnames in depositiefluxen in alle meetplaatsen tezamen zijn echter minder groot voor NO_x , NO_y en de som van potentieel verzurende pollutanten dan de gezamenlijke afnames in alle kilometerhokken van Vlaanderen tezamen of in de kilometerhokken van de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' tezamen, maar de afname in SO_x depositie is groter.

Tabel 5.3: De helling en de p-waarde gecorrigeerd voor ruimtelijke correlatie via de *Regional Kendall* test voor de gezamenlijke tijdstrend in de door OPS gegenereerde ('OPS') en de gemeten ('Meetnet') jaarlijkse gemiddelde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 en jaarlijkse droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen ($\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x en de som van de potentieel verzurende pollutanten (N+S) in alle meetplaatsen van het meetnet verzuring tezamen (cursief: $p < 0.1$; vet: $p < 0.05$)

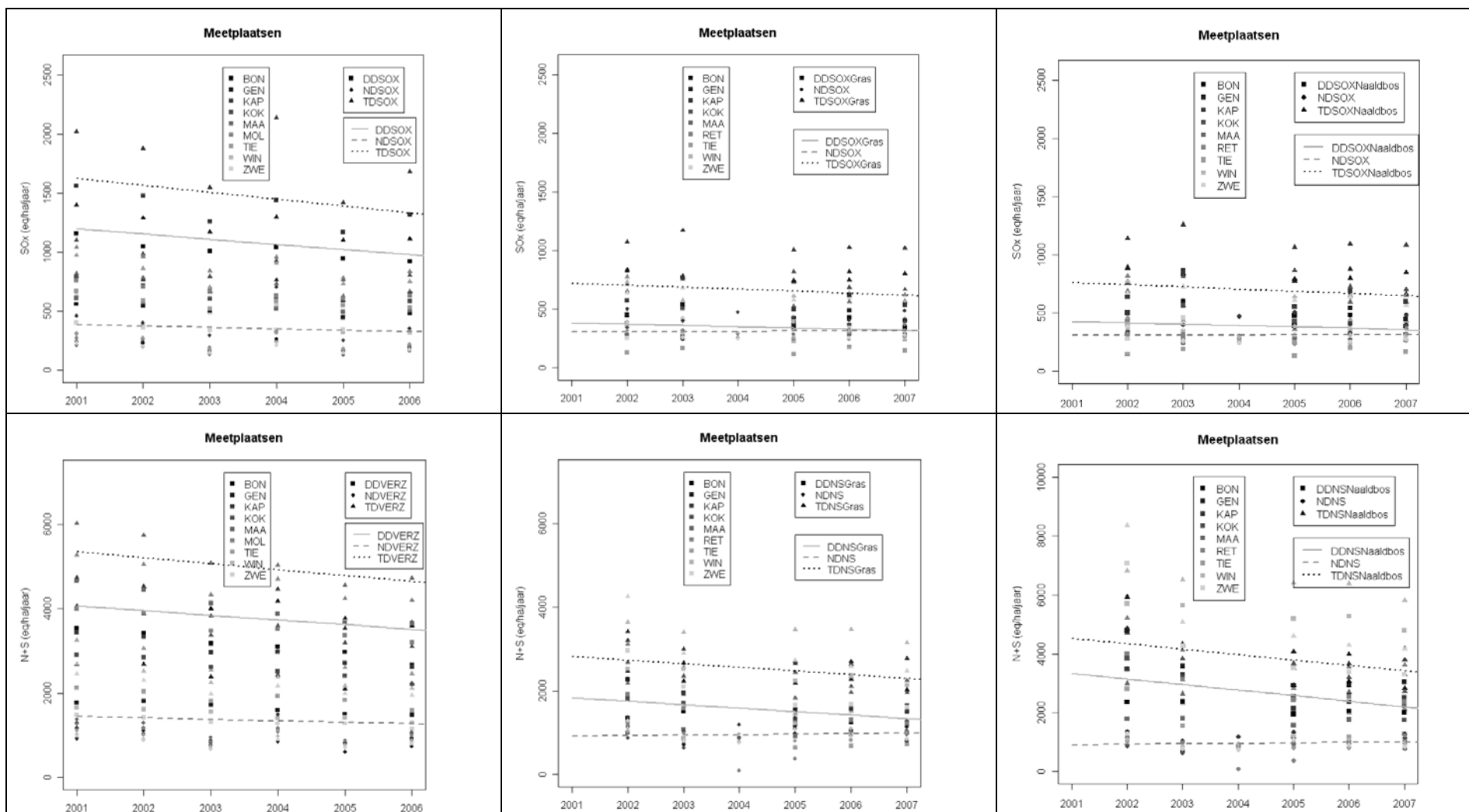
Variabele	OPS (2001-2006)		Meetnet (2002-2007)	
	Helling	Gecorr. p-waarde	Helling	Gecorr. p-waarde
Luchtconcentratie				
NH ₃	-0.14	0.007	-0.32	<i>0.063</i>
NO ₂	0.16	0.518	0.65	0.363
SO ₂	-0.46	< 0.001	-0.11	0.406
Depositie				
DD NH _x	-28.94	< 0.001	-61.85	<i>0.063</i>
ND NH _x	-16.18	<i>0.052</i>	8.38	0.684
TD NH _x	-47.08	0.001	-56.93	0.113
DD NO _y	-20.00	0.005	11.40	0.387
ND NO _y	-3.21	0.255	-0.18	0.927
TD NO _y	-26.13	0.005	-1.20	0.962
DD SO _x	-44.12	< 0.001	-10.83	0.410
ND SO _x	-12.18	0.007	1.50	0.954
TD SO _x	-58.44	< 0.001	-17.0	0.206
DD N+S	-111.21	< 0.001	-82.12	0.147
ND N+S	-33.43	0.031	13.67	0.683
TD N+S	-140.90	< 0.001	-89.00	0.143



Figuur 5.4a: Vergelijking tussen tijdstrends in de door OPS gegenereerde data (links; periode 2001-2006) en in meetdata van het meetnet verzuring (rechts; periode 2002-2007) voor luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 in alle meetplaatsen tezamen zoals berekend met de *Regional Kendall*-testen



Figuur 5.4b: Vergelijking tussen tijdstrends in de door OPS gegenereerde data (links; periode 2001-2006) en in de meetdata van het meetnet verzuring (midden voor vegetatietype gras, rechts voor vegetatietype naaldbos; periode 2002-2007) voor droge (DD), natte (ND) en (TD) totale depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x en NO_y in alle meetplaatsen samen, zoals berekend met Kendall-testen



Figuur 5.4c: Vergelijking tussen gezamenlijke tijdstrends in de door OPS gegenereerde data (links; periode 2001-2006) en in de meetdata van het meetnet verzuring (midden voor vegetatietype gras, rechts voor vegetatietype naaldbos; periode 2002-2007) voor droge (DD), natte (ND) en (TD) totale depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van SO_x en de som van potentieel verzurende pollutanten (N+S) in alle meetplaatsen samen, zoals berekend met Kendall-testen

6. Conclusies

De resultaten van de GAM-modellen tonen dat de opgemeten luchtconcentraties van NH_3 significant afnemen tijdens de periode 2001-2007 in alle meetplaatsen behalve Maasmechelen, met een marginaal significante daling in de meetplaats Bonheiden. De grootste afnames vinden we in de meetplaatsen Wingene en Zwevegem (met een jaarlijkse afname van 0.71 ± 0.17 en $0.80 \pm 0.20 \mu\text{g m}^{-3}$, respectievelijk), terwijl de kleinste afnames in Kapellen en Bonheiden zijn geobserveerd (met een jaarlijkse afname van 0.32 ± 0.14 en $0.13 \pm 0.08 \mu\text{g m}^{-3}$, respectievelijk). De NO_2 - en SO_2 -luchtconcentraties opgemeten door het meetnet vertonen geen significante trend in de periode 2001-2007, met uitzondering van een marginaal significante trend in SO_2 -concentraties in de meetplaats Zwevegem.

De afnames in NH_3 -luchtconcentraties zijn weerspiegeld in de tijdstrends van droge depositie van NH_x , met een gemiddelde jaarlijkse afname van 65 (Kapellen) tot 164 (Zwevegem) $\text{eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor het vegetatietype gras. Voor de depositie van NO_y en SO_x werden geen significante trends vastgesteld, met uitzondering van een significante afname in natte depositie van SO_x in Zwevegem en Wingene en een marginaal significante afname in droge depositie van SO_x in de meetplaats Zwevegem. Deze trends hebben tot gevolg dat de droge potentieel verzurende depositie significant afneemt tussen 2001 en 2007 in de meetplaatsen Gent, Koksijde, Mol/Retie, Tielt-Winge, Wingene en Zwevegem. Hierbij werden de kleinste afnames geobserveerd in de meetplaatsen Tielt-Winge en Koksijde en de grootste afnames in Zwevegem en Wingene, meetplaatsen gelegen in een regio met hoge luchtconcentraties van NH_3 door intensieve veeveelt. Ten slotte, de totale potentieel verzurende depositie nam significant af in de periode 2001-2007 in de meetplaatsen Gent (met een jaarlijkse afname van 83 ± 40 en $321 \pm 74 \text{ eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.), Mol/Retie (135 ± 46 en $322 \pm 74 \text{ eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.), Wingene, (137 ± 43 en $377 \pm 89 \text{ eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.) en Zwevegem (179 ± 49 en $475 \pm 108 \text{ eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.). Enkel in de meetplaats Maasmechelen werd een significante jaarlijkse toename in de totale potentieel verzurende depositie gevonden van gemiddeld 93 ± 42 en $138 \pm 66 \text{ eq ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp. De totale anorganische stikstofdepositie daalde in dezelfde periode significant in de meetplaatsen Gent, Koksijde, Mol/Retie, Tielt-Winge, Wingene en Zwevegem. Hierbij werden de kleinste gemiddelde jaarlijkse afnames in 2001-2007 genoteerd in Koksijde (0.9 ± 0.4 en $3.3 \pm 0.9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.) en Tielt-Winge (1.1 ± 0.5 en $3.2 \pm 1.0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.), en de grootste afnames in de meetplaatsen Wingene (2.1 ± 0.6 en $5.5 \pm 1.3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.) en Zwevegem (2.2 ± 0.6 en $6.1 \pm 1.4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$ voor gras en naaldbos, resp.).

Op basis van de semi-parametrische modellen is het mogelijk om toekomstvoorspellingen te doen, maar deze dienen met de grootste voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. De gemiddelde luchtconcentratie van NH_3 in Wingene zou, indien geëxtrapolerd, negatief worden vanaf het meetjaar 2018, wat duidelijk maakt dat het niet zinvol is om op basis van de nu beschikbare meetjaren en de geschatte langetermijntrends uitspraken te doen over een groot aantal jaren. Jaar na jaar zal het noodzakelijk zijn om het verloop van de langetermijntrend op te volgen en wanneer nodig bij te sturen in de statistische analyse.

Ook de luchtconcentraties en depositiefluxen volgens het OPS-model werden onderworpen aan een trendanalyse door middel van Kendall-testen. Significante tijdstrends in de luchtconcentraties van NO_2 blijken ook voor OPS-modeldata afwezig te zijn in alle meetplaatsen. Voor NH_3 - en SO_2 -luchtconcentraties leveren de OPS-modeldata en meetdata niet unaniem dezelfde significante trends doorheen de tijd op. Met de Kendall-testen werden vrijwel geen significante tijdstrends gedetecteerd in de meetdata, terwijl in de OPS-modeldata in elke meetplaats behalve Bonheiden significant dalende trends werden waargenomen, en dit voornamelijk voor NH_x . Enkel voor droge depositie van NH_x in Wingene en Zwevegem, droge potentieel verzurende depositie in Koksijde en totale potentieel verzurende depositie in Zwevegem werden zowel voor het meetnet als de OPS-

modeldata significant dalende trends vastgesteld. Bovendien bleek in alle meetplaatsen de gemiddelde jaarlijkse afname in de totale potentieel verzurende depositie groter te zijn voor de OPS-modeldata dan voor de meetnetdata, met uitzondering van de meetplaats Koksijde. Zo neemt de door OPS gegenereerde totale potentieel verzurende depositie in meetplaats Wingene jaarlijks af met gemiddeld $283 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, terwijl dit in het meetnet gemiddeld maar $178 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ zou bedragen. Bijgevolg dienen de tijdstrends in de OPS-modeldata met zekere voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd: op basis van de huidige (korte) tijdsreeks kan worden gesteld dat de tijdstrends gebaseerd op de OPS-modeldata niet representatief zijn voor de werkelijke tijdstrends afgeleid uit het meetnet verzuring.

Trendanalyse op de door OPS gemodelleerde data voor gans Vlaanderen voor de periode 1996-2006 toonde dat de grootste afnames in droge, natte en totale depositie plaatsvonden voor NH_x , gevolgd door SO_x en vervolgens NO_x . Ook in de periode 2001-2006 waren de afnames van NH_x en NO_x nog significant, maar de afname in SO_x -depositie vlakke af. In de periode 1996-2006 nam, uitgemiddeld over Vlaanderen, de totale potentieel verzurende depositie jaarlijks af met $166 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, waarvan 78 % toe te schrijven is aan een daling in droge potentieel verzurende depositie. In de periode die min of meer overeenkomt met de meetperiode van het meetnet verzuring, blijkt de jaarlijkse afname in totale potentieel verzurende depositie iets groter te zijn, nl. $193 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ (in dezelfde mate toe te schrijven aan een daling in droge potentieel verzurende depositie). Gezien de resultaten van de vergelijking van de tijdstrends tussen de meetdata van het meetnet en de gesimuleerde OPS-modeldata, dienen ook de resultaten van de gezamenlijke tijdstrend in alle kilometerhokken van Vlaanderen met enige terughoudendheid te worden geïnterpreteerd.

De OPS-modeldata werden op een derde ruimtelijk niveau onderzocht, met betrekking op de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden in Vlaanderen', i.e. de populatie waarvoor het meetnet representatief zou kunnen zijn. In 2002 werd door de VMM een GIS-analyse uitgevoerd om te bepalen welke meetplaatsen van het meetnet voldoen aan de EG richtlijn 1999/30/EG en de resultaten daarvan werden gebruikt ter afbakening van de kilometerhokken gelegen in de 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden in Vlaanderen'. In de 'lokaal niet-beïnvloede gebieden' zou, in de periode 2001-2006, de gemiddelde jaarlijkse afname in totale potentieel verzurende depositie $180 \text{ eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ bedragen, waarvan 72 % is toe te schrijven aan een daling in droge potentieel verzurende depositie. In vergelijking met de gezamenlijke tijdstrends in alle kilometerhokken van Vlaanderen, blijken de zogenaamde 'lokaal niet-beïnvloede natuurgebieden' onderworpen te zijn aan gelijkaardige trends in natte depositie, maar aan minder sterke dalingen in droge en totale depositie van NO_y en SO_x en sterkere dalingen van droge en totale depositie van NH_x . Blijkbaar hebben de afstandrestricties rond NO_y en SO_x emissiebronnen in de GIS-analyse geleid tot de selectie van voornamelijk kilometerhokken gelegen in regio's met hogere luchtconcentraties dan gemiddeld voor Vlaanderen. (zoals het agrarisch buitengebied), waardoor, zoals bleek uit Lot 1, ook een sterkere daling in NH_x -depositie werd genoteerd dan voor Vlaanderen

Uitgaande van de GIS-analyse in Lot 2, kan worden gesteld dat geen enkel meetpunt van het meetnet verzuring binnen de selectie valt op basis van de EG-richtlijn 1999/30/EG. Echter, de meetplaats Retie bevindt zich net op de grens tussen lokaal beïnvloed gebied en lokaal niet-beïnvloed gebied. De datareeks voor de meetplaats Retie is voorlopig te kort om een trendanalyse op uit te voeren, maar in de toekomst, naarmate meer meetjaren voorhanden zullen zijn, kan deze trendanalyse wel worden doorgevoerd.

7. Referenties

- Bowman A. & Azzalini A. (1997) Applied smoothing techniques for data analysis. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Ferguson C.A., Carvalho L., Scott E.M., Bowman A.W. & Kirika A. (2008). Assessing ecological responses to environmental change using statistical models, *Journal of Applied Ecology* 45, 193-203.
- Giannitrapani M., Bowman A. & Scott E. (2005) Additive models with correlated errors. technical report. Department of Statistics, University of Glasgow, Glasgow, UK.
- Hastie T.J., & Tibshirani, R.J. (1990) Generalized Additive Models, Chapman and Hall, London.
- Helsel D.R. & Frans L.M (2006). Regional Kendall Test for Trend, *Environmental Science and Technology* 40, 4066-4073.
- Hirsch R.M. & Slack J.R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research* 20, 727-732.
- Hirsch R.M., Slack J.R. & Smith R.A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18, 107-121.
- Ingersoll G.P., Mast A.M., Campbell D.H., Clow D.W., Nanus L. & Turk J.T. (2008). Trends in snowpack chemistry and comparison to National Atmospheric Deposition Program Results for the Rocky Mountains, US, 1993-2004, *Atmospheric Environment* 42, 6098-6113.
- Kendall M.G. (1975). Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London, fourth edition.
- Mann H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- Staelens J., Deschepper E., Verheyen K. & Thas O. (2007). Statistische verwerking meetdata verzuring. Studie in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Eindverslag, Universiteit Gent.
- UBA (2004). Mapping manual 2004. Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads & levels and air pollution effects, risks and trends. URL: <http://www.icpmapping.org>.
- Van Jaarsveld J.A. (1989). Een Operationeel atmosferisch transportmodel voor Prioritaire Stoffen; specificatie en aanwijzingen voor gebruik. RIVM rapport nr. 228603008, RIVM, Bilthoven.
- VMM (2002). 'Zure regen' in Vlaanderen, Depositie meetnet Verzuring 2001. Vlaamse Milieumaatschappij, Erembodegem.
- VMM (2003). 'Zure regen' in Vlaanderen, Depositie meetnet Verzuring 2002. Vlaamse Milieumaatschappij, Erembodegem.
- VMM (2004). 'Zure regen' in Vlaanderen, Depositie meetnet Verzuring 2003. Vlaamse Milieumaatschappij, Erembodegem.
- VMM (2005). 'Zure regen' in Vlaanderen, Depositie meetnet Verzuring 2004. Vlaamse Milieumaatschappij, Erembodegem.

8. Appendices

Appendix 1a

De helling, de p-waarde en de onderste en bovenste grens van het betrouwbaarheidsinterval van de tijdstrend in luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 opgemeten door het meetnet verzuring, volgens de GAM-modellen voor de negen meetplaatsen (cursief: $p < 0.1$; vet: $p < 0.05$).

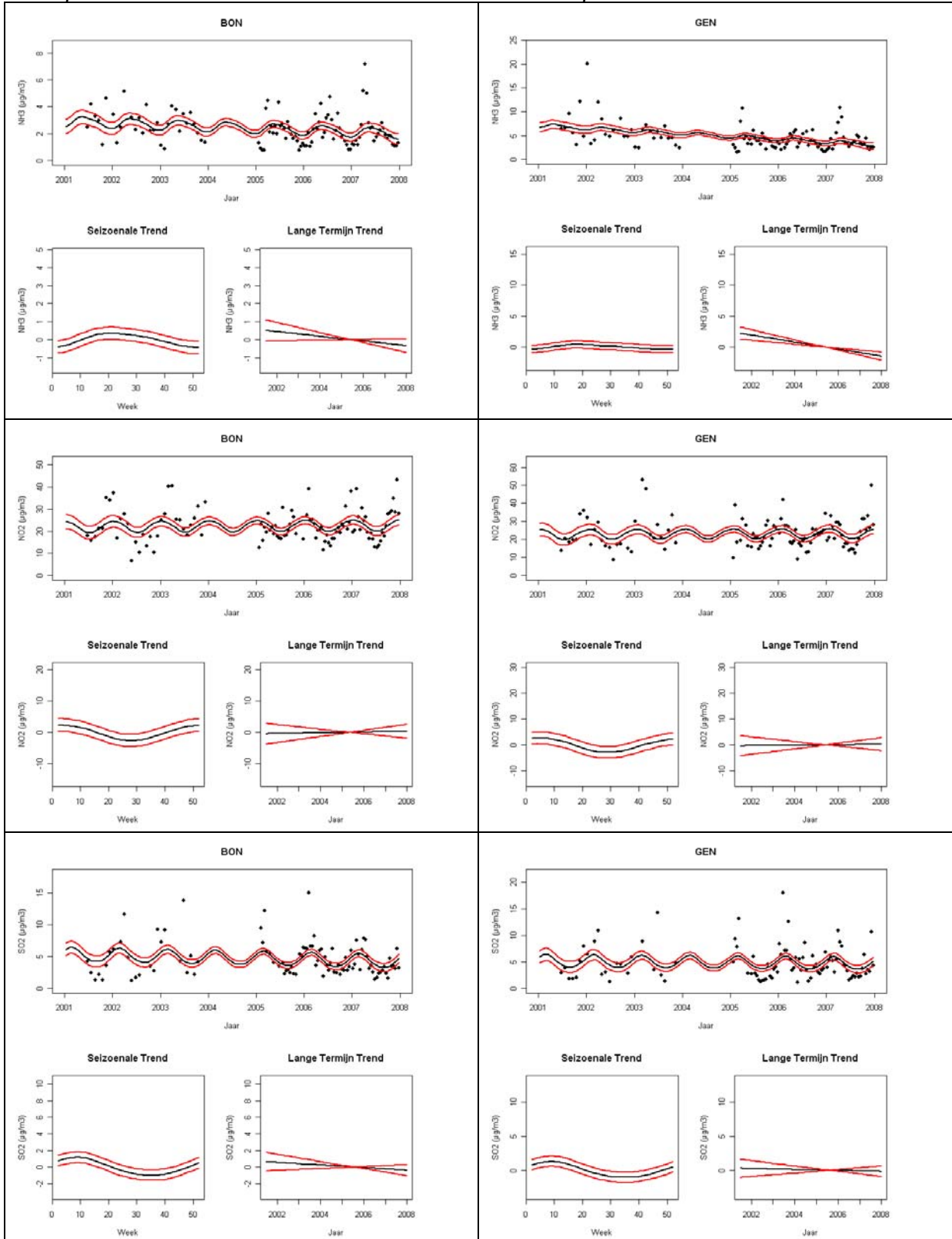
Meetplaats	Variabele	Helling	P-waarde	BI	
				Onder	Boven
Bonheiden	NH_3	-0.13	<i>0.088</i>	-0.28	0.02
	NO_2	0.12	0.787	-0.74	0.98
	SO_2	-0.16	0.254	-0.43	0.11
Gent	NH_3	-0.57	< 0.001	-0.82	-0.32
	NO_2	0.09	0.854	-0.89	1.07
	SO_2	-0.07	0.676	-0.40	0.26
Kapellen	NH_3	-0.32	0.019	-0.59	-0.05
	NO_2	0.20	0.674	-0.74	1.15
	SO_2	-0.04	0.826	-0.36	0.29
Koksijde	NH_3	-0.54	< 0.001	-0.75	-0.33
	NO_2	0.13	0.656	-0.43	0.69
	SO_2	-0.14	0.280	-0.40	0.12
Maasmechelen	NH_3	0.14	0.129	-0.04	0.32
	NO_2	0.29	0.490	-0.53	1.10
	SO_2	0.07	0.383	-0.09	0.24
Retie	NH_3	-0.53	< 0.001	-0.81	-0.24
	NO_2	-0.18	0.625	-0.91	0.55
	SO_2	-0.08	0.346	-0.24	0.08
Tielt-Winge	NH_3	-0.36	0.001	-0.59	-0.14
	NO_2	0.04	0.911	-0.59	0.67
	SO_2	0.07	0.212	-0.04	0.18
Wingene	NH_3	-0.71	< 0.001	-1.05	-0.37
	NO_2	0.23	0.607	-0.63	1.08
	SO_2	0.11	0.158	-0.04	0.27
Zwevegem	NH_3	-0.80	< 0.001	-1.20	-0.40
	NO_2	0.18	0.671	-0.64	0.99
	SO_2	-0.19	<i>0.056</i>	-0.38	0.00

Appendix 1b

Tweewekelijkse gemiddelde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 , met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder) voor elke meetplaats afzonderlijk.

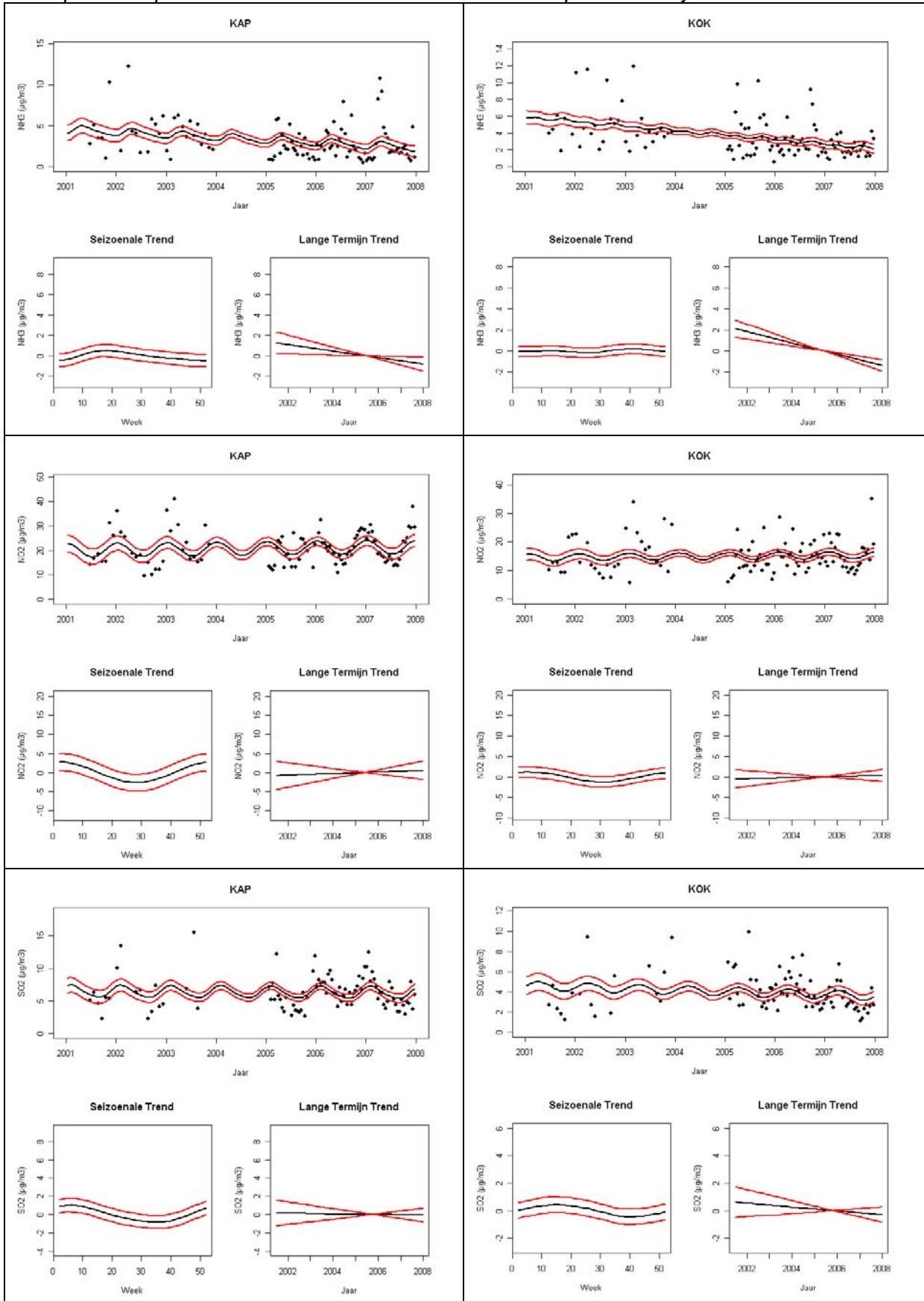
Meetplaats Bonheiden

Meetplaats Gent



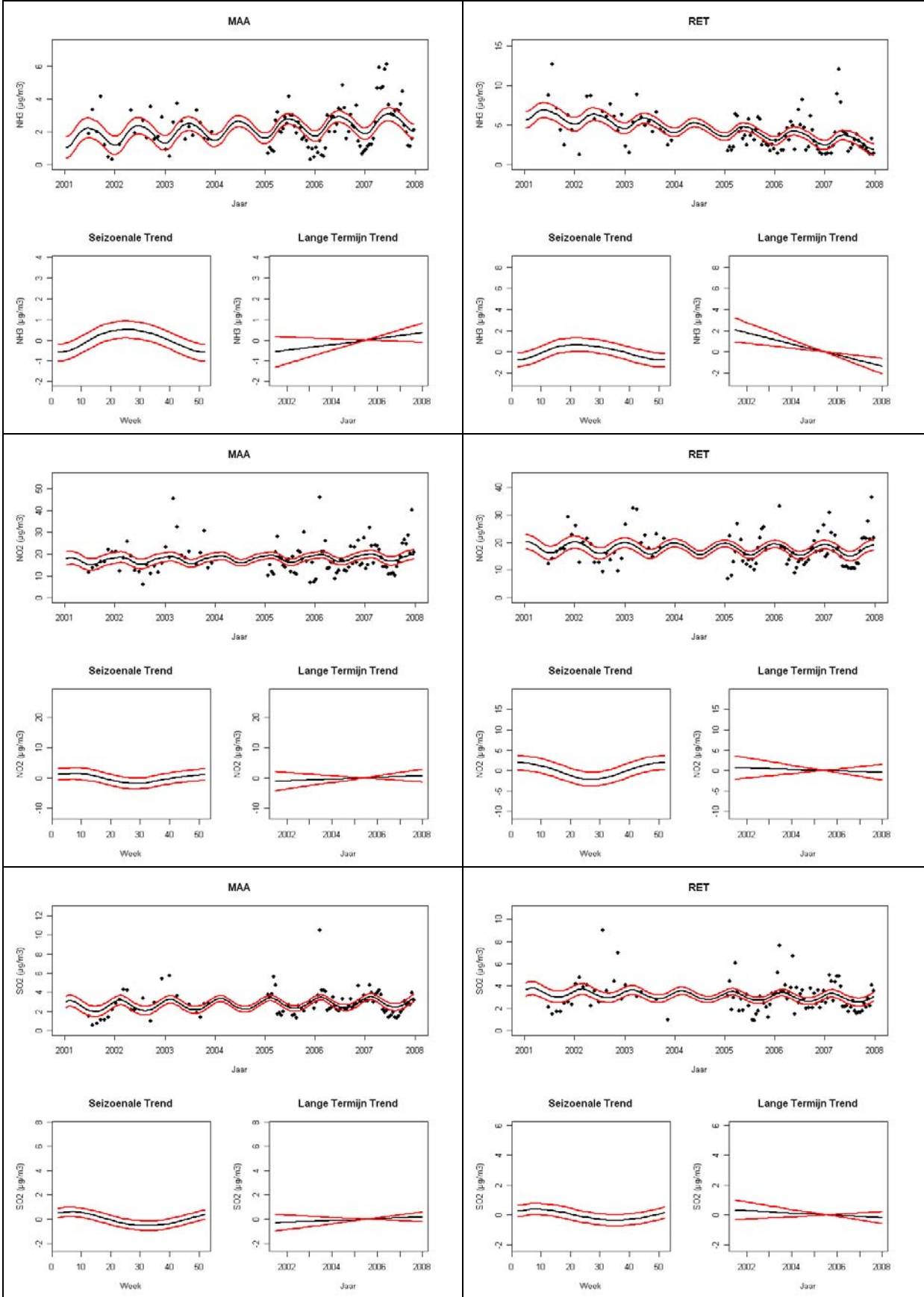
Meetplaats Kapellen

Meetplaats Koksijde



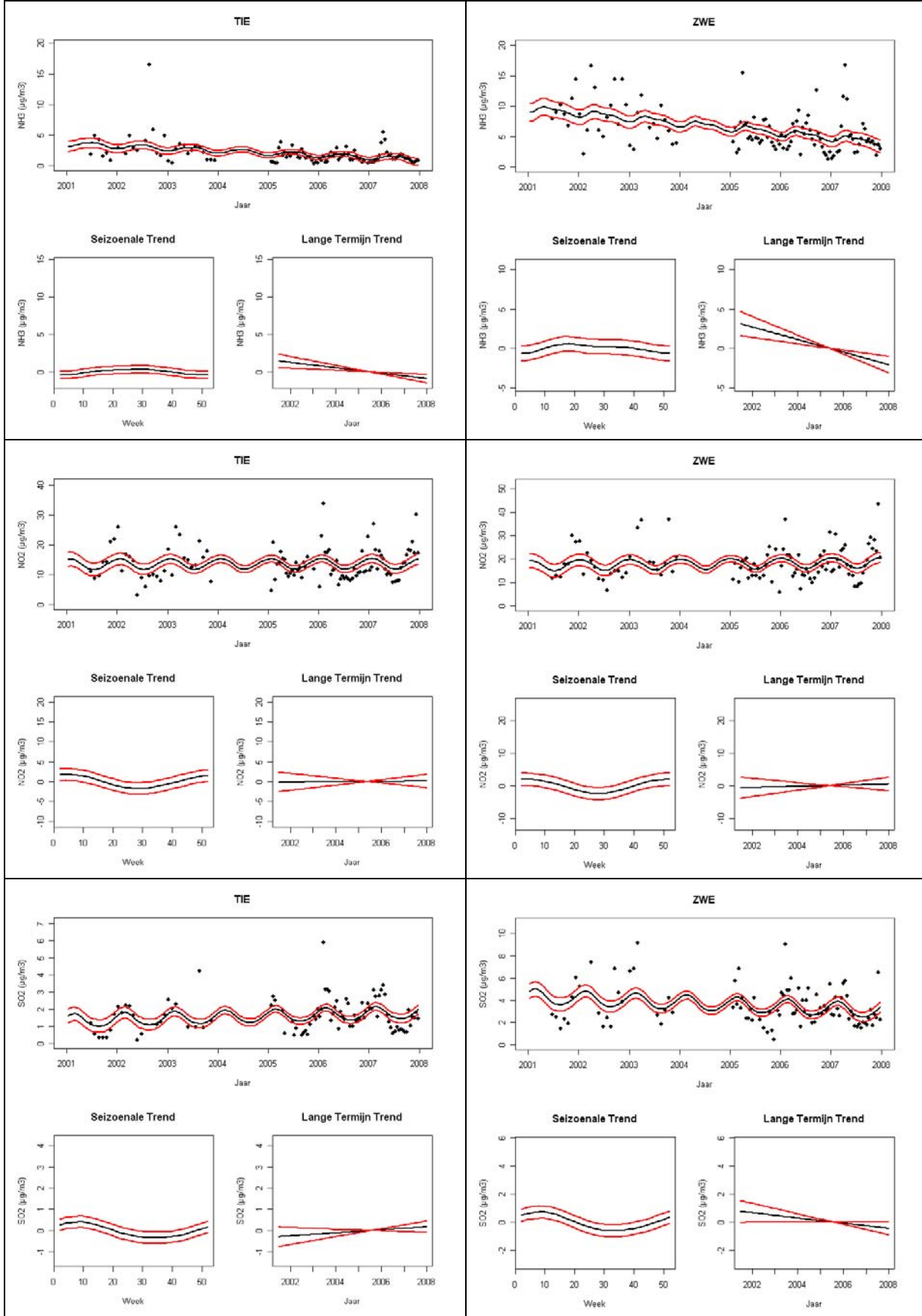
Meetplaats Maasmechelen

Meetplaats Mol/Retie



Meetplaats Tiel-Winge

Meetplaats Zwevegem



Appendix 2a

De helling, de p-waarde (p) en de onder- en bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval (BI) van de tijdstrend in droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositie van NH_x, NO_y, SO_x, de som van de potentieel verzurende polluenten (N+S) en anorganische stikstof (N) (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) opgemeten door het meetnet verzuring, volgens de GAM-modellen voor de negen meetplaatsen (cursief: p < 0.1; vet: p < 0.05).

Meetplaats	Variabele	Gras				Heide				Loofbos				Naaldbos			
		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI	
				Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven
Bonheiden	DD NH _x	-1.02	0.088	-2.20	0.15	-1.40	0.088	-3.00	0.21	-1.77	0.088	-3.80	0.26	-2.70	0.088	-5.80	0.40
	ND NH _x	-0.25	0.611	-1.23	0.72												
	TD NH _x	-0.44	0.608	-2.12	1.24	-0.68	0.515	-2.73	1.37	-0.92	0.469	-3.41	1.57	-1.52	0.428	-5.28	2.24
	DD NO _y	0.08	0.787	-0.49	0.65	0.08	0.787	-0.49	0.65	0.08	0.787	-0.49	0.65	0.08	0.787	-0.49	0.65
	ND NO _y	-0.30	0.315	-0.90	0.29												
	TD NO _y	0.11	0.791	-0.69	0.91	0.11	0.791	-0.69	0.91	0.11	0.791	-0.69	0.91	0.11	0.791	-0.69	0.91
	DD SO _x	-0.54	0.254	-1.47	0.39	-0.72	0.254	-1.96	0.52	-0.54	0.254	-1.47	0.39	-0.60	0.254	-1.64	0.43
	ND SO _x	-0.43	0.235	-1.15	0.28												
	TD SO _x	-0.68	0.304	-1.98	0.62	-1.02	0.194	-2.56	0.52	-0.68	0.304	-1.98	0.62	-0.80	0.257	-2.17	0.58
	DD N+S	-1.31	0.136	-3.03	0.41	-1.86	0.105	-4.11	0.39	-2.04	0.107	-4.51	0.44	-3.01	0.101	-6.60	0.58
	ND N+S	-0.99	0.379	-3.21	1.22												
	TD N+S	0.84	0.557	-1.95	3.63	0.30	0.846	-2.69	3.29	0.46	0.766	-2.58	3.51	-0.12	0.951	-3.99	3.75
	DD N	-0.84	0.197	-2.12	0.44	-1.2	0.159	-2.87	0.47	-1.56	0.141	-3.64	0.52	-2.46	0.122	-5.58	0.66
	ND N	-0.56	0.479	-2.11	0.99												
	TD N	-0.17	0.873	-2.31	1.96	-0.40	0.736	-2.76	1.95	-0.64	0.638	-3.28	2.01	-1.21	0.515	-4.87	2.44

Meetplaats	Variabele	Gras				Heide				Loofbos				Naaldbos			
		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI	
				Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven
Gent	DD NH _x	-4.47	< 0.001	-6.45	-2.50	-6.10	< 0.001	-8.79	-3.41	-7.73	< 0.001	-11.13	-4.32	-11.79	< 0.001	-16.99	-6.59
	ND NH _x	0.30	0.512	-0.60	1.21												
	TD NH _x	-3.32	0.002	-5.47	-1.17	-4.99	< 0.001	-7.78	-2.21	-6.67	< 0.001	-10.11	-3.23	-10.85	< 0.001	-15.99	-5.71
	DD NO _y	0.06	0.854	-0.58	0.70	0.06	0.854	-0.58	0.70	0.06	0.854	-0.58	0.70	0.06	0.854	-0.58	0.70
	ND NO _y	0.10	0.719	-0.44	0.64												
	TD NO _y	0.42	0.289	-0.36	1.19	0.42	0.289	-0.36	1.19	0.42	0.289	-0.36	1.19	0.42	0.289	-0.36	1.19
	DD SO _x	-0.24	0.676	-1.35	0.87	-0.32	0.676	-1.80	1.17	-0.24	0.676	-1.35	0.87	-0.26	0.676	-1.50	0.97
	ND SO _x	-0.05	0.886	-0.78	0.68												
	TD SO _x	0.12	0.835	-1.05	1.30	-0.04	0.955	-1.52	1.43	0.12	0.835	-1.05	1.30	0.07	0.915	-1.20	1.34
	DD N+S	-5.42	< 0.001	-8.28	-2.56	-7.42	< 0.001	-11.18	-3.66	-9.27	< 0.001	-13.47	-5.07	-14.11	< 0.001	-20.14	-8.09
	ND N+S	0.35	0.740	-1.71	2.41												
	TD N+S	-3.19	0.043	-6.28	-0.10	-5.37	0.004	-9.05	-1.69	-7.23	0.001	-11.34	-3.13	-12.34	< 0.001	-18.01	-6.67
	DD N	-4.74	< 0.001	-6.84	-2.65	-6.48	< 0.001	-9.26	-3.71	-8.23	< 0.001	-11.69	-4.76	-12.58	< 0.001	-17.79	-7.37
	ND N	0.40	0.576	-1.01	1.81												
TD N	-3.05	0.018	-5.59	-0.52	-4.86	0.002	-7.95	-1.77	-6.67	< 0.001	-10.36	-2.98	-11.19	< 0.001	-16.47	-5.91	
Kapellen	DD NH _x	-2.51	0.019	-4.61	-0.41	-3.42	0.019	-6.28	-0.56	-4.33	0.019	-7.96	-0.71	-6.62	0.019	-12.15	-1.08
	ND NH _x	0.22	0.706	-0.91	1.34												
	TD NH _x	-2.03	0.095	-4.42	0.35	-2.81	0.076	-5.92	0.29	-3.59	0.071	-7.49	0.31	-5.54	0.071	-11.55	0.47
	DD NO _y	0.13	0.674	-0.49	0.76	0.13	0.674	-0.49	0.76	0.13	0.674	-0.49	0.76	0.13	0.674	-0.49	0.76
	ND NO _y	-0.23	0.478	-0.88	0.41												
	TD NO _y	0.08	0.871	-0.85	1.00	0.08	0.871	-0.85	1.00	0.08	0.871	-0.85	1.00	0.08	0.871	-0.85	1.00
	DD SO _x	-0.13	0.826	-1.24	0.99	-0.17	0.826	-1.66	1.32	-0.13	0.826	-1.24	0.99	-0.14	0.827	-1.38	1.10
	ND SO _x	0.05	0.912	-0.91	1.01												
	TD SO _x	-0.14	0.867	-1.82	1.54	-0.34	0.734	-2.30	1.62	-0.14	0.867	-1.82	1.54	-0.21	0.817	-1.98	1.56
	DD N+S	-1.29	0.372	-4.12	1.54	-1.96	0.314	-5.76	1.85	-2.61	0.258	-7.13	1.91	-4.27	0.218	-11.05	2.52
	ND N+S	0.04	0.978	-2.52	2.59												
	TD N+S	-1.67	0.412	-5.68	2.33	-2.50	0.259	-6.85	1.84	-3.03	0.232	-7.99	1.94	-4.77	0.181	-11.75	2.21
	DD N	-1.74	0.124	-3.97	0.48	-2.46	0.109	-5.46	0.55	-3.17	0.102	-6.97	0.63	-4.96	0.094	-10.75	0.84
	ND N	-0.02	0.984	-1.74	1.70	-0.02											
TD N	-1.98	0.184	-4.89	0.94	-2.78	0.121	-6.28	0.73	-3.57	0.097	-7.79	0.64	-5.56	0.081	-11.81	0.68	

Meetplaats	Variabele	Gras				Heide				Loofbos				Naaldbos			
		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI	
				Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven
Koksijde	DD NH _x	-4.23	< 0.001	-5.87	-2.59	-5.77	< 0.001	-8.01	-3.53	-7.30	< 0.001	-10.14	-4.47	-11.15	< 0.001	-15.48	-6.82
	ND NH _x	0.38	0.270	-0.30	1.06	0.38											
	TD NH _x	-3.35	0.001	-5.30	-1.39	-4.79	< 0.001	-7.33	-2.25	-6.24	< 0.001	-9.39	-3.09	-9.85	< 0.001	-14.57	-5.13
	DD NO _y	0.08	0.656	-0.29	0.45	0.08	0.656	-0.29	0.45	0.08	0.656	-0.29	0.45	0.08	0.656	-0.29	0.45
	ND NO _y	0.09	0.742	-0.45	0.63	0.09											
	TD NO _y	0.39	0.244	-0.27	1.06	0.39	0.244	-0.27	1.06	0.39	0.244	-0.27	1.06	0.39	0.244	-0.27	1.06
	DD SO _x	-0.49	0.280	-1.37	0.40	-0.65	0.279	-1.83	0.53	-0.49	0.280	-1.37	0.40	-0.54	0.280	-1.52	0.44
	ND SO _x	-0.23	0.606	-1.12	0.66	-0.23											
	TD SO _x	-0.34	0.612	-1.65	0.97	-0.52	0.500	-2.02	0.98	-0.34	0.612	-1.65	0.97	-0.40	0.568	-1.77	0.97
	DD N+S	-3.79	0.003	-6.27	-1.31	-5.24	0.002	-8.52	-1.95	-6.36	0.001	-10.20	-2.52	-9.63	0.001	-15.26	-3.99
	ND N+S	0.24	0.795	-1.56	2.04	0.24											
	TD N+S	-1.92	0.267	-5.29	1.46	-3.13	0.136	-7.24	0.98	-3.98	0.100	-8.71	0.76	-6.61	0.056	-13.39	0.16
	DD N	-4.05	< 0.001	-5.88	-2.22	-5.57	< 0.001	-8.00	-3.14	-7.09	< 0.001	-10.11	-4.06	-10.88	< 0.001	-15.41	-6.36
	ND N	0.47	0.414	-0.66	1.61	0.47											
TD N	-2.59	0.032	-4.96	-0.23	-4.01	0.007	-6.92	-1.09	-5.42	0.002	-8.93	-1.91	-8.96	0.001	-14.06	-3.86	
Maasmechelen	DD NH _x	1.11	0.129	-0.32	2.55	1.52	0.129	-0.44	3.47	1.92	0.129	-0.56	4.40	2.93	0.129	-0.85	6.71
	ND NH _x	0.09	0.861	-0.94	1.13	0.09											
	TD NH _x	1.58	0.124	-0.43	3.59	1.97	0.116	-0.49	4.43	2.36	0.117	-0.59	5.31	3.33	0.125	-0.92	7.59
	DD NO _y	0.19	0.490	-0.35	0.72	0.19	0.490	-0.35	0.72	0.19	0.490	-0.35	0.72	0.19	0.490	-0.35	0.72
	ND NO _y	-0.34	0.353	-1.05	0.37	-0.34											
	TD NO _y	0.21	0.637	-0.66	1.08	0.21	0.637	-0.66	1.08	0.21	0.637	-0.66	1.08	0.21	0.637	-0.66	1.08
	DD SO _x	0.25	0.384	-0.31	0.82	0.34	0.383	-0.42	1.09	0.25	0.384	-0.31	0.82	0.28	0.384	-0.35	0.91
	ND SO _x	-0.34	0.330	-1.03	0.35	-0.34											
	TD SO _x	0.78	0.077	-0.08	1.65	0.81	0.094	-0.14	1.76	0.78	0.077	-0.08	1.65	0.79	0.081	-0.10	1.69
	DD N+S	1.79	0.026	0.22	3.37	2.30	0.031	0.22	4.38	2.59	0.048	0.03	5.14	3.62	0.069	-0.28	7.51
	ND N+S	-0.59	0.628	-2.96	1.78	-0.59											
	TD N+S	3.58	0.029	0.37	6.79	4.00	0.025	0.50	7.51	4.34	0.030	0.42	8.26	5.31	0.041	0.23	10.39
	DD N	1.33	0.081	-0.16	2.83	1.73	0.087	-0.25	3.72	2.13	0.094	-0.36	4.63	3.14	0.104	-0.65	6.92
	ND N	-0.25	0.780	-1.96	1.47	-0.25											
TD N	1.61	0.224	-0.99	4.21	2.00	0.185	-0.96	4.96	2.38	0.166	-0.99	5.76	3.34	0.153	-1.24	7.92	

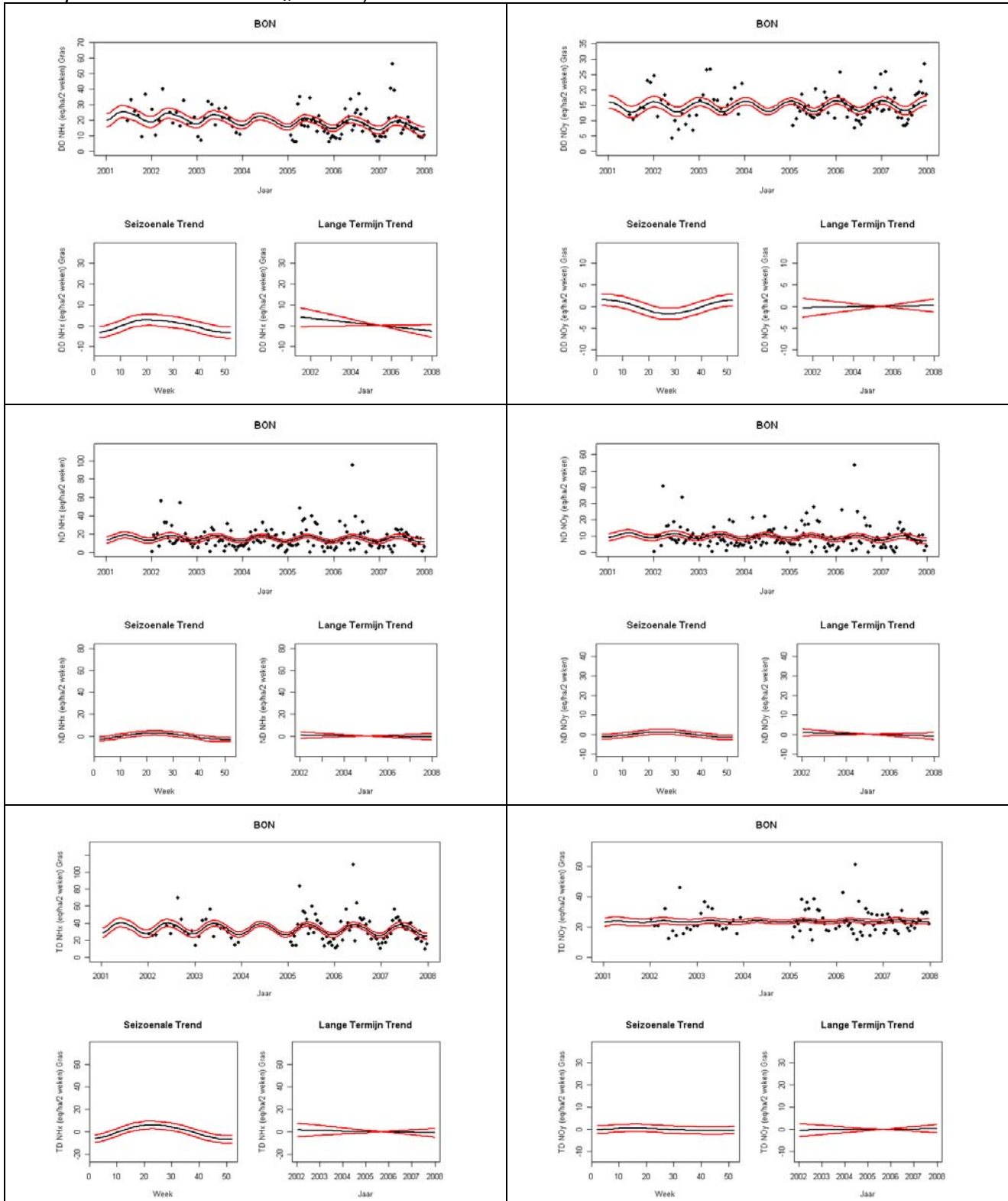
Meetplaats	Variabele	Gras				Heide				Loofbos				Naaldbos			
		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI		Helling	P	BI	
				Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven			Onder	Boven
Retie	DD NH _x	-4.13	< 0.001	-6.37	-1.89	-5.63	< 0.001	-8.69	-2.58	-7.13	< 0.001	-11.00	-3.27	-10.89	< 0.001	-16.79	-4.99
	ND NH _x	0.30	0.659	-1.04	1.64	0.30											
	TD NH _x	-3.21	0.018	-5.85	-0.56	-4.62	0.004	-7.80	-1.43	-6.03	0.002	-9.81	-2.25	-9.56	0.001	-14.95	-4.17
	DD NO _y	-0.12	0.626	-0.60	0.36	-0.12	0.626	-0.60	0.36	-0.12	0.626	-0.60	0.36	-0.12	0.626	-0.60	0.36
	ND NO _y	-0.12	0.675	-0.71	0.46	-0.12											
	TD NO _y	0.05	0.890	-0.70	0.80	0.05	0.890	-0.70	0.80	0.05	0.890	-0.70	0.80	0.05	0.890	-0.70	0.80
	DD SO _x	-0.27	0.347	-0.83	0.29	-0.36	0.346	-1.10	0.39	-0.27	0.347	-0.83	0.29	-0.30	0.346	-0.92	0.32
	ND SO _x	-0.33	0.381	-1.05	0.40	-0.33											
	TD SO _x	-0.45	0.409	-1.51	0.62	-0.66	0.277	-1.86	0.53	-0.45	0.409	-1.51	0.62	-0.52	0.356	-1.63	0.59
	DD N+S	-4.77	< 0.001	-7.41	-2.13	-6.49	< 0.001	-10.05	-2.92	-7.99	< 0.001	-12.32	-3.65	-12.05	< 0.001	-18.56	-5.53
	ND N+S	-0.15	0.907	-2.65	2.35	-0.15											
	TD N+S	-5.21	0.004	-8.76	-1.66	-7.05	< 0.001	-10.95	-3.15	-8.37	< 0.001	-12.66	-4.07	-12.40	< 0.001	-18.09	-6.72
	DD N	-4.46	< 0.001	-6.77	-2.15	-6.05	< 0.001	-9.18	-2.92	-7.63	< 0.001	-11.59	-3.68	-11.59	< 0.001	-17.63	-5.55
	ND N	0.18	0.852	-1.69	2.04	0.18											
TD N	-3.76	0.014	-6.75	-0.76	-5.30	0.002	-8.71	-1.89	-6.84	0.001	-10.76	-2.93	-10.70	< 0.001	-16.08	-5.33	
Tielt-Winge	DD NH _x	-2.86	0.001	-4.62	-1.10	-3.90	0.001	-6.30	-1.50	-4.94	0.001	-7.99	-1.89	-7.54	0.001	-12.19	-2.89
	ND NH _x	-0.29	0.372	-0.93	0.35	-0.29											
	TD NH _x	-3.17	0.008	-5.53	-0.81	-4.41	0.005	-7.45	-1.36	-5.64	0.003	-9.38	-1.90	-8.72	0.002	-14.20	-3.24
	DD NO _y	0.02	0.911	-0.39	0.44	0.02	0.911	-0.39	0.44	0.02	0.911	-0.39	0.44	0.02	0.911	-0.39	0.44
	ND NO _y	-0.24	0.288	-0.68	0.20	-0.24											
	TD NO _y	0.14	0.641	-0.46	0.75	0.14	0.641	-0.46	0.75	0.14	0.641	-0.46	0.75	0.14	0.641	-0.46	0.75
	DD SO _x	0.24	0.213	-0.14	0.63	0.33	0.212	-0.19	0.84	0.24	0.213	-0.14	0.63	0.27	0.212	-0.16	0.70
	ND SO _x	-0.30	0.168	-0.73	0.13	-0.30											
	TD SO _x	0.54	0.127	-0.15	1.23	0.55	0.142	-0.19	1.30	0.54	0.127	-0.15	1.23	0.54	0.131	-0.16	1.25
	DD N+S	-1.45	0.035	-2.79	-0.11	-2.00	0.027	-3.77	-0.23	-2.70	0.011	-4.78	-0.62	-4.24	0.007	-7.31	-1.16
	ND N+S	-0.83	0.241	-2.22	0.56	-0.83											
	TD N+S	-0.24	0.828	-2.42	1.93	-0.88	0.459	-3.22	1.45	-1.53	0.237	-4.06	1.00	-3.14	0.057	-6.36	0.09
	DD N	-2.84	0.002	-4.61	-1.07	-3.89	0.002	-6.3	-1.48	-4.94	0.002	-7.99	-1.88	-7.55	0.002	-12.22	-2.88
	ND N	-0.53	0.312	-1.56	0.5	-0.53											
TD N	-3.15	0.019	-5.78	-0.51	-4.40	0.009	-7.69	-1.11	-5.65	0.005	-9.62	-1.67	-8.77	0.003	-14.49	-3.05	

Meetplaats	Variabele	Gras				Heide				Loofbos				Naaldbos			
		Helling		P	BI		Helling		P	BI		Helling		P	BI		
		Onder	Boven		Onder	Boven	Onder	Boven		Onder	Boven						
Wingene	DD NH _x	-5.58	< 0.001	-8.23	-2.93	-7.61	< 0.001	-11.23	-4.00	-9.64	< 0.001	-14.22	-5.07	-14.72	< 0.001	-21.71	-7.73
	ND NH _x	-0.88	0.076	-1.86	0.09	-0.88											
	TD NH _x	-5.39	< 0.001	-8.09	-2.70	-7.34	< 0.001	-10.91	-3.77	-9.29	< 0.001	-13.76	-4.82	-14.16	< 0.001	-20.92	-7.39
	DD NO _y	0.15	0.608	-0.42	0.71	0.15	0.608	-0.42	0.71	0.15	0.608	-0.42	0.71	0.15	0.608	-0.42	0.71
	ND NO _y	-0.47	0.085	-1.01	0.06	-0.47											
	TD NO _y	-0.02	0.962	-0.67	0.64	-0.02	0.962	-0.67	0.64	-0.02	0.962	-0.67	0.64	-0.02	0.962	-0.67	0.64
	DD SO _x	0.39	0.158	-0.15	0.93	0.52	0.158	-0.20	1.24	0.39	0.158	-0.15	0.93	0.43	0.158	-0.17	1.03
	ND SO _x	-0.79	0.029	-1.50	-0.08	-0.79											
	TD SO _x	0.20	0.625	-0.60	1.00	0.36	0.402	-0.49	1.21	0.20	0.625	-0.60	1.00	0.25	0.540	-0.56	1.07
	DD N+S	-5.67	< 0.001	-8.59	-2.74	-7.77	< 0.001	-11.69	-3.85	-10.12	< 0.001	-14.90	-5.34	-15.64	< 0.001	-22.79	-8.49
	ND N+S	-2.14	0.047	-4.25	-0.03	-2.14											
	TD N+S	-5.27	0.002	-8.55	-1.99	-7.18	< 0.001	-11.14	-3.21	-9.40	< 0.001	-14.13	-4.66	-14.50	< 0.001	-21.32	-7.69
	DD N	-5.80	< 0.001	-8.64	-2.96	-7.94	< 0.001	-11.73	-4.16	-10.09	< 0.001	-14.82	-5.36	-15.44	< 0.001	-22.56	-8.33
	ND N	-1.35	0.072	-2.83	0.12	-1.35											
TD N	-5.83	< 0.001	-9.01	-2.64	-7.88	< 0.001	-11.92	-3.85	-9.94	< 0.001	-14.86	-5.03	-15.09	< 0.001	-22.26	-7.92	
Zwevegem	DD NH _x	-6.29	< 0.001	-9.43	-3.14	-8.57	< 0.001	-12.86	-4.28	-10.86	< 0.001	-16.29	-5.42	-16.57	< 0.001	-24.87	-8.28
	ND NH _x	-0.17	0.675	-0.97	0.63	-0.17											
	TD NH _x	-5.96	< 0.001	-9.05	-2.86	-8.25	< 0.001	-12.36	-4.13	-10.54	< 0.001	-15.68	-5.39	-16.26	< 0.001	-23.98	-8.54
	DD NO _y	0.12	0.671	-0.42	0.65	0.12	0.671	-0.42	0.65	0.12	0.671	-0.42	0.65	0.12	0.671	-0.42	0.65
	ND NO _y	-0.27	0.246	-0.74	0.19	-0.27											
	TD NO _y	0.13	0.665	-0.47	0.73	0.13	0.665	-0.47	0.73	0.13	0.665	-0.47	0.73	0.13	0.665	-0.47	0.73
	DD SO _x	-0.63	0.056	-1.28	0.02	-0.85	0.056	-1.71	0.02	-0.63	0.056	-1.28	0.02	-0.70	0.056	-1.43	0.02
	ND SO _x	-0.75	0.009	-1.31	-0.19	-0.75											
	TD SO _x	-0.95	0.052	-1.91	0.01	-1.21	0.040	-2.37	-0.05	-0.95	0.052	-1.91	0.01	-1.04	0.047	-2.06	-0.01
	DD N+S	-7.28	< 0.001	-10.74	-3.82	-9.97	< 0.001	-14.61	-5.33	-12.29	< 0.001	-17.94	-6.64	-18.61	< 0.001	-27.06	-10.17
	ND N+S	-1.19	0.175	-2.92	0.53	-1.19											
	TD N+S	-6.89	< 0.001	-10.67	-3.11	-9.63	< 0.001	-14.44	-4.82	-11.90	< 0.001	-17.65	-6.15	-18.25	< 0.001	-26.59	-9.91
	DD N	-6.37	< 0.001	-9.53	-3.22	-8.74	< 0.001	-13	-4.47	-11.1	< 0.001	-16.47	-5.72	-17.00	< 0.001	-25.16	-8.84
	ND N	-0.44	0.479	-1.67	0.79	-0.44											
TD N	-6.04	< 0.001	-9.23	-2.85	-8.42	< 0.001	-12.58	-4.26	-10.80	< 0.001	-15.95	-5.65	-16.75	< 0.001	-24.41	-9.10	

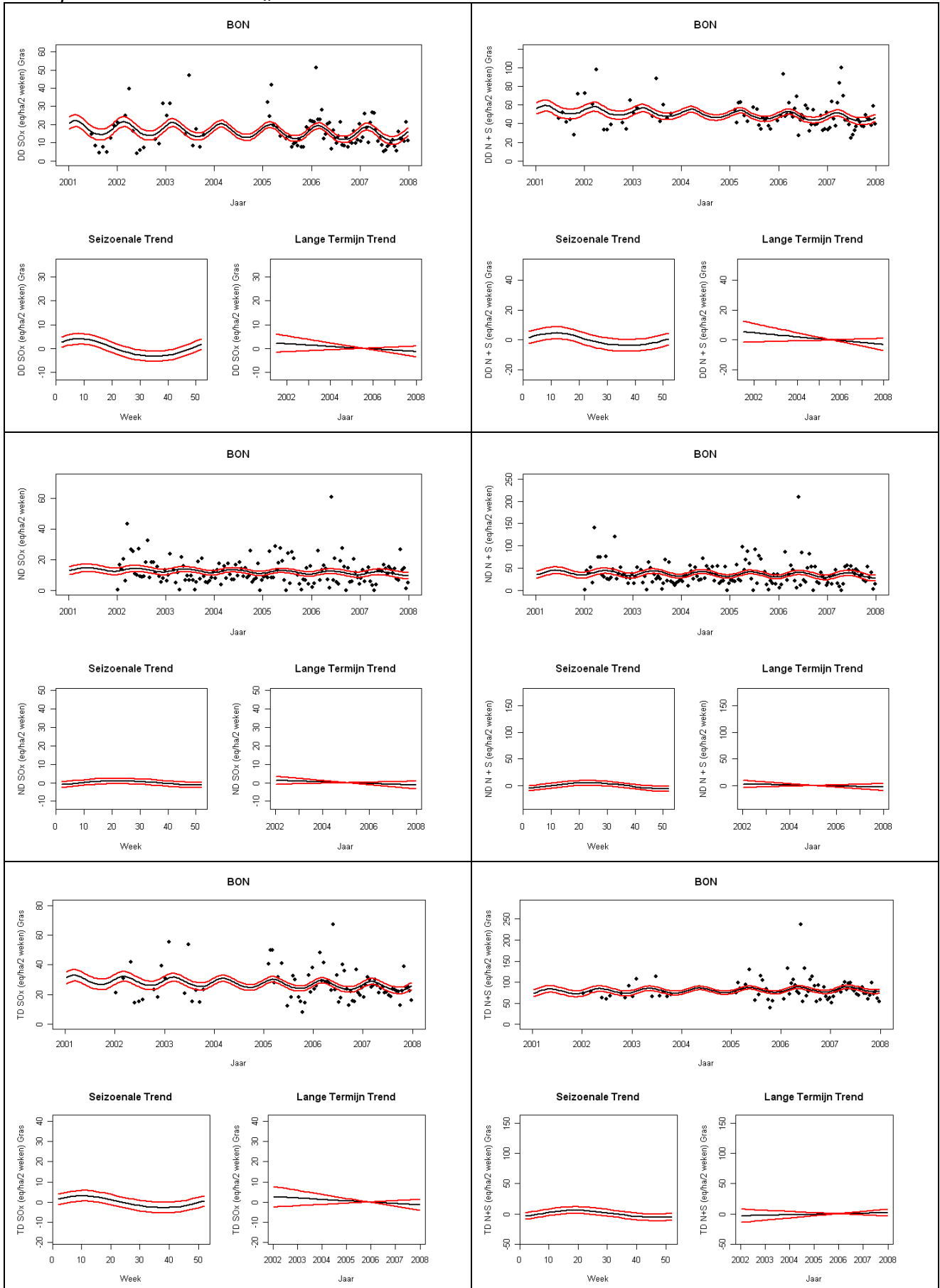
Appendix 2b

Tweewekelijkse droge, natte en totale NH_x -, NO_y -, SO_x -depositie, potentieel verzurende depositie (N+S) en anorganisch stikstof (N) (eq ha^{-1} 2 weken $^{-1}$), met de geschatte trendlijn voor de gemiddelde depositie (zwarte lijn) en de puntsgewijze 95 % betrouwbaarheidsintervallen (rode lijnen) (boven), geschatte seizoenale trend (links onder) en geschatte langetermijntrend (rechts onder) voor elke meetplaats afzonderlijk. Enkel de depositie voor het vegetatietype gras wordt weergegeven.

