

Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gedempt getij in de Lauwersmeer



Rapport 2006-102

Carlo van de Rijt
Peter Esselink

Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gedempt getij in de Lauwersmeer

In opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee / *RIKZ*
Postbus 207
9750 AE Haren

Bestel nrs 4500050128
4500049729

Auteur Carlo van de Rijt ¹⁾
Peter Esselink ²⁾

Datum 6 november 2006

Rapportnr 2006-102

Status Definitief

¹⁾



ecologische dataverwerking en GIS

Jägerstrasse 19
79108 Freiburg i. Br. (D)
tel. +49 761 5109 180
fax. +49 761 5109 181
email: info@hanssonweb.de

²⁾

koeman en bijkerk bv
ecologisch onderzoek en advies

bezoekadres	kerklaan 30 Haren
postadres	postbus14 9750 AA Haren
telefoon	050 363 2265
telefax	050 363 5205
email	koeman.en.bijkerk@biol.rug.nl
website	http://www.koemanenbijkerk.nl

Foto omslag: Exclosures op de Schildhoek. Het Riet in de exclosures leidt tot een overschatting van de maaiveldhoogte op basis van laser-altimetrie. Dit resulteert voor de exclosures over het algemeen in een andere vegetatie dan de directe omgeving bij de in dit rapport uitgevoerde voorspellingen van de vegetatieontwikkeling (foto Google Earth).

Deze publicatie kan geciteerd worden als:

van de Rijt, C.W.C.J. & P. Esselink. 2006. Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gedempt getij in de Lauwersmeer. rapport 2006-2, Hansson Ecodata, Freiburg / rapport 2006-102, Bureau Koeman en Bijkerk, Haren.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methoden	8
3 Bespreking resultaten	11
3.1 Kwaliteit digitale terreinmodellen (DTMs)	11
3.2 Relatie hoogteligging – hydrologie – vegetatie Waddenzee en Eems-Dollard	12
3.3 Vergelijking vegetatiezonering Voordelta Haringvliet met Waddenzee / Eems-Dollard	14
3.4 Conclusie gebruik EMOE in gedempt getij scenario Lauwersmeer	16
4 Berekeningen EMOE voor een gedempt getij in de Lauwersmeer	19
4.1 Inleiding	19
4.2 EMOE	19
4.3 Resultaten	21
5 Discussie	27
5.1 Gedempt Getij	27
5.2 Uitgangssituatie van het gebied	29
5.3 Vegetatiesamenstelling	31
5.4 Patroon en proces in vegetatiemodel EMOE	31
5.5 Vergelijking landschappelijke zonering Lauwersmeer bij gedempt getijdenregime	32
6 Literatuur	35
Bijlage I De voor de Lauwersmeer relevante SALT97 typologie volgens AGI, de TMAP typologie en de bijbehorende VVN vegetatietypen (Schaminée <i>et. al.</i> 1995-1998)	37
Bijlage II Landschappelijke zonering Lauwersmeer op basis van expert judgment	39

Voorwoord

Het Bestuurlijk Overlegorgaan Watervisie Lauwersmeer (BOWL) heeft besloten om nader onderzoek te laten doen naar een Gedempt Getij+, waarbij op lange termijn het herstel van het estuariene karakter van het Lauwersmeer maximaal tot haar recht komt. In het kader van het hierboven genoemde onderzoek heeft het Rijksinstituut voor Kust en Zee / *RIKZ* van de Rijkswaterstaat de bureaus Hansson ecodata en Koeman en Bijkerk bv gevraagd om de kansen voor vegetatieontwikkeling te beschrijven bij het nieuw te ontwikkelen Gedempt Getij+-scenario. We willen op deze plaats Ernst Lofvers (RIKZ) bedanken voor de prettige samenwerking en het verzorgen van de voorspellingskaarten in Bijlage II.

Carlo van de Rijt
Peter Esselink

Freiburg / Haren
7 november 2006

Samenvatting

Om de effecten van een aangepast spuibeheer voor de sluizen van het Lauwersmeer op de vegetatie in de Lauwersmeer te kunnen inschatten, is gebruik gemaakt van het model EMOE (Ecohydrologisch Model voor de Oevervegetatie van Estuaria), ontwikkeld in het kader van de MER Haringvliet. Na het bepalen van de geschiktheid van het model voor het gebied heeft een calibratie van het model plaatsgevonden en zijn berekeningen uitgevoerd op basis van door bureau SVASEK uitgevoerde berekeningen met betrekking tot het te verwachten zoutgehalte van het water en de door het RIKZ opgestelde hydrologische randvoorwaarden. Onder deze voorwaarden zal het gebied vrijwel geheel verzilt en kan er een vegetatie verwacht worden waarin met name Gewoon kweldergras en Zilte rus (bij een beweidingsbeheer) en Zeekweek (beheer zonder beweiding) een belangrijke rol spelen.

Enkele factoren die van belang zijn voor de positie van de vegetatiezones langs de hoogtetradiënt worden besproken. Hieruit wordt een *expert* schatting gegeven van de landschappelijke zonering in de Lauwersmeer na introductie van het Gedempt getij+ scenario. De EMOE-voorspellingen en de expert schatting worden vergeleken. Tevens worden enkele aanbevelingen gedaan voor wanneer een gedempt getijdenregime in de Lauwersmeer wordt gerealiseerd.

Door de te realiseren lage getijamplitude zal in vergelijking met de aangrenzende Waddenzee de ondergrens van de begroeiing hoger in het getij-venster liggen, naar verwachting rond het niveau van GHW. Extreem hoge waterstanden (gesimuleerde stormvloed) kunnen alleen worden bereikt door opstuwing en aflaten van water gedurende meerdere (vier) getijcycli, waardoor vegetatiegrenzen nog verder naar boven zullen schuiven. Tegelijkertijd zal de aftopping van het getij leiden tot een vrij harde overgang tussen vegetatie van de hoge kwelder en van de supralitorale zone.

De uitgangssituatie in de Lauwersmeer vormt via een gebrekkig afwateringsstelsel voor het overstromingswater een extra factor voor een relatieve hoge ligging van de kweldervegetatie langs de hoogtetradiënt. De kwelders zullen een halfnatuurlijk karakter krijgen.

De landschappelijke zonering van de Lauwersmeer volgens de EMOE voorspellingen en de expert schatting komen redelijk overeen. Het open water wordt bepaald door de instelling van een GLW van NAP –90 cm neemt daarom exact hetzelfde areaal in in beide voorspellingen (2200 ha of 35% van het nationale park). De expert schatting komt tot een groter areaal wadplaten (605 tegenover 170 ha) door een hogere ligging van de begroeiingsgrens. Bij een beheer van *laissez faire* ("niets doen") zal volgens beide voorspellingen meer dan 50% van het terrestrische deel van de Lauwersmeer worden ingenomen door een hoogopgaande begroeiing gevormd door vegetatie van de hoge kwelder en de supralitorale zone. De doelstelling, handhaving van een open landschap met laagblijvende vegetatie, kan bij de introductie van het Gedempt getij+ scenario in de Lauwersmeer alleen in combinatie met beweiding worden gerealiseerd.

Voor alle genoemde arealen met uitzondering van die van het open water, geldt dat deze zijn gebaseerd op de schatting van de actuele terreinhoogte. De maaiveldhoogtes zijn gemeten met laser-altimetrie. Onder invloed van het aanwezige vegetatiedek (hoogte en dichtheid) kan sprake zijn van een belangrijke overschatting van de terreinhoogte. Verwacht wordt dat hierdoor het areaal aan hogere gronden in werkelijkheid lager zal zijn dan in het in het rapport gebruikte hoogtebestand.

1 Inleiding

In het kader van een onderzoek van het RIKZ naar de mogelijkheden van natuurontwikkeling in de Lauwersmeer(polder) is gekeken in hoeverre het model EMOE een rol zou kunnen spelen bij het doorrekenen van het effect van diverse spuiscenario's op de vegetatie langs het Lauwersmeer. Het model EMOE is in het kader van de MER Haringvlietsluizen ontwikkeld in opdracht van de Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland. De eerste versies van het model betroffen slechts de zoete oevervegetatie (Cl^- -gehalte van het oppervlaktewater lager dan 200 mg per liter) langs het Haringvliet. Pas later is besloten ook de vegetatie van de monding van het Haringvliet in het model te betrekken. De eerste pogingen hiertoe liepen op niets uit door onvoldoende inzicht in de karakteristieken van de monding van het Haringvliet. Het model berekende een vegetatie van slikken en schorren voor dit gebied, vooral gebaseerd op het werk van Beeftink (1965), terwijl langs de voordelta veel meer een (groene) strandvegetatie van toepassing is. Nadat eerst het model op een paar essentiële punten verbeterd werd met betrekking tot de vegetatie in de Biesbosch, is in 2005 besloten, met behulp van de vegetatiekarteringen van de Kwade Hoek en de Slufter van Voorne, het model nog eens goed onder de loep te nemen met betrekking tot de vegetatie langs de brakke en zoute wateren (Cl^- -gehalte van het oppervlaktewater tussen 200 en 10 000 mg per liter respectievelijk groter dan 10 000 mg per liter).

De vraagstelling rondom de toekomst van de Lauwersmeer is aanleiding geweest om te onderzoeken of het model EMOE eventueel geschikt is, dan wel geschikt te maken, om ook uitspraken te doen over de vegetatieontwikkeling van kwelders in de Waddenzee in het algemeen en in de Lauwersmeer in het bijzonder.

In de hoofdstukken 2 en 3 wordt beschreven in hoeverre de vegetatiezonering langs de Waddenzee en de Dollard overeenkomt met die langs het Haringvliet en de monding van het Haringvliet. Tevens wordt gekeken naar de kwaliteit van de hoogstegegevens op basis van het AHN zodat hieruit de relatie hoogteligging – hydrologie – vegetatie kan worden afgeleid.

In hoofdstuk 4 worden de berekeningen met het model EMOE gepresenteerd op basis van een gemodelleerde getijdensituatie zoals deze in het Lauwersmeer hydrologisch/technisch mogelijk en beheertechnisch haalbaar zou kunnen zijn. Deze resultaten worden in hoofdstuk 5 nog eens kritisch onder de loep genomen.

