

Project Revisie Nationaal Model

Deelrapport III

De Monte-Carlomethode

Een snelle benaderende versie van het Nationaal Model

Rapporteur: J.J. Erbrink

1. Inleiding

In het Nationaal Model wordt een aaneengesloten en representatieve tijdreeks van weerssituaties doorgerekend: de uur-voor-uur methode. Deze werkwijze kent als voornaamste voordelen dat op een gedetailleerde wijze rekening wordt gehouden met het hele scala aan combinaties van weerparameters. Tevens wordt op de meest betrouwbare manier een concentratie frequentieverdeling berekend, waaruit alle percentielen kunnen worden bepaald, ongeacht welk proces voor de concentraties het meest bepalend is. Als bijkomend praktisch nadeel geldt dat de rekentijden soms aanzienlijk kunnen zijn bij de huidige generatie computers als het aantal bronnen en receptor-punten erg groot is. Naarmate de computers sneller worden, zal dit nadeel minder voelbaar zijn. Vooral bij het doorrekenen van veel bronnen, kan de rekentijd echter tot vele uren toenemen. Naast rekentijd speelt nog het punt mee dat de achtergrondconcentraties bij voorkeur op uurgemiddelde basis aanwezig dienen te zijn. Voor dit laatste punt is echter een andere voor de hand liggende oplossing beschikbaar (deze bestaat uit het genereren van een uur-voor-uur achtergrond uit windroos-gemiddelden onder dezelfde lognormaliteitsaannames als de LTFD methode toepast voor de achtergrond).

Deze steekproefmethode is op een laat moment in het project Revisie Nationaal Model opgezet, toen duidelijk werd dat de LTFD methode voor de percentielberekening niet kon rekenen op voldoende wetenschappelijke consensus. Voor het berekenen van jaargemiddelden via de klassenmethode was de consensus (zonder voorbehoud) wel aanwezig. De LTFD methode die voor de percentiel-berekeningen nodig is in aanvulling op de klassenmethode is gebaseerd op de volgende veronderstellingen:

- 1 concentraties zijn log-normaal verdeeld
- 2 de verdeling is qua vorm onafhankelijk van de windrichting
- 3 toevoeging of verwijdering van een bron verandert de vorm van de verdeling niet
- 4 de vorm van de verdeling is onafhankelijk van de stof

Aan voorwaarde 1 is niet altijd (maar soms wel) voldaan; aan voorwaarde twee is bewezen in ernstige mate niet voldaan te zijn; aan voorwaarde 3 wordt principeel niet voldaan en voorwaarde 4 is in het kader van het project revisie Nationaal Model slechts deels onderzocht (namelijk alleen voor SO_2 en NO_x). Deze conclusies zijn uit de verschillende deelanalyses naar voren gekomen. Uit rekenexercities blijken deze bezwaren regelmatig tot redelijk grote afwijkingen te kunnen leiden in de eindresultaten. De wens voor een snelle rekenmethode bleef echter bestaan. Aangezien aan de LTFD-methode voor toepassingen met niet te veel bronnen dus te veel nadelen kleven, is bij KEMA een eenvoudige doch doeltreffende methode ontwikkeld om snel te kunnen rekenen: de Monte-Carlomethode.

2. De methode

2.1 Beschrijving

Het Nationaal Model biedt een eenvoudige en doeltreffende mogelijkheid om (aanzienlijk) sneller te rekenen wanneer aan de nauwkeurigheid van de eindresultaten enige concessies gedaan mogen worden. Uit de uren met meteorologische gegevens wordt via random-sampling een steekproef gedaan; alleen voor deze uren worden alle berekeningen met het Nationaal Model (dus uur-voor-uur) uitgevoerd. De meteorologische preprocessing zelf (vooral het berekenen van de grenslaag-hoogte) geschiedt echter met alle uren; de dispersieberekening (waaronder alle roosterpunt berekeningen) worden voor de gesampelde uren uitgevoerd. Deze constructie biedt een optimale combinatie tussen nauwkeurigheid en rekensnelheid. Bij deze steekproef is alle invoer en zijn alle berekeningen identiek aan die bij het volledige model en worden dus automatisch steeds de goede uitkomsten verkregen voor de steekproefuren. Dit geldt ook voor de eventuele modules die in de toekomst aan het model worden toegevoegd. De enige zorg is een optimale keus van de steek-proefomvang te maken.

Wanneer berekeningen van percentielen over 24-uurs (of 8-uurs) gemiddelde waarden gedaan moeten worden, geschiedt de steekproefmethode in blokken van 24 uur (resp. 8 uur). Uit dergelijke blokken (startend om 0h00 's nachts) wordt dan random gesampled. De steekproefomvang wordt dan bepaald door een optimale keus te maken tussen de gewenste nauwkeurigheid en de rekentijd. De rekentijd is vrijwel gelijk aan de oorspronkelijke rekentijd (bij het doorrekenen van 100% uren) vermenigvuldigd met de steekproeffractie. Indien 5% van de uren worden doorgerekend is de rekentijd dus 20 maal korter.

2.2 Nauwkeurigheid

In deze rapportage is aangegeven welke nauwkeurigheid ten opzichte van het doorrekenen van alle uren verkregen wordt, wanneer een bepaalde fractie van de uren wordt doorgerekend. Het doel hier is de gebruiker inzicht te geven in de resulterende nauwkeurigheid en hulp te bieden bij de keuze van een juiste steekproefomvang.

De nauwkeurigheid zal afhangen van:

- effectieve bronhoogte
- terreinruwheid
- middelingstijd (1-, 8-, of 24 uur) voor percentielberekening
- afstand tot de bron
- luchtkwaliteits-parameter (jaargemiddelde, depositiehoeveelheid, percentielwaarde)

Berekeningen met STACKS (de uur-voor-uur methode) zijn uitgevoerd voor bepaalde gridpunten (323 stuks) voor 6 bronnen, in een polair grid; de receptor-dichtheid is het hoogst ter lokatie van de hoogste (jaargemiddelde) concentraties. De receptorpunten zijn dezelfde als welke zijn gebruikt in de rapportage over het klassenmodel. Berekend zijn de jaargemiddelde concentraties, de depositiehoeveelheden en de percentielwaarden. Zie de bijlagen na deze paragraaf.

2.3 Presentatie

Als belangrijkste resultaten worden aangegeven voor welk percentage van de gridpunten de parameterwaarde minder dan 30% afwijkt van rekenen met 100% van de uren. Voorts wordt de gemiddelde afwijking over alle gridpunten beschouwd. Deze resultaten zijn gegeven in tabellen, ondersteund met staafdiagrammen. Er is dan nog geen informatie over de verdeling van de afwijkingen binnen en buiten deze 30%. Evenmin is dan informatie over de ruimtelijke verdeling van de geconstateerde afwijkingen. Het maakt immers uit of deze optreden bij de lagere concentratieniveaus dan wel bij de hoogste niveaus. Daarom worden scatterplots van de resultaten bij x% samplen en 100% gegeven in bijlagen om het effect van de steekproefmethode te demonstreren.

2.4 Criteria voor acceptatie

Een resultaat wordt voorgesteld acceptabel te zijn, indien 70% van de gridpunten minder dan 30% afwijking vertoont ten opzichte van de resultaten met 100% van de uren doorrekenen. Bovendien mogen de afwijkingen in de buurt van de hoogste waarden in ieder geval niet groter zijn dan deze 30%. De gemiddelde afwijking in het hele grid mag bovendien niet groter dan 20% zijn.

De parameters die we zullen beschouwen als maat voor acceptatie leiden we af van de normstellingen. Voor geur geldt (eigenlijk gold) een 98- en een 99.5-percentielwaarde voor uurgemiddelden. In praktijk zullen de meeste toepassingen van het model geur betreffen. In veel gevallen zijn de geuremissies afkomstig uit verschillende bronnen, die in vrijwel alle gevallen lage bronnen zullen zijn. Het is daarom aanbevelenswaardig om voor geur een aparte aanbeveling te maken. Voor SO₂ en fijn stof gelden normen voor 24-uurgemiddelden waarden als 95- en 98-percentielwaarden. Voor NO₂ gelden 98- en 99.5 percentielwaarden van uurgemiddelden. Voor verschillende componenten zijn jaargemiddelden van belang. Daarom laten we de genoemde eisen ook voor jaargemiddelden gelden. Bij de depositie resultaten is alleen gelet op de kwaliteit van de totale depositiecijfers; de afzonderlijke getallen voor nat en droog zijn interessant uit studie oogpunt bezien, maar niet vanuit de toepassingspraktijk.

3. Rekenexercities

3.1 Programma van berekeningen

Het is onpraktisch om alle combinaties door te rekenen. Daarom is een selectie genomen, waardoor men in staat is de kwaliteit van een brede doorsnede van toepassingen te beoordelen. Achtergrondconcentraties zijn niet meegenomen in de berekeningen; gezien de methodiek wordt aangenomen (in tegenstelling tot het klassenmodel) dat de invloed van een enkele bron op een schone omgeving de gevoeligste situatie oplevert. Combinatie met achtergrond gegevens gaat met de uur-voor-uur methode automatisch goed: er worden immers geen aanvullende aannamen gedaan. De combinatie van meerdere bronnen, oppervlaktebronnen en gebouwinvloed is evenmin onderzocht, maar is vanwege het karakter van de methode overbodig. Aangezien deze toepassingen in het algemeen alle tot minder scherpe concentratie en depositie gradiënten zal leiden, wordt aangenomen, dat de steekproef methode voor die situaties geen grotere maar eerder kleinere afwijkingen ten opzichte van uur-voor-uur rekenen zal opleveren. Immers; de steekproef methode leidt tot grotere onzekerheid naar mate de concentratiepatronen (van uur tot uur) sterkere gradienten vertoont. Dit is een plausibele, maar tevens voorlopige aanname, nader onderzoek zal moeten leiden tot een werkelijk optimale steekproefomvang voor deze situaties.

De volgende combinaties zijn doorgerekend:

Bronnen:

1.5 m hoge bron	tot 6 km afstand
10 m hoge bron	tot 6 km afstand
30 m hoge bron	tot 6 km afstand
50 m hoge bron	tot 6 km afstand
50 m hoge bron met 10 MW warmte output.	tot 8 km afstand
75 m hoge bron	tot 6 km afstand
150 m hoge bron met 80 MW warmte output.	tot 14 km afstand

Ruwheden:

10 cm (geldend voor open landelijk gebied) en 100 cm (geldend voor stedelijk gebied).

Meteorologie:

Schiphol over de periode 1/1990-12/1994

Middelinstijden (voor percentielberekening)

1-uur en 24-uur percentielen

Steekproefomvang:

In principe is uitgegaan van een steekproef omvang van 5%. Voor de 30 m hoge bron is doorge-rekend: 1%, 3%, 5%, 10%, 15%, 25% en 50% steekproefomvang; voor de 150 m hoge bron 5%, 10% en 20%.

Tenslotte is voor de 30 m bron de steekproefmethode (omvang 5%) tienmaal uitgevoerd om de robuustheid van de methode te bezien.

3.2 Resultaten

In de tabellen 1 t/m 5 zijn de resultaten samengevat.

Van de zes onderzochte bronnen worden de resultaten voor jaargemiddelden, depositie en 98- en 99.5 percentielen voor alle, behalve hoge bronnen, voldoende nauwkeurig berekend, wan-neer een steekproefomvang van 5% wordt toegepast in plaats van het doorrekenen van alle uren. Dit geldt voor een ruwheid van 10 cm maar nog duidelijker voor een ruwheid van 1 m. Ook de resultaten voor 24-uurgemiddelde percentielen zijn vrijwel steeds voldoende nauwkeu-rig; alleen de 99.5 percentielwaarden zijn net sub-kritisch, hetgeen vanzelf volgt uit het te kleine aantal dagen dat in de steekproef vertegenwoordigd is (0.5% uit 5 maal 365 dagen is 9 dagen). Indien we de ruimtelijke verdelingen van de afwijkingen beschouwen, blijken recep-torpunten met afwijkingen van meer dan 30% zich ver van de plaatsen met de hogere concen-traties te bevinden.

De 50 m bron met 10 MW heeft gemiddeld over 5 jaar een effectieve schoorsteenhoogte van ongeveer 125 m en behoort daarom eigenlijk tot de hogere bronnen. Voor deze bron en voor de 150 m hoge bron zijn de resultaten voor 24-uur gemiddelden onvoldoende bij een steekproef van 5%. Een steekproef van 10% voor 24-uurgemiddelden blijkt echter vrijwel steeds tot goede resultaten te leiden (zie Tabel 5). Voor deze hoge bronnen is het berekenen van de parameters voor uurgemiddelden te onzeker om deze in de aanbevelingen op te nemen. Percentiel-waarden bij hoge bronnen kunnen zelfs bij een steekproefomvang van 20% niet voldoende nauwkeurig berekend worden.

In de staafdiagrammen (figuren 1 t/m 4) zijn de afwijkingen van de Monte-Carlomethode ten opzichte van het uur-voor-uurmodel gemiddeld voor alle gridpunten weergegeven. Ook is het aantal gridpunten dat minder dan 30% afwijkt gepresenteerd.

In de figuren 5 t/m 18 wordt de spreiding in de resultaten van de Monte-Carlomethode ten opzichte van het uur-voor-uurmodel weergegeven. Per bron zijn de 98- en de 99,5-percentiel-waarden vergeleken. In de figuren 5 t/m 11 voor een ruwheid van 0,1 m; in de figuren 12 t/m 18 voor een ruwheid van 1 m.

In Figuur 19 is de spreiding tussen 10 verschillende trekkingen van 5% in beeld gebracht voor de 30 meter bron.