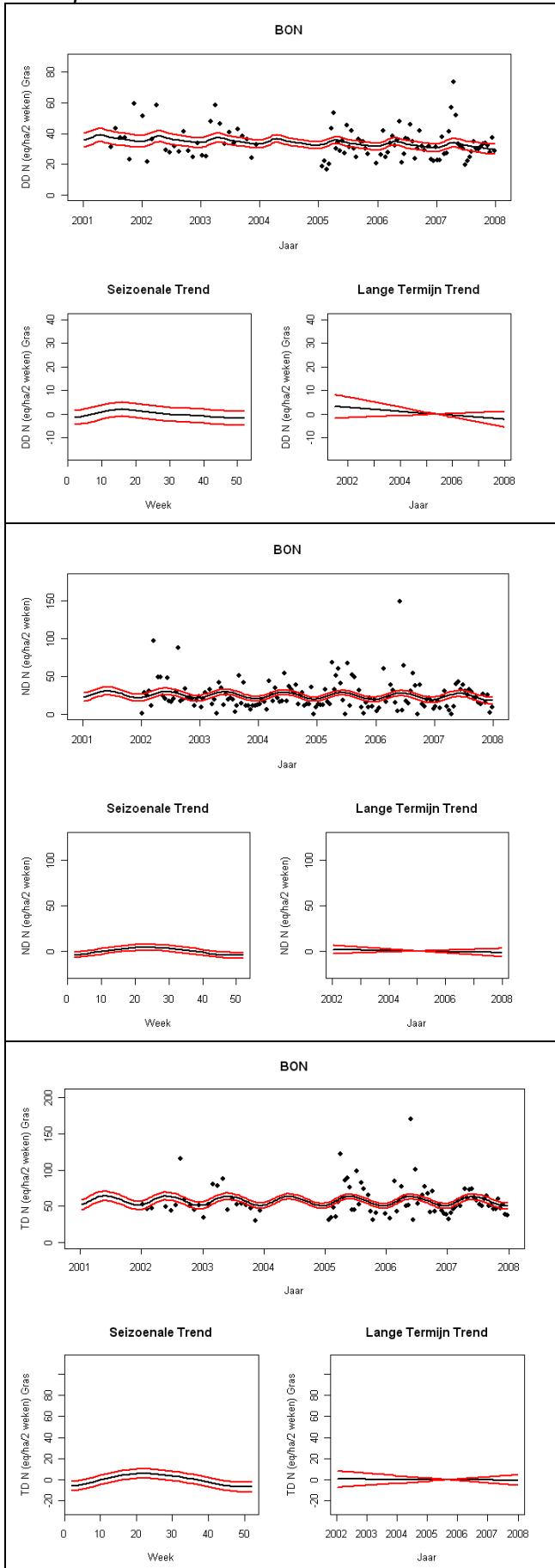
Meetplaats Bonheiden: NH_x en NO_y



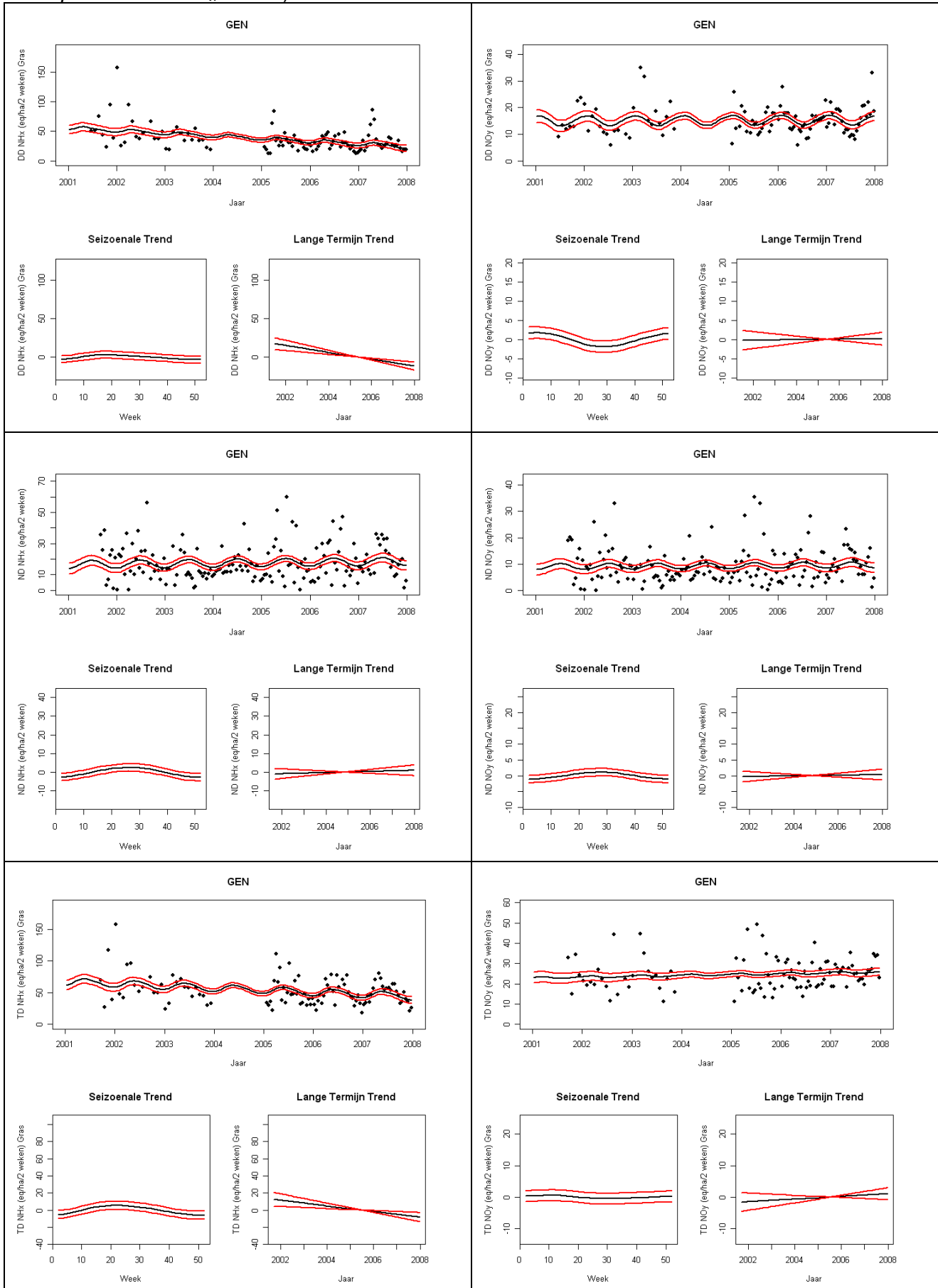
Meetplaats Bonheiden: SO_x en N+S



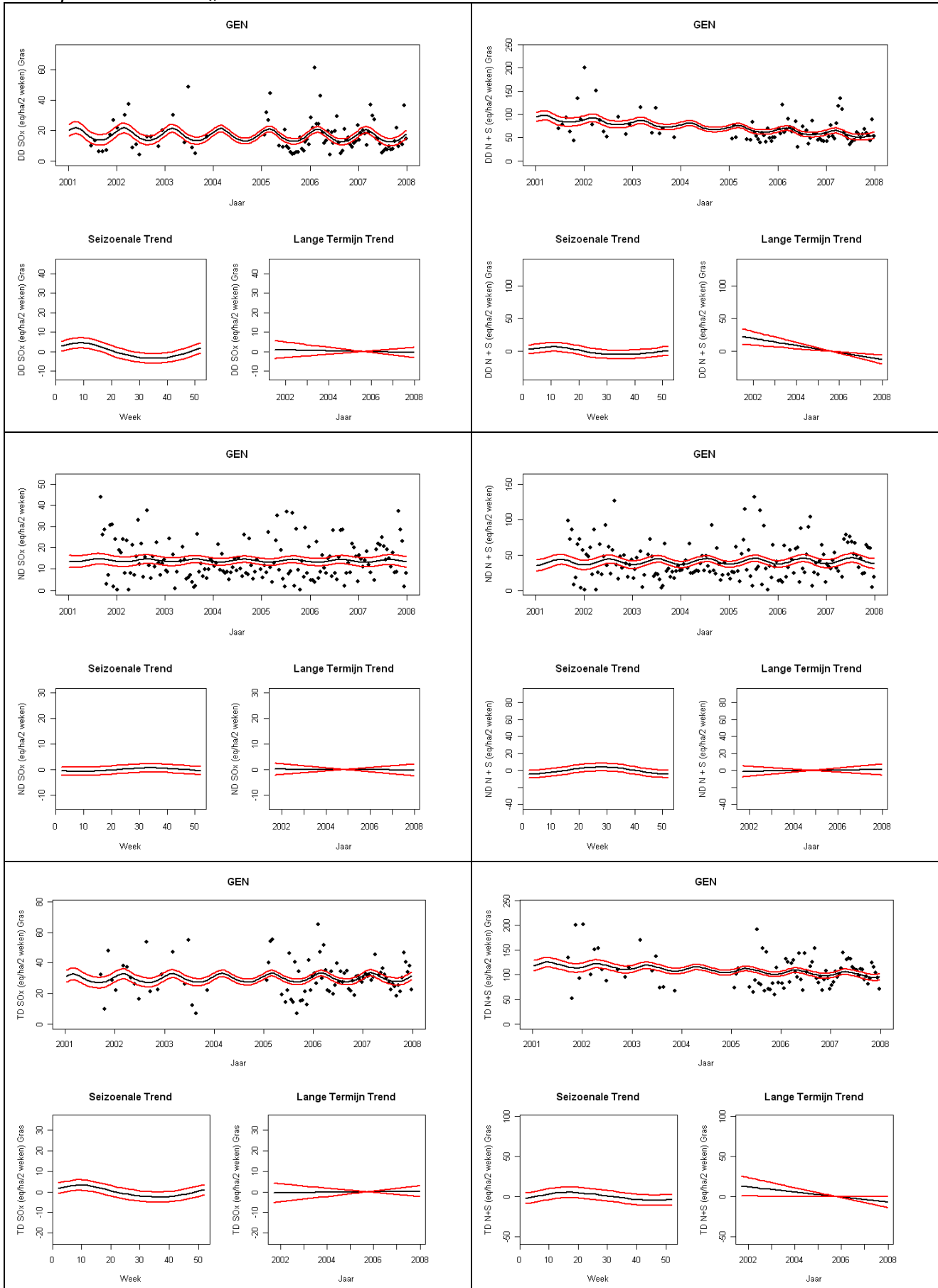
Meetplaats Bonheiden: N



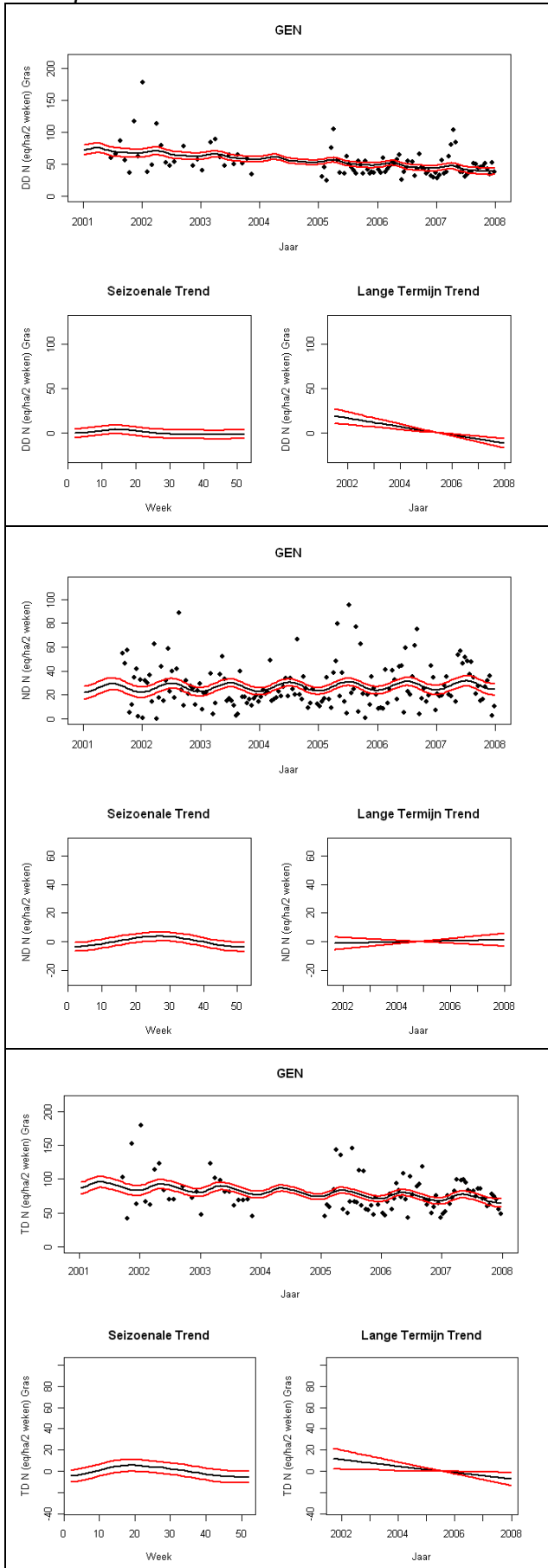
Meetplaats Gent: NH_x en NO_y



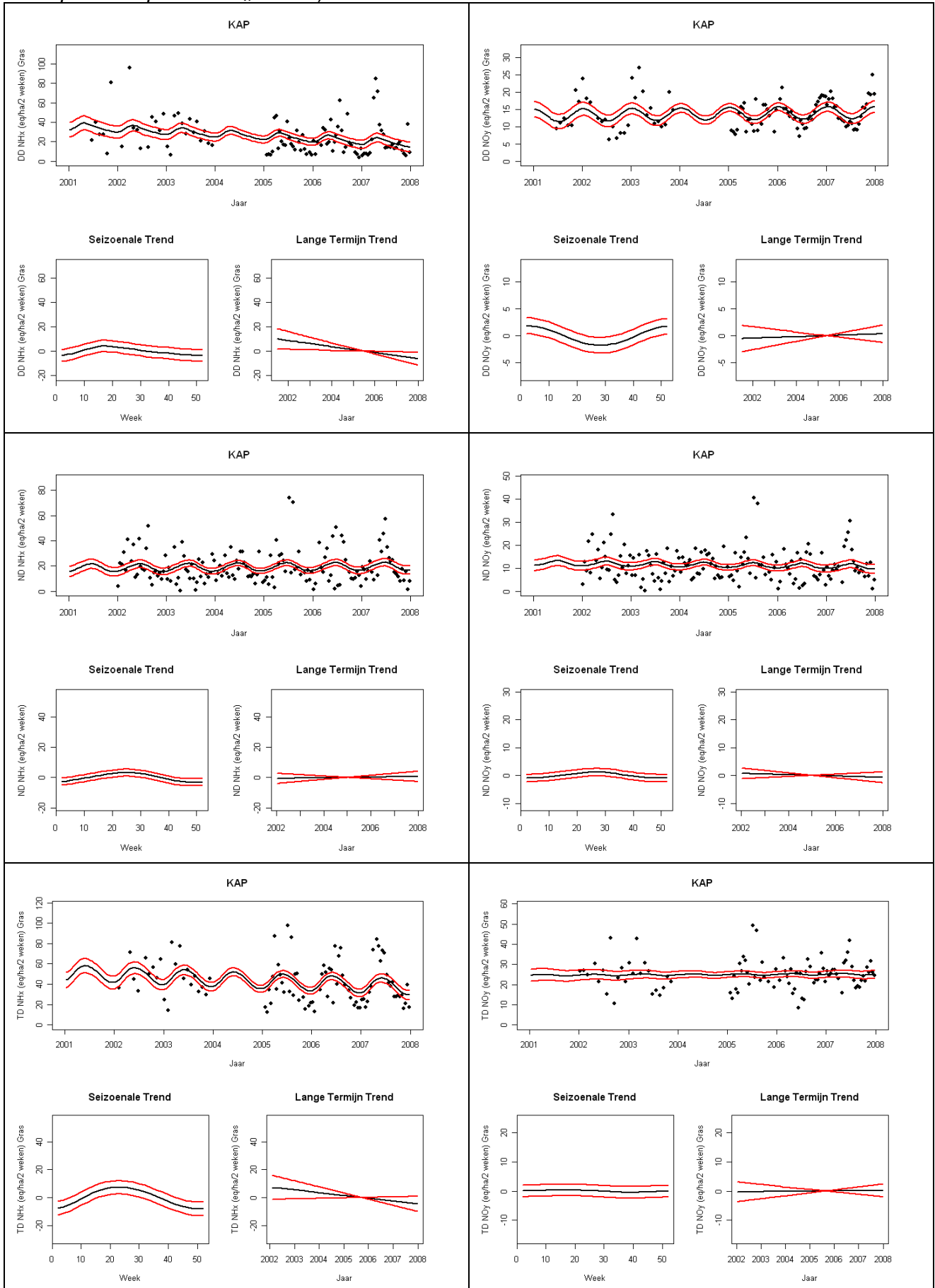
Meetplaats Gent: SO_x en N+S



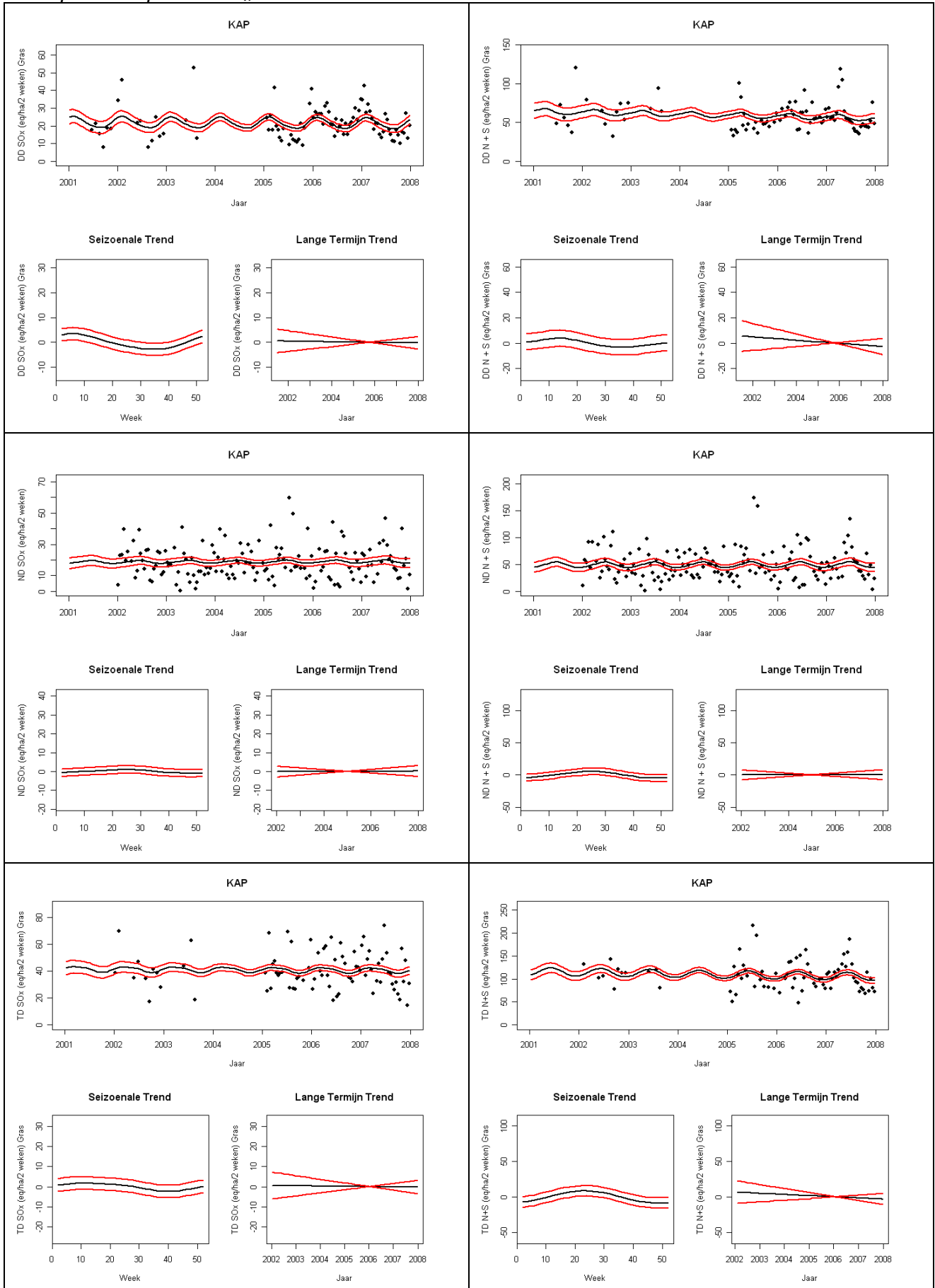
Meetplaats Gent: N



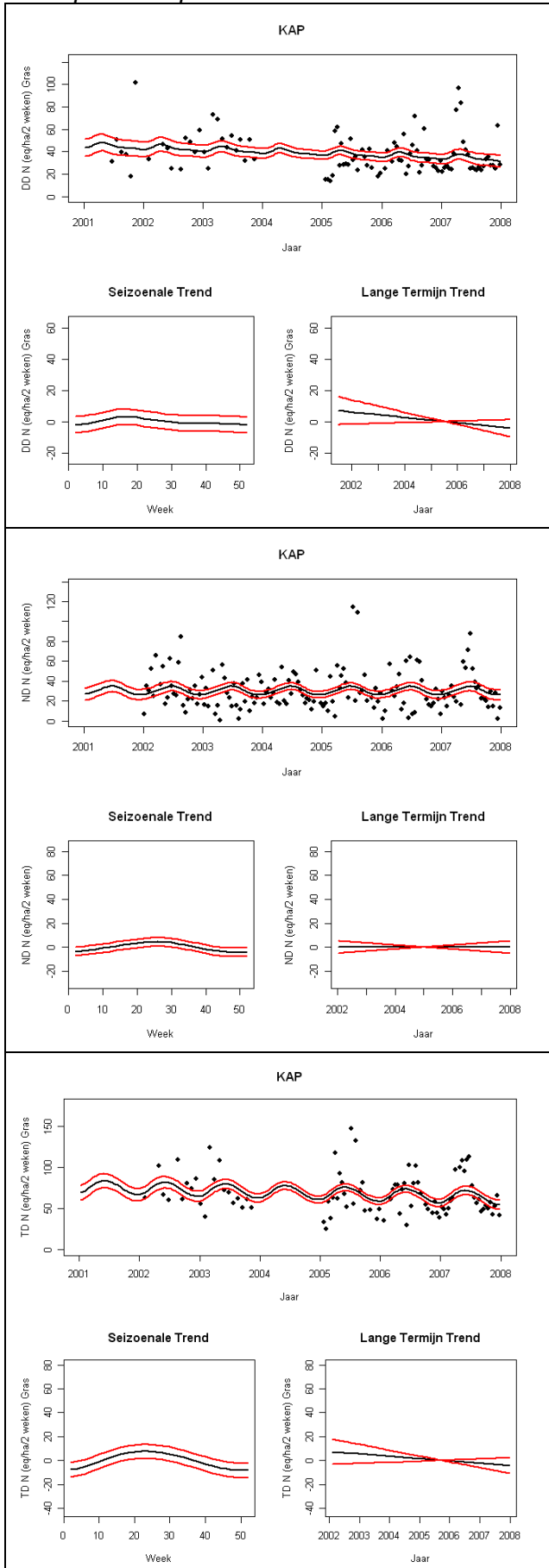
Meetplaats Kapellen: NH_x en NO_y



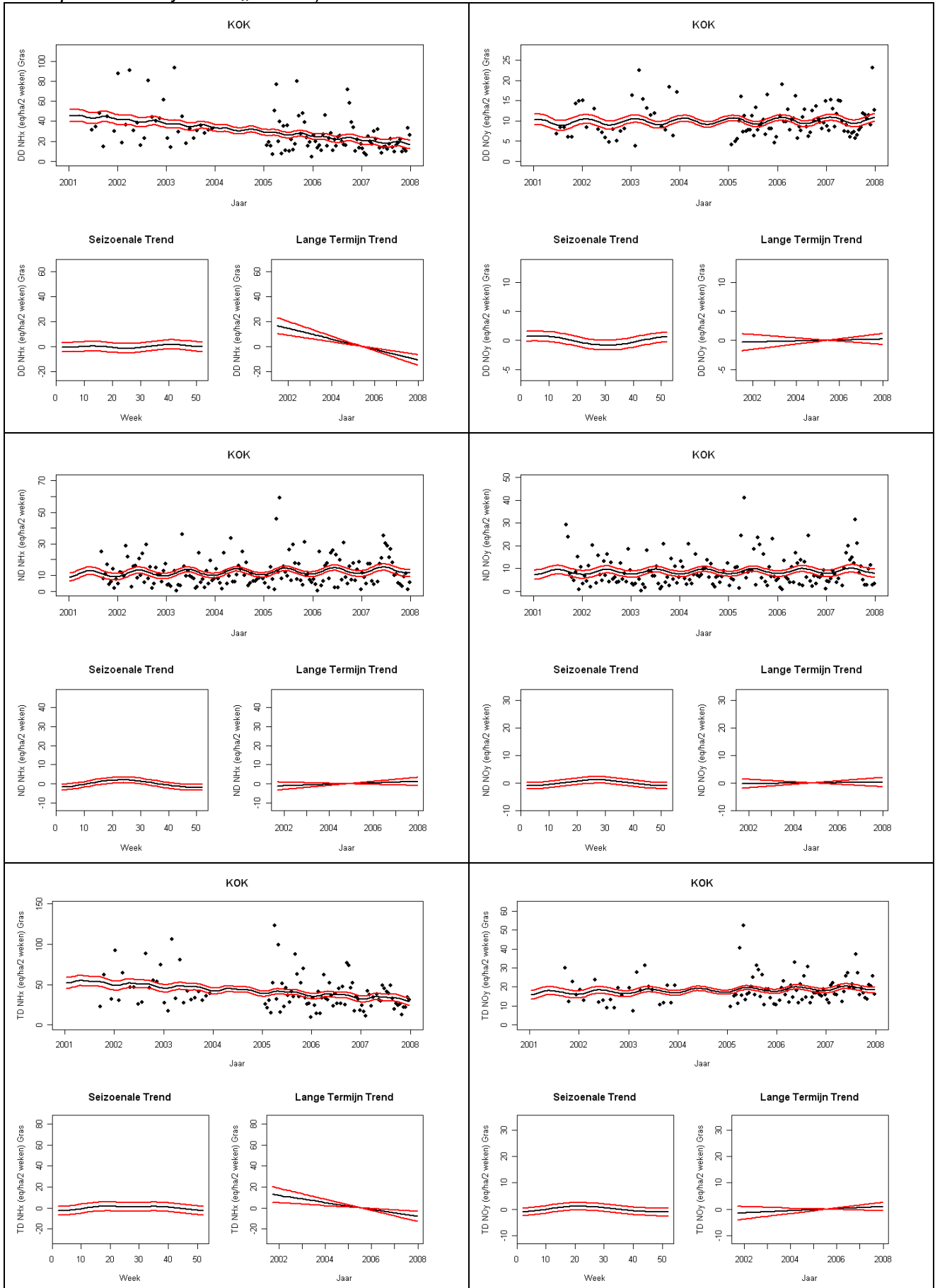
Meetplaats Kapellen: SO_x en N+S



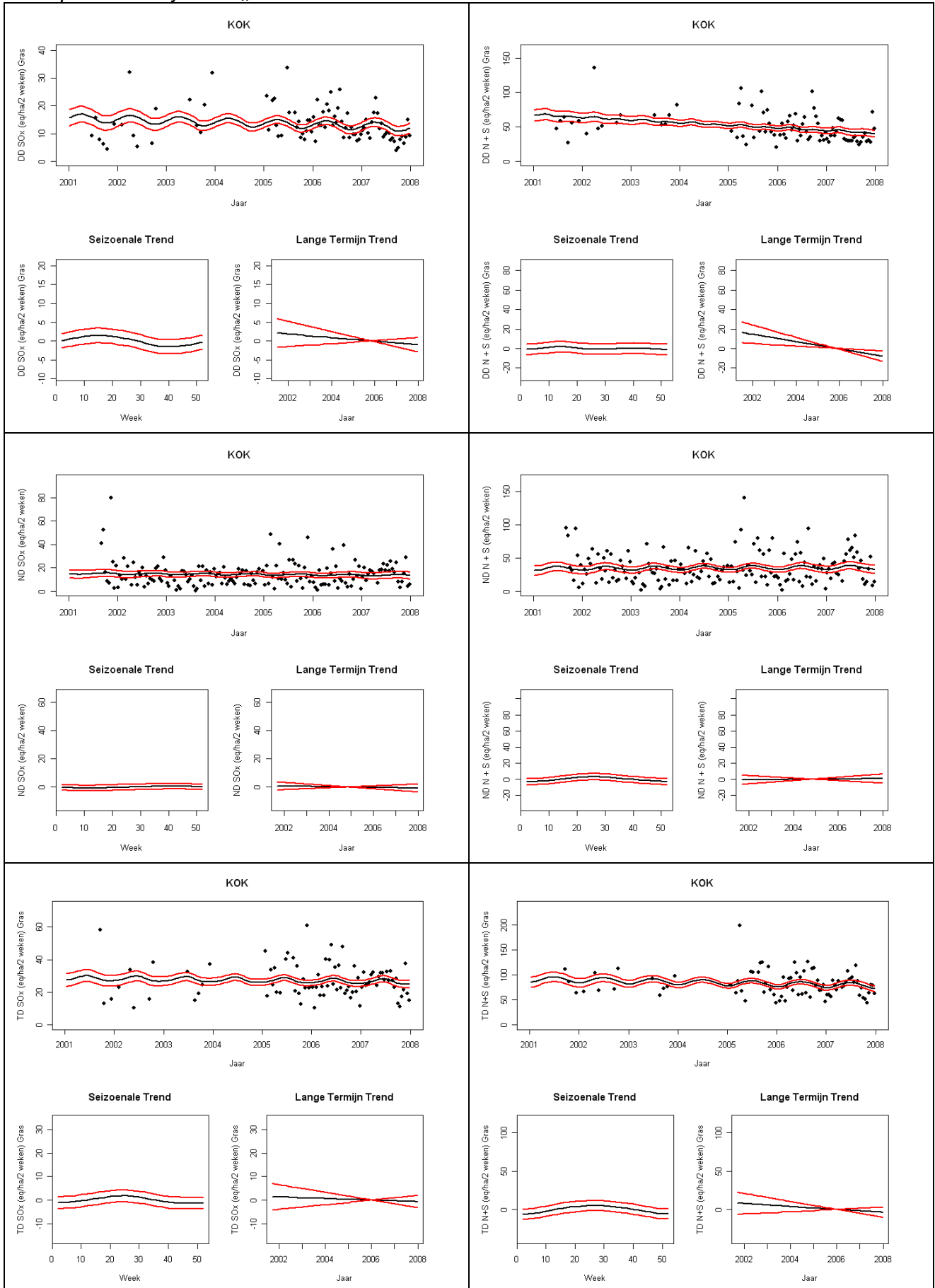
Meetplaats Kapellen: N



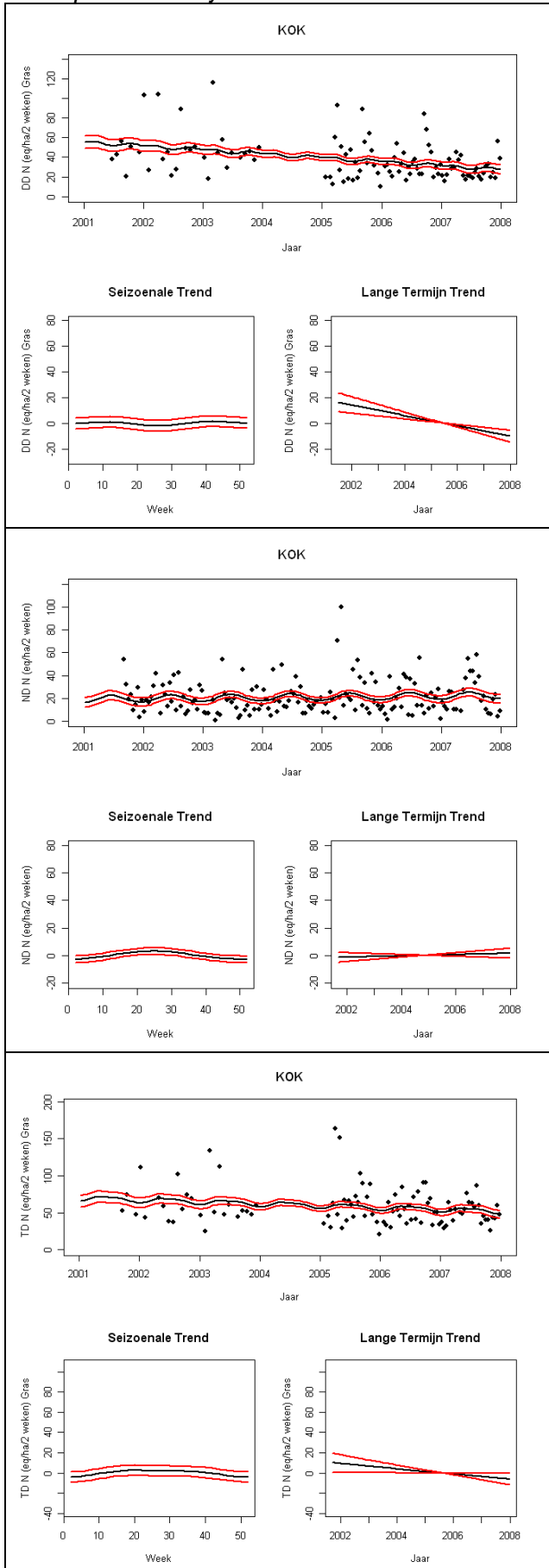
Meetplaats Koksijde: NH_x en NO_y



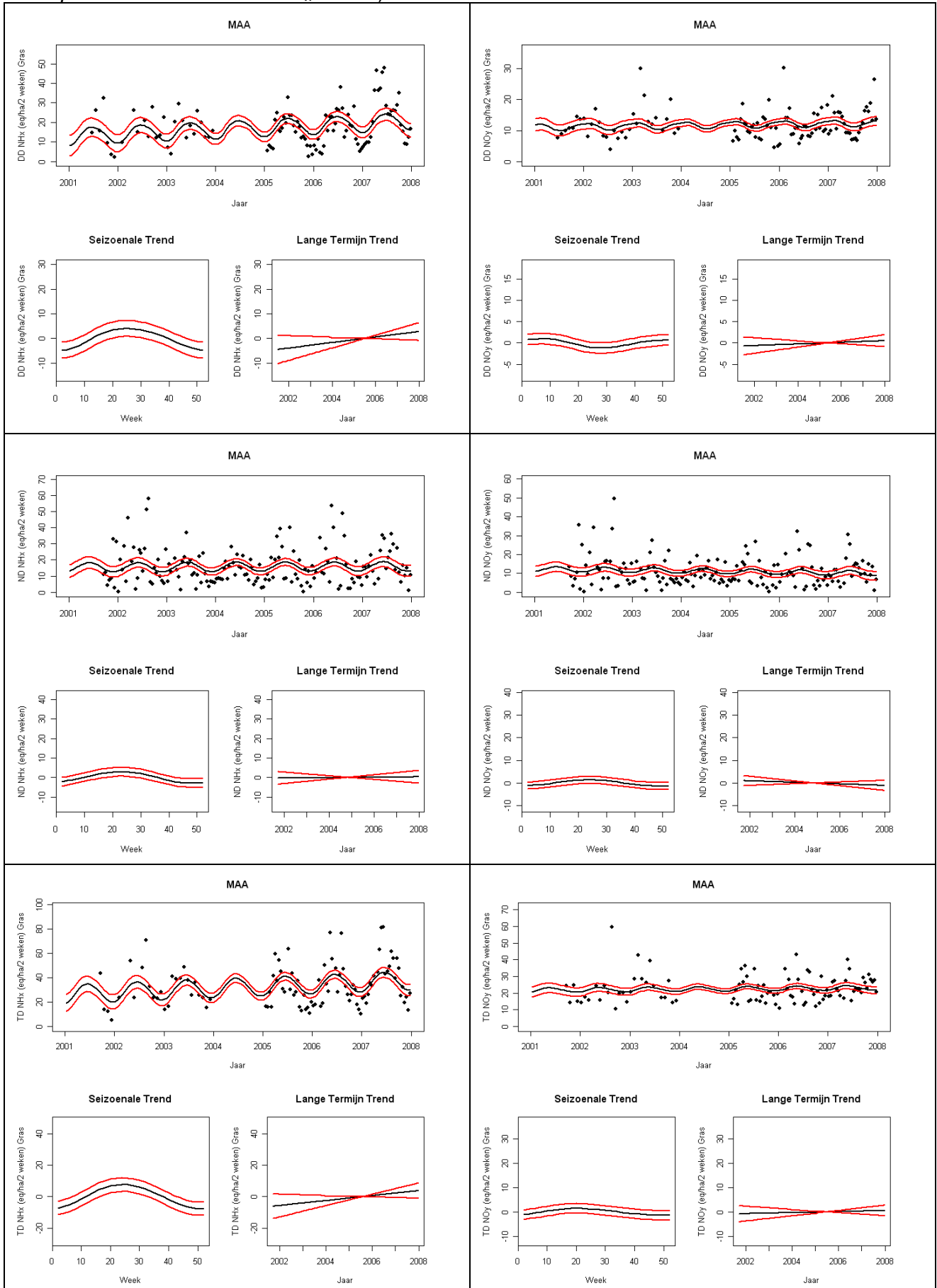
Meetplaats Koksijde: SO_x en N+S



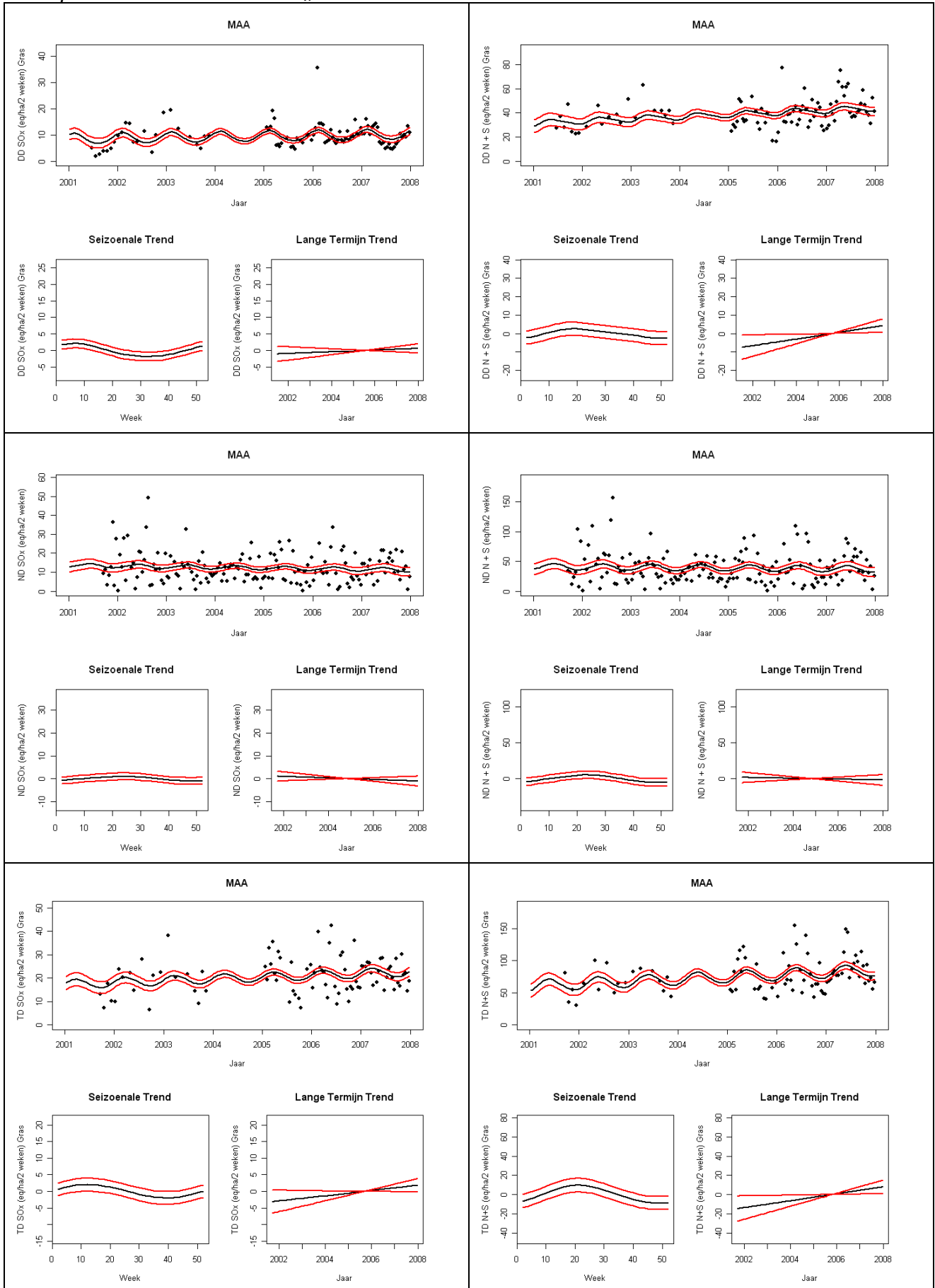
Meetplaats Koksijde: N



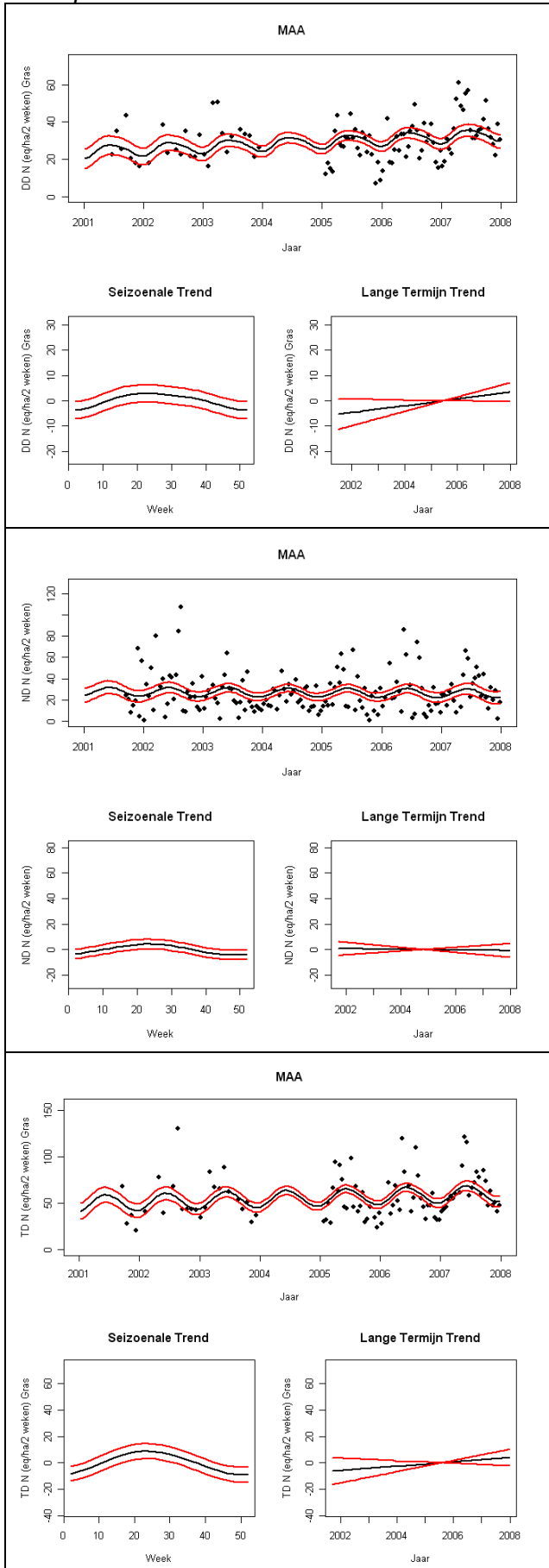
Meetplaats Maasmechelen: NH_x en NO_y



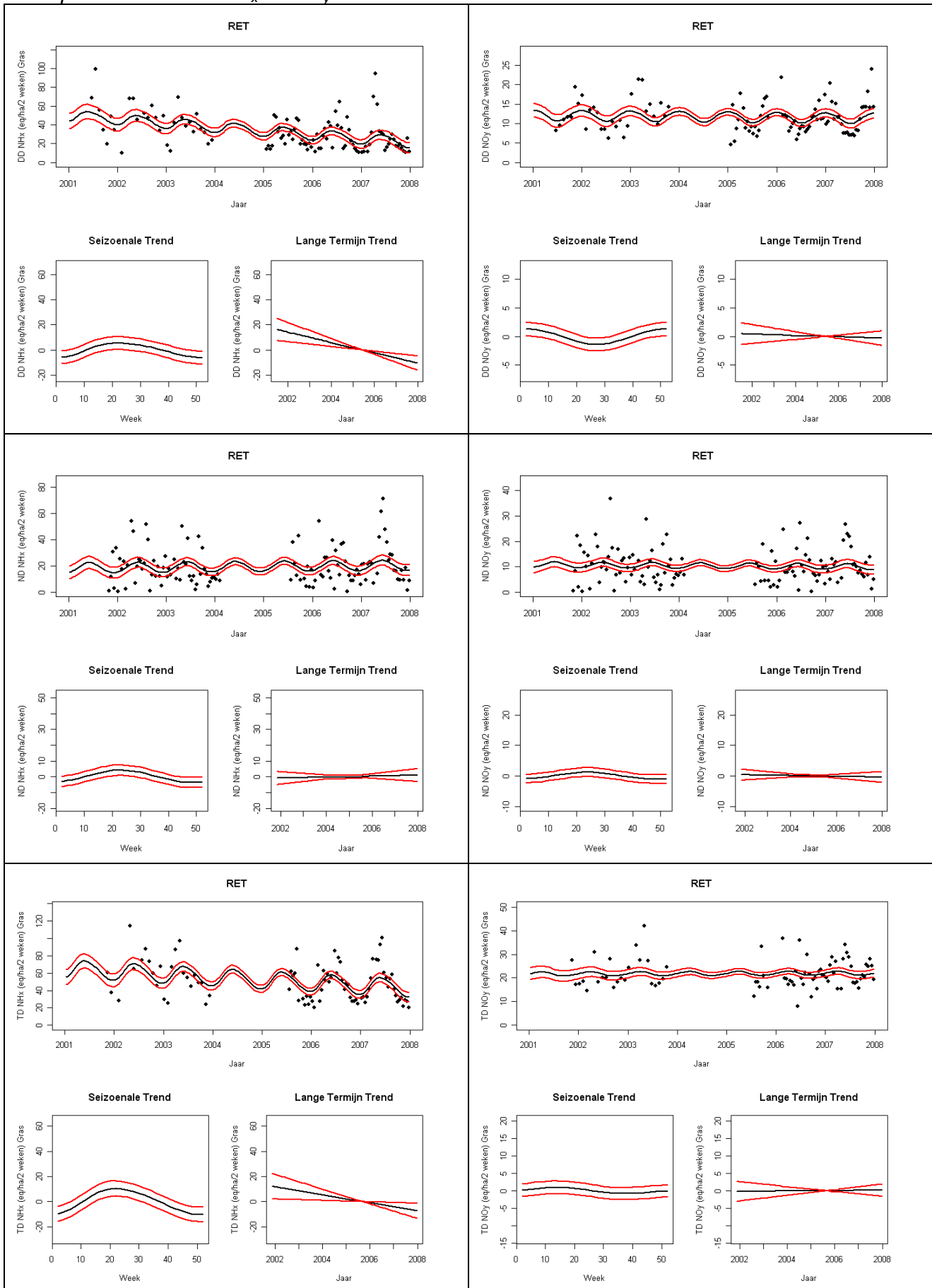
Meetplaats Maasmechelen: SO_x en N+S



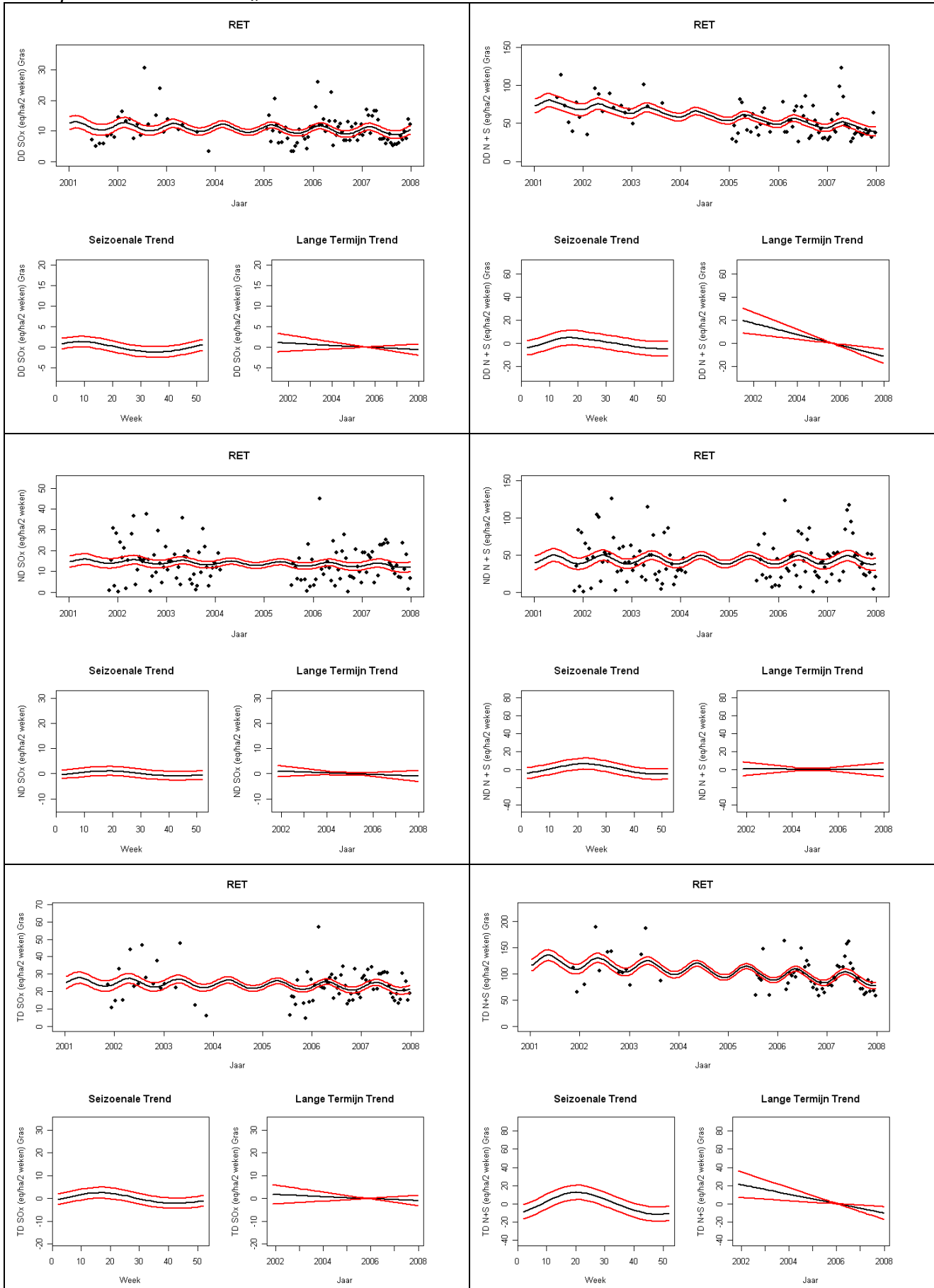
Meetplaats Maasmechelen: N



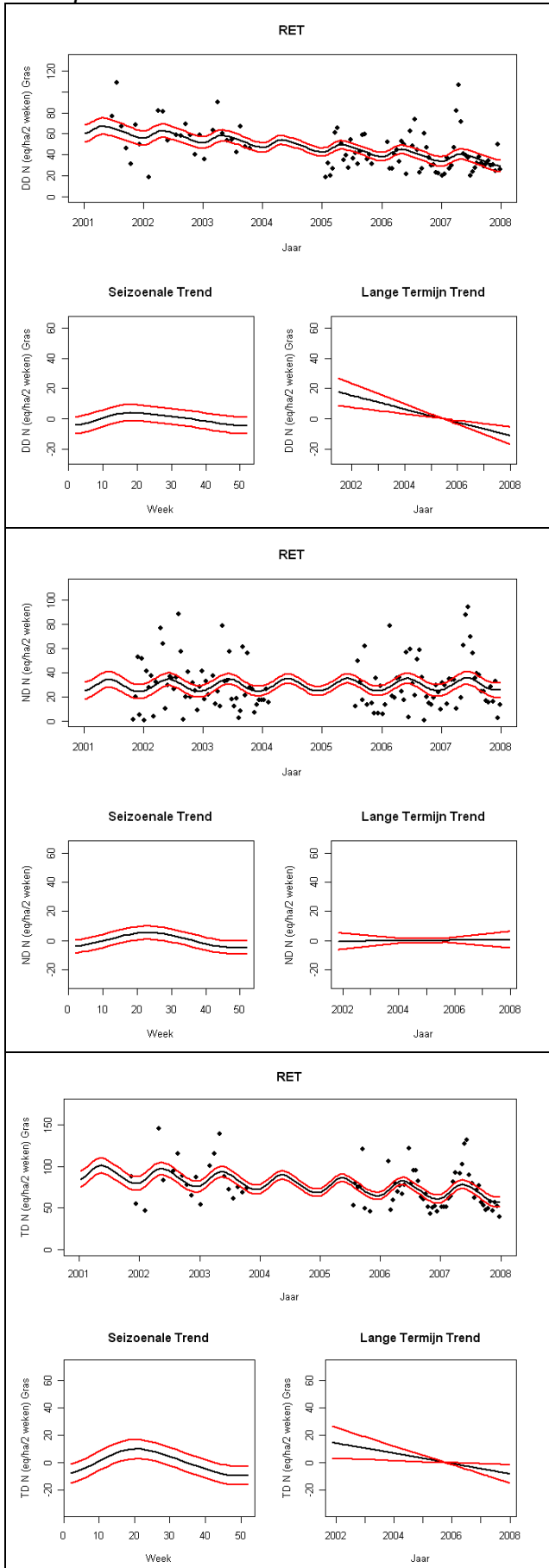
Meetplaats Mol/Retie: NH_x en NO_y



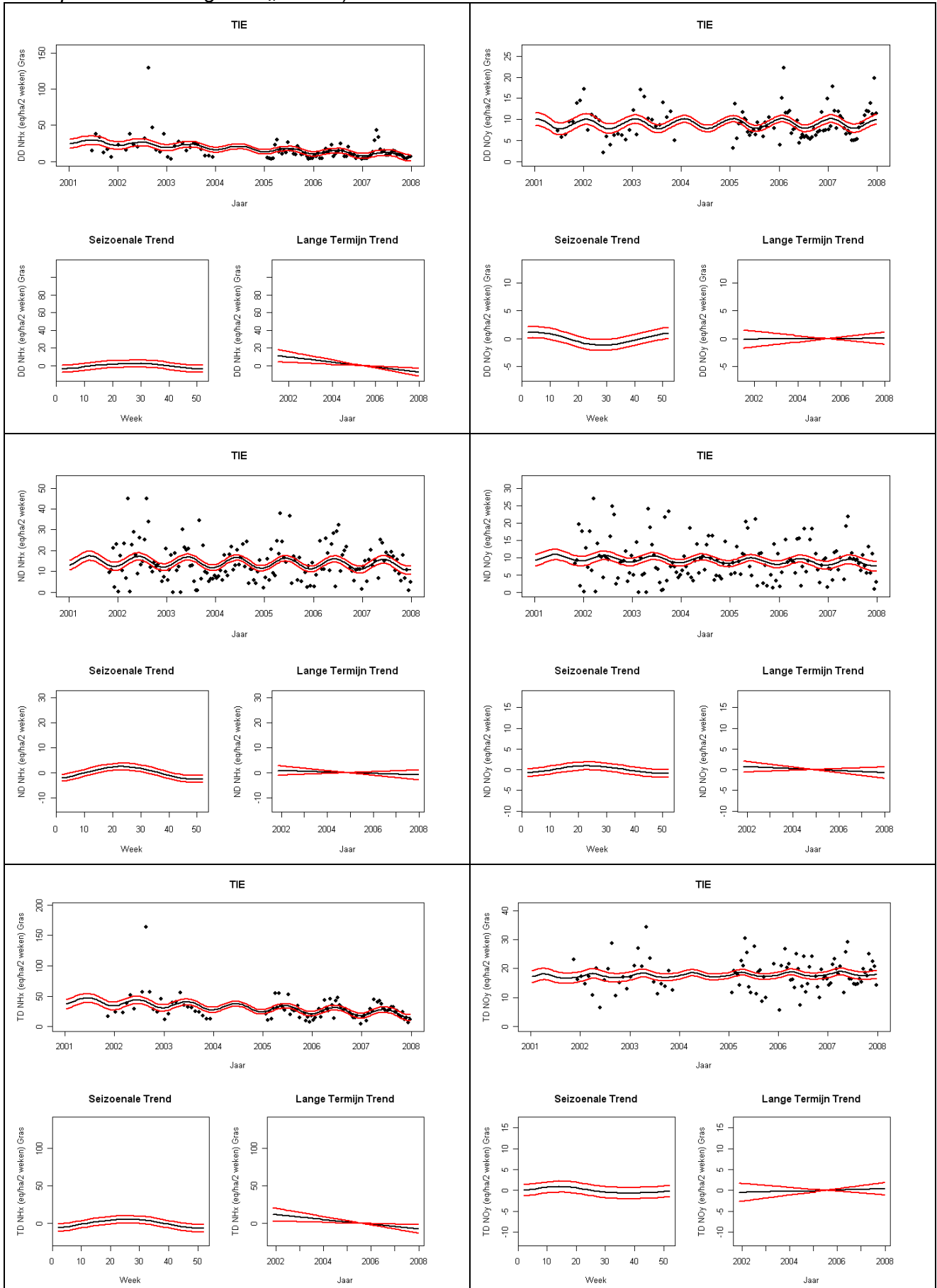
Meetplaats Mol/Retie: SO_x en N+S



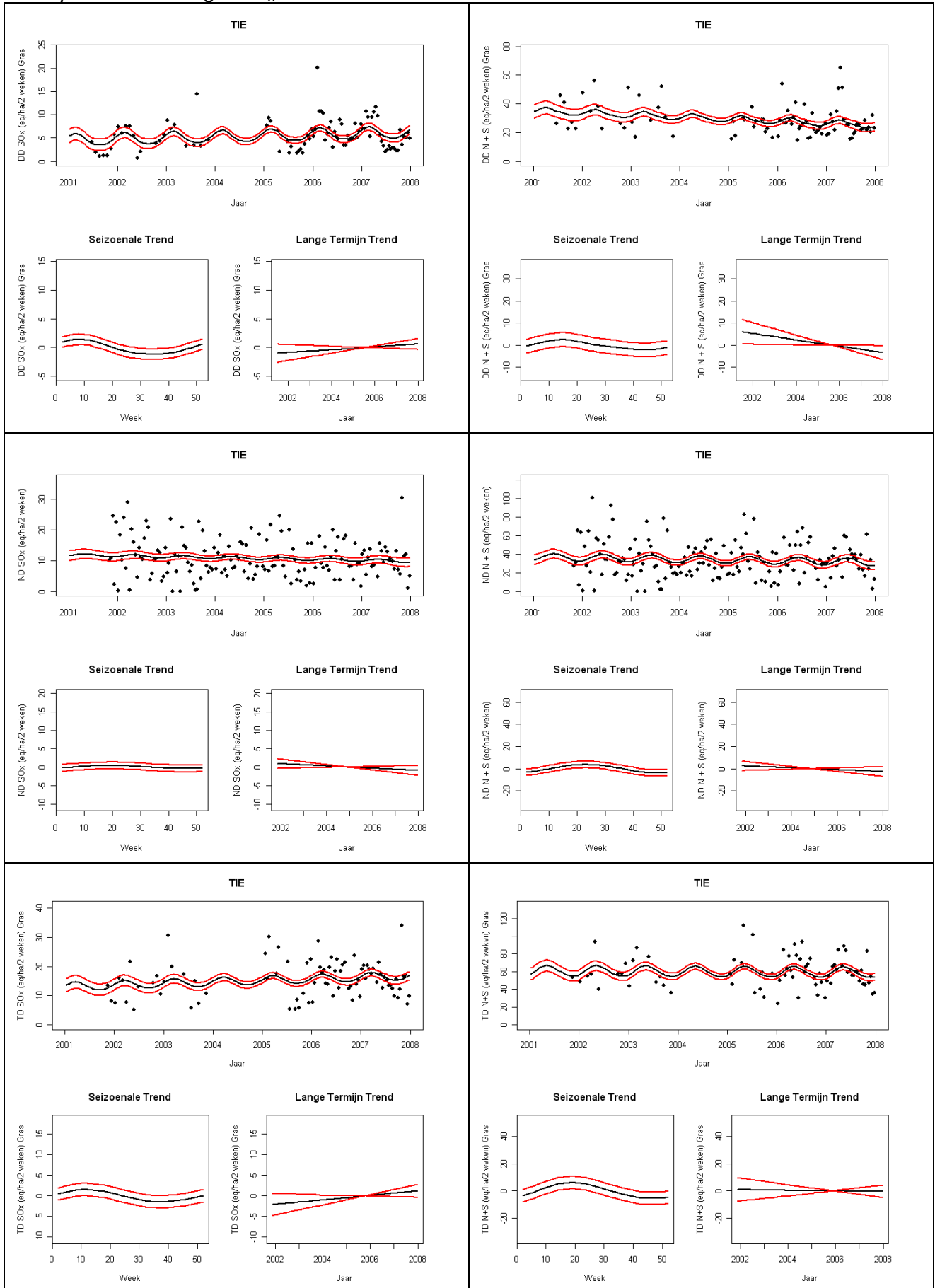
Meetplaats Mol/Retie: N



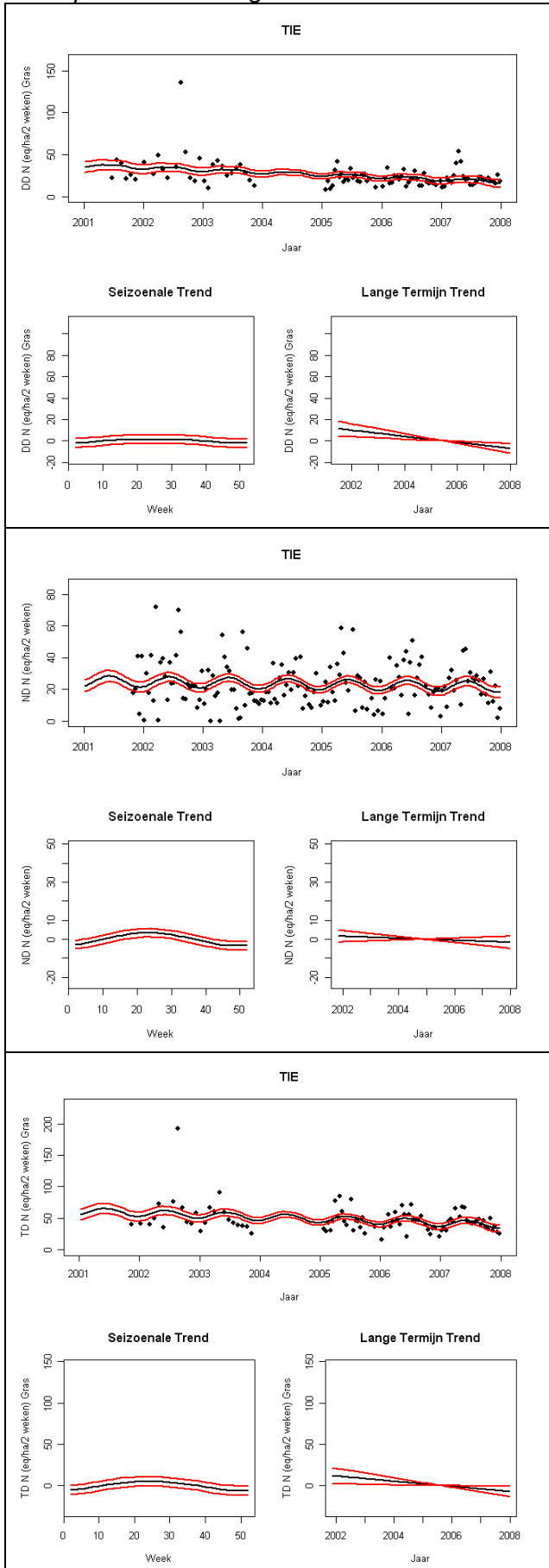
Meetplaats Tiel-Winge: NH_x en NO_y



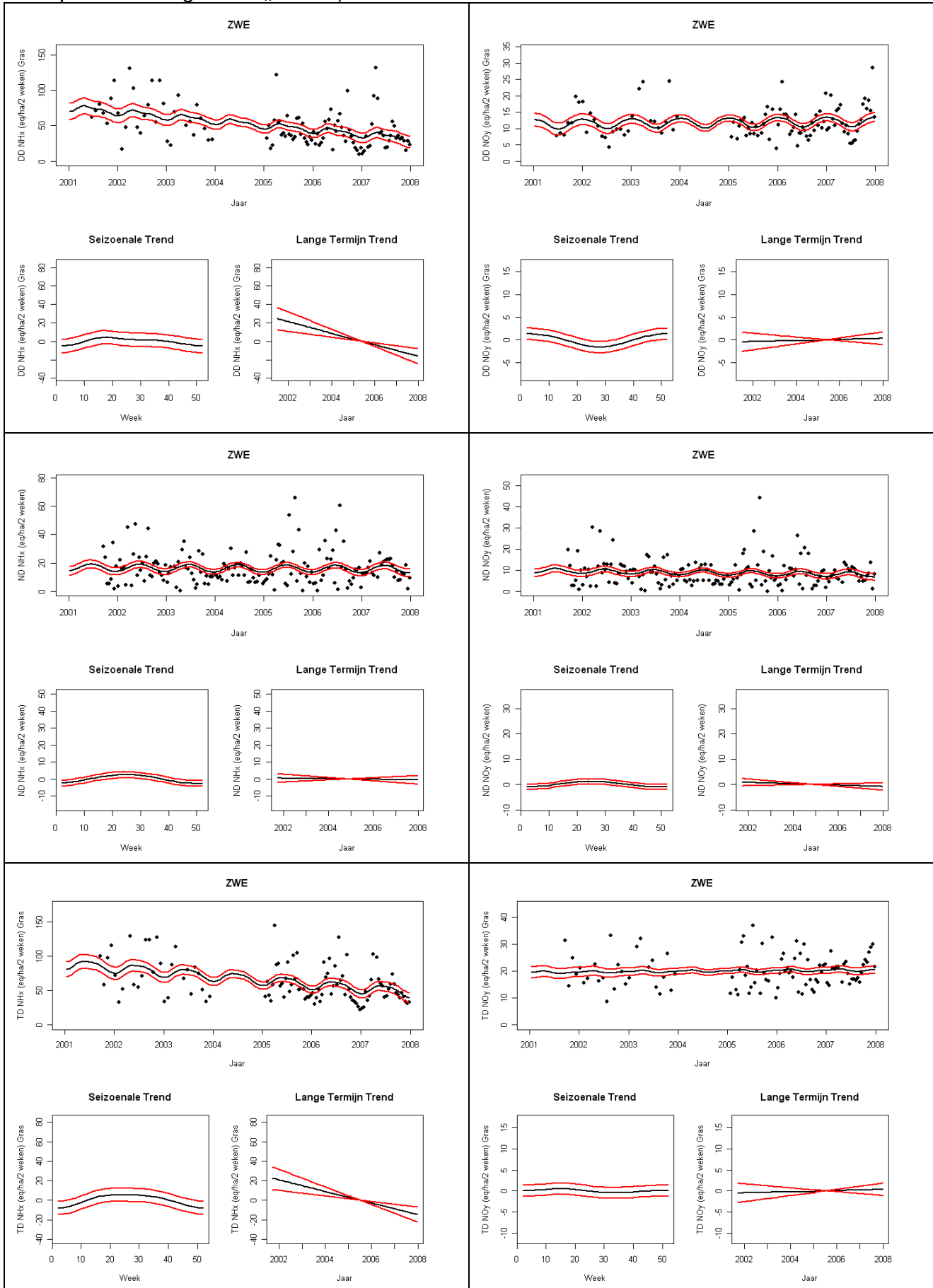
Meetplaats Tiel-Winge: SO_x en N+S



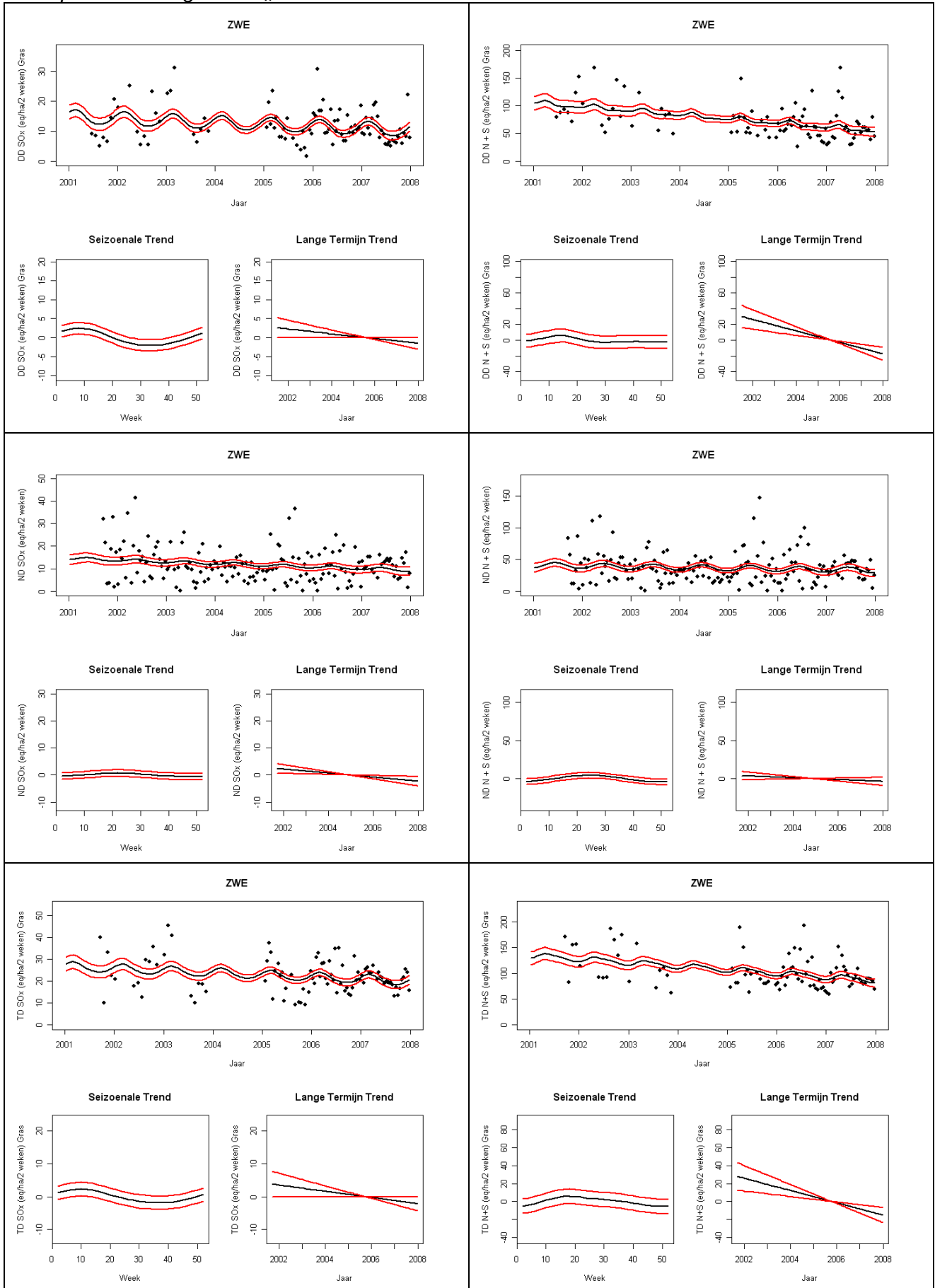
Meetplaats Tiel-Winge: N



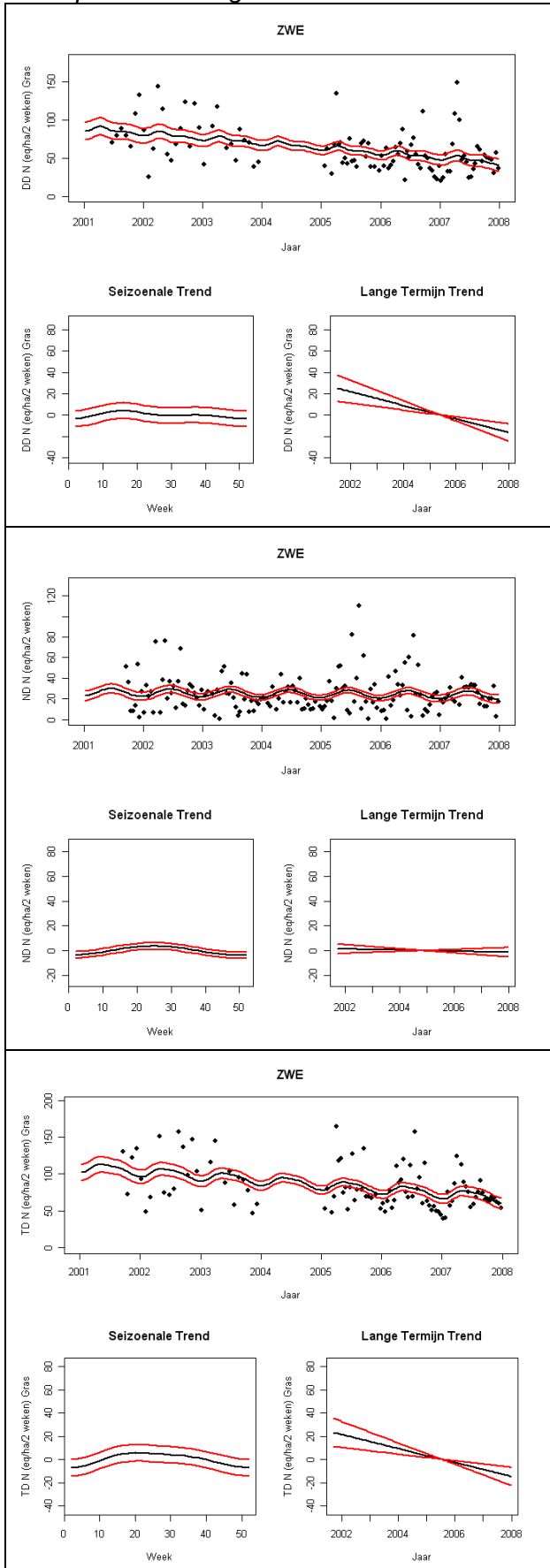
Meetplaats Zwevegem: NH_x en NO_y



Meetplaats Zwevegem: SO_x en N+S



Meetplaats Zwevegem: N

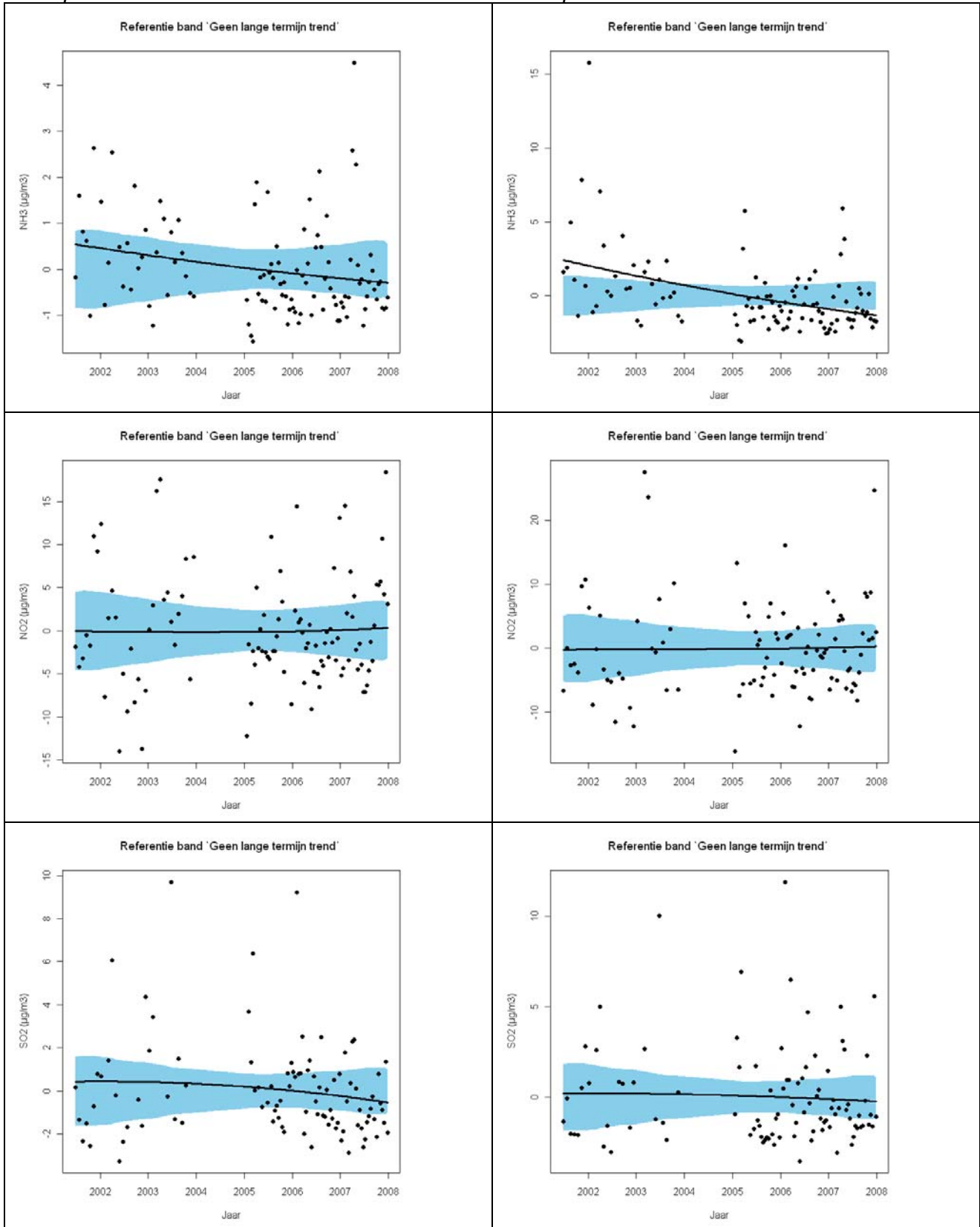


Appendix 3a

Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor luchtconcentraties van NH₃, NO₂ en SO₂ in de meetplaatsen van het meetnet ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007

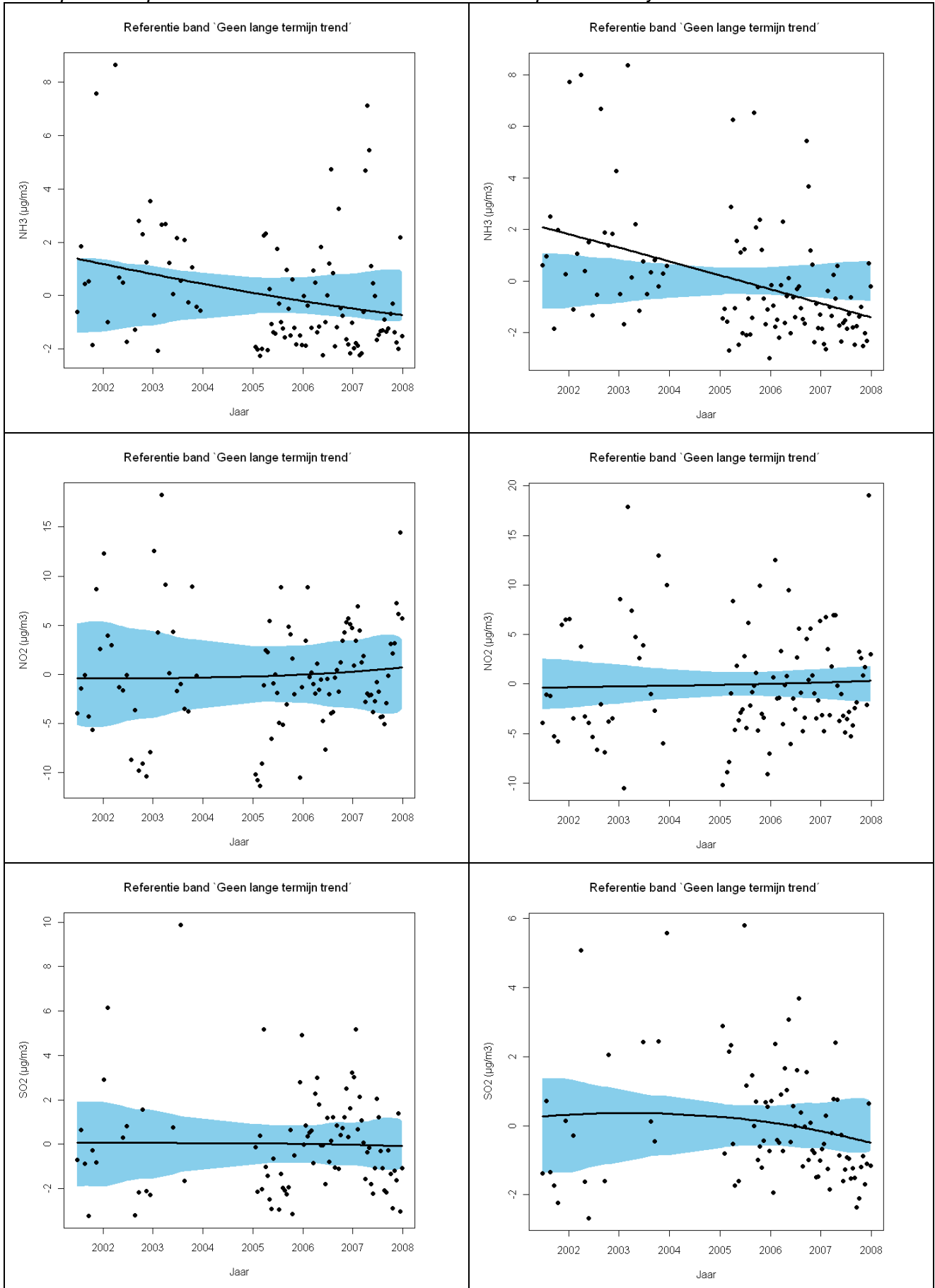
Meetplaats Bonheiden

Meetplaats Gent



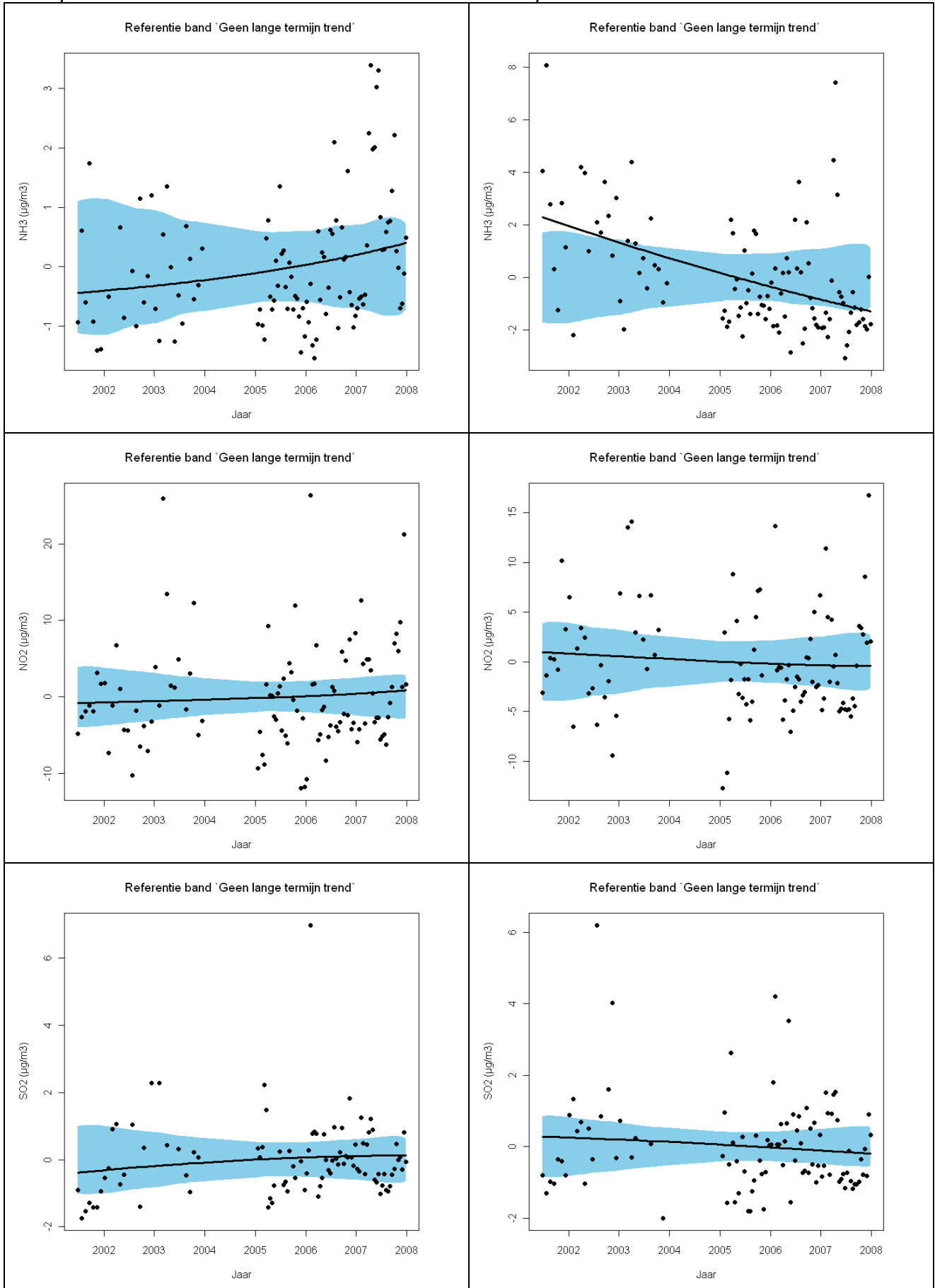
Meetplaats Kapellen

Meetplaats Koksijde



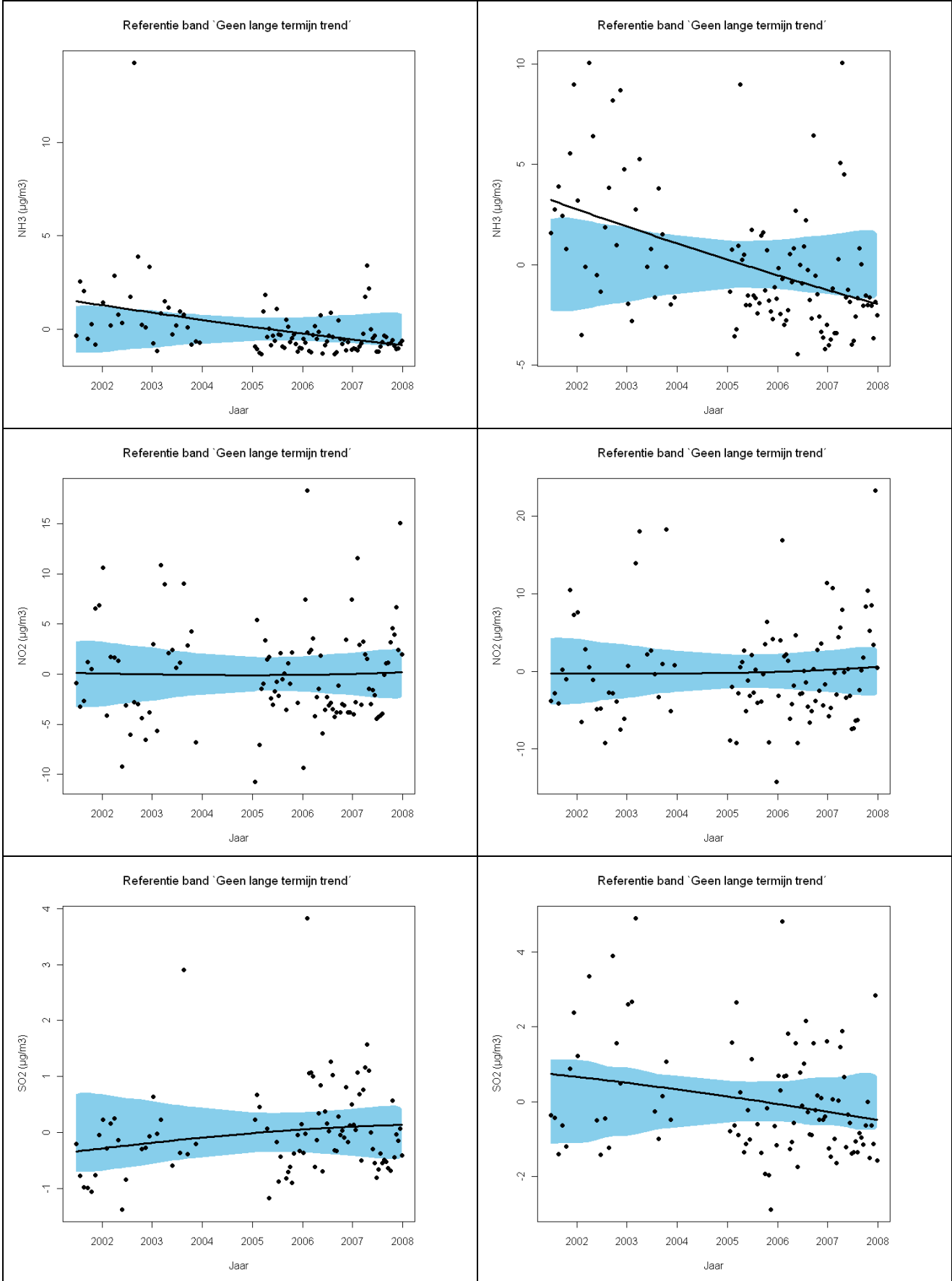
Meetplaats Maasmechelen

Meetplaats Mol/Retie



Meetplaats Tielt-Winge

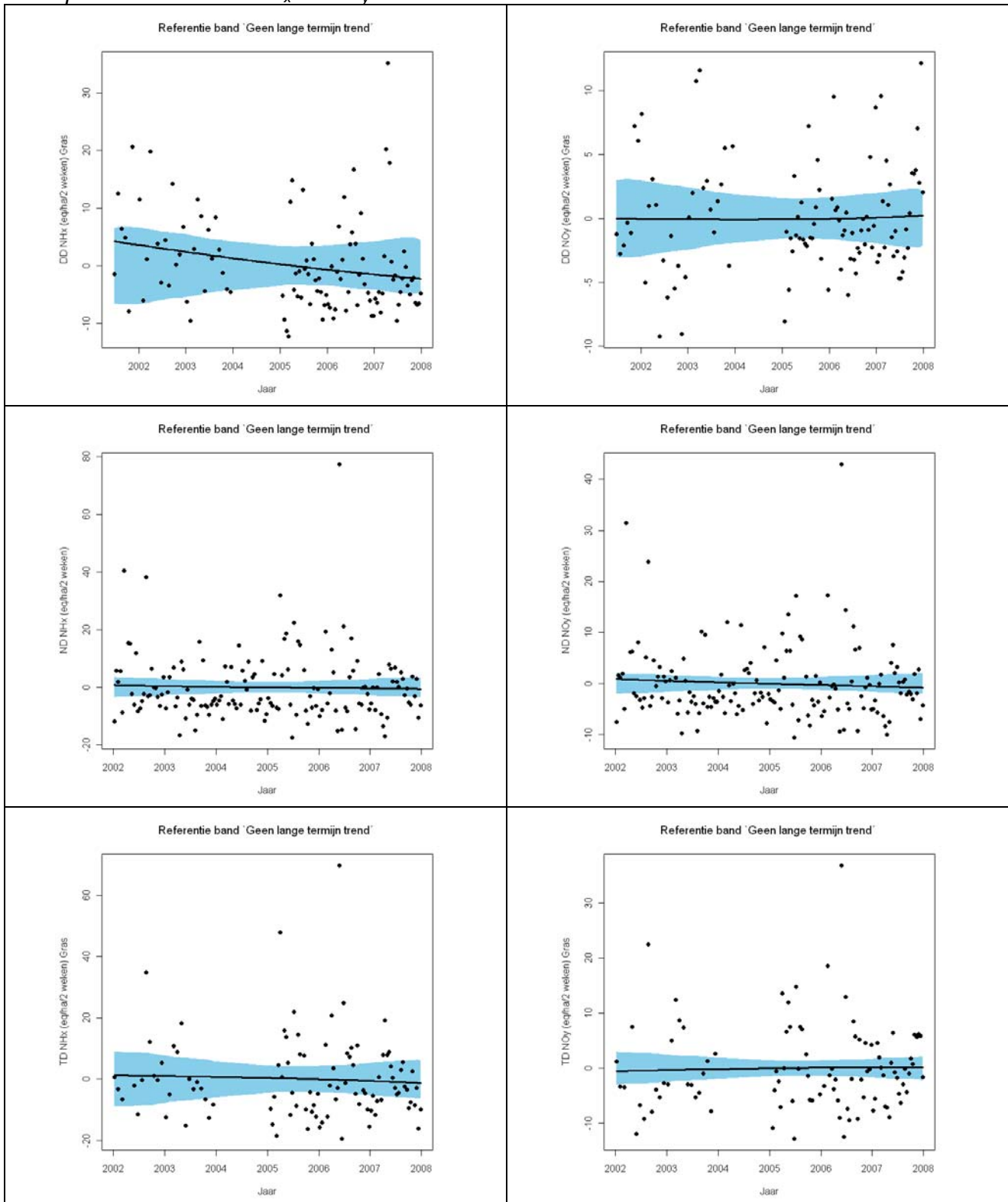
Meetplaats Zwevegem



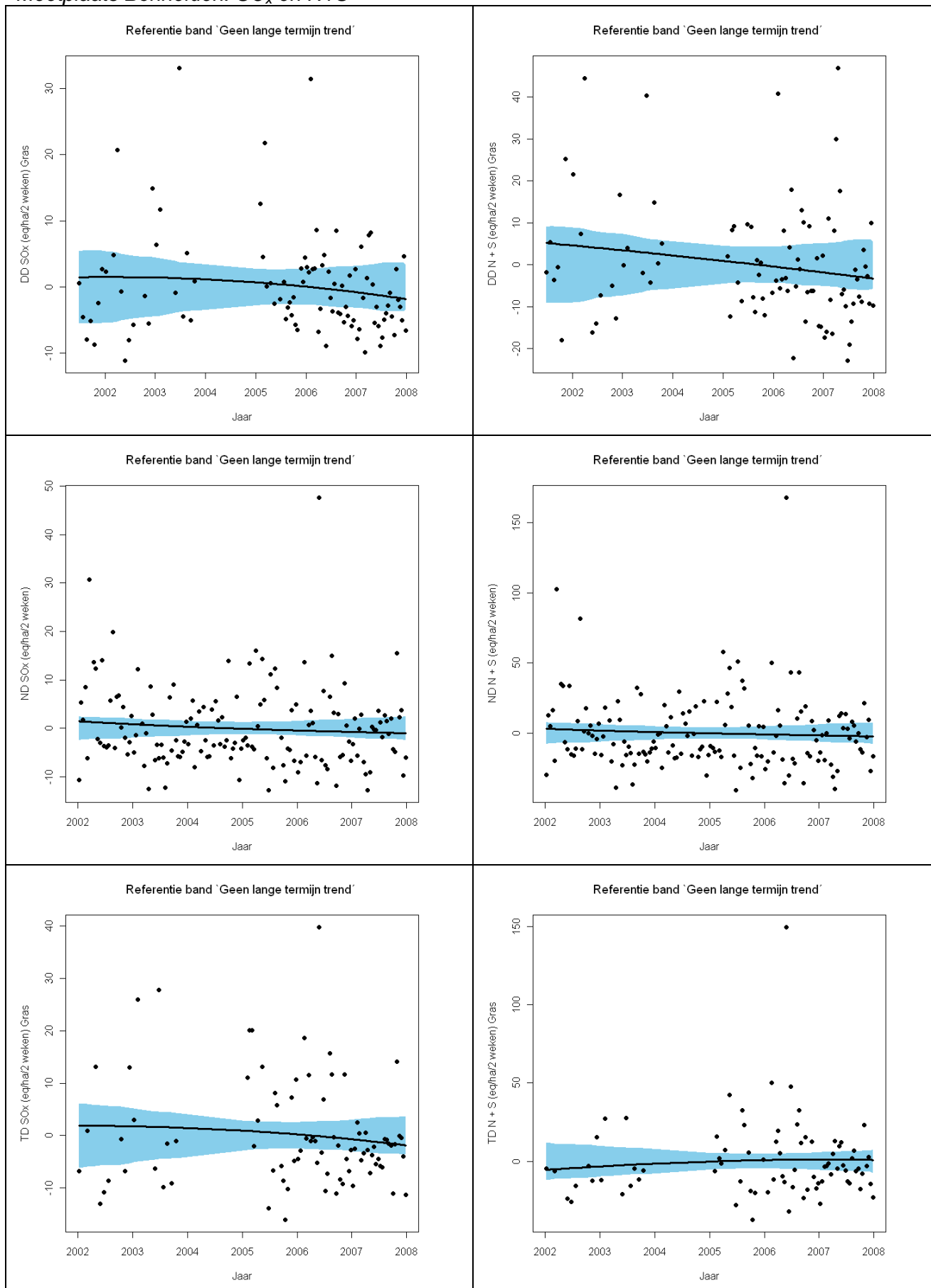
Appendix 3b

Additieve, vloeiende langetermijntrendlijn (zwarte lijn) op basis van een *smoother* voor de droge (DD), natte (ND) en totale depositie (eq ha⁻¹ 2 weken⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x, NO_x, de som van potentieel verzurende polluenten (N+S) en anorganische stikstof (N) in de meetplaatsen van het meetnet ten opzichte van de referentieband 'geen langetermijntrend' (blauwe zone), in de periode 2001-2007. Figuren voor de andere vegetatietypes zijn analoog aan deze voor 'gras'.

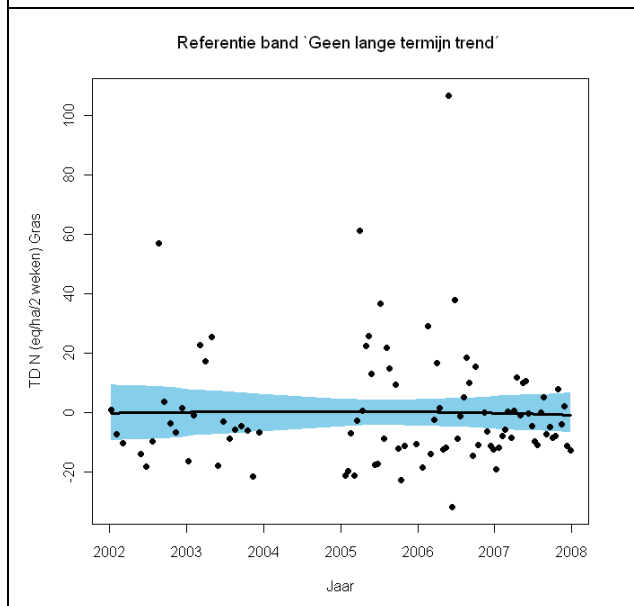
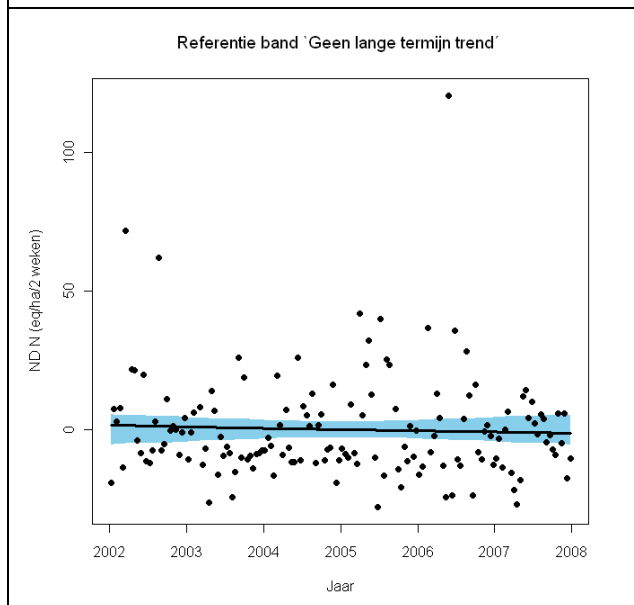
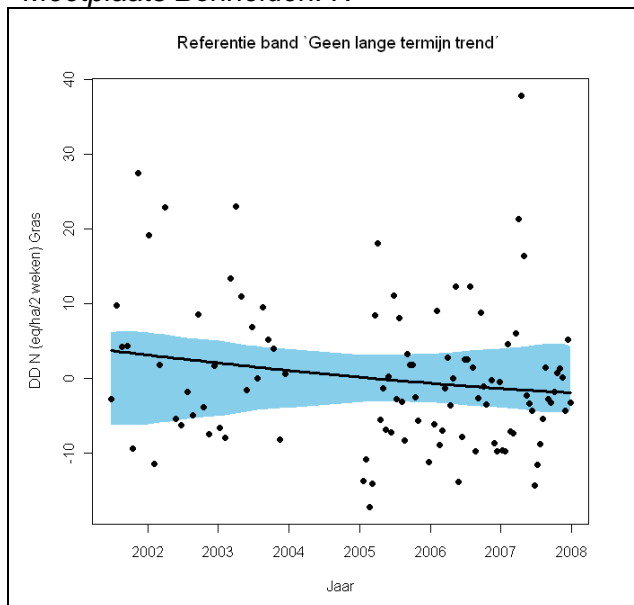
Meetplaats Bonheiden: NH_x en NO_y



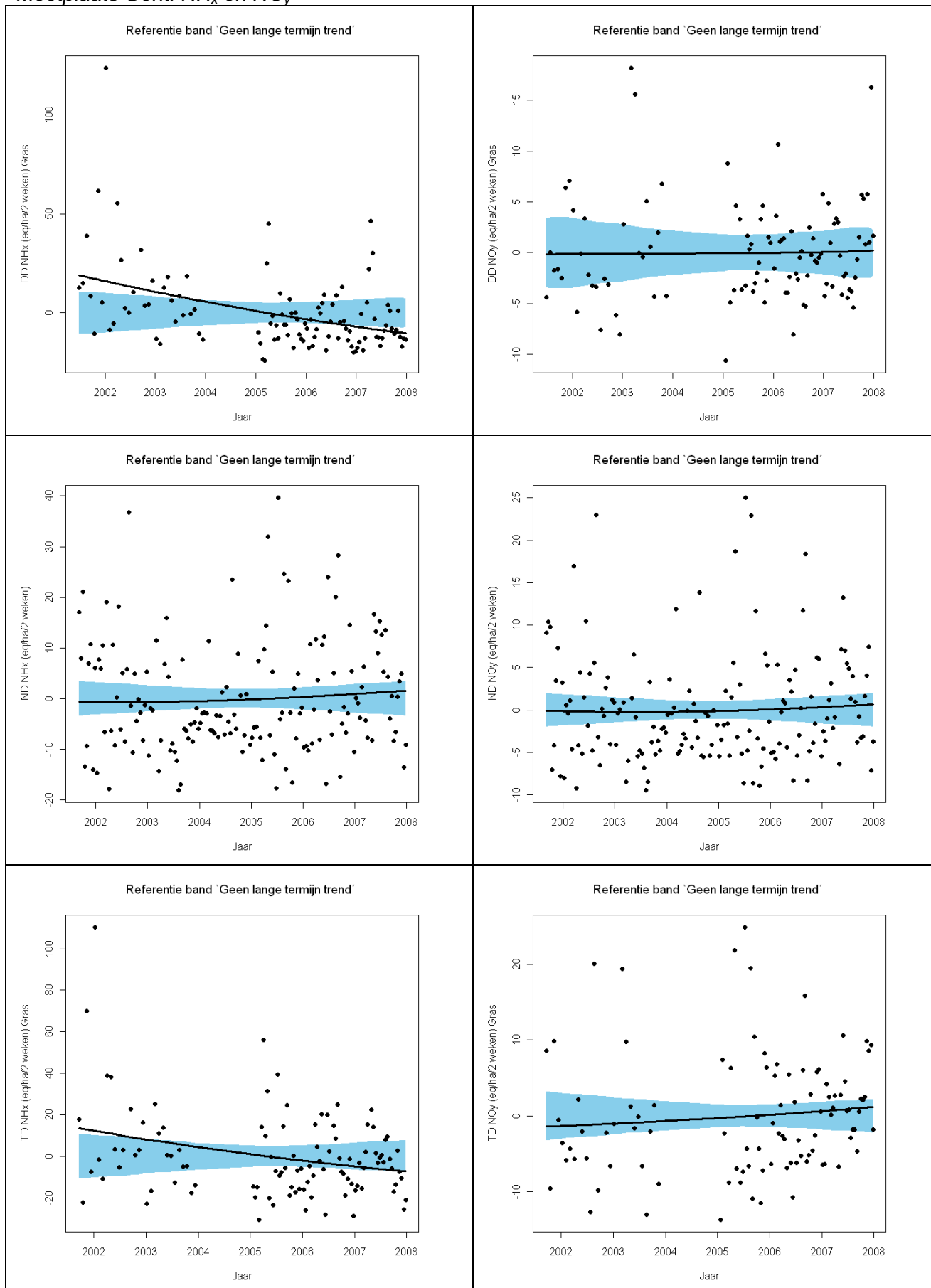
Meetplaats Borheiden: SO_x en N+S



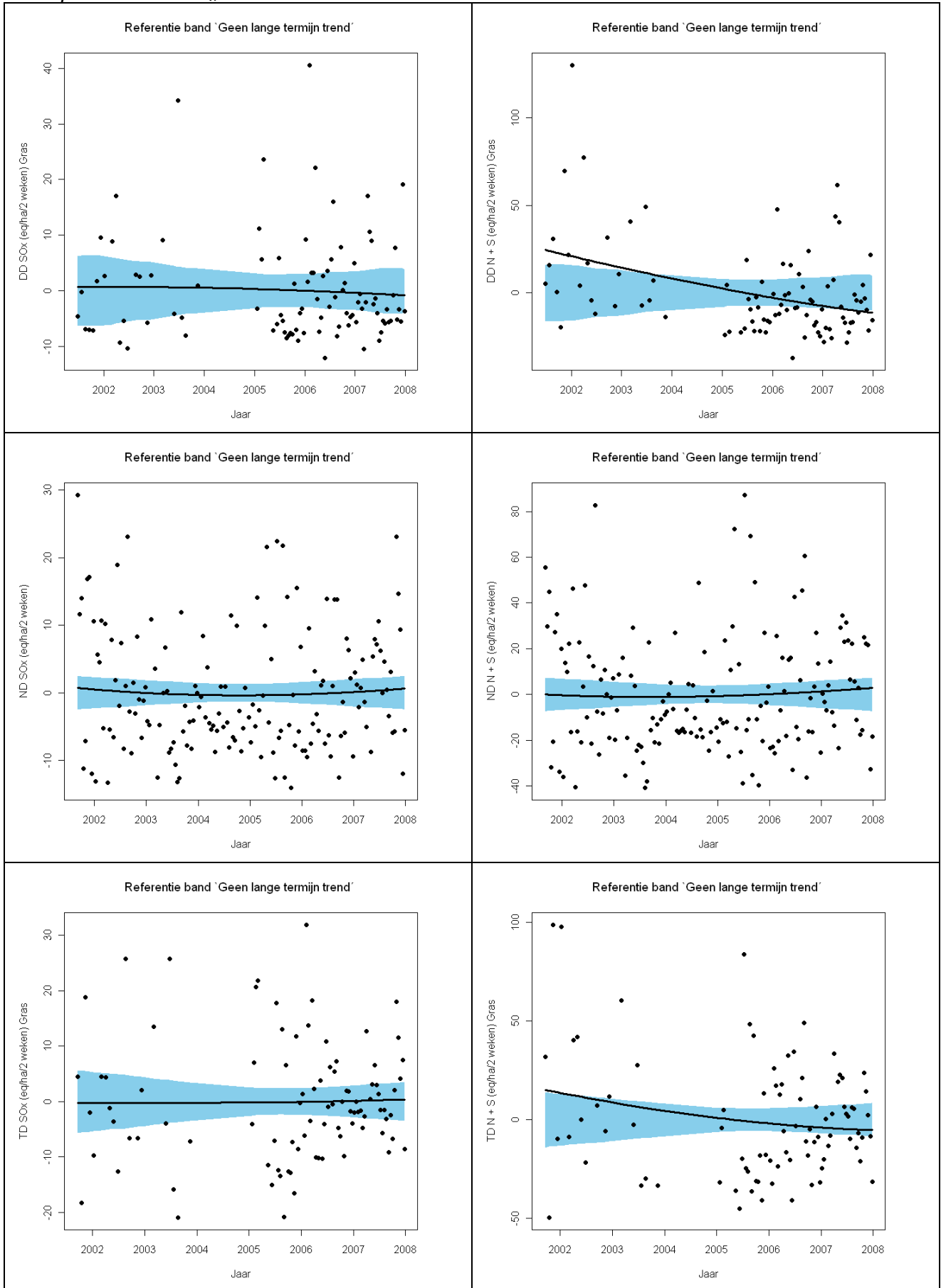
Meetplaats Borheiden: N



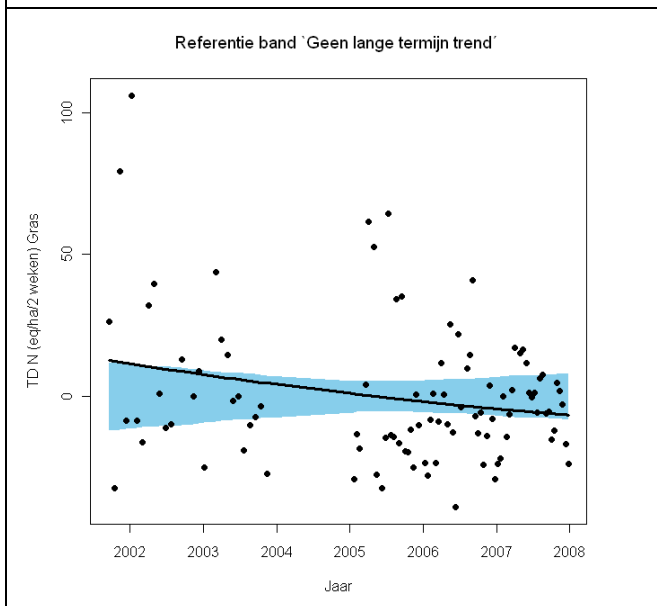
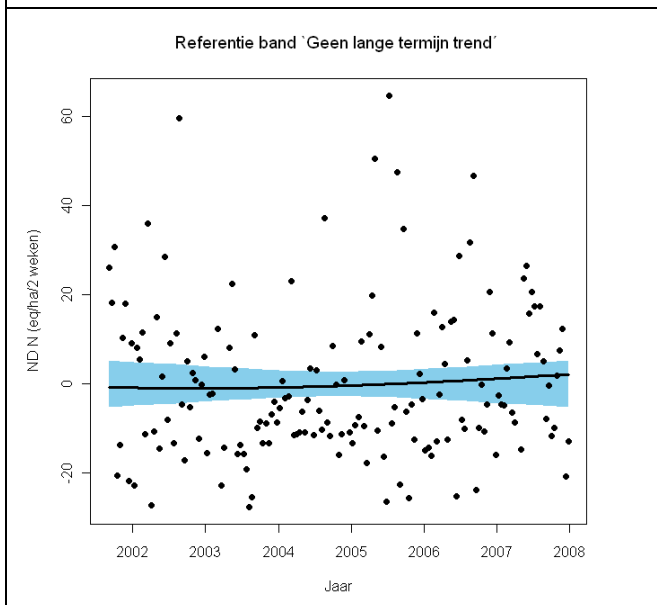
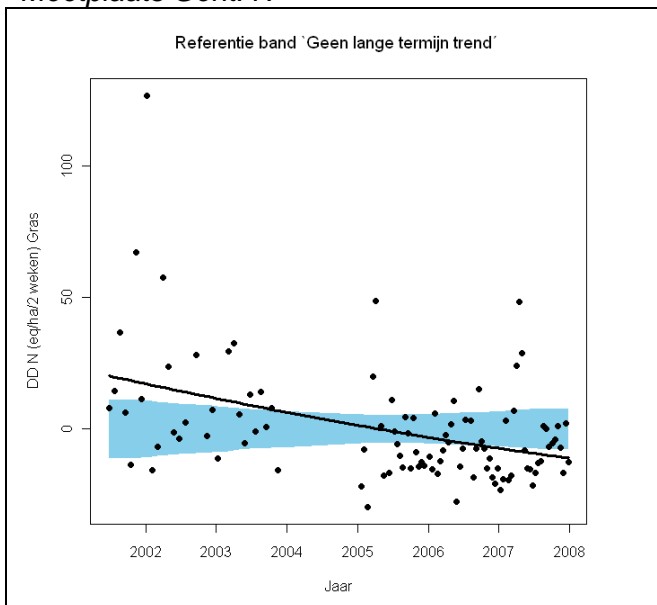
Meetplaats Gent: NH_x en NO_y



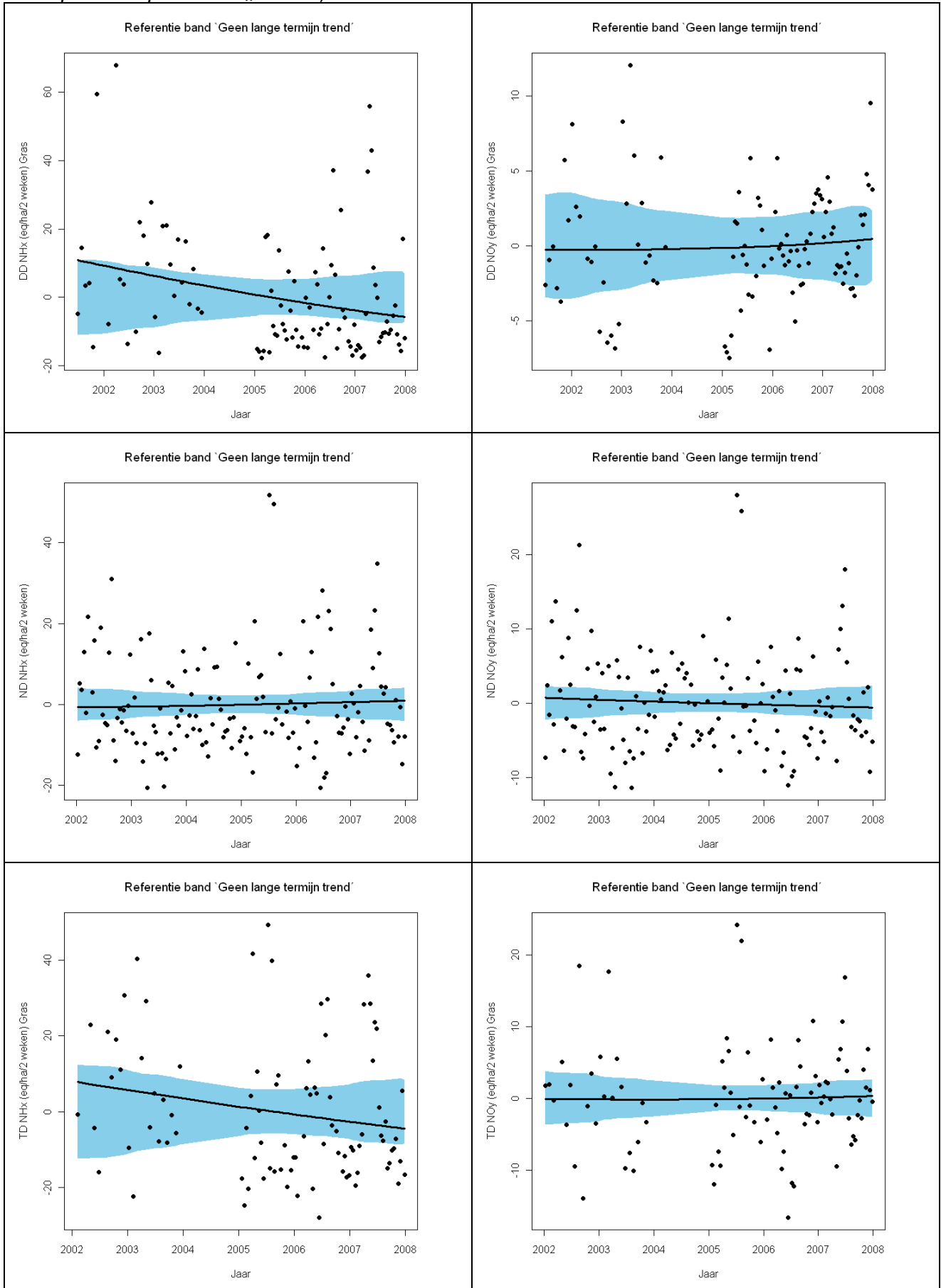
Meetplaats Gent: SO_x en N+S



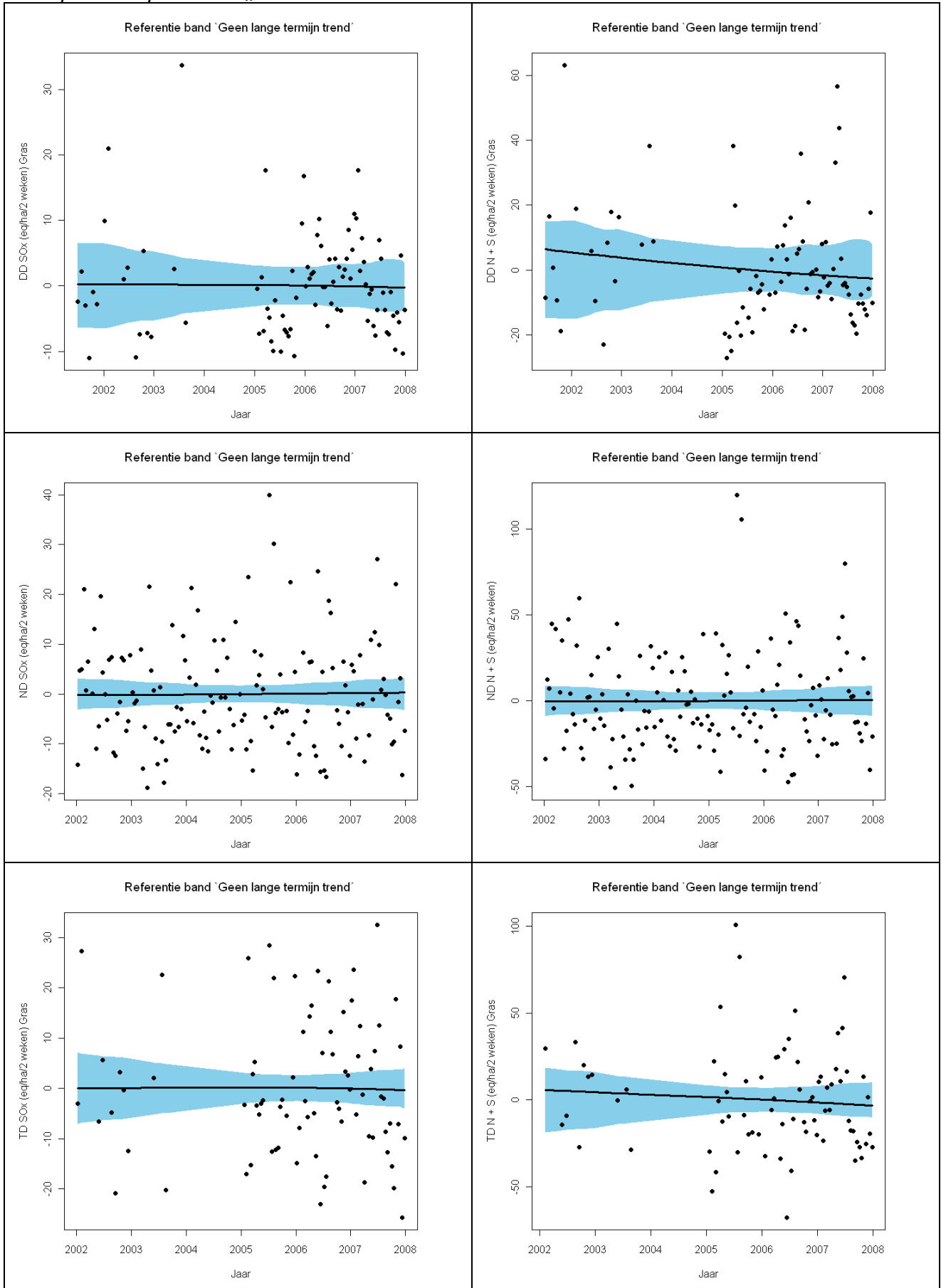
Meetplaats Gent: N



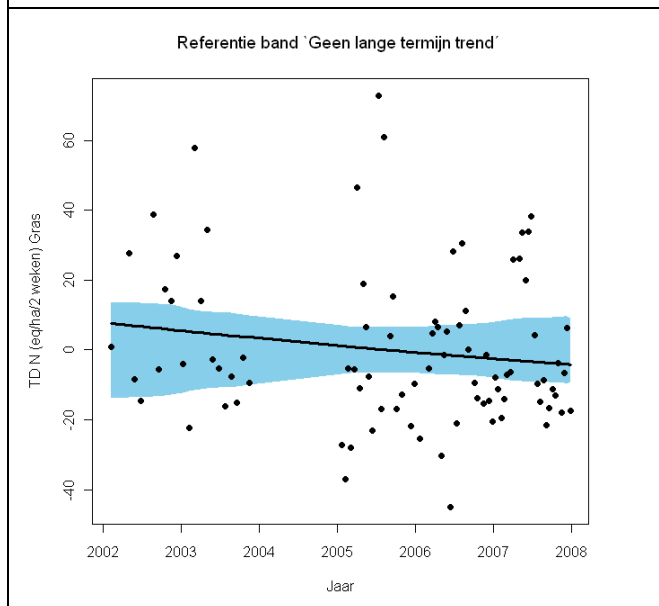
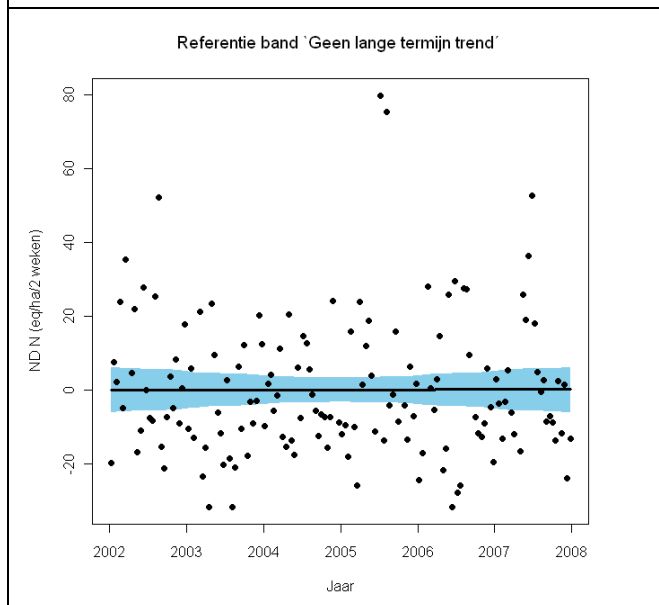
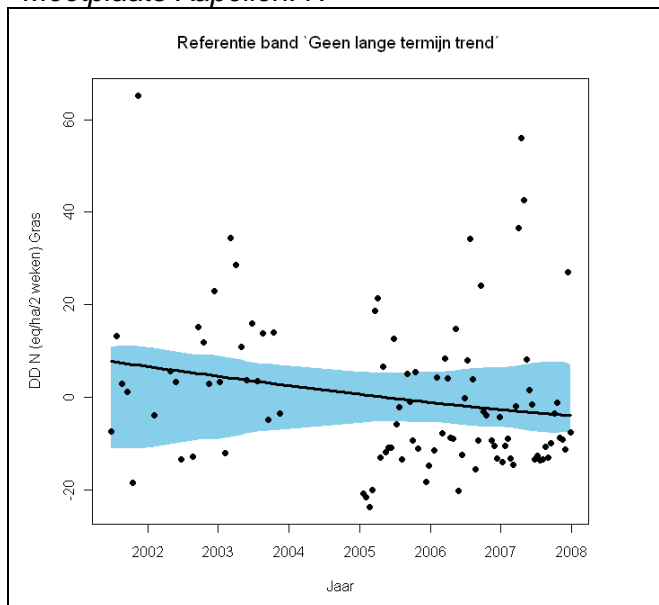
Meetplaats Kapellen: NH_x en NO_y



