

Aanleg en nulsituatie van mosselbanken op Balgzand 2002

November 2002



Drs. S. van Dijk
Dr. Marieke M. van Katwijk *
Afdeling Milieukunde
Katholieke Universiteit Nijmegen

* Correspondentie: postbus 9010, 6500 GL Nijmegen, e-mail: mvkatwyk@sci.kun.nl

Inhoud

1.	Inleiding	1
2.	Materiaal en Methoden	3
3.	Resultaten	11
4.	Conclusie	41
5.	Dankwoord	43
6.	Literatuur	45
7.	Bijlage	47

1. Inleiding

Rond 1990 zijn de meeste stabiele mosselbanken in de westelijke Waddenzee verdwenen. Terugkeer van de stabiele mosselbanken in de westelijke Waddenzee is een belangrijke ecologische doelstelling. Het zeer langzame herstel geeft aan dat de ontwikkeling van stabiele mosselbanken een ingewikkeld proces is, hetgeen ook blijkt uit recent onderzoek.

In september 2002 zijn 6 mosselrichels aangelegd op droogvallend wad bij Balgzand in het kader van het project "Herintroductie van Groot Zeegras in de westelijke Waddenzee". De mosselrichels zullen het zeegras op dieptes onder NAP beschermen tegen waterdynamiek. In deze context is met name de duur van de blootstelling aan de waterdynamiek van belang (zie verder: Van Katwijk & Dankers (2001), Van Katwijk *et al.* (2002)).

De monitoring van de mosselrichels kan op langere termijn een beeld geven van de succes- en faalfactoren bij de ontwikkeling van de mosselrichels op Balgzand. Het huidige onderzoek is erop gericht de situatie van 4 van de 6 mosselbanken vlak na aanleg (nulsituatie) vast te leggen.

Factoren die een rol spelen bij de ontwikkeling en stabiliteit van de mosselbanken, en daarmee een indicatie zijn voor het slagen of mislukken van de mosselbankaanleg:

- Groei van de mosselen (vanaf september zal er waarschijnlijk alleen enige groei zijn van het broed van 2002)
- Grootteverdeling van de mosselen (grootteverdeling zowel als aantal byssusdraden dragen bij aan de stabiliteit van de mosselbank)
- Ontwikkeling van de byssusdraden
- Hechting van de jonge mosseltjes (seizoensafhankelijk)
- Aangroei van pokken (pokken dragen op indirecte wijze bij aan de stabiliteit: hoe meer pokken, hoe meer recruitment, hoe meer stabiliteit)
- Invang van sediment
- Erosie door golven en stroming (storm)
- Diepte (in relatie tot waterstanden), windexpositie, windkracht en windrichting, mogelijk regen en temperatuur.

Voor de aangelegde mosselbanken op Balgzand zal aandacht geschonken worden aan het (globaal) in kaart brengen van de richels, het fotografisch vastleggen van de mosseldichtheid op een vast punt en het opmeten van hoogteprofielen op vaste dwarsraaien op de mosselrichels. Daarnaast zullen binnen de dwarsraaien de grootteverdeling, de hoeveelheden byssusdraden en zeepokken gemeten en geschat worden.

2. Materiaal en Methoden

2.1. Aanleg mosselbanken

Voor de ondergrond van de mosselbanken zijn kleischelpen gebruikt. Het merendeel van de kleischelpen wordt gevormd door kokkels. Bovendien komen er grote hoeveelheden oesterschelpen in voor. De kleischelpen zijn opgezogen in de Waddenzee (locatie onbekend) en zijn geleverd door Spaansen in zogenaamde kuubzakken van 500 liter. Voor de 6 mosselbanken zijn in totaal 30 van deze kuubzakken gebruikt.

Op 9 september 2002 zijn de zakken aan boord gehesen van een kokkelvaartuig en tijdens hoogwater zo dicht mogelijk bij de met bamboestokken uitgezette posities op Balgzand gestort via een opening in de bodem van het kokkelvaartuig. De voorspelde hoogwaterstand was ruim +0.95 m NAP. Echter, door de oostenwind en hoge luchtdruk kwam het water in Den Helder niet hoger dan +0.64 m NAP. Hierdoor konden de schelpen niet precies op de juiste plek worden gestort. Dientengevolge waren de werkzaamheden tijdens de laagwaterperiode extra tijdrovend en konden ze net voordat het water weer opkwam worden voltooid.

Met behulp van kruitwagens zijn de kleischelpen naar de juiste posities gebracht. Er zijn 6 halve cirkels met een doorsnede van ongeveer 20 m aangelegd. De lengte van één halve cirkel is 30 m en de schelprug heeft een breedte van ruim 1 m en een dikte van 10 cm.

Woensdag 11 september zijn 10.000 kg mosselen opgevist in de geulen Wierbalg en Visjagersgaatje (Balgzand). De mosselen bestaan uit halfwas uit de zaadval van 2001 met een goed vleesgewicht, gehecht aan veel schelpmateriaal (vooral *Mya*). Vanwege de te lage waterstand zijn de mosselen dezelfde dag in de haven van Den Oever met een kraan over gehesen op het Kokkelvaartuig. Op 12 september zijn de mosselen bij hoogwater op Balgzand op twee plaatsen tussen de schelpenruggen uitgezaaid (dikte maximaal 20 cm). Opnieuw was de lage waterstand de oorzaak dat het niet mogelijk was de mosselen op of bij elke schelpenrug te dumpen.

Vrijdag 13 september zijn de mosselen met kruitwagens (7 personen) naar de schelpenruggen gereden en uitgespreid tot een dikte van 5-10 cm, opdat de mosselen niet onder elkaar begraven werden. Op elke rug zijn 25 volle kruitwagens aangebracht. De gehele laagwaterperiode werd gebruikt om de mosselbank aan te leggen. Niet alle mosselen zijn gebruikt, zodat er op de uitzaaiplaatsen ook nog twee mosselbanken liggen. Deze banken hebben echter geen kleischelpenlaag als ondergrond.

De aanleg van de mosselbanken kan sneller, mits er voldoende waterdiepte is en er met een ondiep stekend vaartuig gewerkt wordt. In de oostelijke Waddenzee is dat eenvoudig vanwege de grote getijde amplitude. In de westelijke Waddenzee is er alleen een dergelijke mogelijkheid rond springtij (persoonlijke communicatie met Norbert Dankers, coördinator van de aanleg van de mosselbanken).

2.2. Experiment opzet

De 6 mosselbanken zijn, op ongeveer 1.5 km van de dijk, aangelegd bij 2 dieptes ten opzichte van NAP, namelijk 3 replica's bij -0.15 m NAP en 3 replica's bij -0.30 m NAP. De "koppen" of "punten" van de mosselbanken liggen richting 320° N, dit is circa NW. De mosselbanken zijn genummerd van circa NW naar circa ZO: 1 tot en met 3 voor -0.30 m NAP en 4 tot en met 6 voor -0.15 m NAP (Figuur 1).

Per mosselbank zijn 2 dwarsraaien aangelegd. Beide dwarsraaien zijn aangelegd met een andere expositie ten opzichte van de windrichting. De dwarsraaien liggen circa west (raai 1) en circa noord (raai 2). De dwarsraaien zijn gemarkeerd door ter hoogte van de raai aan beide zijden van de mosselbank een steigerbuis te plaatsen. De steigerbuizen aan de binnenkant van respectievelijk raai 1 en raai 2 worden in het vervolg respectievelijk P1 en P2 genoemd. De steigerbuizen aan de buitenkant van respectievelijk raai 1 en raai 2 worden in het vervolg respectievelijk P3 en P4 genoemd (Figuur 1 – inzet). Tevens is de exacte positie van deze buizen ten opzichte van NAP bepaald.

2.3. Monitoringswerkzaamheden

De nulsituatie van 4 van de 6 mosselbanken, namelijk mosselbanken 1, 2, 4 en 5, is in kaart gebracht op 19, 20 en 23 september 2002.

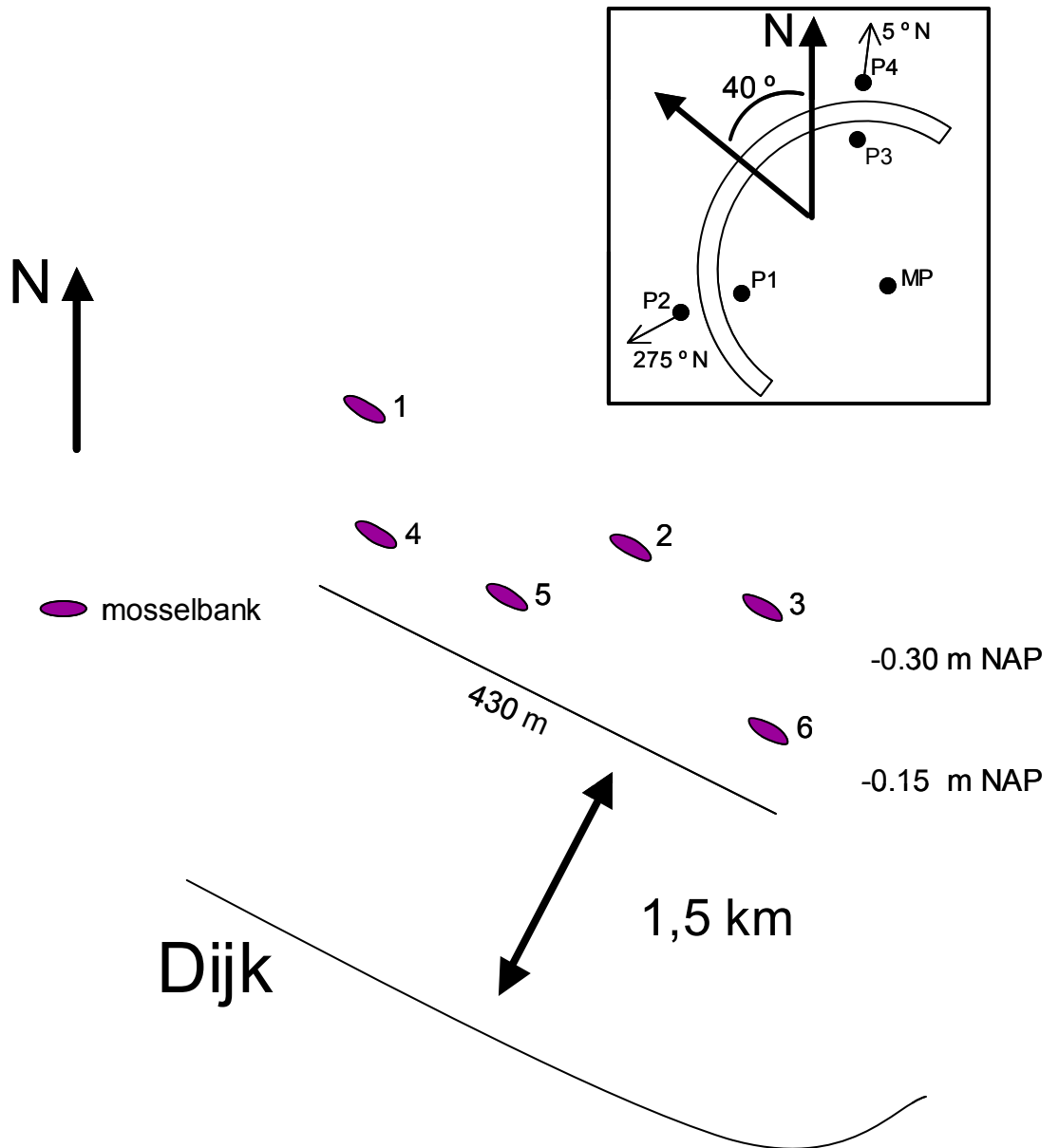
2.3.1. *Kartering mosselbanken*

Tussen beide uiteinden van elke mosselbank is een steigerbuis geplaatst als extra referentiepunt. Deze buis wordt in het vervolg MP genoemd (Figuur 1 - inzet). De exacte positie van MP ten opzichte van NAP is bepaald.

Voor de globale kartering van de mosselbanken is op 23 september 2002 langs de binnenrand van de mosselbanken is een meetlint uitgezet. Raai 1 is hierbij als nulpunt gekozen. Beginnend bij raai 1 zijn in beide richtingen elke meter bamboestokjes gezet. Met behulp van een tweede meetlint is om de meter de afstand van MP tot de binnen- en buitenrand van de mosselbanken in een rechte lijn bepaald. Tevens zijn de afstanden tussen MP en elk van de 4 dwarsraaibuizen en tussen P1 en P3 en tussen P2 en P4 bepaald.

De 'restafstand' van de punt van de bank tot aan de laatste gehele meter is bepaald door loodrecht op de mosselbank een denkbeeldige lijn naar het meetlint aan de binnenrand van de mosselbank te trekken.

Ondersteuning van de kartering door GPS was niet mogelijk ten gevolge van onvoldoende nauwkeurigheid van de apparatuur op de schaal van deze mosselbanken.



Figuur 1: Schematische weergave van de experiment opzet van de mosselbanken op Balgzand. De **inzet** geeft in detail de experiment opzet van één mosselbank weer. P1 en P3 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. P2 en P4 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. MP is de steigerbuis die als extra referentiepunt diende bij de kartering.

2.3.2. Dwarsraaien

De volgende veldwerkzaamheden zijn steeds uitgevoerd voor alle 8 dwarsraaien.

2.3.2.1. Hoogteprofiel

Om het hoogteprofiel van de mosselbank te bepalen is een aluminiumlat, met daarop een schaalverdeling van 10 cm, gebruikt. Deze lat is over de 2 steigerbuizen van de raai geplaatst, waarbij het nulpunt steeds op de binnenste

steigerbuis lag. Elke 10 cm is, met behulp van een prikstok met daarop een meetlint (kleinste schaaleenheid = 1 mm) gemeten, de afstand van de lat tot aan:

- De mosselen
- De slib- of sedimentlaag, als aanwezig (de bovenkant van deze laag kon worden waargenomen)
- De kleischelpenlaag (hiertoe is de prikstok met enige kracht door het slib tot op de kleischelpenlaag geduwd)

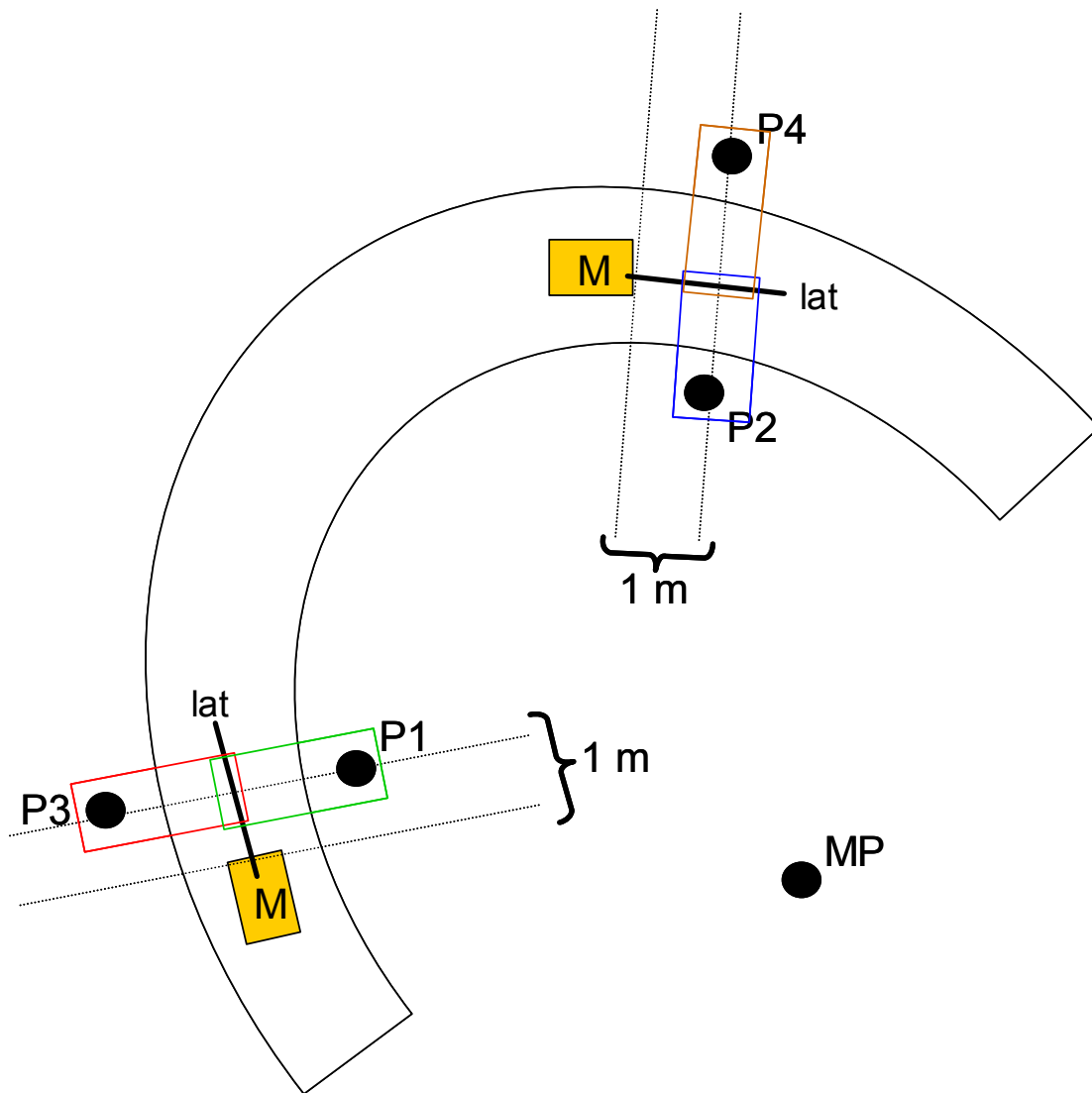
Indien van toepassing is naast de mosselbank is elke 10 centimeter de afstand van de lat tot aan de zandige ondergrond gemeten.