Tabel 1 *Berekeningsresultaten Monte-Carlo rekenen STACKS. Uurgemiddelden, Ruwheid=0.1 m. Polair grid met 323 roosterpunten. Achtereenvolgens: percentage gridpunten dat niet meer dan 30% afwijkt; de gemiddelde afwijking over de gridpunten. Ideaal is een invulling 100/1.00*

Bron/ steekproef omvang (5%)	5-jaar gemiddelde concentratie	Depositie	Percentielwaarden			
			95-p	98-p	99-p	99.5-p
1.5	98/1.00	99/1.01	37/1.30	94/1.06	97/1.04	95/1.01
10	97/1.01	99/1.02	46/1.29	89/1.07	97/1.04	97/1.01
30						
1%	68/1.05	71/1.02	25/3.31	61/1.04	69/1.15	77/1.00
3%	90/1.03	90/1.02	40/1.66	77/1.11	89/1.20	91/1.02
5%	97/1.02	95/1.03	45/1.39	83/1.10	96/1.07	94/1.04
10%	97/0.98	98/0.99	59/0.97	94/1.03	98/1.00	96/0.99
50 - 0 MW	96/1.02	94/1.04	44/1.20	89/1.08	97/1.05	99/1.06
50 - 10 MW	83/0.95	76/1.02	34/0.65	41/0.99	68/0.95	83/1.01
75	87/1.01	80/1.02	41/1.20	65/1.07	83/1.03	88/1.04
150 - 80 MW						
5%	41/0.71	43/0.91	38/0.61	24/0.44	26/0.63	52/0.70
10%	33/0.58	75/0.96	0.0/-0.21	20/0.43	26/0.63	28/0.49
20%	42/0.63	85/0.97	0.0/-0.16	11/0.37	21/0.40	29/0.51

Tabel 2 *Berekeningsresultaten Monte-Carlo rekenen STACKS. Uurgemiddelden, Ruwheid=1 m. Polair grid met willekeurige punten. Achtereenvolgens: percentage gridpunten dat niet meer dan 30% afwijkt; de gemiddelde afwijking over de gridpunten. Ideaal is een invulling 100/1.00*

Bron/ steekproef omvang (5%)	jaar gemiddelde concentratie	Depositie	Percentielwaarden			
			totaal	95-p	98-p	99-p
1.5	100/1.00	100/1.00	96/1.05	98/1.03	97/1.03	98/1.02
10	100/1.00	100/1.00	97/1.04	99/1.03	96/1.03	97/1.02
30	100/1.01	100/1.01	98/1.04	99/1.02	97/1.03	97/1.03
50 - 0 MW	98/1.00	98/1.00	89/1.05	98/1.01	96/1.01	91/1.04
50 - 10 MW	96/1.01	88/1.02	48/1.16	87/1.02	97/1.03	98/1.03
75	98/1.00	97/1.01	83/1.03	99/1.03	97/1.03	92/1.05
150 - 80 MW	87/0.98	76/1.02	49/0.90	64/0.99	78/1.06	88/1.03

Tabel 3 Berekeningsresultaten Monte-Carlo rekenen STACKS. 24-uurgemiddelden, Ruwheid=0.1 m. Polair grid met willekeurige punten. Achtereenvolgens: percentage gridpunten dat niet meer dan 30% afwijkt; de gemiddelde afwijking over de gridpunten. Ideaal is een invulling 100/1.00

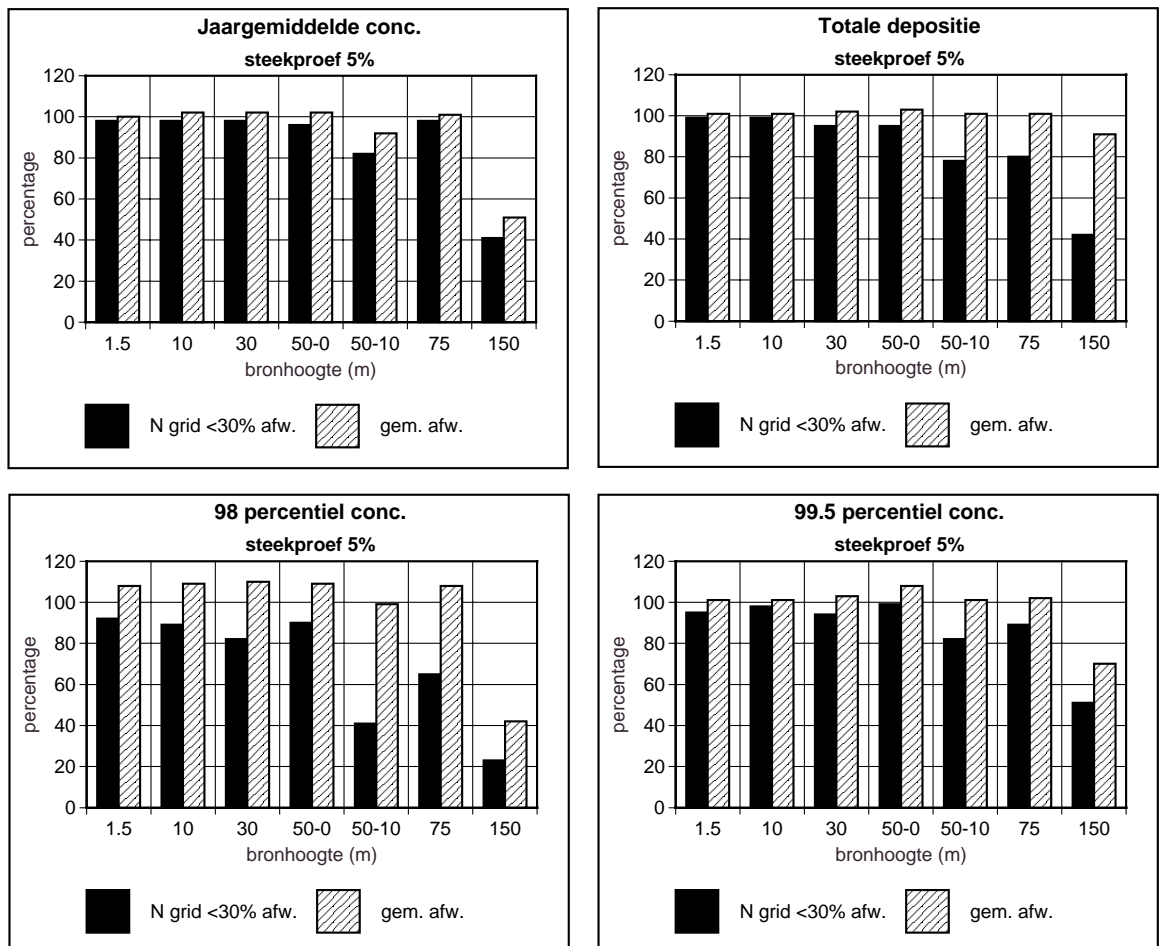
Bron/ steekproef grootte	jaar gem.	Depositie			Percentielwaarden			
		totaal	nat	droog	95-p	98-p	99-p	99.5-p
1.5 5%	90/0.93	83/0.97	36/0.95	83/0.97	78/0.99	78/1.05	61/1.22	58/1.00
10 5%	90/0.93	81/0.97	40/0.95	81/0.97	79/0.98	75/1.08	60/1.21	61/1.01
30								
1%	44/0.92	47/0.99	38/0.76	47/1.01	28/1.45	44/0.90	43/0.71	33/0.60
3%	57/0.93	54/0.99	38/0.91	51/0.99	59/1.04	57/0.88	59/1.07	58/0.90
5%	78/0.97	73/1.01	33/0.97	73/1.00	67/1.04	70/1.10	61/1.21	67/1.01
10%	94/0.95	92/0.98	61/0.91	91/0.98	86/0.98	88/0.99	79/1.07	66/1.16
15%	95/0.96	94/0.97	68/0.85	93/0.97	86/1.02	95/1.03	91/1.05	87/1.03
25%	98/0.96	97/0.96	76/0.84	98/0.97	96/1.00	99/1.00	95/1.03	93/1.01
50%	100/0.99	100/0.99	100/0.99	100/0.99	99/1.00	100/1.01	99/1.01	98/1.03
50 5%	60/0.98	61/0.99	43/0.90	55/1.01	44/1.11	57/1.10	55/1.23	66/1.00
75 5%	63/1.00	61/1.01	39/0.97	58/1.03	55/1.07	74/1.08	69/1.16	82/0.97
150								
5%	36/0.89	52/0.88	23/0.86	35/0.91	39/1.03	40/1.04	31/1.28	46/0.94
10%	80/1.17	76/0.99	70/0.91	77/1.22	73/1.54	60/1.40	58/1.32	54/1.35
20%	73/1.06	90/0.91	78/0.83	75/1.09	71/1.03	68/1.30	72/1.14	68/1.10

Tabel 4 Berekeningsresultaten Monte-Carlo rekenen STACKS. 24-uurgemiddelden, Ruwheid=1 m. Polair grid met willekeurige punten. Achtereenvolgens: percentage gridpunten dat niet meer dan 30% afwijkt; de gemiddelde afwijking over de gridpunten. Ideaal is een invulling 100/1.00

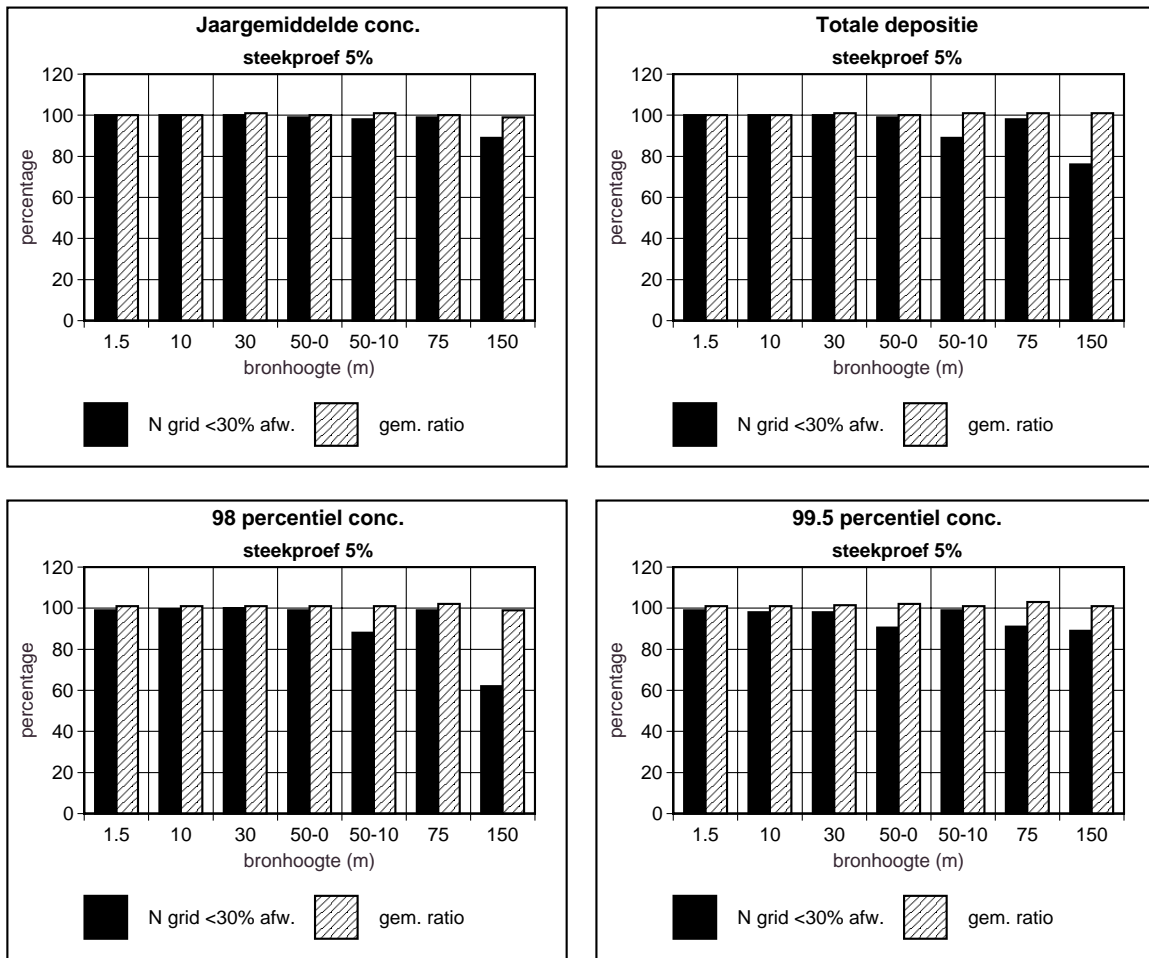
Bron/ steekproef grootte (5%)	jaar gem.	Depositie			Percentielwaarden			
		totaal	nat	droog	95-p	98-p	99-p	99.5-p
1.5	98/0.93	93/0.95	43/0.93	93/0.94	87/1.01	82/1.02	61/1.23	67/1.04
10	98/0.93	93/0.95	43/0.93	93/0.95	89/1.00	84/1.02	62/1.22	66/1.04
30	97/0.94	92/0.96	42/0.93	92/0.95	88/1.02	86/1.05	65/1.19	74/1.03
50	69/1.04	65/1.06	39/0.99	67/1.07	64/1.18	59/1.21	64/1.21	72/1.03
75	84/1.00	79/1.00	42/0.94	81/1.02	81/1.06	75/1.11	70/1.19	78/1.20
150	56/1.07	61/1.06	62/1.11	41/0.95	47/1.39	45/1.29	52/1.30	62/1.02

Tabel 5 Berekeningsresultaten Monte-Carlo rekenen STACKS. 24-uurgemiddelden, Ruwheid=1 m. Polair grid met willekeurige punten. Achtereenvolgens: percentage gridpunten dat niet meer dan 30% afwijkt; de gemiddelde afwijking over de gridpunten. Ideaal is een invulling 100/1.00