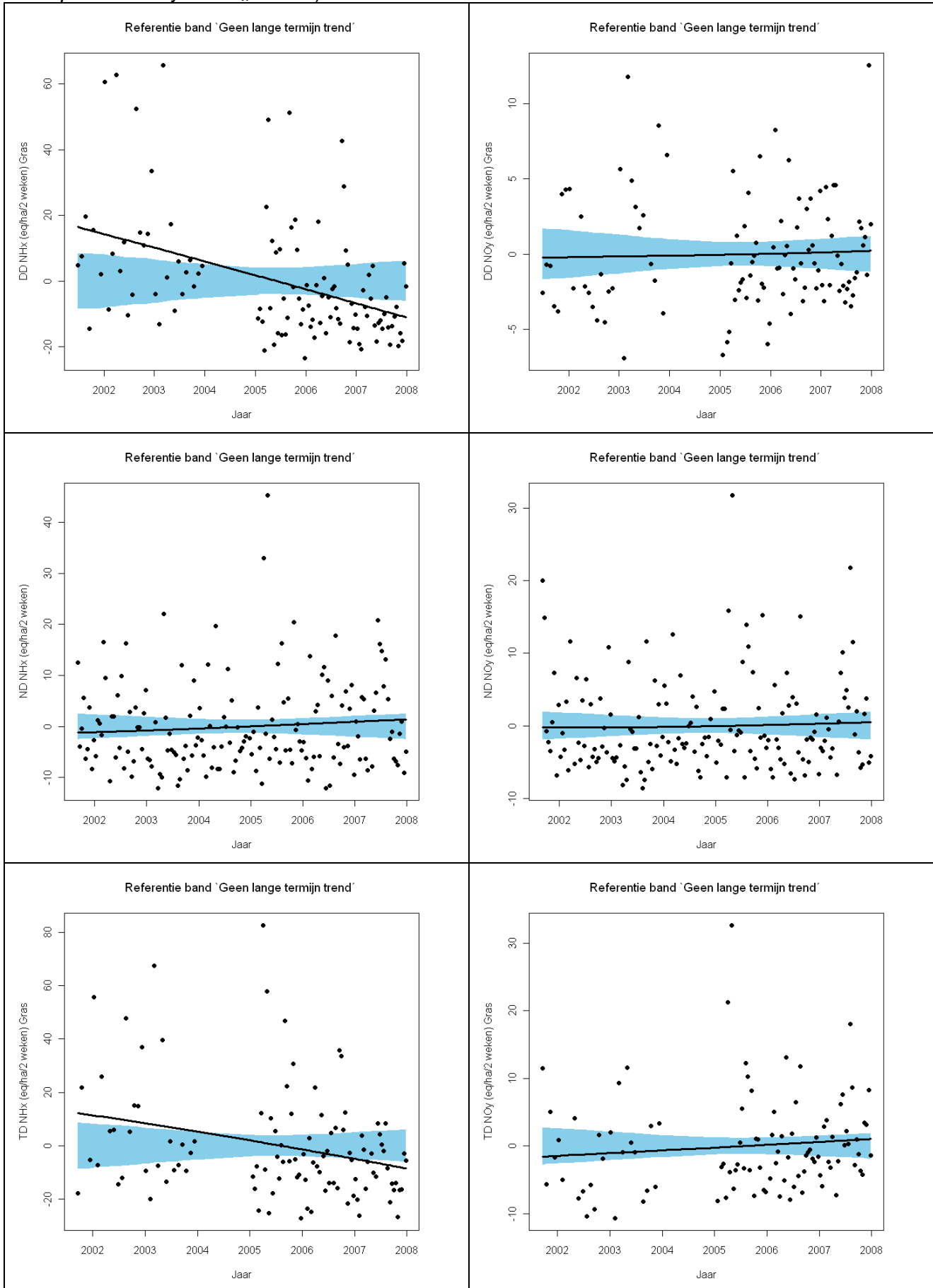
Meetplaats Kapellen: SO_x en N+S



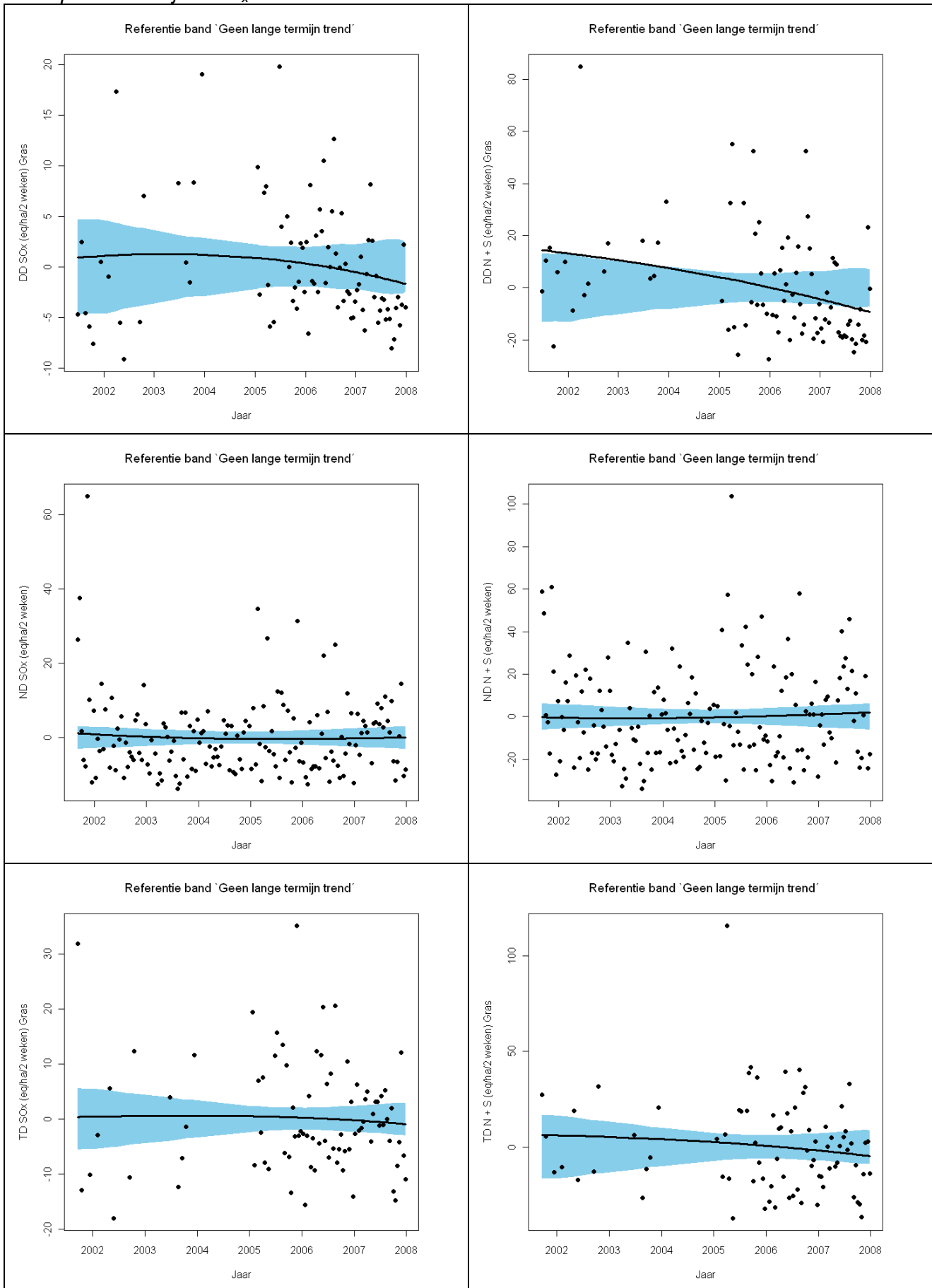
Meetplaats Kapellen: N



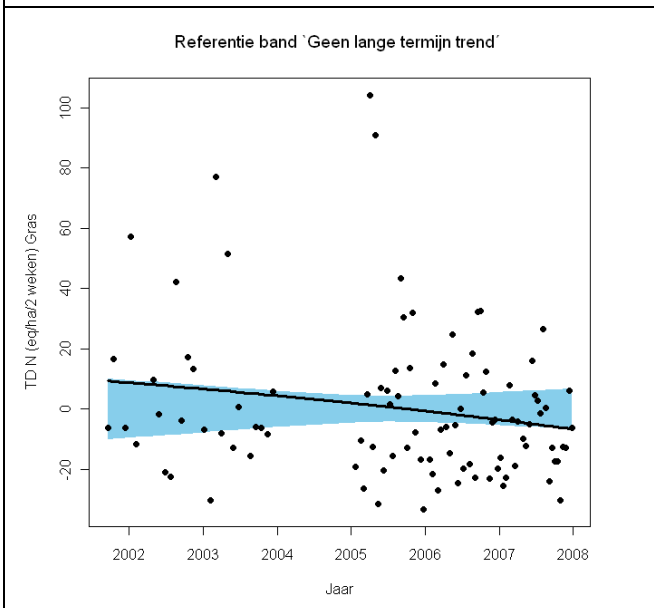
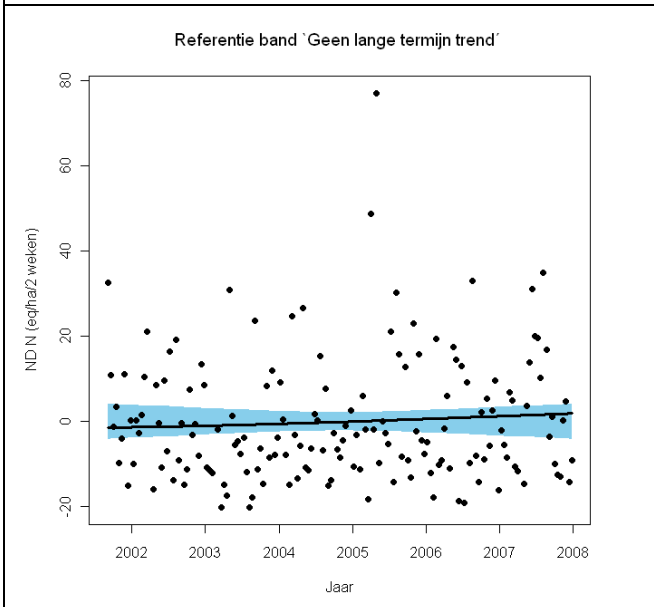
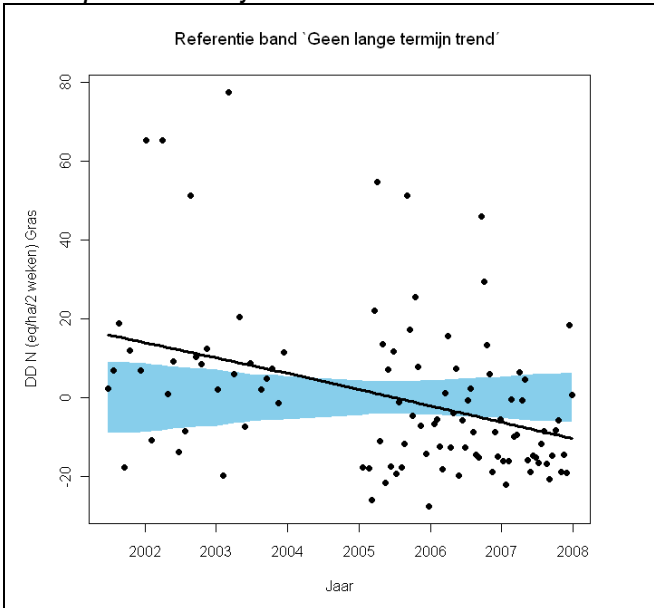
Meetplaats Koksijde: NH_x en NO_y



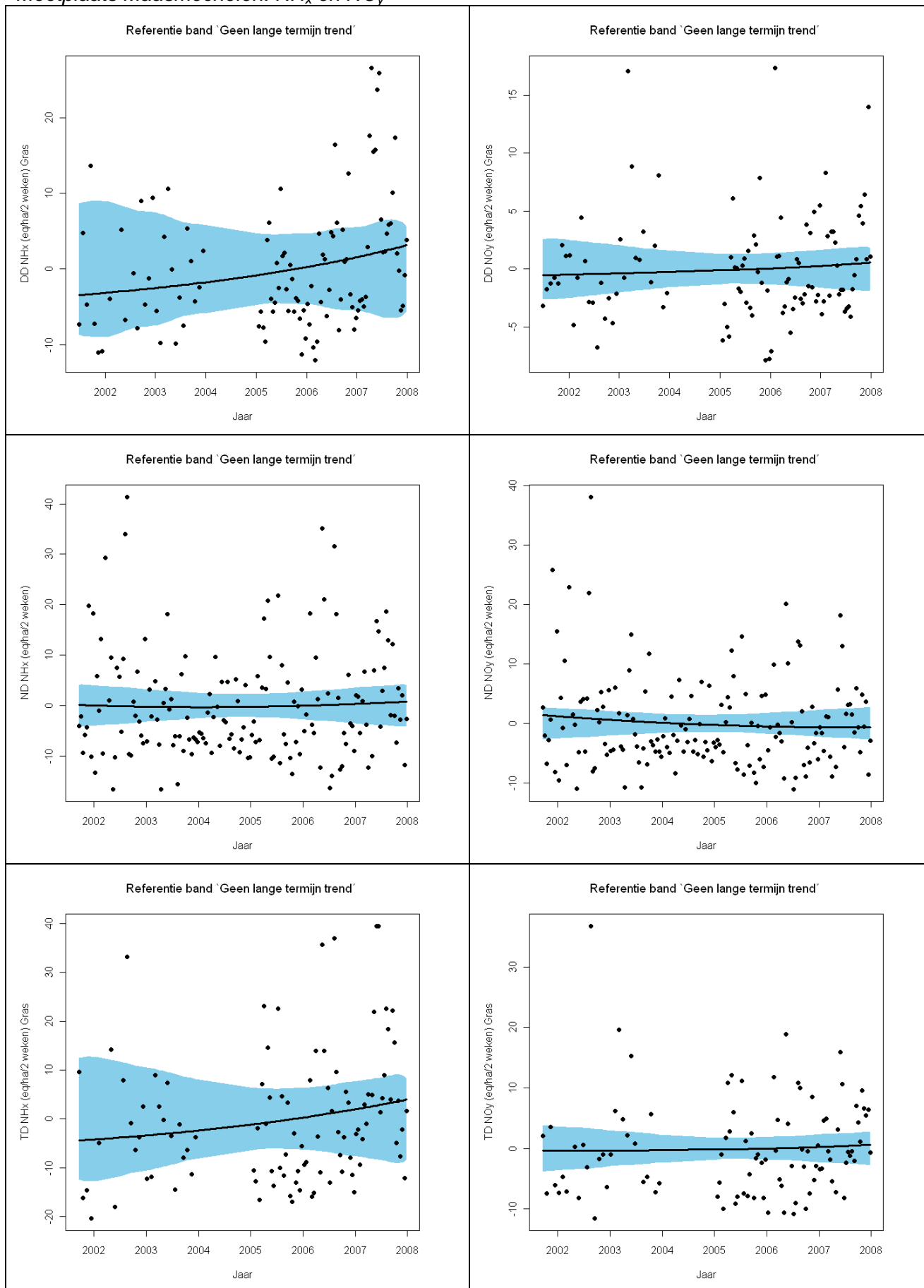
Meetplaats Koksijde: SO_x en N+S



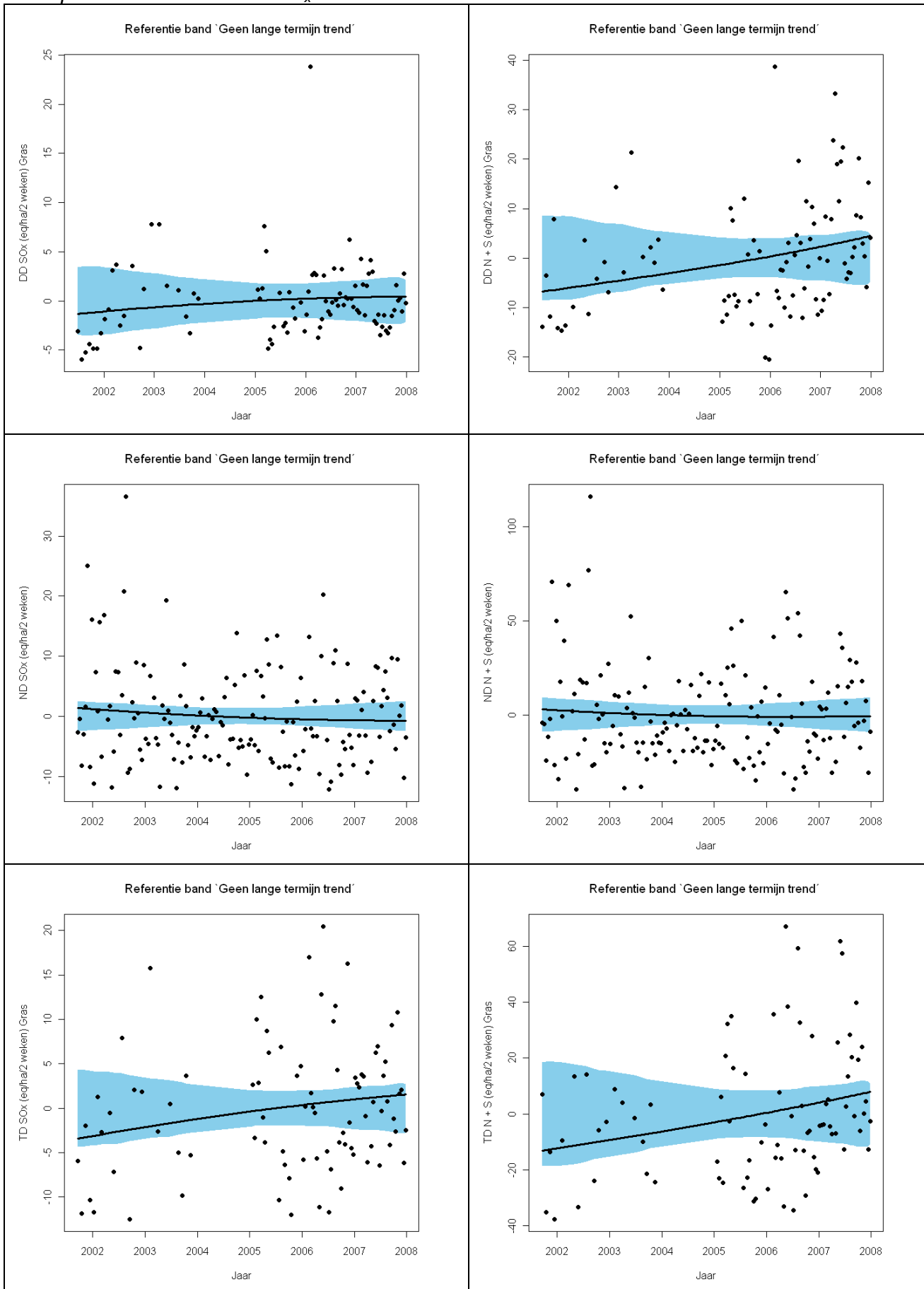
Meetplaats Koksijde: N



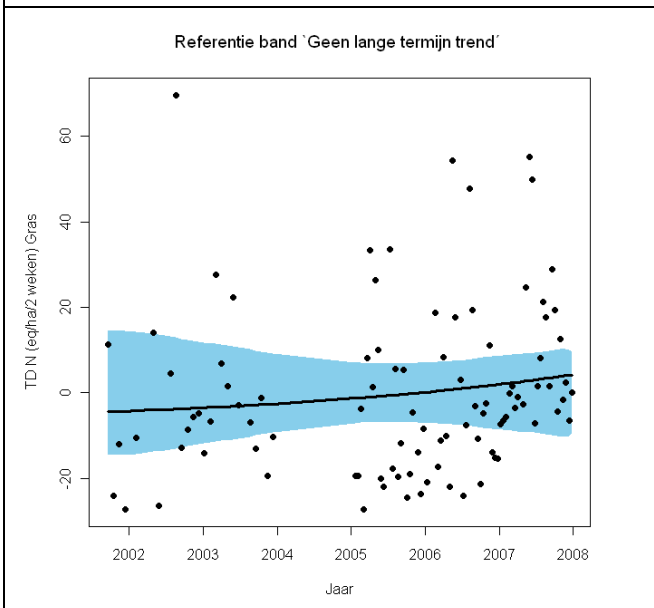
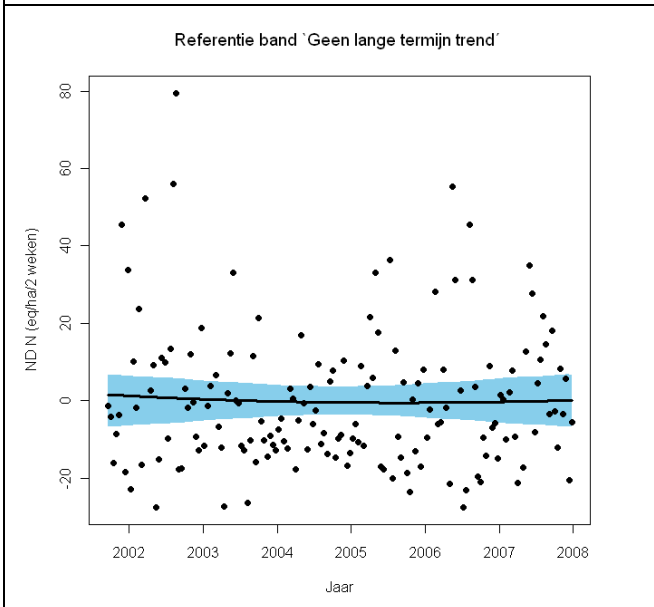
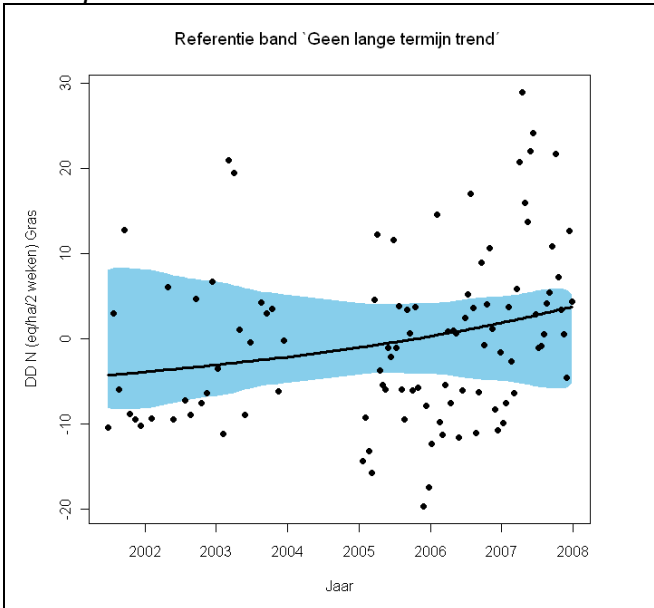
Meetplaats Maasmechelen: NH_x en NO_y



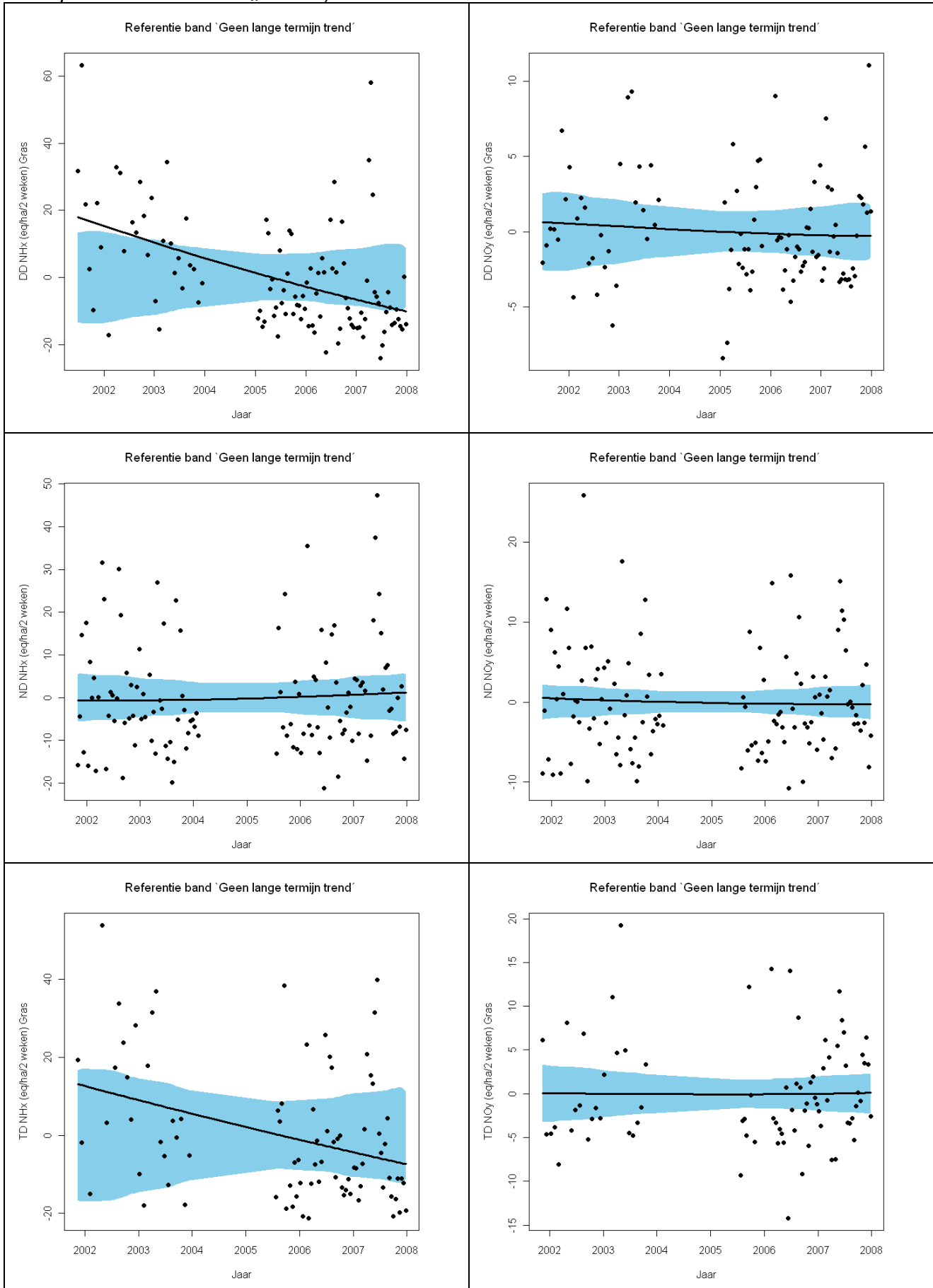
Meetplaats Maasmechelen: SO_x en N+S



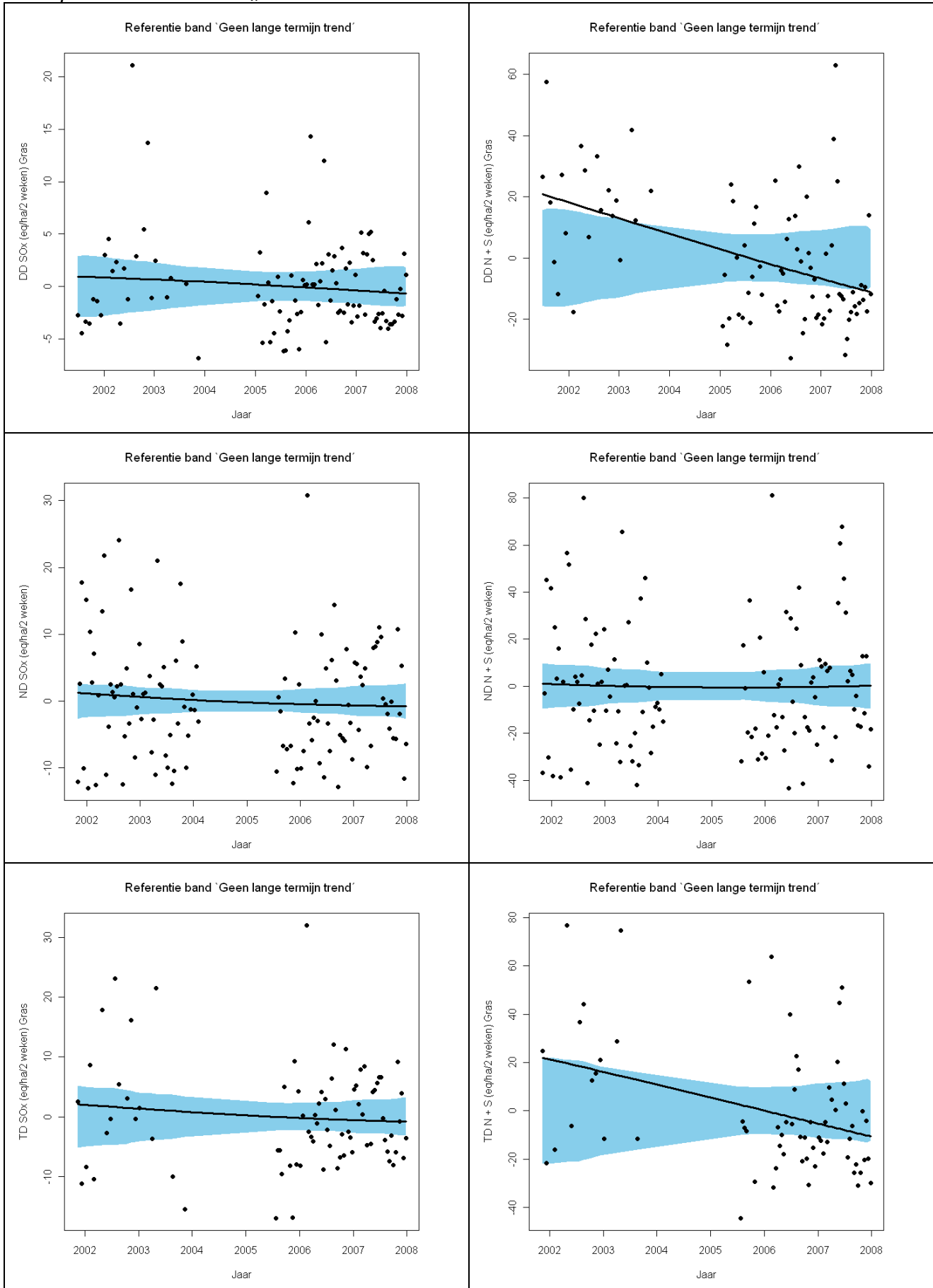
Meetplaats Maasmechelen: N



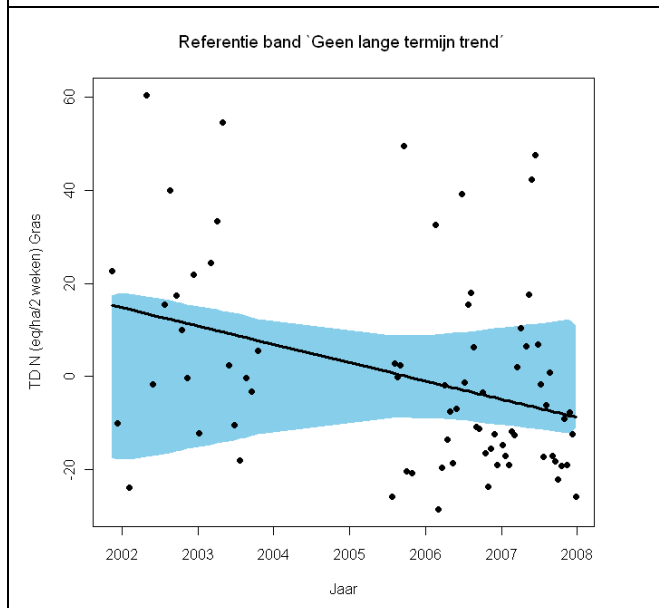
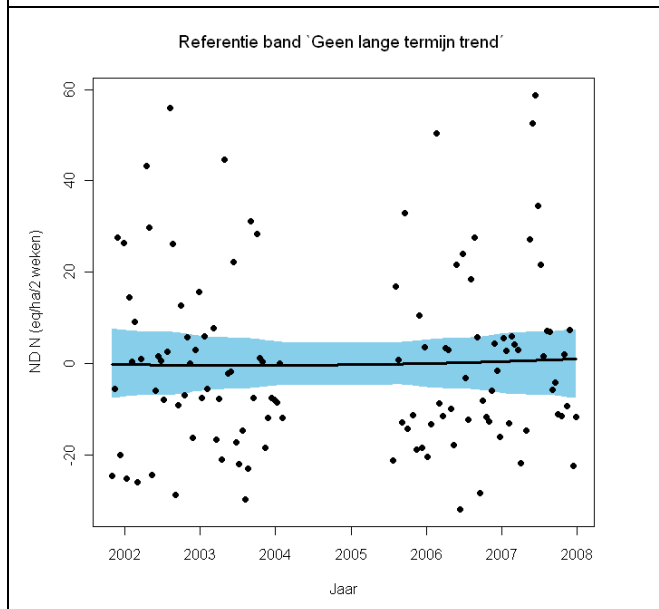
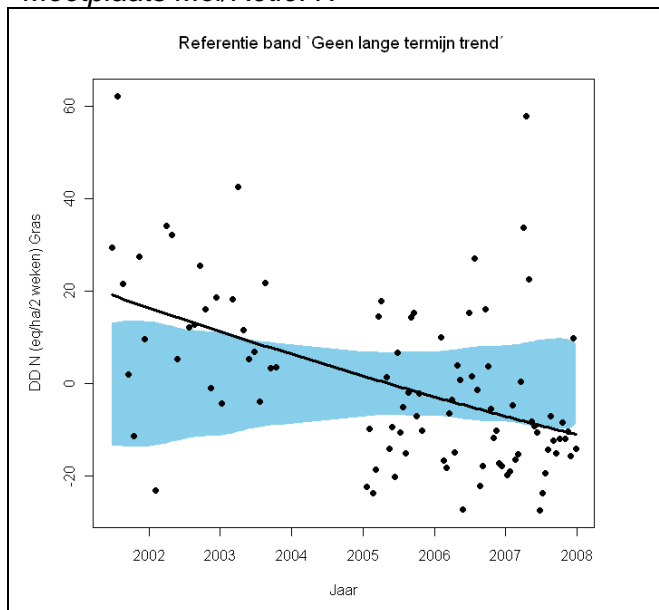
Meetplaats Mol/Retie: NH_x en NO_y



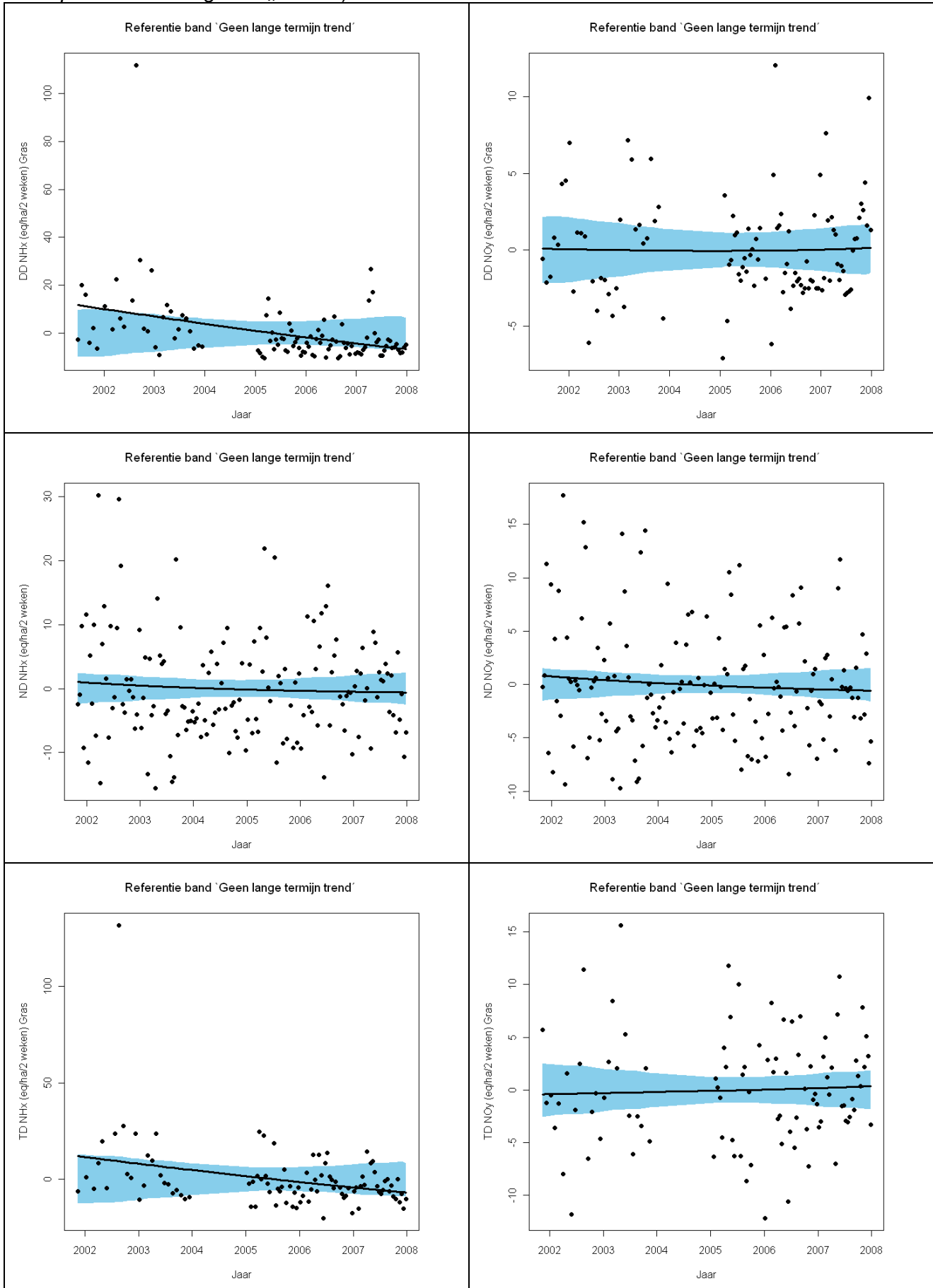
Meetplaats Mol/Retie: SO_x en N+S



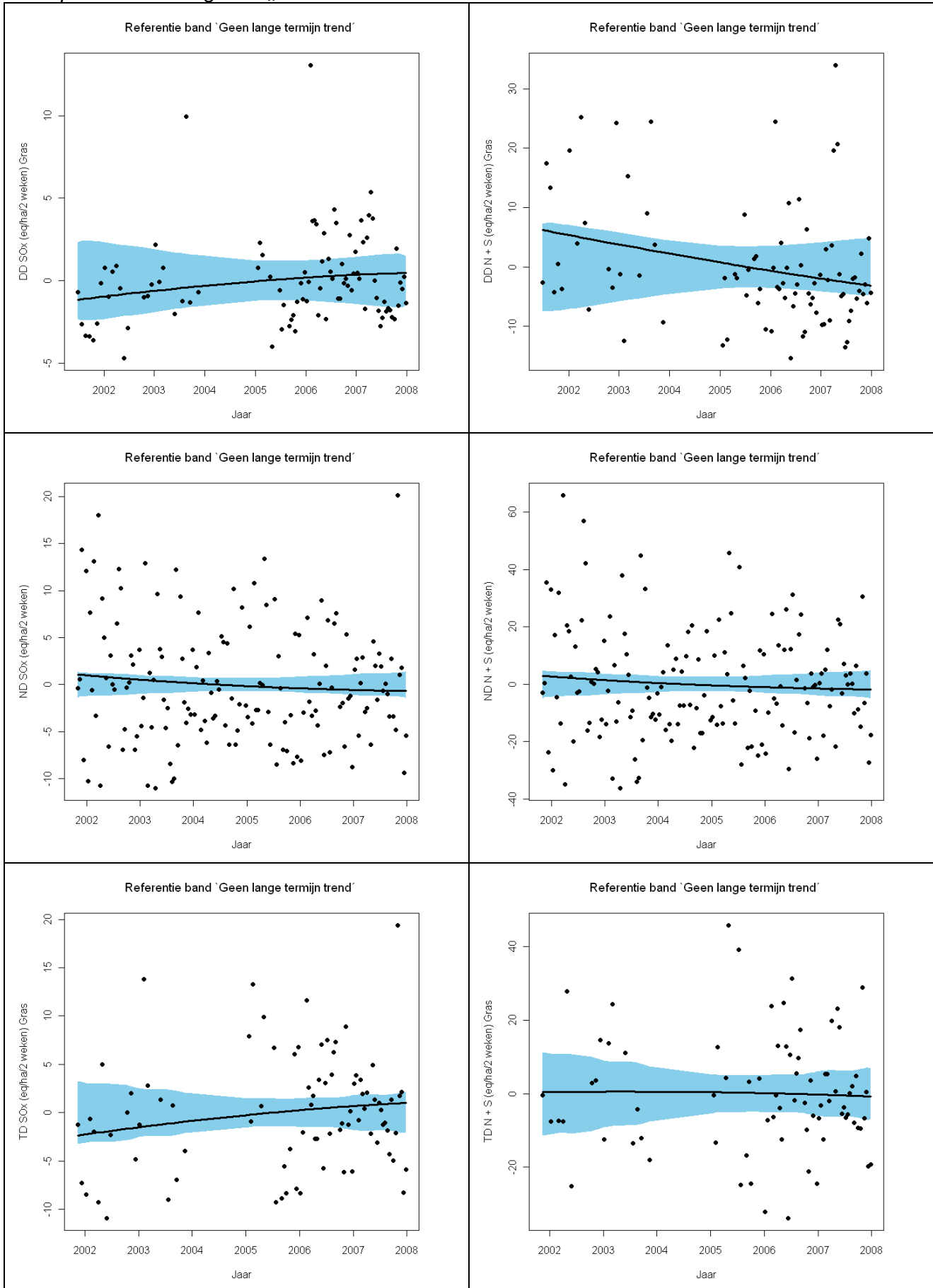
Meetplaats Mol/Retie: N



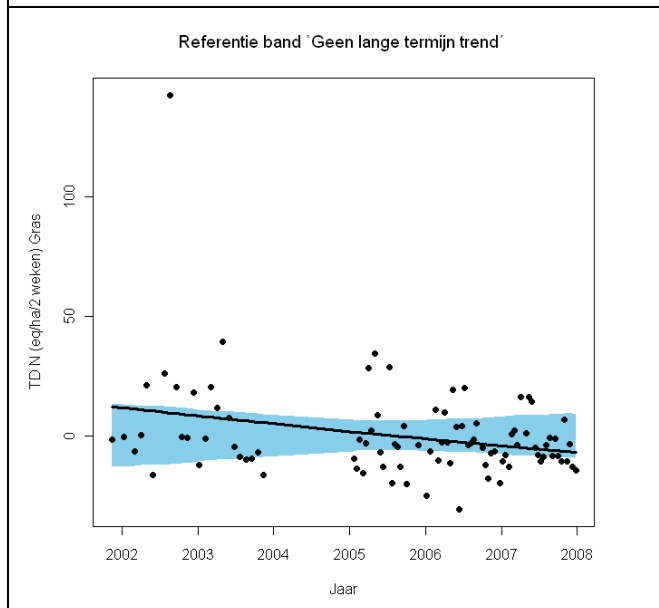
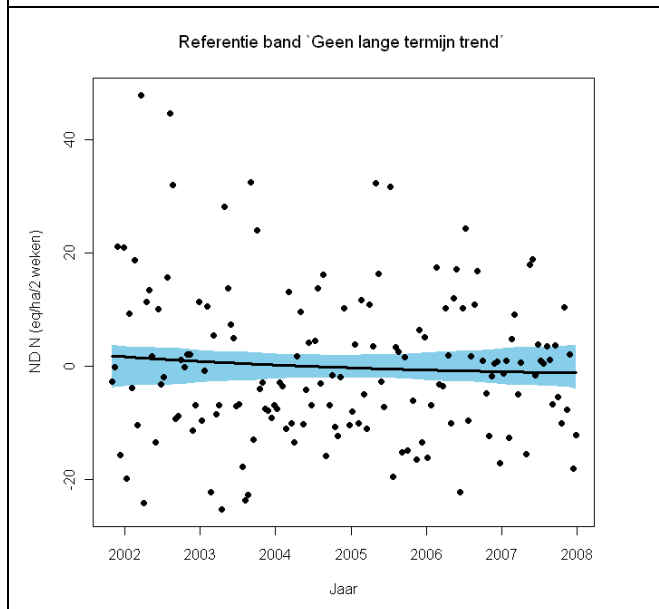
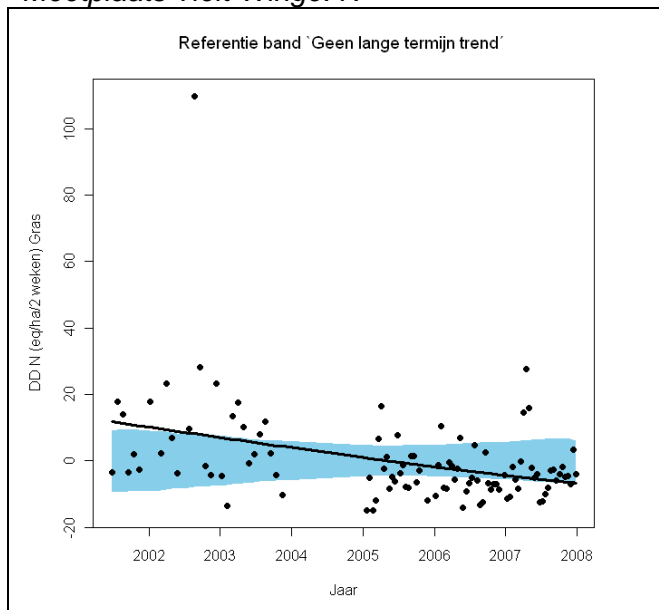
Meetplaats Tielt-Winge: NH_x en NO_y



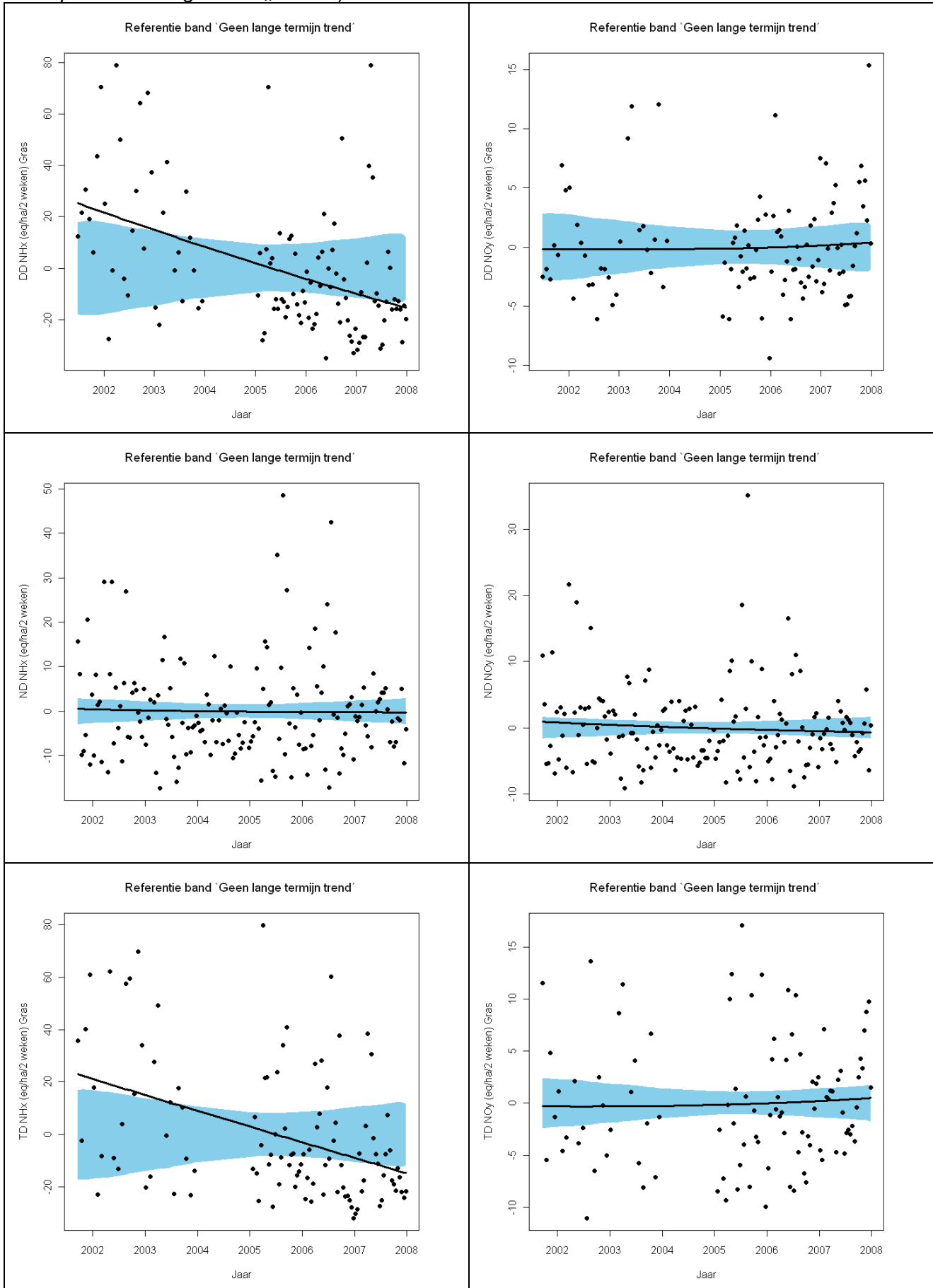
Meetplaats Tielt-Winge: SO_x en N+S



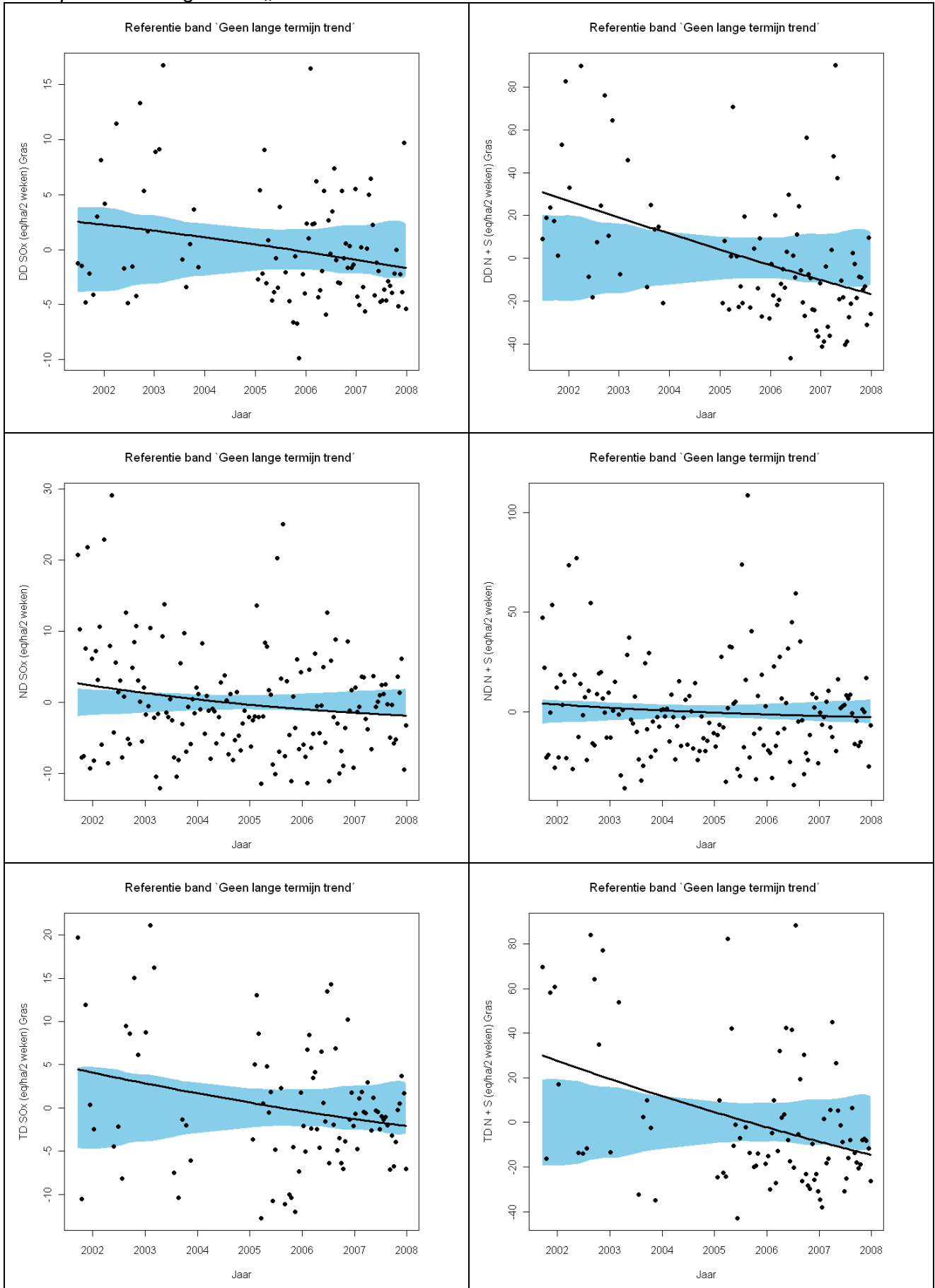
Meetplaats Tielt-Winge: N



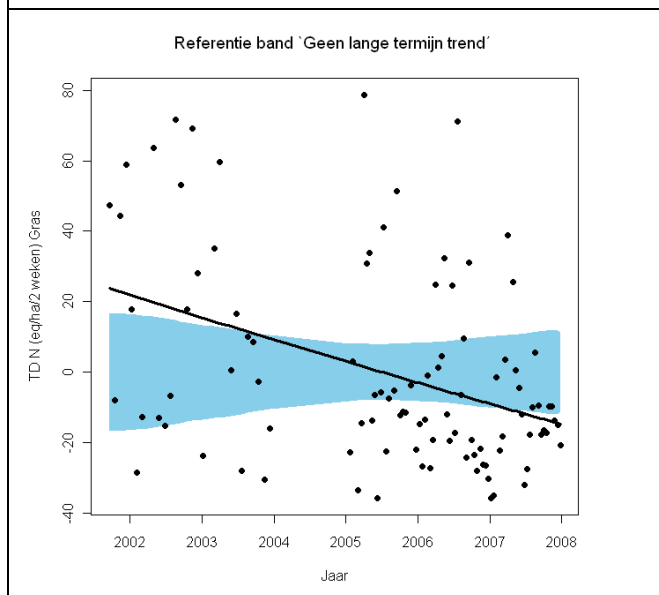
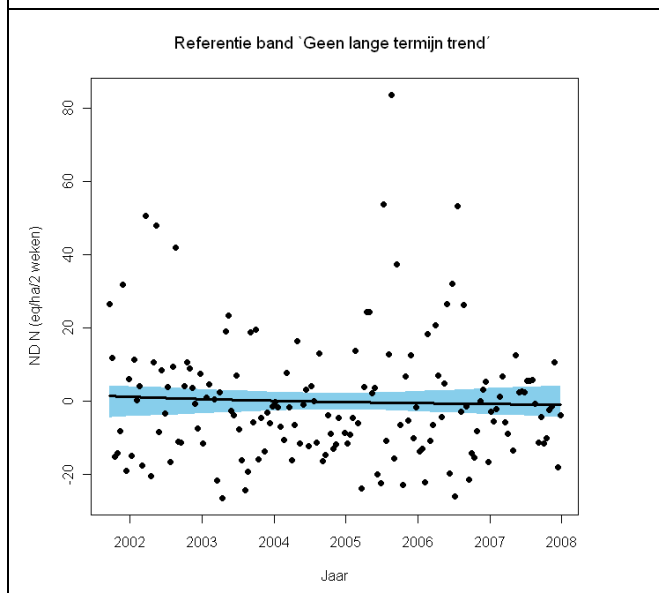
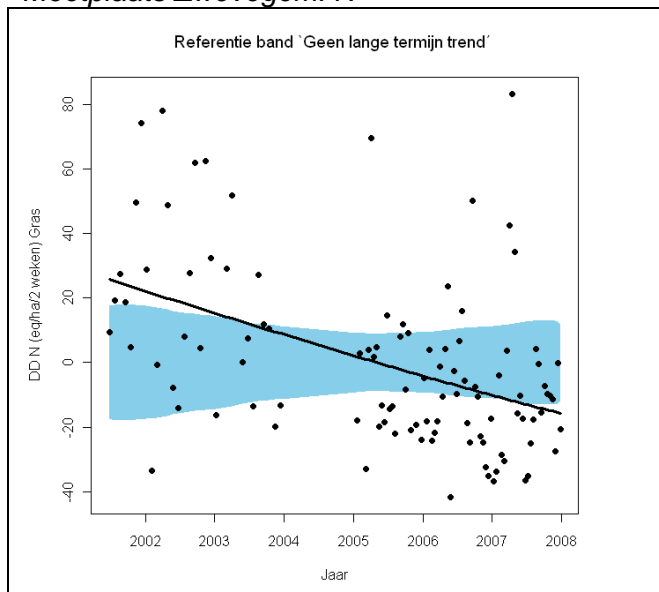
Meetplaats Zwevegem: NH_x en NO_y



Meetplaats Zwevegem: SO_x en N+S



Meetplaats Zwevegem: N



Appendix 4a

P-waarden voor de benaderende F-test voor lineariteit (lineair) en voor 'geen langetermijntrend' (geen LT) voor de gemiddelde gemeten luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 per meetplaats van het meetnet verzuring. Cursief: $0.05 < p < 0.10$; vet: $p < 0.05$.

Meetplaats	Variabele	Lineair	Geen LT
Bonheiden	NH_3	0.152	0.012
	NO_2	0.142	0.342
	SO_2	0.028	0.049
Gent	NH_3	<i>0.062</i>	< 0.001
	NO_2	0.175	0.414
	SO_2	0.139	0.380
Kapellen	NH_3	0.197	0.007
	NO_2	<i>0.058</i>	<i>0.062</i>
	SO_2	0.149	0.315
Koksijde	NH_3	0.236	< 0.001
	NO_2	0.332	0.711
	SO_2	0.008	0.020
Maasmechelen	NH_3	0.006	< 0.001
	NO_2	0.179	0.341
	SO_2	0.049	<i>0.053</i>
Mol/Retie	NH_3	<i>0.073</i>	< 0.001
	NO_2	0.123	0.271
	SO_2	0.299	0.307
Tielt-Winge	NH_3	0.295	< 0.001
	NO_2	0.144	0.482
	SO_2	<i>0.051</i>	0.032
Zwevegem	NH_3	0.128	< 0.001
	NO_2	0.106	0.276
	SO_2	0.048	0.009

Appendix 4b

P-waarden voor de benaderende F-test voor lineariteit (lineair) en voor 'geen langetermijntrend' (p geen LT) voor de droge, (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x, de som van potentieel verzurende polluenten en anorganische stikstof (N) per meetplaats van het meetnet verzuring. Cursief: 0.05 < p < 0.10; vet: p < 0.05.