2.3.2.2. Dichtheid

Door middel van een digitale fotocamera is de dichtheid (of bedekkingsgraad) van de dwarsraaien vastgelegd. Aangezien de camera niet op een dergelijke hoogte geplaatst kon worden dat de gehele breedte van de mosselbank in beeld kwam, zijn per raai twee opnames vanaf circa 1.5 m hoogte gemaakt. De eerste opname is gemaakt van de binnenste steigerbuis (P1 of P2) naar de aluminiumlat (zie 2.3.2.1. Hoogteprofiel), die in het midden van de raai was geplaatst. De tweede opname is gemaakt van de aluminiumlat naar de buitenste steigerbuis (P3 of P4). Voor elke bank zijn beide raaien dus in hun totaliteit gefotografeerd (Figuur 2). De foto's zijn genomen met de punt van de mosselbank in de rug. Alleen de foto's van P4 op de mosselbanken 1 en 2 zijn per vergissing vanuit het midden van de mosselbank genomen. De positie van de raaien ligt vast, doordat ze zijn gemarkeerd door de steigerbuizen. Hierdoor kunnen bij een eventuele tweede monitoring lokale veranderingen in dichtheid worden geschat.

2.3.2.3. Mosselmonstername

Van de bovenste laag van de mosselbank (bestaande uit mosselen en slib) is per raai een monster van ongeveer 0.05 m² genomen. De monsters zijn steeds ongeveer 1 m links (gezien vanuit P1 respectievelijk P2) van de raai genomen (Figuur 2). Hiertoe is een metalen rechthoek in de mosselbank geduwd en zijn alle mosselen binnen de rechthoek verzameld in een zeef ($\varnothing = 1$ mm), ontdaan van een groot deel van het slib door ze te wassen in zeewater en verzameld in plastic zakken. Tot verdere bewerking in het lab zijn de mosselen opgeslagen in potten met 98% alcohol.



- M Mosselmonster
- Foto 1: P1 tot lat
- Foto 2: P3 tot lat
- Foto 3: P2 tot lat
- Foto 4: P4 tot lat

Figuur 2: Schematische weergave van de experiment opzet van één mosselbank. De gekleurde rechthoeken geven de plekken op de dwarsraai aan, waarvan de mosseldichtheid door middel van een digitale camera is vastgelegd. Tevens zijn de plekken, waar de mosselmonsters zijn genomen, weergegeven. P1 en P3 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. P2 en P4 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 2 markeren. MP is de steigerbuis die als extra referentiepunt diende bij de kartering.

2.4. Bewerking mosselmonsters

De mosselmonsters zijn eerst gescheiden in 4 fracties, te weten grote schelpmateriaal, zoals oesters en kleischelpen (verder niet gebruikt), mosselen, zeepokken en een restfractie, bestaande uit de byssusdraden plus kleine schelpfragmenten, veen, macroalgen etc. Bij het ongebruikte schelpmateriaal zijn ook de in totaal, dus over alle 8 monsters, 5 dode mosselen (lege schelpen) gevoegd.

De zeepokken (*Balanus crenatus*) zijn met behulp van een scalpel van de mosselen afgeschraapt. (Zeepokken op de lege schelpen van dode mosselen of op mosselschelpfragmenten zijn hier niet bij opgenomen.) De byssusdraden zijn van de mosselen gescheiden door de draden los te trekken van de mosselen. In enkele gevallen bleef de byssusklier hierbij aan de byssusdraden zitten. Tussen de vervolgbewerkingen in zijn de materialen opgeslagen in 98% alcohol.

2.4.1. Grootteverdeling

Van alle individuele mosselen is de lengte bepaald met behulp van een digitale schuifmaat. De lengte is gemeten van de stompe kant van de mosselen tot aan het uiterste puntje van de smalle kant. Bij het op deze wijze doormeten van de monsters is nauwkeurig gezocht naar kleine mosselen. Mosselen van kleiner dan 1.5 cm zijn ook nog aangetroffen tijdens het schoonmaken cq. uitzoeken van de byssusdraden (zie 1.5.3.). Indien dit het geval was, is alsnog de lengte van de mossel bepaald.

2.4.2. Zeepokken

De zeepokken zijn ongeveer 20 maal gespoeld met kraanwater om zand en organisch materiaal (veen, algen, e.d.) te verwijderen. In een laatste schoonmaakstap is elk monster in een petrischaal ontdaan van eventuele kleine resten organisch materiaal. Na 48 uur drogen bij 70 °C is het drooggewicht van de zeepokken bepaald.

2.4.3. Byssusdraden

In een eerste schoonmaakstap zijn de grote schelpresten uit de byssus-fractie verwijderd. Vervolgens zijn de monsters in een petrischaal met water gelegd en zijn met het blote oog zichtbare stukken organisch materiaal (draadalgen, *Ulva* en stukjes veen) uit het geheel gehaald. Van dit geheel is na 48 uur drogen bij 70 °C het drooggewicht bepaald.

Hierna zijn de monsters verast door ze 4 uur bij 500 °C te plaatsen. Het verassingsgewicht is bepaald. De aanname is nu dat het verassingsverlies een indicatie waarde is voor de hoeveelheid byssusdraden in elk monster, omdat de schelpen bij 500 °C niet verbranden. Waarschijnlijk is deze waarde iets te hoog, aangezien er mogelijk enig organisch materiaal in de monsters is achtergebleven en dientengevolge ook is verast. Aan de andere kant was het niet te vermijden

dat er byssusmateriaal verloren ging tijdens het verwijderen van de grote schelpresten. Dientengevolge is het ook mogelijk dat er een onderschatting van de hoeveelheid byssusmateriaal is opgetreden.

2.5. Analyse

2.5.1. Hoogteprofiel

De hoogteprofielen zijn op 2 manieren gepresenteerd:

- a) ten opzichte van de ondergrond. De dikte van de kleischelpenlaag is in dit geval berekend uit de afstand van de lat tot aan de zandige ondergrond bij P1 voor raai 1 en bij P2 voor raai 2 en de afstand van de lat tot aan de kleischelpenlaag. Het verschil tussen beide afstanden is de dikte van de kleischelpenlaag. Bij deze berekening wordt dus aangenomen dat de zandige ondergrond van de mosselbanken recht loopt ten opzichte van P1 voor raai1 en P2 voor raai2.
- b) ten opzichte van NAP. Hiervoor is voor elke raai het verloop tussen de bovenkanten van beide steigerbuizen ten opzichte van NAP berekend. Vervolgens is de hoogte van de mosselbank gecorrigeerd voor dit verloop. (De hoogte van de mosselbank is het verschil tussen de afstand van de lat tot aan de zandige ondergrond bij P1 voor raai 1 en bij P2 voor raai 2 en de afstand van de lat tot aan de mosselen.) In dit geval is de dikte van de kleischelpenlaag gecorrigeerd voor het verloop van de zandige ondergrond van de mosselbank met als referentiepunten de gemiddelden van de aan NAP gerelateerde meetwaarden buiten de mosselbank (dat wil zeggen het gebied tussen de mosselbank en de steigerbuizen).

In beide gevallen geldt:

- De dikte van de mossellaag zonder slib is het verschil tussen de afstand van de lat tot aan de mosselen en de afstand van de lat tot aan het slib.
- De dikte van de sliblaag (de sliblaag bevat dus ook mosselen) is het verschil tussen de afstand van de lat tot aan de sliblaag en de afstand van de lat tot aan de kleischelpenlaag.

Daarnaast is de gemiddelde dikte van de mossel-, de slib- en de kleischelpenlaag van de middelste 6 à 7 meetpunten op elke dwarsraai (dit is ongeveer het midden van de mosselbank) berekend.

2.5.2. Zeepokken en byssusdraden

De hoeveelheid zeepokken en byssusdraden is uitgerekend in g/mossel. Hiervoor zijn het drooggewicht van de zeepokken en het verassingsverlies, of

tewel het geschatte gewicht aan byssusdraden gedeeld door het aantal mosselen dat groter is dan 20 mm. Dit is gedaan omdat deze kleinere mosselen geen geschikt substraat lijken te zijn voor zeepokken (persoonlijke waarneming: op de kleine mosselen is nooit een zeepok aangetroffen) en omdat de kleinere mosselen meestal los in het monster, dat wil zeggen niet of nauwelijks gehecht aan substraat of andere mosselen door middel van byssusdraden, zijn aangetroffen (persoonlijke waarneming).

2.5.3. Statistiek

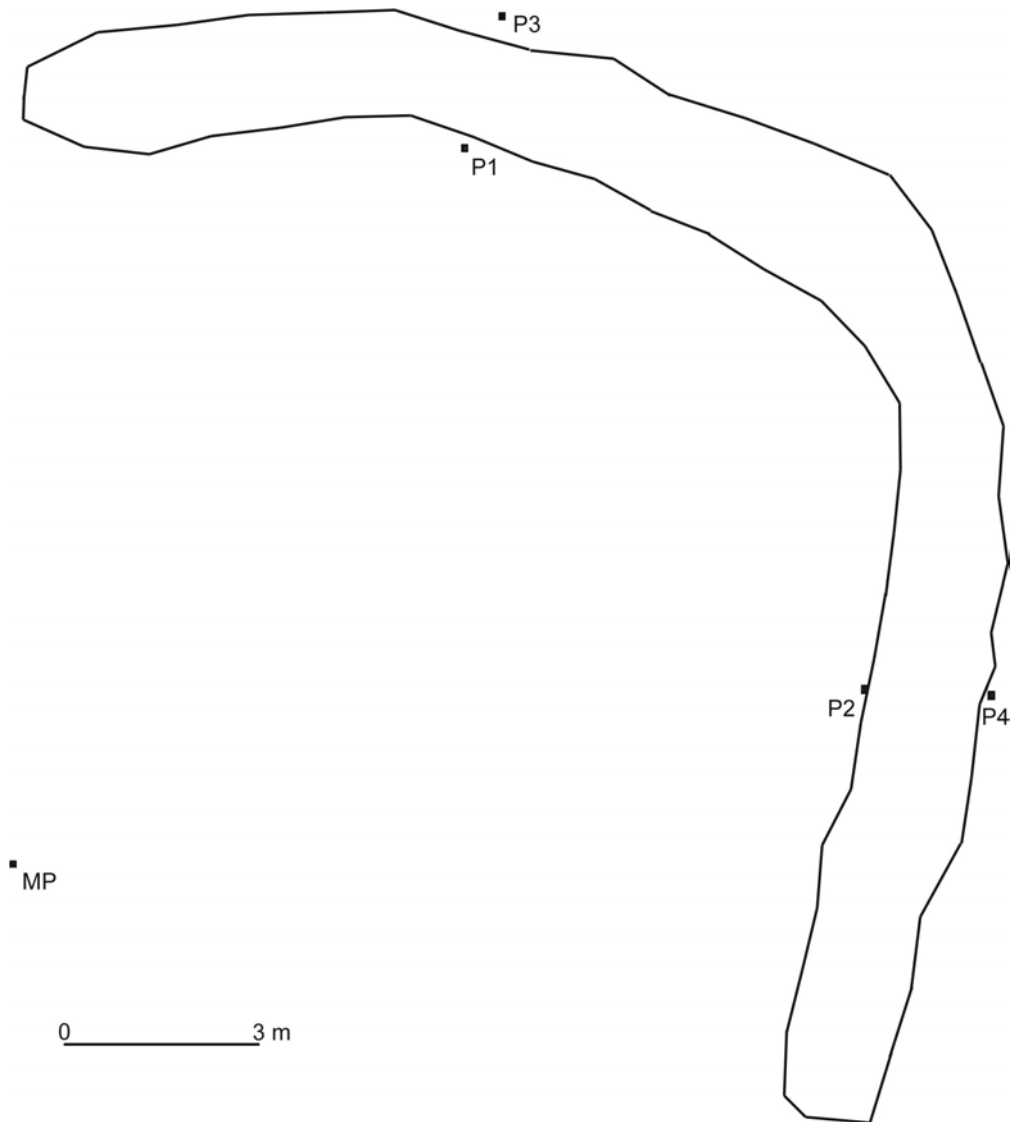
Met behulp van een eenzijdige Ftoets zijn de data getest op significante verschillen tussen de expositie ten op zichte van de windrichting en tussen de verschillende dieptes ten opzichte van NAP.

Indien van toepassing zijn de data weergegeven als gemiddelden \pm stdev.