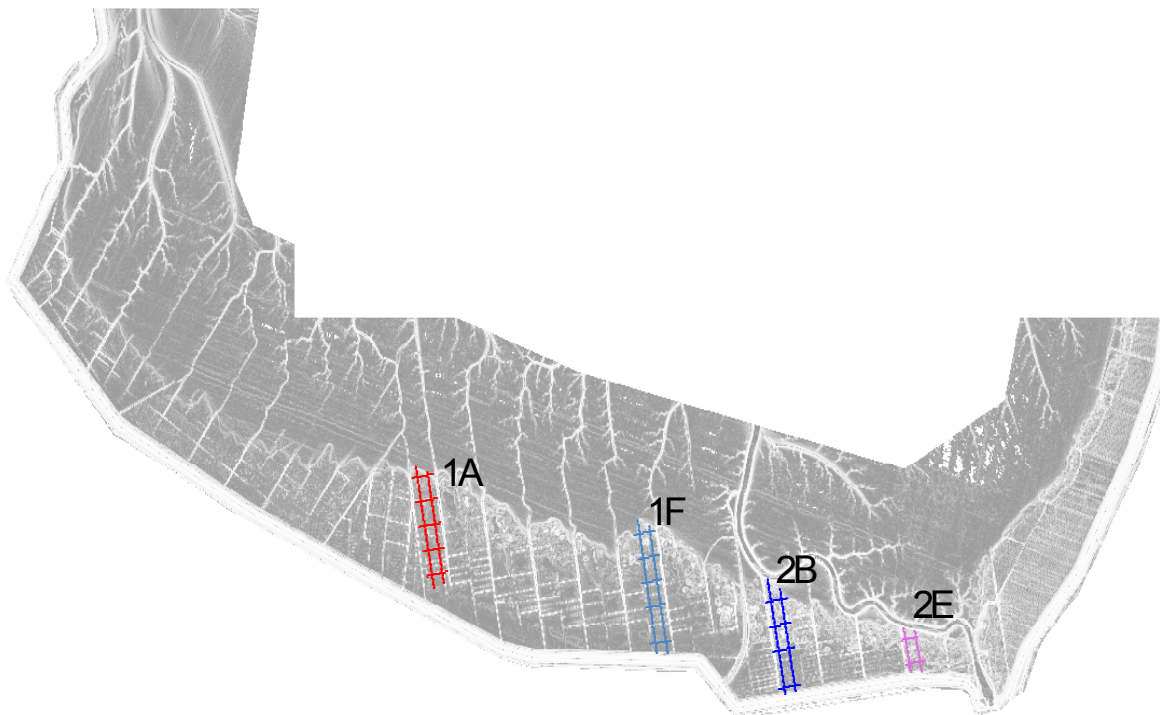
2 Materiaal en methoden

Vegetatiekarteringen

Een belangrijke bron van informatie over de vegetatie in de Lauwersmeer en van de kwelders langs de Groninger waddenkust en in het Eems-Dollard estuarium bestaat uit de regelmatige vegetatiekarteringen door de AGI van Rijkswaterstaat. Daarnaast kon beschikt worden over een vegetatiekartering van het zuidoostelijk deel van het Eems-Dollard estuarium uit het jaar 1992 (Esselink, 2000) en een groot aantal opnamen uit 2004 van het oostelijke gedeelte van de Oosterkwelder op Schiermonnikoog (zgn. 'supergrid'; gegevens Community and Conservation Ecology Group Rijksuniversiteit Groningen). Beide laatste bronnen hebben het belangrijke voordeel dat bij deze opnamen hoogtemetingen in het veld verricht zijn.

Hoogte-informatie

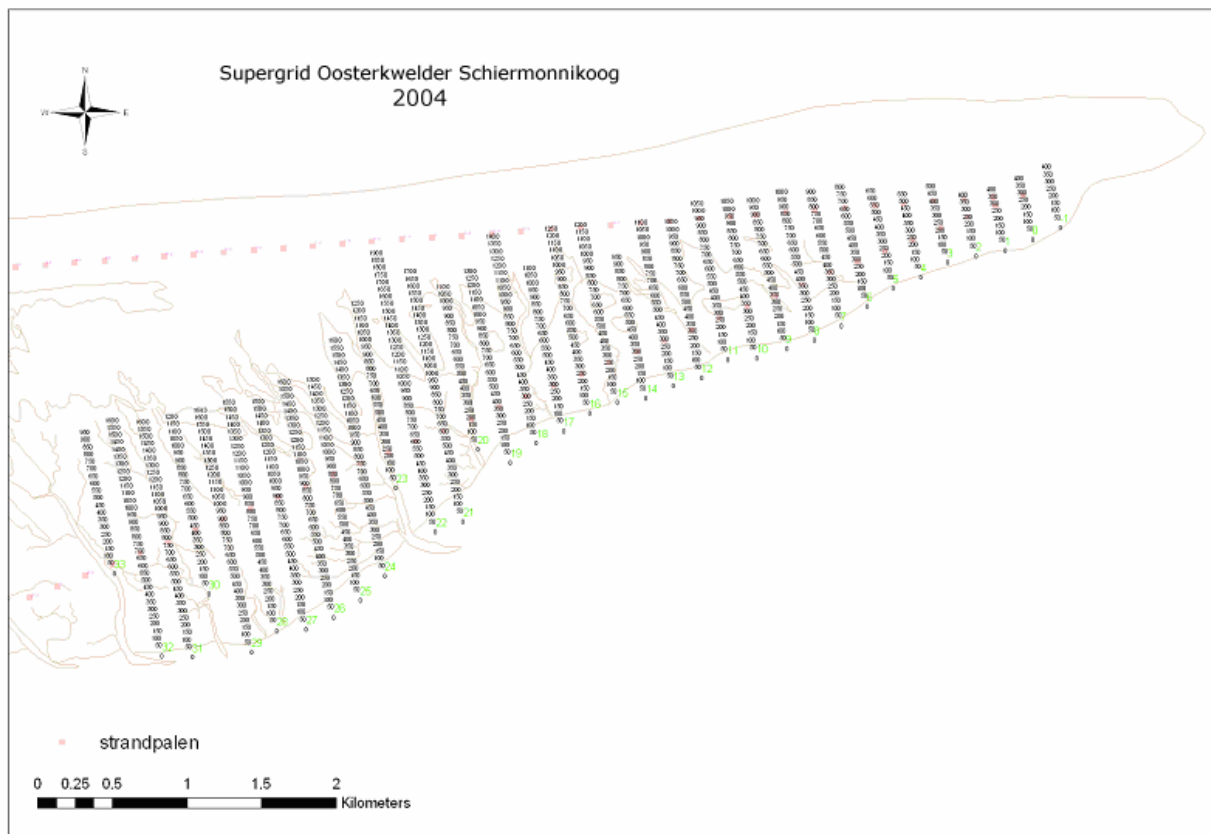
Voor de hoogteligging van de vegetatie is voornamelijk gebruik gemaakt van het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN, zie Figuur 1). De geleverde bestanden hebben een resolutie van 5x5 meter, hetgeen voor onze toepassing voldoende is. De meetfout van deze bestanden bedraagt tussen de 10 en 15 cm.



Figuur 1 AHN Dollard (Van Heerd *et al.*, 2000) met hoogteraaen (Esselink, 2000)

Van een deel van de vegetatie-eenheden is een veldhoogtemeting uitgevoerd: op raaien in een viertal proefvakken langs de Dollard (Esselink, 2000; Fig. 1) en in het eerder genoemde supergrid op het oostelijk deel van de Oosterkwelder van Schiermonnikoog (Fig. 2). Dit grid omvat hoogtemetingen en vegetatieopnamen in een onderlinge afstand van 200 meter in oost-west richting en 50 meter in noord-zuid richting.

Zowel de raaien van Esselink (2000) als de metingen van het supergrid zijn gebruikt als ijking van de relatie hoogteligging – hydrologie – vegetatie.



Figuur 2 Het zgn. 'Supergrid' van hoogtemetingen en vegetatieopnamen op het oostelijk (onbeweide) deel van de Oosterkwelder van Schiermonnikoog (gegevens Community and Conservation Ecology group, Rijksuniversiteit Groningen).

Relatie hoogteligging en vegetatie

De karakteristieke vegetatiezonering van een kwelder is een gecombineerd effect van, aan de ene kant verschillende milieufactoren op het kwelderecosysteem en aan de andere kant biologische interacties (competitie). Overstroming met zout water heeft gevolgen voor belangrijke bodemkenmerken als waterverzadiging van de bodem, chemische samenstelling, bodemdoorluchting of aeratie en saliniteit (Adam, 1990). Omdat de verticale zonering van de vegetatie langs de kustwateren samenhangt met de frequentie en duur van overstroming, is het van belang te weten op welke hoogteligging zich de verschillende vegetatietypen of plantengemeenschappen bevinden. Daartoe kan gebruik gemaakt

worden van digitale terreinmodellen (DTMs) op basis van laser-altimetrie. Het is echter gebleken dat deze DTMs niet altijd de werkelijke bodemhoogte weergeven. Vooral in dichte, hoge vegetatietypen als rietlanden en ruigten blijken de laserstralen niet in staat de bodem te bereiken. Naarmate de vegetatie hoger is, wordt de fout in het DTM in de regel groter (Tabel 1)

Tabel 1 Fouten in het AHN in afhankelijkheid van het terreintype (Van Heerd *et al.* 2000)

Terrein type	RMS fout	Systematische fout	Punt dichtheid
Strand, duin en intergetijdengebied	0.15 m	+/-0.05 m	1 per 1 m ²
Grasvelden, kort gras	0.15 m	+0.05 m	1 per 16 m ²
Helm vegetatie, natuurlijk grasland	0.20 m	+0.20 m	1 per 16 m ²
Kwelder met dichte vegetatie	0.20 m	hoogte van de vegetatie	1 per 16 m ²
Gebieden met dichte struikvegetatie (in blad)	0.20 m	hoogte van de vegetatie	1 per 16 m ²
Rietvegetatie	0.20 m	hoogte van de vegetatie	1 per 16 m ²
Landbouwgewassen	0.20 m	hoogte van de vegetatie	1 per 16 m ²
Gebieden met dichte struikvegetatie (zonder blad)	0.20 m	+0.20 m	1 per 16 m ²
Harde, vlakke topografie	0.15 m	+0.05 m	1 per 16 m ²
Bosgebieden	0.20 m	+0.10 m	1 per 36 m ²
Stedelijk gebied	n.v.t.	n.v.t.	1 per 16 m ²

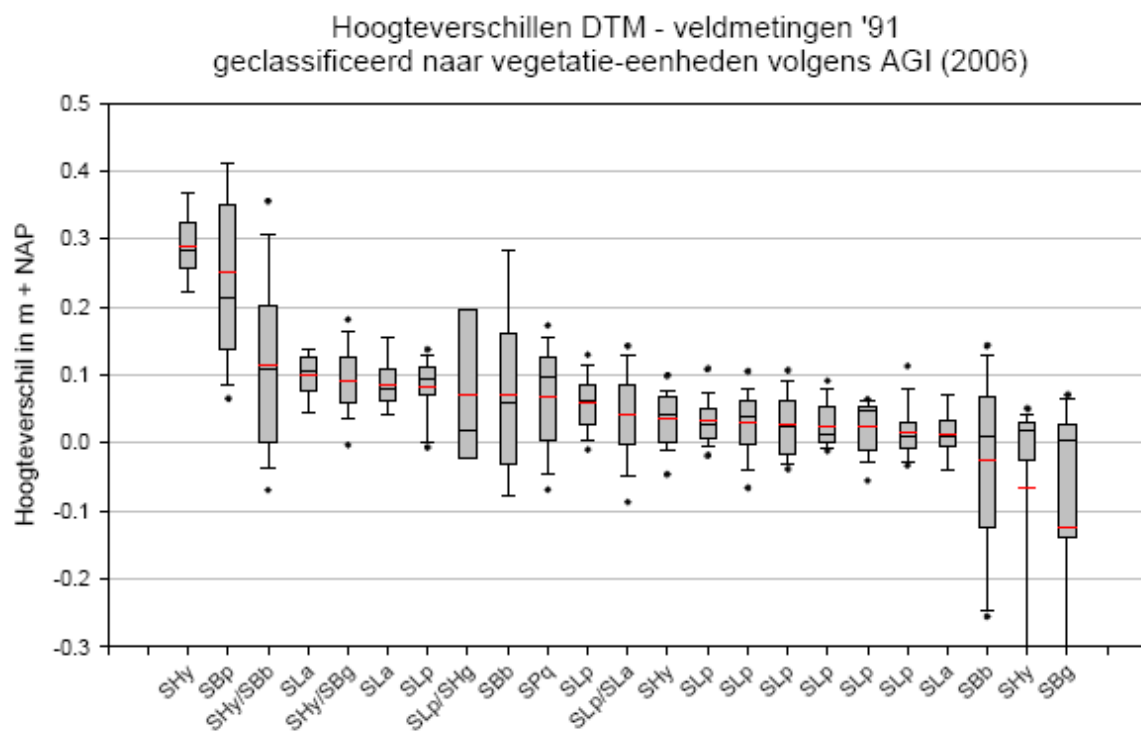
De raaien van Esselink (2000) zijn gebruikt om te controleren in hoeverre de afwijkingen in het DTM samenhangen met de staande vegetatie. Daartoe is op elk punt van de raaien de vegetatie en de hoogteligging van zowel het meetpunt als het DTM bepaald. Voor de relatie hoogteligging – overstromingsfrequentie is gebruik gemaakt van de meetlocaties Nieuwe Statenzijl (Dollardkwelders), Schiermonnikoog (Oosterkwelder) en Lauwersoog (Uithuizerwad) in de periode 1/1/2003 tot 31/12/2005. Eventuele afwijkingen in de waterstanden ten opzichte van de periodes waarin de vegetatie opgenomen is, zijn verwaarloosbaar in relatie tot de onnauwkeurigheden in het DTM.