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loof		Naald	
		Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT
Bonheiden	DD NH _x	0.152	0.012	0.152	0.012	0.152	0.012	0.152	0.012
	ND NH _x	0.312	0.732						
	TD NH _x	0.163	0.452	0.127	0.276	<i>0.096</i>	0.166	<i>0.058</i>	<i>0.065</i>
	DD NO _y	0.142	0.342	0.142	0.342	0.142	0.342	0.142	0.342
	ND NO _y	0.379	0.478						
	TD NO _y	0.316	0.820	0.316	0.820	0.316	0.820	0.316	0.820
	DD SO _x	0.028	0.049	0.028	0.049	0.028	0.049	0.028	0.049
	ND SO _x	0.215	0.303						
	TD SO _x	0.121	0.258	0.103	0.145	0.121	0.258	0.114	0.211
	DD N+S	0.189	0.106	0.188	<i>0.078</i>	0.258	<i>0.071</i>	0.297	<i>0.056</i>
	ND N+S	0.309	0.517						
	TD N+S	0.113	0.425	0.113	0.494	0.137	0.535	0.182	0.639
	DD N	0.161	<i>0.090</i>	0.167	<i>0.061</i>	0.170	0.047	0.173	0.034
	ND N	0.340	0.636						
TD N	0.201	0.729	0.202	0.648	0.194	0.536	0.149	0.292	
Gent	DD NH _x	<i>0.062</i>	< 0.001	<i>0.062</i>	< 0.001	<i>0.062</i>	< 0.001	<i>0.062</i>	< 0.001
	ND NH _x	0.112	0.367						
	TD NH _x	<i>0.088</i>	0.003	<i>0.077</i>	< 0.001	<i>0.072</i>	< 0.001	<i>0.068</i>	< 0.001
	DD NO _y	0.175	0.414	0.175	0.414	0.175	0.414	0.175	0.414
	ND NO _y	0.108	0.427						
	TD NO _y	0.251	0.372	0.251	0.372	0.251	0.372	0.251	0.372
	DD SO _x	0.139	0.380	0.139	0.380	0.139	0.380	0.139	0.380
	ND SO _x	0.028	0.168						
	TD SO _x	0.280	0.809	0.271	0.779	0.280	0.809	0.282	0.822
	DD N+S	<i>0.061</i>	< 0.001	<i>0.064</i>	< 0.001	<i>0.056</i>	< 0.001	<i>0.056</i>	< 0.001
	ND N+S	<i>0.065</i>	0.309						
	TD N+S	<i>0.076</i>	<i>0.056</i>	<i>0.066</i>	0.008	<i>0.051</i>	0.002	0.045	< 0.001
	DD N	<i>0.086</i>	< 0.001	<i>0.089</i>	< 0.001	<i>0.091</i>	< 0.001	<i>0.095</i>	< 0.001
	ND N	0.107	0.383						
TD N	0.150	0.028	0.131	0.004	0.122	0.001	0.114	< 0.001	

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loof		Naald	
		Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT
Kapellen	DD NH _x	0.197	0.007	0.197	0.007	0.197	0.007	0.197	0.007
	ND NH _x	0.233	0.675						
	TD NH _x	0.225	0.080	0.186	0.036	0.167	0.022	0.154	0.013
	DD NO _y	0.058	0.062	0.058	0.062	0.058	0.062	0.058	0.062
	ND NO _y	0.396	0.552						
	TD NO _y	0.253	0.771	0.253	0.771	0.253	0.771	0.253	0.771
	DD SO _x	0.149	0.316	0.149	0.315	0.149	0.316	0.150	0.316
	ND SO _x	0.372	0.899						
	TD SO _x	0.324	0.867	0.330	0.801	0.324	0.867	0.327	0.849
	DD N+S	0.179	0.272	0.188	0.223	0.202	0.174	0.223	0.139
	ND N+S	0.310	0.865						
	TD N+S	1.000	0.598	1.000	0.412	1.000	0.330	1.000	0.176
	DD N	0.214	0.064	0.241	0.053	0.260	0.048	0.291	0.042
	ND N	0.285	0.825						
	TD N	0.306	0.201	0.254	0.093	0.217	0.049	0.176	0.019
Koksijde	DD NH _x	0.236	< 0.001	0.236	< 0.001	0.236	< 0.001	0.236	< 0.001
	ND NH _x	0.417	0.422						
	TD NH _x	0.264	0.005	0.264	0.001	0.266	0.001	0.269	< 0.001
	DD NO _y	0.332	0.710	0.332	0.710	0.332	0.710	0.332	0.710
	ND NO _y	0.224	0.661						
	TD NO _y	1.000	0.414	1.000	0.414	1.000	0.414	1.000	0.414
	DD SO _x	0.008	0.020	0.008	0.020	0.008	0.020	0.008	0.020
	ND SO _x	0.056	0.249						
	TD SO _x	0.193	0.529	0.100	0.305	0.193	0.529	0.154	0.441
	DD N+S	0.086	0.002	0.085	0.001	0.127	0.001	0.152	0.001
	ND N+S	0.126	0.499						
	TD N+S	0.182	0.261	0.118	0.100	0.145	0.075	0.123	0.029
	DD N	0.245	< 0.001	0.246	< 0.001	0.247	< 0.001	0.249	< 0.001
	ND N	0.300	0.529						
	TD N	0.251	0.086	0.250	0.026	0.252	0.011	0.258	0.003

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loof		Naald	
		Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT
Maasmechelen	DD NH _x	0.006	< 0.001	0.006	< 0.001	0.006	< 0.001	0.006	< 0.001
	ND NH _x	0.107	0.432						
	TD NH _x	0.030	0.009	0.013	0.002	0.007	0.001	0.003	< 0.001
	DD NO _y	0.179	0.341	0.179	0.341	0.179	0.341	0.179	0.341
	ND NO _y	0.094	0.224						
	TD NO _y	0.189	0.554	0.189	0.554	0.189	0.554	0.189	0.554
	DD SO _x	0.049	0.054	0.049	0.053	0.049	0.054	0.049	0.054
	ND SO _x	0.118	0.263						
	TD SO _x	0.159	0.074	0.127	0.069	0.159	0.074	0.147	0.072
	DD N+S	0.110	0.005	0.099	0.005	0.051	0.003	0.033	0.003
	ND N+S	0.101	0.366						
	TD N+S	0.195	0.016	0.142	0.008	0.088	0.005	0.037	0.002
	DD N	0.029	0.003	0.022	0.002	0.018	0.002	0.014	0.001
	ND N	0.098	0.399						
	TD N	0.088	0.094	0.055	0.039	0.034	0.016	0.013	0.002
Mol/Retie	DD NH _x	0.073	< 0.001	0.073	< 0.001	0.073	< 0.001	0.073	< 0.001
	ND NH _x	0.148	0.486						
	TD NH _x	0.012	< 0.001	0.009	< 0.001	0.009	< 0.001	0.012	< 0.001
	DD NO _y	0.124	0.271	0.124	0.271	0.124	0.271	0.124	0.271
	ND NO _y	0.164	0.598						
	TD NO _y	0.211	0.754	0.211	0.754	0.211	0.754	0.211	0.754
	DD SO _x	0.299	0.308	0.299	0.307	0.299	0.308	0.299	0.307
	ND SO _x	0.154	0.401						
	TD SO _x	0.248	0.450	0.269	0.295	0.248	0.450	0.254	0.391
	DD N+S	0.196	< 0.001	0.188	< 0.001	0.158	< 0.001	0.141	< 0.001
	ND N+S	0.146	0.635						
	TD N+S	0.072	0.003	0.047	< 0.001	0.036	< 0.001	0.024	< 0.001
	DD N	0.147	< 0.001	0.144	< 0.001	0.142	< 0.001	0.137	< 0.001
	ND N	0.153	0.614						
	TD N	0.087	0.003	0.065	< 0.001	0.055	< 0.001	0.047	< 0.001

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loof		Naald	
		Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT	Lineair	Geen LT
Tielt-Winge	DD NH _x	0.296	< 0.001	0.295	< 0.001	0.295	< 0.001	0.295	< 0.001
	ND NH _x	0.159	0.401						
	TD NH _x	0.123	0.001	0.106	< 0.001	0.097	< 0.001	0.086	< 0.001
	DD NO _y	0.144	0.482	0.144	0.482	0.144	0.482	0.144	0.482
	ND NO _y	0.205	0.363						
	TD NO _y	0.278	0.660	0.278	0.660	0.278	0.660	0.278	0.660
	DD SO _x	0.051	0.032	0.051	0.032	0.051	0.032	0.052	0.032
	ND SO _x	0.156	0.270						
	TD SO _x	0.089	0.107	0.072	0.091	0.089	0.107	0.083	0.101
	DD N+S	0.236	0.015	0.256	0.010	0.213	0.002	0.205	0.001
	ND N+S	0.163	0.325						
	TD N+S	0.261	0.696	0.253	0.425	0.217	0.197	0.139	0.024
	DD N	0.206	< 0.001	0.234	< 0.001	0.254	< 0.001	0.284	< 0.001
	ND N	0.171	0.373						
TD N	0.212	0.010	0.167	0.003	0.143	0.001	0.117	< 0.001	
Zwevegem	DD NH _x	0.128	< 0.001	0.128	< 0.001	0.128	< 0.001	0.128	< 0.001
	ND NH _x	0.260	0.707						
	TD NH _x	0.115	< 0.001	0.111	< 0.001	0.110	< 0.001	0.111	< 0.001
	DD NO _y	0.106	0.276	0.106	0.276	0.106	0.276	0.106	0.276
	ND NO _y	0.224	0.348						
	TD NO _y	0.195	0.604	0.195	0.604	0.195	0.604	0.195	0.604
	DD SO _x	0.048	0.009	0.048	0.009	0.048	0.009	0.048	0.009
	ND SO _x	0.065	0.016						
	TD SO _x	0.114	0.026	0.100	0.011	0.114	0.026	0.110	0.019
	DD N+S	0.073	< 0.001	0.076	< 0.001	0.084	< 0.001	0.091	< 0.001
	ND N+S	0.162	0.251						
	TD N+S	0.091	< 0.001	0.093	< 0.001	0.098	< 0.001	0.110	< 0.001
	DD N	0.130	< 0.001	0.137	< 0.001	0.142	< 0.001	0.149	< 0.001
	ND N	0.243	0.565						
TD N	0.156	< 0.001	0.144	< 0.001	0.140	< 0.001	0.139	< 0.001	

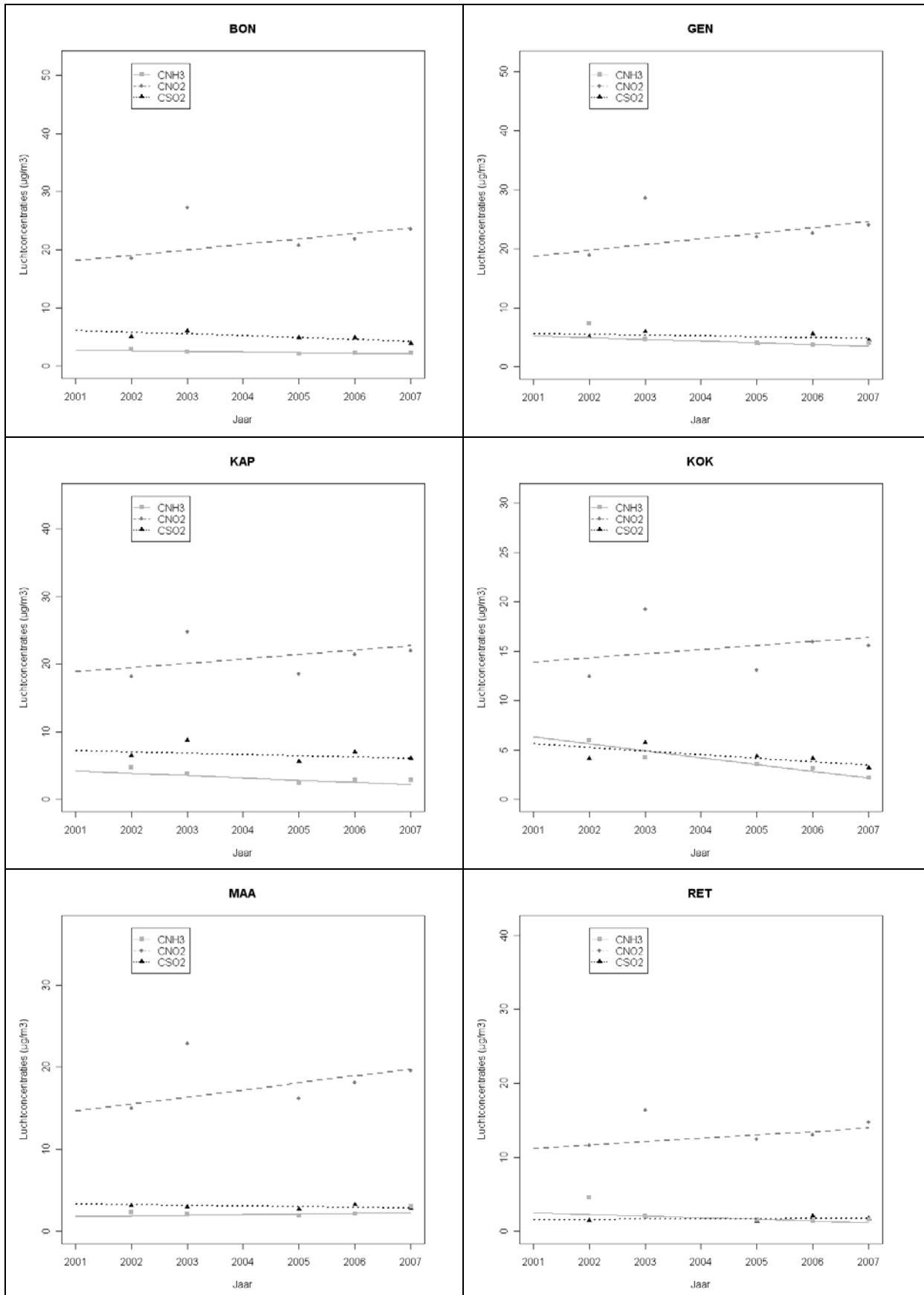
Appendix 5a

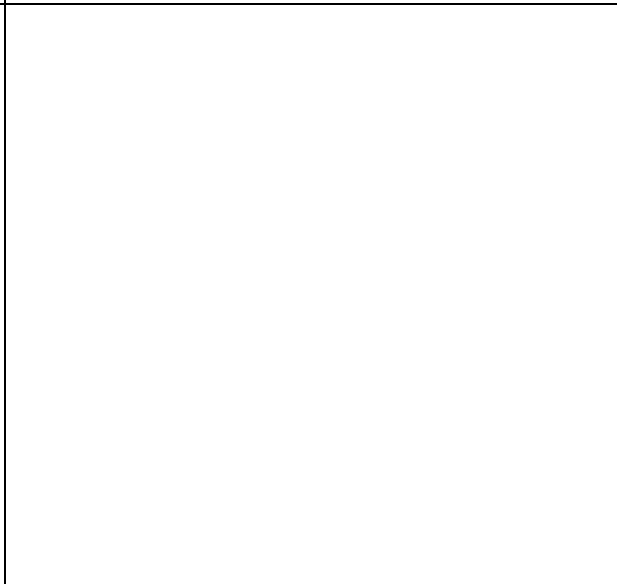
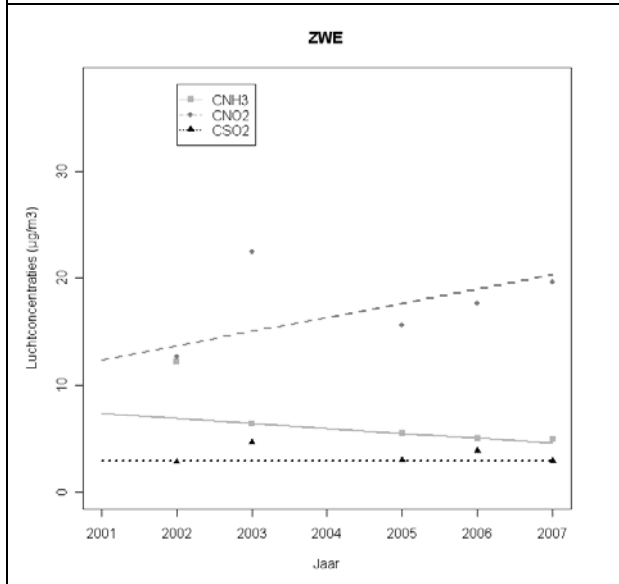
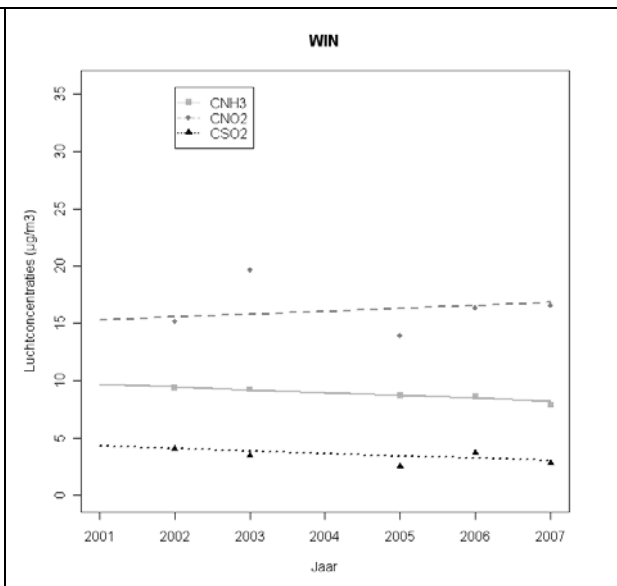
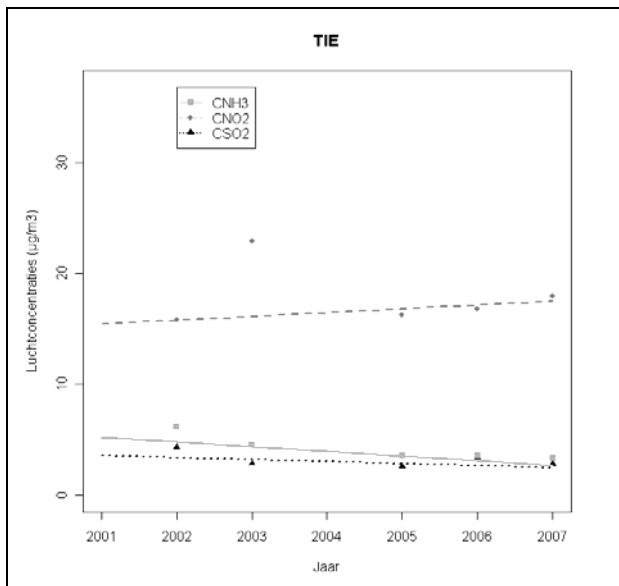
De helling en de p-waarde van de lineaire trend in de jaarlijkse gemiddelde gemeten luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 per meetplaats van het meetnet verzuring gedurende de periode 2002-2007 volgens de Kendall-testen (cursief: $0.05 < p < 0.1$; vet: $p < 0.05$).

Meetplaats	Variabele	Helling	P-waarde
Bonheiden	NH_3	-0.10	0.462
	NO_2	0.94	0.462
	SO_2	-0.31	0.221
Gent	NH_3	-0.31	0.221
	NO_2	0.98	0.462
	SO_2	-0.12	0.806
Kapellen	NH_3	-0.34	0.462
	NO_2	0.64	0.462
	SO_2	-0.18	0.806
Koksijde	NH_3	-0.70	0.027
	NO_2	0.41	0.806
	SO_2	-0.36	0.312
Maasmechelen	NH_3	0.08	0.806
	NO_2	0.84	0.462
	SO_2	-0.07	0.806
Tielt-Winge	NH_3	-0.42	<i>0.086</i>
	NO_2	0.34	0.462
	SO_2	-0.18	0.462
Mol/Retie	NH_3	-0.22	0.221
	NO_2	0.46	0.462
	SO_2	0.04	0.806
Wingene	NH_3	-0.24	0.027
	NO_2	0.26	0.806
	SO_2	-0.21	0.462
Zwevegem	NH_3	-0.47	0.027
	NO_2	1.32	0.462
	SO_2	0.00	1.000

Appendix 5b

Tijdstrend in de jaarlijkse gemeten luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 per meetplaats gedurende de periode 2002-2007 volgens de Kendall-testen.





Appendix 6a

De helling en de p-waarde van de tijdstrend in de gemeten droge, (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen ($\text{eq ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) van NH_x , NO_y , SO_x , de som van potentieel verzurende polluenten en anorganische stikstof (N) per meetplaats van het meetnet verzuring gedurende de periode 2002-2007 volgens de Kendall-testen (cursief: $p < 0.1$; vet: $p < 0.05$).

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Naald		Loof	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Bonheiden	DD NH_x	-20.27	0.462	-27.73	0.462	-35.13	0.462	-53.53	0.462
	ND NH_x	-3.50	1.000						
	TD NH_x	-28.38	0.806	-30.88	0.462	-33.62	0.221	-53.50	0.462
	DD NO_y	16.18	0.462	16.18	0.462	16.18	0.462	16.18	0.462
	ND NO_y	-0.43	0.260						
	TD NO_y	-1.70	0.462	-1.70	0.462	-1.70	0.462	-1.70	0.462
	DD SO_x	-27.83	0.221	-37.23	0.221	-27.83	0.221	-30.87	0.221
	ND SO_x	-5.67	1.000						
	TD SO_x	-34.62	<i>0.086</i>	-34.58	<i>0.086</i>	-34.62	<i>0.086</i>	-35.00	<i>0.086</i>
	DD N+S	-35.30	0.462	-55.00	0.221	-45.23	0.462	-72.47	0.462
	ND N+S	-23.00	1.000						
	TD N+S	-67.38	0.221	-80.25	<i>0.086</i>	-71.38	0.221	-96.38	<i>0.086</i>
	DD N	-12.43	0.806	-21.85	0.806	-28.00	0.806	-55.90	0.462
	ND N	-10.35	1.000						
TD N	-25.12	0.221	-28.12	0.221	-40.88	0.221	-73.50	0.221	
Gent	DD NH_x	-64.17	0.221	-87.25	0.221	-110.25	0.221	-168.83	0.221
	ND NH_x	1.67	1.000						
	TD NH_x	-35.50	0.462	-57.83	0.462	-79.67	<i>0.086</i>	-136.00	0.221
	DD NO_y	16.88	0.462	16.88	0.462	16.88	0.462	16.88	0.462
	ND NO_y	-0.12	0.848						
	TD NO_y	10.25	0.221	10.25	0.221	10.25	0.221	10.25	0.221
	DD SO_x	-10.83	0.806	-14.37	0.806	-10.83	0.806	-11.83	0.806
	ND SO_x	17.50	0.452						
	TD SO_x	-5.75	0.806	-6.47	0.462	-5.75	0.806	-5.75	0.806
	DD N+S	-118.20	0.462	-157.73	0.221	-190.13	0.462	-268.92	0.462
	ND N+S	79.50	0.707						
	TD N+S	4.00	0.806	-31.08	0.806	-40.83	0.462	-101.58	0.221
	DD N	-107.37	0.221	-132.75	0.221	-155.75	0.221	-214.33	0.221
	ND N	11.00	0.707						
TD N	-47.00	0.806	-69.00	0.806	-92.00	0.221	-147.83	0.221	

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Naald		Loof	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Kapellen	DD NH _x	-69.40	0.462	-94.70	0.462	-120.00	0.462	-183.07	0.462
	ND NH _x	9.00	1.000						
	TD NH _x	-58.50	0.462	-87.60	0.462	-113.00	0.462	-176.17	0.462
	DD NO _y	11.00	0.462	11.00	0.462	11.00	0.462	11.00	0.462
	ND NO _y	-0.30	0.060						
	TD NO _y	-2.04	1.000	-2.04	1.000	-2.04	1.000	-2.04	1.000
	DD SO _x	-16.37	0.806	-21.63	0.806	-16.37	0.806	-18.27	0.806
	ND SO _x	2.33	1.000						
	TD SO _x	-11.10	0.462	-20.80	0.462	-11.10	0.462	-11.00	0.462
	DD N+S	-70.12	0.462	-100.72	0.462	-132.47	0.221	-197.50	0.221
	ND N+S	-4.00	1.000						
	TD N+S	-102.93	0.221	-137.83	0.462	-153.27	0.462	-219.83	0.462
	DD N	-72.23	0.462	-97.53	0.462	-122.83	0.462	-185.90	0.462
	ND N	-6.60	1.000						
	TD N	-73.07	0.221	-98.47	0.462	-123.77	0.462	-186.83	0.462
Koksijde	DD NH _x	-142.38	0.027	-194.00	0.027	-246.00	0.027	-375.12	0.027
	ND NH _x	20.00	0.452						
	TD NH _x	-149.35	0.086	-201.79	0.027	-258.46	0.027	-388.12	0.027
	DD NO _y	7.23	0.806	7.23	0.806	7.23	0.806	7.23	0.806
	ND NO _y	-0.30	0.339						
	TD NO _y	10.25	0.462	10.25	0.462	10.25	0.462	10.25	0.462
	DD SO _x	-32.07	0.312	-42.90	0.312	-32.07	0.312	-35.73	0.312
	ND SO _x	22.67	0.452						
	TD SO _x	-12.80	0.462	-26.97	0.462	-12.80	0.462	-18.80	0.462
	DD N+S	-158.73	0.027	-219.00	0.027	-264.00	0.027	-386.38	0.027
	ND N+S	59.33	0.452						
	TD N+S	-143.25	0.086	-200.85	0.086	-252.55	0.027	-389.75	0.027
	DD N	-128.25	0.027	-175.62	0.027	-227.62	0.027	-356.75	0.027
	ND N	30.67	0.452						
	TD N	-134.20	0.086	-190.30	0.027	-245.00	0.027	-379.79	0.027

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loofbos		Naaldbos	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Maasmechelen	DD NH _x	16.10	0.806	21.97	0.806	27.73	0.806	42.27	0.806
	ND NH _x	28.50	0.452						
	TD NH _x	26.87	0.462	32.73	0.462	38.50	0.806	53.03	0.806
	DD NO _y	14.53	0.462	14.53	0.462	14.53	0.462	14.53	0.462
	ND NO _y	-0.52	0.181						
	TD NO _y	1.25	1.000	1.25	1.000	1.25	1.000	1.25	1.000
	DD SO _x	-6.47	0.806	-8.55	0.806	-6.47	0.806	-7.12	0.806
	ND SO _x	1.33	1.000						
	TD SO _x	0.25	1.000	-10.25	0.806	0.25	1.000	-3.50	0.806
	DD N+S	34.52	0.462	46.92	0.462	57.70	0.806	52.50	0.806
	ND N+S	36.33	0.452						
	TD N+S	14.33	0.806	20.17	0.806	26.07	0.806	40.60	0.806
	DD N	40.88	0.086	-55.58	0.462	68.30	0.806	64.50	0.806
	ND N	34.93	0.462						
	TD N	18.37	0.806	24.23	0.806	30.10	0.806	44.80	0.806
Tielt-Winge	DD NH _x	-45.08	0.221	-61.33	0.221	-77.75	0.221	-118.58	0.221
	ND NH _x	-3.50	1.000						
	TD NH _x	-27.50	0.221	-43.75	0.221	-60.17	0.221	-101.00	0.221
	DD NO _y	7.50	0.462	7.50	0.462	7.50	0.462	7.50	0.462
	ND NO _y	-0.65	0.133						
	TD NO _y	-2.20	1.000	-2.20	1.000	-2.20	1.000	-2.20	1.000
	DD SO _x	3.57	0.806	4.67	0.806	3.57	0.806	3.93	0.806
	ND SO _x	-6.00	0.566						
	TD SO _x	-6.17	0.462	-4.20	0.462	-6.17	0.462	-5.35	0.462
	DD N+S	-82.00	0.462	-102.75	0.462	-115.17	0.462	-157.33	0.462
	ND N+S	10.00	0.452						
	TD N+S	-68.33	0.462	-88.58	0.462	-100.83	0.462	-143.17	0.462
	DD N	-71.08	0.221	-87.33	0.221	-103.75	0.221	-144.58	0.221
	ND N	2.25	1.000						
	TD N	-55.75	0.462	-72.17	0.221	-88.67	0.221	-129.25	0.221

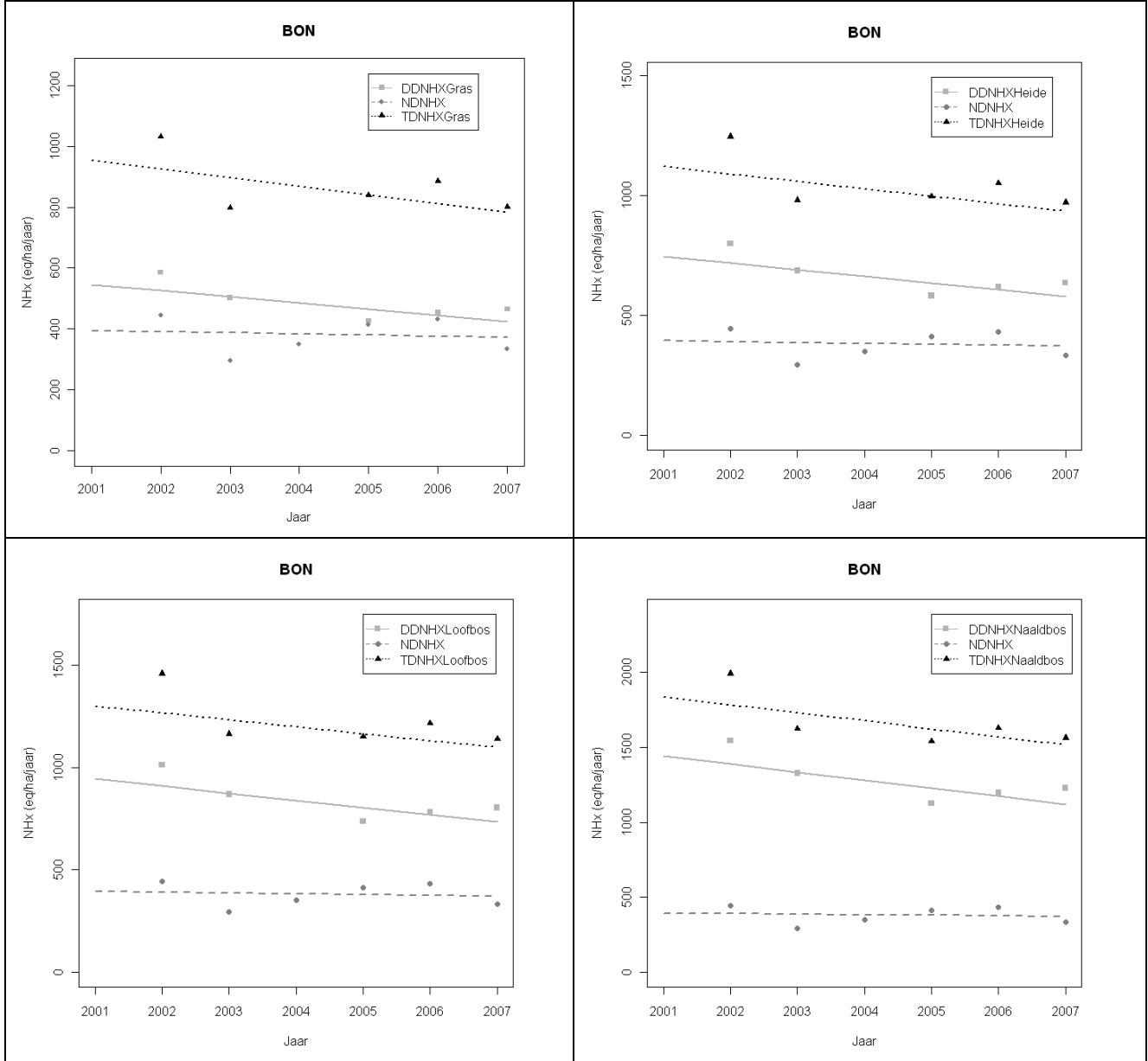
Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loofbos		Naaldbos	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Mol/Retie	DD NH _x	-85.75	0.086	-117.08	0.086	-148.17	0.086	-226.42	0.086
	ND NH _x	9.30	0.806						
	TD NH _x	-82.10	0.462	-115.60	0.462	-148.57	0.462	-231.87	0.462
	DD NO _y	5.95	0.462	5.95	0.462	5.95	0.462	5.95	0.462
	ND NO _y	-0.28	0.806						
	TD NO _y	-1.80	1.000	-1.80	1.000	-1.80	1.000	-1.80	1.000
	DD SO _x	-16.12	0.462	-21.75	0.462	-16.12	0.462	-18.12	0.462
	ND SO _x	-3.73	0.806						
	TD SO _x	-14.50	1.000	-27.40	0.806	-14.50	1.000	-19.00	0.806
	DD N+S	-109.73	0.221	-148.70	0.221	-176.27	0.086	-259.80	0.086
	ND N+S	6.33	0.707						
	TD N+S	-104.90	0.462	-139.70	0.462	-171.37	0.462	-255.07	0.462
	DD N	-105.13	0.086	-138.27	0.086	-171.50	0.086	-254.70	0.086
	ND N	8.82	0.806						
	TD N	-96.40	0.462	-129.63	0.462	-163.03	0.462	-245.90	0.462
Wingene	DD NH _x	-119.25	0.027	-163.75	0.027	-206.75	0.027	-316.00	0.027
	ND NH _x	5.00	1.000						
	TD NH _x	-162.25	0.221	-211.25	0.027	-260.38	0.027	-373.75	0.027
	DD NO _y	10.20	0.462	10.20	0.462	10.20	0.462	10.20	0.462
	ND NO _y	-0.02	1.000						
	TD NO _y	-2.58	0.806	-2.58	0.806	-2.58	0.806	-2.58	0.806
	DD SO _x	3.10	1.000	4.17	1.000	3.10	1.000	3.43	1.000
	ND SO _x	0.67	1.000						
	TD SO _x	-6.04	0.462	-10.08	0.806	-6.04	0.462	-7.42	0.806
	DD N+S	-146.12	0.086	-193.00	0.086	-232.25	0.086	-340.88	0.086
	ND N+S	-24.00	1.000						
	TD N+S	-177.62	0.462	-221.50	0.221	-275.88	0.027	-396.88	0.027
	DD N	-125.25	0.086	-148.70	0.221	-171.50	0.086	-254.70	0.086
	ND N	-24.17	1.000						
	TD N	-164.38	0.221	-139.70	0.426	-163.03	0.426	-254.90	0.426

Meetplaats	Variabele	Gras		Heide		Loofbos		Naaldbos	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Zwevegem	DD NH _x	-95.83	0.027	-129.83	0.027	-164.50	0.027	-251.67	0.027
	ND NH _x	-7.00	1.000						
	TD NH _x	-132.75	0.027	-160.50	0.027	-188.50	0.027	-263.67	0.027
	DD NO _y	13.07	0.462	13.07	0.462	13.07	0.462	13.07	0.462
	ND NO _y	-0.40	0.339						
	TD NO _y	-1.12	1.000	-1.12	1.000	-1.12	1.000	-1.12	1.000
	DD SO _x	-22.00	0.221	-29.20	0.221	-22.00	0.221	-24.27	0.221
	ND SO _x	-18.00	0.707						
	TD SO _x	-37.10	0.086	-41.30	0.086	-37.10	0.086	-40.23	0.086
	DD N+S	-163.30	0.086	-219.87	0.086	-247.17	0.027	-334.17	0.027
	ND N+S	-47.00	0.707						
	TD N+S	-141.00	0.027	-156.25	0.027	-199.83	0.027	-283.67	0.027
	DD N	-132.50	0.086	-165.00	0.086	-197.67	0.086	-279.08	0.086
	ND N	-20.97	1.000						
	TD N	-141.00	0.027	-169.25	0.027	-197.25	0.027	-282.83	0.027

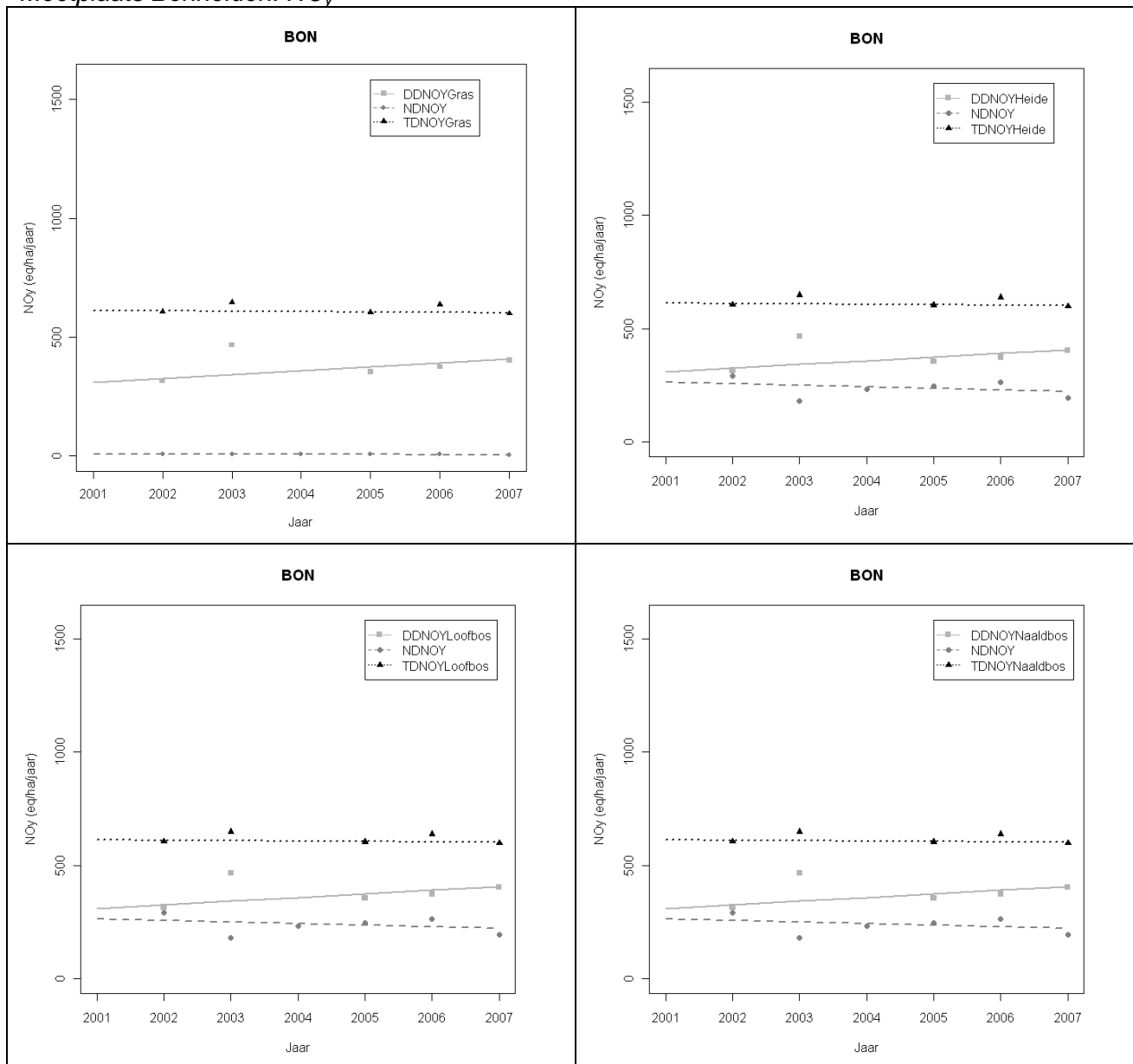
Appendix 6b

Tijdstrend in de jaarlijkse gemeten droge, (DD), natte (ND) en totale (TD) depositiefluxen (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x, de som van potentieel verzurende polluenten (N+S) en anorganische stikstof (N) per meetplaats gedurende de periode 2002-2007 volgens de Kendall testen.

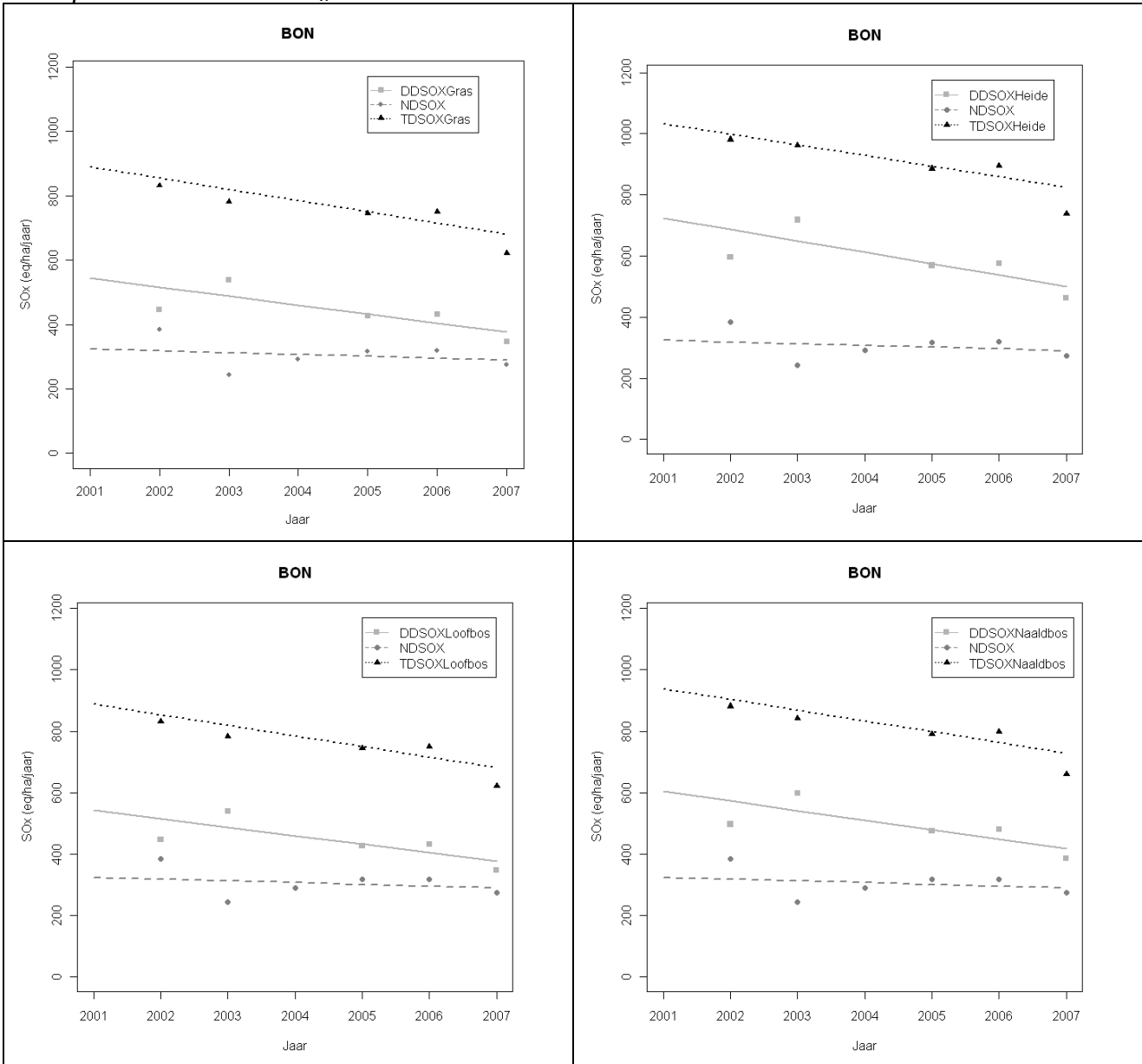
Meetplaats Bonheiden: NH_x



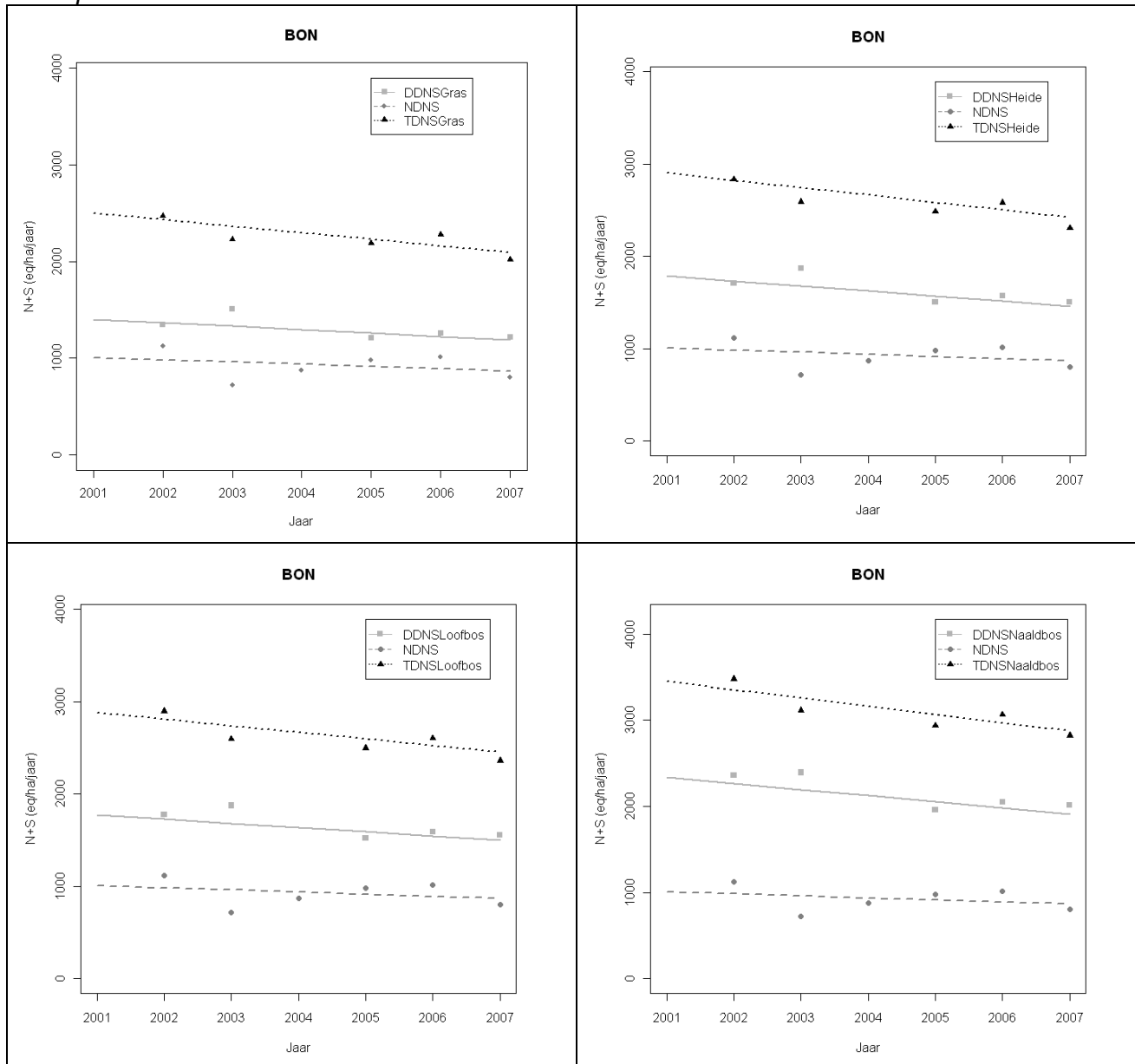
Meetplaats Bonheiden: NO_y



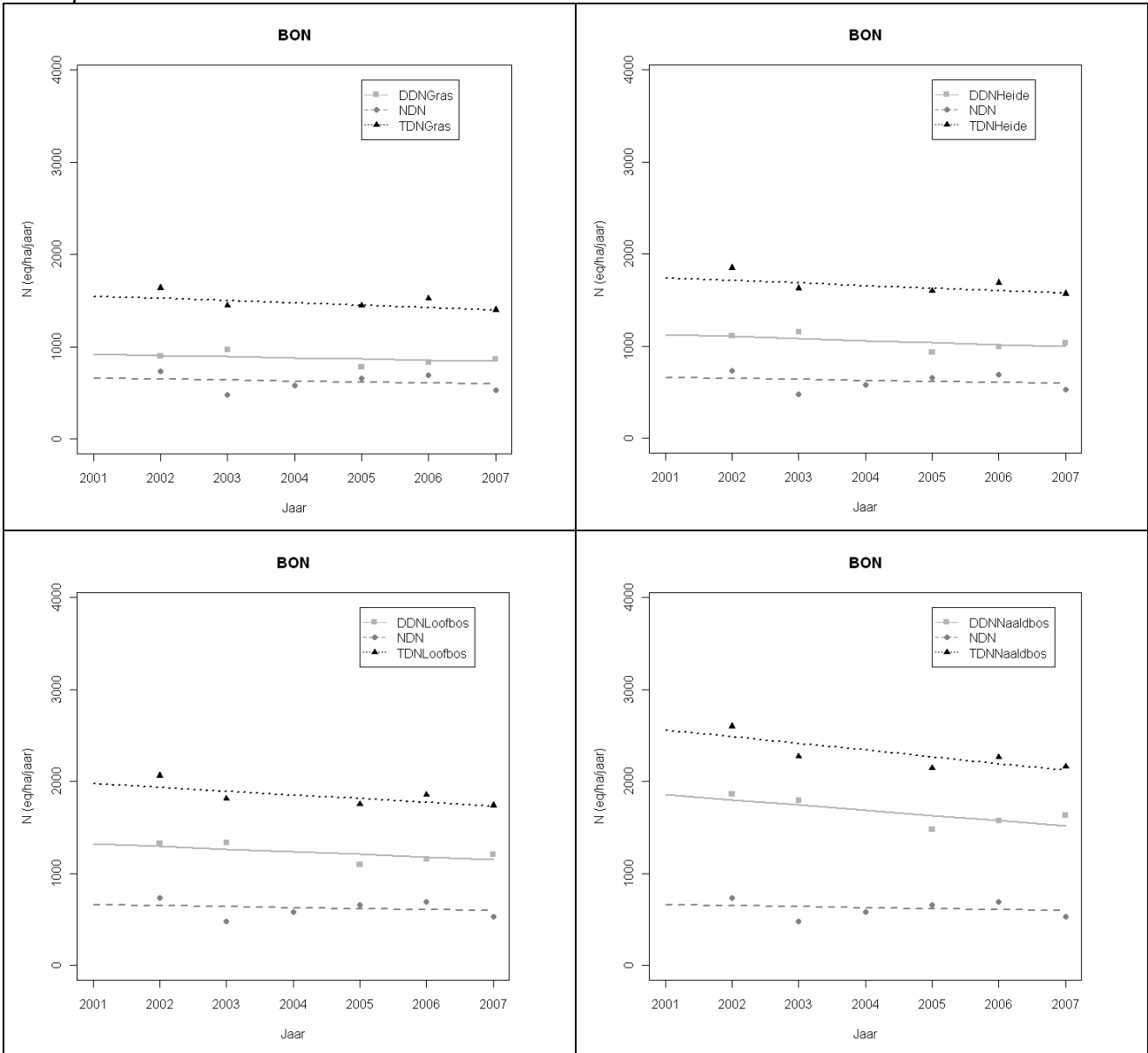
Meetplaats Bonheiden: SO_x



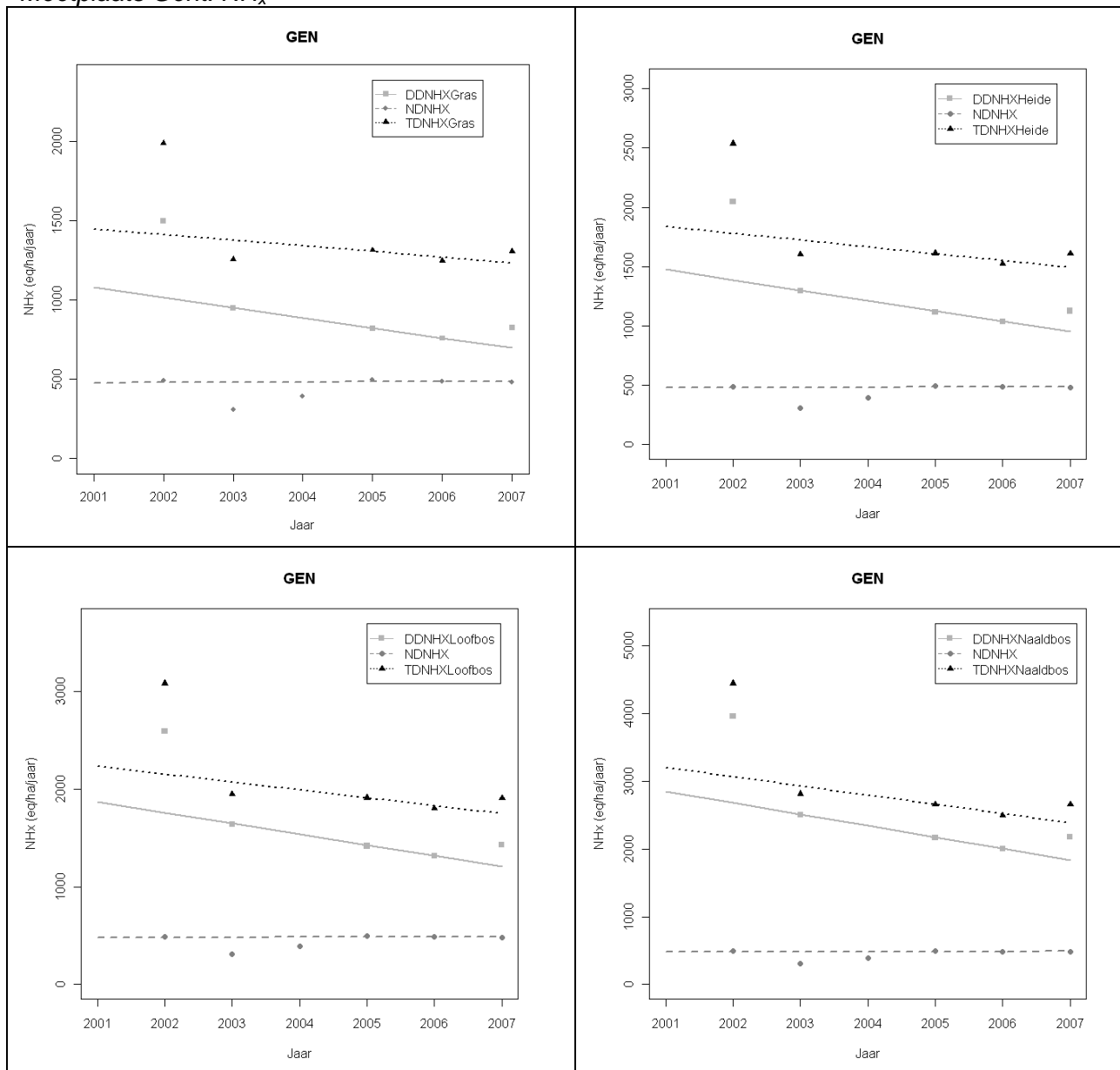
Meetplaats Bonheiden: N+S



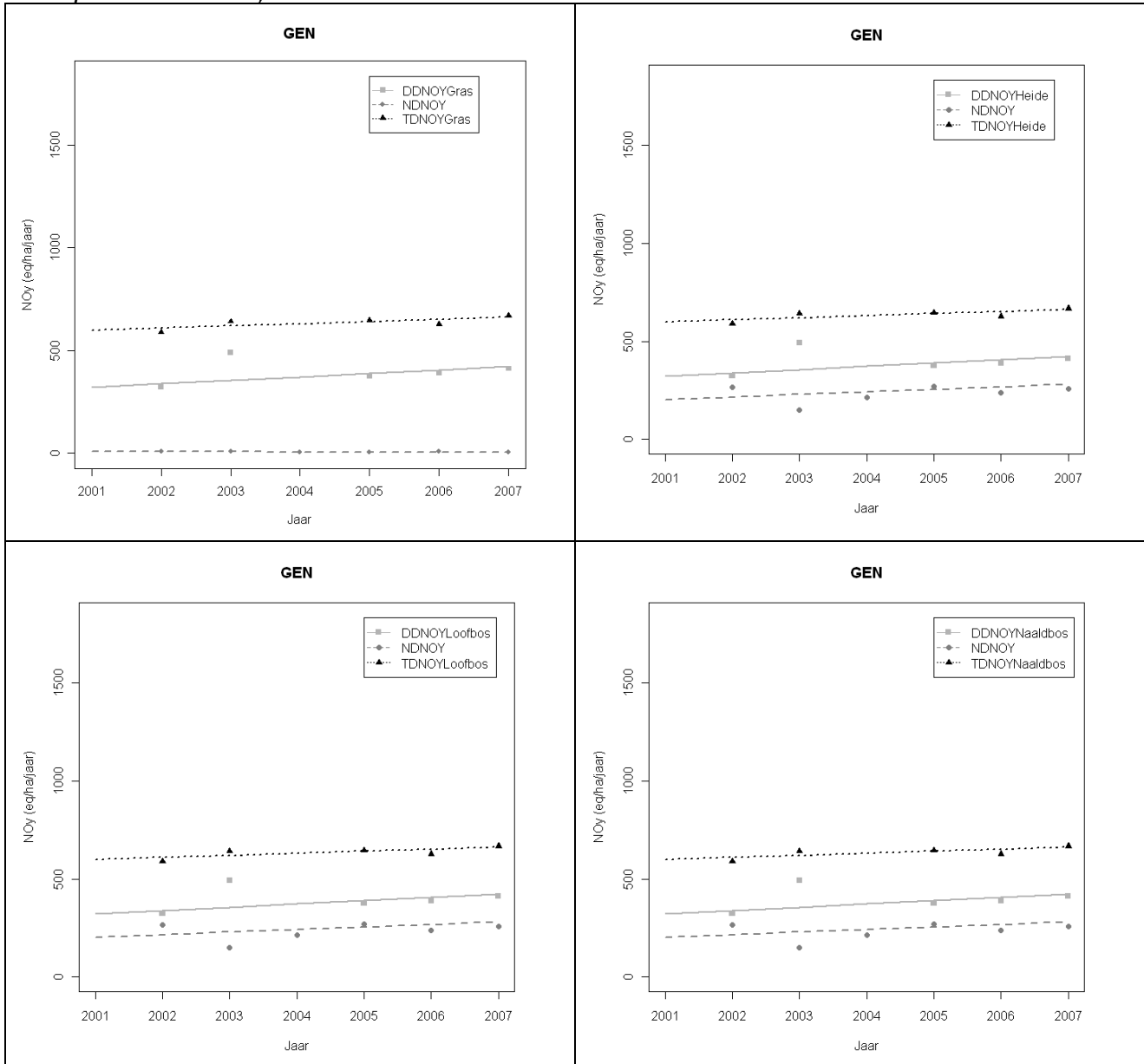
Meetplaats Bonheiden: N



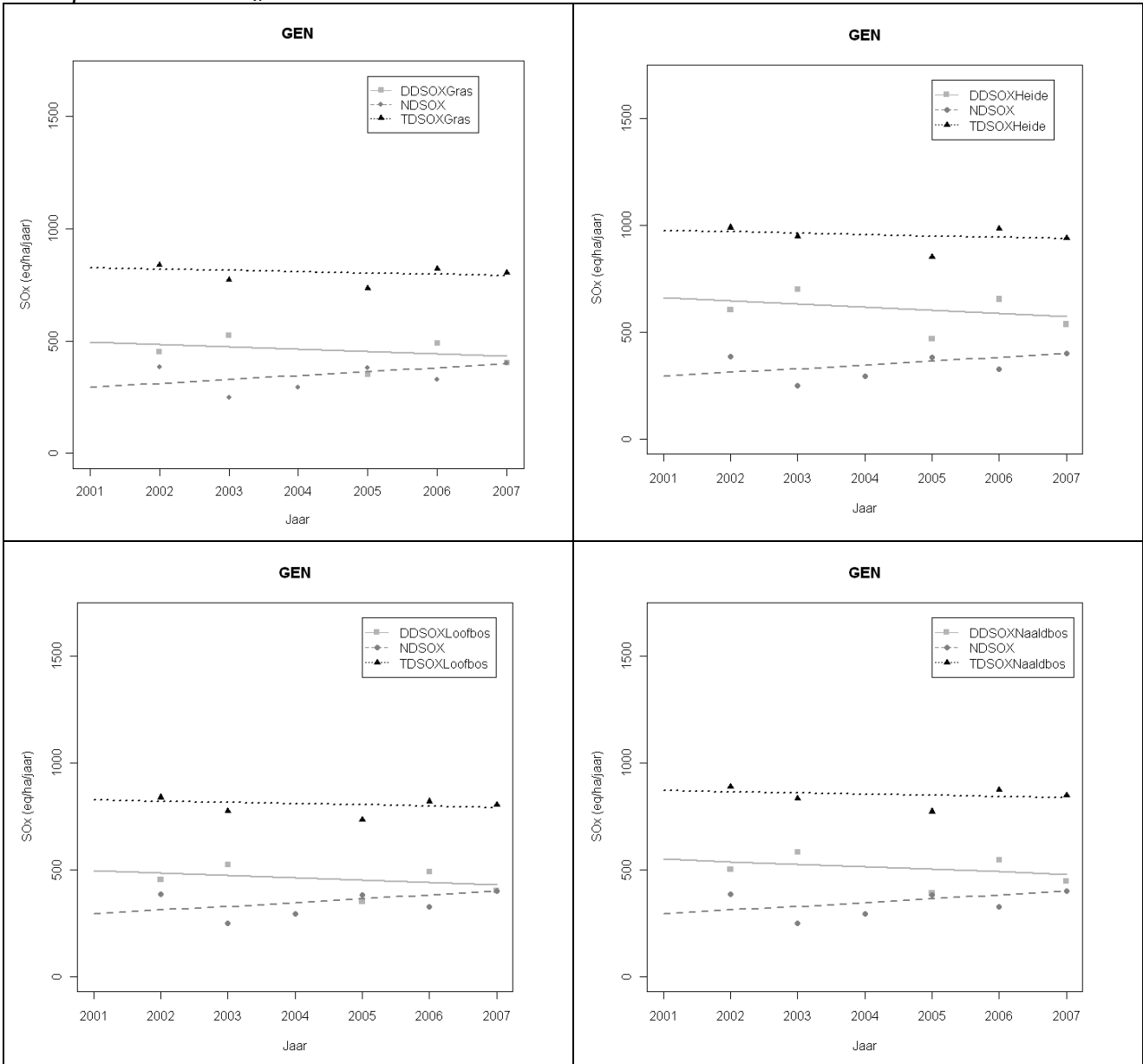
Meetplaats Gent: NH_x



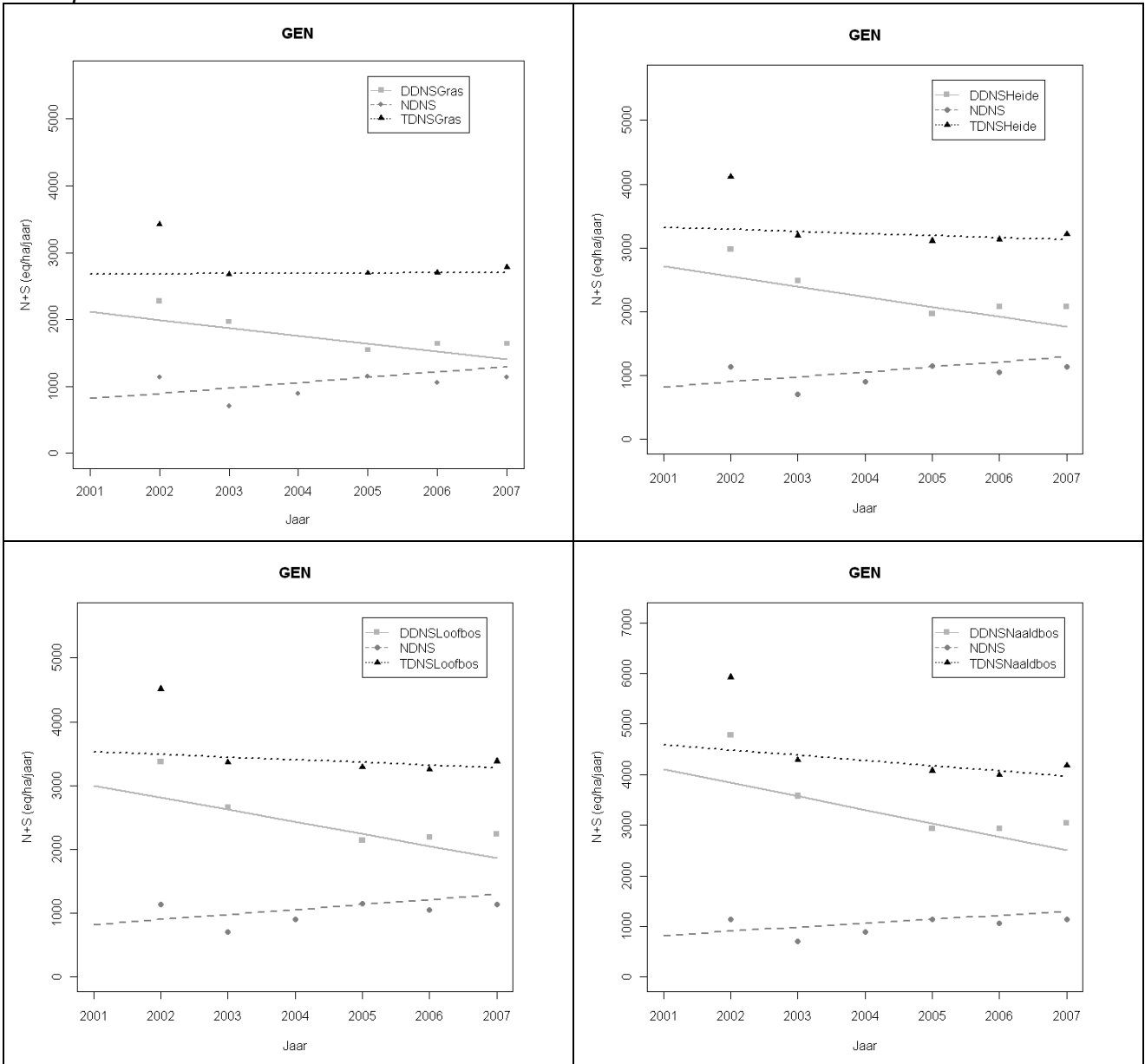
Meetplaats Gent: NO_y



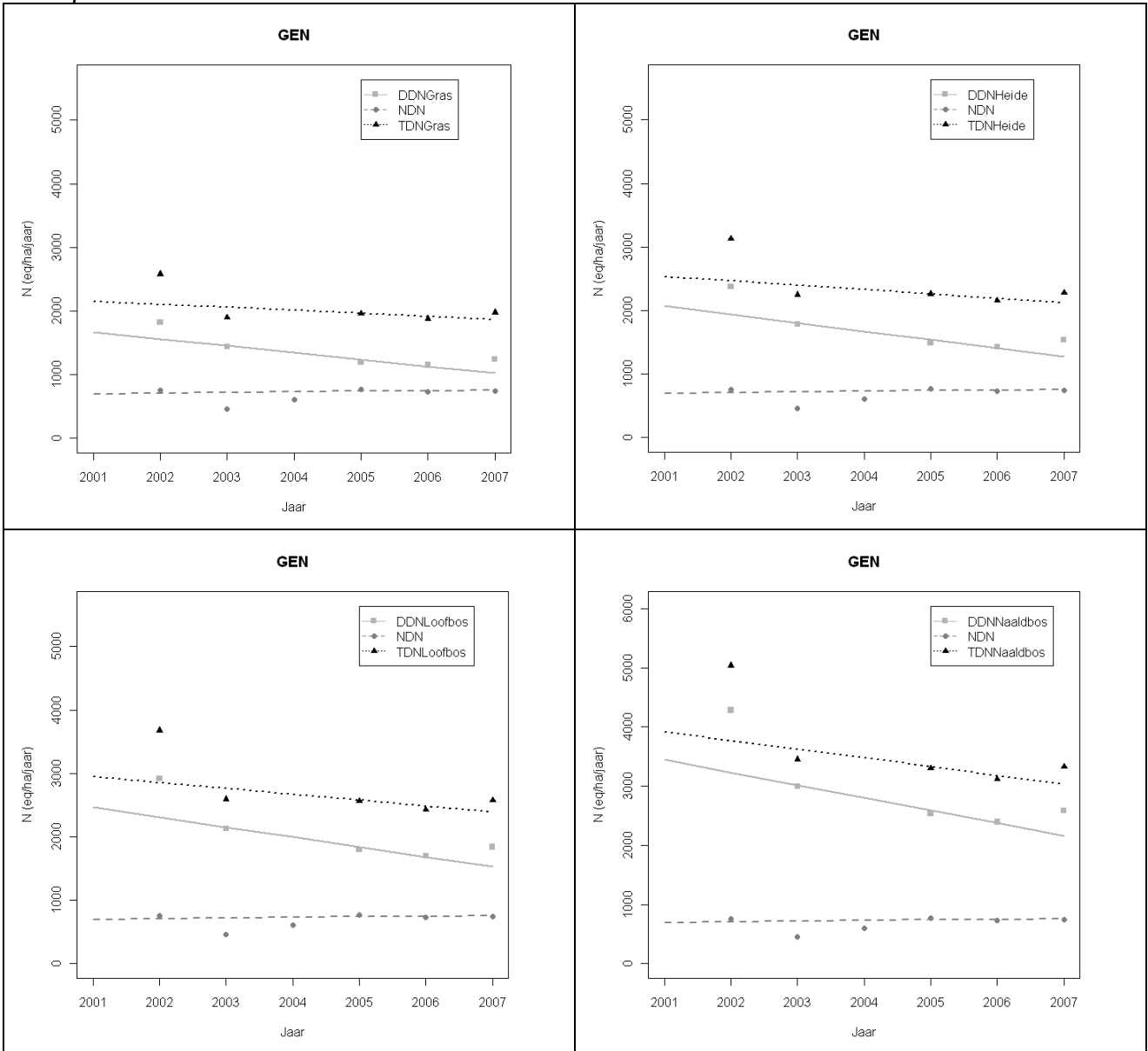
Meetplaats Gent: SO_x



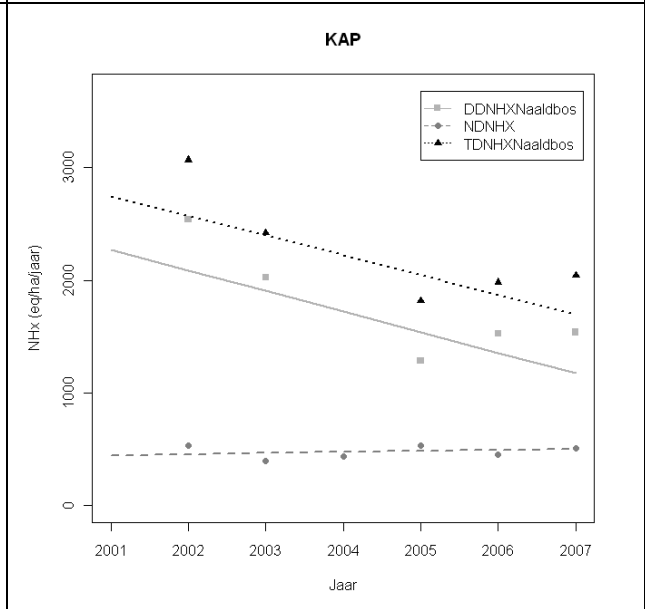
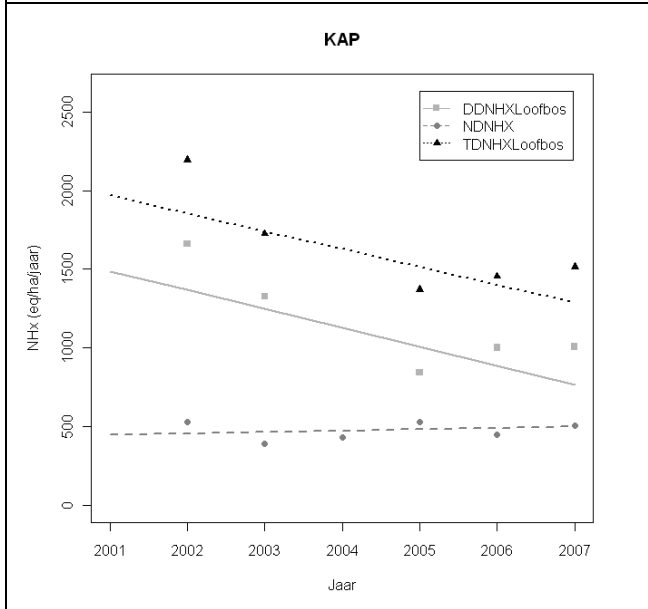
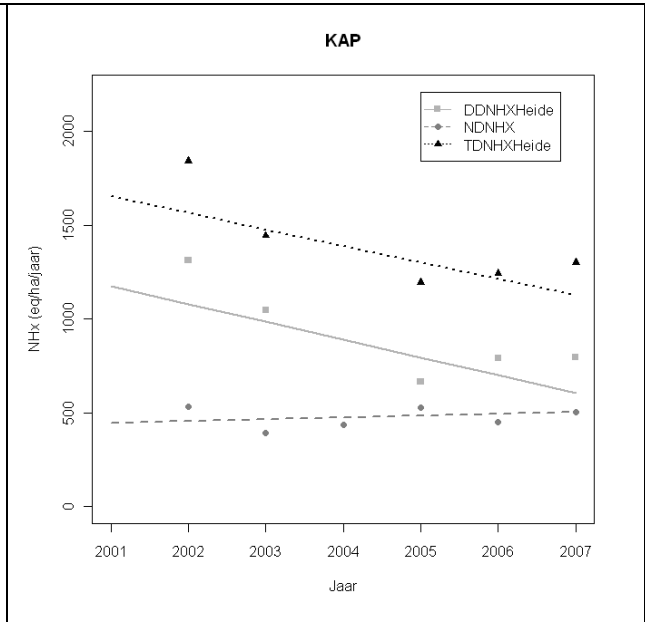
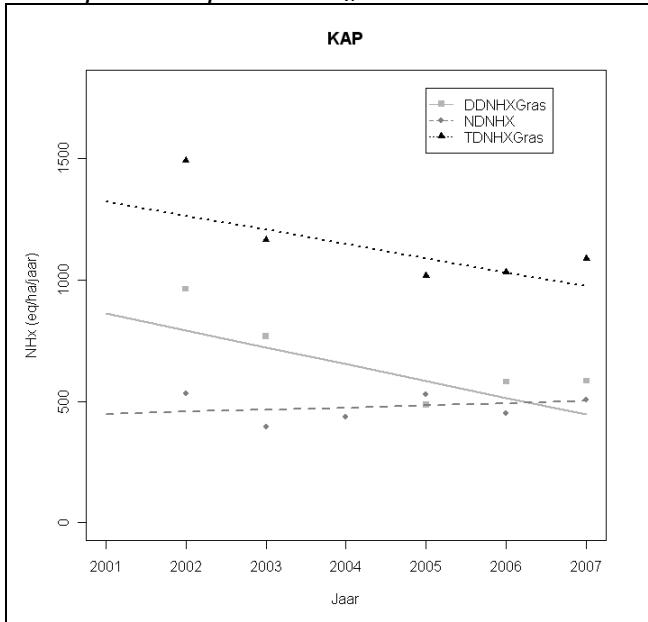
Meetplaats Gent: N+S