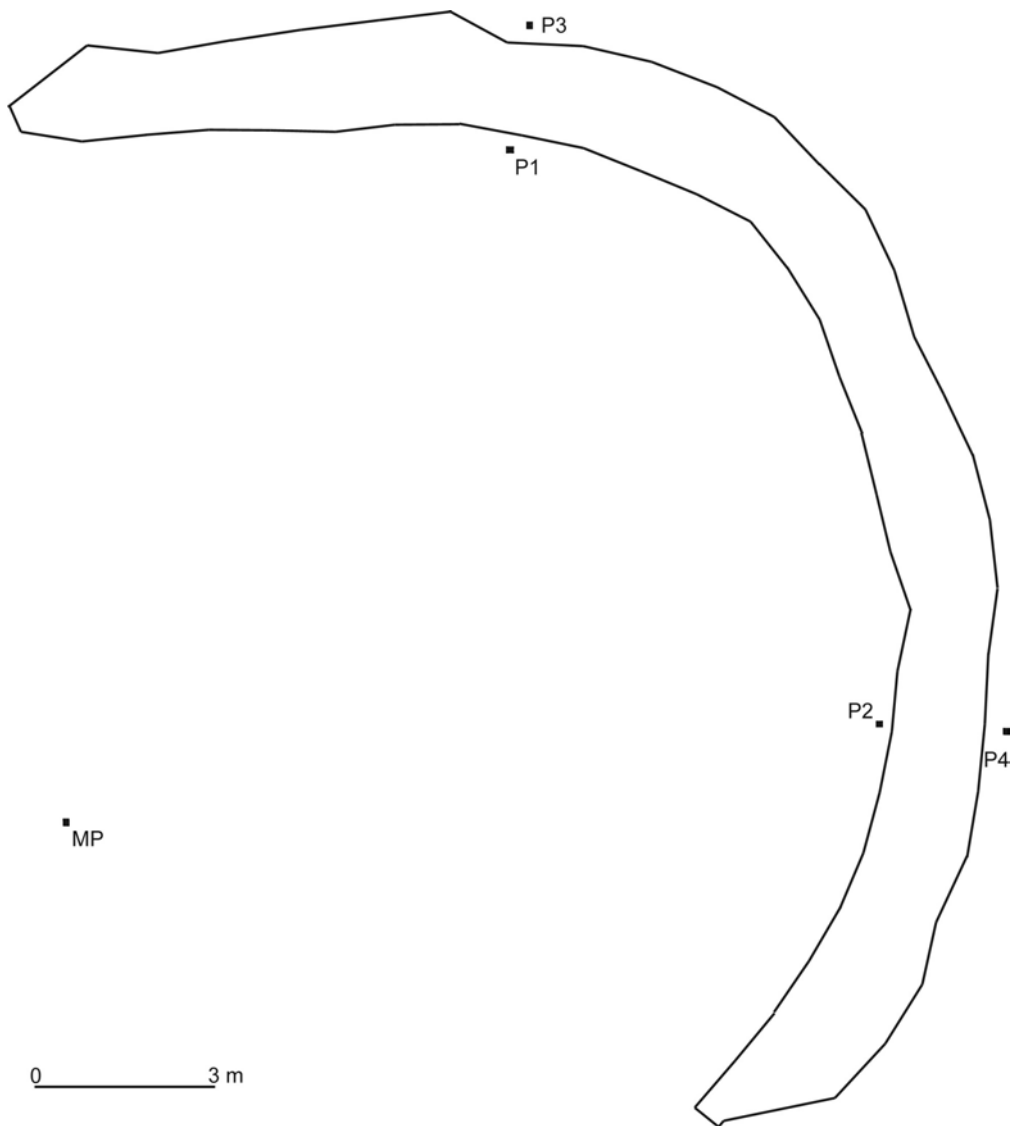
3. Resultaten

3.1. Kartering mosselbanken

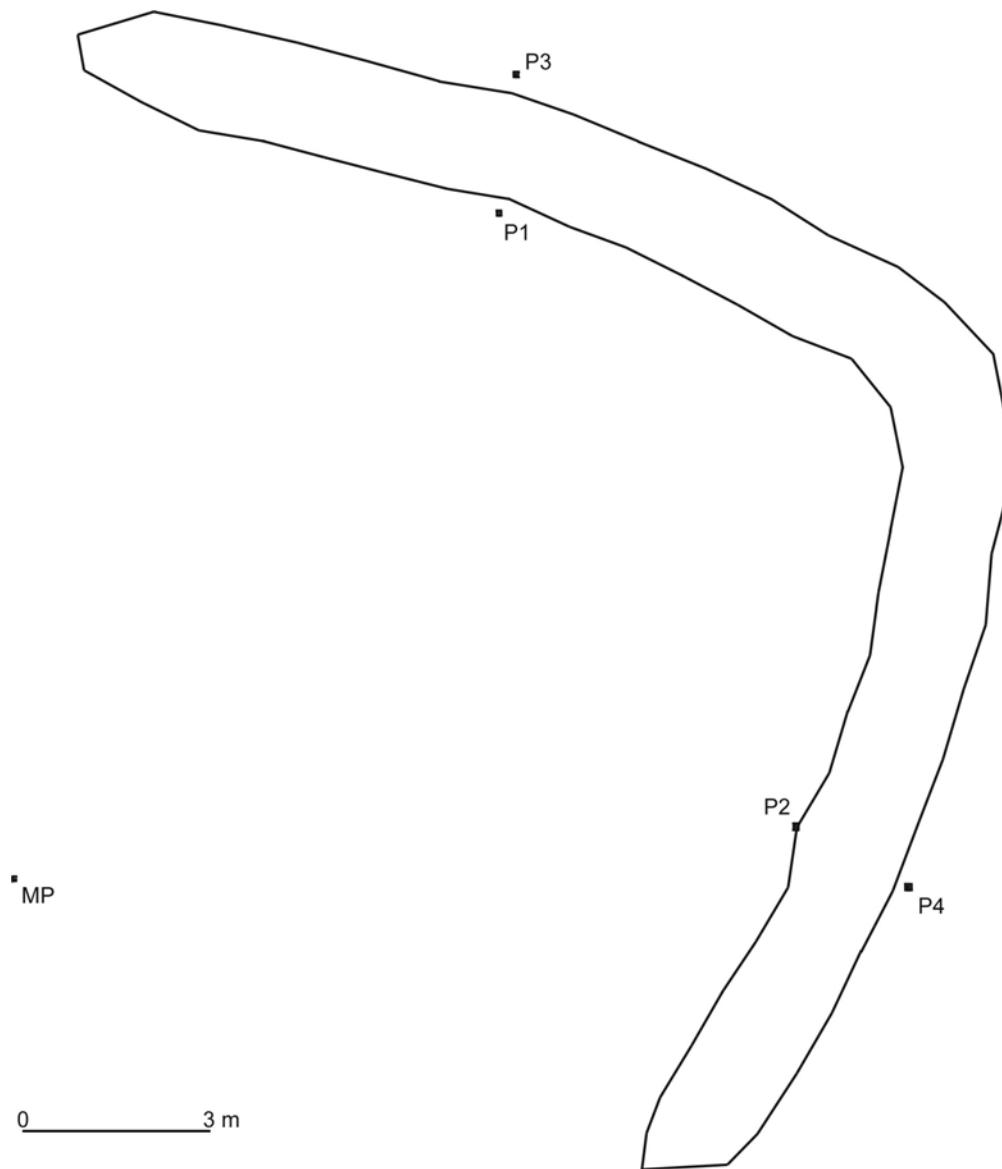
In de figuren 3-6 is de globale omtrek van de mosselbanken 1, 2, 4 en 5 op 23 september 2002 te zien. Eventuele grootschalige erosies van de banken zelf zullen op deze wijze kunnen worden vastgelegd bij een eventuele tweede monitoring.



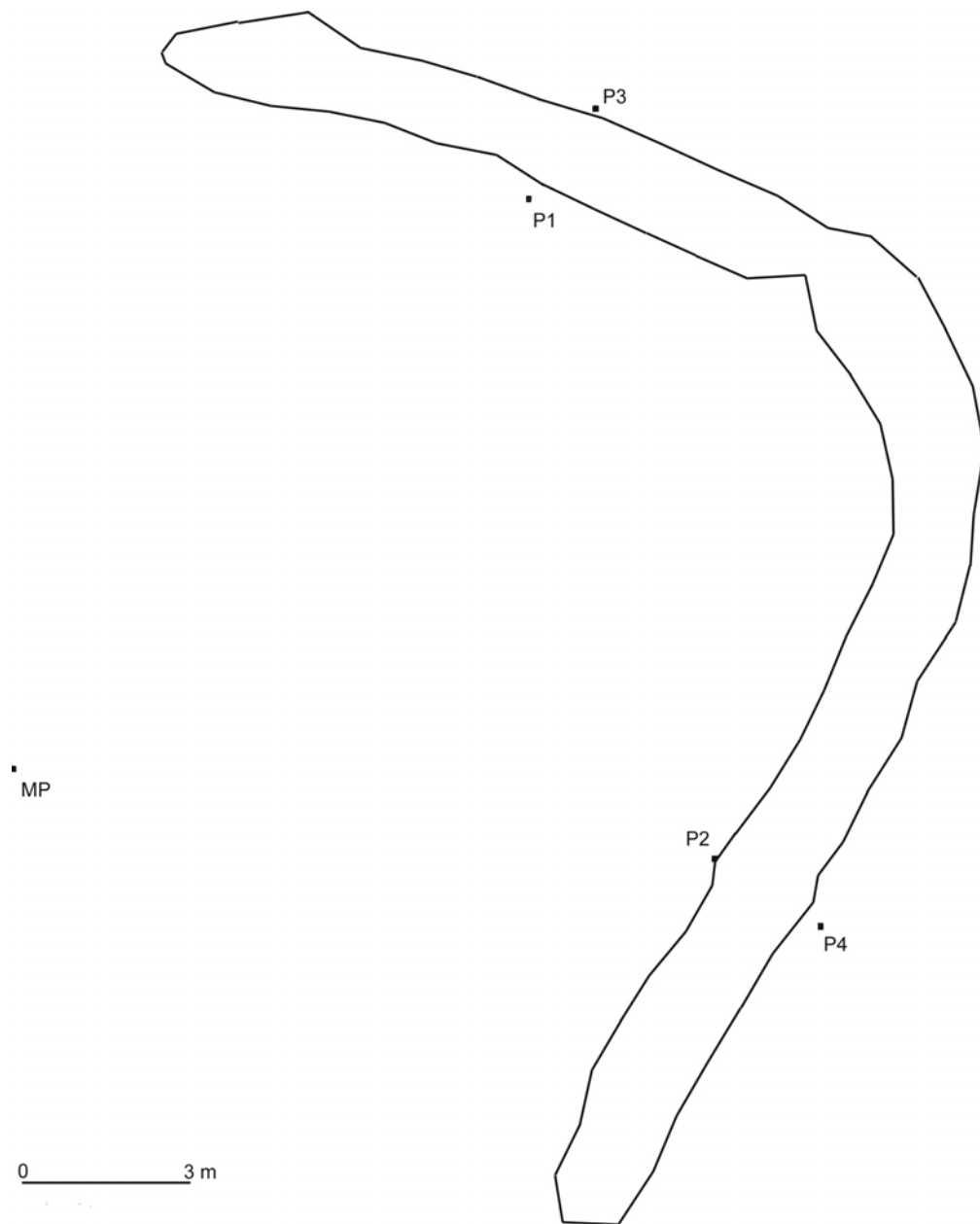
Figuur 3: Globale omtrek van mosselbank 1 op 23-09-2002 op Balgzand in de Waddenzee. P1 en P3 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. P2 en P4 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 2 markeren. MP is de steigerbuis die als extra referentiepunt diende bij de kartering.



Figuur 4: Globale omtrek van mosselbank 2 op 23-09-2002 op Balgzand in de Waddenzee. P1 en P3 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. P2 en P4 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 2 markeren. MP is de steigerbuis die als extra referentiepunt diende bij de kartering.



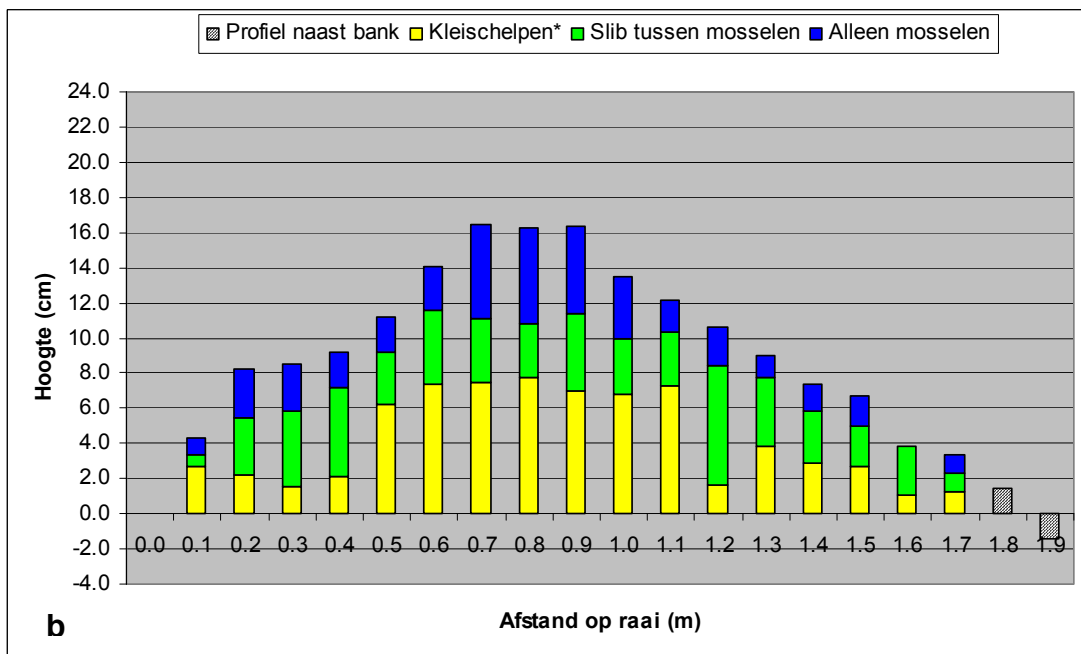
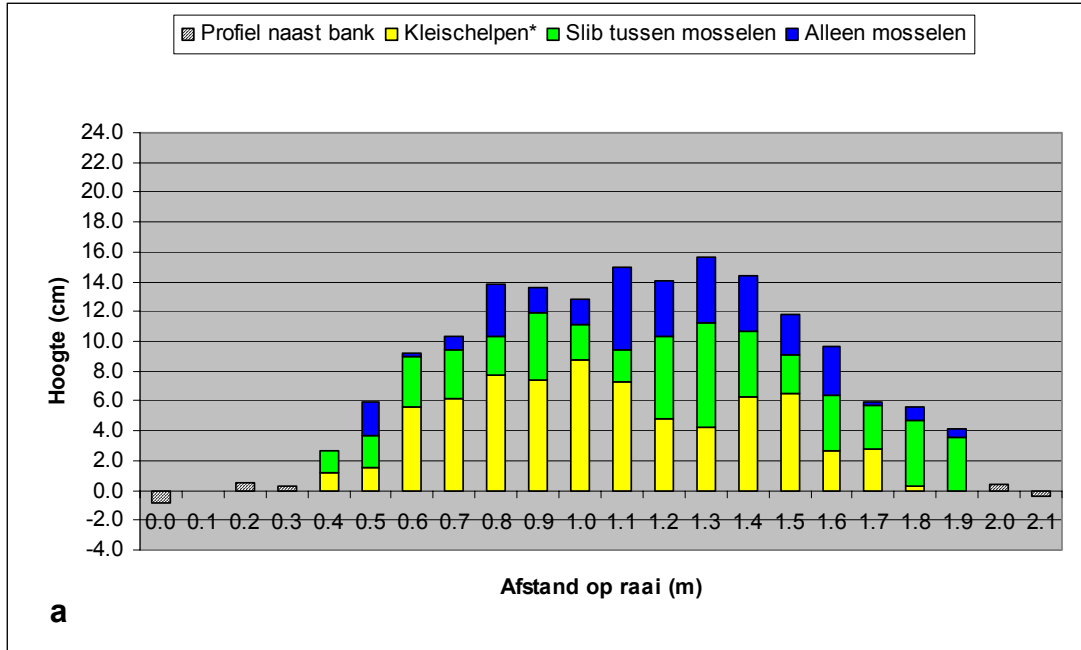
Figuur 5: Globale omtrek van mosselbank 4 op 23-09-2002 op Balgzand in de Waddenzee. P1 en P3 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. P2 en P4 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 2 markeren. MP is de steigerbuis die als extra referentiepunt diende bij de kartering.