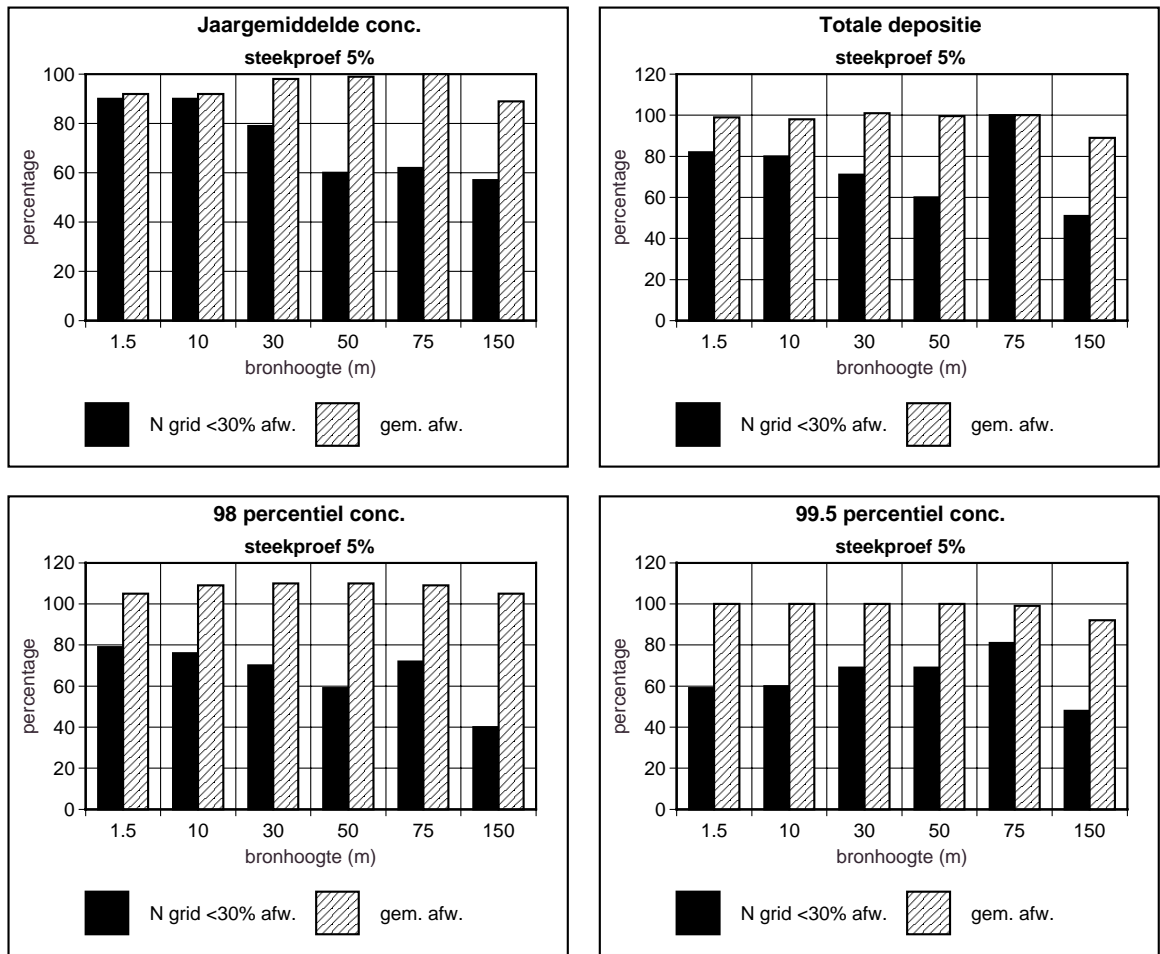
Bron/ steekproef grootte (10%)	jaar gem.	Depositie			Percentielwaarden			
		totaal	nat	droog	95-p	98-p	99-p	99.5-p
1.5								
10	99/0.91	99/0.93	82/0.93	99/0.93	92/0.93	98/0.97	84/1.03	78/1.08
30	100/0.92	100/0.94	81/0.93	100/0.94	97/0.95	98/0.98	86/1.03	79/1.10
50	90/1.00	89/1.01	78/0.98	87/1.02	84/1.03	80/1.05	71/1.11	59/1.19
75	92/1.00	95/0.97	76/0.92	92/1.01	94/1.00	94/0.99	89/1.02	68/1.31
150	86/1.08	79/1.00	71/0.87	78/1.10	74/1.24	77/1.12	65/1.24	61/1.40



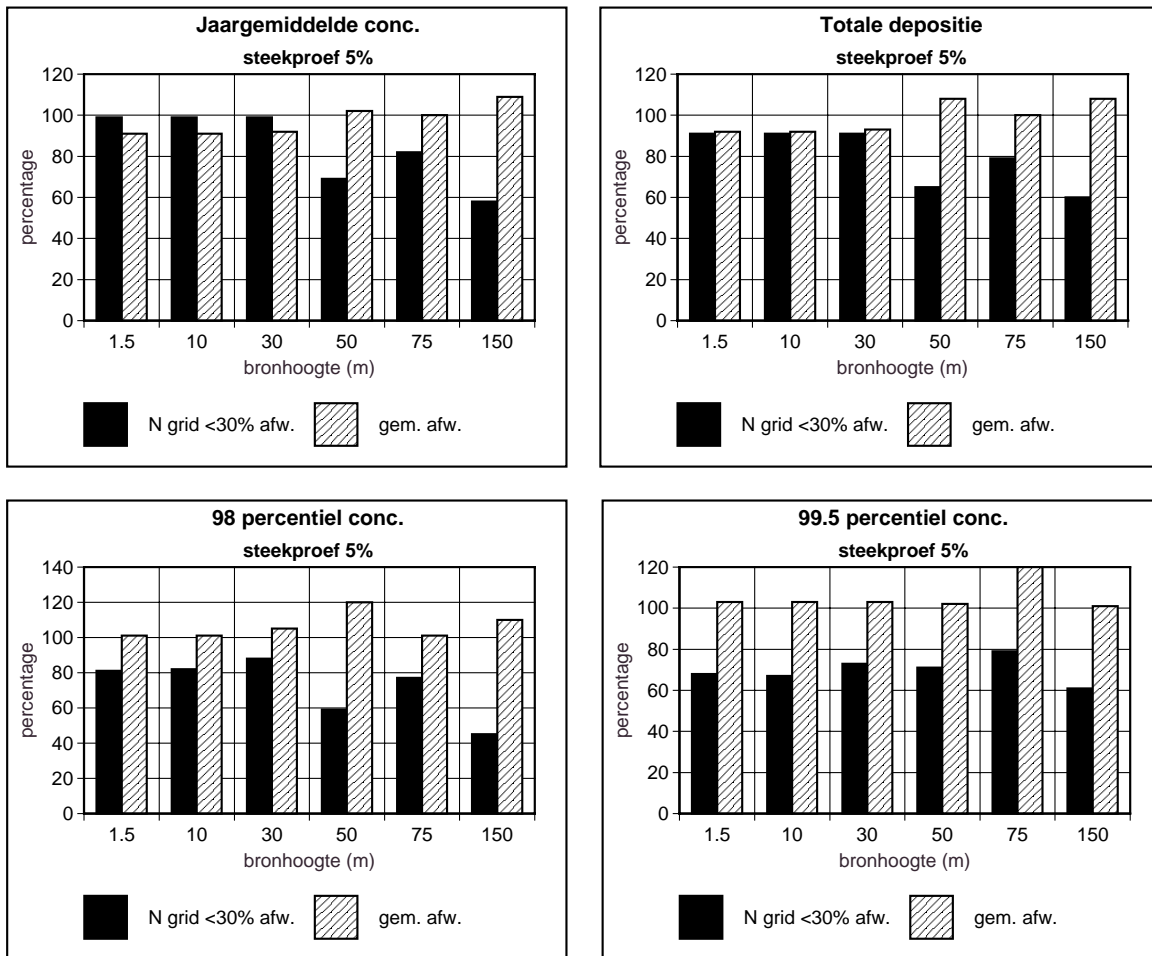
Figuur 1 Vergelijking van resultaten steekproef van 5% met oorspronkelijke resultaten (100%). Uurgemiddelden, Ruwheid 0.1 m, Tabel 1



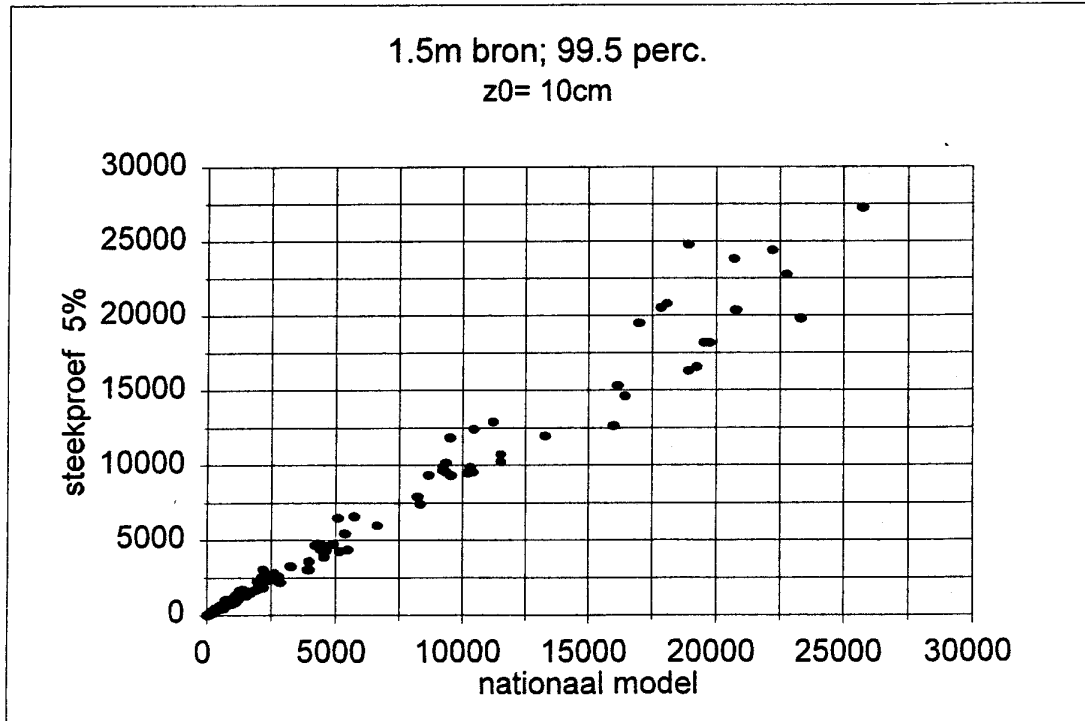
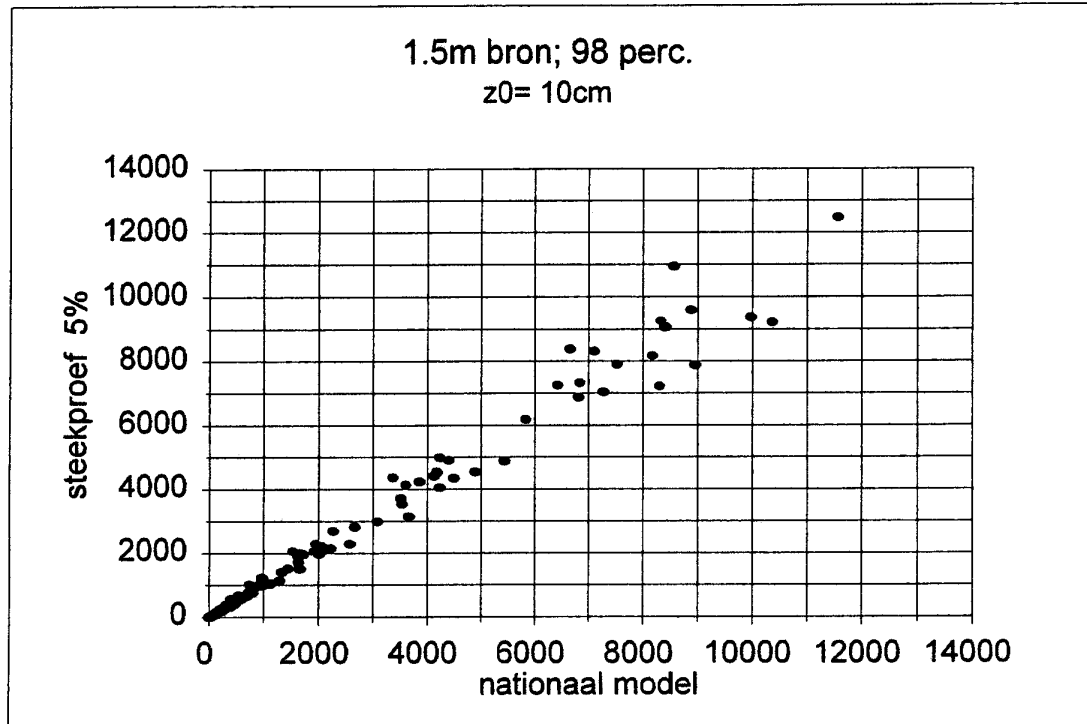
Figuur 2 Vergelijking van resultaten steekproef van 5% met oorspronkelijke resultaten (100%)
Uurgemiddelden, Ruwheid 1 m, Tabel 2



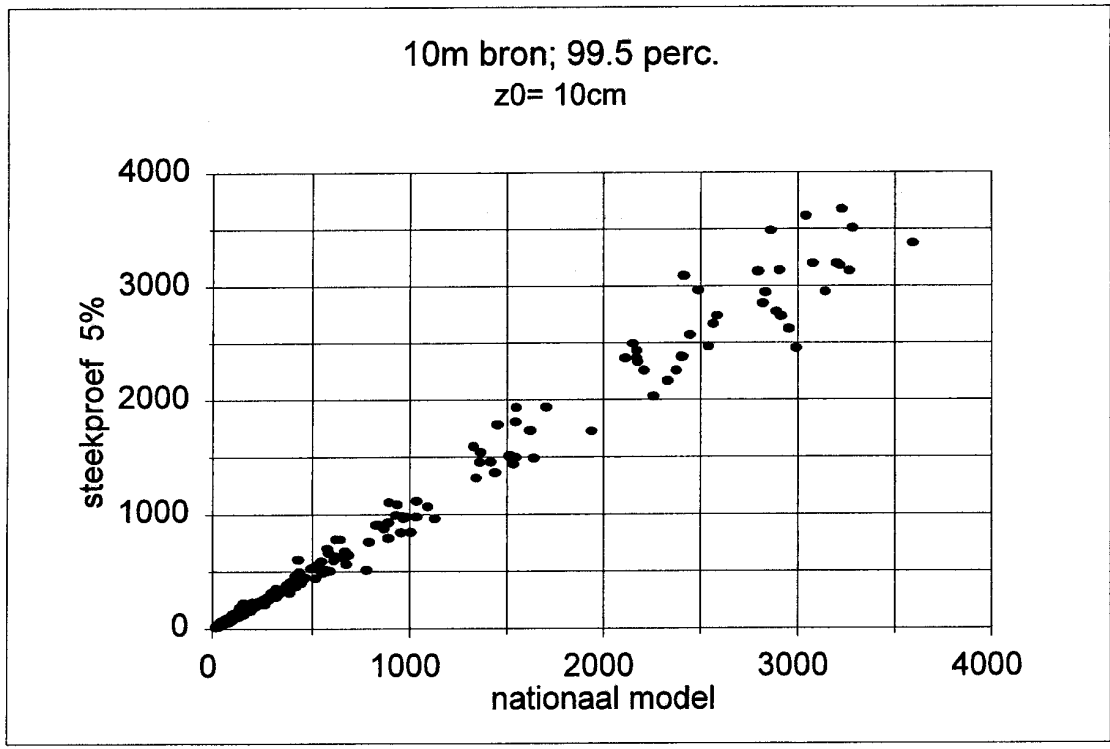
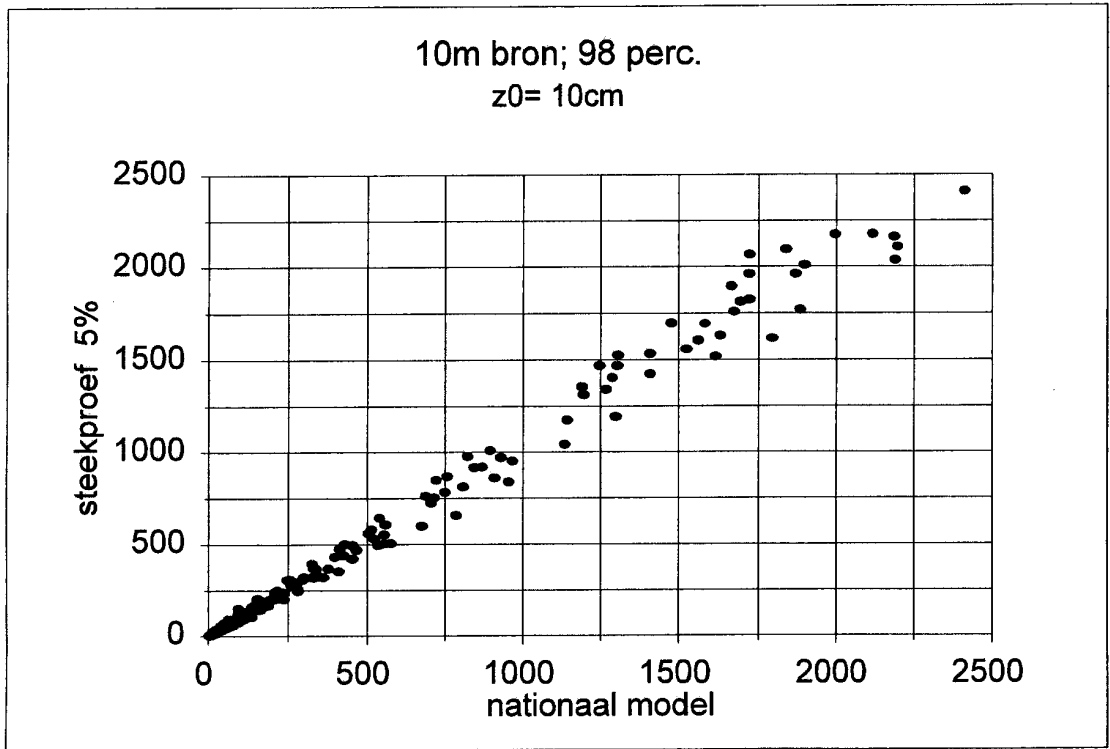
Figuur 3 Vergelijking van resultaten steekproef van 5% met oorspronkelijke resultaten (100%) 24-uurgemiddelden, Ruwheid 0.1 m, Tabel 3