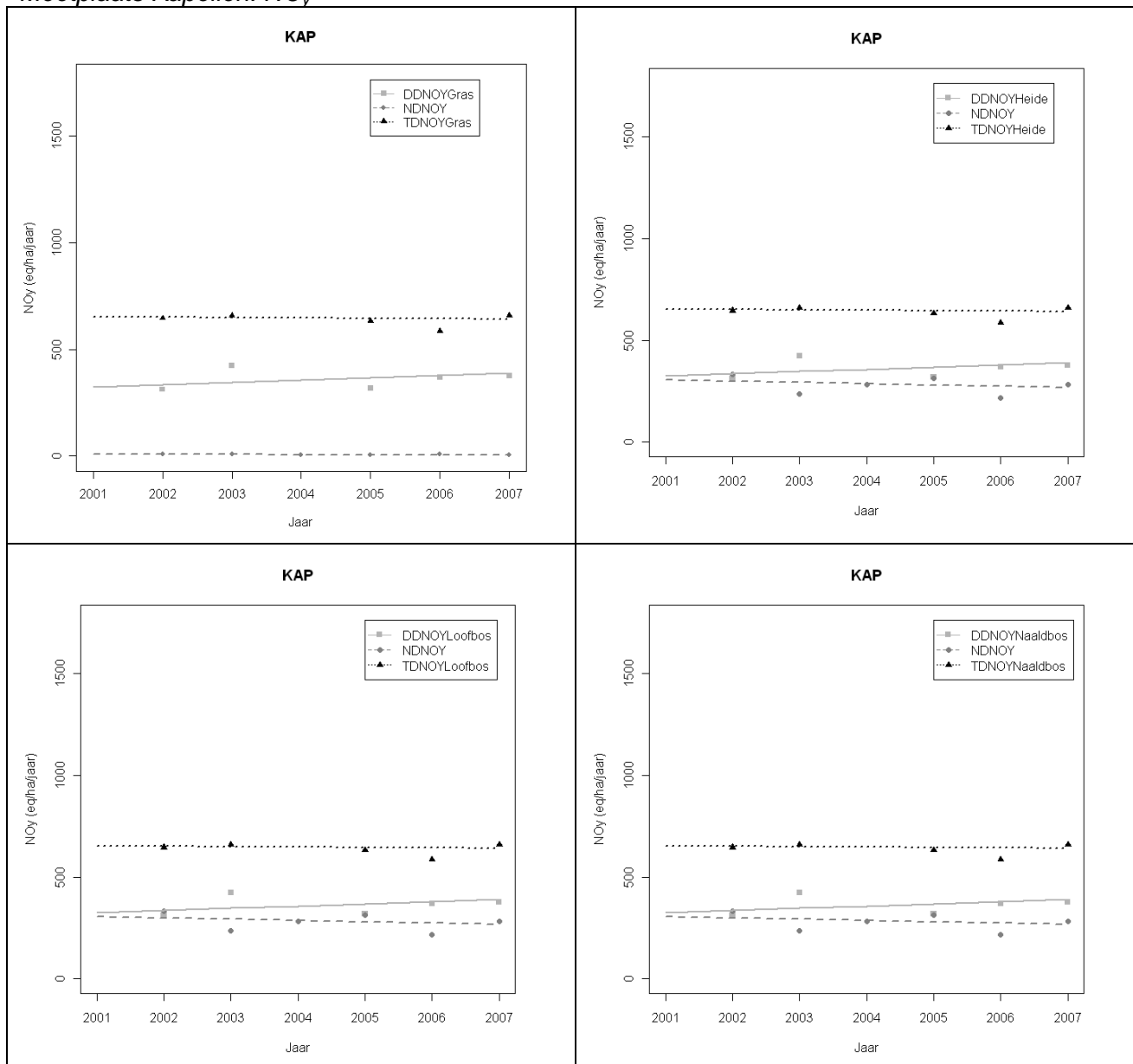
Meetplaats Gent: N



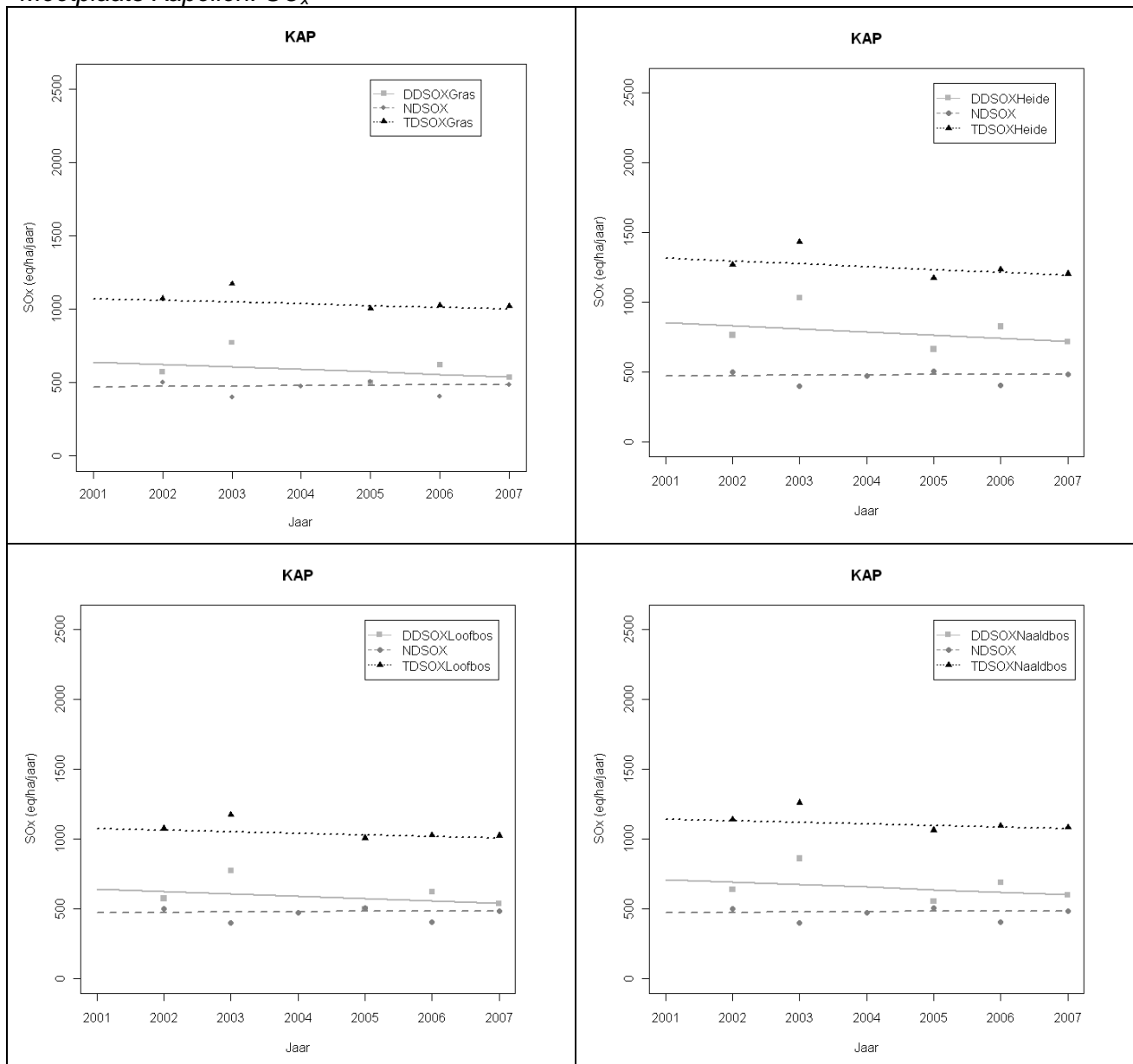
Meetplaats Kapellen: NH_x



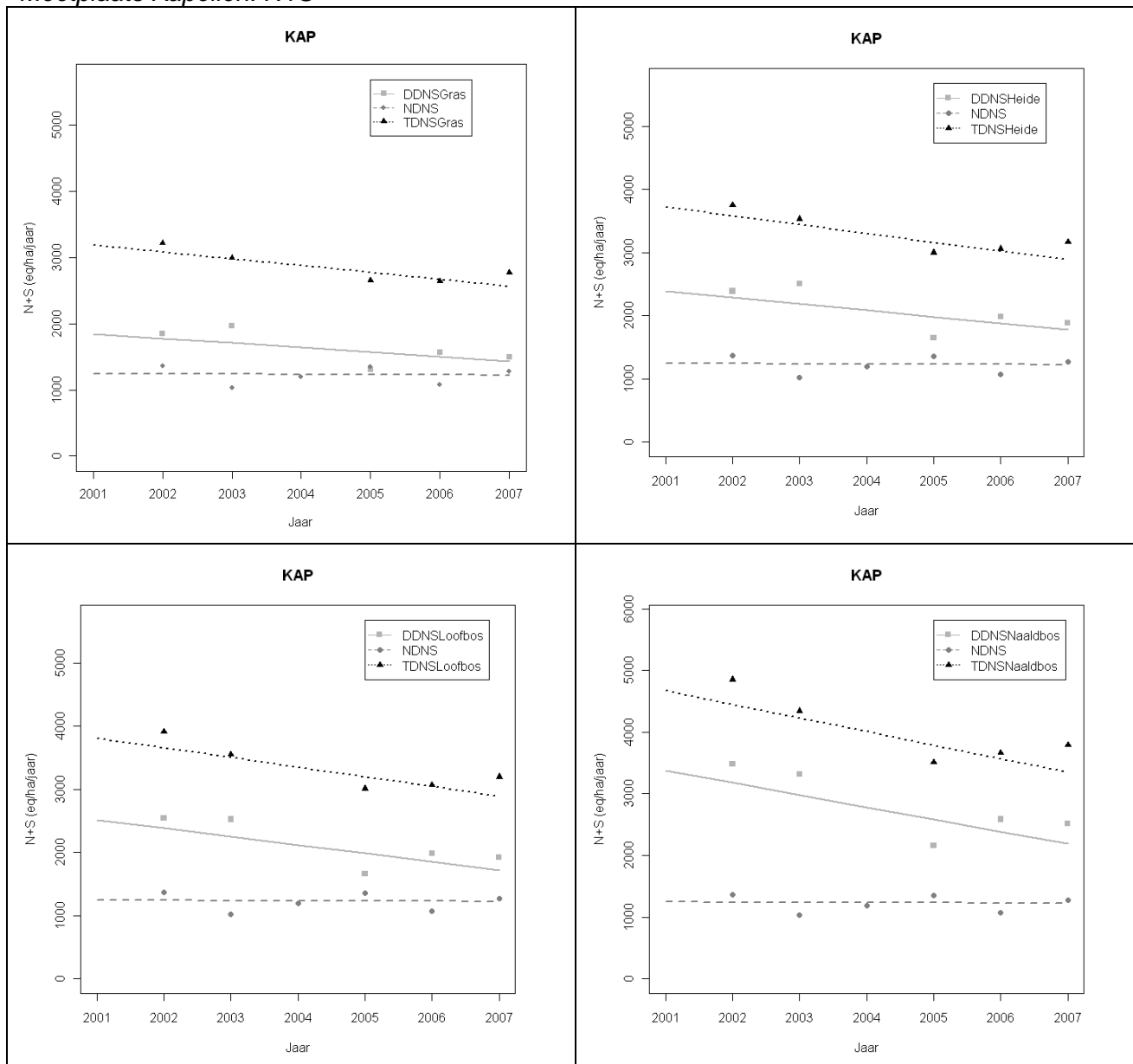
Meetplaats Kapellen: NO_y



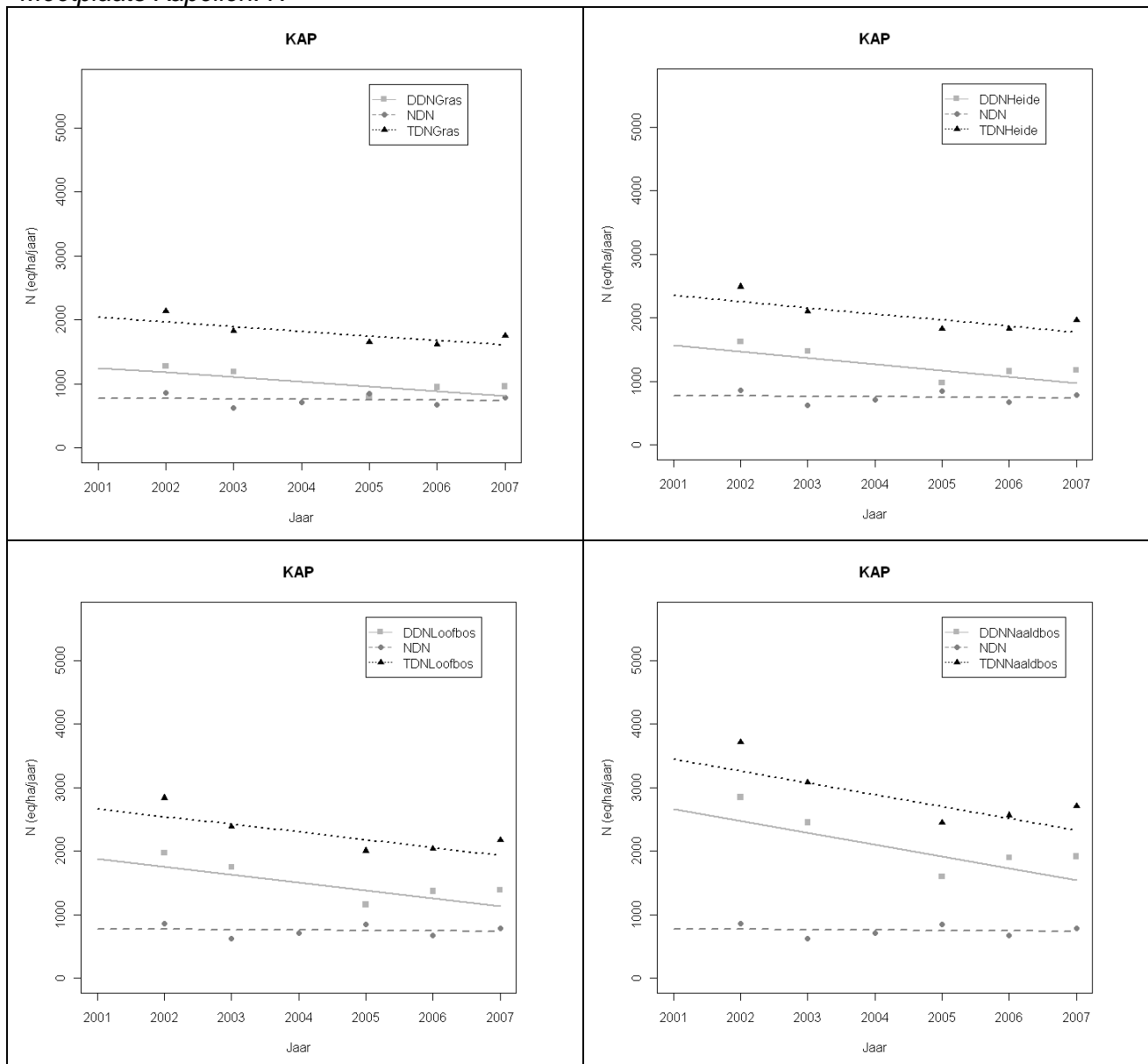
Meetplaats Kapellen: SO_x



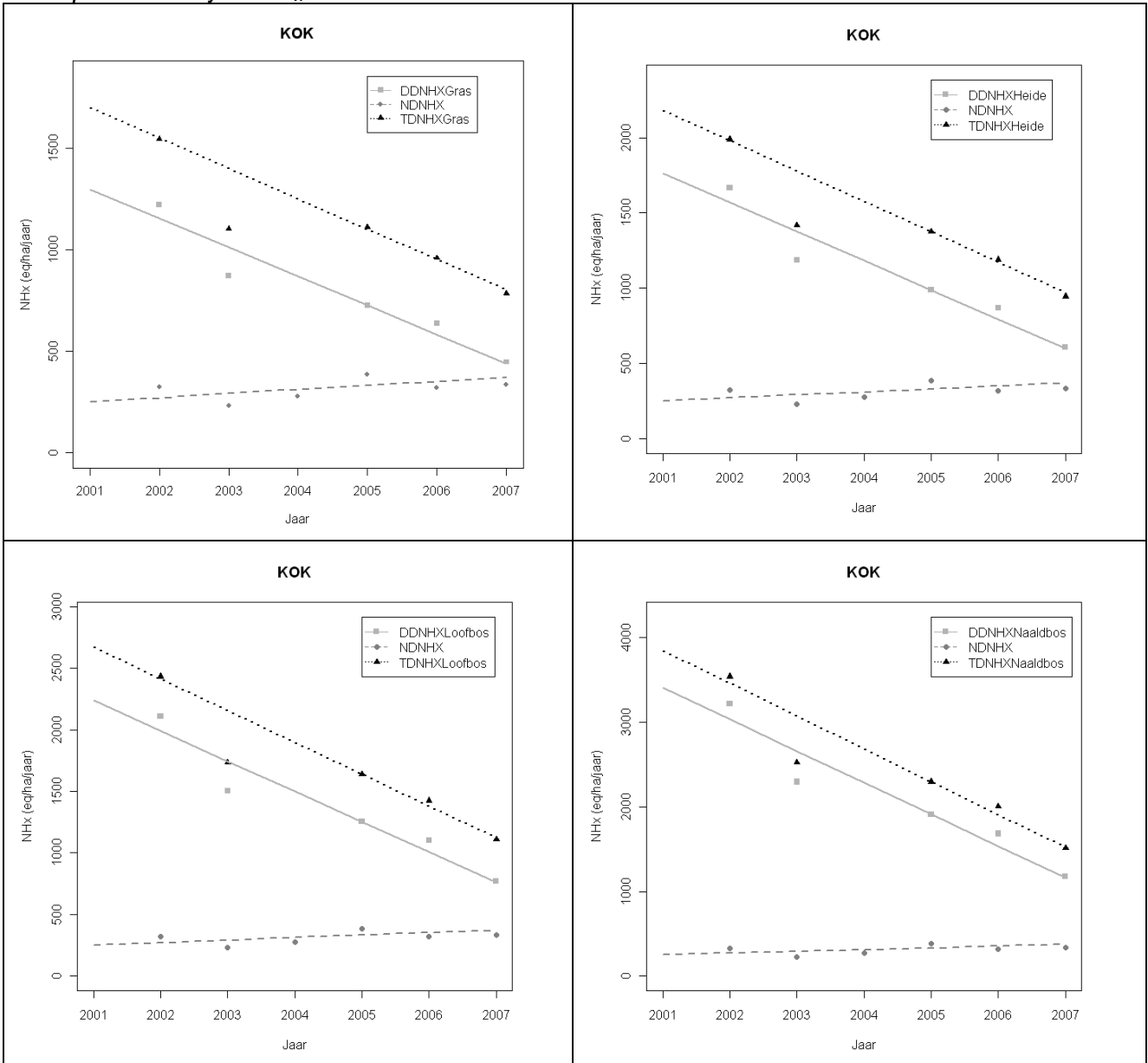
Meetplaats Kapellen: N+S



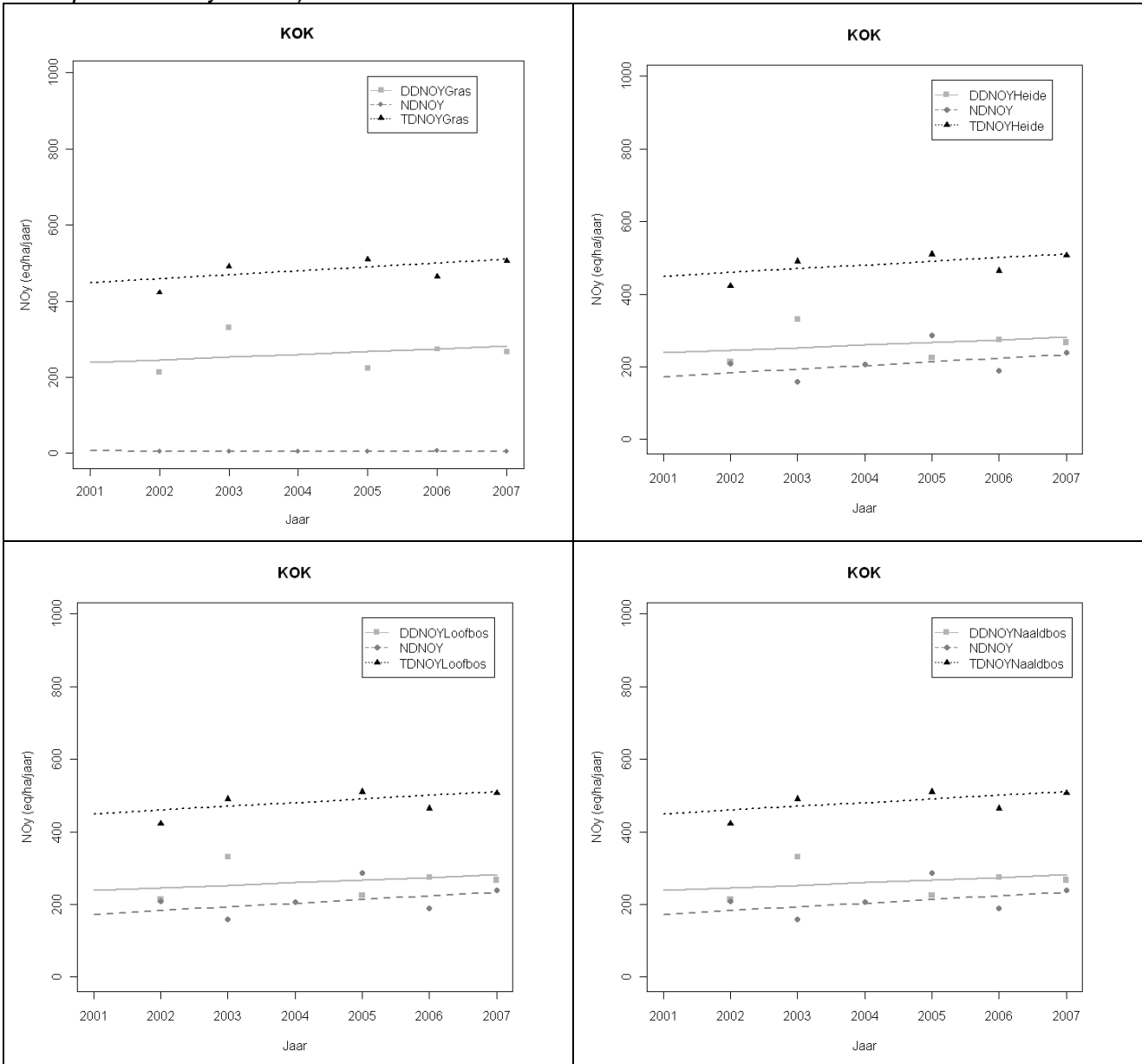
Meetplaats Kapellen: N



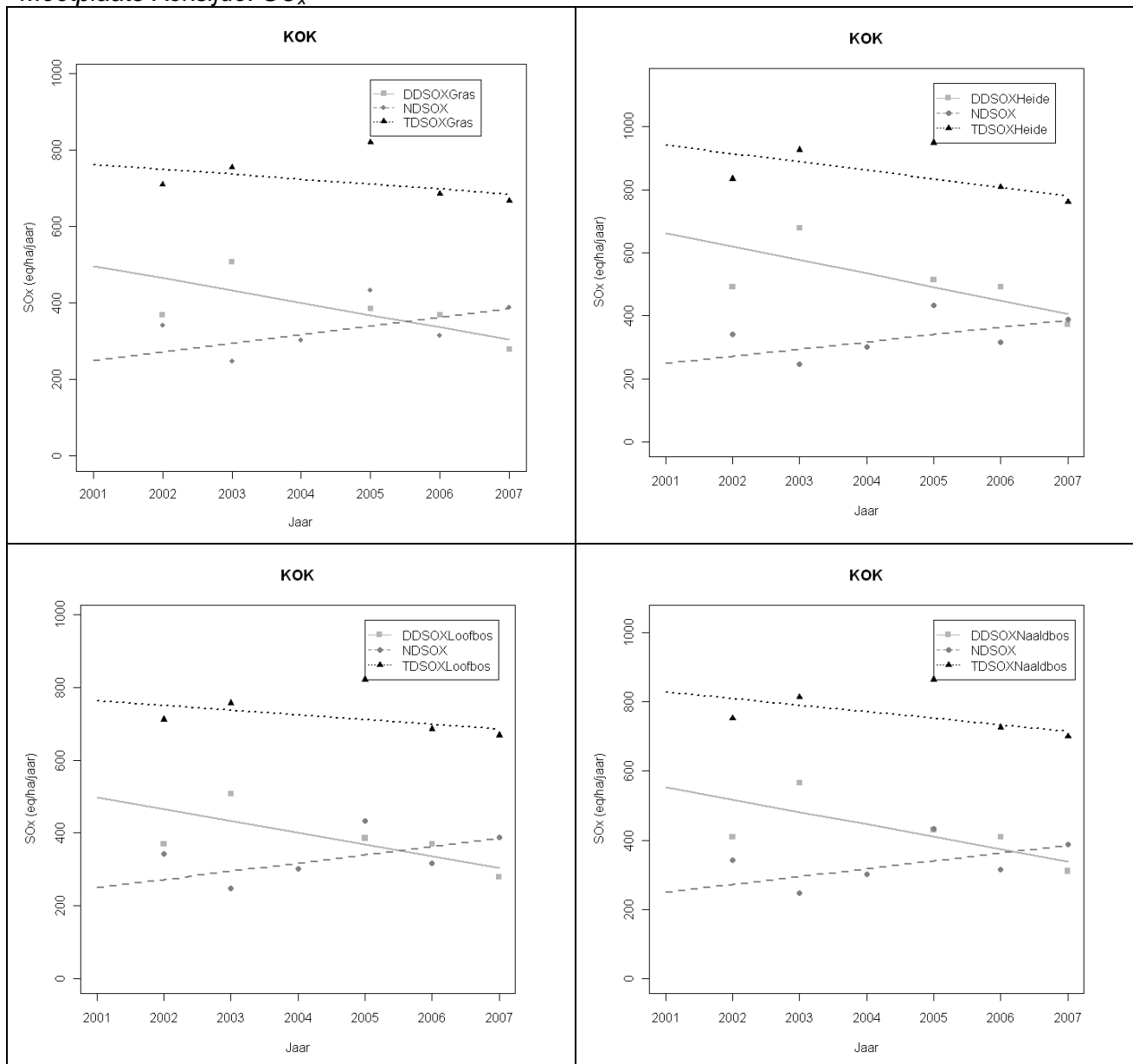
Meetplaats Koksijde: NH_x



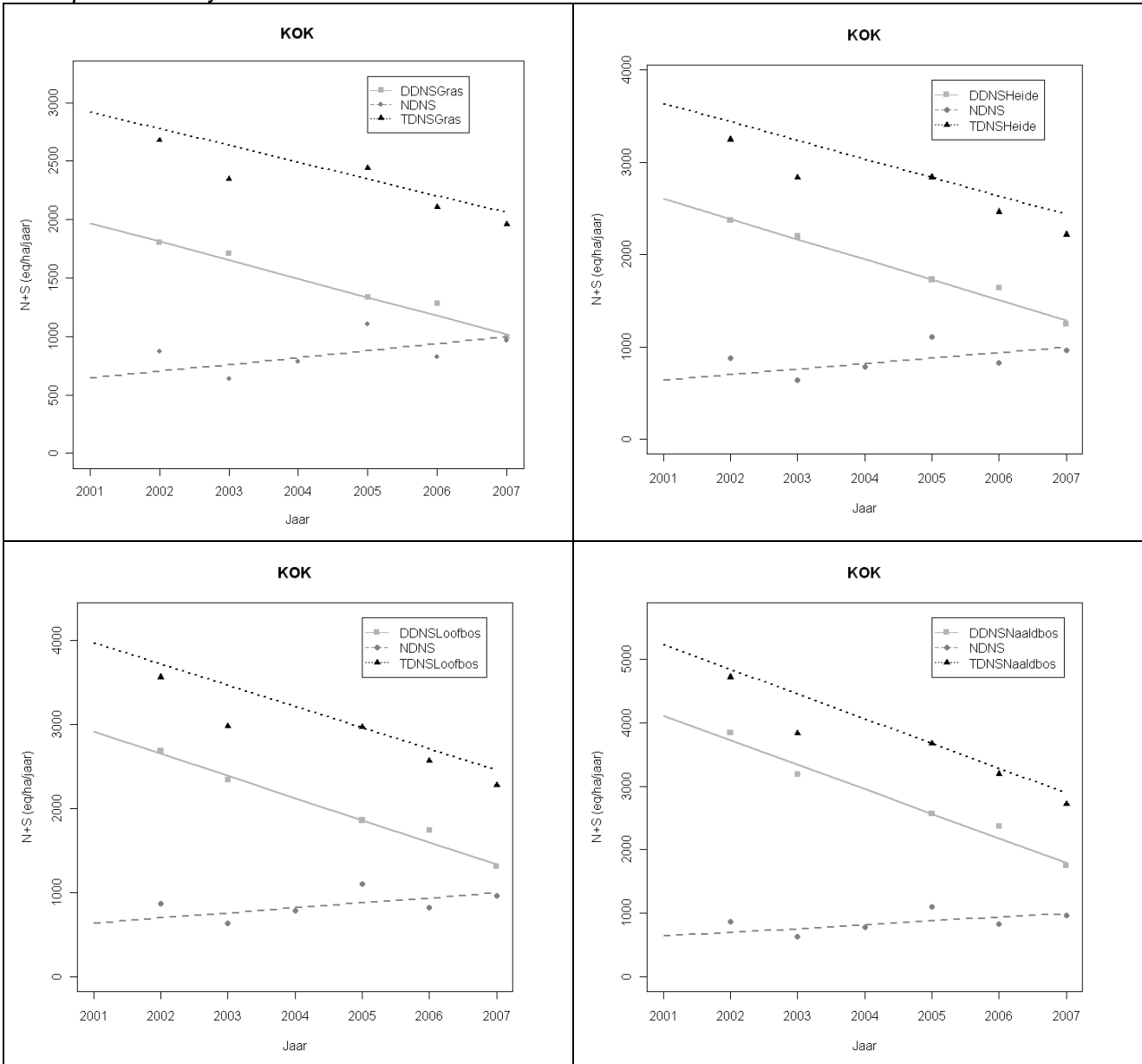
Meetplaats Koksijde: NO_y



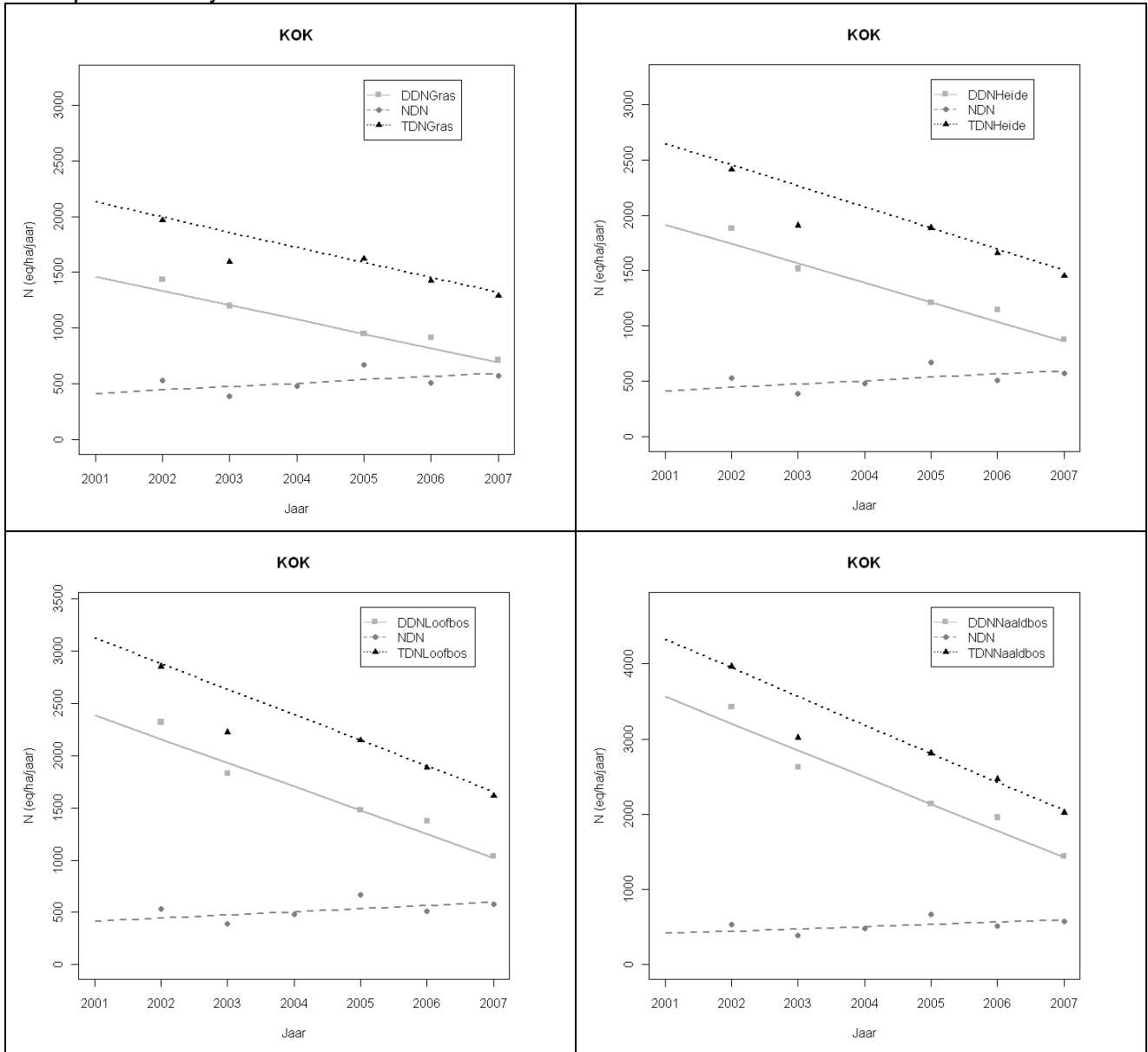
Meetplaats Koksijde: SO_x



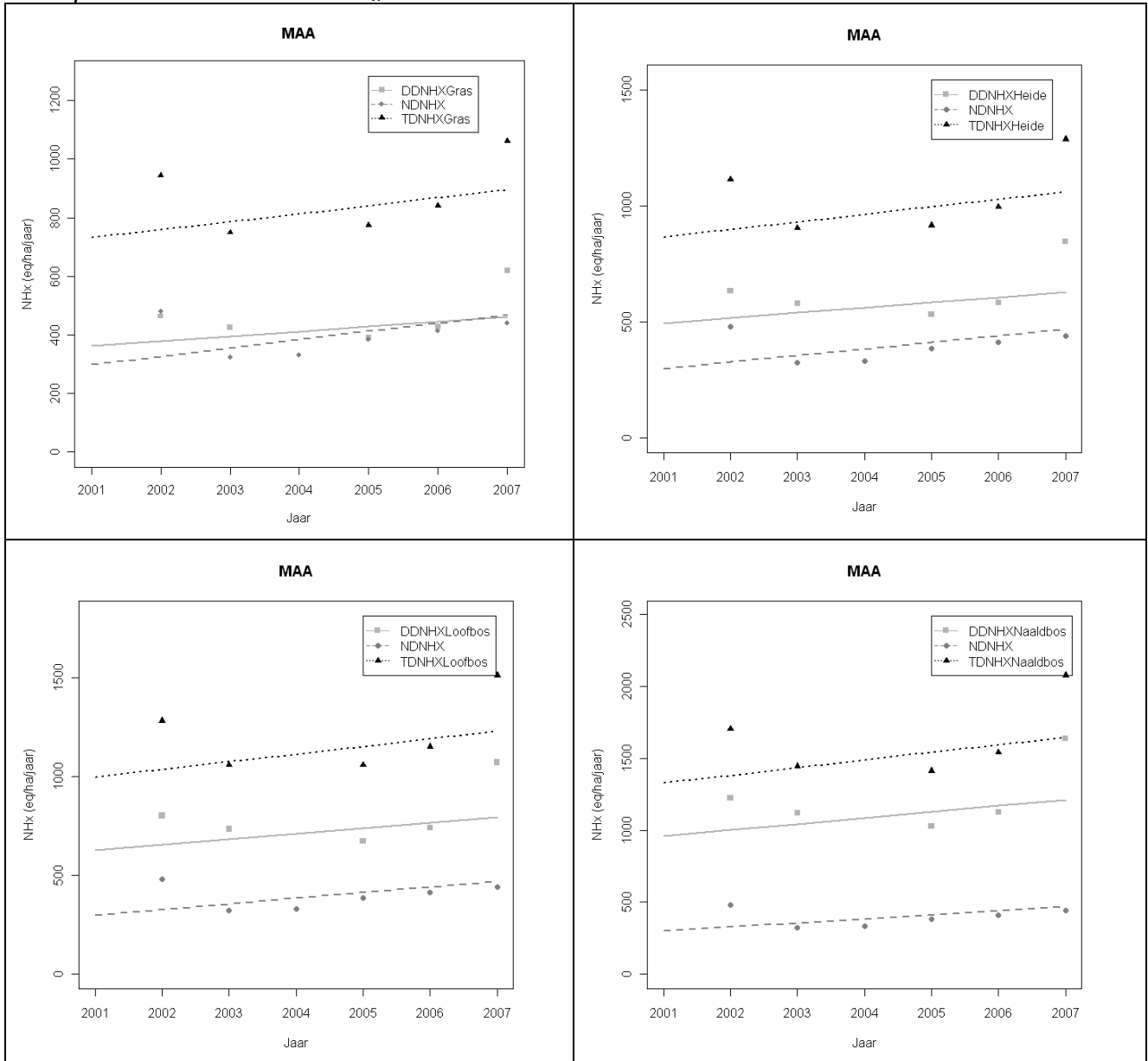
Meetplaats Koksijde: N+S



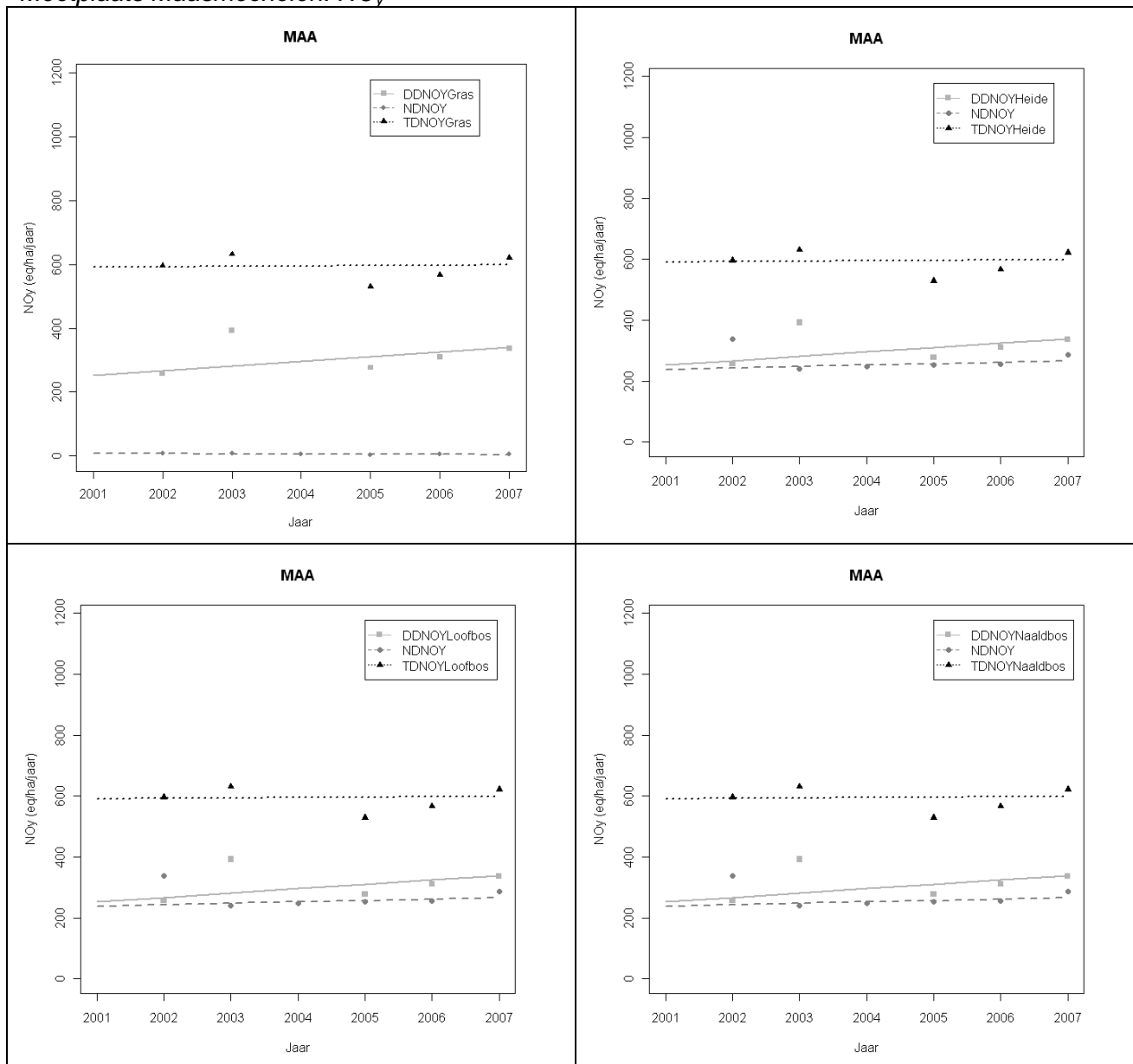
Meetplaats Koksijde: N



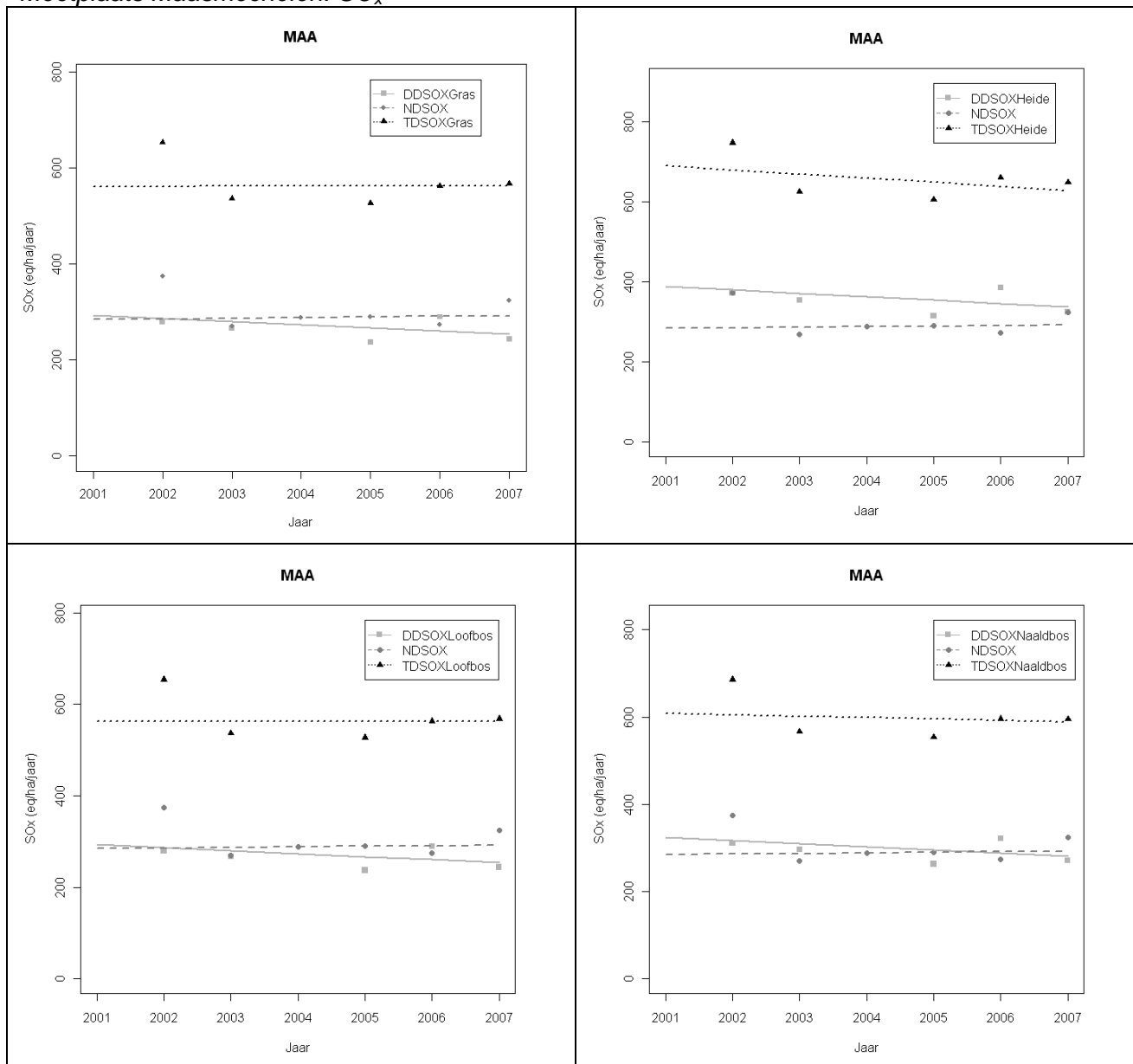
Meetplaats Maasmechelen: NH_x



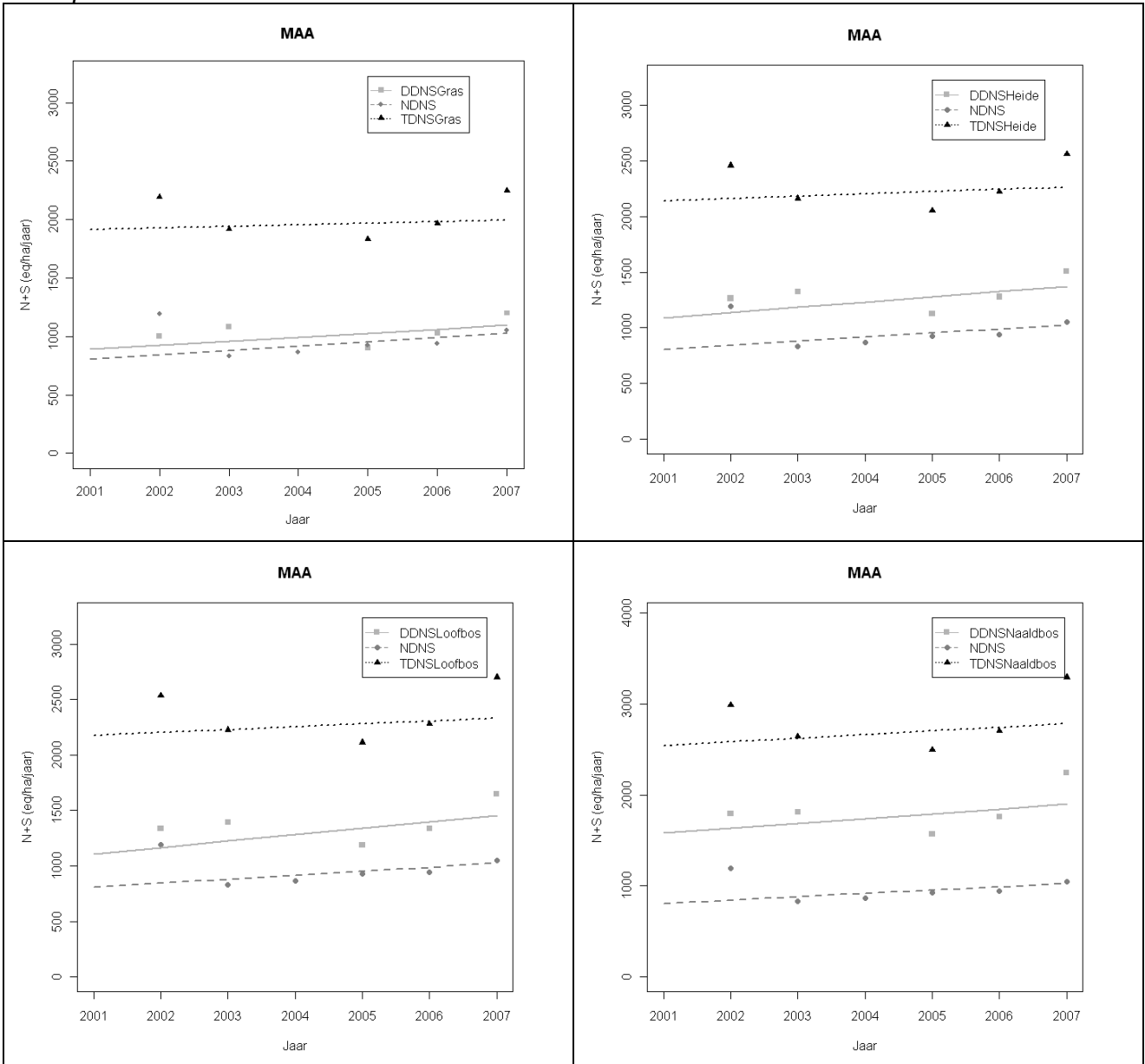
Meetplaats Maasmechelen: NO_y



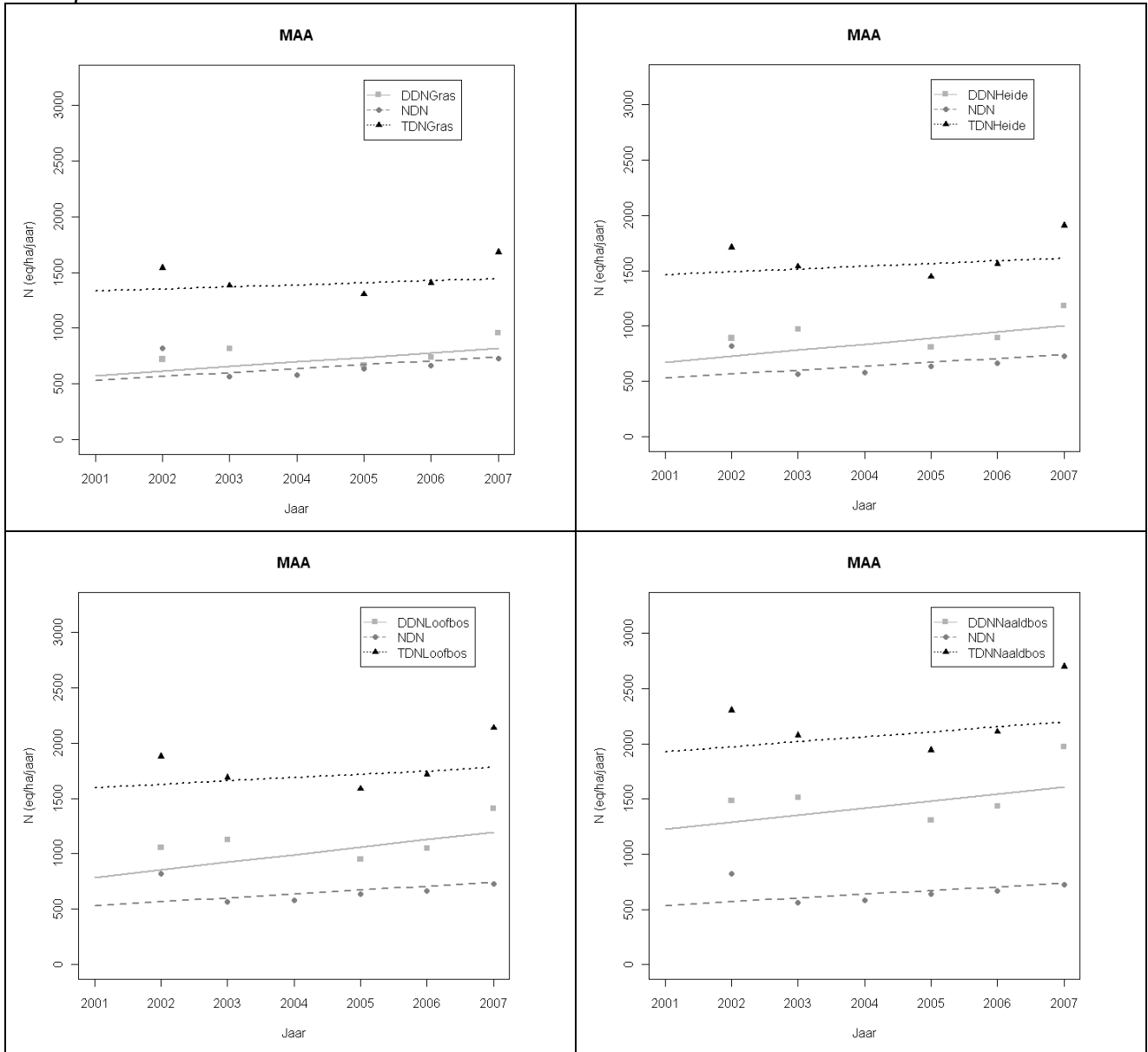
Meetplaats Maasmechelen: SO_x



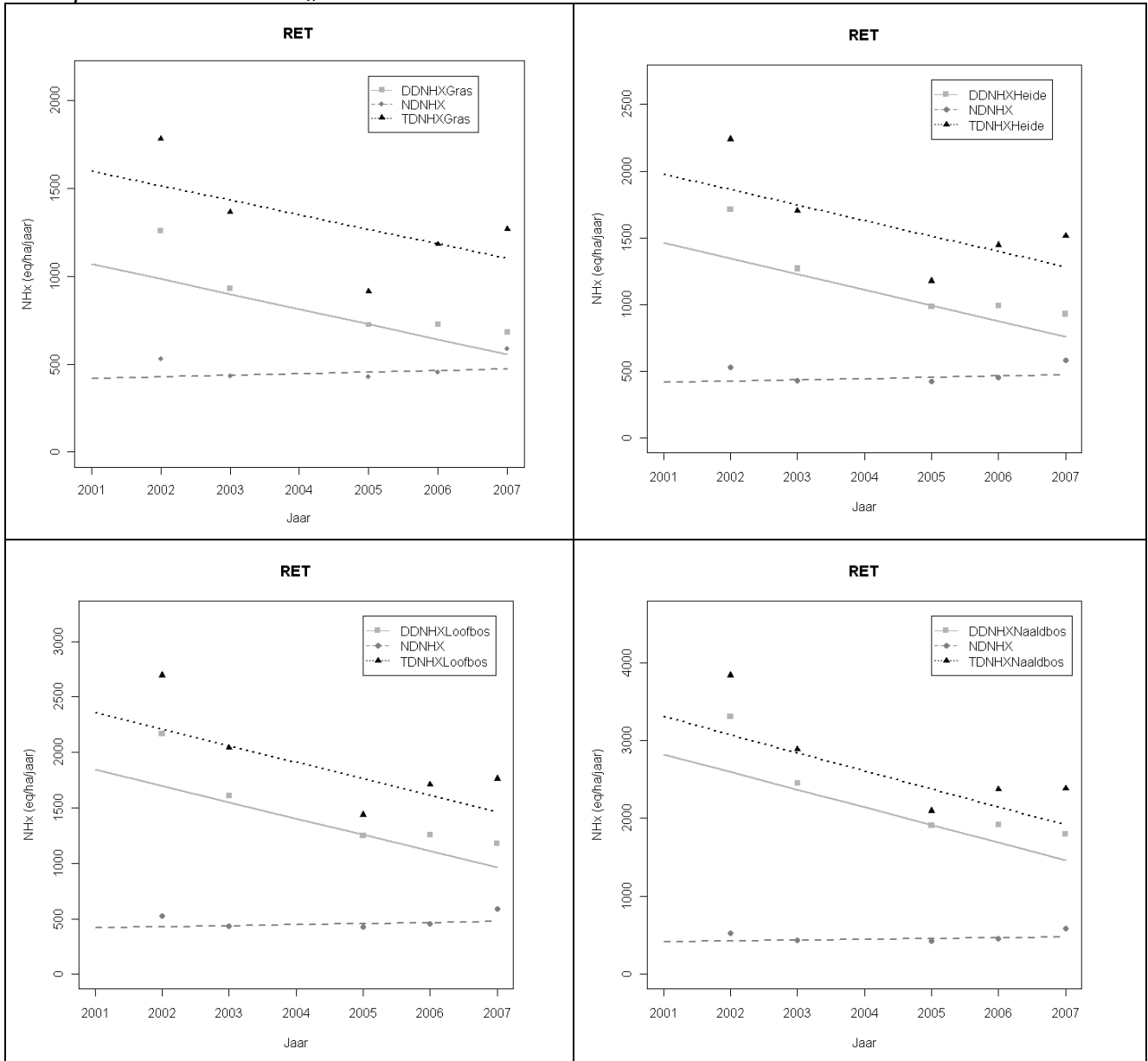
Meetplaats Maasmechelen: N+S



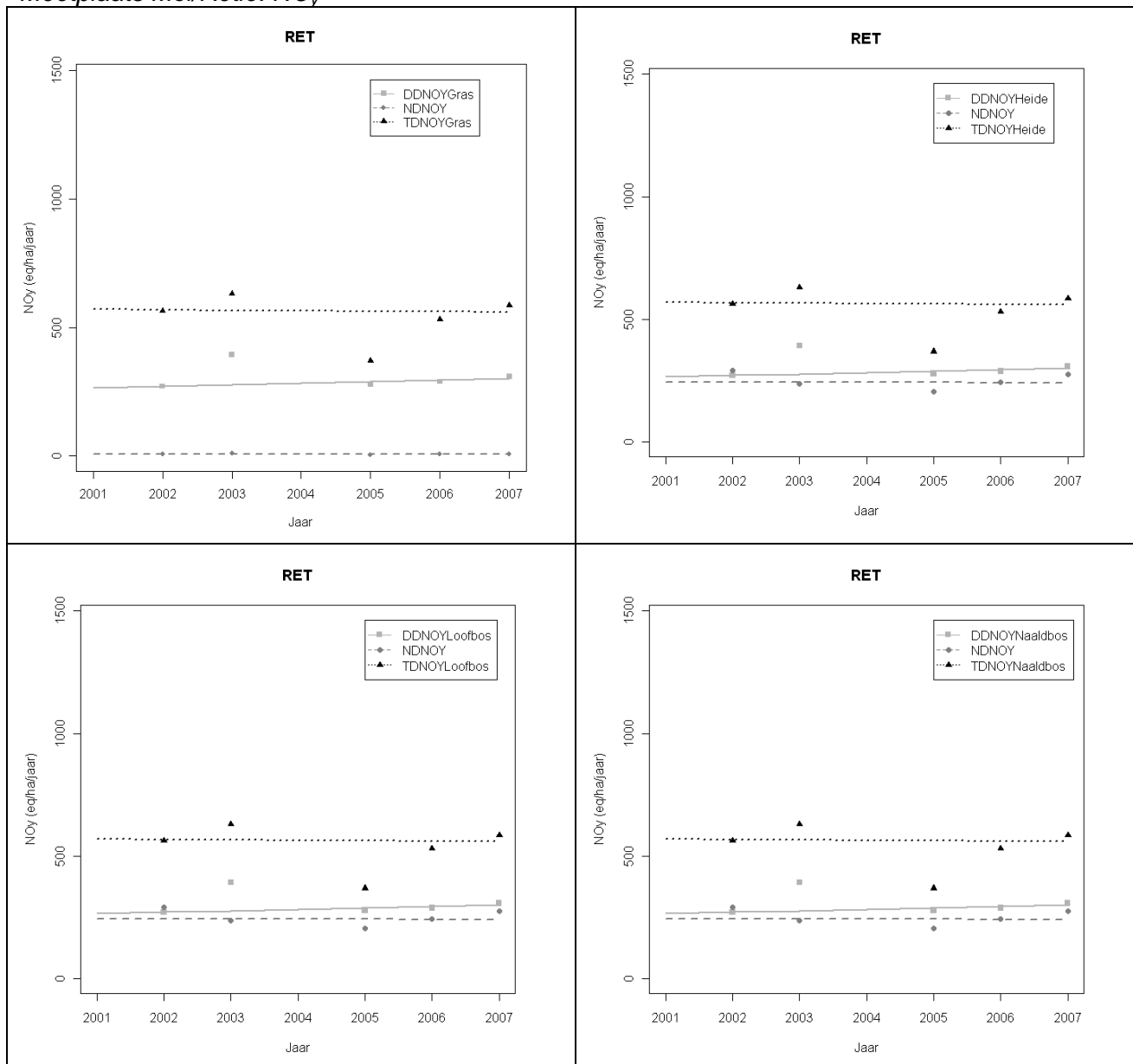
Meetplaats Maasmechelen: N