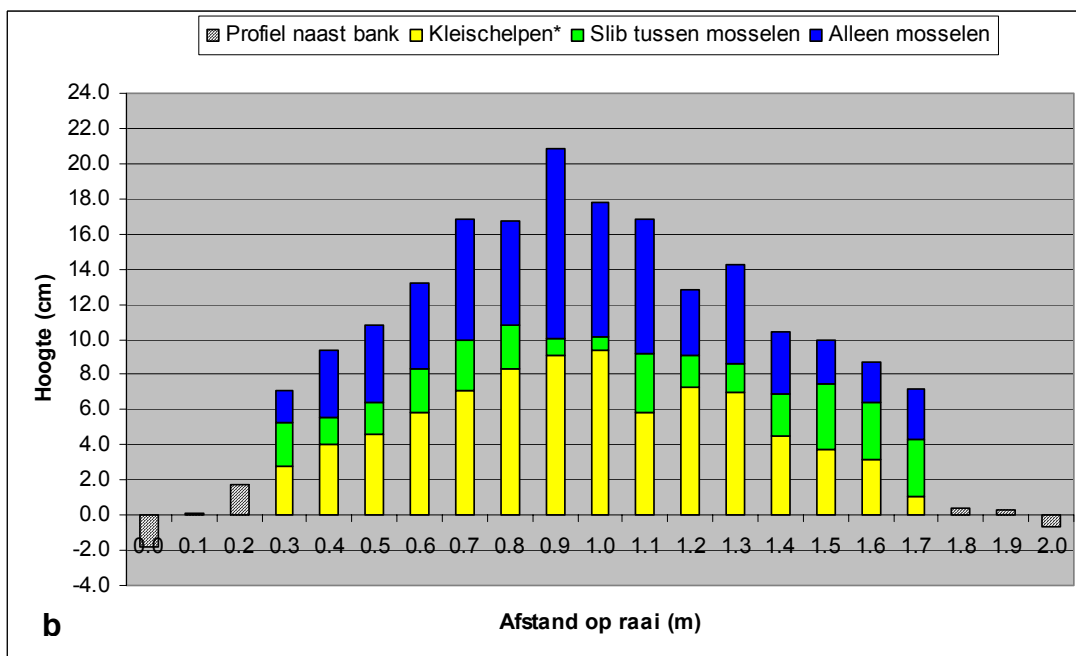
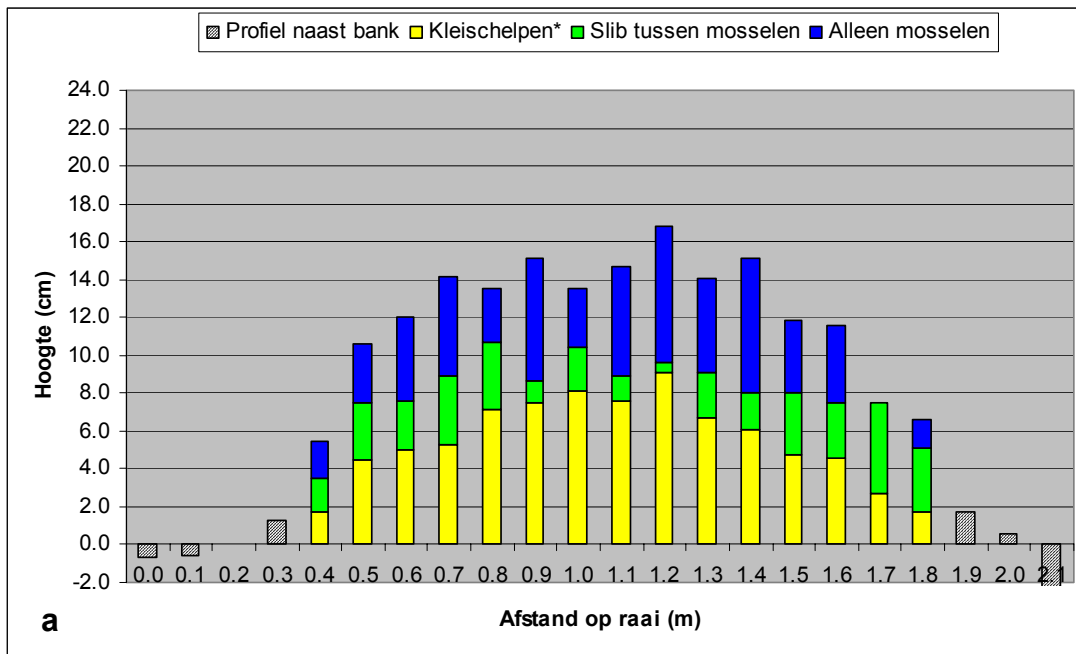
Figuur 6: Globale omtrek van mosselbank 5 op 23-09-2002 op Balgzand in de Waddenzee. P1 en P3 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 1 markeren. P2 en P4 zijn de steigerbuizen die dwarsraai 2 markeren. MP is de steigerbuis die als extra referentiepunt diende bij de kartering.

Hoogteprofiel

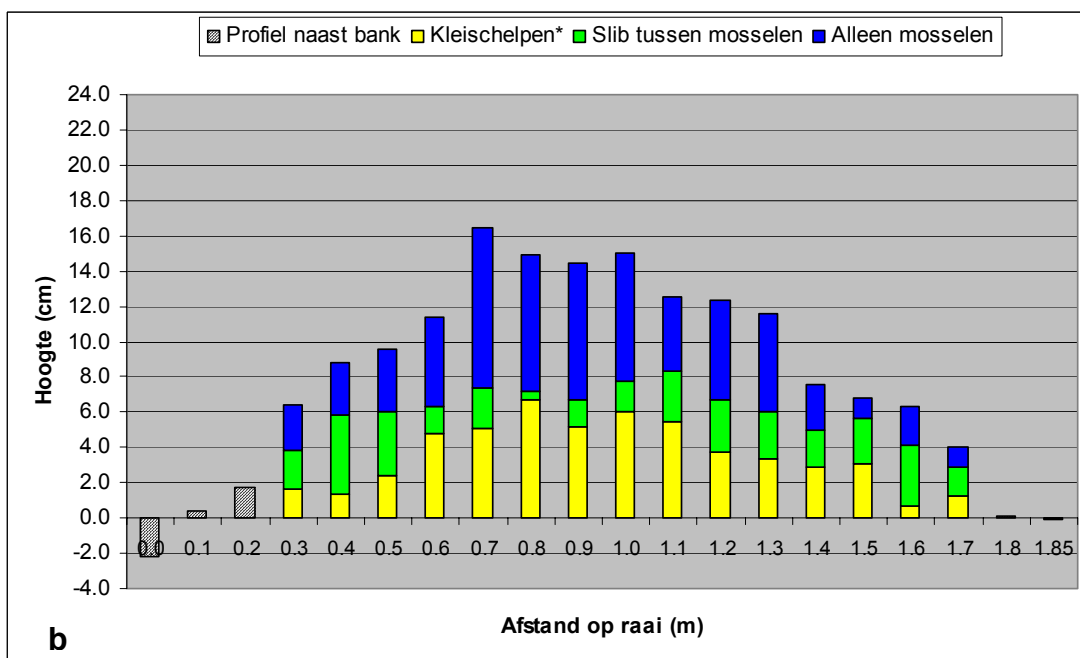
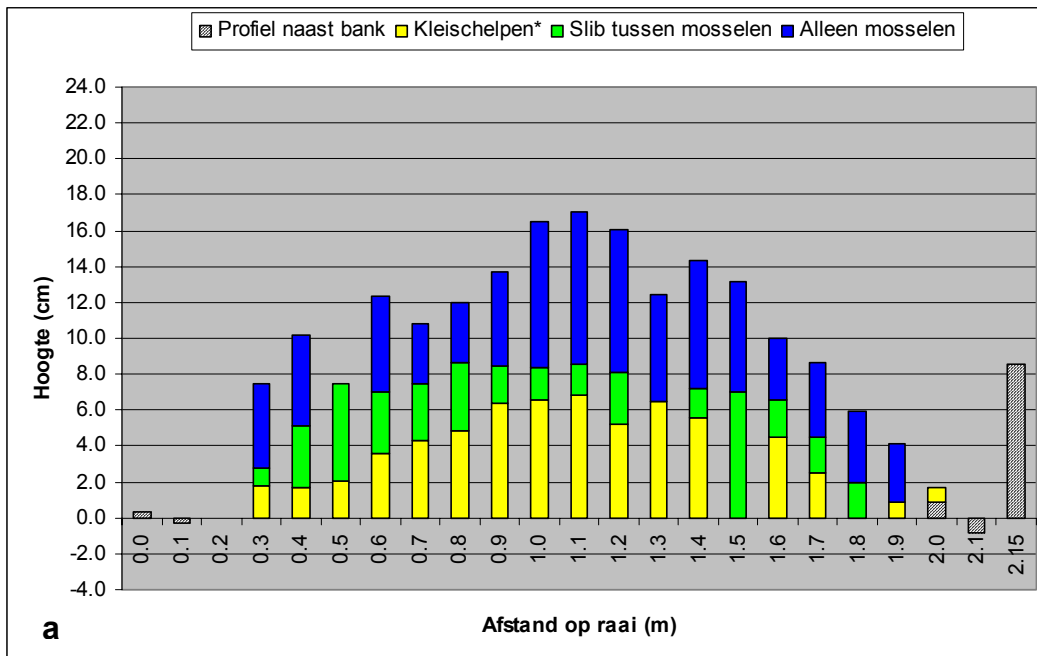
De figuren 7-10 geven voor elke mosselbank een beeld van de hoogteprofielen, dat wil zeggen, de mossellaag, de sliblaag en de keischelpenlaag, van beide dwarsraaien (a en b). In de figuren 11-14 zijn deze hoogteprofielen aan NAP gerelateerd.



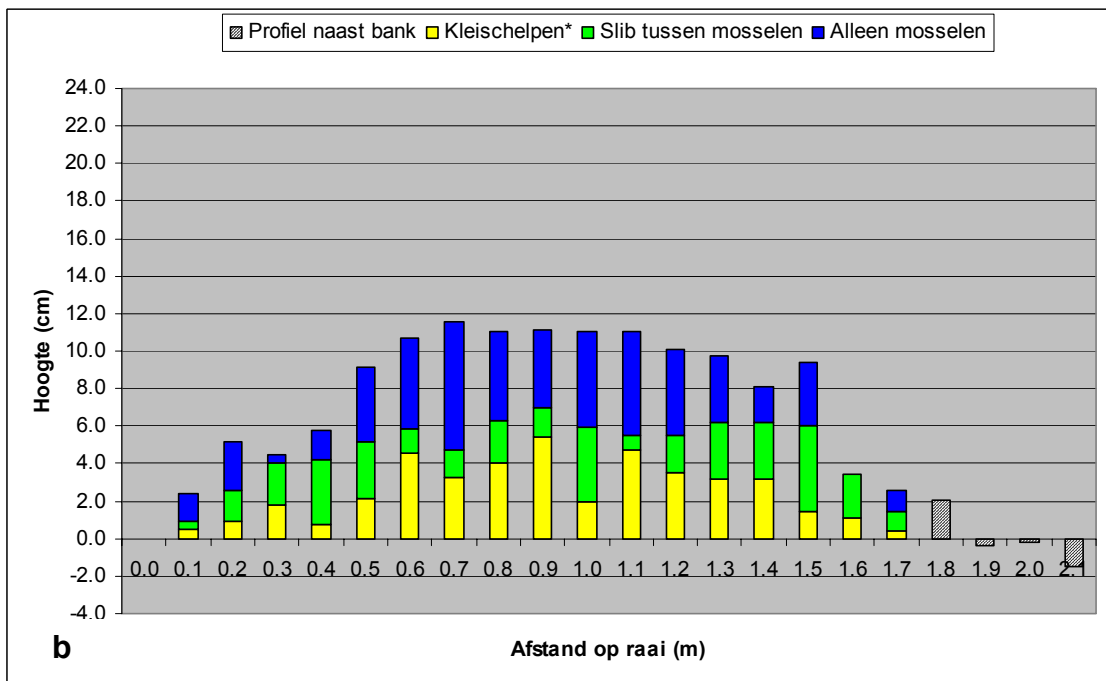
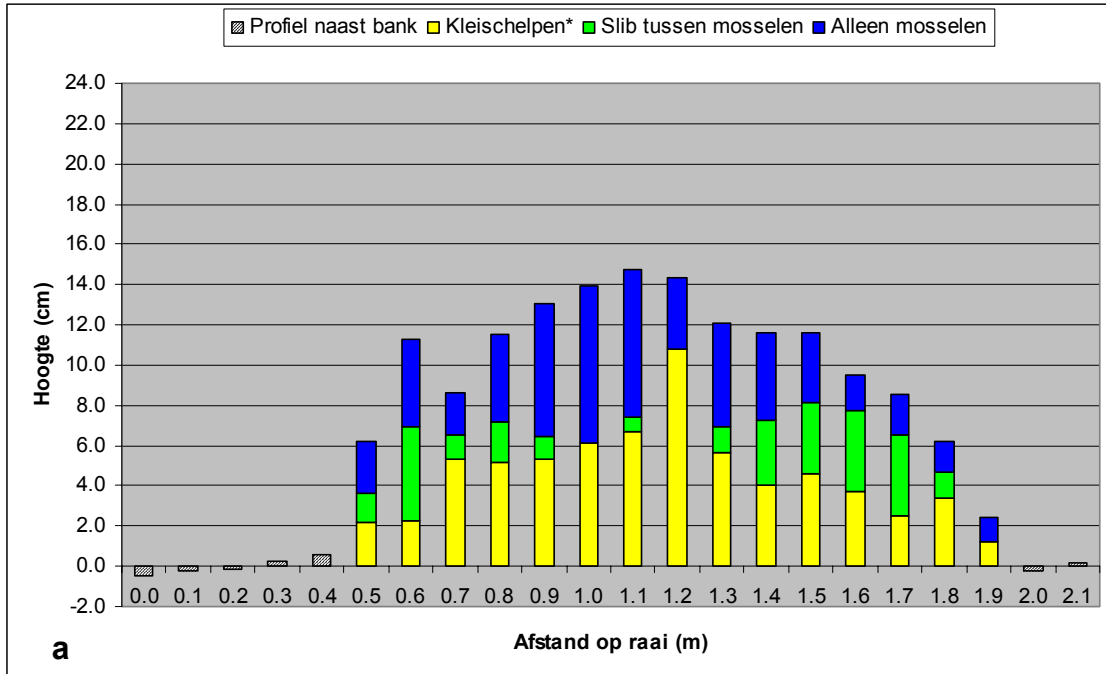
Figuur 7: Hoogteprofiel van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 1. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening a)



Figuur 8: Hoogteprofiel van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 2. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening a)

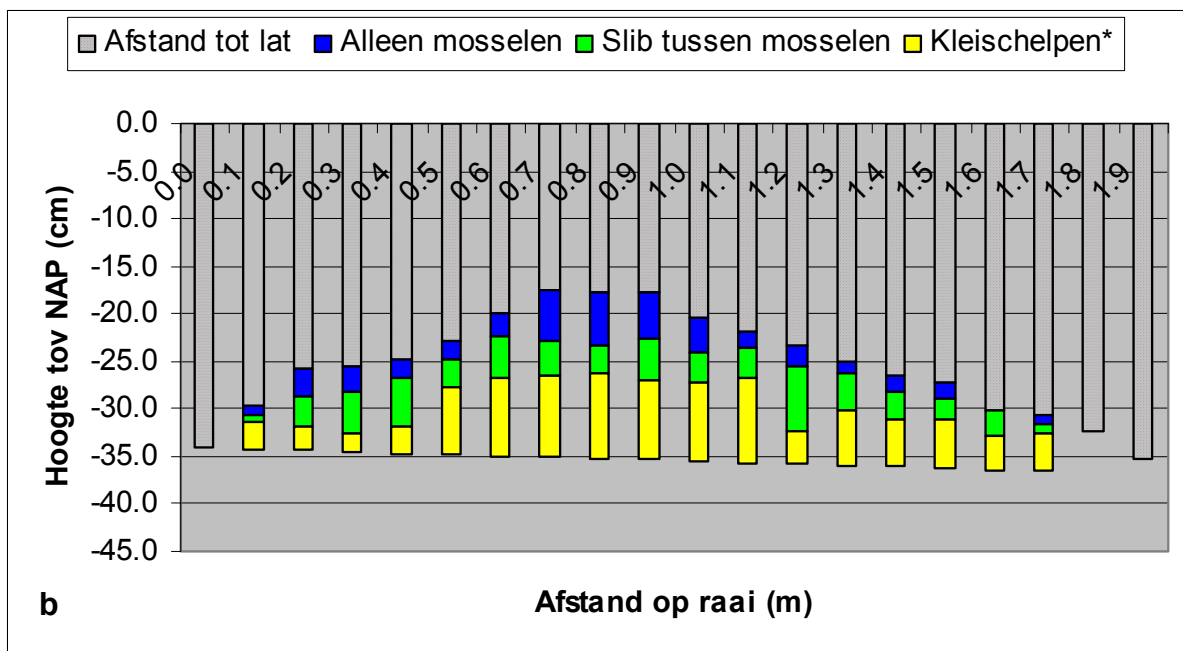
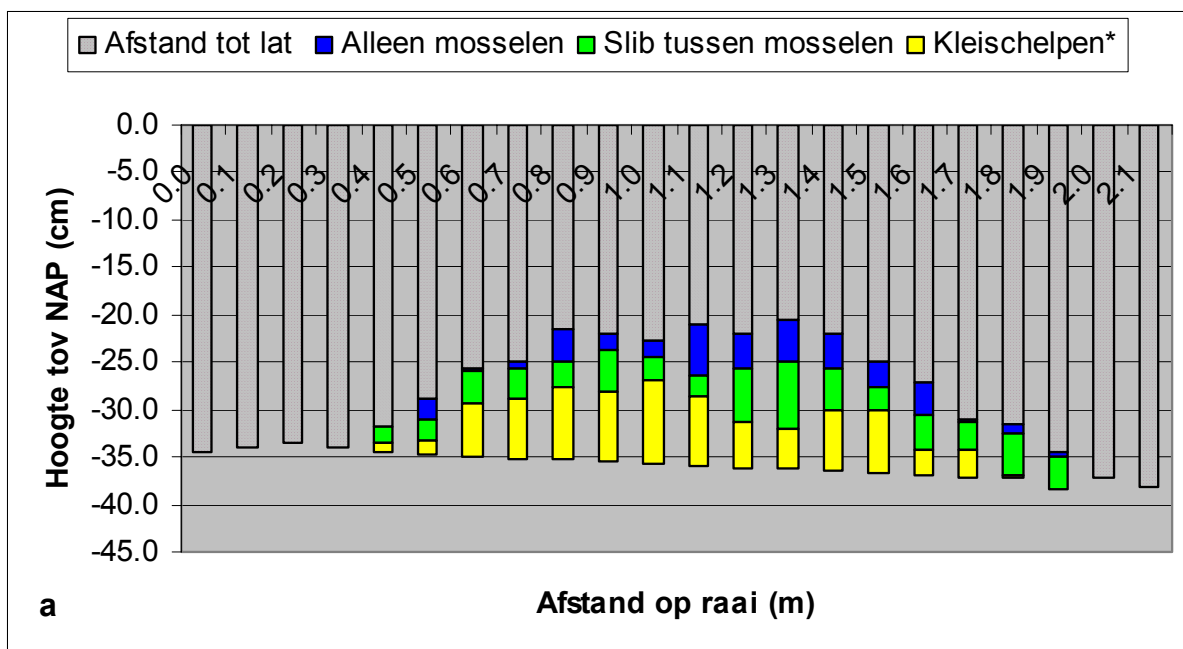