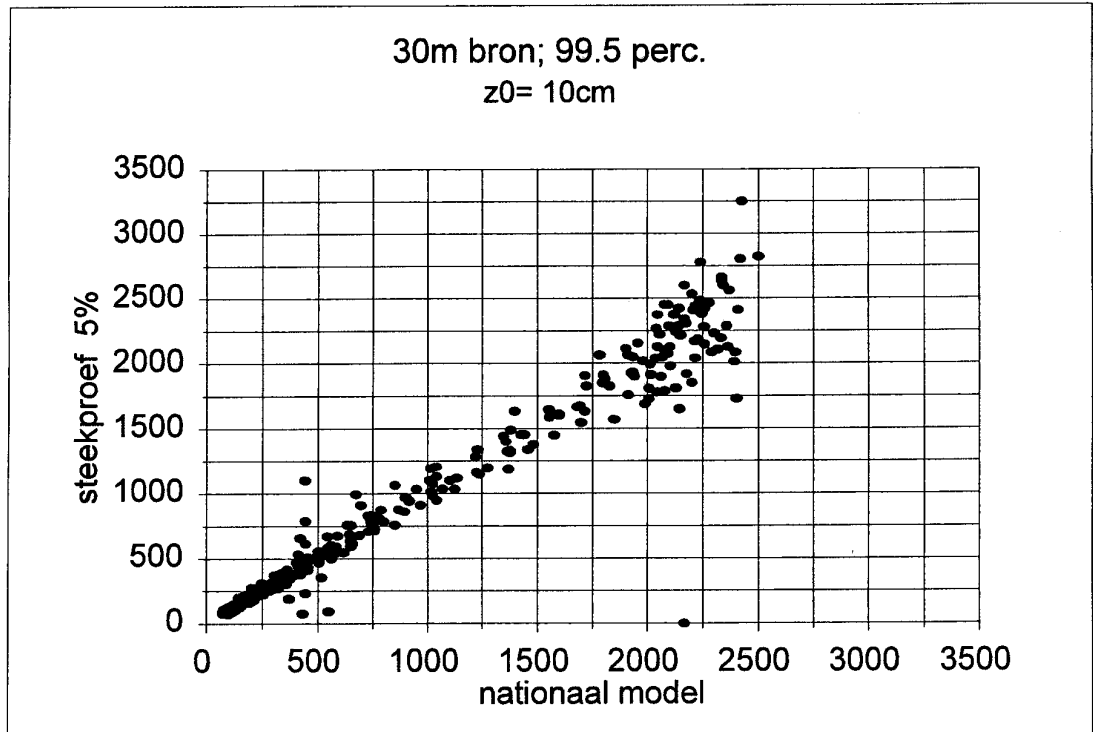
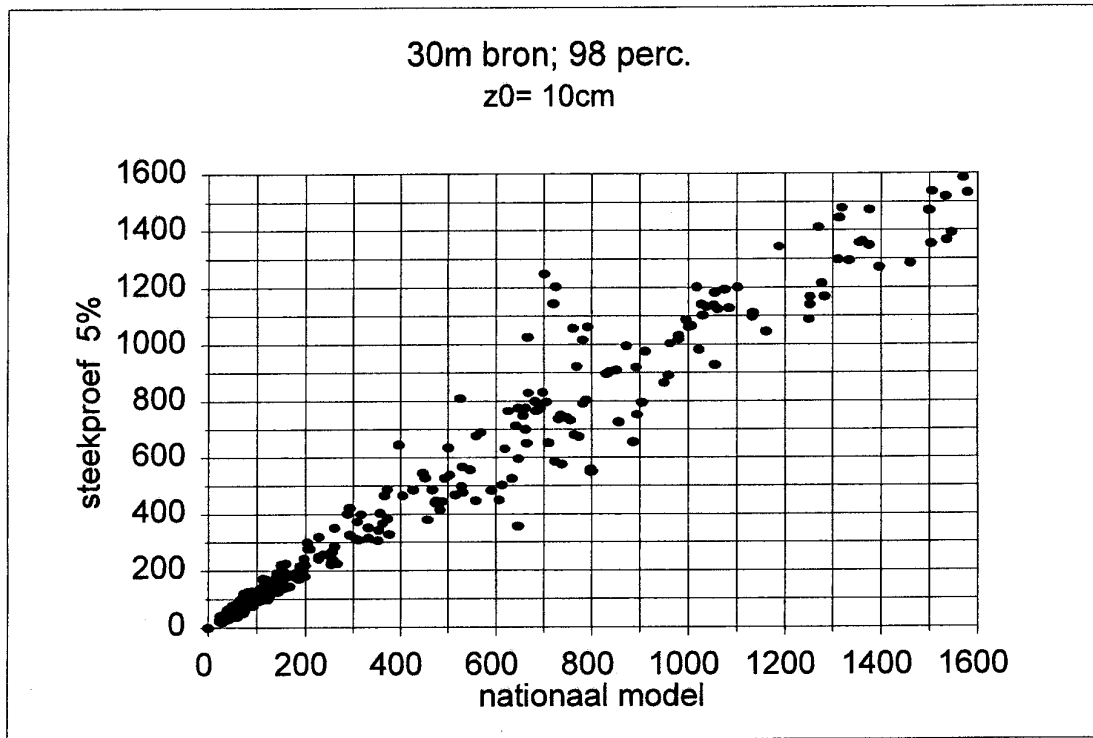
Figuur 4 Vergelijking van resultaten steekproef van 5% met oorspronkelijke resultaten (100%).
24-uurgemiddelden, Ruwheid 1 m, Tabel 4



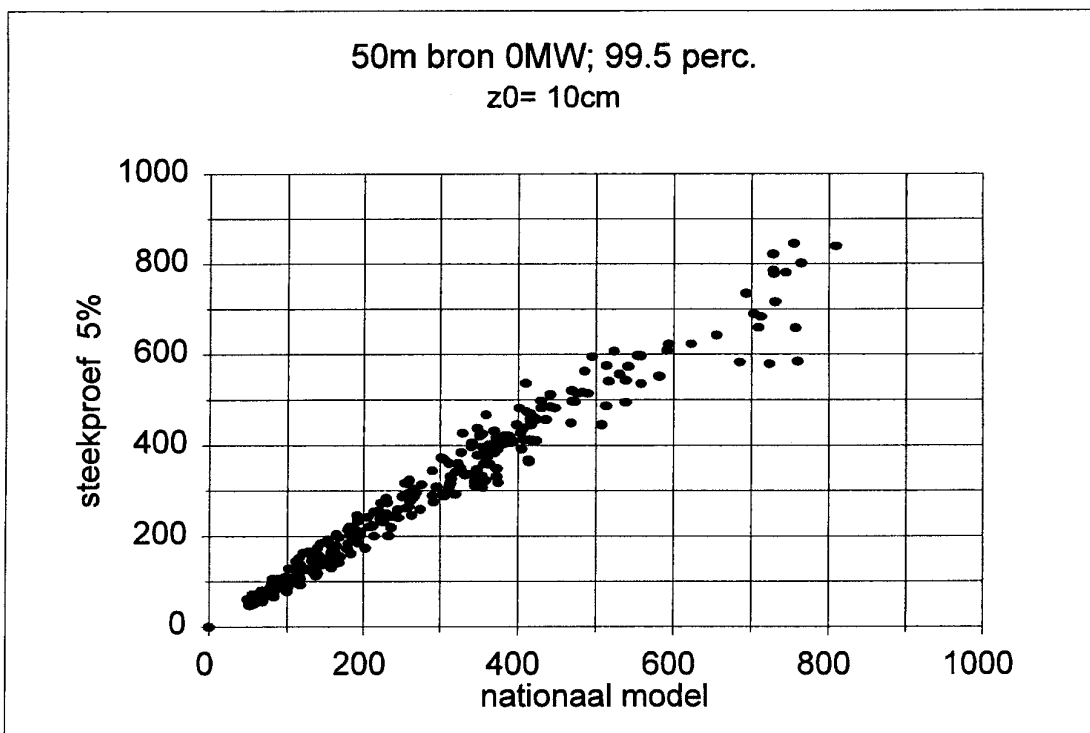
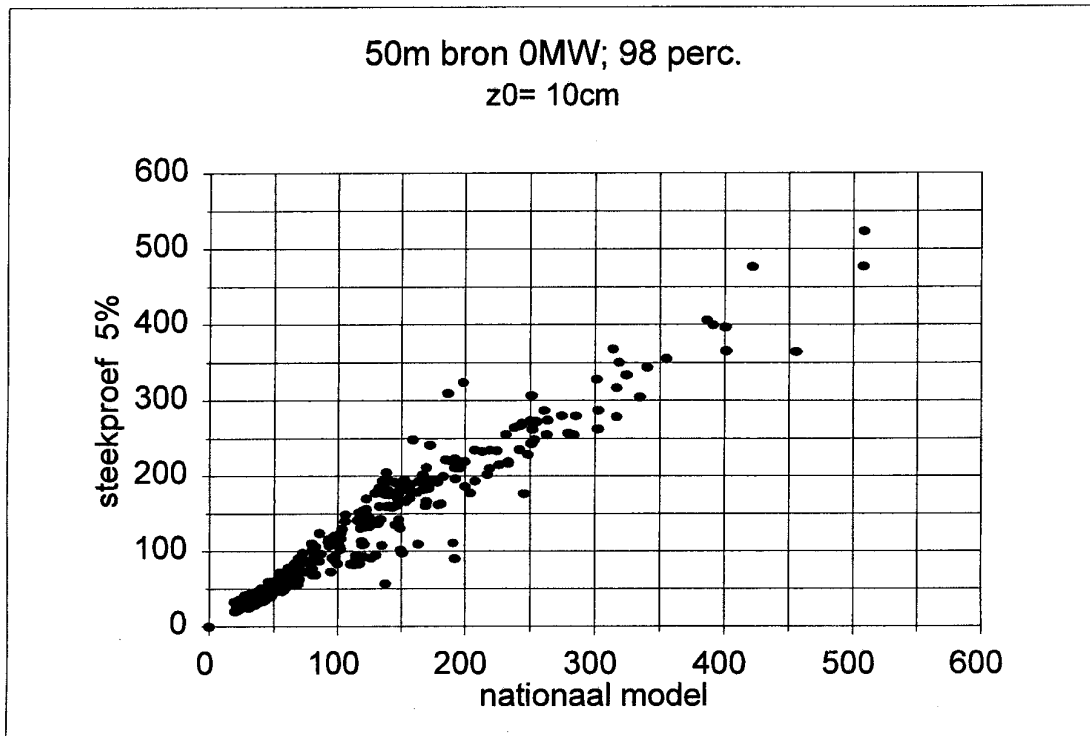
Figuur 5 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 1,5 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