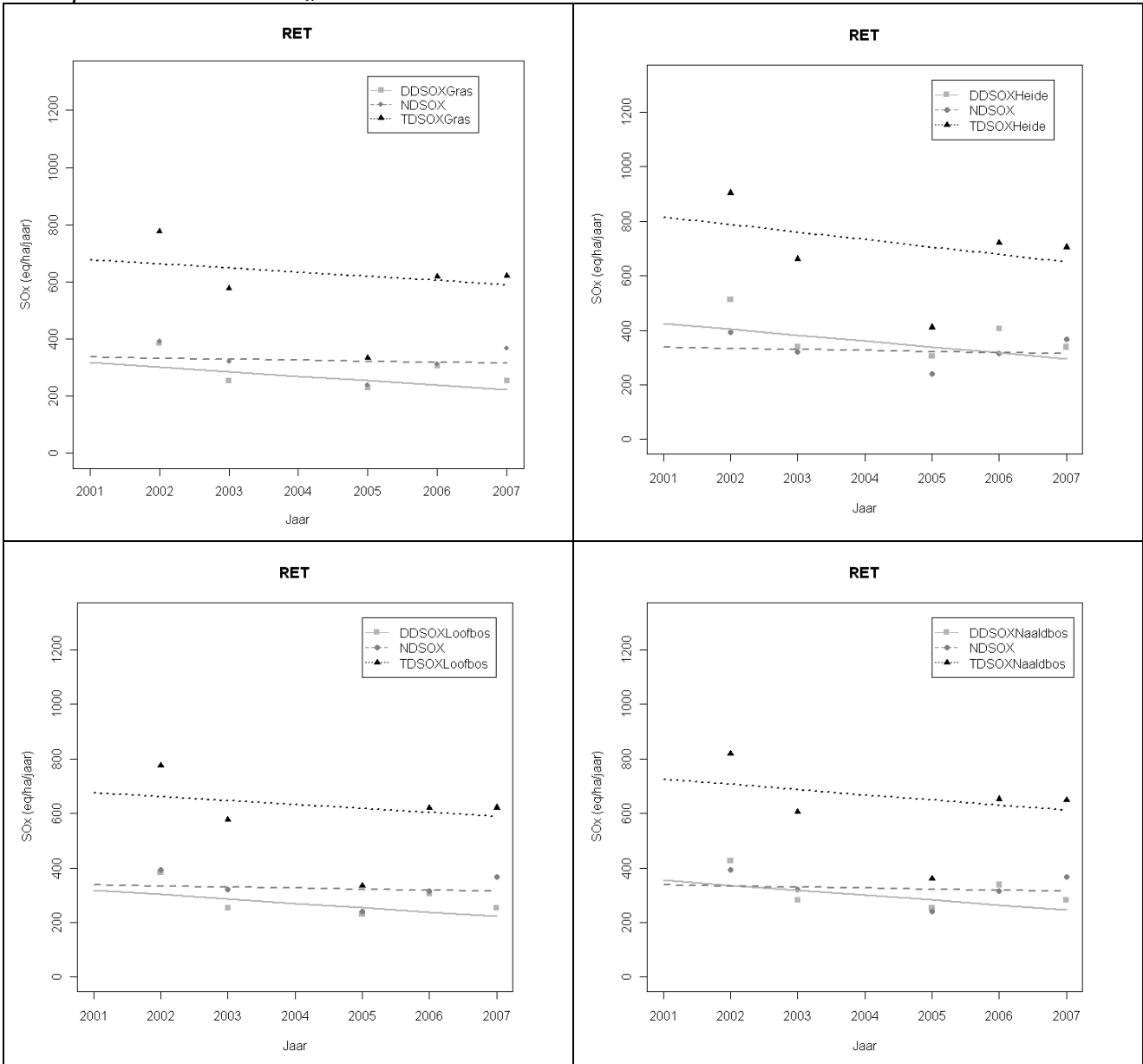
Meetplaats Mol/Retie: NH_x



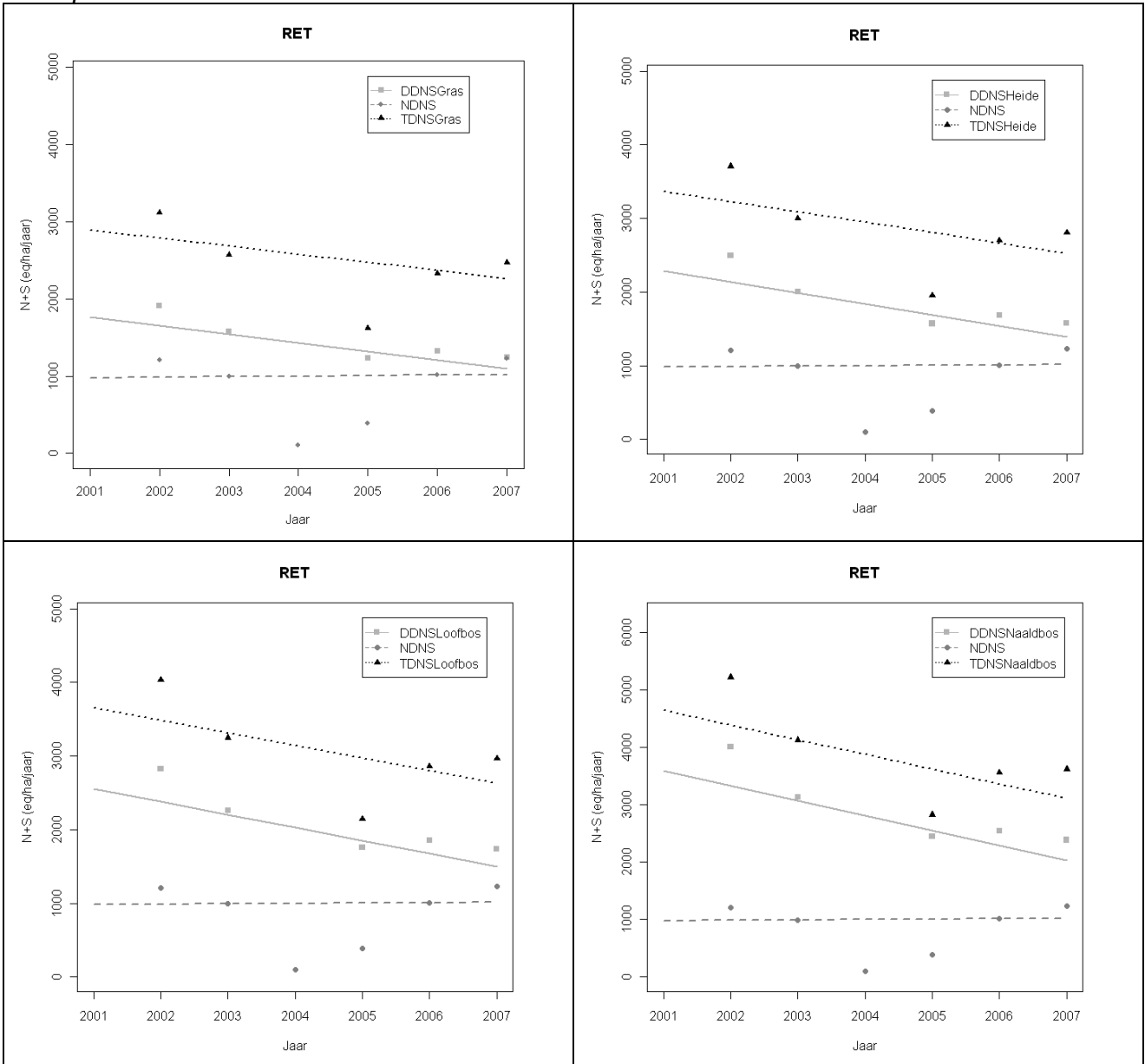
Meetplaats Mol/Retie: NO_y



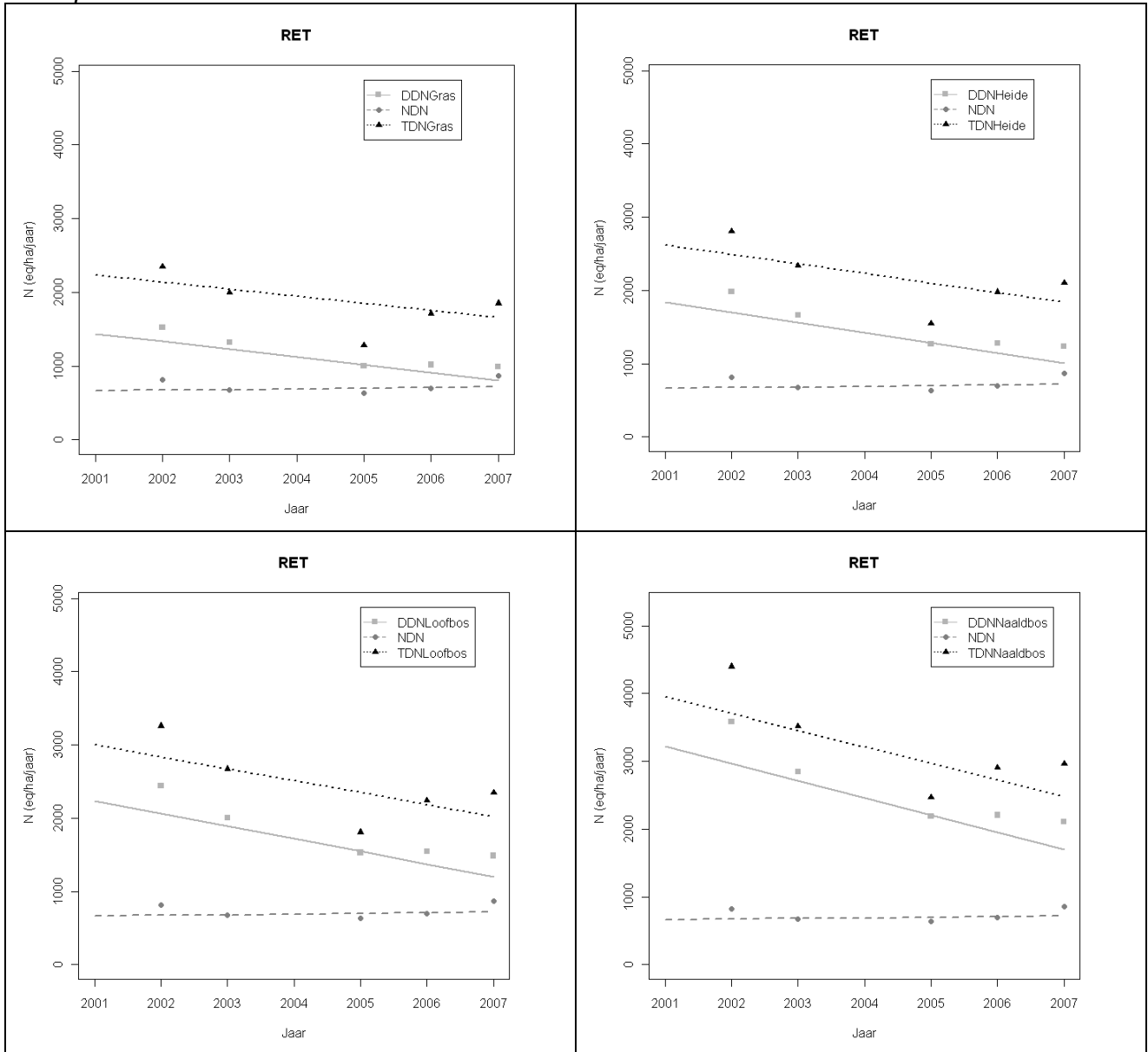
Meetplaats Mol/Retie: SO_x



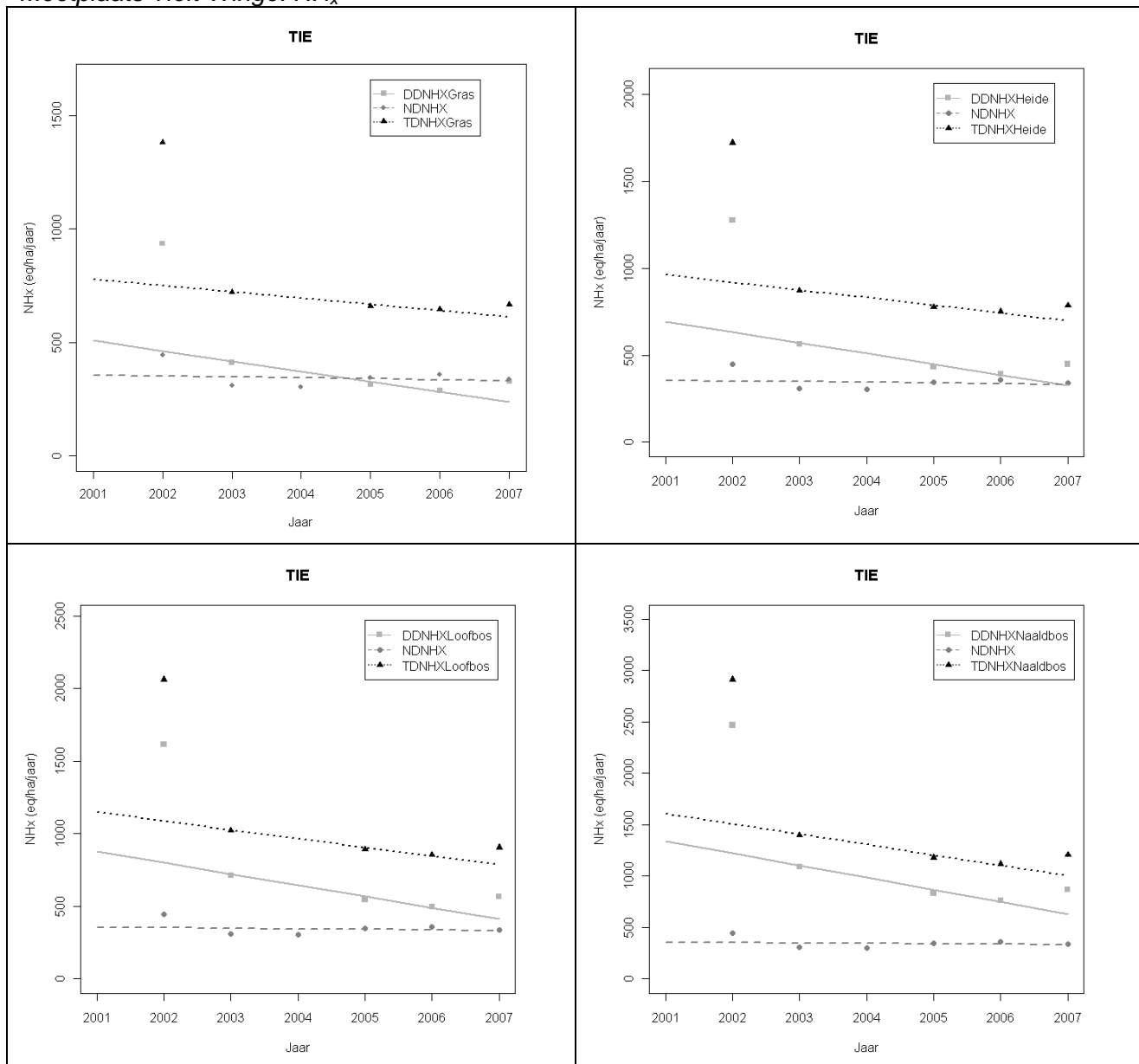
Meetplaats Mol/Retie: N+S



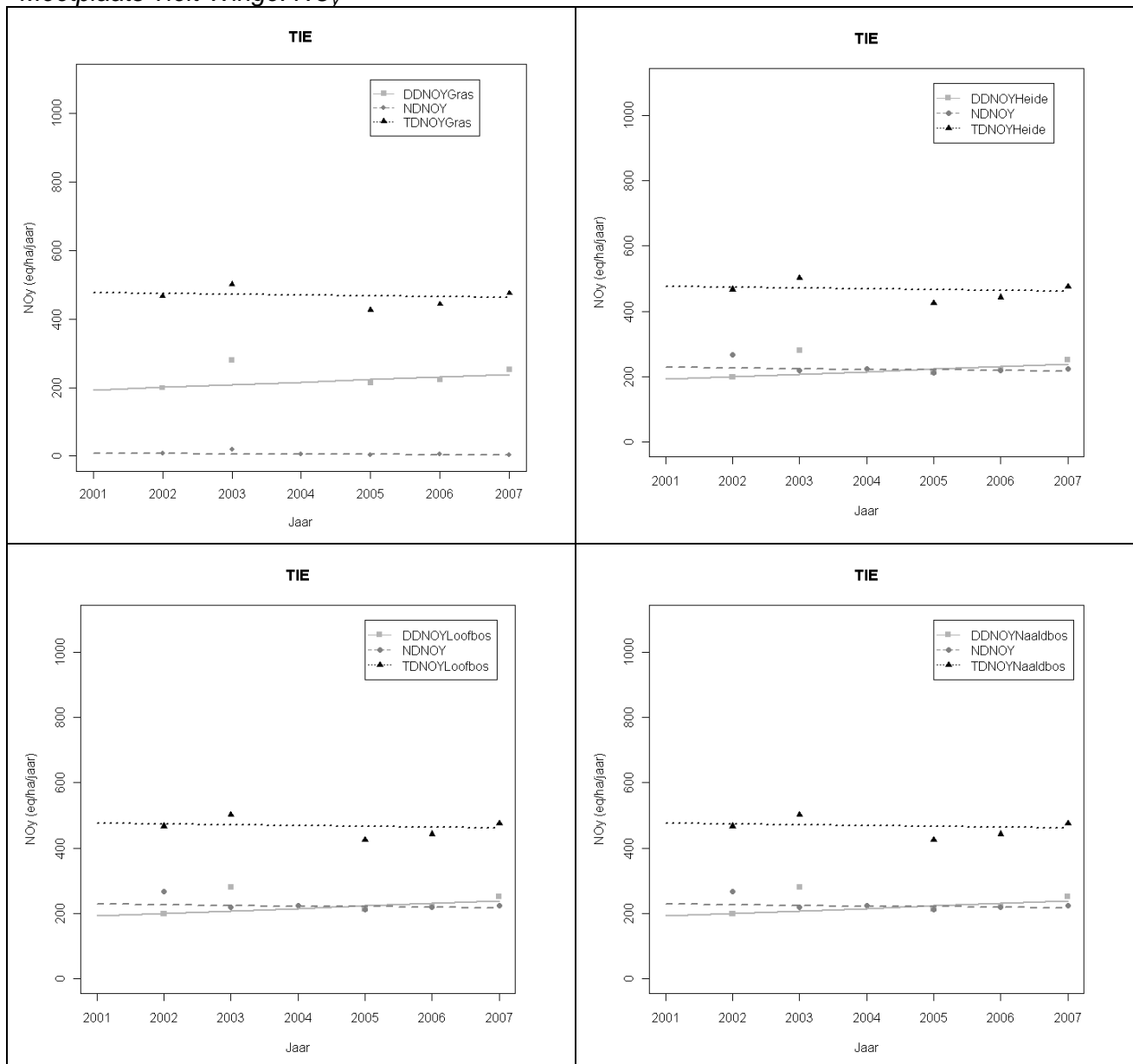
Meetplaats Mol/Retie: N



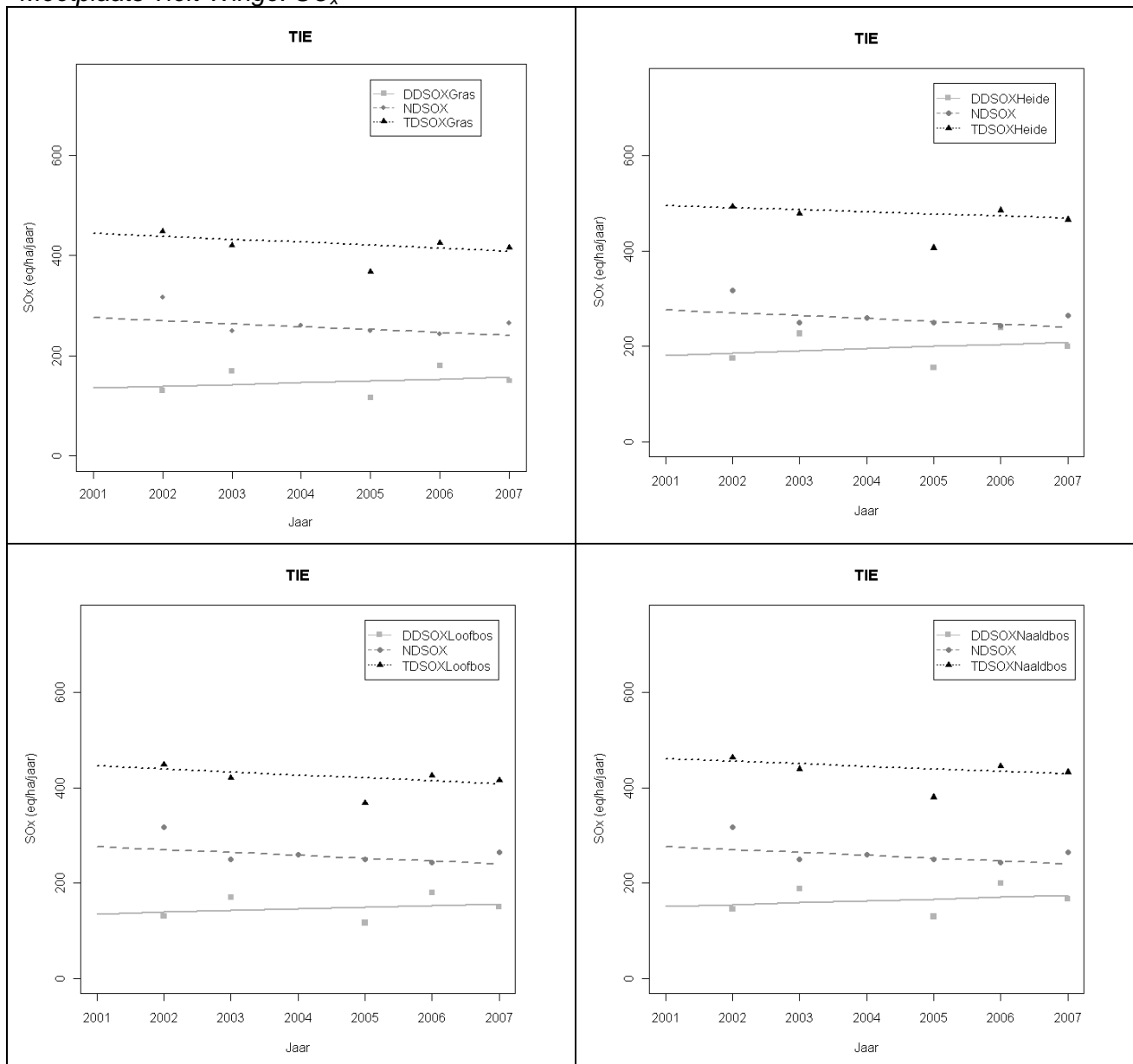
Meetplaats Tiel-Winge: NH_x



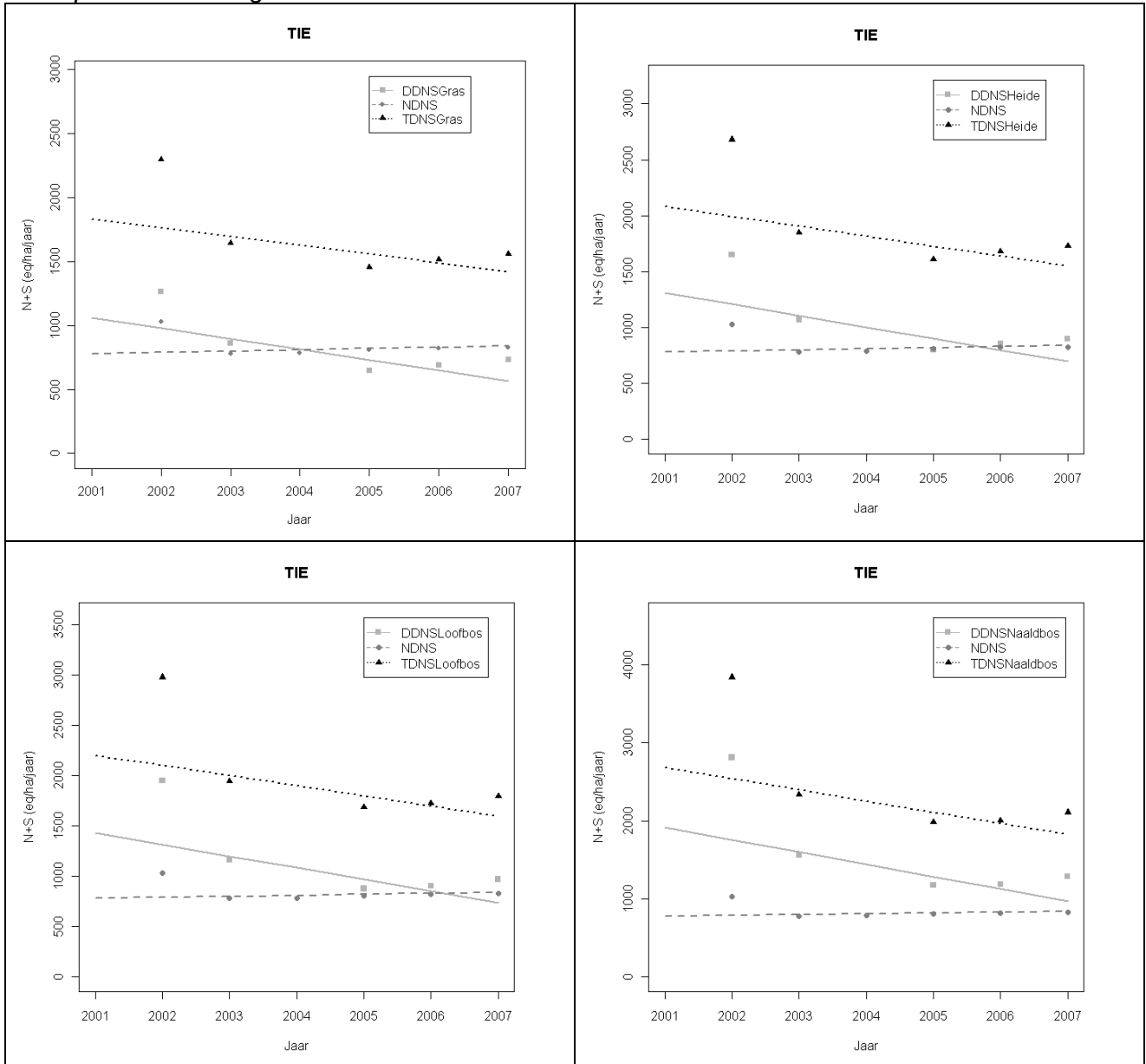
Meetplaats Tielt-Winge: NO_v



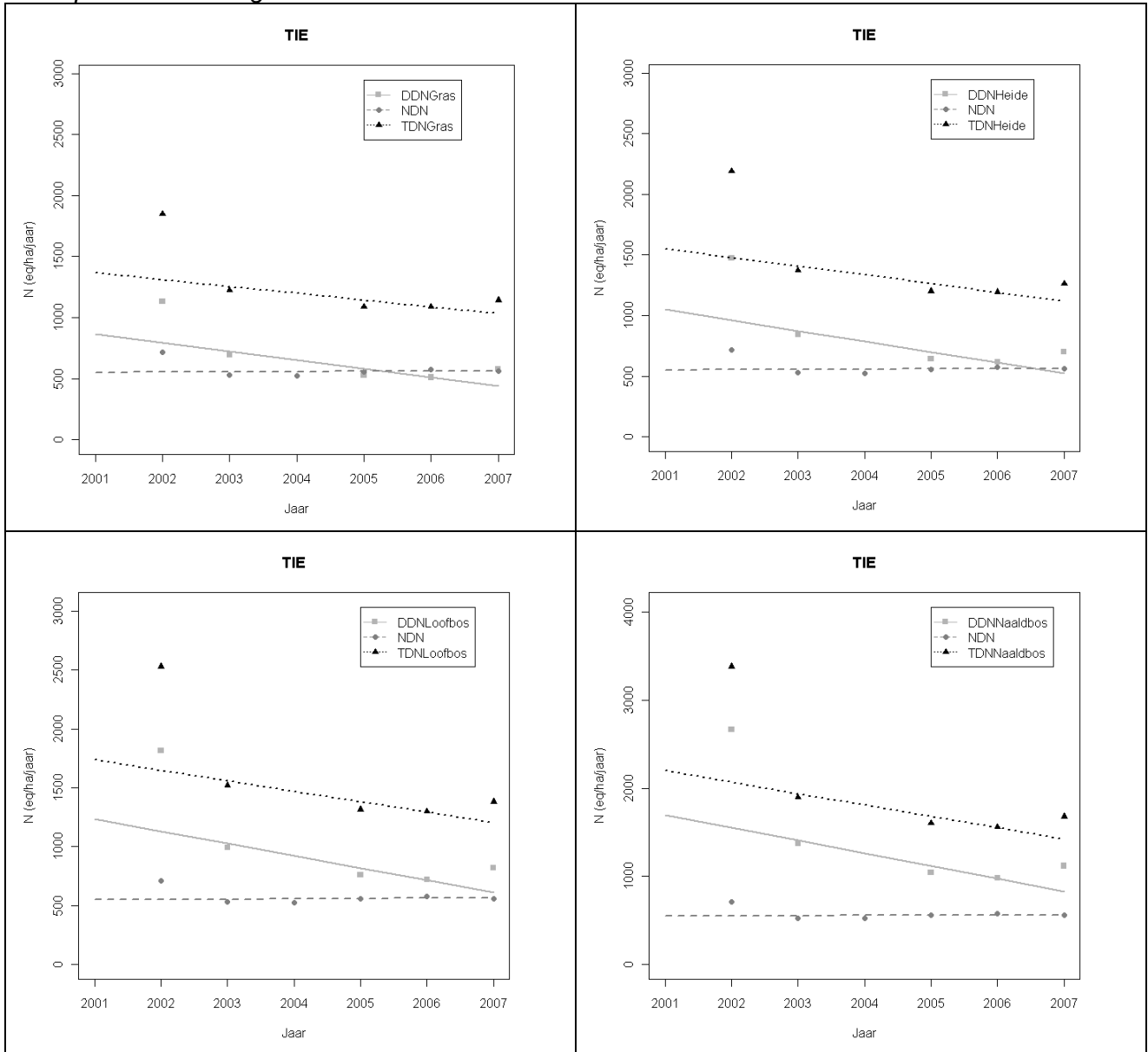
Meetplaats Tielt-Winge: SO_x



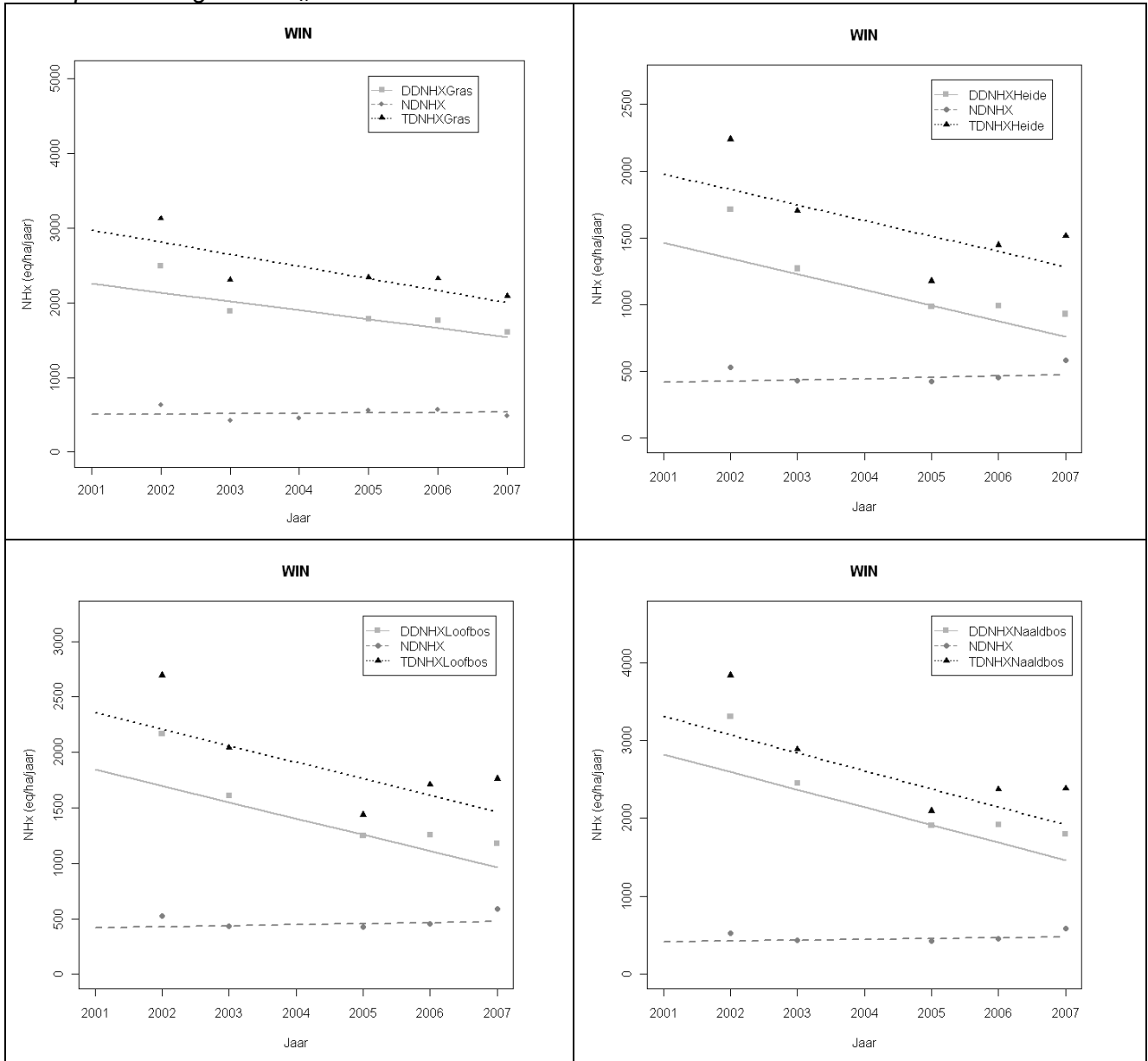
Meetplaats Tielt-Winge: N+S



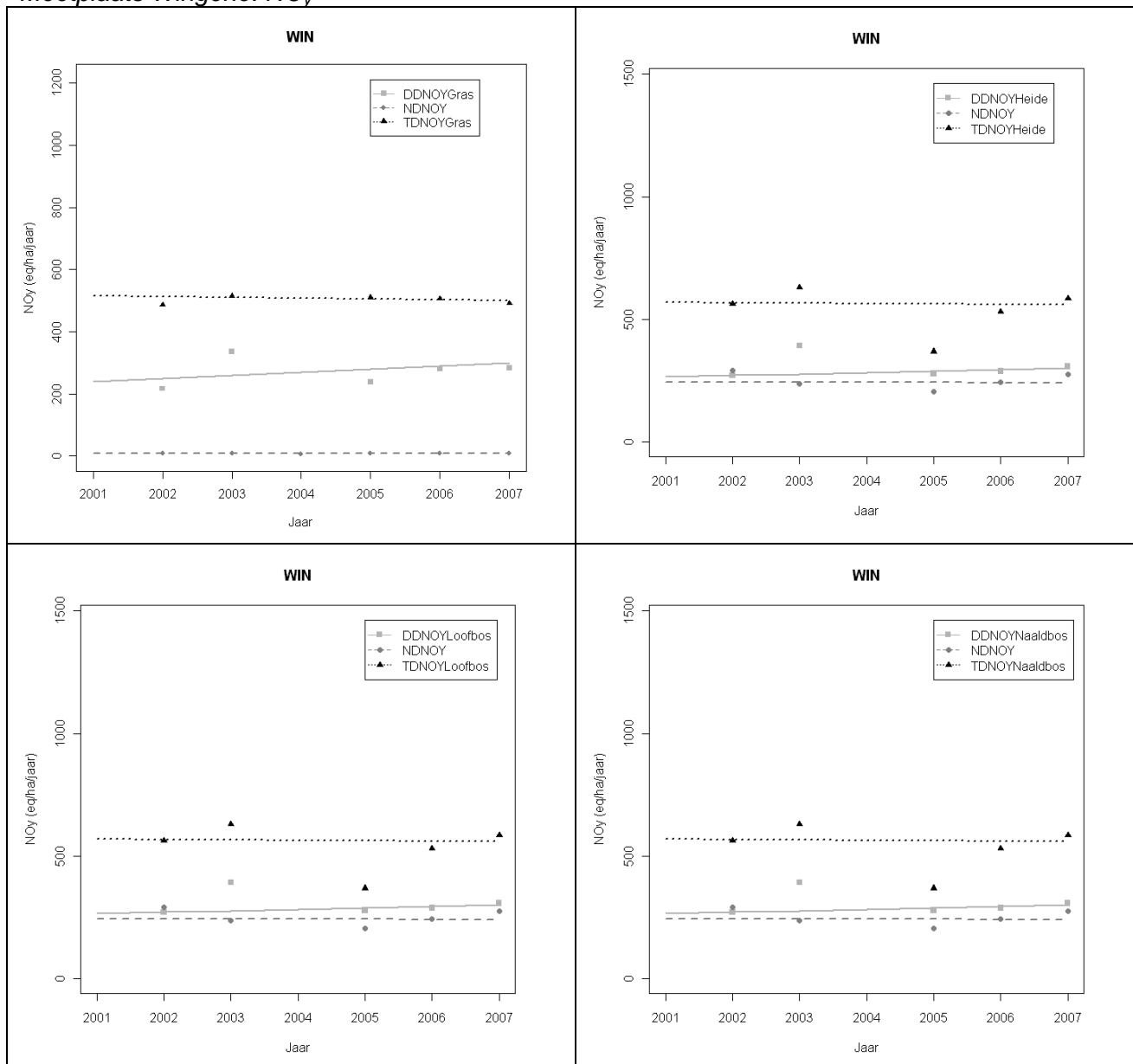
Meetplaats Tielt-Winge: N



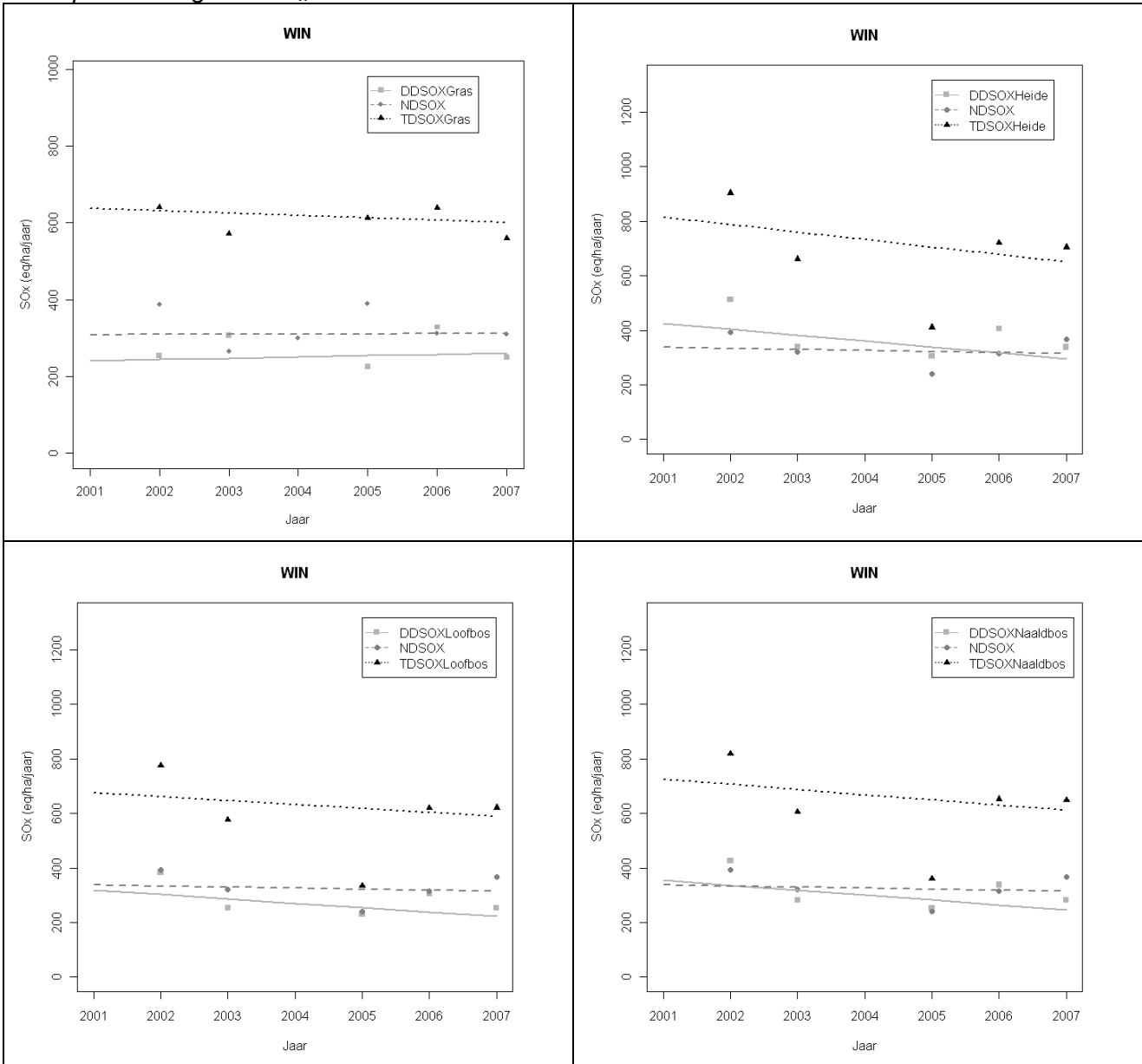
Meetplaats Wingene: NH_x



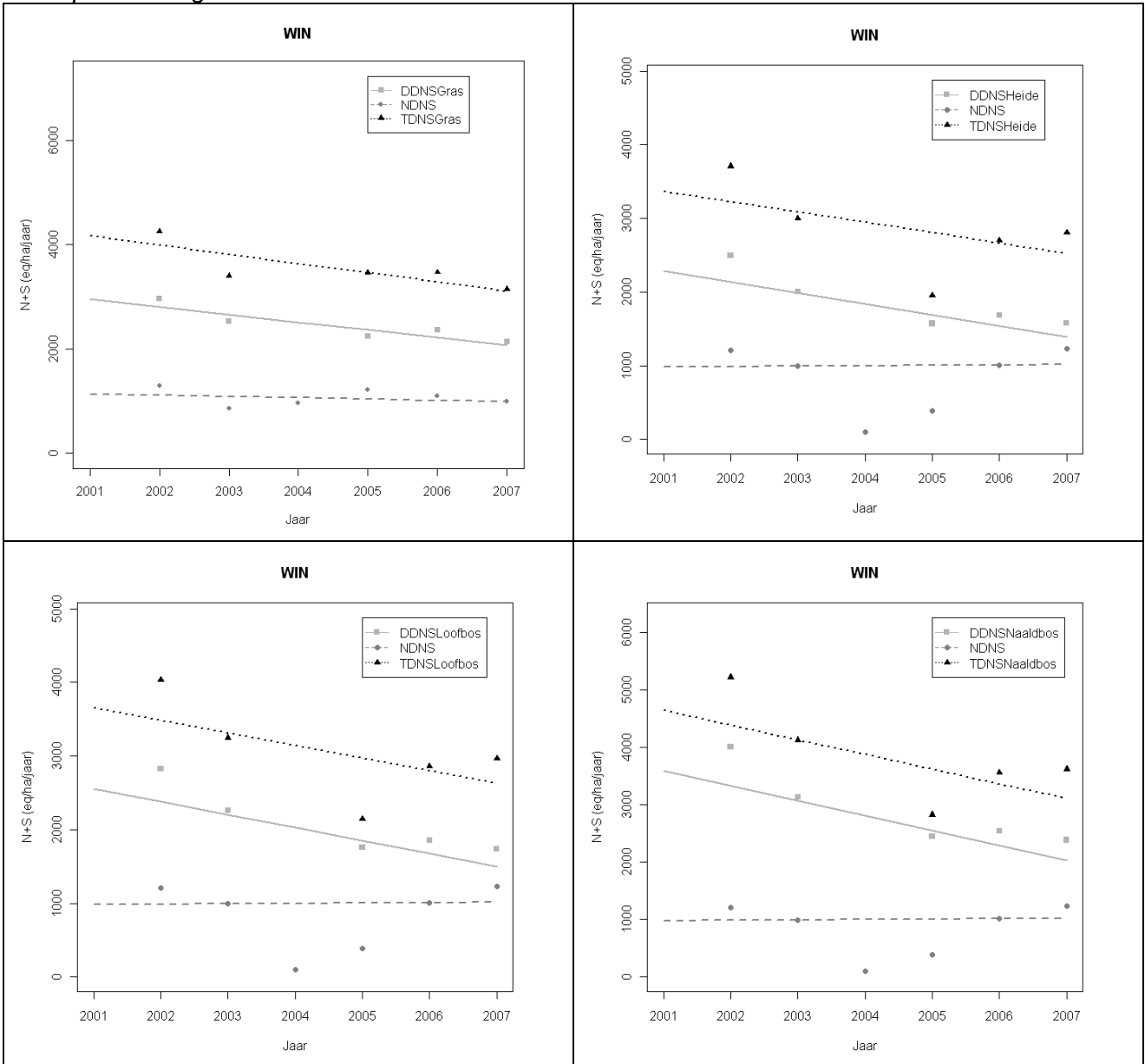
Meetplaats Wingene: NO_v



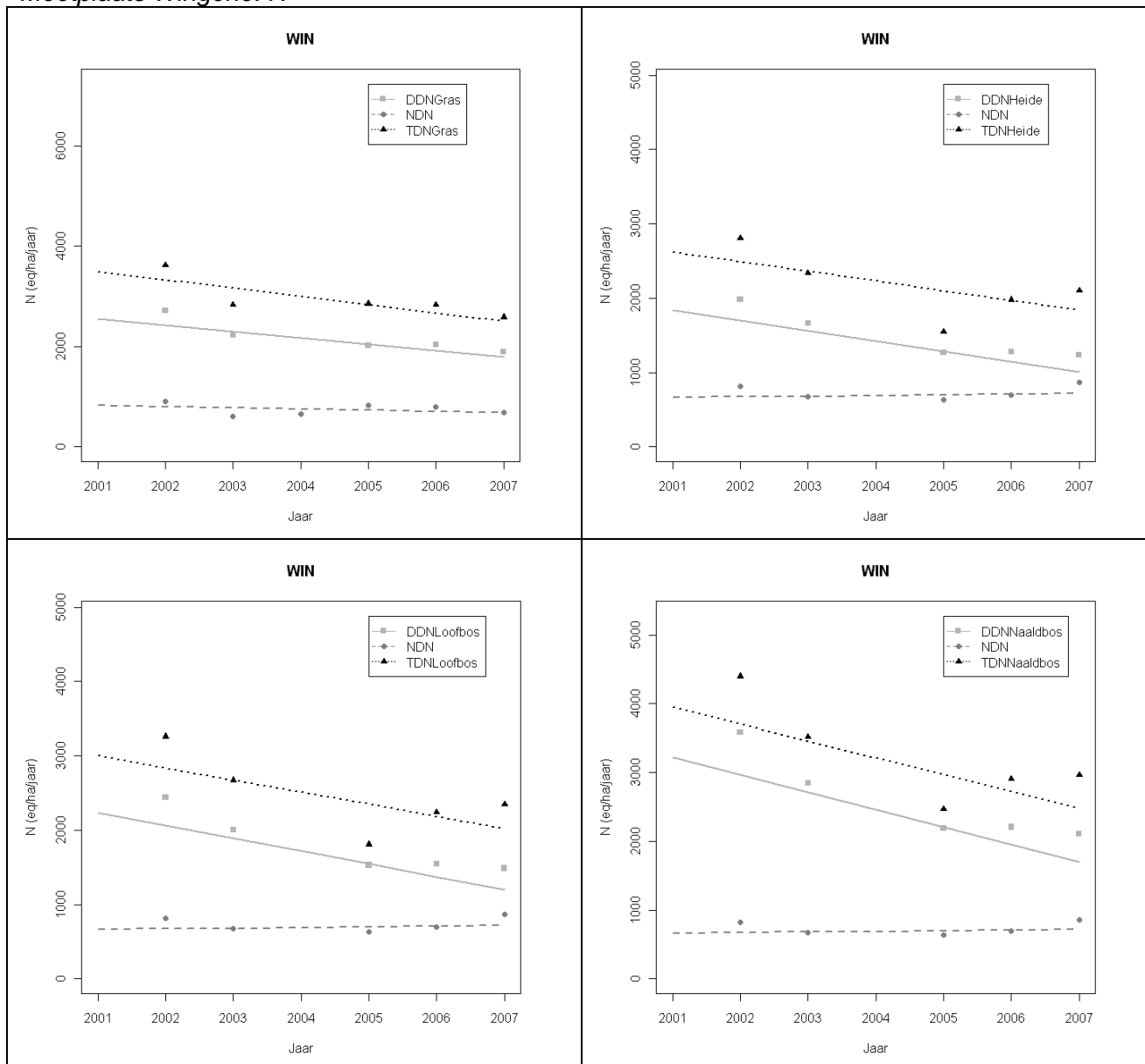
Meetplaats Wingene: SO_x



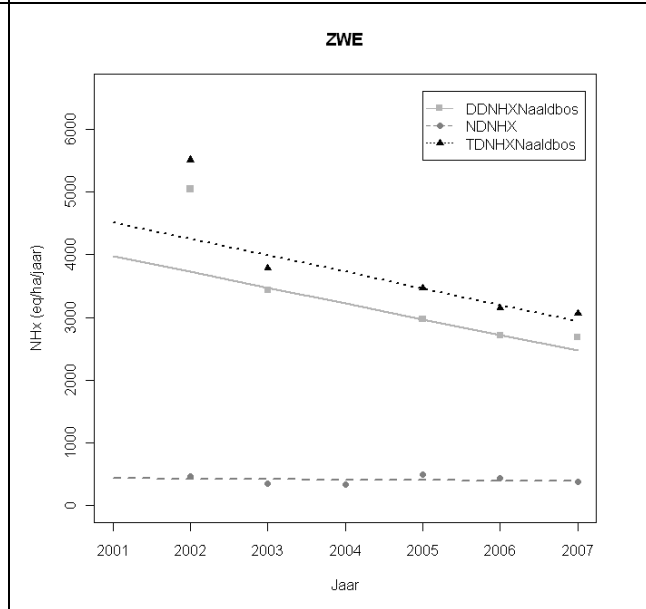
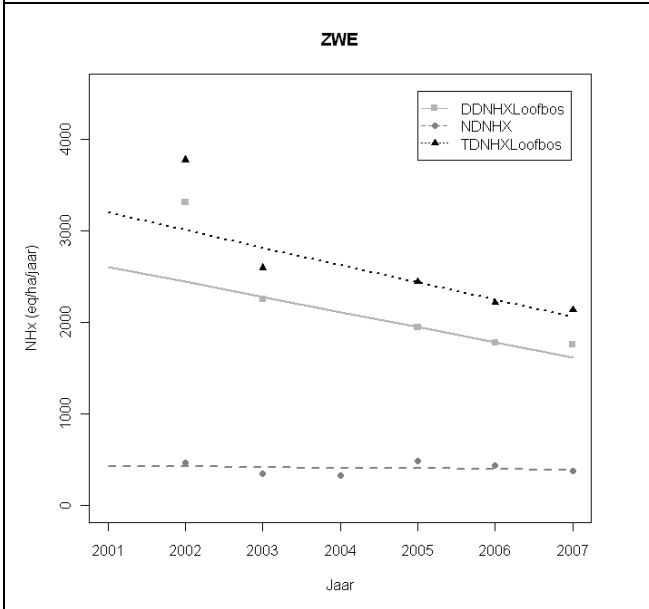
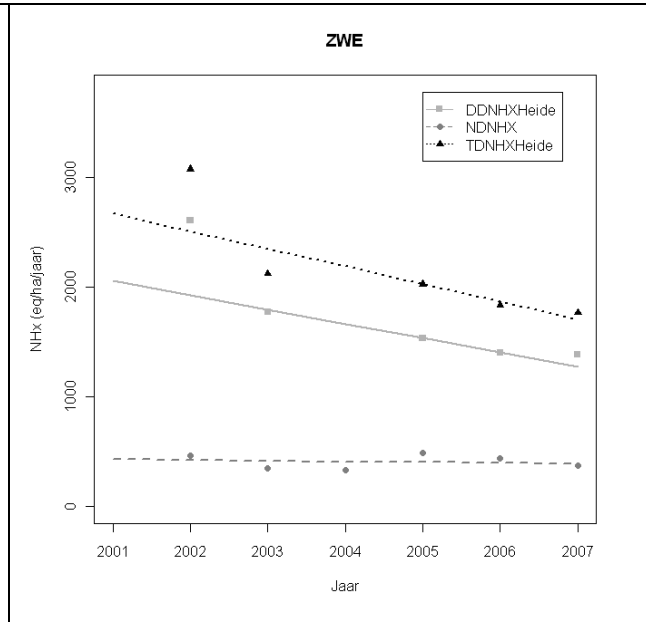
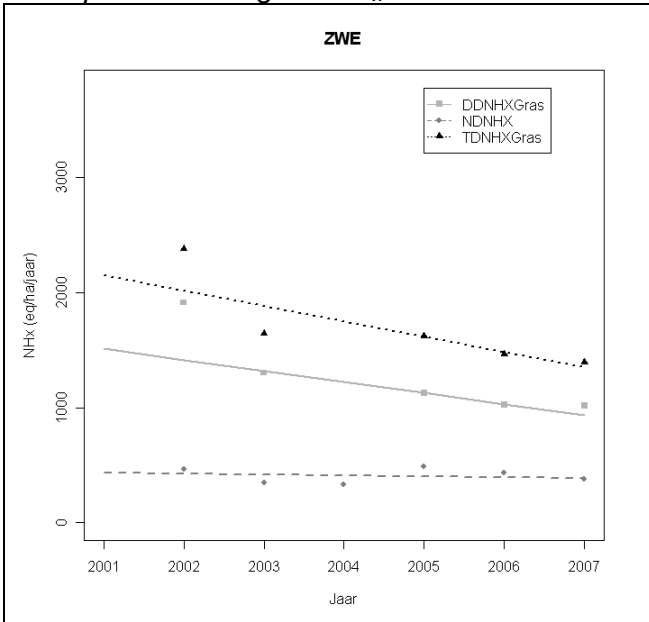
Meetplaats Wingene: N+S