Van het 'supergrid' op Schiermonnikoog is van elk punt zowel een hoogtemeting als een vegetatie-opname volgens de Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP; zie www.waddensea-secretariat.org)-typologie bekend. Ook van de raaien van Esselink (2000) is bepaald welk TMAP vegetatietype op welke hoogte voorkomt. Hiervoor is gebruik gemaakt van de vegetatiekartering van de AGI (1999). De door de AGI gebruikte SALT97-typologie is daartoe omgezet naar TMAP volgens tabel 1 in de bijlagen. Als derde is gebruik gemaakt van de vegetatiekartering Uithuizerwad (AGI, 2002) in combinatie met een 2x2 meter DTM van het gebied. In het laatste gebied zijn binnen het gebied willekeurig 5 punten binnen elk vlak van de vegetatiekartering gekozen en daarvan zijn zowel de vegetatie als de hoogteligging volgens het DTM bepaald. Het totaal aantal waarnemingen bedroeg 6310 punten.

3 Bespreking resultaten

3.1 Kwaliteit digitale terreinmodellen (DTMs)

In Figuur 3 zijn de verschillen tussen de laser-altimetrische hoogtebepalingen en veldmetingen uitgezet in de vorm van zgn. box-plots. De figuur geeft aanzienlijke verschillen weer in de nauwkeurigheid van de laser-altimetrische waarnemingen ten opzichte van de werkelijkheid. Het meest nauwkeurig zijn de hoogtemetingen in de vegetatie met *Puccinellia maritima* (Gewoon kweldergras). Deze vertonen een afwijking van 10–15 cm, hetgeen binnen de foutenmarge van de techniek ligt (zie tabel 1). Het verschil zou nog kleiner worden wanneer gecorrigeerd zou worden voor de opslibbing van het gebied in de periode tussen de hoogtemetingen in het veld en de laser-altimetrie (10–12 jaar met gemiddeld 7 mm per jaar; Esselink *et al.*, 1998; Esselink, 2000). De wat meer hoogopgaande vegetatietypen als rietland (SBp, *Phragmites*), Heen- of Zeebiesvegetatie (SBb, *Bulboschoenus* (= *Scirpus*) *maritimus* en Kweek (SHy, *Elytrigia* (= *Elymus*) *repens*) laten een grote spreiding zien in de waarnemingen, waarbij met name het rietland en de Kweekruigten tevens de grootste overschatting van de hoogteligging weergeven. De vegetatietypen met Kweek en Riet zijn niet alleen hoogopgaand, maar tevens zeer dicht van structuur. De resultaten geven aan dat in gebieden met deze vegetatie de laser-altimetrische DTM's met voorzichtigheid gebruikt moeten worden.

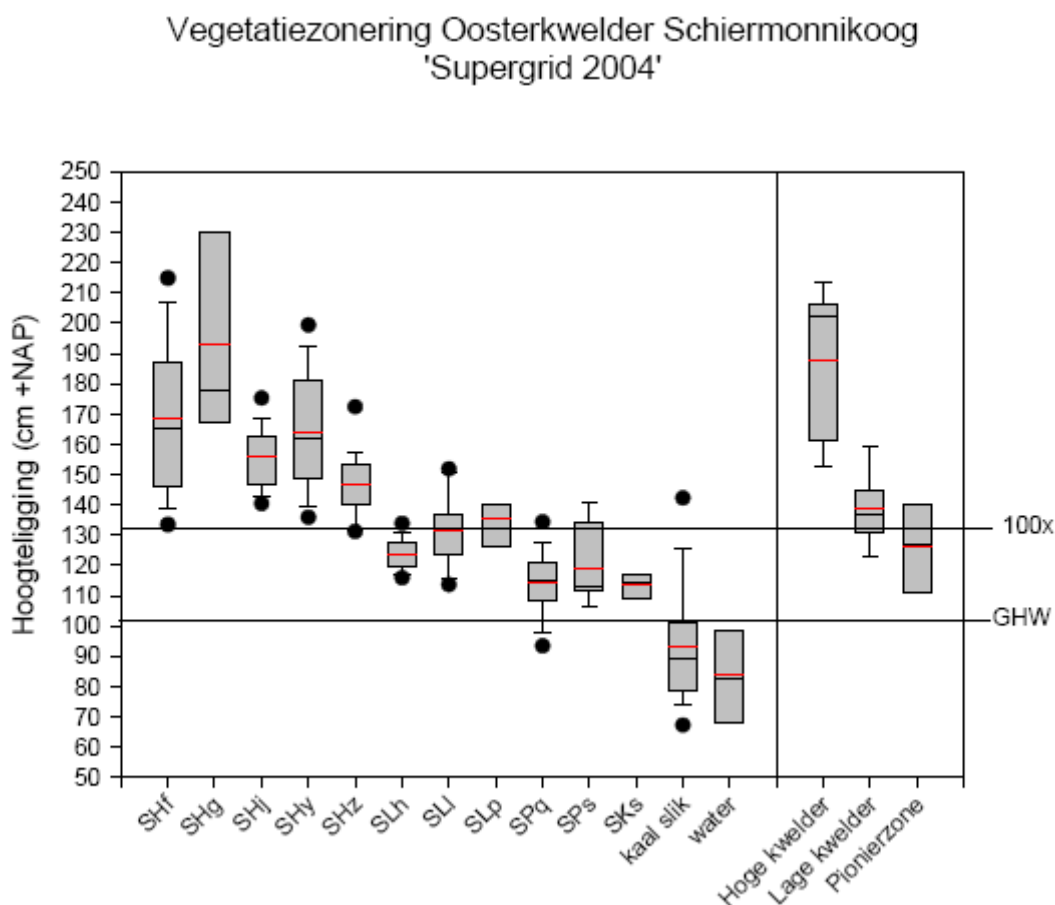


Figuur 3 Hoogteverschillen tussen laser DTM en veldmetingen op de vaste hoogteraaian op de Dollard-kwelders (vgl. Fig. 1; Esselink, 2000). De zgn. box-plots geven de gemiddelde – en de mediane hoogteligging (resp. de rode en zwarte lijn), de 25 en 75 percentielen en de 5/95 percentielen weer.

3.2 Relatie hoogteligging – hydrologie – vegetatie Waddenzee en Eems-Dollard

Oosterkwelder Schiermonnikoog

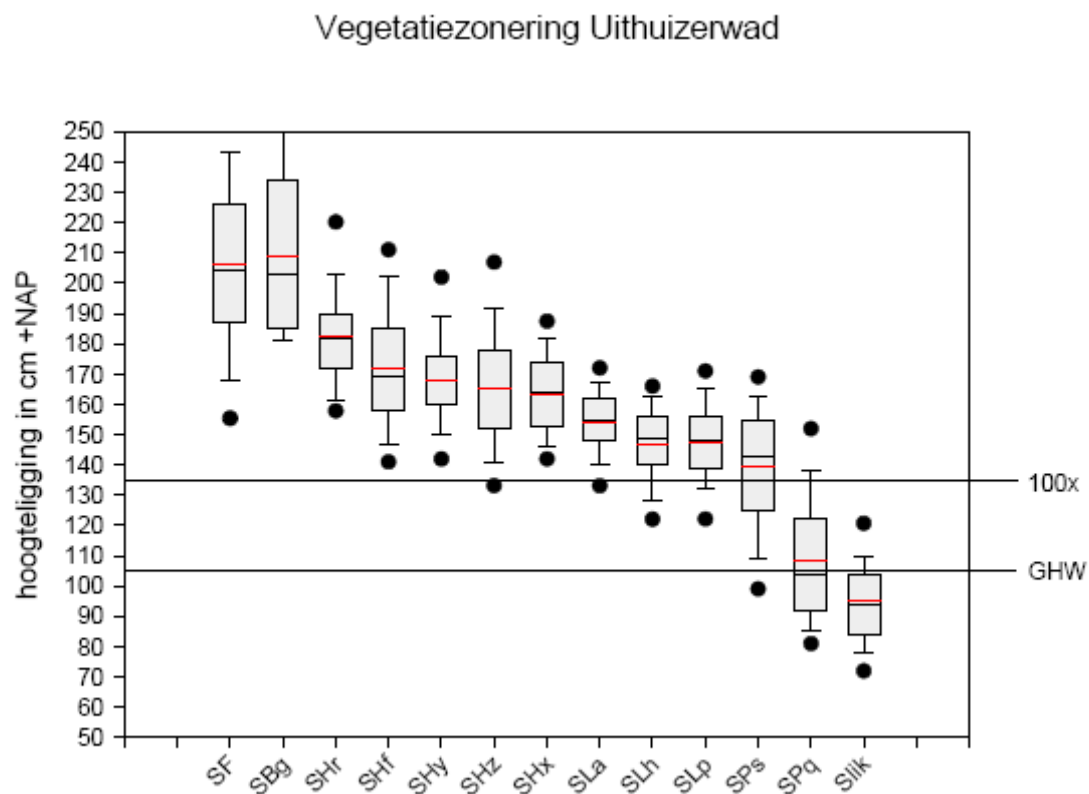
Op deze kwelder komen de pioniertypen SPp van Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en SPq met Zeekraal (*Salicornia* spp) en Klein schorrenkruid (*Suaeda maritima*) voor in de zone tussen gemiddeld hoogwater en een overstromingsfrequentie van ongeveer 100 keer per jaar (Fig. 4). Rond deze grens beginnen ook andere vegetatietypen van de onbeweide lage kwelder, zoals het type SLp met Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*), SLi (Gewoon kweldergras en Lamsoor (*Limonium vulgare*)), SLh (Gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*)) en SHz (Zeealsem (*Artemisia maritima*)). Vanaf ongeveer 40 cm boven het niveau van gemiddeld hoogwater (GHW) komen langzaam de typen SHj (Zilte rus (*Juncus gerardi*)), SHy (Strandweek of Zeekweek (*Elytrigia* (= *Elymus*) *atherica*)) en SHf (Rood zwenkgras (*Festuca rubra*)) in de zonering naar voren. Het type SHf van Fioringras (*Agrostis stolonifera*) met Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*) ligt in een kom en wordt gevoed met zoet water vanuit de duinen. Het milieu is voor dit type veel te zout en krijgt bij deze hoogteligging onvoldoende vocht. Het zoete water in combinatie met gesproeid zout water ('salt spray') zorgt hier voor een zwak brak milieu waarin de vegetatie kan gedijen. Een vergelijkbare hoogteligging van dit type is waargenomen op de Kwade Hoek en de sluffer van Voorne (Van de Rijt, 2005).