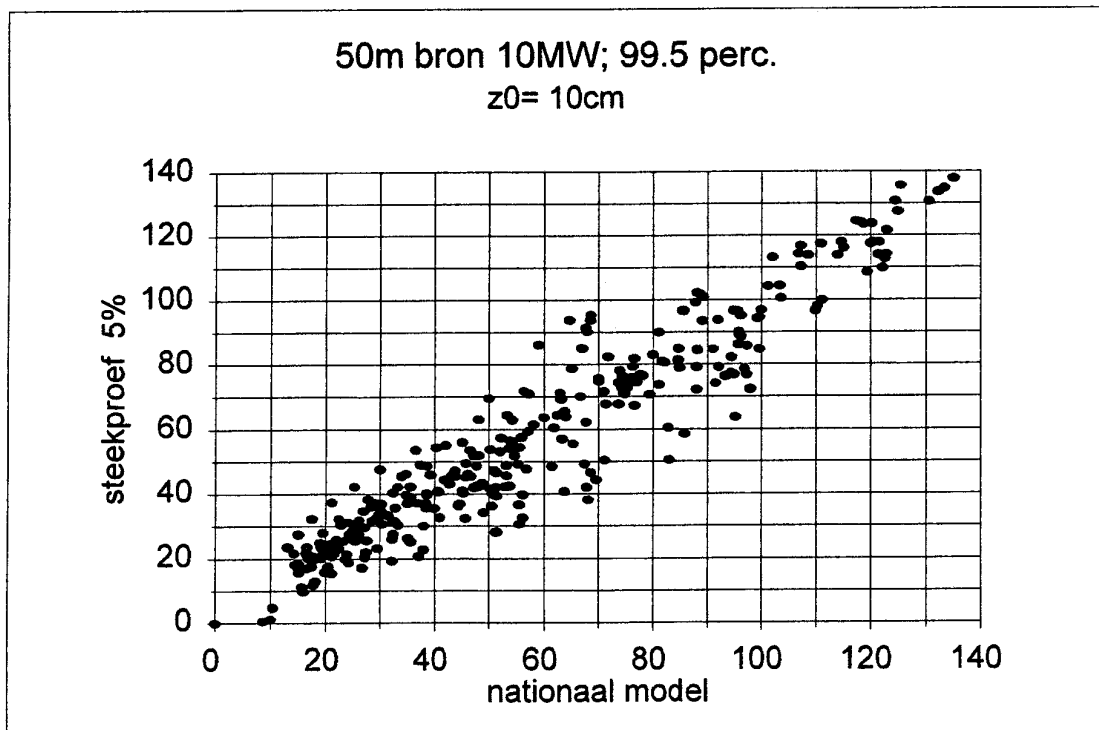
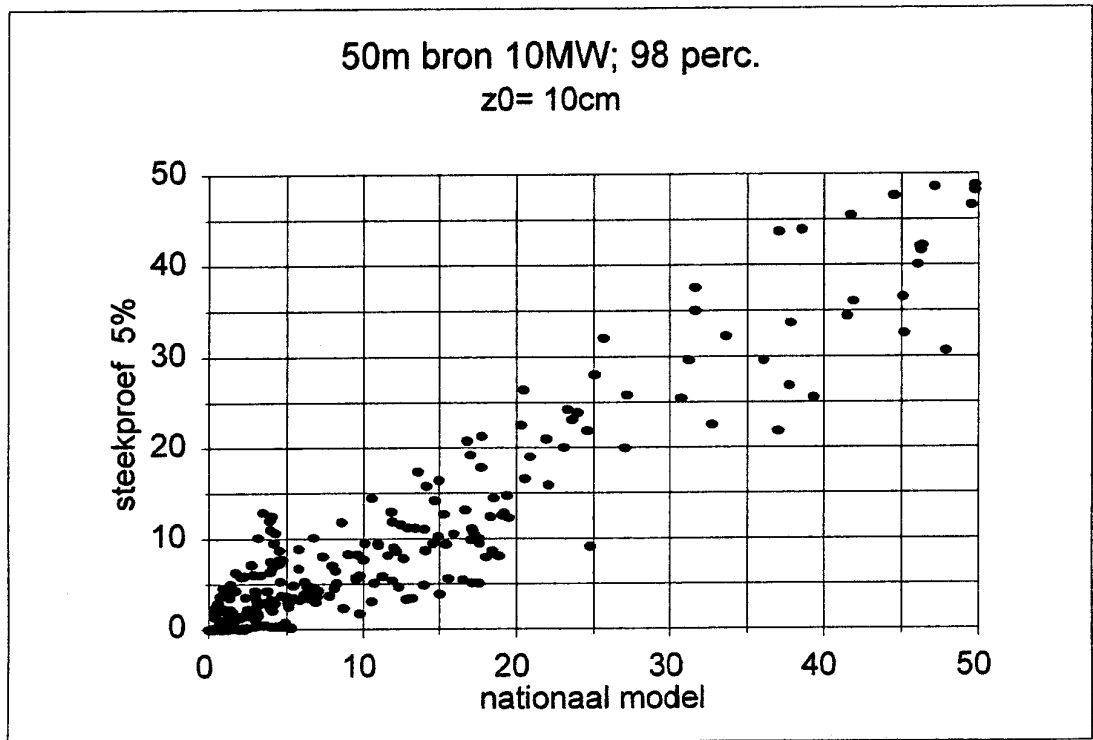
Figuur 6 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 10 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



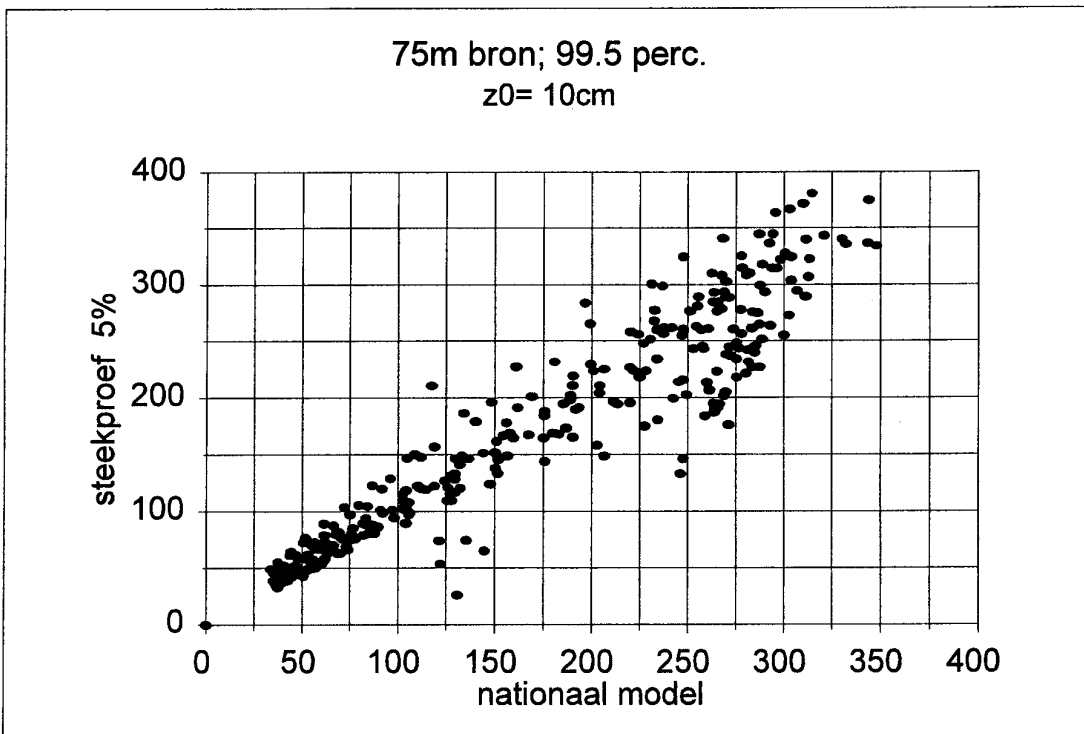
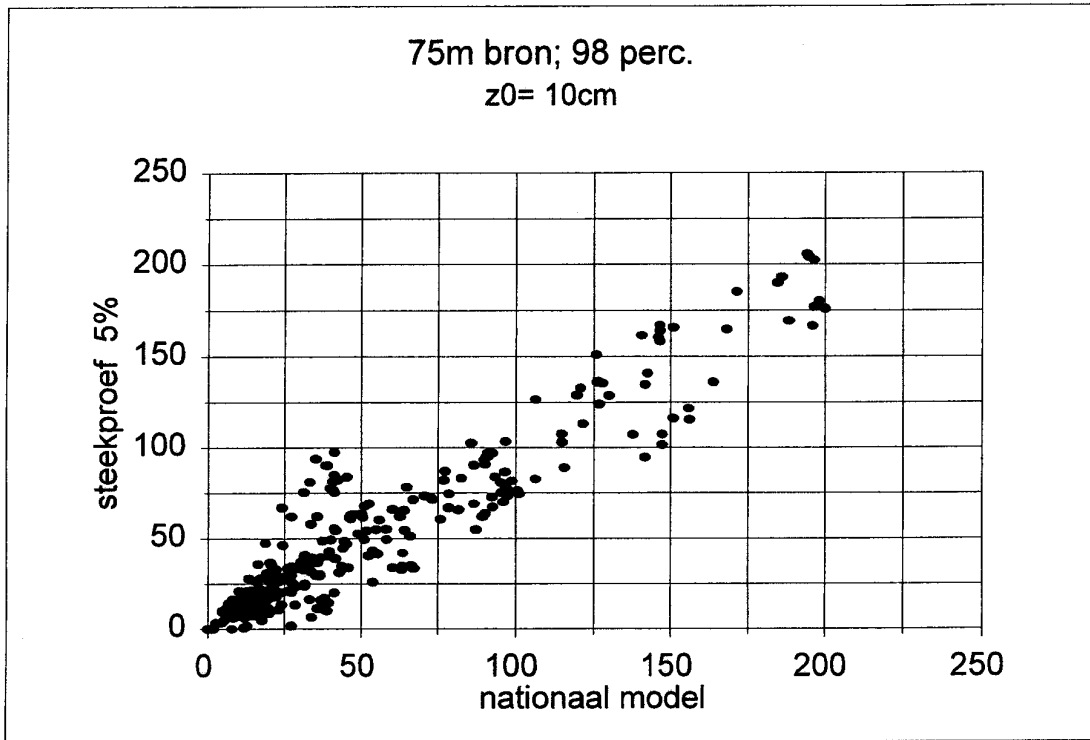
Figuur 7 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 30 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



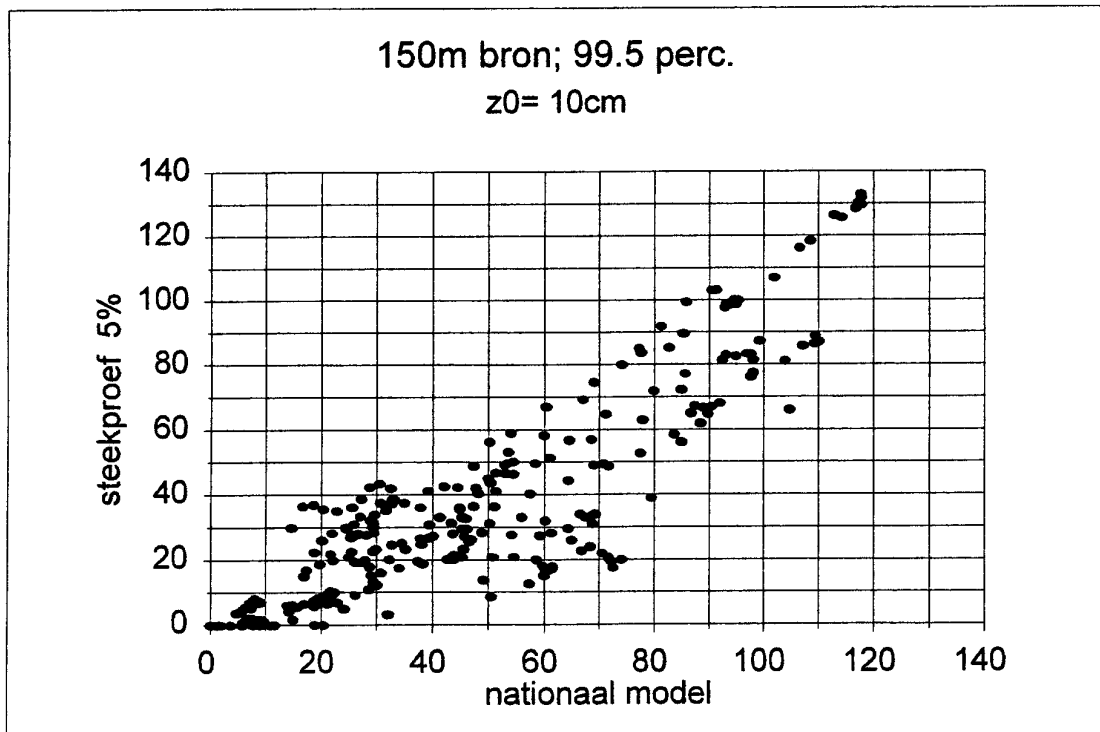
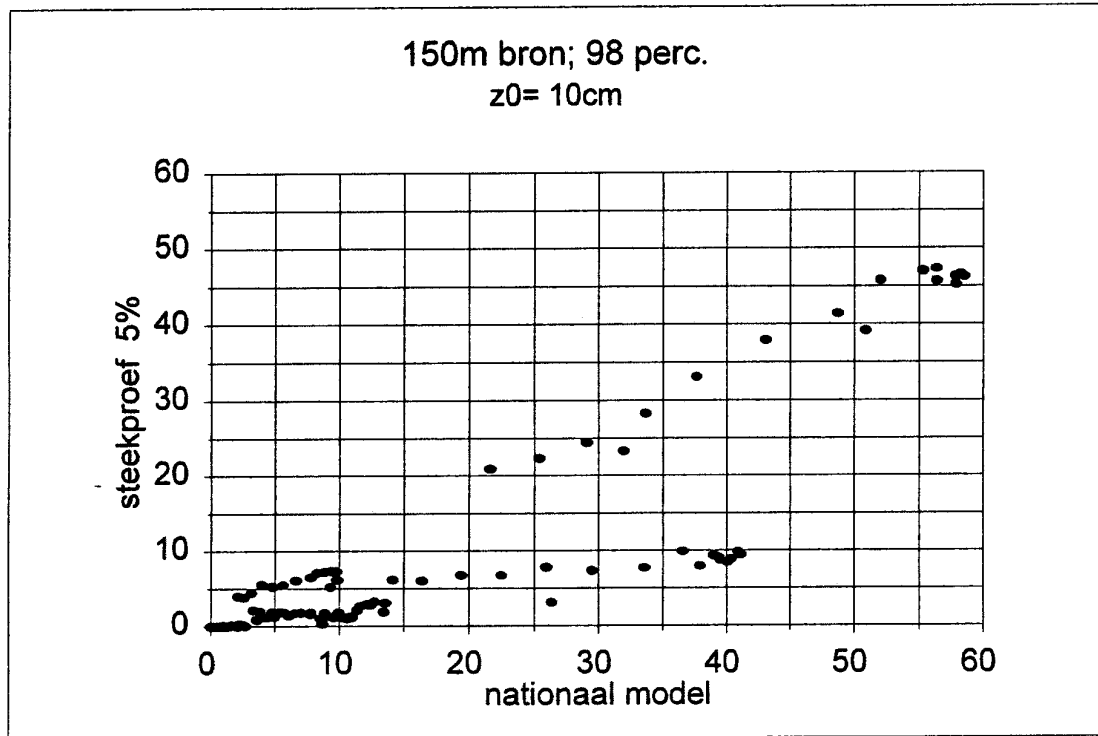
Figuur 8 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 50 m hoge bron, 0 MW bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