Figuur 9: Hoogteprofiel van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 4. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening a)

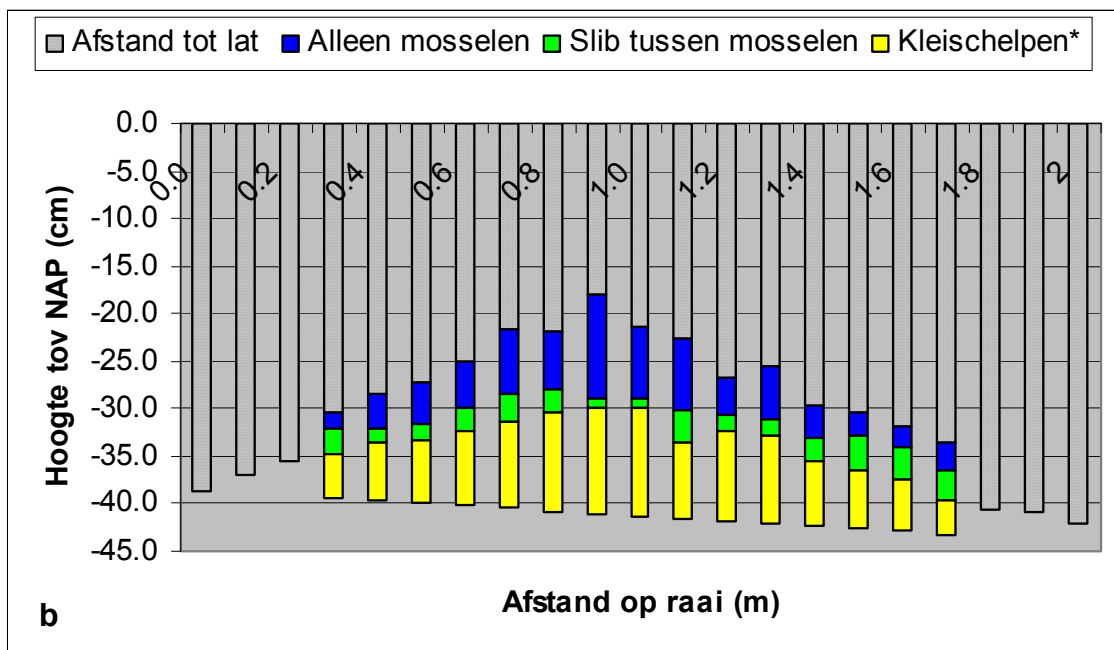
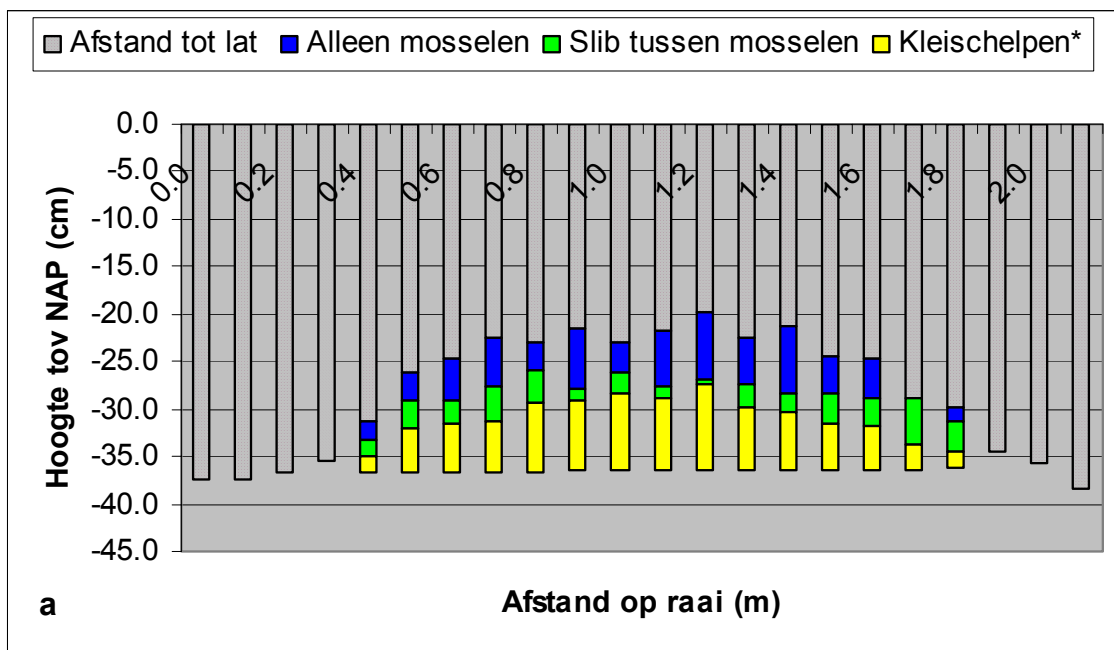


Figuur 10: Hoogteprofiel van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 5. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening a)

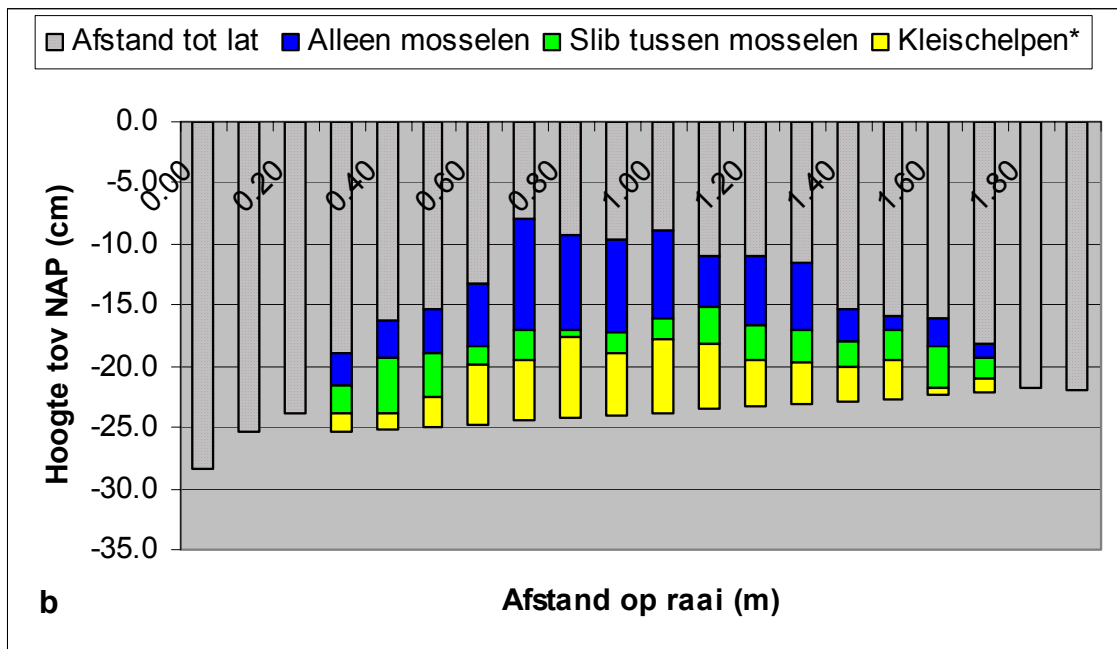
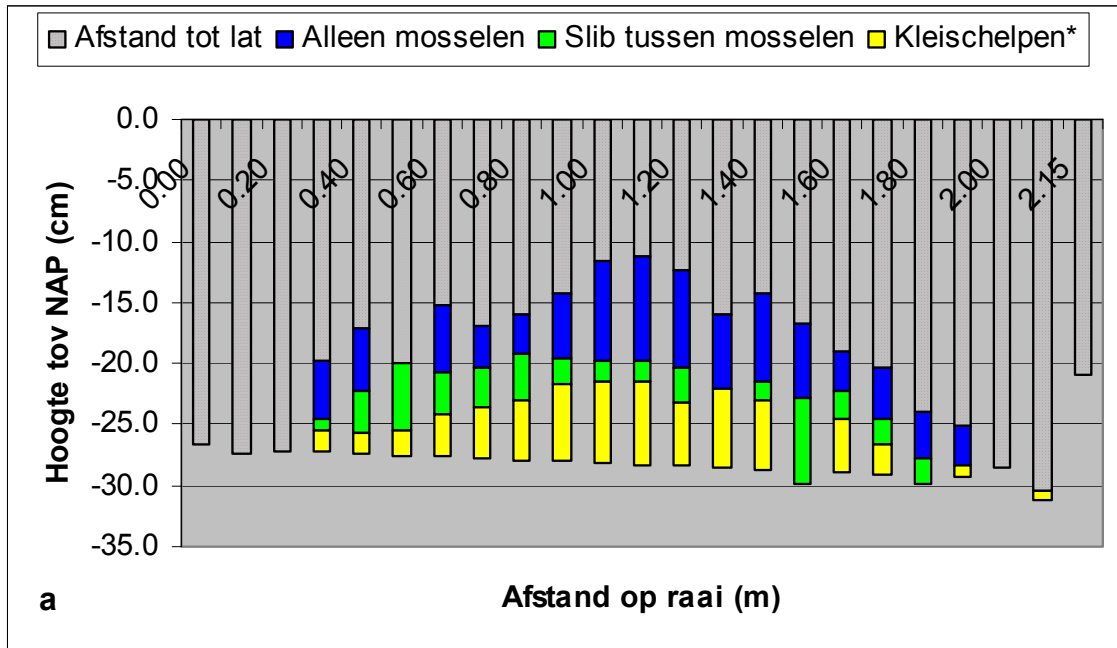
De mosselbanken hebben een week na de aanleg ieder vrijwel de zelfde opbouw. De maximale hoogte van de mosselbanken varieerde van ongeveer 11 cm (Figuur 10b) tot ongeveer 21 cm (Figuur 8b).



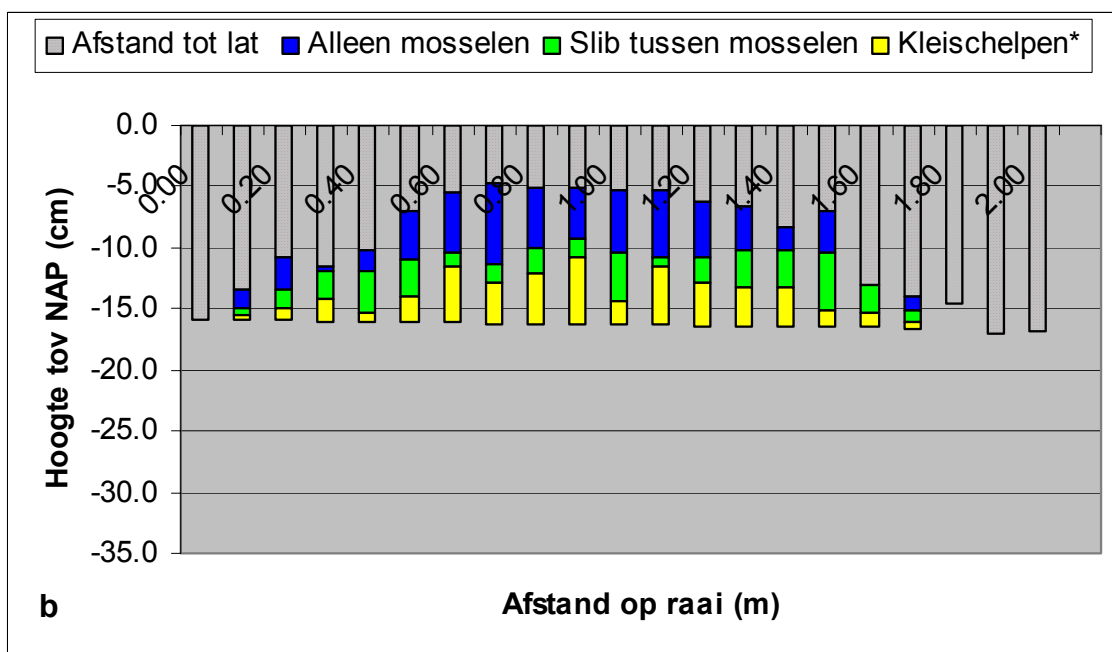
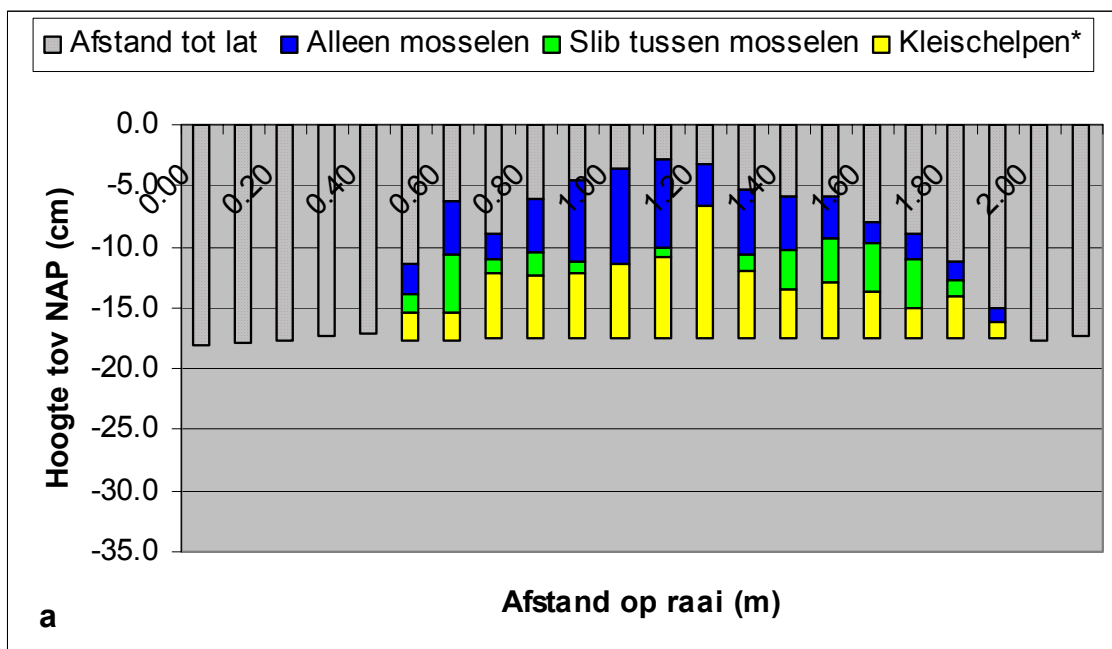
Figuur 11: Hoogteprofiel ten opzichte van NAP van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 1. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening b)