Figuur 4 Vegetatiezonering op het onbeweide oostelijk deel van de Oosterkwelder van Schiermonnikoog (vgl. Fig. 2). Zie Bijlage I voor verklaring TMAP vegetatietypen.

Groninger noordkust

De zonering op de landaanwiningskwelders nabij het Uithuizerwad is weergegeven in figuur 5. De beide hoogstgelegen vegetatietypen zijn gelegen aan de dijk en tonen een zoet vegetatietype van Engels raaigras (type SF) en een brak type van Fioringras (SBg). Op gelijke hoogte komen de vegetatietypen SHr, SHy en SHf met respectievelijk Kweek, Zeekweek en Rood zwenkgras voor; de beide eerstgenoemde als onbeweide vegetatie en de vegetatie met Rood zwenkgras als beweide type. Bij een lagere beweidingsdruk kan ook Zeealsem zich handhaven binnen de vegetatie van Rood zwenkgras. Ook het type SHx met Spiesmelde (*Atriplex prostrata*) en Strandmelde (*A. littoralis*) komt meer voor onder onbeweide omstandigheden, meestal op vers vloedmerk. Het type SLh van Gewone zoutmelde met Gewoon kweldergras is de vegetatie die optreedt bij het staken of sterk extensiveren van de beweiding op de zuivere kweldergrasweiden. De laagste zones worden bezet door de pioniervegetatie van Engels slijkgras (type SPs) en van Zeekraal met Klein schorrenkruid (SPq). Het slik is nagenoeg onbegroeid.

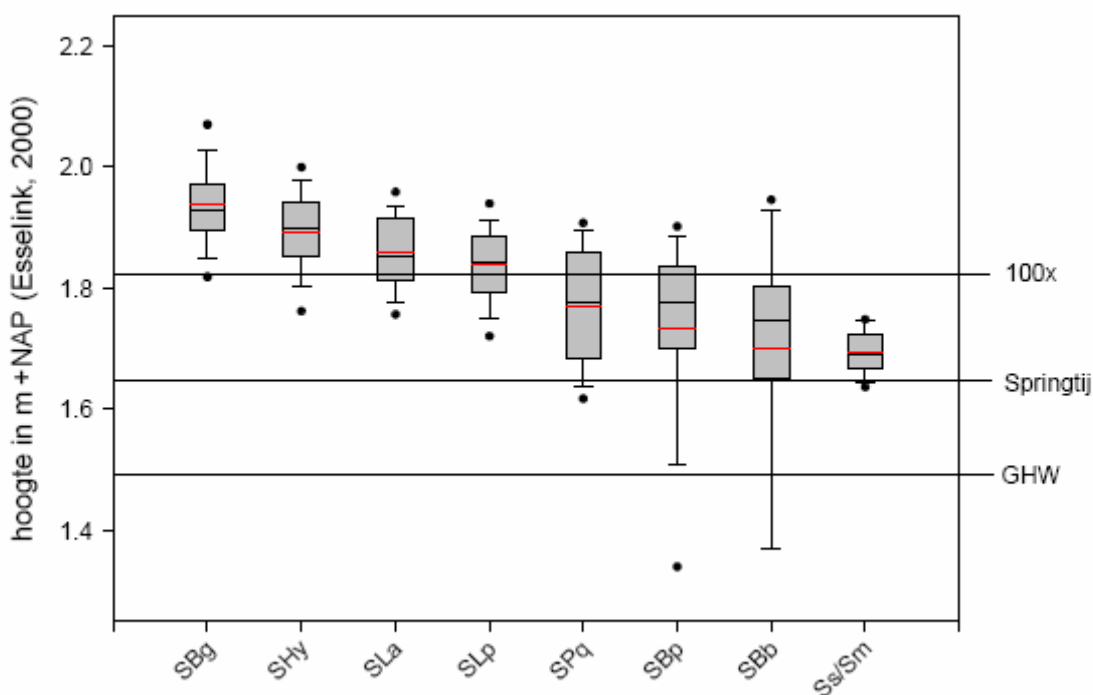


Figuur 5 Vegetatiezonering op de vastelandkwelders nabij het Uithuizerwad aan de Groninger noordkust. Zie bijlage I voor verklaring TMAP vegetatietypen.

Dollardkwelders

De zonering van de vegetatie langs de Dollard (AGI, 1999), gemeten aan de hoogtemetingen in de raaian van Esselink (2000), is weergegeven in figuur 6. De gehele zonering ligt relatief hoog ten opzichte van het gemiddeld hoogwater (GHW). Dit heeft te maken met de verslechterde afwatering in het gebied doordat men gestopt is de greppels van deze voormalige landaanwinningkwelders te onderhouden (Esselink, 2000). De pioniersoorten Zeekraal en Klein schorrenkruid komen hier

voornamelijk voor als *secundaire* pioniervegetatie: op plaatsen waar de kweldergraszode niet meer gesloten is door de gecombineerde invloed van beweiding en een slechte ontwatering (vooral in kommen of kwelderdepressies) ontstaat ruimte voor de kieming en vestiging van deze éénjarige soorten. Mogelijke overbenutting van Gewoon kweldergras door de Brandgans in het voorjaar zou deze ontwikkeling versterken (Esselink, 2000). Verschillen tussen de secundaire pioniervegetatie en de primaire pionierzone aan de zeezijde van de kwelder zijn de vervanging van het Langerige zeekraal (*Salicornia procumbens*) door het Kortarige zeekraal (*S. europaea*) en een hogere dominantie van Klein schorrenkruid. In de SALT97- en de TMAP-typologie worden deze twee typen pioniervegetatie echter niet onderscheiden. De vegetatiezones van Riet (type SBp) en Heen (type SBb) liggen tussen GHW en een overspoelingsfrequentie van 100 keer per jaar. Esselink (2000) beschrijft een duidelijke verschuiving van het optimum van Riet van onder het GHW tot GHW + 20 cm in een gradiënt van zoet naar zout.



Figuur 6 Zonering van TMAP vegetatietypen in de Dollard op basis van de vegetatiekaart van 1999 (AGI, 1999) en hoogtemetingen in het veld in 1991/92 (Esselink, 2000). Zie bijlage I voor verklaring TMAP vegetatietypen.

3.3 Vergelijking vegetatiezonering Voordelta Haringvliet met Waddenzee / Eems-Dollard

In tabel 2 is de vegetatiezonering weergegeven in de voordelta van het Haringvliet volgens de kartering door AGI (Knotters & Koppejan, 2002). Dit is de zonering die, samen met gegevens uit de literatuur, ten grondslag ligt aan het model EMOE voor wat betreft de brakke en zoute situatie. De vegetatie met *Salicornia* (TMAP type SPq als representant voor Zeekraal, Klein schorrenkruid en Engels slijkgras)

komt in de voordelta van het Haringvliet voor vanaf 80 cm onder het GHW tot 60 cm daarboven. Ook op de kwelders langs de Groninger noordkust ligt de ondergrens van de pionierzone onder het niveau van GHW (Fig. 5; Dijkema *et al.*, 1991). Het typische milieu van de pionierzone ligt volgens verschillende auteurs onder de gemiddelde hoogwaterlijn (Raabe, 1981; Dijkema, 1983; Coldewey & Erchinger, 1992). Er zijn verschillende factoren die van invloed zijn op de positie van de pionierzone ten opzichte van het niveau van gemiddeld hoogwater. Zo komt bij een toename van de getij-amplitude de pionierzone al op een lagere niveau ten opzichte van GHW tot ontwikkeling (Raabe, 1981). Ook bodemdoorluchting (drainage) en mate van expositie zijn van invloed op de ligging van de pionierzone. Onder invloed van beheersmaatregelen in de kwelderwerken (begreppeling en aanleg van rijshoutendammen) ligt de ondergrens hier naar schatting 20 cm lager dan onder natuurlijke omstandigheden het geval zou zijn (Dijkema *et al.*, 1991, 2001). Volgens Schaminée *et al.* (1995-1998) wordt het type ook vaak in laagten hoger op de kwelder gevonden als secundaire pioniervegetatie (zie ook bespreking hierboven van de vegetatiezoning op de Dollardkwelders). Het TMAP type SLp, dat de kweldergras-typen samenvat, vinden we tussen GHW en GHW + 40 cm. Dit komt overeen met Raabe (1981), die dit type aantreft tot 30 cm boven GHW in de Duitse Bocht ten noorden van de Elbe-monding. Het type SHj (Zilte rus) vinden we, als onderste deel van de Rood zwenkgraszone (type SHf) op een hoogte van 40 cm +GHW tot 60 cm +GHW (Fig. 4). De zone SHf gaat tot GHW + 60 cm. Volgens Raabe (1981) loopt de zone met Rood zwenkgras van GHW + 40 cm tot boven 1 meter +GHW.

De onbeweide typen SBb (Zeebies of Heen) en SBp (Rietland) zijn beperkt tot de brakke zone van het estuarium. Daar waar ze in Tabel 2 genoemd zijn, zijn ze waarschijnlijk beperkt tot situaties waar óf een aanzienlijke invloed van het zoete water van het Haringvliet optreedt, óf waar zoete kwel vanuit de duinen voor een brak milieu zorgt, een situatie die Raabe (1981) ook voor de Duitse Bocht beschrijft. De hoogteligging van beide typen komt redelijk overeen met die gevonden langs de Dollard (Fig. 6): voor beide typen van het niveau van GHW tot een hoogte met een overstromingsfrequentie 100 keer per jaar (GHW + 30 cm). In de Dollard is sprake van een eroderende kwelderrand, wat een beperkende invloed heeft op het voorkomen van beide typen. Riet heeft een lagere resistentie tegen golfenergie dan Heen en wordt hierdoor mogelijk beperkt. Heen vormde tot in de eerste helft van de tachtiger jaren van de vorige eeuw de buitenste begroeiing langs de kwelderrand, maar is daar onder invloed van overbenutting (overbegrazing) door Grauwe ganzen verdwenen (Esselink *et al.*, 1997, 2000; Esselink, 2000). Als gevolg hiervan verschoof het optimum van Heen binnen acht jaar 20 cm naar boven. Raabe (1981) vindt de zone met Heen tot wel 1 meter onder GHW, maar duidelijk meer landinwaarts langs de Elbe met een dalende saliniteit en een toename van de getijdenamplitude. De onbeweide slikzone in het zilte was schaars begroeid met Zeekraal, Klein schorrenkruid en Engels slijkgras en wordt vanaf GHW gekoloniseerd door Gewoon kweldergras.