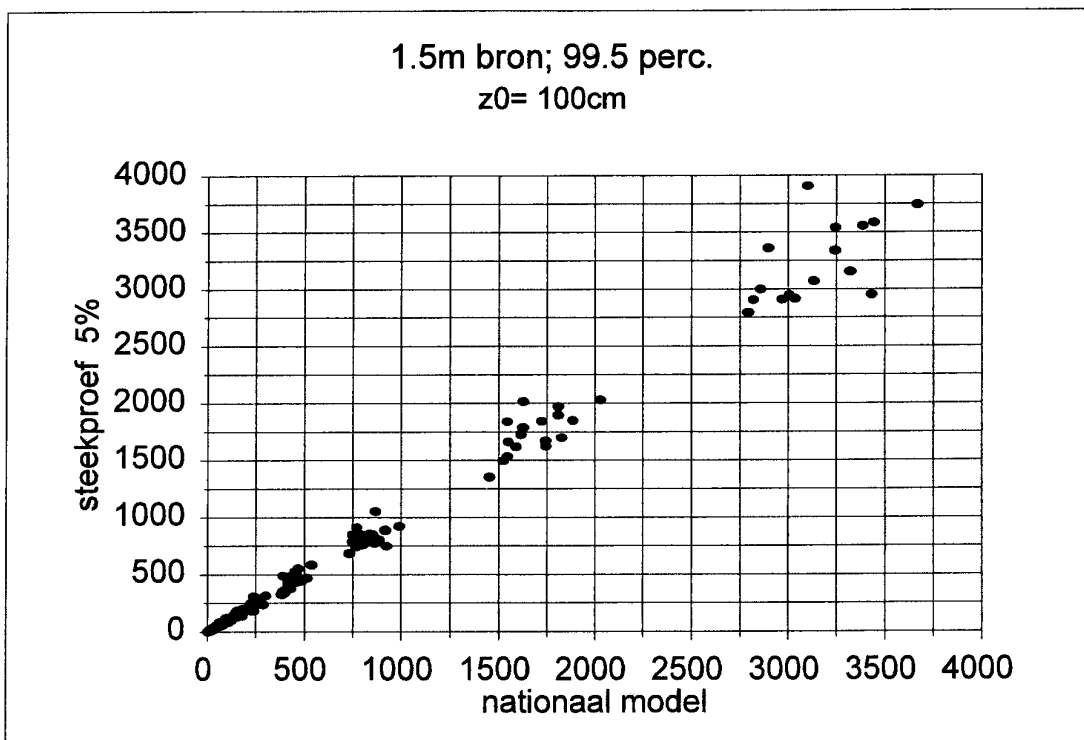
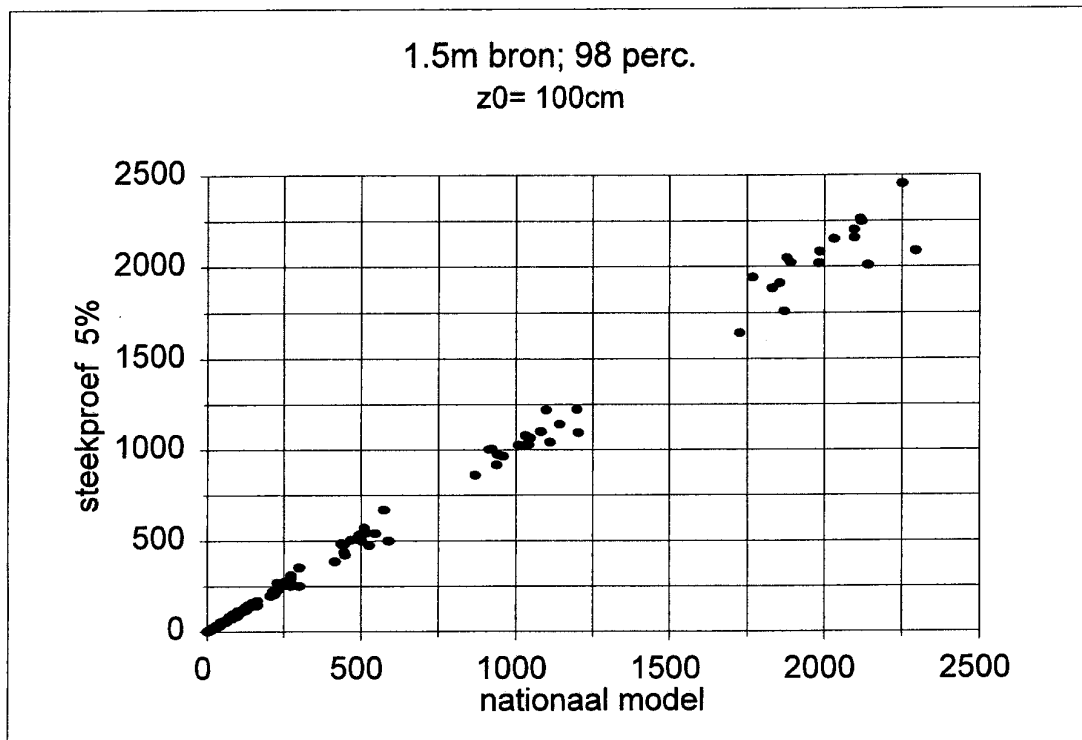
Figuur 9 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 50 m hoge bron, 10 MW bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



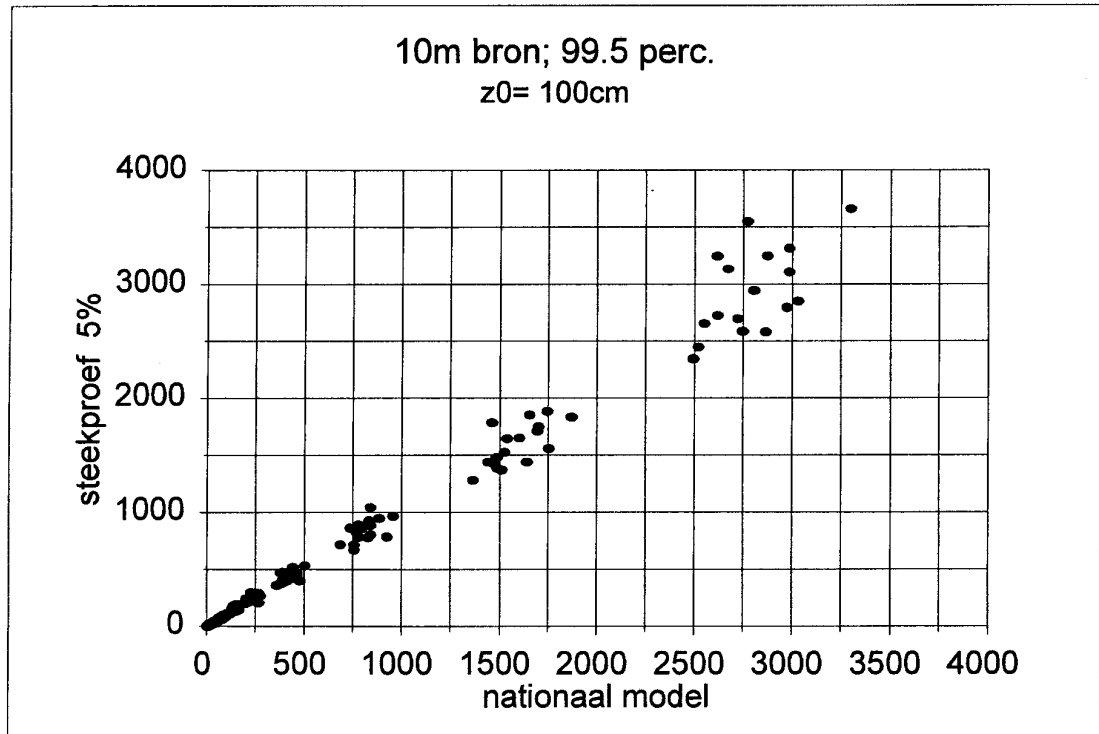
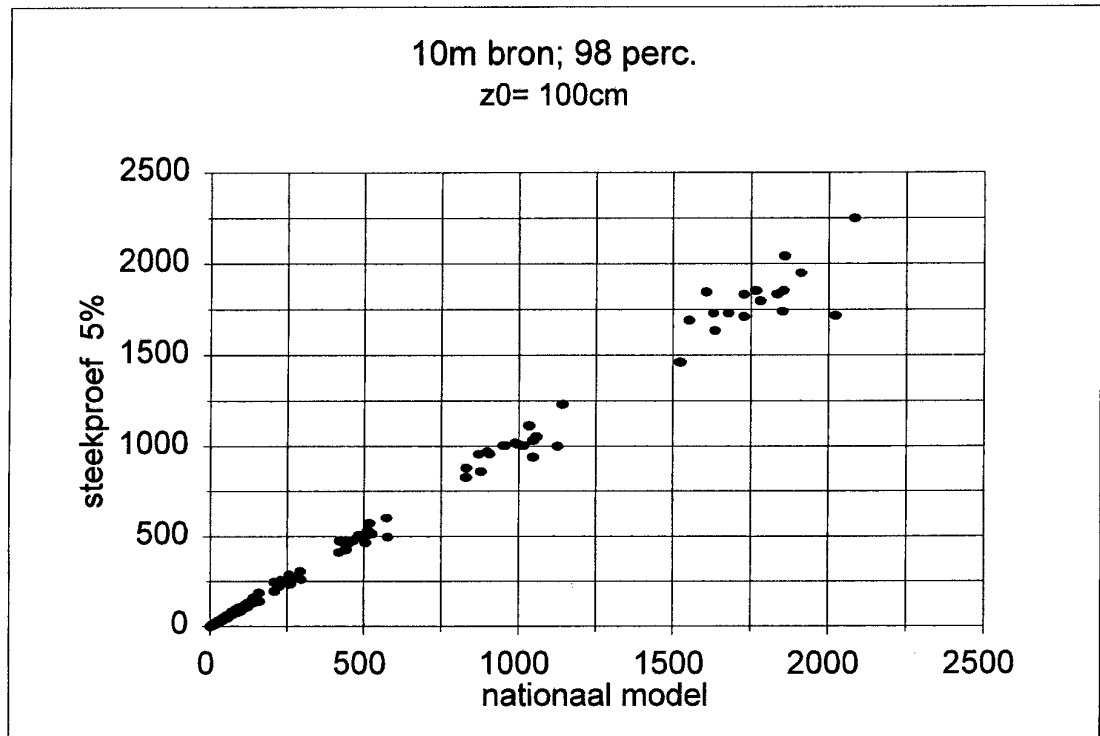
Figuur 10 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 75 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



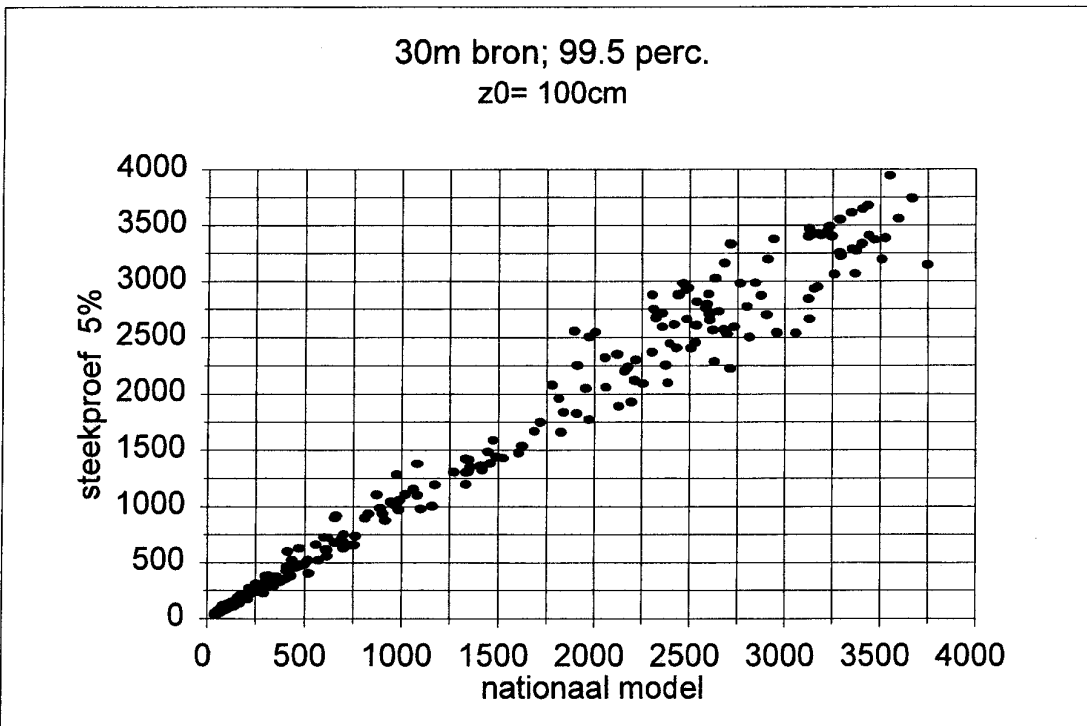
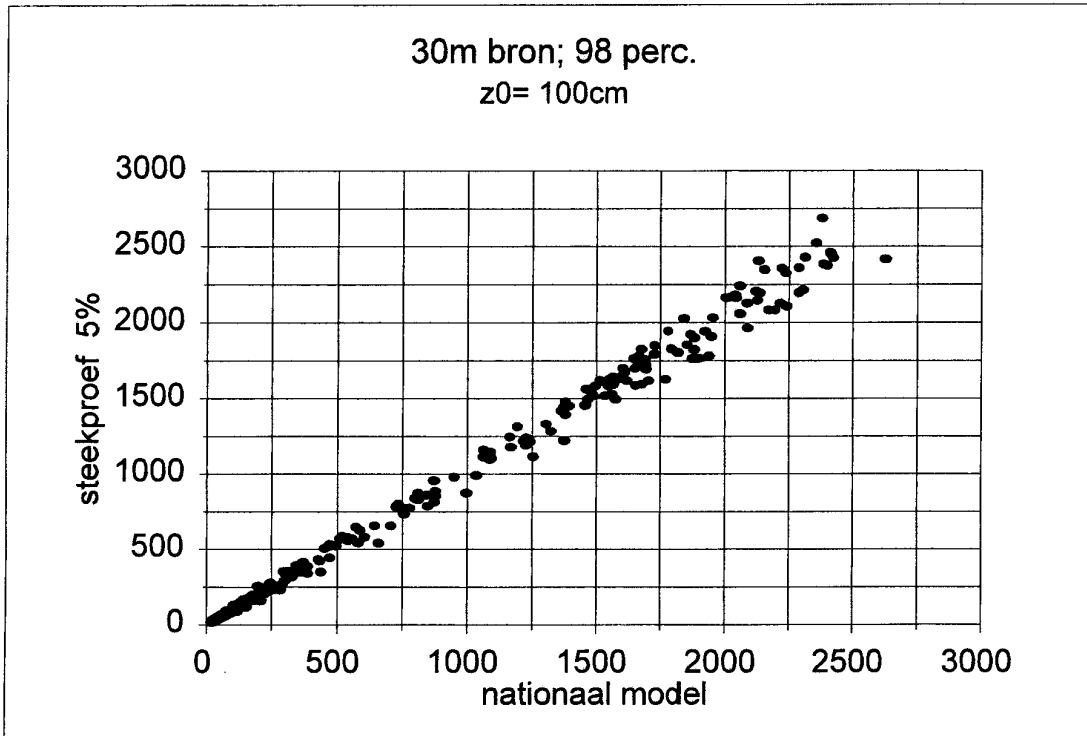
Figuur 11 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 150 m hoge bron, 80 MW bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.