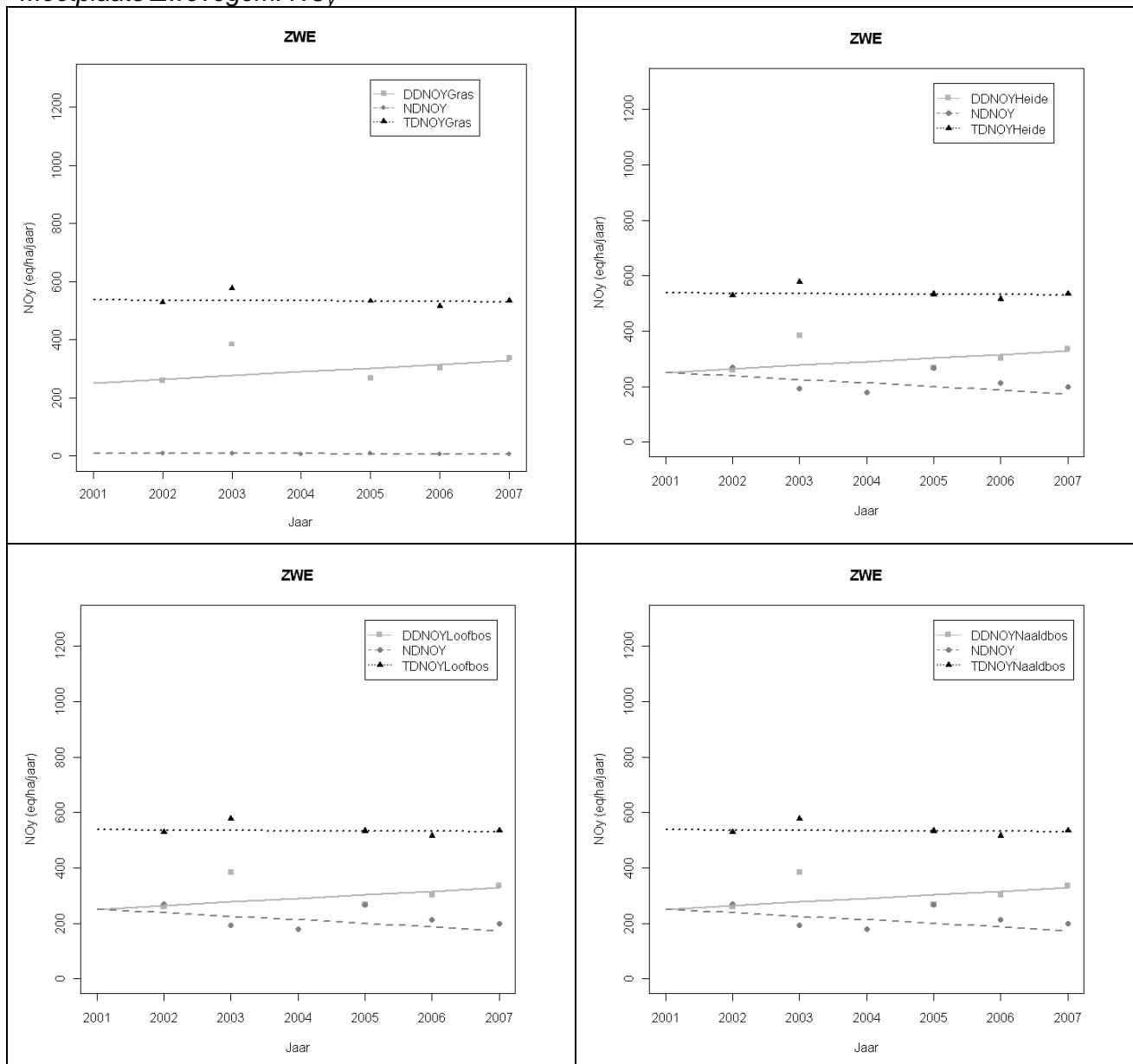
Meetplaats Wingene: N



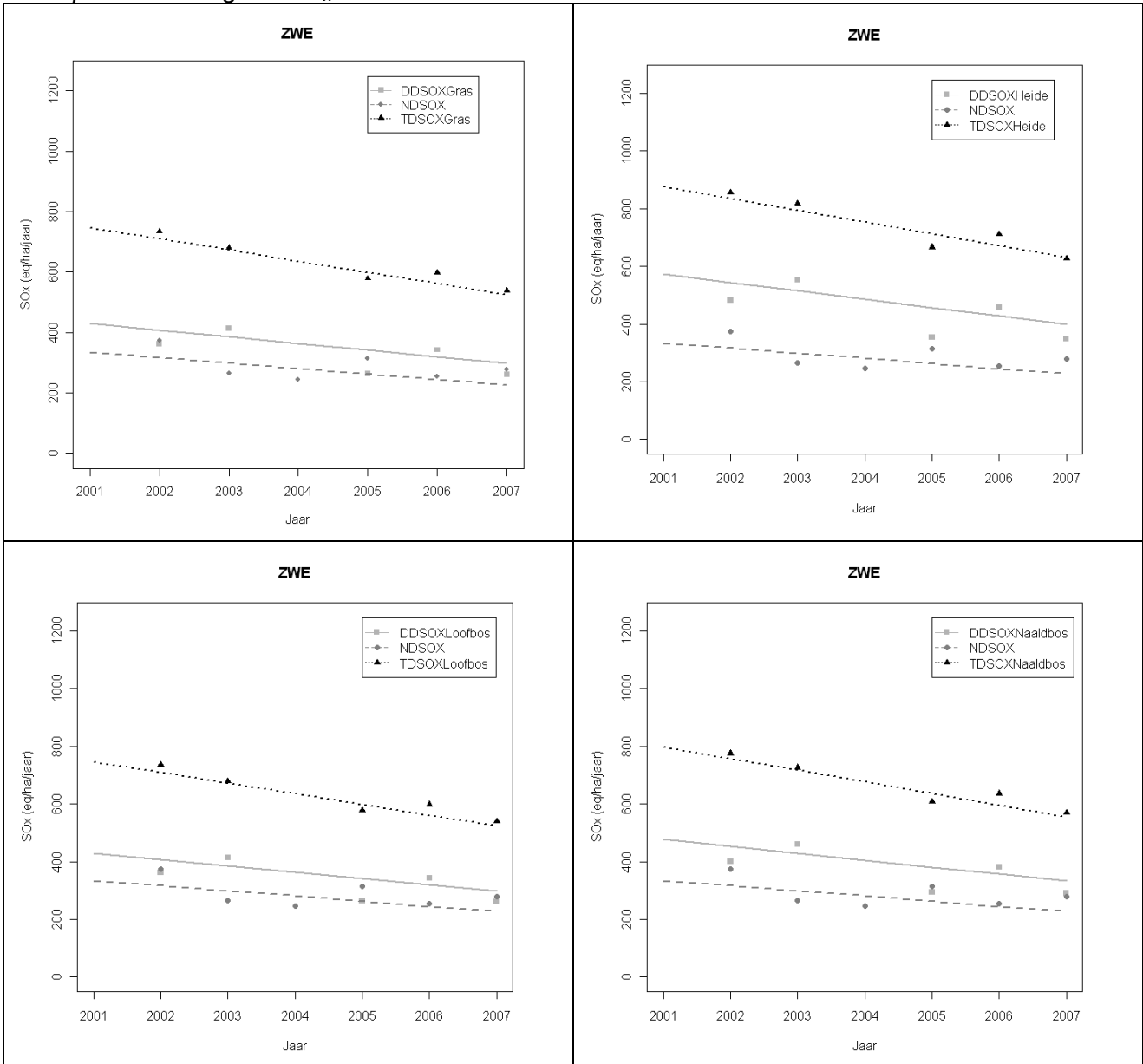
Meetplaats Zwevegem: NH_x



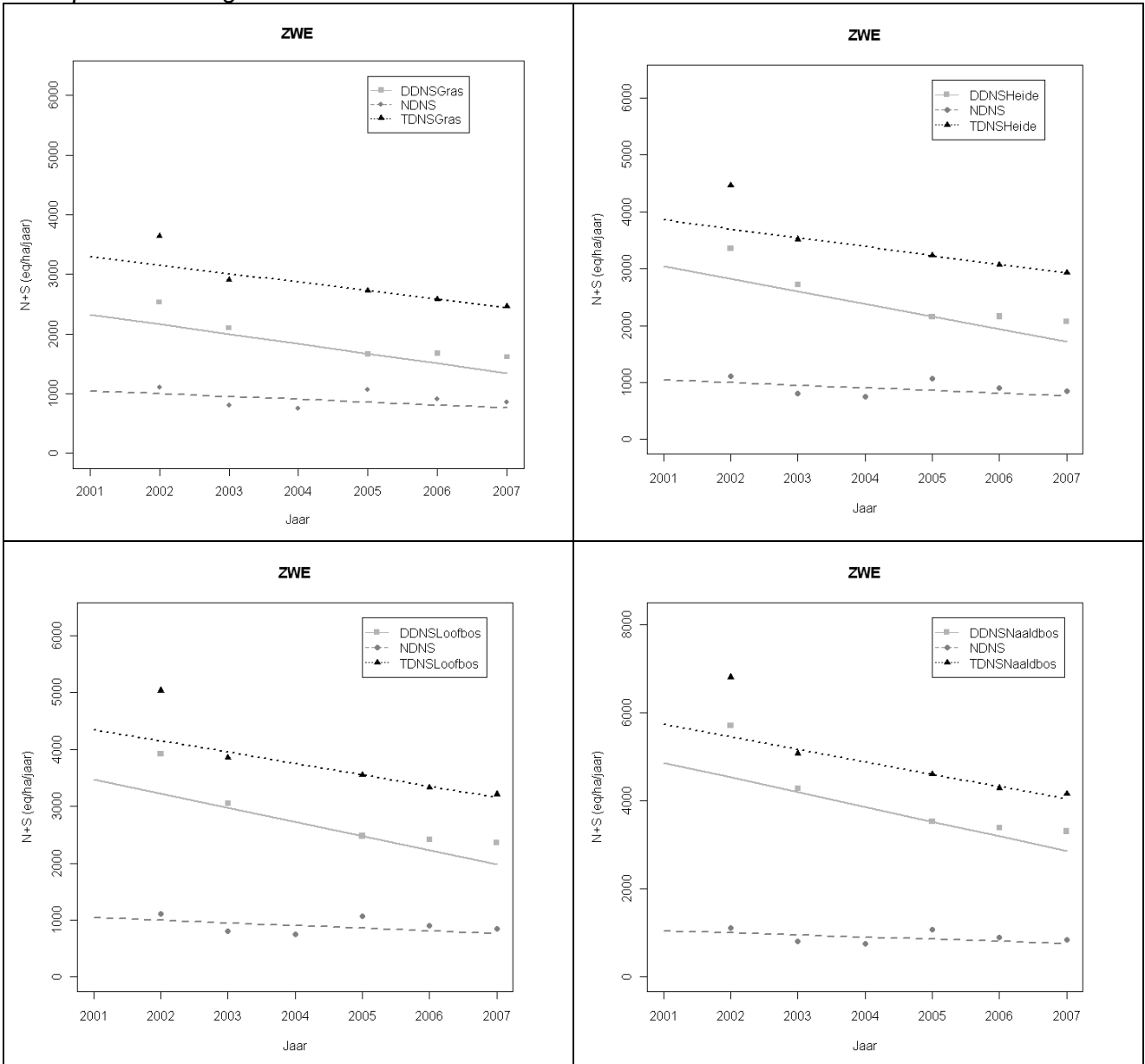
Meetplaats Zwevegem: NO_y



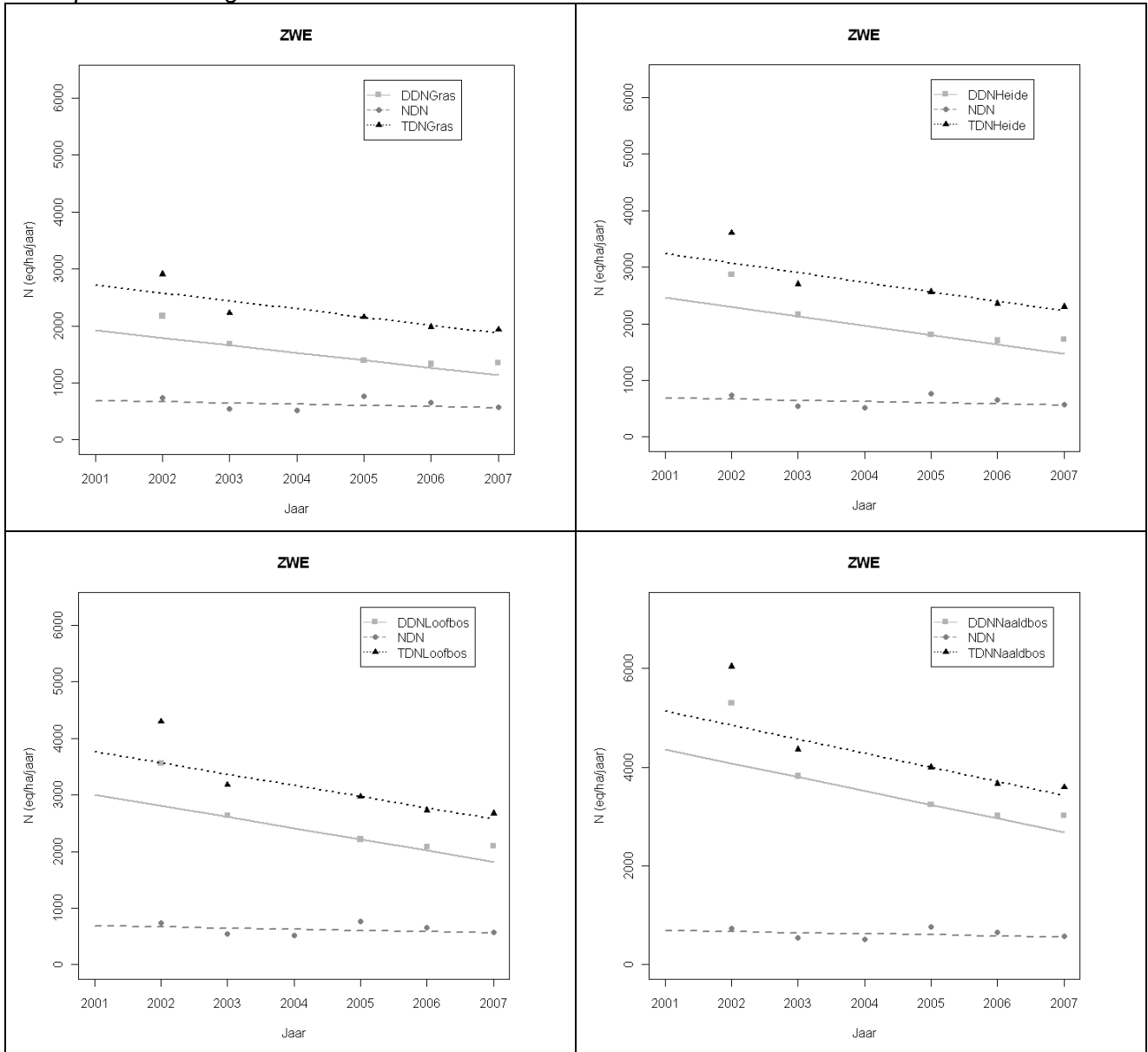
Meetplaats Zwevegem: SO_x



Meetplaats Zwevegem: N+S



Meetplaats Zwevegem: N



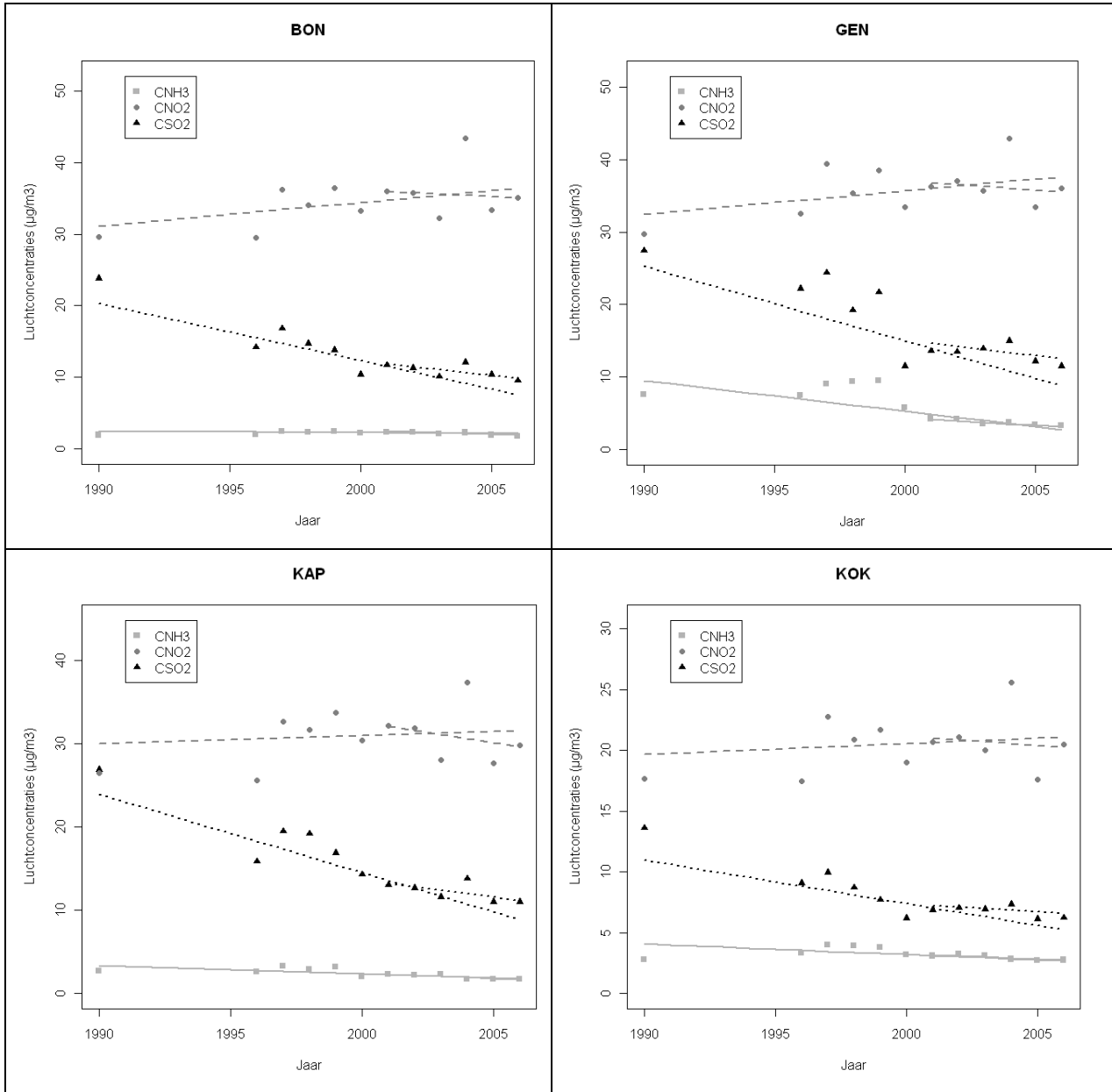
Appendix 7a

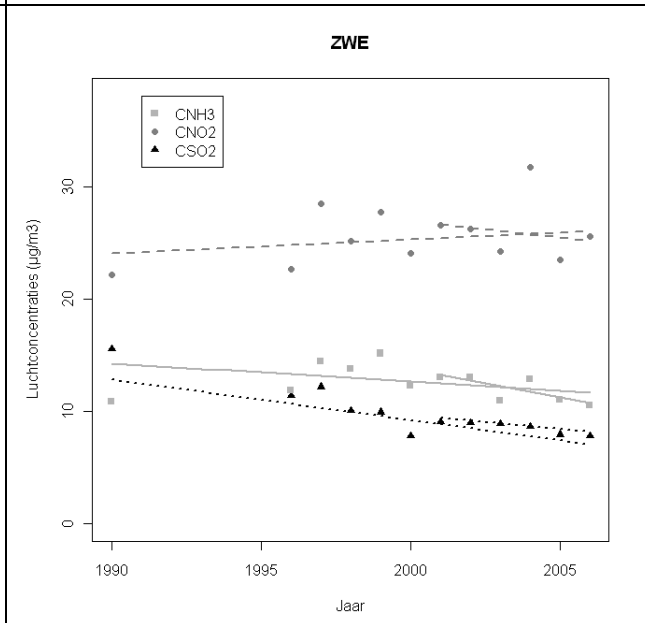
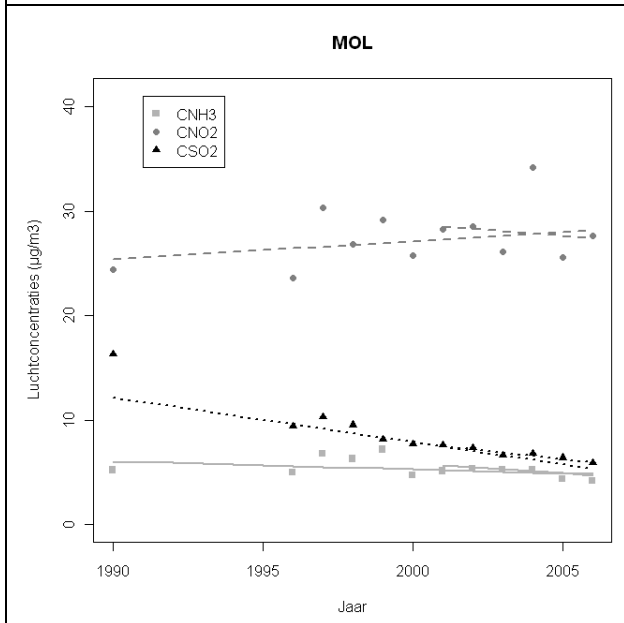
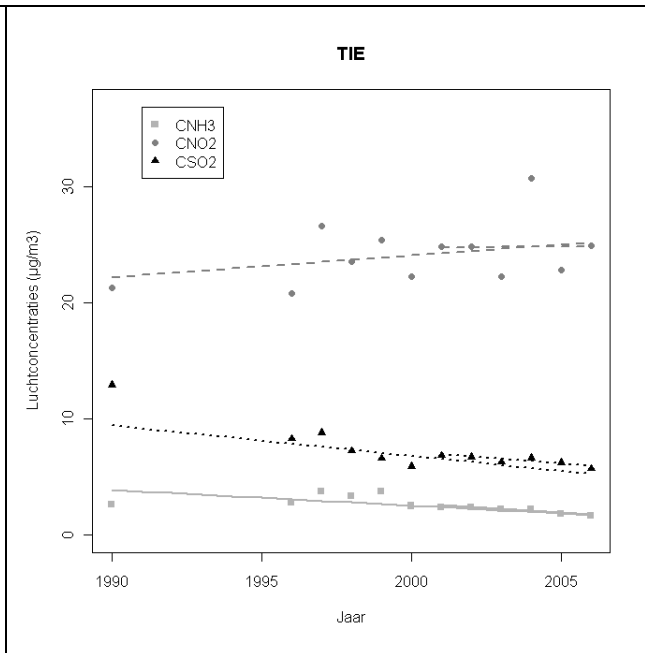
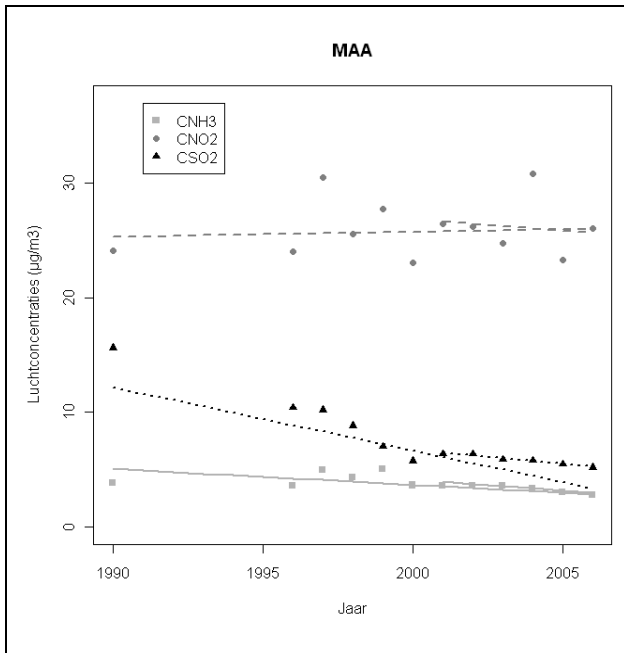
Helling en p-waarde van tijdstrends in luchtconcentraties van NH₃, NO₂ en SO₂ gemodelleerd door OPS (jaarwaarden) op de locatie van de negen meetplaatsen in het meetnet verzuring, voor de periodes 1990-2006 en 2001-2006. Ter vergelijking werden de resultaten toegevoegd van de trendanalyses uitgevoerd in Lot 1 op basis van tweewekelijkse waarden van het meetnet verzuring. Zowel voor data gegenereerd door OPS als die van het meetnet is de helling van de tijdstrend uitgedrukt als de jaarlijkse toename (positief) of afname (negatief) in luchtconcentratie (µg m⁻³). (Cursief: 0.05 < p < 0.1; vet: p < 0.05).

Meetplaats	Variabele	OPS				Meetnet			
		1990-2006		2001-2006		Kendall (2002-2007)		GAM (2001-2007)	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Bonheiden	NH ₃	-0.02	0.271	-0.11	<i>0.060</i>	-0.10	0.462	-0.13	<i>0.088</i>
	NO ₂	0.33	0.451	-0.18	0.707	0.94	0.462	0.12	0.787
	SO ₂	-0.80	0.002	-0.40	0.260	-0.31	0.221	-0.16	0.254
Gent	NH ₃	-0.42	0.002	-0.20	0.024	-0.31	0.221	-0.57	< 0.001
	NO ₂	0.33	0.336	-0.25	0.707	0.98	0.462	0.09	0.854
	SO ₂	-1.03	0.006	-0.42	0.452	-0.12	0.806	-0.07	0.676
Kapellen	NH ₃	-0.10	0.003	-0.12	0.024	-0.34	0.462	-0.32	0.019
	NO ₂	0.10	0.837	-0.48	0.452	0.64	0.462	0.20	0.674
	SO ₂	-0.94	< 0.001	-0.40	0.181	-0.18	0.806	-0.04	0.826
Koksijde	NH ₃	-0.09	0.024	-0.09	0.133	-0.70	0.027	-0.54	< 0.001
	NO ₂	0.09	0.837	-0.15	0.707	0.41	0.806	0.13	0.656
	SO ₂	-0.36	0.005	-0.13	0.707	-0.36	0.312	-0.14	0.280
Maasmechelen	NH ₃	-0.14	0.003	-0.19	0.013	0.08	0.806	0.14	0.129
	NO ₂	0.04	0.945	-0.20	0.452	0.84	0.462	0.29	0.490
	SO ₂	-0.55	< 0.001	-0.24	0.013	-0.07	0.806	0.07	0.383
Tielt-Winge	NH ₃	-0.13	0.001	-0.16	0.009	-0.42	<i>0.086</i>	-0.36	0.001
	NO ₂	0.19	0.301	0.02	0.848	0.34	0.462	0.04	0.911
	SO ₂	-0.26	0.002	-0.19	0.024	-0.18	0.462	0.07	0.212
Mol / Retie	NH ₃	-0.08	0.150	-0.19	0.133	-0.22	0.221	-0.53	< 0.001
	NO ₂	0.17	0.537	-0.22	0.707	0.46	0.462	-0.18	0.625
	SO ₂	-0.43	< 0.001	-0.31	0.024	0.04	0.806	-0.08	0.346
Wingene	NH ₃	-1.07	0.004	-0.80	0.085	-0.24	0.027	-0.71	< 0.001
	NO ₂	0.22	0.535	-0.22	0.566	0.26	0.806	0.23	0.607
	SO ₂	-0.32	0.005	-0.21	<i>0.060</i>	-0.21	0.462	0.11	0.158
Zwevegem	NH ₃	-0.16	0.271	-0.50	<i>0.085</i>	-0.47	0.027	-0.80	< 0.001
	NO ₂	0.13	0.537	-0.30	0.452	1.32	0.462	0.18	0.671
	SO ₂	-0.36	< 0.001	-0.25	0.009	0.00	1.000	-0.19	<i>0.056</i>

Appendix 7b

Tijdstrend in de door OPs gegenereerde luchtconcentraties ($\mu\text{g m}^{-3}$) van NH_3 , NO_2 en SO_2 ter hoogte van de meetplaatsen Bonheiden (Bon), Gent (Gen), Kapellen (Kap), Koksijde (Kok), Maasmechelen (Maa), Tielt-Winge (Tie), Mol / Retie (Mol) en Zwevegem (Zwe) van het meetnet verzuring voor de periodes 1990-2006 en 2001-2006.





Appendix 8a

Helling en p-waarde van tijdstrends in droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositie van NH_x, NO_y, SO_x en de potentieel verzurende pollutanten gemodelleerd door OPS op de locatie van de negen meetplaatsen in het meetnet verzuring, voor de periodes 1990-2006 en 2001-2006. Ter vergelijking werden de resultaten toegevoegd van de trendanalyses uitgevoerd op de tweewekelijkse data van het meetnet verzuring in deel 1. Voor droge en totale depositie bepaald in het meetnet zijn enkel de resultaten voor het vegetatietype 'gras' weergegeven; de resultaten voor de andere vegetatietypes zijn gelijkaardig (zie Lot 1). Zowel voor de data gegenereerd door OPS als die van het meetnet is de helling van de tijdstrend uitgedrukt als de jaarlijkse toename (positief) of afname (negatief) in depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹). Cursief: p < 0.1; vet: p < 0.05.

Meetplaats	Variabele	OPS				Meetnet			
		1990-2006		2001-2006		Kendall (2002-2007)		GAM (2001-2007)	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Bonheiden	DD NH _x	-6.03	0.002	-17.00	<i>0.060</i>	-20.27	0.462	-26.52	<i>0.088</i>
	ND NH _x	-13.07	<i>0.086</i>	-22.60	0.260	-3.50	1.000	-6.50	0.611
	TD NH _x	-18.78	0.011	-38.60	<i>0.060</i>	-28.38	0.806	-11.44	0.608
	DD NO _y	-17.83	0.016	-42.00	<i>0.060</i>	16.18	0.462	2.08	0.787
	ND NO _y	-2.76	0.732	-9.20	0.707	-0.43	0.260	-7.80	0.315
	TD NO _y	-18.65	0.011	-56.67	<i>0.060</i>	-1.70	0.462	2.86	0.791
	DD SO _x	-53.50	< 0.001	-28.00	0.133	-27.83	0.221	-14.04	0.254
	ND SO _x	-15.20	0.009	-17.20	0.452	-5.67	1.000	-11.18	0.235
	TD SO _x	-76.00	0.001	-43.33	0.452	-34.62	<i>0.086</i>	-17.68	0.304
	DD N+S	-86.42	< 0.001	-97.00	<i>0.060</i>	-35.30	0.462	-34.06	0.136
	ND N+S	-28.20	0.047	-49.00	0.452	-23.00	1.000	-25.74	0.379
TD N+S	-124.08	< 0.001	-151.00	<i>0.060</i>	-67.38	0.221	21.84	0.557	
Gent	DD NH _x	-117.05	< 0.001	-41.67	0.024	-64.17	0.221	-116.22	< 0.001
	ND NH _x	-27.37	0.016	-44.00	0.133	1.67	1.000	7.80	0.512
	TD NH _x	-146.11	0.001	-72.50	<i>0.060</i>	-35.50	0.462	-86.32	0.002
	DD NO _y	-25.05	<i>0.064</i>	-70.00	<i>0.060</i>	16.88	0.462	1.56	0.854
	ND NO _y	-2.31	0.582	-7.40	0.707	-0.12	0.848	2.60	0.719
	TD NO _y	-29.00	0.039	-73.33	0.013	10.25	0.221	10.92	0.289
	DD SO _x	-112.71	< 0.001	-40.00	0.024	-10.83	0.806	-6.24	0.676
	ND SO _x	-12.12	0.005	-10.00	0.452	17.50	0.452	-1.30	0.886
	TD SO _x	-119.29	< 0.001	-58.00	0.133	-5.75	0.806	3.12	0.835
	DD N+S	-241.22	< 0.001	-157.50	0.009	-118.20	0.462	-140.92	< 0.001
	ND N+S	-44.17	0.016	-46.60	0.133	79.50	0.707	9.10	0.740
TD N+S	-277.73	< 0.001	-220.00	0.024	4.00	0.806	-82.94	0.043	
Kapellen	DD NH _x	-34.58	0.001	-35.00	0.133	-69.40	0.462	-65.26	0.019
	ND NH _x	-18.78	0.024	-28.00	0.133	9.00	1.000	5.72	0.706
	TD NH _x	-51.92	< 0.001	-70.00	0.024	-58.50	0.462	-52.78	<i>0.095</i>
	DD NO _y	-29.83	<i>0.053</i>	-81.00	0.035	11.00	0.462	3.38	0.674
	ND NO _y	-2.15	0.732	-10.20	0.707	-0.30	<i>0.060</i>	-5.98	0.478
	TD NO _y	-29.29	<i>0.099</i>	-86.67	<i>0.060</i>	-2.04	1.000	2.08	0.871
	DD SO _x	-124.50	0.001	-48.00	0.133	-16.37	0.806	-3.38	0.826
	ND SO _x	-18.56	<i>0.086</i>	-22.00	0.452	2.33	1.000	1.30	0.912
	TD SO _x	-149.00	0.002	-68.00	0.452	-11.10	0.462	-3.64	0.867
	DD N+S	-180.20	< 0.001	-173.00	0.024	-70.12	0.462	-33.54	0.372
	ND N+S	-32.08	<i>0.086</i>	-53.00	0.452	-4.00	1.000	1.04	0.978
TD N+S	-213.20	0.001	-214.40	<i>0.060</i>	-102.93	0.221	-43.42	0.412	

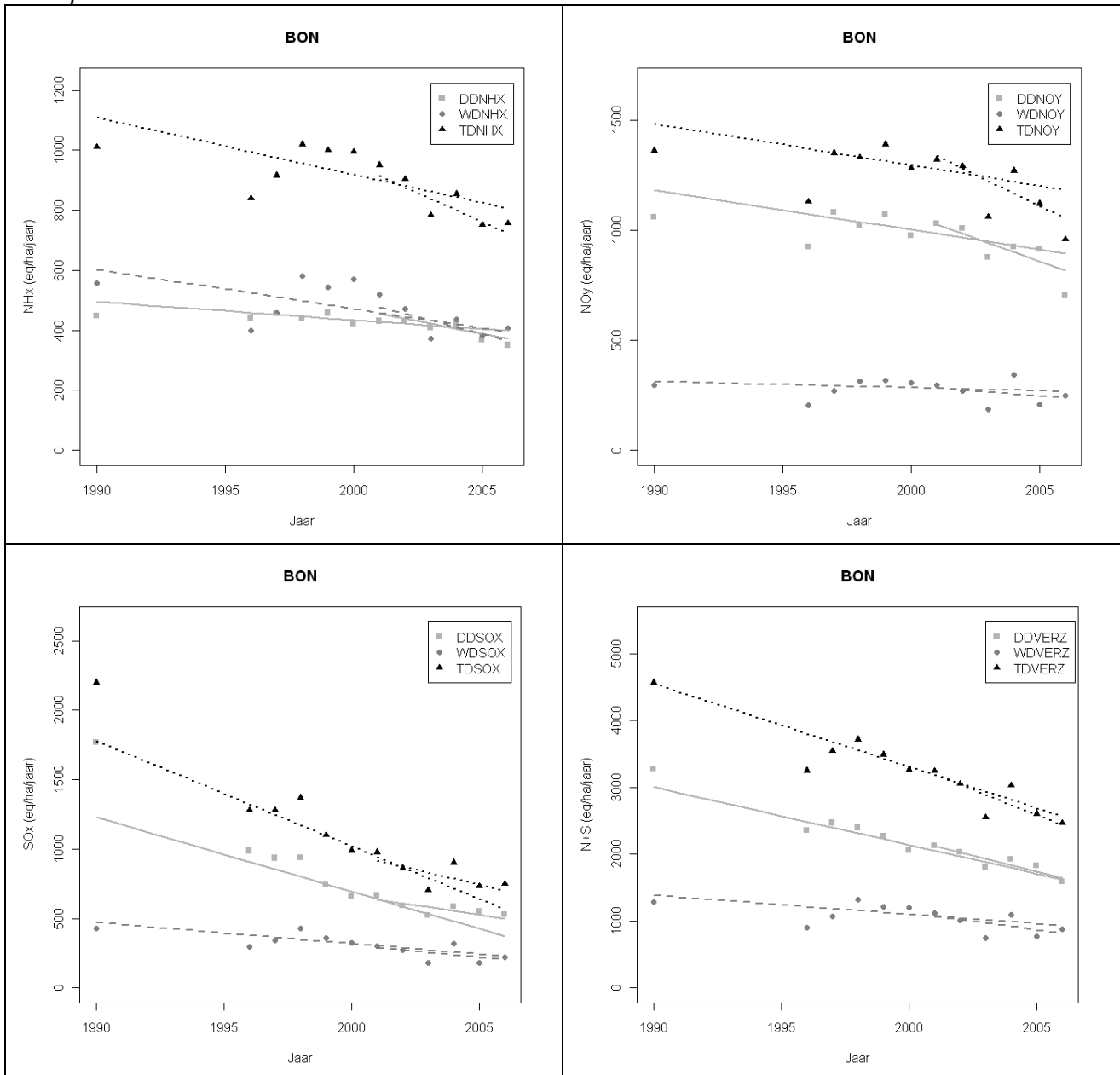
Meetplaats	Variabele	OPS				Meetnet			
		1990-2006		2001-2006		Kendall (2002-2007)		GAM (2001-2007)	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Koksijde	DD NH _x	-21.10	0.001	-16.75	0.133	-142.38	0.027	-109.98	< 0.001
	ND NH _x	-9.94	0.193	-22.50	0.133	20.00	0.452	9.88	0.270
	TD NH _x	-32.83	0.006	-36.50	0.060	-149.35	0.086	-87.10	0.001
	DD NO _y	-15.75	0.005	-35.60	0.060	7.23	0.806	2.08	0.656
	ND NO _y	-4.63	0.074	-7.20	0.452	-0.30	0.339	2.34	0.742
	TD NO _y	-27.55	0.002	-49.00	0.009	10.25	0.462	10.14	0.244
	DD SO _x	-34.42	< 0.001	-16.00	0.060	-32.07	0.312	-12.74	0.280
	ND SO _x	-11.25	0.007	-10.80	0.452	22.67	0.452	-5.98	0.606
	TD SO _x	-48.37	< 0.001	-30.00	0.060	-12.80	0.462	-8.84	0.612
	DD N+S	-75.10	< 0.001	-78.33	0.024	-158.73	0.027	-98.54	0.003
	ND N+S	-27.11	0.019	-34.60	0.133	59.33	0.452	6.24	0.795
	TD N+S	-102.34	< 0.001	-115.50	0.133	-143.25	0.086	-49.92	0.267
Maasmechelen	DD NH _x	-22.50	< 0.001	-18.00	0.035	16.10	0.806	28.86	0.129
	ND NH _x	-10.25	0.115	-20.00	0.260	28.50	0.452	2.34	0.861
	TD NH _x	-34.22	0.001	-40.00	0.024	26.87	0.462	41.08	0.124
	DD NO _y	-24.67	< 0.001	-27.00	0.024	14.53	0.462	4.94	0.490
	ND NO _y	-3.59	0.244	-7.80	0.707	-0.52	0.181	-8.84	0.353
	TD NO _y	-32.25	< 0.001	-42.33	0.024	1.25	1.000	5.46	0.637
	DD SO _x	-41.43	< 0.001	-16.67	0.009	-6.47	0.806	6.50	0.384
	ND SO _x	-13.91	0.001	-11.80	0.339	1.33	1.000	-8.84	0.330
	TD SO _x	-61.56	< 0.001	-28.00	0.133	0.25	1.000	20.28	0.077
	DD N+S	-97.91	< 0.001	-67.00	0.024	34.52	0.462	46.54	0.026
	ND N+S	-26.40	0.047	-42.20	0.452	36.33	0.452	-15.34	0.628
	TD N+S	-124.91	< 0.001	-115.33	0.024	14.33	0.806	93.08	0.029
Tielt-Winge	DD NH _x	-23.35	< 0.001	-20.50	0.009	-45.08	0.221	-74.36	0.001
	ND NH _x	-10.75	0.086	-19.00	0.260	-3.50	1.000	-7.54	0.372
	TD NH _x	-33.90	0.002	-38.40	0.060	-27.50	0.221	-82.42	0.008
	DD NO _y	-15.58	0.002	-32.33	0.060	7.50	0.462	0.52	0.911
	ND NO _y	-2.75	0.099	-6.80	0.707	-0.65	0.133	-6.24	0.288
	TD NO _y	-20.79	0.003	-39.75	0.060	-2.20	1.000	3.64	0.641
	DD SO _x	-23.31	< 0.001	-12.00	0.060	3.57	0.806	6.24	0.213
	ND SO _x	-10.93	0.003	-10.20	0.452	-6.00	0.566	-7.80	0.168
	TD SO _x	-34.20	< 0.001	-24.40	0.260	-6.17	0.462	14.04	0.127
	DD N+S	-67.43	< 0.001	-66.50	0.024	-82.00	0.462	-37.70	0.035
	ND N+S	-27.80	0.047	-36.00	0.452	10.00	0.452	-21.58	0.241
	TD N+S	-92.73	< 0.001	-103.00	0.060	-68.33	0.462	-6.24	0.828

Meetplaats	Variabele	OPS				Meetnet			
		1990-2006		2001-2006		Kendall (2002-2007)		GAM (2001-2007)	
		Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde	Helling	P-waarde
Mol / Retie	DD NH _x	-36.50	0.002	-39.40	0.024	-85.75	0.086	-107.38	< 0.001
	ND NH _x	-17.36	0.047	-27.20	0.260	9.30	0.806	7.80	0.659
	TD NH _x	-57.62	0.002	-70.00	0.060	-82.10	0.462	-83.46	0.018
	DD NO _y	-20.15	0.011	-58.60	0.024	5.95	0.462	-3.12	0.626
	ND NO _y	-3.40	0.304	-7.20	0.707	-0.28	0.806	-3.12	0.675
	TD NO _y	-27.32	0.016	-53.33	0.060	-1.80	1.000	1.30	0.890
	DD SO _x	-48.00	< 0.001	-41.60	0.024	-16.12	0.462	-7.02	0.347
	ND SO _x	-11.11	0.054	-18.80	0.452	-3.73	0.806	-8.58	0.381
	TD SO _x	-62.83	0.001	-59.60	0.133	-14.50	1.000	-11.70	0.409
	DD N+S	-128.00	< 0.001	-139.60	0.009	-109.73	0.221	-124.02	< 0.001
	ND N+S	-37.16	0.047	-53.20	0.452	6.33	0.707	-3.90	0.907
	TD N+S	-158.09	0.001	-192.20	0.024	-104.90	0.462	-135.46	0.004
Wingene	DD NH _x	-244.67	0.001	-173.33	0.024	-119.25	0.027	-145.08	< 0.001
	ND NH _x	-44.50	0.034	-55.00	0.260	5.00	1.000	-22.88	0.076
	TD NH _x	-325.83	0.001	-230.00	0.024	-162.25	0.221	-140.14	< 0.001
	DD NO _y	-23.05	0.011	-41.00	0.024	10.20	0.462	3.90	0.608
	ND NO _y	-2.11	0.148	-7.20	0.707	-0.02	1.000	-12.22	0.085
	TD NO _y	-27.18	0.004	-56.20	0.009	-2.58	0.806	-0.52	0.962
	DD SO _x	-30.00	< 0.001	-24.00	0.024	3.10	1.000	10.14	0.158
	ND SO _x	-9.80	0.009	-9.60	0.452	0.67	1.000	-20.54	0.029
	TD SO _x	-38.60	< 0.001	-30.00	0.133	-6.04	0.462	5.20	0.625
	DD N+S	-313.15	< 0.001	-227.50	0.009	-146.12	0.086	-147.42	< 0.001
	ND N+S	-57.02	0.011	-71.00	0.133	-24.00	1.000	-55.64	0.047
	TD N+S	-374.58	< 0.001	-283.00	0.024	-177.62	0.462	-137.02	0.002
Zwevegem	DD NH _x	-66.83	< 0.001	-78.00	0.024	-95.83	0.027	-163.54	< 0.001
	ND NH _x	-9.21	0.216	-42.00	0.181	-7.00	1.000	-4.42	0.675
	TD NH _x	-90.00	0.002	-110.00	0.133	-132.75	0.027	-154.96	< 0.001
	DD NO _y	-19.47	0.007	-55.60	0.024	13.07	0.462	3.12	0.671
	ND NO _y	-2.98	0.373	-9.80	0.707	-0.40	0.339	-7.02	0.246
	TD NO _y	-24.25	0.007	-55.67	0.024	-1.12	1.000	3.38	0.665
	DD SO _x	-40.00	< 0.001	-33.33	0.024	-22.00	0.221	-16.38	0.056
	ND SO _x	-9.75	0.064	-14.40	0.707	-18.00	0.707	-19.50	0.009
	TD SO _x	-50.25	< 0.001	-40.80	0.060	-37.10	0.086	-24.70	0.052
	DD N+S	-124.35	< 0.001	-159.20	0.024	-163.30	0.086	-189.28	< 0.001
	ND N+S	-29.58	0.193	-53.40	0.452	-47.00	0.707	-30.94	0.175
	TD N+S	-152.28	< 0.001	-213.80	0.024	-141.00	0.027	-179.14	< 0.001

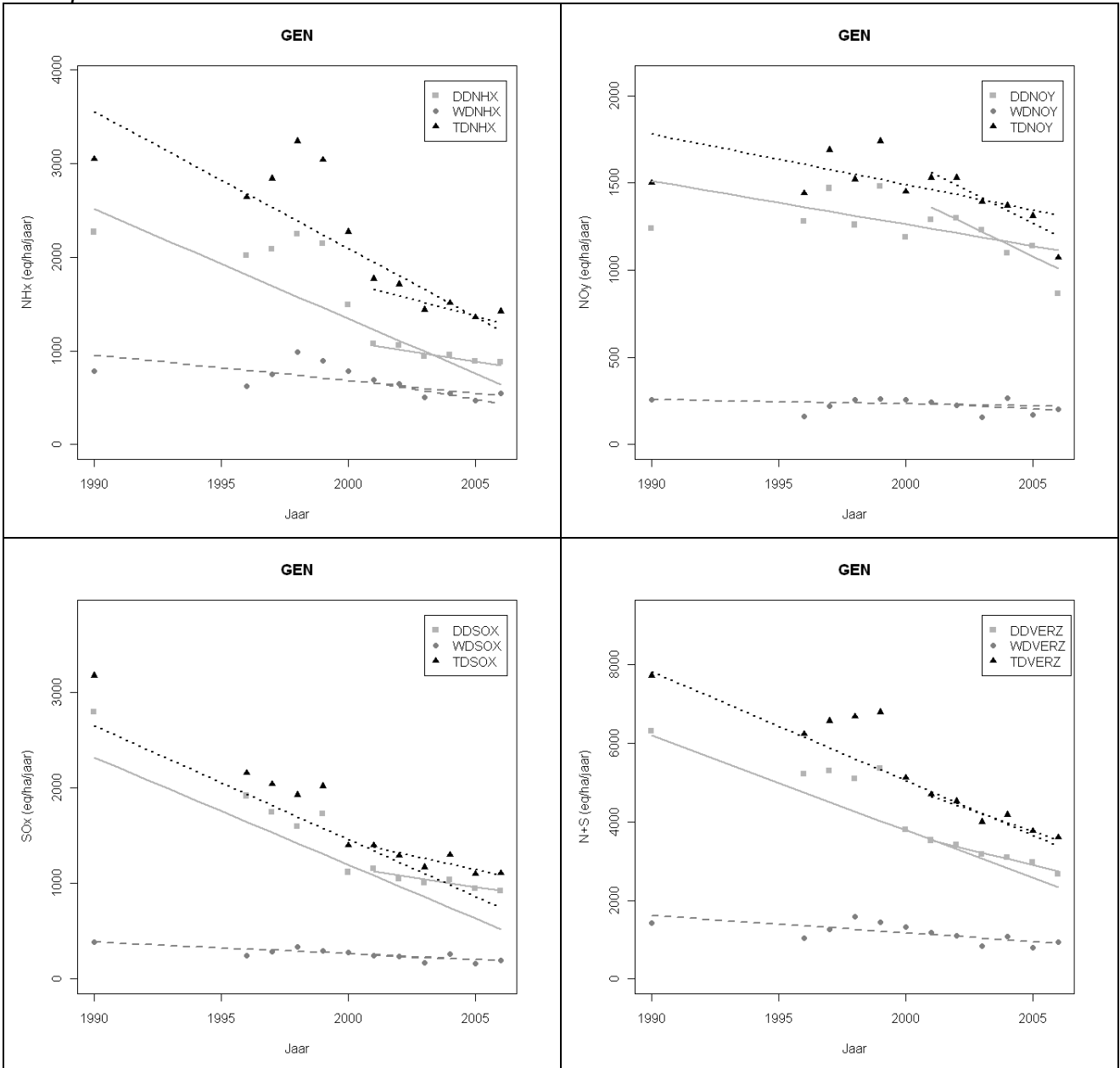
Appendix 8b

Tijdstrend in de door OPS gegenereerde droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NH_x, NO_y, SO_x en de potentieel verzurende polluenten (N+S) voor de meetplaatsen Bonheiden (Bon), Gent (Gen), Kapellen (Kap), Koksijde (Kok), Maasmechelen (Maa), Tiel-Winge (Tie), Mol / Retie (Mol) en Zwevegem (Zwe) van het meetnet verzuring voor de periodes 1990-2006 en 2001-2006.

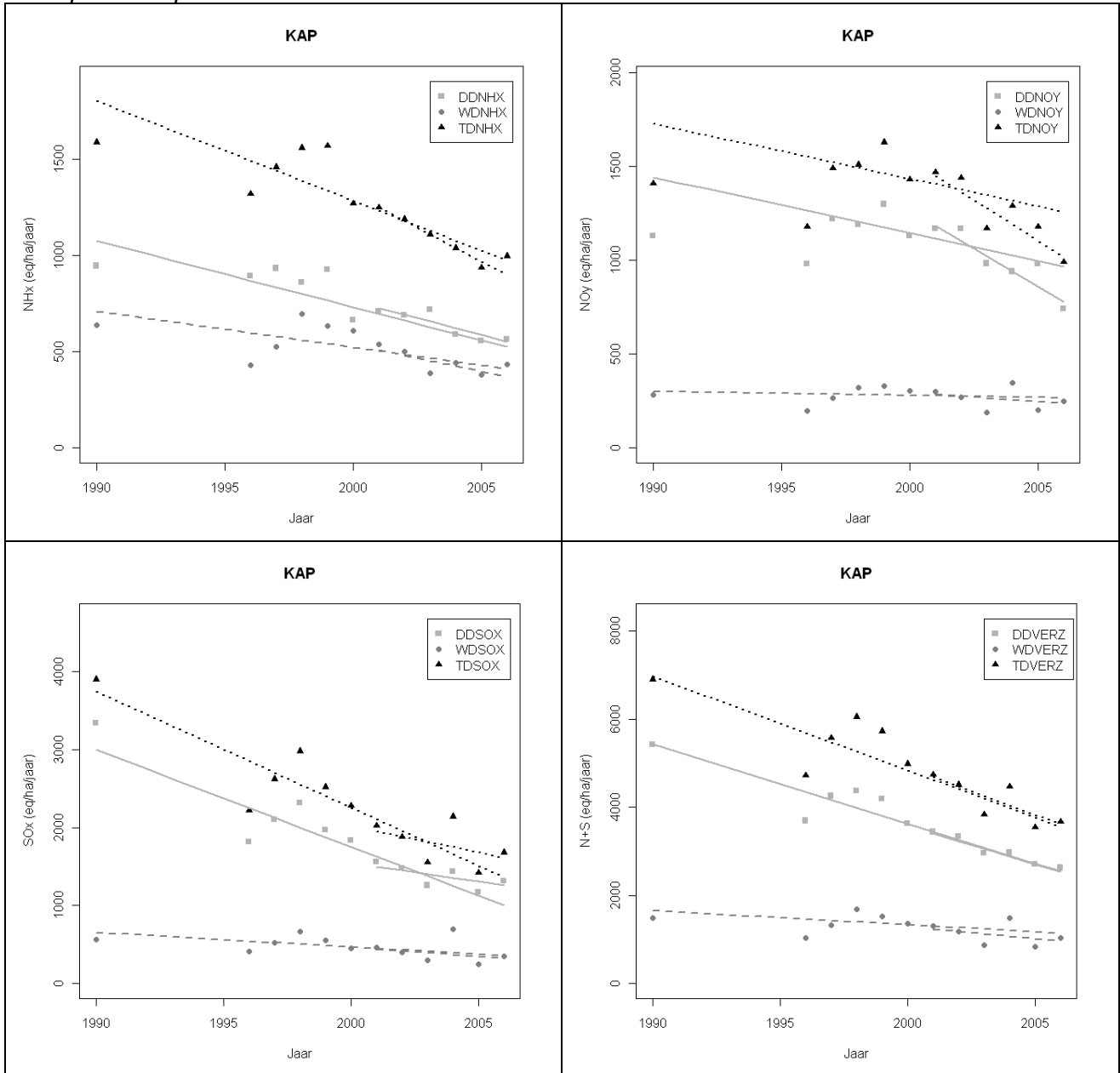
Meetplaats Bonheiden



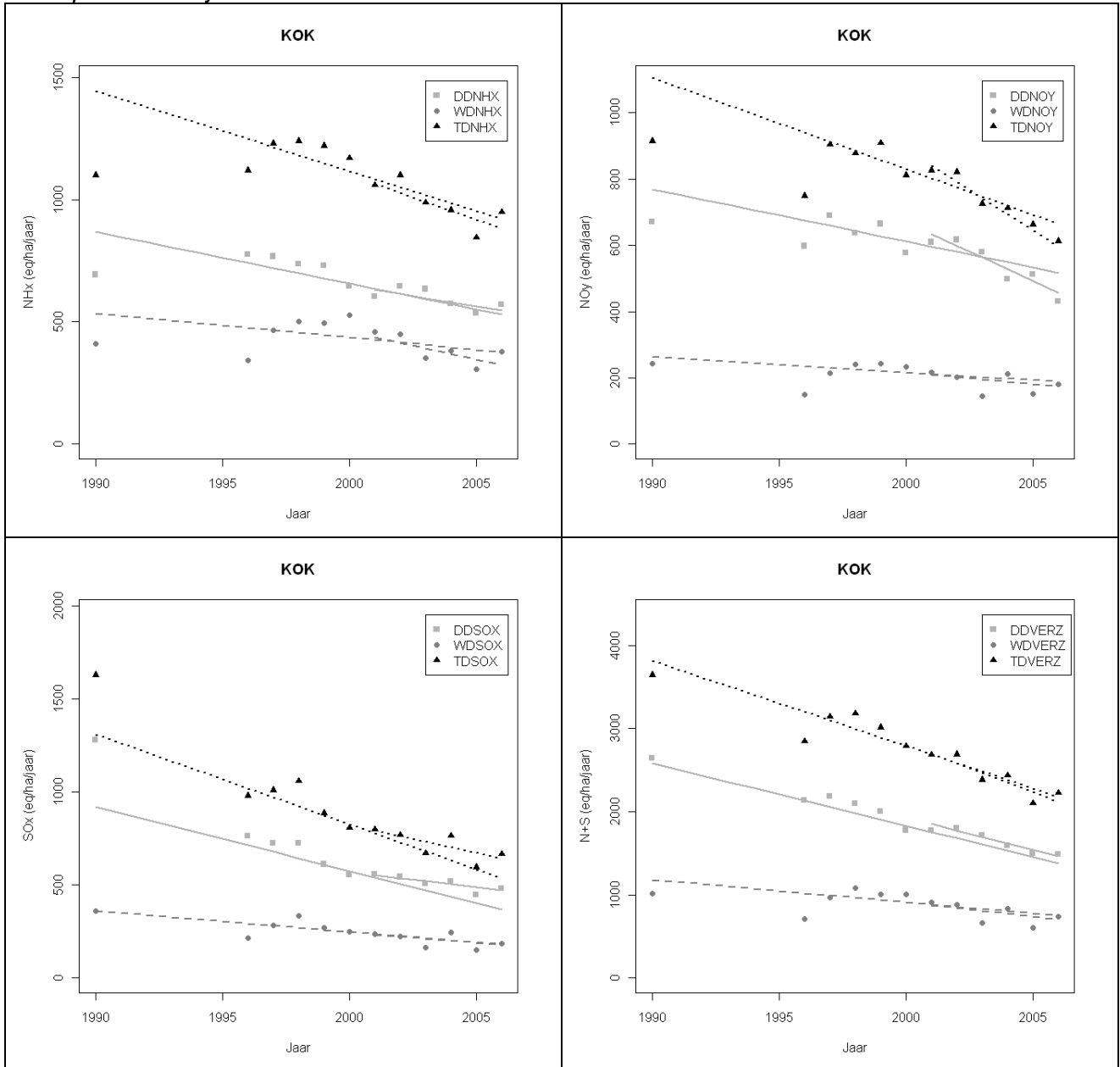
Meetplaats Gent



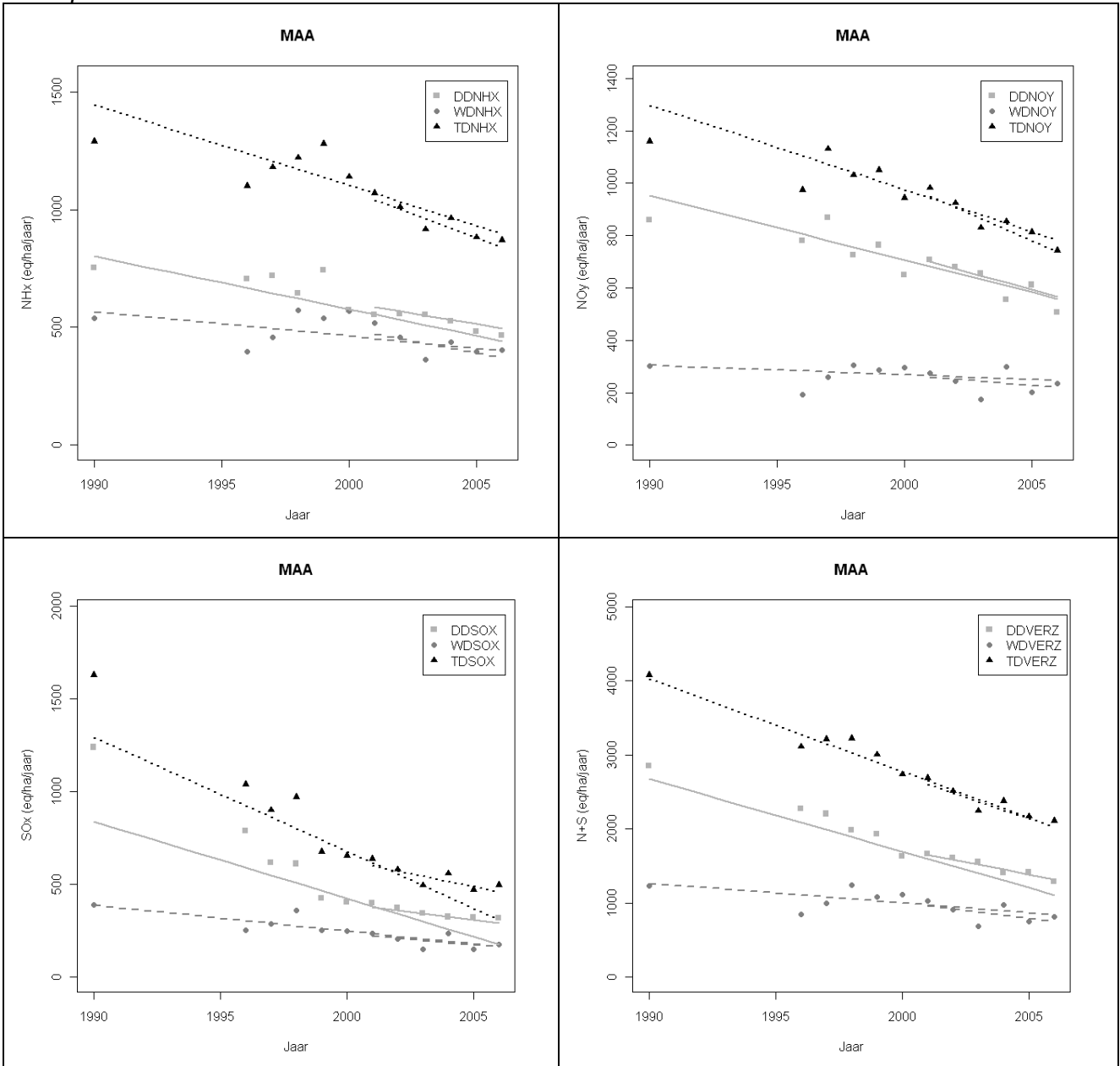
Meetplaats Kapellen



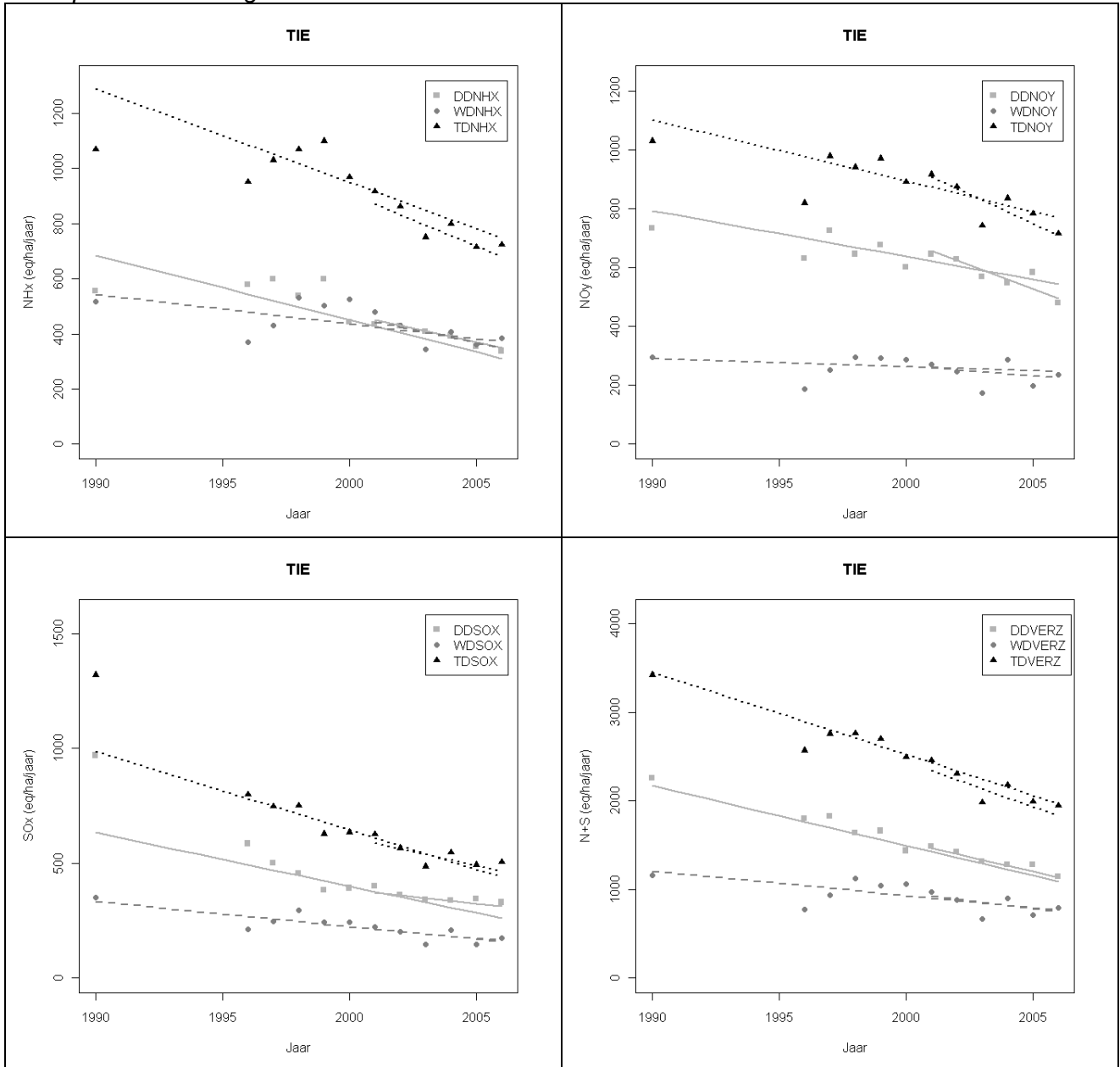
Meetplaats Koksijde



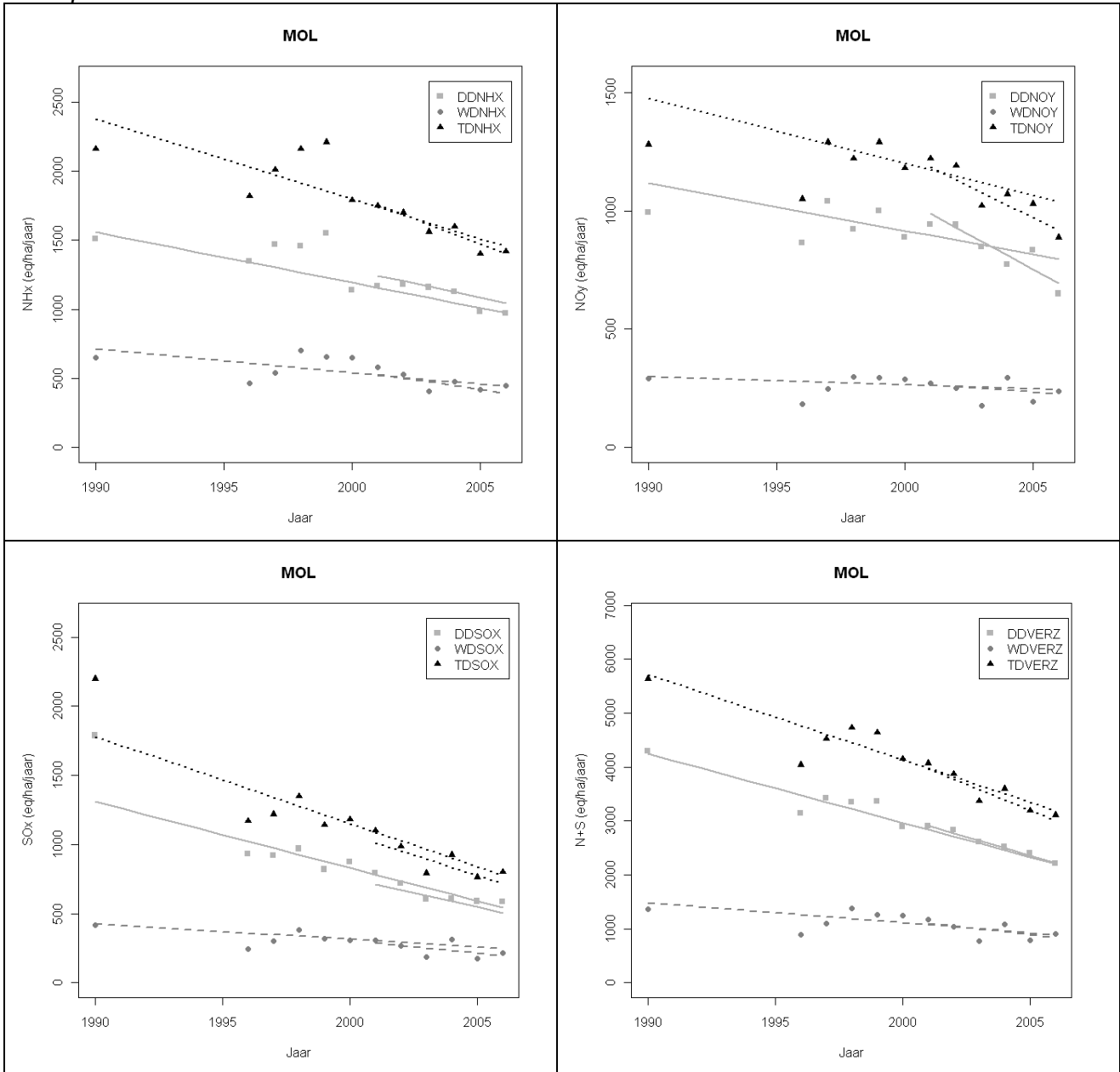
Meetplaats Maasmechelen



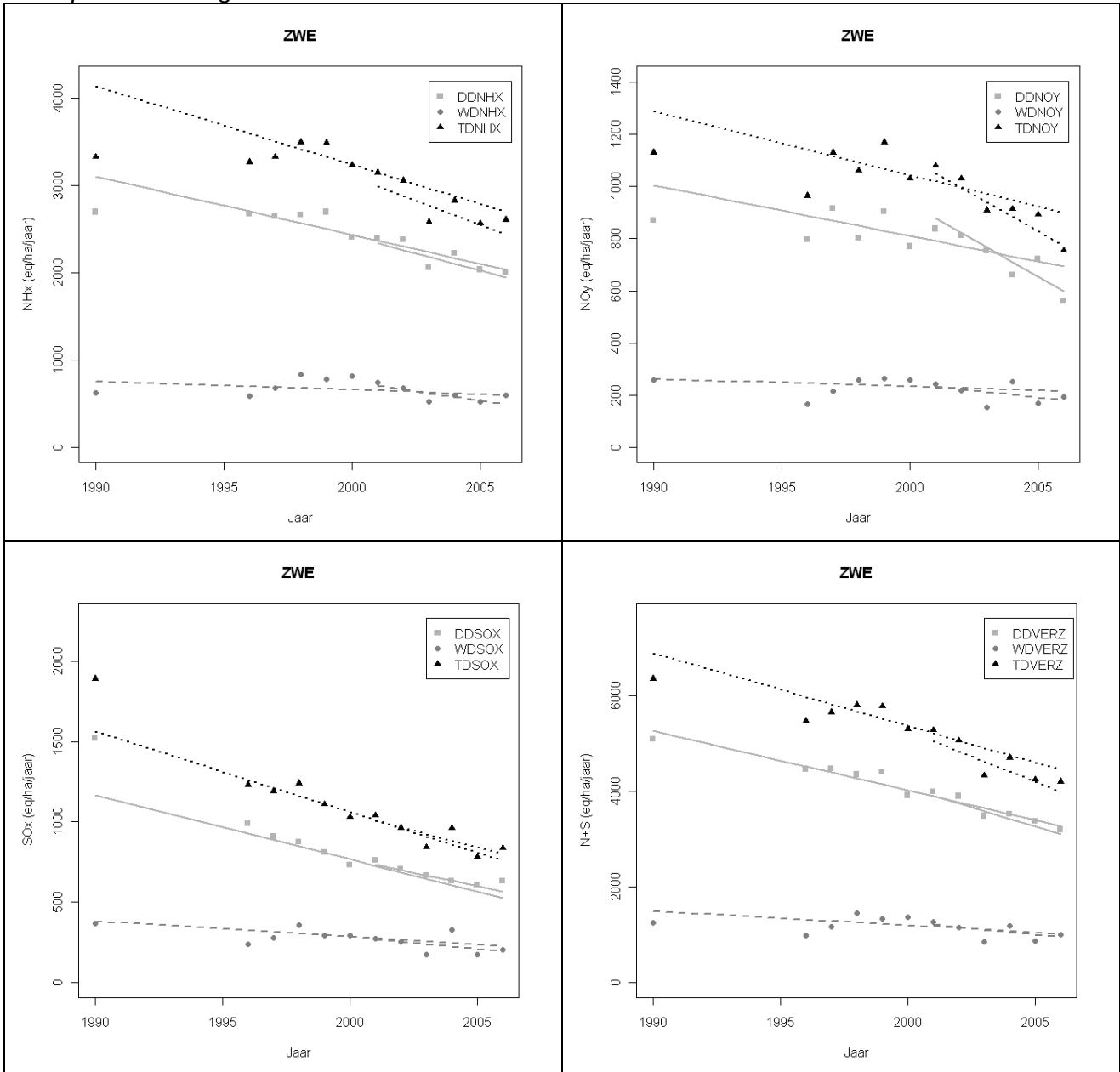
Meetplaats Tielt-Winge



Meetplaats Mol / Retie



Meetplaats Zwevegem



Appendix 9

Gezamenlijke tijdstrend voor alle meetplaatsen in het meetnet verzuring op basis van de *Regional* Kendall-test op jaarlijkse gemeten droge (DD), natte (ND) en totale (TD) depositie (eq ha⁻¹ jaar⁻¹) van NHx, NOy, SOx en de som van potentieel verzurende polluenten (N+S) voor de vegetatietypes heide en loofbos, voor de periode 2002-2007.