De typen SHg (Aardbeiklaver en Fioringras) en SHy (Zeekweek) behoren tot de hoge kwelder, waarbij het type SHg meer tot de overgang van hoge kwelder naar het hogere achterland behoort. In de brakke beweide kwelder heeft het type SHg de Roodzwenkgraszone als zilte vervangings-gemeenschap. Het type SHy vormt in de onbeweide situatie de vervanging van de Rood zwenkgraszone.

Tabel 2 Hoogteligging vegetatieopnamen behorende bij de gegeven vegetatietypen op basis van het AHN, gerangschikt naar gemiddelde hoogteligging (uit: Van de Rijt, 2005). VVN = Vegetatie van Nederland (Schaminée *et al.*, 1995–1998); RG = rompgemeenschap.

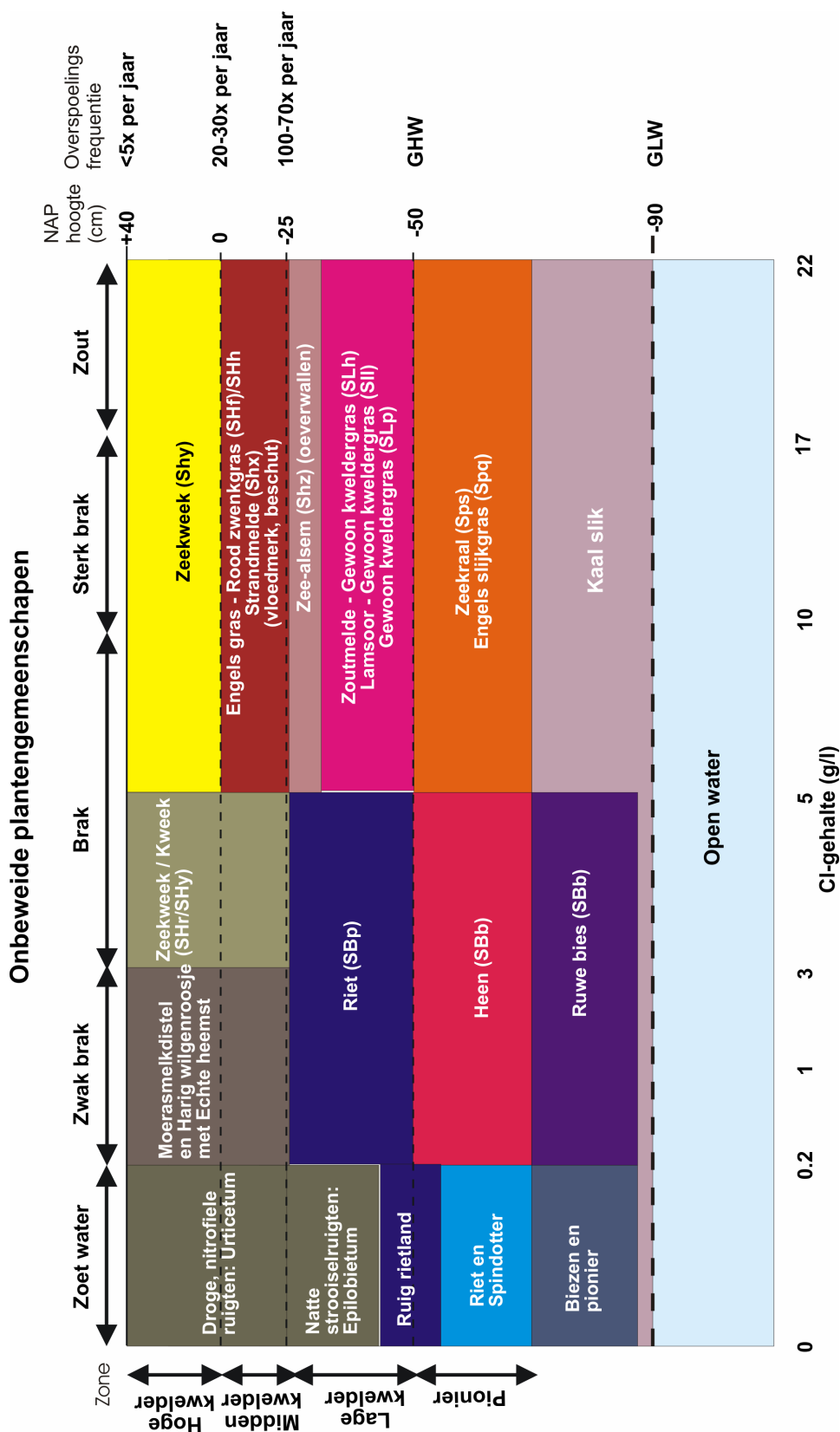
Vegetatie	VVN code	TMAP	Hoogteligging opnamen t.o.v. GHW (cm)		
			gem.	min.	max.
Salicornietum	25AA01/2	SPq	-2	-86	61
Puccinietum distantis	26AB01	SLp	29	-23	67
Puccinietum maritimae	26AA01	SLp	35	-6	70
RG Scirpus maritimus	26RG01	SBb	36	-6	88
RG Calystegia sepium-Phragmites australis	32RG03	SBp	45	-31	131
Juncetum gerardii	26AC01	SHj	55	11	104
Atriplici-Elytrigietum pungentis	26AC06	SHy	74	43	107
Oenanthe lachenalii-Juncetum maritimi	26AC07	SHy	80	61	103

3.4 Conclusie gebruik EMOE in gedempt getij scenario Lauwersmeer

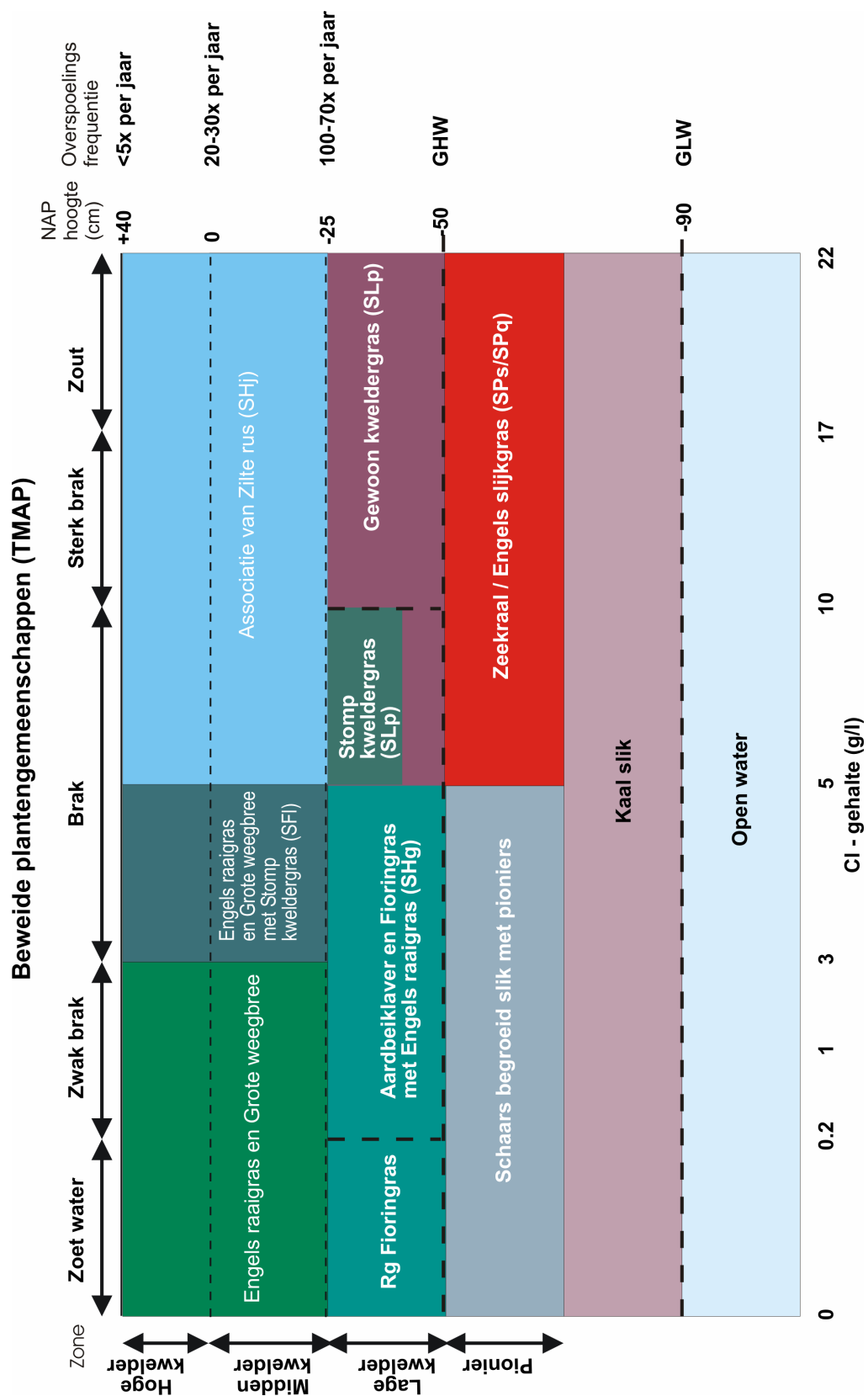
De resultaten wijzen erop dat het model EMOE voor de Lauwersmeer gebruikt kan worden. De in EMOE gebruikte vegetatietypen van het meso- en polyhalien zijn in het gebied goed vertegenwoordigd en de hoogteligging van de diverse typen ten opzichte van het GHW komt goed overeen met wat al in EMOE op basis van waarnemingen in de Voordelta en de vakliteratuur bekend is.

Gezien de resultaten van de vergelijking tussen DTM en gemeten hoogteligging moeten de uitkomsten van berekeningen met EMOE met enige omzichtigheid worden gebruikt voor zover deze betrekking hebben op gebieden die ten tijde van de laser-altimetrische bepaling van het DTM begroeid waren met een hoogopgaande vegetatie.

Het Lauwersmeer zal bij opening van de sluizen naar verwachting voor het grootste deel zout worden en er kan een vegetatie verwacht worden die vergelijkbaar is met die van de Oosterkwelder en de kwelders bij Uithuizen. Daarom is besloten de typologie van het model EMOE voor de Lauwersmeer-berekeningen aan te sluiten bij de internationaal gebruikte TMAP-indeling (Fig. 7, 8). Een overzicht van de gebruikte TMAP typen en de hieronder vallende typen volgens SALT97 (De Jong *et al.*, 1998) en de Vegetatie van Nederland (Schaminée *et al.*, 1995–1998) staat in bijlage I.



Figuur 7 Onbeweide vegetatietypen (TMAP typen tussen haakjes) in relatie tot hydrologie en saliniteit volgens EMOE. Zie Bijlage I voor wetenschappelijke namen vegetatietypen en SALT97 codering.



Figuur 8 Beweide TMAP vegetatietypen (TMAP typen tussen haakjes) in relatie tot hydrologie en saliniteit volgens EMOE. Zie bijlage I voor wetenschappelijke namen vegetatietypen en SALT97 codering.