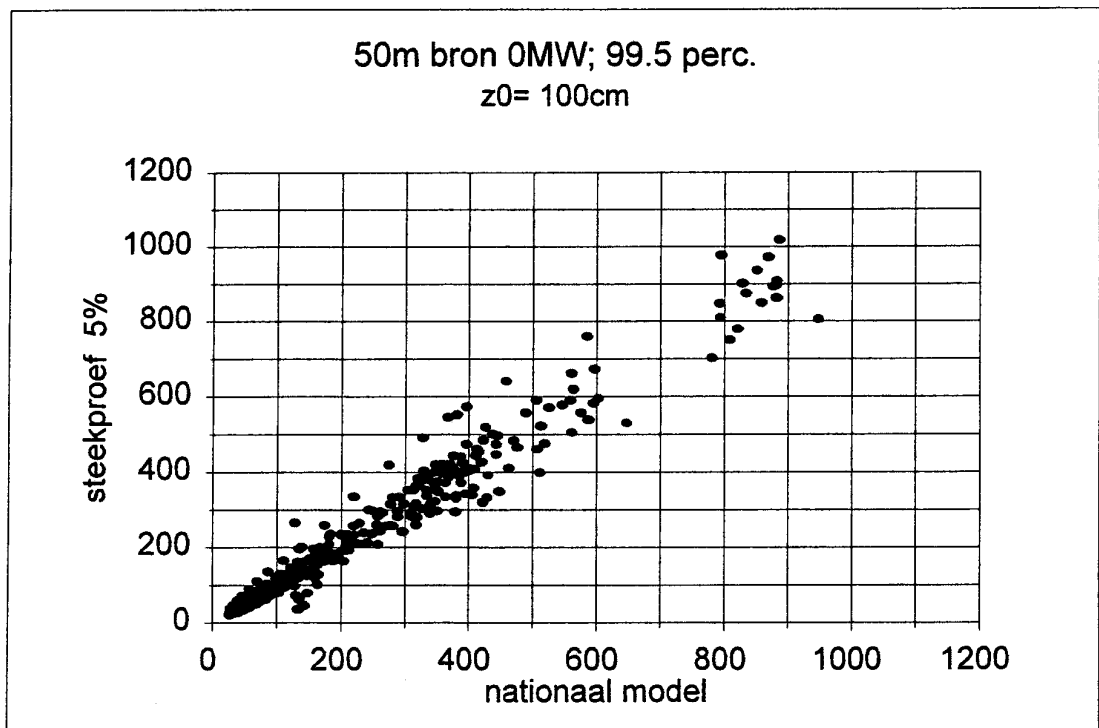
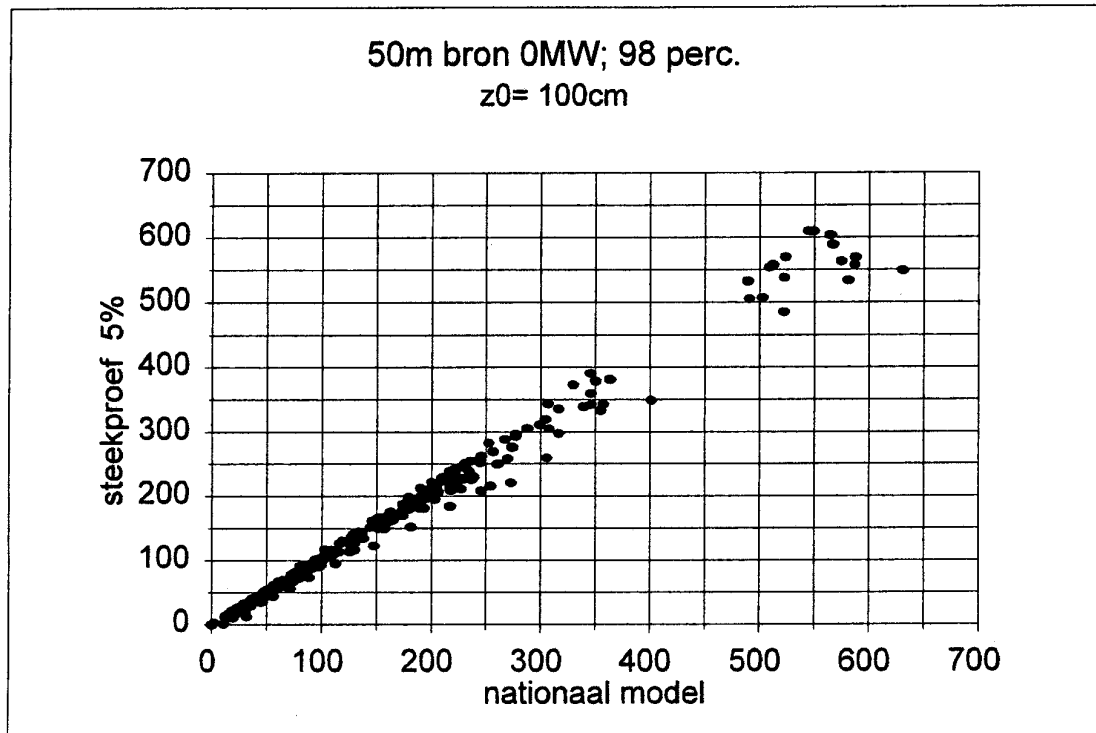
Figuur 12 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 1,5 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



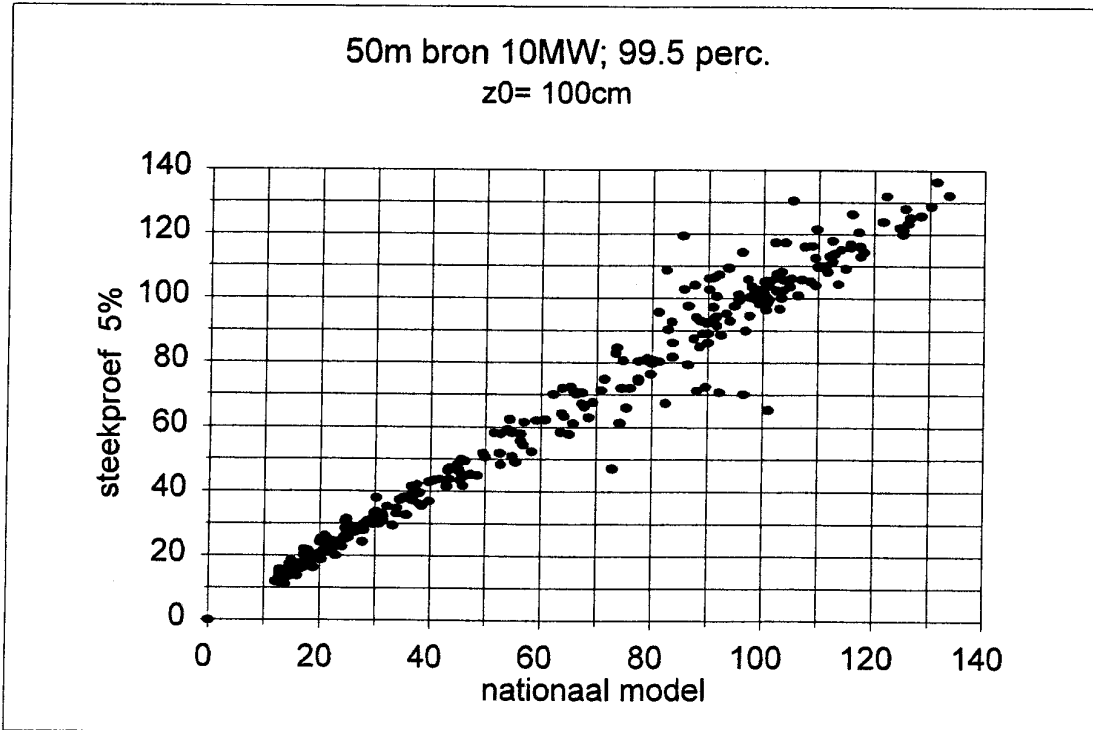
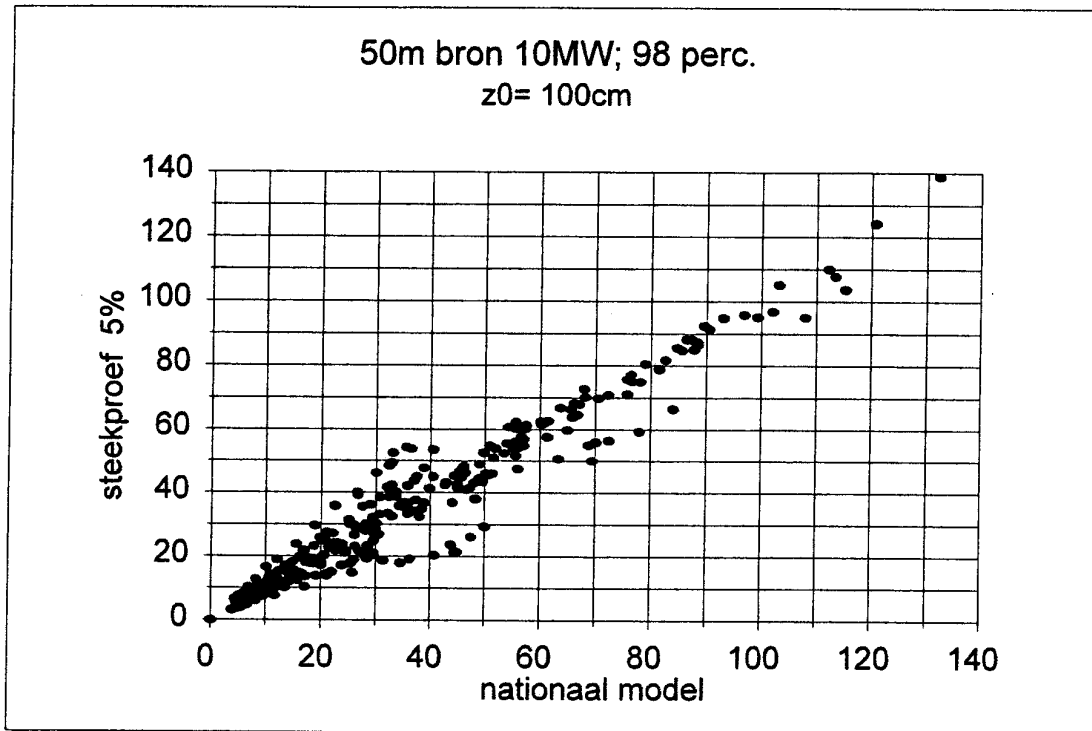
Figuur 13 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 10 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



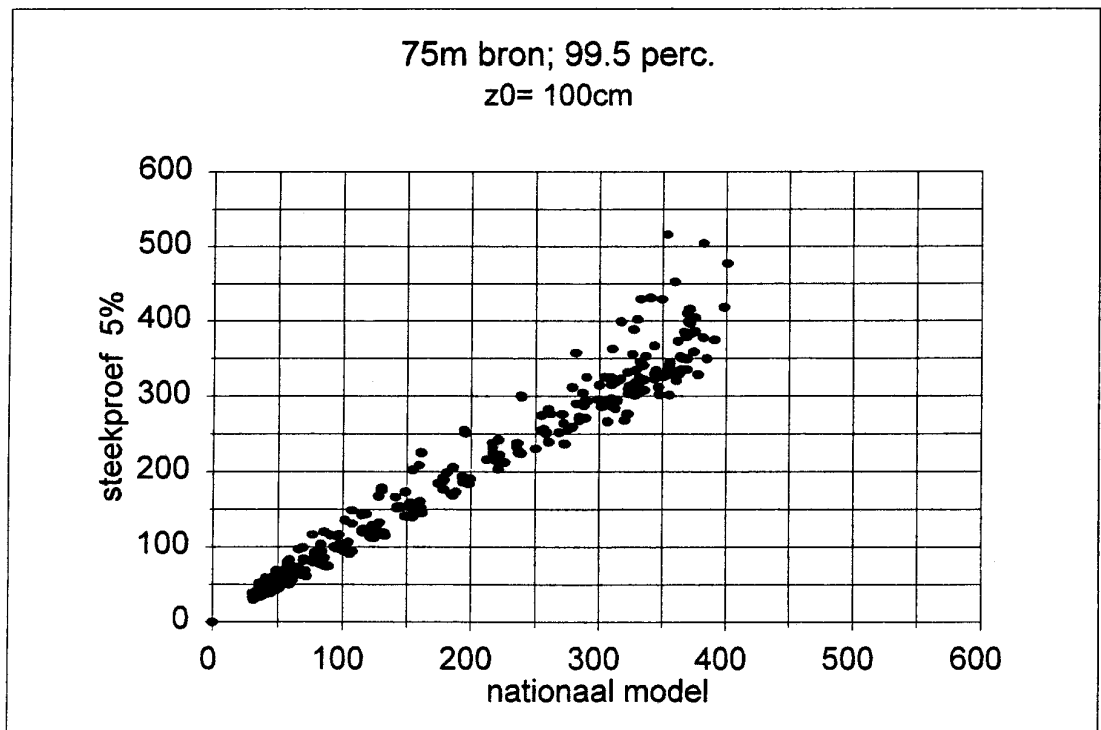
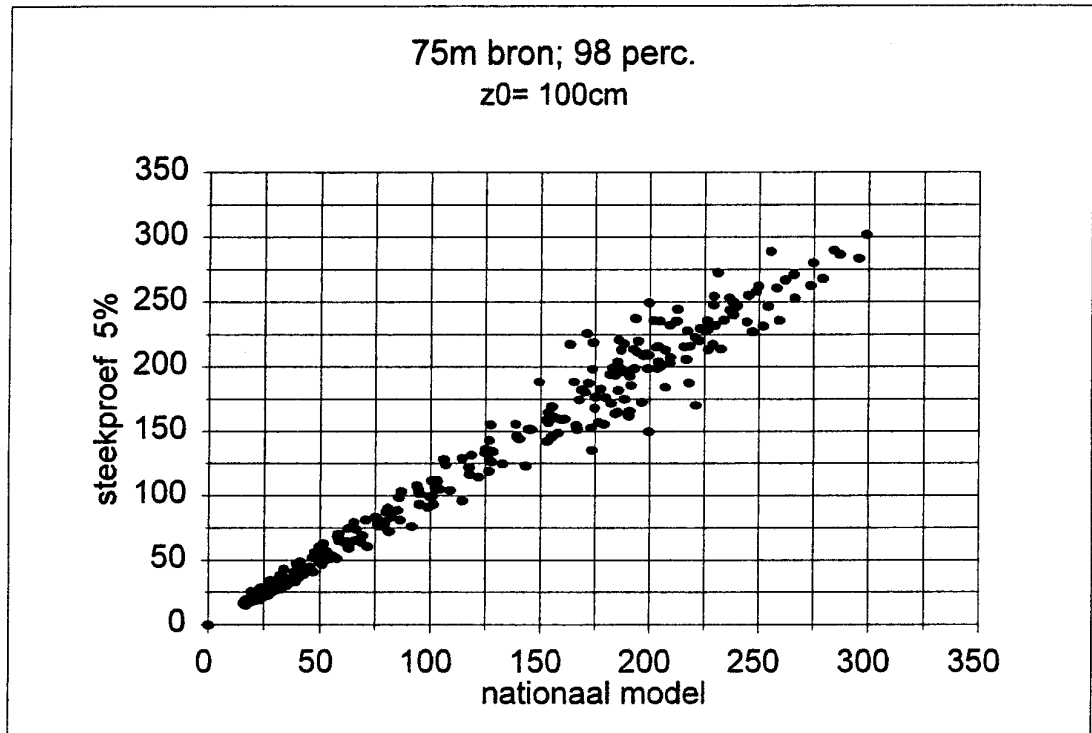
Figuur 14 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 30 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