Figuur 12: Hoogteprofiel ten opzichte van NAP van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 2. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening b)



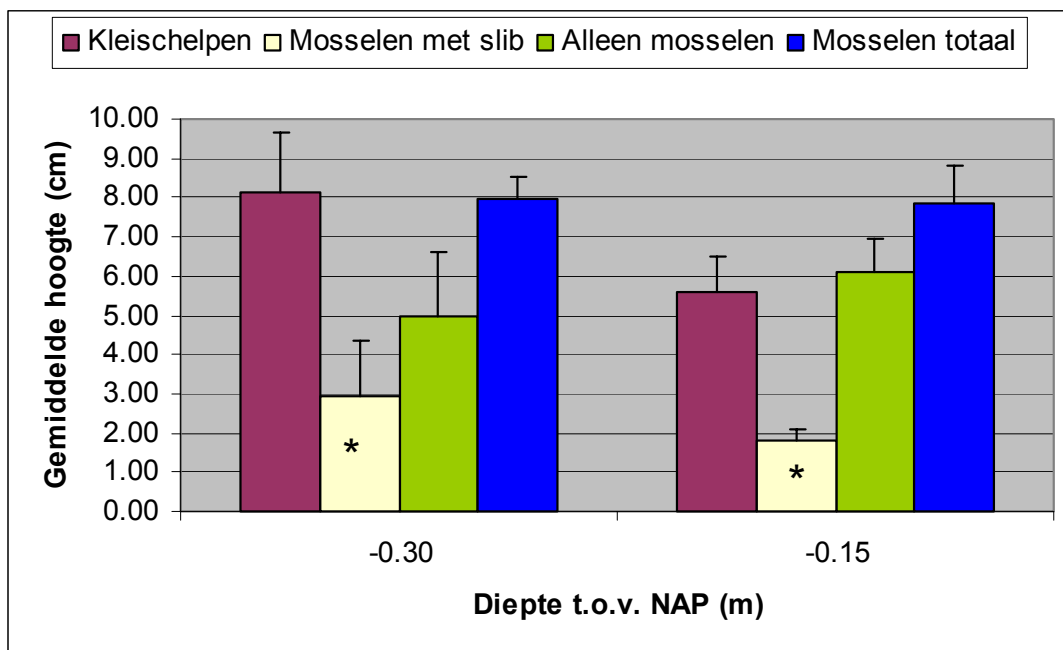
Figuur 13: Hoogteprofiel ten opzichte van NAP van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 4. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening b)



Figuur 14: Hoogteprofiel ten opzichte van NAP van (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 5. (* zie 2.5.1. Hoogteprofiel – berekening b)

Mosselbank 4 ligt 5 tot 10 cm dieper dan mosselbank 5 (Figuur 13 en 14). In het veld komt dit tot uiting door, als mosselbank 5 wel geheel droog gevallen is, een laag water van 5 tot 10 cm bij mosselbank 4 (persoonlijke waarneming).

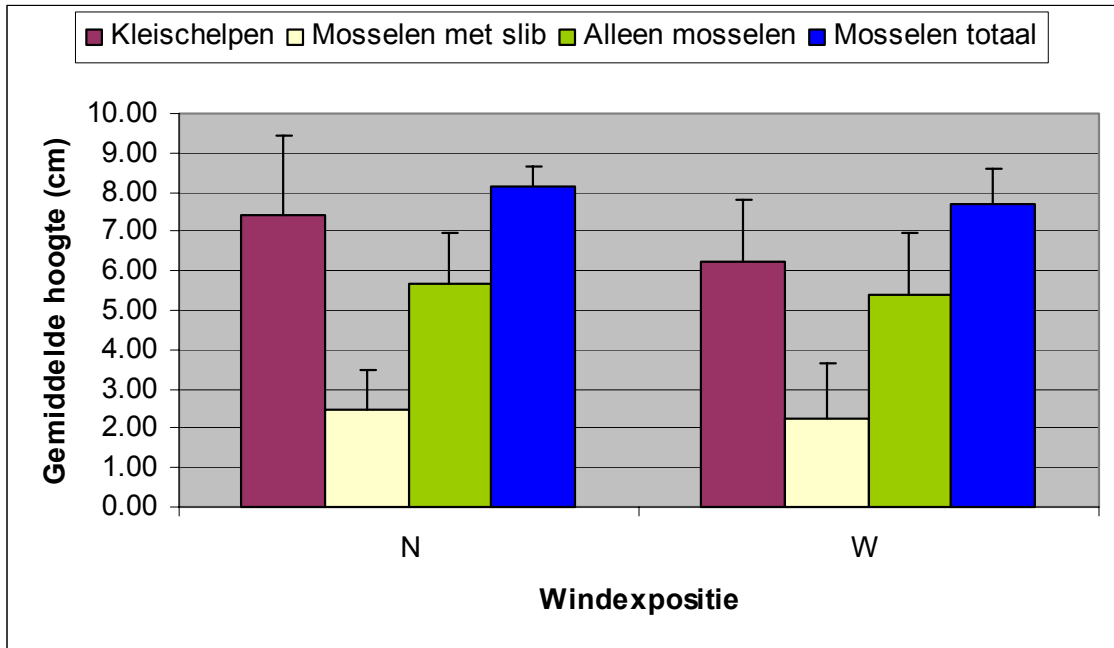
In figuur 15 is voor de dieptebehandeling de gemiddelde hoogte van de verschillende lagen op de middelste 6 à 7 meetpunten (dit is ongeveer het midden van de raaien) te zien. Figuur 16 toont voor de windexpositiebehandeling de gemiddelde hoogte van de verschillende lagen op het midden van de raaien.



Figuur 15: Gemiddelde hoogte (cm) (\pm stdev) van de kleischelpenlaag, de mossellaag met slib, zonder slib en totaal op de middelste 6 à 7 meetpunten van de raaien voor -0.30 m NAP en -0.15 m NAP. * $p = 0.01$ (Ftoets)

Figuur 15 laat zien dat er geen significante verschillen waren tussen de verschillende dieptes ten opzichte van NAP, wat betreft de hoogte van de mossellaag zonder slib ($p = 0.16$, eenzijdige Ftoets, Fig 15), de totale mossellaag ($p = 0.22$, eenzijdige Ftoets, Fig 15) en de dikte van de kleischelpenlaag ($p = 0.22$, eenzijdige Ftoets, Fig 15). De afzetting van slib op een diepte van -0.30 m NAP was wel significant hoger dan de afzetting van slib op een diepte van -0.15 m NAP ($p = 0.01$, eenzijdige Ftoets, Fig 15P).

Uit figuur 16 is af te lezen dat er geen significante verschillen waren tussen de verschillende exposities ten opzichte van de windrichting, wat betreft de hoogte van de mossellaag zonder slib ($p = 0.40$, eenzijdige Ftoets, Fig 16), met slib ($p = 0.32$, eenzijdige Ftoets, Fig 16), de totale mossellaag ($p = 0.21$, eenzijdige Ftoets, Fig 16) en de dikte van de kleischelpenlaag ($p = 0.35$, eenzijdige Ftoets, Fig 16).



Figuur 16: Gemiddelde hoogte (cm) (\pm stdev) van de kleischelpenlaag, de mossellaag met slib, zonder slib en totaal op de middelste 6 à 7 meetpunten van de raaien voor de expositie ten opzichte van Westelijke, respectievelijk Noordelijke windrichting.

3.3. Dichtheid

De figuren 17-32 laten de mosseldichtheid op de mosselbanken 1, 2, 4 en 5 op 20 september 2002 te zien.

Voor sommige raaien (figuren 13, 14, 17 en 22) is de dichtheid moeilijk waar te nemen ten gevolge van de grote hoeveelheden schuim op de mosselbank. Aangezien de bedekkingsgraad over de gehele mosselbank 100% bedraagt (persoonlijke waarneming), kan aangenomen worden dat de raaien waarvoor het ten gevolge van het schuim moeilijk te zien was eveneens een bedekkingsgraad van 100% was. Het percentage aan dode mosselen bedroeg minder dan 1%.



Figuur 17: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 1 op 20-09-2002. Steigerbuis = P1



Figuur 18: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 1 op 20-09-2002. Steigerbuis = P3



Figuur 19: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 1 op 20-09-2002. Steigerbuis = P2



Figuur 20: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 1 op 20-09-2002. Steigerbuis = P4



Figuur 21: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 2 op 20-09-2002. Steigerbuis = P1



Figuur 22: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 2 op 20-09-2002. Steigerbuis = P3



Figuur 23: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 2 op 20-09-2002. Steigerbuis = P2



Figuur 24: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 2 op 20-09-2002. Steigerbuis = P4



Figuur 25: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 4 op 20-09-2002. Steigerbuis = P1



Figuur 26: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 4 op 20-09-2002. Steigerbuis = P3



Figuur 27: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 4 op 20-09-2002. Steigerbuis = P2



Figuur 28: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 4 op 20-09-2002. Steigerbuis = P4



Figuur 29: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 5 op 20-09-2002. Steigerbuis = P1



Figuur 30: Mosseldichtheid op raai 1 op bank 5 op 20-09-2002. Steigerbuis = P3



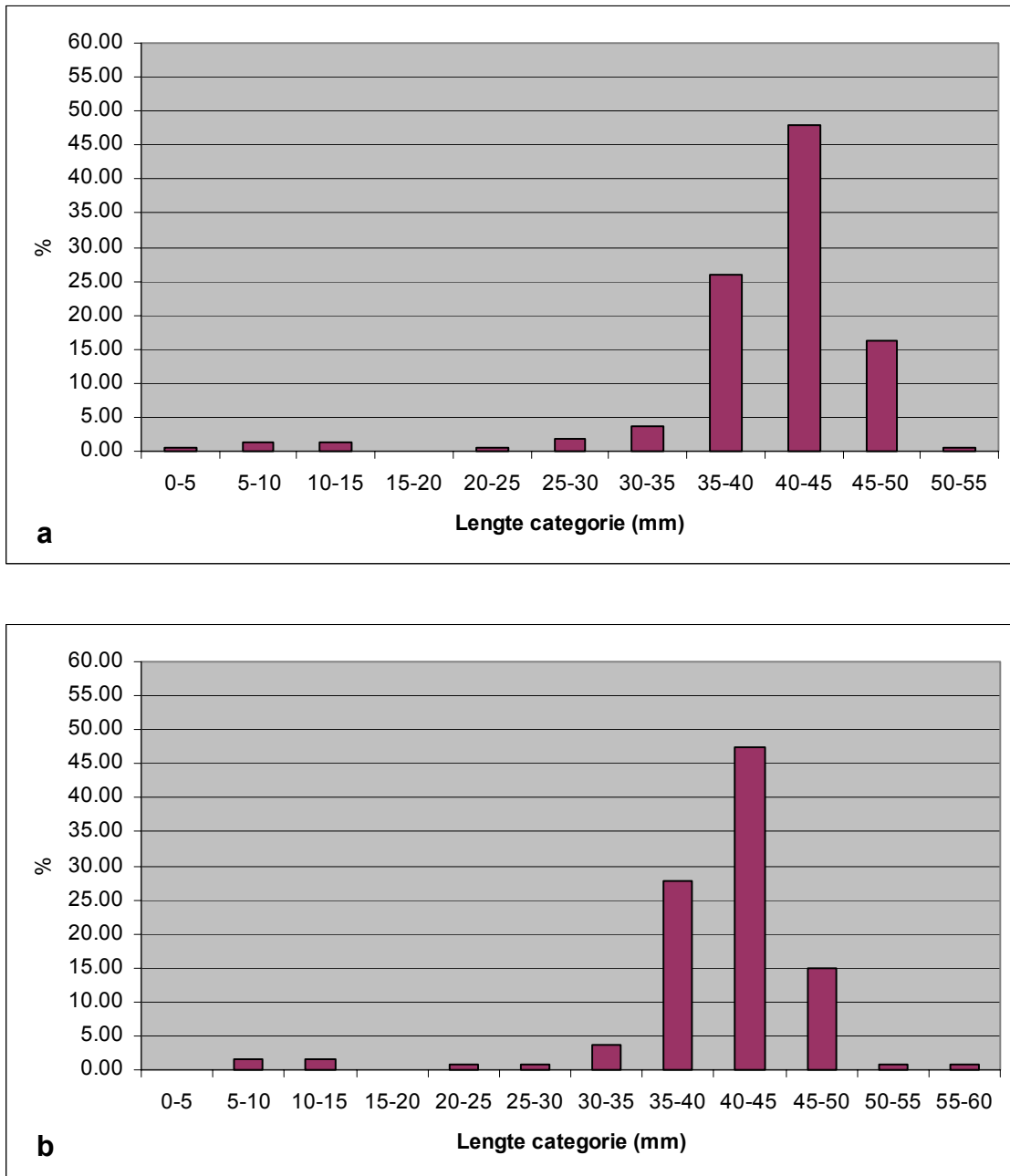
Figuur 31: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 5 op 20-09-2002. Steigerbuis = P2



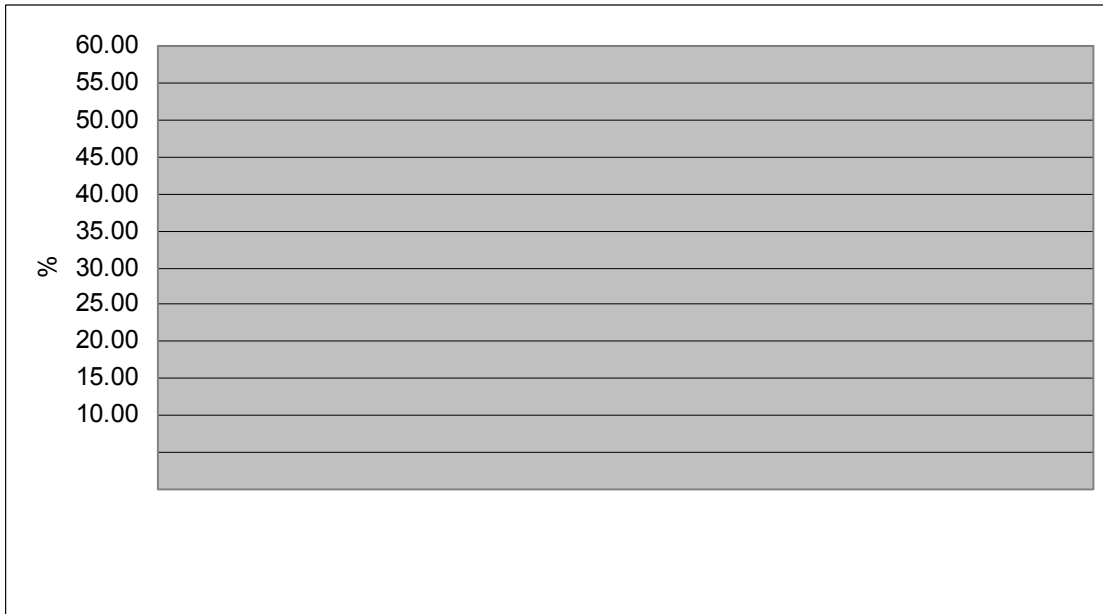
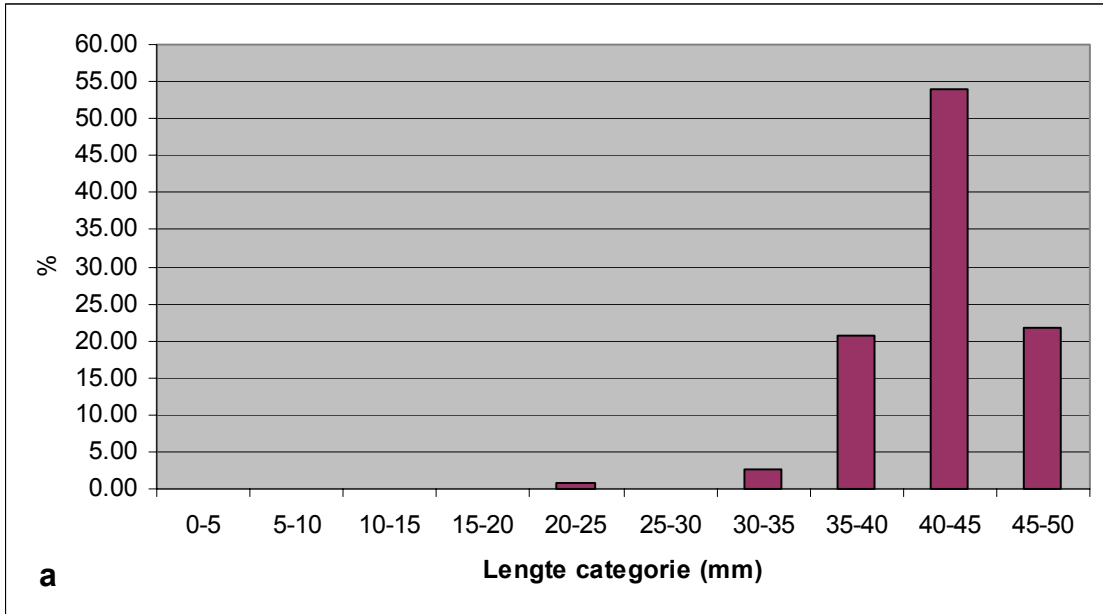
Figuur 32: Mosseldichtheid op raai 2 op bank 5 op 20-09-2002. Steigerbuis = P4