4 Berekeningen EMOE voor een gedempt getij in de Lauwersmeer

4.1 Inleiding

Om de mogelijke effecten van een aangepast spuibeheer van de sluizen van het Lauwersmeer op de vegetatie in de Lauwersmeer te kunnen bepalen zijn twee berekeningen met het model EMOE uitgevoerd. De eerste berekening betreft een geheel onbeweide toestand in het gebied, de tweede een geheel beweide. Als basis voor de veranderde saliniteit in het gebied is de uitvoer van het 3D-berekeningsmodel SVASEK genomen (SVASEK Hydraulics, 2006). De randvoorwaarden voor de waterstanden in de Lauwersmeer zijn een GLW van NAP – 90 cm en een GHW van NAP – 50 cm. Om een zo natuurlijk mogelijke getijdenbeweging in het gebied te realiseren, wordt het water regelmatig tijdens eb op de Waddenzee achter de sluis vastgehouden om vervolgens bij vloed een hoger hoogwater in het gebied 'op te bouwen'. Gedurende twee getijcycli kan op deze wijze een extra hoog hoogwater gerealiseerd worden waardoor ook de vegetatiezone boven het GHW op geregelde tijden overspoeld wordt met brak tot zout water (zie Fig. 9). Dit betekent voor deze zone echter niet alleen een hogere overstromingsfrequentie, maar voor een deel van deze zone en voor de lager gelegen zones tevens een langere duur van overstroming (mogelijke effecten hiervan op de zonering worden in de discussie besproken).

Voor de modelberekeningen is uitgegaan van een spuibeheer dat er voor zorgt dat een waterstand van NAP + 40 cm niet wordt overschreden. Boven deze zone wordt geen vegetatie berekend omdat de invloed van de hydrologie van de Lauwersmeer op deze zone van minder belang is. Hier is vooral de hoeveelheid neerslag in combinatie met de afwatering en het substraat belangrijk voor de gradiënt nat-droog.

4.2 EMOE

Het model EMOE werkt als extensie onder ArcView 3.2. Als invoer worden de volgende gegevens verwacht die zowel als parameters (vaste waarden) dan wel als kaarten (bij waarden die ruimtelijk veranderen) opgegeven kunnen worden:

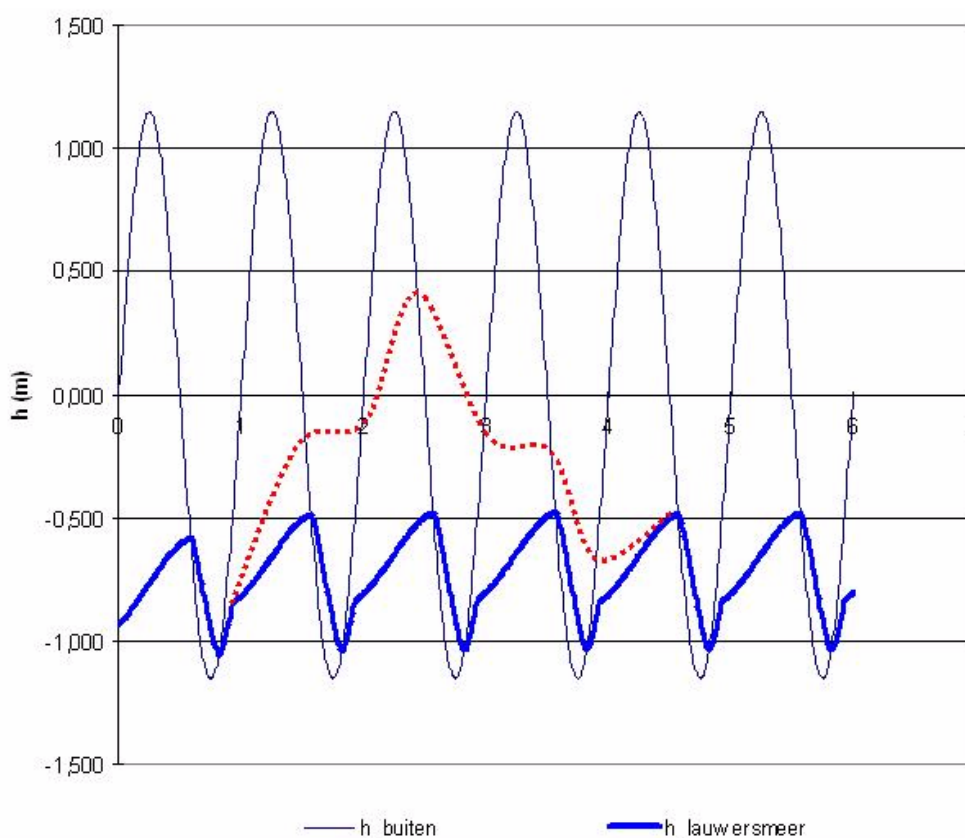
DTM: een digitaal terreinmodel, voor het Lauwersmeer het AHN met een resolutie van 5×5 meter.

GHW: het gemiddelde getijdenhoogwater: de gemiddelde waterstand die bij hoogtij wordt bereikt. De waterstand die gemiddeld bij hoogwater op het Lauwersmeer wordt bereikt door middel van een aangepast spuibeheer is 50 cm +NAP.

GLW: het gemiddelde getijdenlaagwater: de gemiddelde waterstand die bij laagtij wordt bereikt. De waterstand die gemiddeld bij laagwater op het Lauwersmeer wordt bereikt door middel van een aangepast spuibeheer is -90 cm +NAP.

GHWS: het gemiddelde hoogwater bij springtij: de gemiddelde waterstand die bij springtij wordt bereikt. In het Lauwersmeer vindt geen springtij plaats en is bij een kunstmatig getij gekozen voor een waarde van 25 cm onder NAP.

EHW: extreem hoogwater: de hoogwaterstand die onder zeer extreme omstandigheden kan optreden. In EMOE wordt deze waarde gebruikt om de bovengrens van de berekeningen aan te geven. Voor het Lauwersmeer is de uiterste bovengrens op 40 cm +NAP vastgesteld.



Figuur 9 Grafisch model voor het opzetten van een maximaal hoogwater van NAP + 40 cm. Deze stand kan onder normale omstandigheden alleen bereikt worden door het opzetten en weer aflatens van het waterniveau gedurende meerdere getijcycli. De laatste modelberekeningen geven aan dat hiervoor vier cycli nodig zijn (zie figuur). De gestippelde rode lijn geeft hierbij het verloop van de opgezette waterstand aan (Lofvers, pers. med.).

Saliniteit: het chloridegehalte in mg per liter: gebruikt is de SVASEK berekening Scenario3_40open in kaartvorm. De oorspronkelijke waarde (zoutgehalte) is omgerekend naar het chloridegehalte.

Bodem: het kleipercantage (klei = bodemdeeltjes met korrelgrootte $< 2\mu$) van het substraat is voor enkele vegetatietypen van onderscheidend belang; voor het Lauwersmeer is geen gebruik gemaakt van een bodemkaart.

Beheer: het natuurtechnische beheer is voor de vegetatiestructuur verantwoordelijk. Voor het Lauwersmeer is besloten om steeds één type beheer voor het gehele gebied te kiezen: de beheervormen onbeweid (*laissez faire* of “niets doen”) en beweid (intensieve beweiding).

Dynamiek: onder hoogdynamische omstandigheden (extreme stroming, golfslag of wind, bij voorbeeld direct langs de kust) krijgen bepaalde vegetatietypen geen kans. Voor de berekeningen aan het Lauwersmeer is de dynamiek op nul (laagdynamisch) gesteld.

EMOE bepaalt op basis van de combinatie van milieuomstandigheden in elke cel de te verwachten vegetatie zoals weergegeven in de figuren 7 en 8 en brengt deze in kaart. De gebruikte invoergegevens worden in een tekstbestand gedocumenteerd. Omdat de zonering binnen EMOE gebaseerd is op echte getijdenwateren en in het Lauwersmeer sprake is van een kunstmatig getij (Fig. 9), is de zonering van EMOE geschaald naar de kwelderzonering van de Lauwersmeer (Fig. 7, 8 ter linker en rechter zijde).

4.3 Resultaten

De resultaten van de berekeningen staan in de tabellen 2 en 3. De bijbehorende kaarten zijn in de figuren 10 en 11 weergegeven. De legenda tot beide kaarten staat in figuur 12.

De TMAP vegetatietypen SPs/SPq komt volgens de EMOE berekeningen over 162 ha voor in het gebied bij zowel de beweide als de onbeweide beheervariant. Het betreft hier een pioniervegetatie waarin Langerige zeekraal (*Salicornia dolichostachya*, Kortarige zeekraal *S. brachystachya* (= *S. europaea*) en Engels slijkgras (*Spartina anglica*) de belangrijkste soorten zijn. De vegetatie is zeer open van structuur. Naarmate de hoogte toeneemt zal de vegetatie iets dichter worden en zullen eventueel al enige pollen Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) in de vegetatie komen. De zone waarin Gewoon kweldergras domineert (SLp) volgt op deze zone. Het is de meest typische vegetatie van de lage kwelder, vooral waar deze beweid wordt, wat voor de meeste kwelders van Nederland geldt. In de Lauwersmeer ontstaat bij het voorgestelde gedempt getij volgens EMOE een oppervlak van ruim 738 ha dat potentieel geschikt is voor dit vegetatietype. Bij afnemende beweidingsdruk kunnen soorten als Lamsoor (*Limonium vulgare*) en Gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*) samen met Gewoon kweldergras het aspect bepalen (SLi resp. SLh) en de vegetatie paars resp. zilvergrijs kleuren (588 ha, zie Tabel 2 onbeweide vegetatie). Op de iets hogere en zandiger (en daardoor beter doorluchte) oeverwallen kan Zeealsem (*Artemisia maritima*). De berekende oppervlakte van deze vegetatie (149 ha) is uitsluitend gebaseerd op de hoogteligging (hydrologie) en het beheer. Zowel een bodemkaart met voldoende nauwkeurigheid om de kreekoeuwallen te onderscheiden (1:5000) als voldoende nauwkeurige hoogte-informatie ontbreken om deze vegetatie topografisch juist weer te kunnen geven. Voor een klein deel van de berekende oppervlakte zal de bodem te zwaar en of te nat (bijv. in kommen) zijn voor deze vegetatie.

De middelhoge kwelder is over een oppervlak van 465 ha vertegenwoordigd door de zilte ruigten van het type (SHz en SHx) in de onbeweide situatie. De belangrijkste, en naamgevende soorten van de wetenschappelijke benaming van deze gemeenschappen zijn Engels gras (*Armeria maritima*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) en Strandmelde (*Atriplex littoralis*). Onder beweide omstandigheden vallen de tredgevoelige soorten Engels gras en Strandmelde uit en wordt de vegetatie gedomineerd door Rood zwenkgras met Zilte rus (*Juncus gerardi*). Dit type is ook op de hoge kwelder de belangrijkste vegetatie bij een intensief beweidingsbeheer (in totaal 2132 ha op de middelhoge en hoge kwelder). In de onbeweide hoge kwelders wordt de ruigte SHy, met Spiesmelde (*Atriplex prostrata*) en Zeekweek (*Elytrigia atherica*) over een oppervlak van 1667 ha als meest waarschijnlijke vegetatie weergegeven. De zone boven NAP + 40 cm wordt in de kaarten niet weergegeven (witte plekken in de figuren 10 en 11). Voor de beweide situatie kan hier een min of meer 'zoet' graslandtype verwacht worden van het type SFI (Engels raaigras en Grote weegbree). In de onbeweide delen kan Kweek (*Elytrigia repens*) de plaats van Zeekweek in gaan nemen, zoals ook in de Dollard het geval is. Door gebrek aan een brakke zone wordt dit type volgens de berekeningen maar op 0.07 ha gevonden.