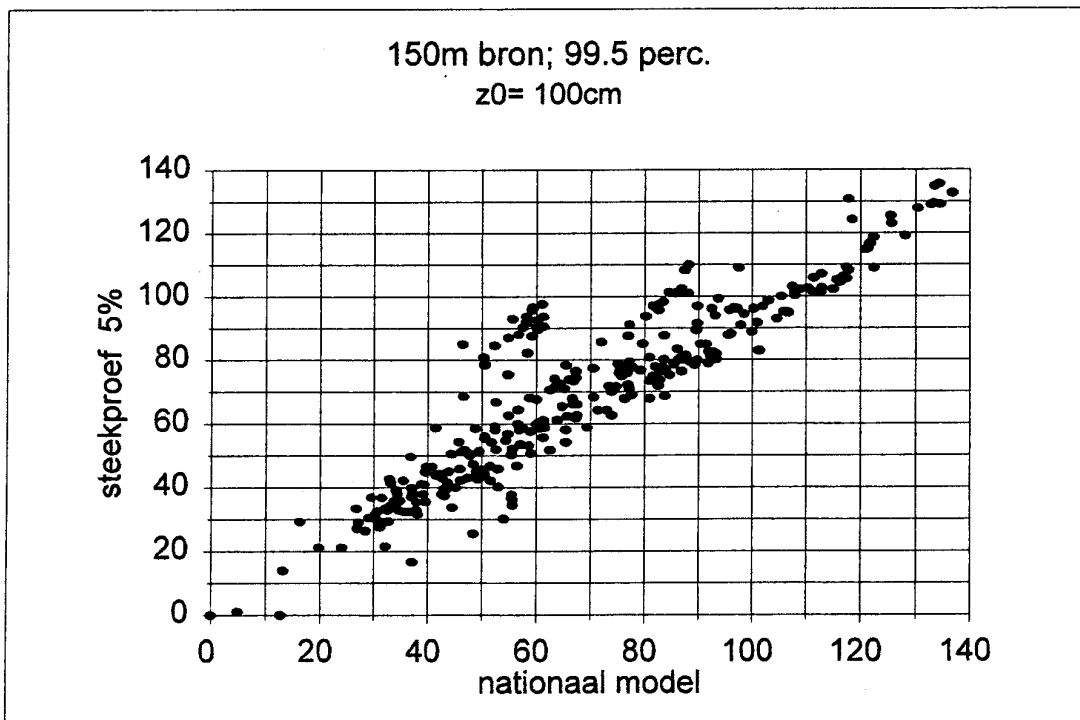
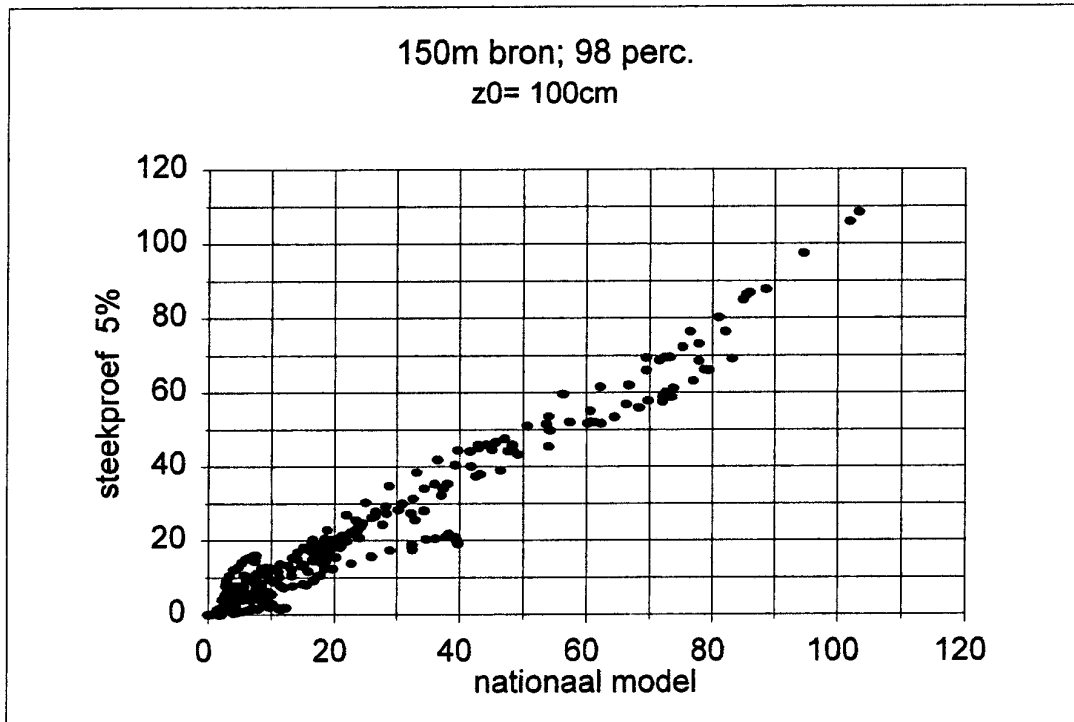
Figuur 15 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 50 m hoge bron, 0 MW bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



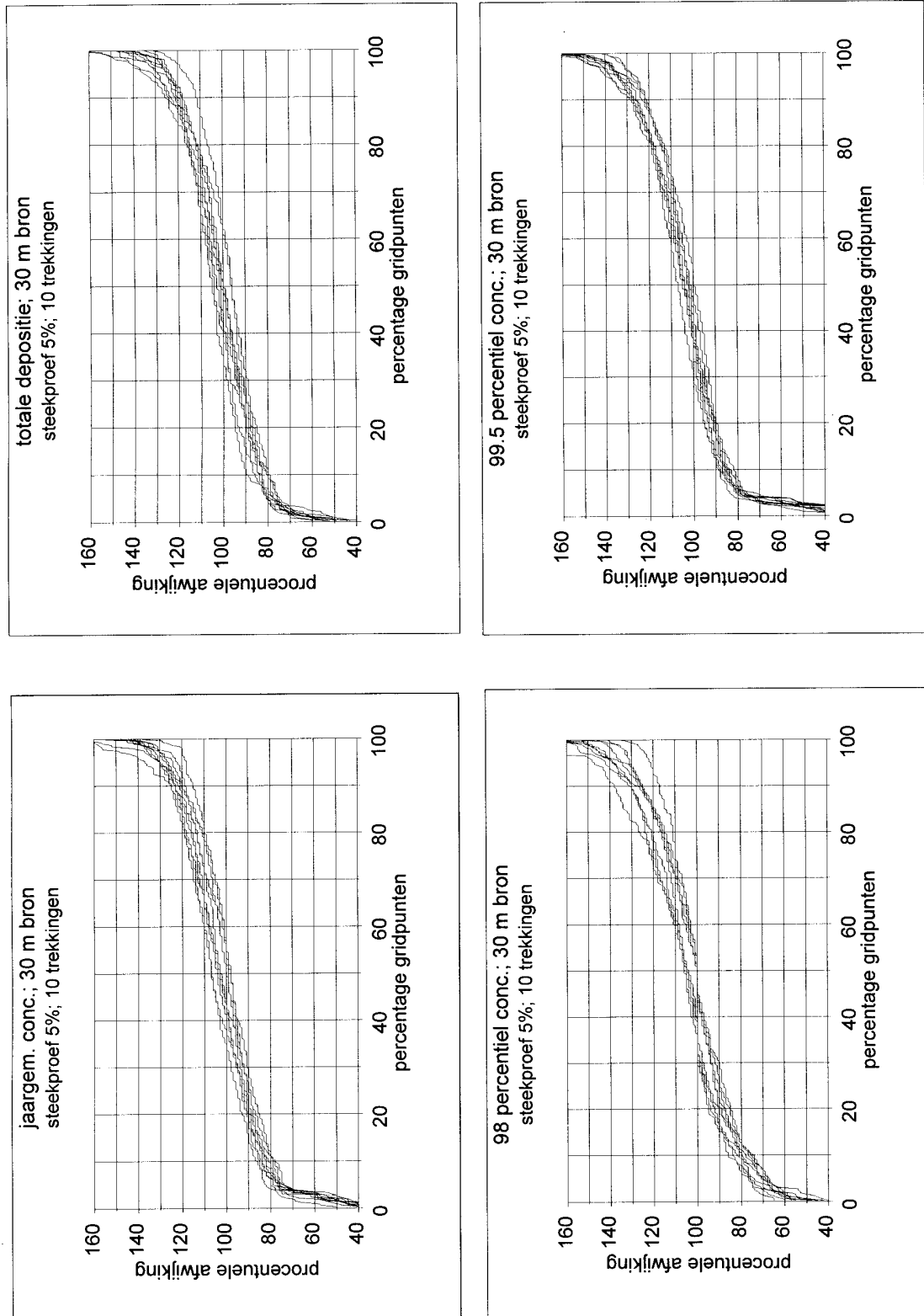
Figuur 16 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 50 m hoge bron, 10 MW bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



Figuur 17 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 75 m hoge bron, bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



Figuur 18 Frequentiediagram van de afwijkingen per-gridpunt, 150 m hoge bron, 80 MW bij 5% steekproefvang, 98- en 99.5 percentielwaarden van, uurgemiddelden, ruwheid 1 m.



Figuur 19 Resultaten bij 10 verschillende steekproeven van 5% voor 30 m bron, jaargemiddelde, depositie, 98- en 99.5 percentiel, uurgemiddelden, ruwheid 0.1 m.

4. Aanbeveling

Voor geur:

Lage bronnen (zeker tot en met 50 m) kunnen doorgerekend worden met een steekproefomvang van 5% bij een tijdreeks van 5 jaar. Een 3% steekproefomvang zal in vele gevallen ook tot bevredigende resultaten kunnen leiden, zeker wanneer de ruwheid duidelijk groter is 10 cm. Hoge bronnen dienen doorgerekend te worden met alle uren, die ter beschikking staan.

Overige componenten

Lage bronnen (zeker tot en met 50 m) kunnen doorgerekend worden met een steekproefomvang van 5% ter bepaling van uurgemiddelde percentielen. Voor 24-uurgemiddelde percentielen wordt een steekproefomvang van 10% aanbevolen voor lage bronnen. Voor hoge bronnen (>> 50 m) wordt aanbevolen alle uren door te rekenen.

5. Discussie

Met deze aanbeveling zullen in praktijk weinig knelpunten optreden. Immers, voor alle lage bronnen kunnen jaargemiddelden, 98- en 99.5-percentielwaarden redelijk snel worden berekend. Op plaatsen waar de hoogste jaargemiddelde concentraties en percentielwaarden optreden zijn de afwijkingen altijd lager dan gemiddeld in het grid-veld. Dit geldt niet voor de 150 m bron, maar hiervoor bevelen we aan alle uren door te rekenen. Dergelijke hoge bronnen zijn er niet zo veel, zodat dit een werkbare praktijk oplevert. In alle gevallen kunnen depositie-hoeveelheden voor niet te hoge bronnen zeer goed berekend worden. In praktijk heeft dit minder waarde dan het snel berekenen van luchtconcentraties, omdat er geen individuele grens- of richtwaarden voor aparte bronnen is aan te wijzen.

In het algemeen blijken de hoogste percentielen beter te berekenen te zijn dan waarden rond het 95-percentiel. Dit lijkt tegenstrijdig met wat jarenlang als opvatting heerst, omdat de maximale optredende concentraties als de meest onzekere worden beschouwd. In het traject 99-99.9 echter zijn nog voldoende realisaties voorhanden en in dit traject is de verdeling van berekende concentraties tamelijk vlak: het 99-percentiel verschilt niet zo veel van het 99.9 percentiel. 24-uurgemiddelde percentielen hebben zoals verwacht het voordeel dat concentraties worden uitgemiddeld alvorens er percentielen worden berekend. Deze kunnen daarom goed berekend worden met steekproefsgewijs rekenen. Dit geldt ook voor het 95-percentiel. Een hogere ruwheid heeft in het algemeen ook een gunstig effect. Er is meer menging in de atmosfeer waardoor de kritische plaatsen, waar berekeningen onzekerder worden zeer dicht bij de bron liggen. De gekozen receptorpunten liggen steeds op meer dan 100 m afstand. Het 95-percentiel voor uurgemiddelden heeft voor vergunningen nauwelijks betekenis. De aanbeveling geldt hier strikt genomen niet voor, omdat de onnauwkeurigheid bij lage ruwheden wat te groot wordt. Dat dit 95-percentiel minder nauwkeurigheid is te berekenen dan de hogere percentielen is in te zien, indien men bedenkt dat bij veel windrichtingen bij het 94 à 96 percentielwaarden de berekende concentratie de waarde van nul net begint te ontstijgen. Voor lagere percentielwaarden geldt immers dat de wind eenvoudig de andere kant op waait en het receptorpunt niet beïnvloedt. Voor hoge bronnen ligt dit punt bij het 97 à 98 percentiel (vanwege het effect van een beperkte menghoogte); dit verklaart dan waarom deze hoge percentielen minder nauwkeurig berekend kunnen worden bij steekproefsgewijs rekenen.

Tenslotte is gekeken naar de spreiding indien 10 maal andere steekproeven worden genomen. Dit is voor de eenvoud alleen voor de 30 m hoge bron gedaan voor een steekproefomvang van 5%. Het resultaat is in een plotfiguur gegeven, daaruit blijkt dat de methode voldoende robuust is: de resultaten voor jaargemiddelden, depositie en percentielwaarden liggen dan dicht bij elkaar. Het lijkt dus rekentechnisch geen groot bezwaar om de gebruiker de mogelijkheid om wisselende steekproeven van bijvoorbeeld 5% aan te bieden. Het kan echter vanuit de vergunningspraktijk verstandig zijn om bij steekproefsgewijs rekenen de methodiek zo aan te bieden dat steeds dezelfde resultaten worden geproduceerd (samplen met een vaste 'seed'). Op deze wijze zal de steekproefmethode in de software implementaties zijn ingebouwd. De steekproefomvang van 5% is gekoppeld aan een tijdreeks van 5 jaar. Uit eerdere analyses is gebleken dat de rekenresultaten, verkregen met een klimatologie van 5 jaar of met 10 jaar vrijwel dezelfde

zullen zijn. De steekproef-omvang van 5% bij een 5-jarige klimatologie kan daarom teruggebracht worden tot 2,5% bij een 10-jarige klimatologie.