3.4. Grootteverdeling

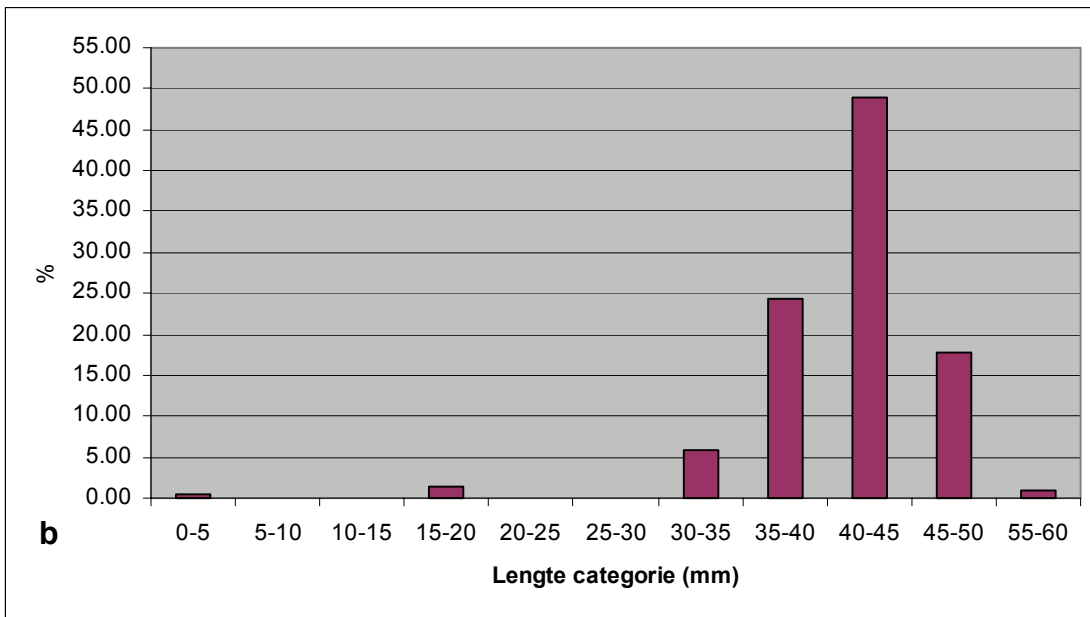
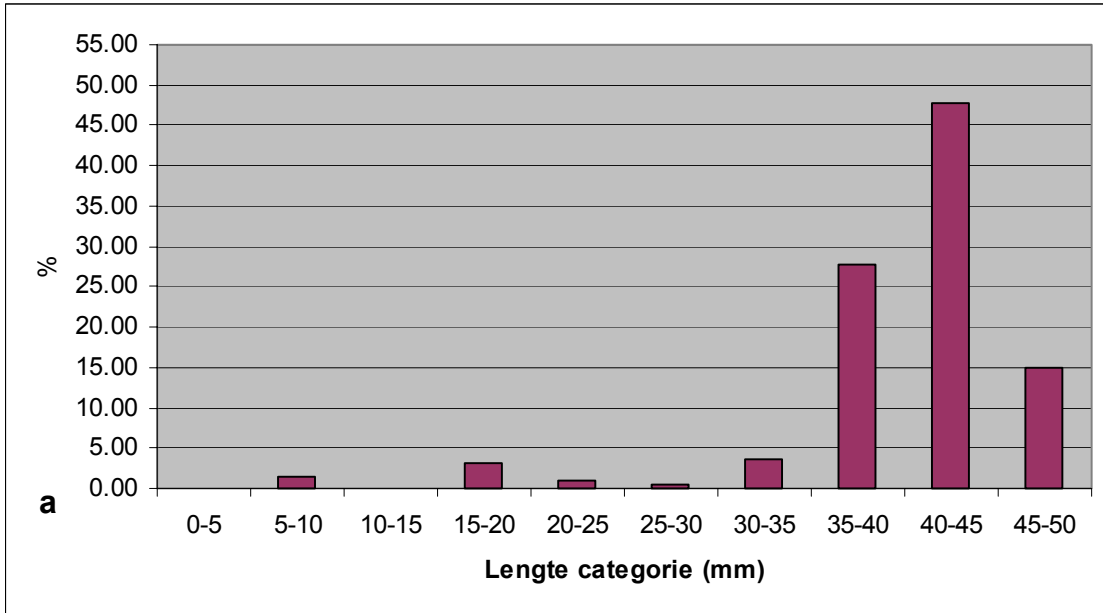
De figuren 33-36 tonen voor elke mosselbank de grootteverdeling van de mosselen op beide dwarsraaien (a en b).



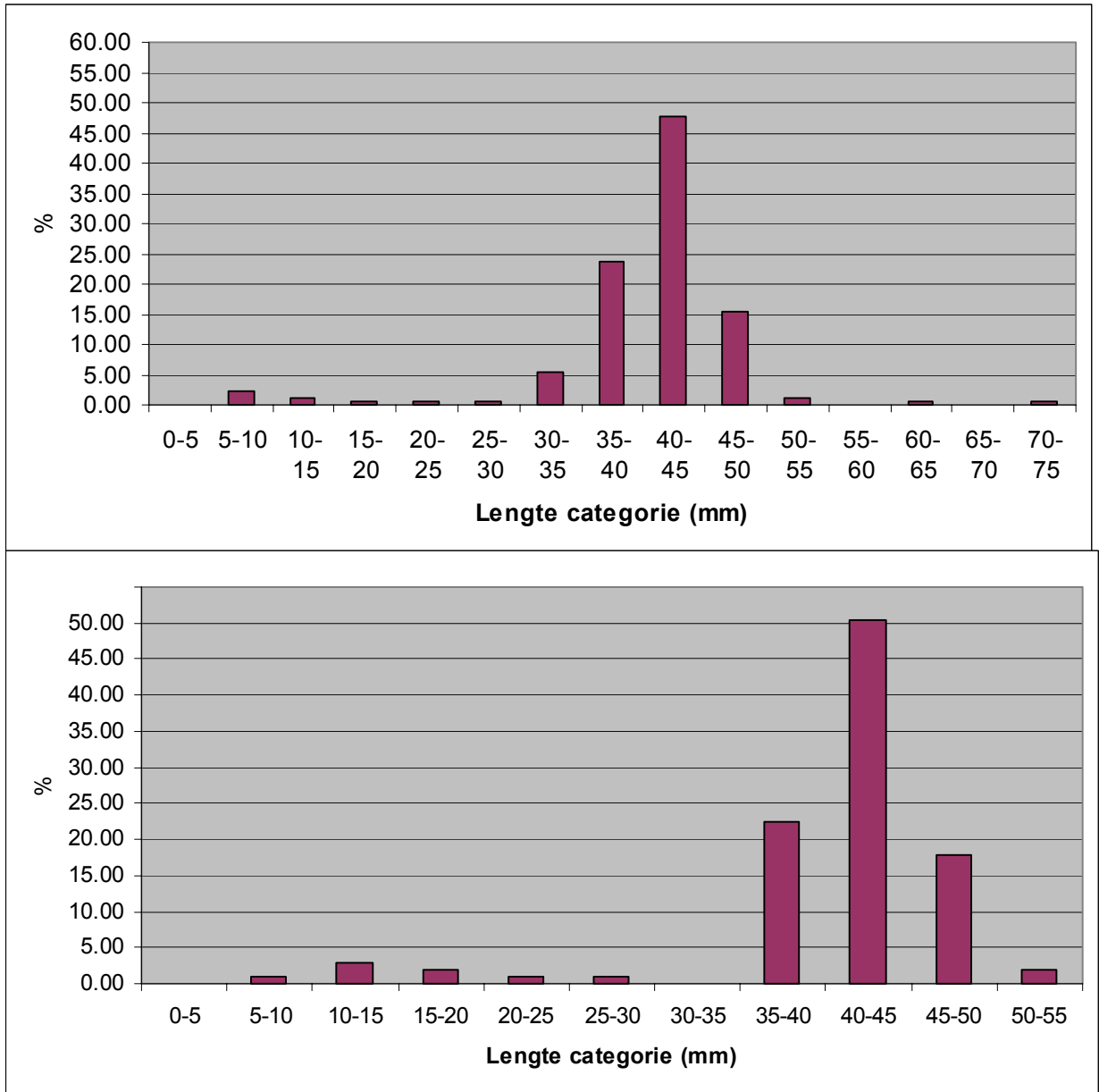
Figuur 33: Grootteverdeling van de mosselen op (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 1.



Figuur 34: Grootteverdeling van de mosselen op (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 2.



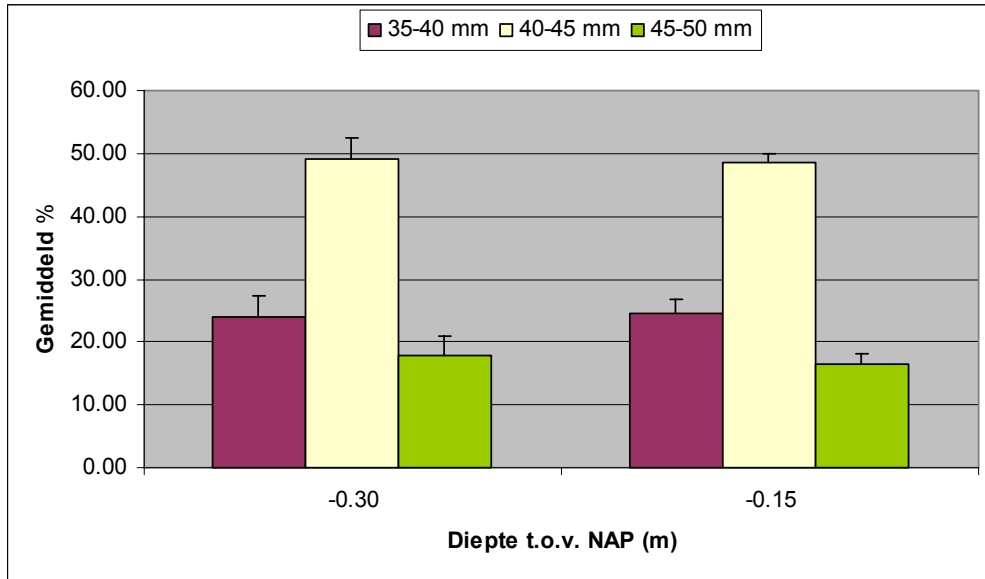
Figuur 35: Grootteverdeling van de mosselen op (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 4.



Figuur 36: Grootteverdeling van de mosselen op (a) raai 1 en (b) raai 2 op mosselbank 5.

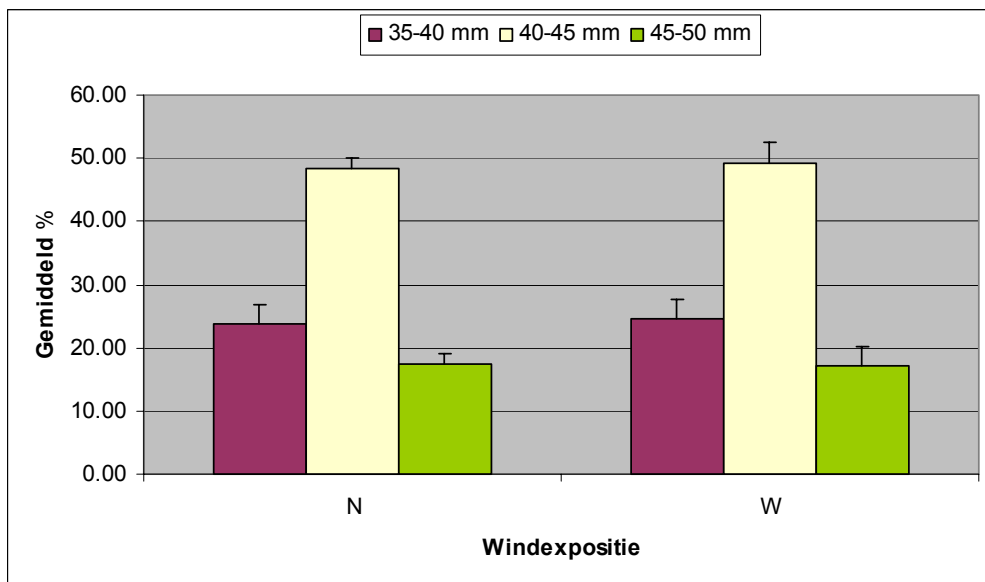
Voor alle 8 raaien had het grootste percentage van de mosselen een lengte tussen 40 en 45 mm. Daarnaast kwamen mosselen met een lengte van 35 tot 40 mm en tussen 45 en 50 mm veel voor. Het aandeel juveniele mosselen (mosselen groter dan 2 mm en kleiner dan 20 mm) was op alle 8 raaien verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal. Mosselbroed (mosselen van 1 tot 2 mm) is niet aangetroffen op deze mosselbanken. De kleinste mossel had een lengte van 4.95 mm.

In de figuren 37 en 38 is, zowel per dieptebehandeling als per windexpositiebehandeling, het gemiddelde aandeel van mosselen in de 3 hoogst vertegenwoordigde lengte categorieën weergegeven.



Figuur 37: Gemiddeld % (\pm stdev) van de mosselen met lengtes van 35 tot 40 mm, 40 tot 45 mm en 45 tot 50 mm voor -0.30 m NAP en -0.15 m NAP.

Figuur 37 laat zien dat er geen significante verschillen waren tussen de mosselbanken op -0.30 m en -0.15 m NAP, wat betreft het voorkomen van mosselen uit de lengte categorie 35-40 mm ($p = 0.23$, eenzijdige Ftoets, Fig 37), 40-45 mm ($p = 0.09$, eenzijdige Ftoets, Fig 37) en 45-50 mm ($p = 0.16$, eenzijdige Ftoets, Fig 37).