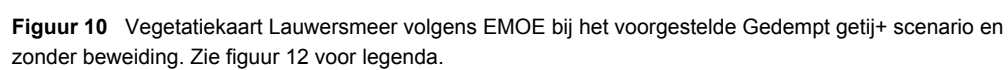
Ook op de lagere delen spelen de zoete en brakke vegetatietypen geen rol van betekenis omdat bij het gegeven spuibeheer volgens de SVASEK berekeningen bijna het gehele gebied zout wordt. Vooral in de zomer, wanneer de afvoer van zoet water vanuit het Friese en Groninger achterland niet erg groot is, zal het moeilijk worden een estuariene gradiënt in het gebied te realiseren. Het verdient in ieder geval aanbeveling te kijken in hoeverre het mogelijk is met een aangepast spuibeheer meer van deze gradiënt te bewerkstelligen teneinde meer variatie in het gebied te krijgen.

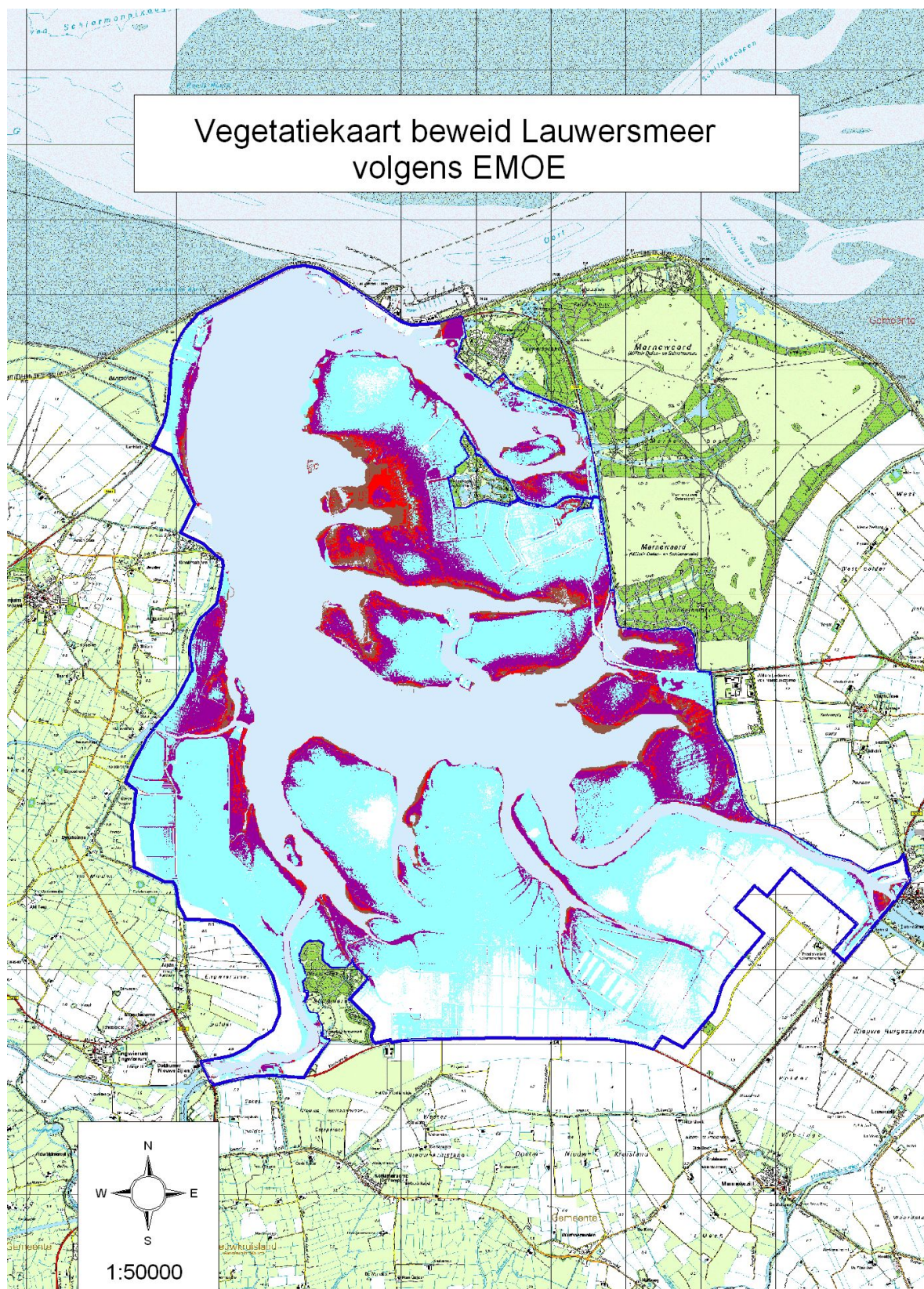
Tabel 3 Berekende oppervlakten vegetatietypen van de Lauwersmeer volgens EMOE bij een beweidingsbeheer (vegetatietypen gerangschikt van zoet naar zout en van laag naar hoog). De zone boven NAP + 40 cm valt buiten de modelvoorspellingen, maar voor de volledigheid van het landschappelijk beeld van het nationale park wel opgenomen in de tabel.

Vegetatietype (TMAP type)	Zone	Oppervlakte	
		(ha)	(%)
Zone boven NAP +40 cm	supralitoraal	844	14
Zeekweek / Kweek (SHr/SHy)	hoge kwelder	0.07	0
Spiesmelde en Strandkweek (SHy)	hoge kwelder	1667	27
Engels gras – Rood zwenkgras / Spiesmelde (SHz/SHx)	middenkwelder	466	7
Zeealsem (SHh)	lage kwelder	149	2
Gewoon kweldergras / Zeemelde / Zeeweegbree-Lamsoor (SLp/SLh/SLI)	lage kwelder	589	9
Zeekraal / Engels slijkgras (SPq/SPq)	pionierzone	162	3
Kaal slik	wad	171	3
Open water	sublitoraal	2193	35
Totaal		6241	100

Tabel 4 Berekende oppervlakten vegetatietypen van de Lauwersmeer volgens EMOE zonder beweiding (vegetatietypen gerangschikt van zoet naar zout en van laag naar hoog). De zone boven NAP + 40 cm valt buiten de modelvoorspellingen, maar voor de volledigheid van het landschappelijk beeld van het nationale park wel opgenomen in de tabel.

Wetenschappelijke naam (TMAP type)	Zone	Oppervlakte	
		(ha)	(%)
Zone boven NAP +40 cm	supralitoraal	844	14
Engels raaigras met Grote weegbree en Stomp kweldergras (SFI)	hoge kwelder	0.07	0
Zilte rus (SHj)	hoge / middenkwelder	2132	34
Gewoon kweldergras (SLp)	lage kwelder	738	12
Zeekraal / Engels slijkgras (SPq/SPs)	pionierzone	162	3
Kaal slik	wad	171	3
Open water	sublitoraal	2193	35
		6241	100





Figuur 11 Vegetatiekaart Lauwersmeer volgens EMOE bij het voorgestelde Gedempt getij+ scenario met beweiding. Zie figuur 12 voor legenda.

Legenda vegetatiekaart EMOE 6.1 Lauwersmeer

EMOE6.1 onbeweide vegetatie

Wetenschappelijke naam (TMAP type)

- Salicornietum dolichostachyae / S. brachystachyae / Spartinetum townsendii (SPs/SPq)
- Atriplici-Elytrigietum pungentis (SHy)
- RG Calystegia sepium - Phragmites australis
- Oenanthero-althaeetum
- Soncho-Epilobietum hirsuti althaeetosum
- Convolvulo-Filipenduletea
- Galio-Urticetea
- Kaal slik
- Open water
- Puccinellietum maritimae / Halimionetum portulacoides / Plantagini-Limonietum (SLI)
- Artemisietum maritimae (SHh))
- Armerio-Festucetum litoralis / Atriplicetum litoralis (SHz)
- Geen gegevens of terreinhoogte > 40 cm +NAP

EMOE 6.1 beweide vegetatie

Wetenschappelijke naam (TMAP type)

- Salicornietum dolichostachyae / S. brachystachyae / Spartinetum townsendii (SPs/SPq)
- Puccinellietum maritimae (SLp)
- Juncetum gerardi (SHj)
- Trifolio fragiferi-Agrostietum stoloniferae (SHg)
- Plantagini-Lolietum perennis
- Kaal slik + Polygono-veronicetum
- Plantagini-Lolietum puccinellietosum (SFI)
- Kaal slik
- Open water
- Puccinellietum distantis (SLp)
- RG Agrostis stolonifera (SBg)
- Geen gegevens of terreinhoogte > 40 cm +NAP

Figuur 12 Legenda bij de vegetatiekaarten bij een gedempt getij in de Lauwersmeer zonder - (boven) en met beweiding (onder).

5 Discussie

In dit hoofdstuk zal in kwalitatieve zin een gevoeligheidsanalyse worden gegeven van de modelmatige benadering in het vorige hoofdstuk. Op basis van een aantal kanttekeningen bij (a) het voorgestelde Gedempt getij+ scenario (Lofvers, 2006), (b) de Ausgangssituatie van het gebied en (c) bij de modelberekeningen zal op basis van veldexpertise en kennis van de Lauwersmeer door de tweede auteur een schatting (expert judgment) worden gegeven van de verdeling van landschappelijke hoofdeenheden in het bekende gebied. De schatting zal worden vergeleken met de voorspellingen volgens het EMOE model.

5.1 Gedempt Getij

In het uitgewerkte scenario voor een herstel van de getijdeninvloed in de vroegere Lauwerszee is sprake van een sterk gereduceerd getij ten opzichte van de situatie van voor de inpoldering in 1969. De in het scenario gehanteerde waterstanden met een GLW van NAP – 90 cm (ongeveer overeenkomend met het GLW van voor de inpoldering; vgl. de Glopper, 1985) en een GHW van NAP – 50 cm betekenen een damping van de gemiddelde getij-amplitude van maar liefst 80% in vergelijking met de situatie van vóór 1969. Ook in vergelijking met de referentiesituatie van het vegetatiemodel EMOE en met het getijdenregime in de aangrenzende Waddenzee is sprake van een sterke reductie van het getij.

In het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001) wordt als randvoorwaarde van zoute en brakke getijdenwateren een getijdenverschil van méér dan 0.4 m genoemd. Dit betekent dat in het voorgestelde 'Gedempt Getij+' scenario, de Lauwersmeer zich maar net als getijdenwater zou classificeren.

Vegetatiezonering

Een effect van een kleine getij-amplitude op de vegetatie zal een verschuiving van de vegetatiezonering langs de hoogtegradiënt naar boven zijn (Raabe, 1981; Dijkema *et al.*, 1991). Dit effect is vaker beschreven en is mogelijk een gevolg van een afname van de bodemdoorluchting bij een afnemende getijdenamplitude (zelfde bronnen). Op basis van dit effect is de verwachting dat in afwijking van de EMOE-berekeningen (Fig. 7, 8), de ondergrens van de vegetatie rond GHW of vlak daarboven zal komen te liggen (zie ook Fig. 4). Andere, nog te bespreken factoren zouden deze verschuiving nog kunnen versterken. In vergelijking met de modeluitkomsten (Tabel 2, 3) zou deze verschuiving een groter areaal onbegroeid slik betekenen.