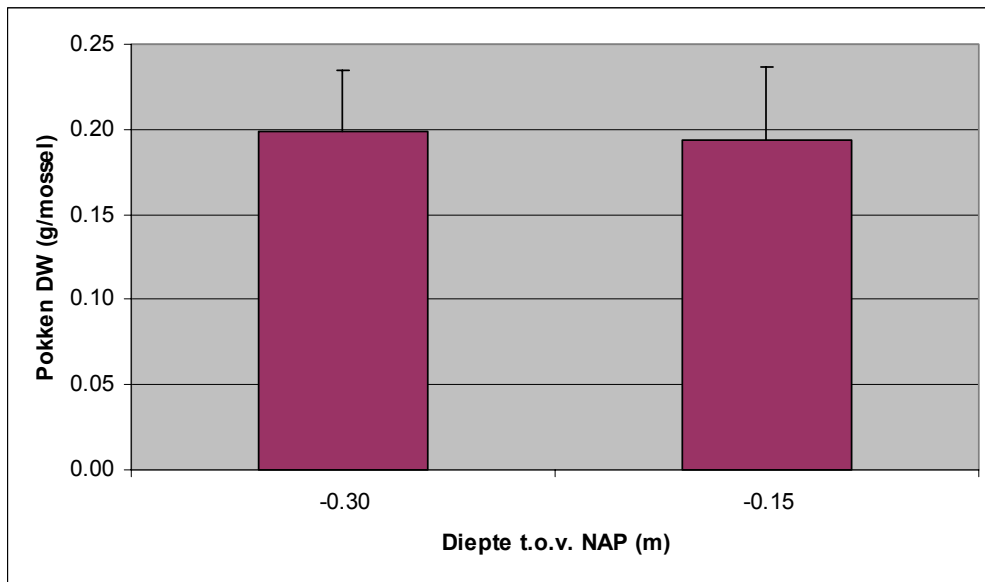
Figuur 38: Gemiddeld % (\pm stdev) van de mosselen met lengtes van 35 tot 40 mm, 40 tot 45 mm en 45 tot 50 mm voor de expositie ten opzichte van Westelijke, respectievelijk Noordelijke windrichting.

Figuur 38 geeft aan dat de aandelen mosselen van 35 tot 40 mm ($p = 0.48$, eenzijdige Ftoets, Fig 38), van 40 tot 45 mm ($p = 0.13$, eenzijdige Ftoets, Fig 38)

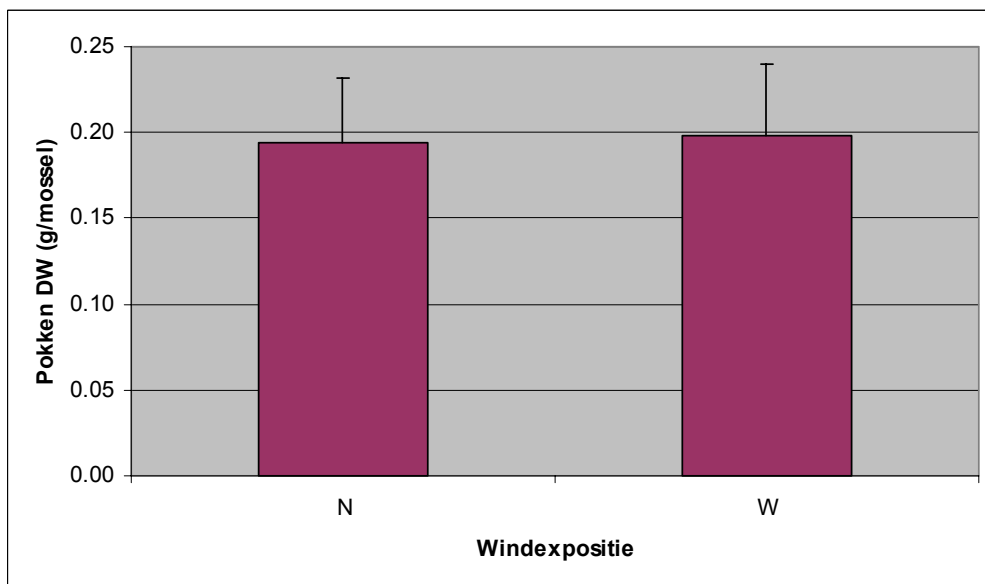
en van 45 tot 50 mm ($p = 0.16$, eenzijdige Ftoets, Fig 38) op de noordelijk geörienteerde dwarsraaien niet significant verschilden van die op de westelijk geörienteerde dwarsraaien.

3.5. Zeepokken- en byssusdraadmassa

In figuur 39 is de gemiddelde zeepokkenmassa op -0.30 m en -0.15 m NAP te zien. Figuur 40 toont de gemiddelde zeepokkenmassa voor de windexpositiebehandeling.



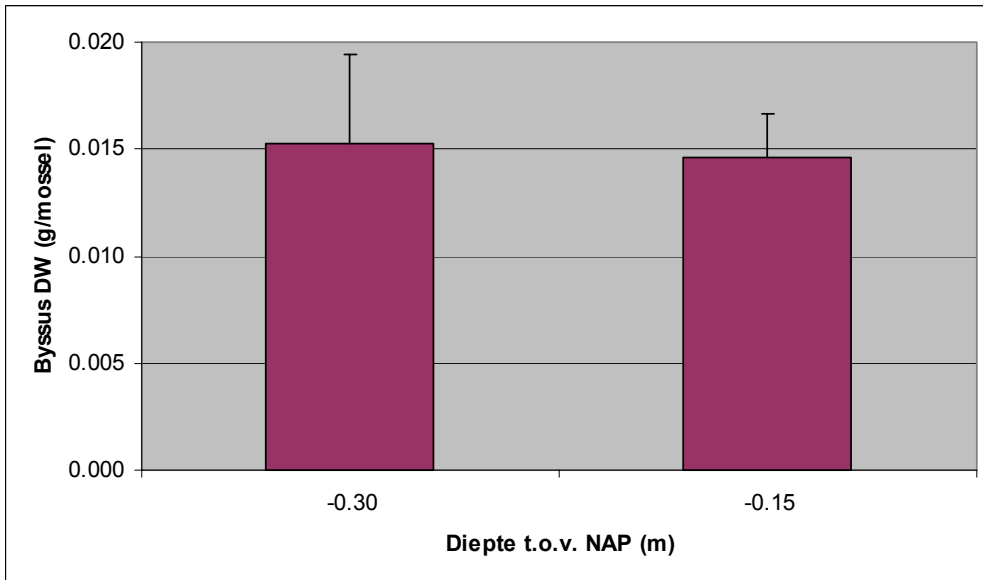
Figuur 39: Gemiddelde zeepokkenmassa (g) (\pm stdev) voor -0.30 m NAP en -0.15 m NAP.



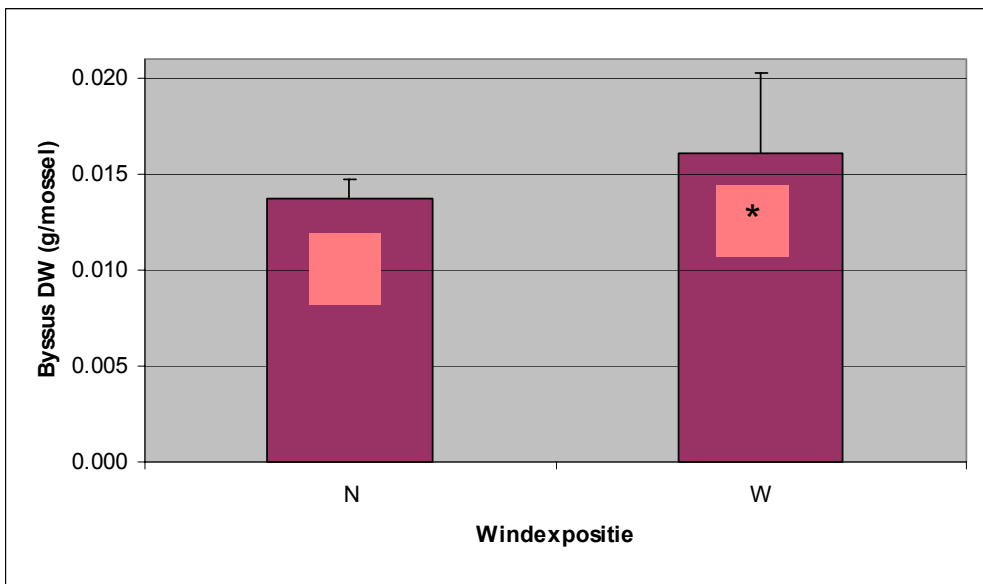
Figuur 40: Gemiddelde zeepokkenmassa (g) (\pm stdev) voor de expositie ten opzichte van noordelijke, respectievelijk westelijke windrichting.

De gemiddelde zeepokkenmassa op de mosselbanken op -0.30 m NAP verschilde niet significant van de gemiddelde zeepokkenmassa op de mosselbanken op -0.15 m NAP ($p = 0.38$, eenzijdige Ftoets, Fig 40). Ook in de windexpositiebehandeling zijn geen significante verschillen in gemiddelde zeepokkenmassa waargenomen ($p = 0.45$, eenzijdige Ftoets, Fig 40).

Figuur 41 geeft de gemiddelde byssusdraadmassa weer voor de dieptebehandeling. In figuur 42 is de gemiddelde byssusdraadmassa te zien voor de windexpositiebehandeling.



Figuur 41: Gemiddelde byssusdraadmassa (g) (\pm stdev) voor -0.30 m NAP en -0.15 m NAP.



Figuur 42: Gemiddelde byssusdraadmassa (g) (\pm stdev) voor de expositie ten opzichte van noordelijke, respectievelijk westelijke windrichting. * $p = 0.02$ (Ftoets)

De gemiddelde byssusdraadmassa op de mosselbanken op –0.30 m NAP verschilde niet significant van de gemiddelde byssusdraadmassa op de mosselbanken op –0.15 m NAP ($p = 0.14$, eenzijdige Ftoets, Fig 41). De gemiddelde byssusdraadmassa op de westelijk geöriënteerde dwarsraaien was significant hoger dan de gemiddelde byssusdraadmassa op de noordelijk geöriënteerde dwarsraaien ($p = 0.02$, eenzijdige Ftoets, Fig 42).

3.6. Samenvatting resultaten

Tabel 1: Samenvatting van de resultaten van de nulmeting aan de mosselbanken op Balgzand van september 2002.

Mosselen	Mediane lengte	cm	41.71
	Gemiddelde lengte	cm (\pm stdev)	40.61 \pm 6.93
	Aandeel mosselbroed (1-2 mm) op totaal	%	0
	Aandeel juvenielen (> 2mm en < 20mm) op totaal	%	3.41
	Gemiddelde hoeveelheid pokken/mossel	g DW/mossel (\pm stdev)	0.20 \pm 0.04
	Gemiddelde hoeveelheid byssus/mossel	g DW/mossel (\pm stdev)	0.015 \pm 0.003
Hoogteprofiel	Gemiddelde dikte kleischelpenlaag	cm (\pm stdev)	6.15 \pm 1.82
	Gemiddelde dikte sliblaag	cm (\pm stdev)	2.42 \pm 1.49
	Gemiddelde dikte mossellaag (incl. slib)	cm (\pm stdev)	7.21 \pm 2.26

4. Conclusie

In het kader van het project “Herintroductie van Groot Zeegras in de westelijke Waddenzee” zijn in september 2002 6 mosselrichels aangelegd op droogvallend wad bij Balgzand. 7 – 10 dagen na aanleg is de nulsituatie van de mosselbanken in kaart gebracht.

De mediane lengte van de mosselen is 41.71 cm en de gemiddelde (\pm std) mossellengte bedraagt 40.61 ± 6.93 cm. De grootteverdeling van de mosselen over de mosselbanken is uniform. Dit is een logisch gevolg van het random opvissen van de mosselen uit de Waddenzee en het random storten van de mosselen op de mosselbanken op Balgzand. Mosselbroed, mosselen van 1 tot 2 mm, kwamen niet voor op de mosselbanken. Dit is geen onverwachte waarneming, aangezien de mosselen buiten de voortplantingsperiode van de mosselen zijn opgevisst. Slechts 3.41 % van het totaal waren juveniele mosselen, mosselen kleiner dan 20 mm. De gemiddelde hoeveelheid pokken respectievelijk byssusdraad per mossel is 0.20 ± 0.04 g DW respectievelijk 0.015 ± 0.003 g DW. In de hoogteprofielen van de banken is een gemiddelde kleischelpenlaag van 6.15 cm waargenomen, bedraagt de gemiddelde hoogte van de sliblaag 2.42 cm en is de mossellaag (inclusief mosselaag met slib) gemiddeld 7.21 cm dik. De maximale hoogte van de mosselbanken varieerde van 11.5 cm tot 20.9 cm. Tabel 2 geeft een overzicht van de hoogtes van alle 8 dwarsraaien.

Tabel 2: Overzicht van de maximale hoogtes van dwarsraai 1 en 2 voor alle 4 de mosselbanken.

Mosselbank – Dwarsraai	Maximale hoogte (cm)
1-1	15.6
1-2	16.4
2-1	16.8
2-2	20.9
4-1	17.1
4-2	11.6
5-1	14.7
5-2	11.5

De mosselbanken verschillen niet van elkaar met betrekking tot grootteverdelingen, dichtheden, hoogteprofielen, zeepokkenaan groei en byssusdraad massa, met uitzondering van twee factoren: de sliblaag is significant dikker bij -0.30 m NAP dan bij -0.15 m NAP. Bij grotere diepte is de overspoelduur groter, waardoor de periodes van slibbezinking telkens langer zijn dan bij minder grote diepte. Dit resultaat was dus te verwachten; het is echter opmerkelijk dat dit verschil al binnen 7 dagen significant is. Ten tweede is de byssusdraadmassa significant hoger op de westelijk geöriënteerde dwarsraaien dan op de noordelijk geöriënteerde raaien. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door een overwegend westelijke of oostelijke windrichting en dientengevolge stroming, welke een extra druk op de mosselen zouden uitoefenen. De mosselen zouden dan meer byssusdraden kunnen gaan produceren om zichzelf beter te verankeren aan het substraat. Mosselen zijn in staat om in korte tijd aanzienlijke hoeveelheden byssusdraden te produceren. Mosselen die rechtsstreeks uit het veld in plastic emmers met zeewater werden geplaatst, hadden zich na 3 dagen

aan elkaar en aan de wanden van de emmers gehecht door middel van byssusdraden (persoonlijke waarneming). De overheersende windrichting in de periode van 13 september (dag van de aanleg van de mosselbanken) tot en met 20 september (dag van mosselmonsternamen) was echter noordelijk (bron: KNMI weerstation De Kooy, Den Helder) (zie bijlage 1).

Een tweede meting in november 2002 zal een beeld geven van eventuele grootschalige erosies van de banken, mogelijke minimale groei van het mosselbroed van 2002 dat in kleine hoeveelheden is aangetroffen op de mosselbanken, sedimentatie op de banken en de stabiliteit van de banken op basis van de zeepokken- en byssusdraadmassa.

Naschrift: Op 4 november 2002 bleken de mosselbanken, op delen van de kleischelpenlaag na, verdwenen te zijn.

5. Dankwoord

Wij willen Norbert Dankers, Gerard van de Velde, Stan van Pelt, André Meijboom, Marij Orbons, Karin Hermus, Dirk Hilbers en Hanneke van Dijk hartelijk bedanken voor hun kennis en inspanning tijdens de uitvoering van dit project op Balgzand. Wij zijn Stan van Pelt ook dankbaar voor zijn extra hulp bij de gegevensverwerking en voor het leveren van de foto's op de kaft. Ook bedanken wij Marco van Wieringen (Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland) en Zwanette Jager (Rijksinstituut voor Kust en Zee) voor hun voorbereidingen van het project.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland.

6. Literatuur

Van Katwijk, M.M. & Dankers, N. (2001) Herintroductie Groot zeegras in de westelijke Waddenzee; optimalisatie overlevingskansen aanplant. Rapport Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen

Van Katwijk, M.M., van Pelt, S., Dankers, N. (2002) Herintroductie van Groot zeegras in de westelijke Waddenzee (2002-2006). Inventarisatie van bestaande kennis, selectie van lokaties en plan van aanpak. Rapport Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen

7. Bijlagen

Bijlage 1: De overheersende windrichting in graden in de periode van 11 september tot en met 20 september (360 = Noord, 180 = Zuid, 270 = West) (bron: KNMIweerstation De Kooy, Den Helder).

Datum	Windrichting (graden)	Globale windrichting
11-09-2002	46	O
12-09-2002	69	O
13-09-2002	40	N
14-09-2002	353	N
15-09-2002	14	N
16-09-2002	334	N
17-09-2002	333	N
18-09-2002	356	N
19-09-2002	41	N
20-09-2002	331	N