Sturen op periodiek hogere peilen

Periodiek hogere peilen (spring- en stormvloed) worden in het scenario gezien als belangrijk beheersinstrument om de ontwikkeling van een kwelderzonering te stimuleren. Periodiek hogere peilen (tot max. NAP + 0.4 m) zouden in de polder kunnen worden bereikt (opgebouwd) door het water gedurende een aantal ebfasen vast te houden om vervolgens bij de volgende vloed weer water in te laten (zie Fig. 9). In het voorbeeld van figuur 9 zijn met de gehele cyclus van de opstuwing naar een hoog maximaal streefpeil en de afbouw ervan naar een 'normale' waterstand vier getijcycli nodig (E. Lofvers, pers. med.). Voor de situatie rond GHW of vlak daarboven betekent dit een extreem lange ononderbroken overstromingsduur van 50 uur. In de normale referentiesituatie staat deze zone bij

springvloed maar gedurende enkele uren onder water. Het op deze wijze sturen van een periodiek hoger peil in de periode april t/m augustus (=niet-stormseizoen) geeft een onnatuurlijke dynamiek. De maatregel zal een negatieve invloed hebben op de bodemdoorluchting en de vegetatiegrenzen nog verder langs de hoogtegradiënt omhoog doen schuiven dan reeds betoogd. Ook de duur van de onderdompeling zal voor de plantensoorten te lang zijn om zich hier optimaal te kunnen handhaven. Volgens Raabe (1981) moeten Engels slijkgras en Zeekraal tenminste 65% van de tijd boven water staan om zich te kunnen handhaven.

Wanneer het sturen op periodiek hogere peilen min of meer tot het stormseizoen (september t/m maart) wordt beperkt blijft de vraag hoe groot de overgebleven speelruimte voor sturing nog is. De periode september t/m maart omvat 212 dagen of 410 tijden. Wanneer de opstuwing naar een hoog hoogwater plus de terugkeer naar een normaal hoogwater vier getijcycli vereist en daarnaast rekening wordt gehouden met een 'rust'- of herstelperiode van ook nog vier getijcycli, kan het water maximaal 50 maal per seizoen naar een hoog hoogwater worden opgestuwd. Ook bij opstuwing in het stormseizoen is per gebeurtenis echter sprake van een extreem lange overstromingsduur in vergelijking met die bij een gemiddelde storm in de Waddenzee. Bij een storm ligt normaliter de (verhoogde) laagwaterstand beneden GHW. In het kader van deze studie is geen literatuurstudie verricht naar de overstromingstolerantie van belangrijke soorten als Gewoon kweldergras. Wel zal via de factor bodemdoorluchting ook deze soort hoger in de zonering gaan voorkomen dan in de referentiesituatie in de Waddenzee of de dataset waarop het EMOE-model is gevormd.

Seizoensdynamiek overstromingsregime

Naar aanleiding van bovengevoerde discussie zou de vraag gesteld kunnen worden of het opzetten van hoge waterstanden gedurende het voorjaar en zomer niet effectiever is en meer speelruimte zou bieden om sturing te geven aan de vegetatieontwikkeling. Dit zou een niet natuurlijke seizoensdynamiek betekenen en moet als technische, maar niet-ecologische benadering worden uitgesloten. De natuurlijke seizoensvariatie van hoogwaterstanden laat zien dat de hogere delen van de kwelder in elk geval in de tweede helft van het voorjaar en de vroege zomer niet vaak met een overstroming te maken hebben (Adam 1990; Esselink 2000). Veel kwelderbewoners hebben deze seizoensdynamiek ook nodig voor de voltooiing van jaar- en levenscyclus. Alleen voor vogels zou het al onmogelijk worden om nog op de kwelder tot broeden te komen. Monitoringsonderzoek naar de kwelderontwikkeling bij het kwelderherstelproject Noard-Fryslân Bûtendyks laat zien dat na het weer toelaten van getijdeninvloed onder een natuurlijke seizoensdynamiek, de vegetatieontwikkeling vrij snel kan gaan. De ontwikkelingen in de hoge delen gingen wat langzamer, maar stonden zeker niet stil in ontwikkeling (van Duin *et al.*, in prep.).

Voor het overstromingsregime wordt derhalve aanbevolen om de hoogste waterstanden min of meer te beperken tot het meteorologische stormseizoen. De lage kwelderzone wordt van nature ook wel eens (maar niet elk jaar) in het late voorjaar of vroege zomer met zeewater overstroomd. Dit zou ook in de Lauwersmeer kunnen worden nagestreefd. Ten einde de broedvogels te ontzien, zou gedurende een kortere periode, bijvoorbeeld van 15 april tot 1 augustus, ook kunnen worden afgezien om een verhoogde waterstand boven GHW na te streven.

Een hoge zoetwaterafvoer vanuit het achterland zal de mogelijkheid van het opstuwen met zout water verder beperken en tegelijkertijd zal de functie van de Lauwersmeer als boezem voor het achterland een eigen dynamiek aan de overstromingsduur en -frequentie geven. Dit betekent dat in een groot deel van het gebied het overstromingswater niet langer zout, maar brak is (zie ook Oost & Lofvers,

2006). In het zuiden, waar de saliniteit het laagste is, bestaan hierdoor in de onbeweide situatie kansen voor brakke vegetatietypen, vooral voor soortenarm brak rietland als vervanging voor de vegetatie van Zeekweek (respectievelijk type SBp en SHy in Tabel 2). Deze inschatting wijkt af van de voorspellingen volgens SVASEK, waar voor een brakke zone nauwelijks ruimte is.

Effect aftopping getij

De maximering van de hoogwaterstanden op een niveau van NAP + 0.4 m betekent dat bij het bereiken van deze stand gebiedsdelen met een maaiveldhoogte vlak onder dit niveau theoretisch maar met een dun laagje zoutwater worden geïnundeerd. De invloed van een geringe hoeveelheid zoutwater zal niet groot zijn. Naarmate het aantal keren dat het hoogwater werkelijk wordt opgezet tot het niveau van NAP + 40 cm minder is, zal de grens tussen hoge kwelder en supralitorale zone op de hoogtegradiënt naar beneden schuiven. Een andere factor is dat door de vertraging van de vloedstroom op veel plaatsen de lokale hoogwaterstand kan achterblijven bij niveau in het meer. Het effect van beide factoren op de grens tussen hoge kwelder en middenkwelder zal minder groot zijn. De conclusie is de aftopping van het getij met name zal leiden tot een smallere hoge kwelderzone dan volgens de voorspelling in de twee EMOE-modellen.

De conclusie is dat het creëren van periodiek hoge peilen door middel van het opstuwen van het waterpeil gedurende meerdere tijen een beheersinstrument met een beperkte reikwijdte is. Vooral laag in de zonering zullen de vegetatiegrenzen naar verwachting naar boven schuiven. Tegelijkertijd vindt er aftopping van het getij plaats, waardoor de grens tussen kwelder en hoger achterland vrij hard zal zijn en een zgn. kwelderzoom zich niet volledig zal kunnen ontwikkelen.

5.2 Uitgangssituatie van het gebied

Natuurlijke afwatering

In het scenario is sprake van het ontwikkelen van een kweldervegetatie waar niet eerder een kweldersysteem aanwezig was. Niet alle kwelders zijn hetzelfde. Wanneer we ons echter beperken tot min of meer natuurlijke kwelders in de Nederlandse situatie, kan gesproken worden over kwelders als dynamische systemen, ontstaan als resultaat van abiotische en biotische interacties. Kwelders ontwikkelen zich op hooggelegen wad, waar door sedimentatie de hoogte geleidelijk zo is toegenomen dat zich een pioniervegetatie kan vestigen. Kreeken-in-aanleg spelen hierbij een belangrijke rol doordat langs de randen hiervan de bodemdoorluchting voldoende is voor de eerste vestiging van hogere planten. De eerste planten kunnen de sedimentatie langs de kreekranden stimuleren waardoor het kreekpatroon van de beginnende kwelder wordt vastgelegd. Zo wordt een kwelder gevormd door een dynamisch groeiproces. In de Lauwersmeer gaan kwelders ontwikkeld worden door gebieden in één keer onder invloed van een getijdenregime en zout water te brengen. Hoewel het bij deze gebieden om voormalige wadplaten gaat, hebben deze in tegenstelling tot kwelders nauwelijks een kreekpatroon. Kwelderkreeken hebben een belangrijke functie in de afvoer van overstromingswater. Het ontbreken van een krekensysteem betekent dat het overstromingswater langer op het maaiveld blijft staan; te vergelijken met het effect van het ontbreken van greppels in landaanwinningskwelders (Erchinger *et al.*, 1996). Door de geringe helling van de platen en de weerstand van de aanwezige vegetatie zal oppervlakkige afstroming vrij langzaam verlopen. De ontwikkeling van een krekensysteem zal een zeer langdurig proces zijn. De beperkte afwatering in de Lauwersmeer zal een negatief effect hebben op de bodemdoorluchting. Dit betekent opnieuw een factor waardoor verwacht mag worden dat de

vegetatiezonering bij een eventueel gedempt getij in de Lauwersmeer hoger langs de hoogtegradiënt zal liggen dan in de modelberekeningen en de referentiesituatie in de Waddenzee.

Maaiveldhoogte en betrouwbaarheid DTMs

Op basis van de vergelijking tussen de maaiveldhoogtes gemeten met laser-altimetrie en in het veld is geconcludeerd dat, op plaatsen met een dicht en hoog vegetatiedek het gebruik van laser-altimetrie tot overschattingen van de maaiveldhoogte kan leiden. Met het oog op het voorkomen van uitgebreide rietvegetaties in de Lauwersmeer zouden ook in het gehanteerde DTM van de Lauwersmeer op uitgebreide schaal fouten in de opgegeven hoogtes kunnen zitten. Op de hogere gronden zouden ook struweel en bosopslag de oorzaak kunnen zijn van een overschatting van de werkelijke hoogtes (zie ook Tabel 1). Het is goed mogelijk dat in het DTM-bestand van de Lauwersmeer een overschatting van de hoogte zit van ongeveer 0.4 m (Lofvers, pers. med.). Wanneer de uitkomsten van de vegetatiemodellen (Fig. 10, 11; Bijlage II) vergeleken worden met de hoogtekarta van de Lauwersmeer van de Glopper (1985), lijkt het realistisch om aan te nemen dat het areaal hoge gronden in werkelijkheid kleiner is dan in het gehanteerde DTM. Dit betekent ook dat het oppervlakte van vegetatietypen van de hogere zones over het algemeen zullen zijn overschat ten koste van de vegetatietypen lager uit de zonering.

Opslibbing kwelders

Bij het instellen van een gedempt getij zal in het Lauwersmeer de eerste decennia sprake zijn van een grote sedimenthonger in de hoofdgeulen (Oost & Lofvers, 2006). Dit betekent dat een groot deel van het met het getij het gebied binnenkomende sediment hier zal bezinken. Tegelijkertijd zal de geringe getijslag in de Lauwersmeer leiden tot een lage sedimentaanvoer naar de intergetijdenplaten en kwelders. Oost & Lofvers (2006) geven aan dat de platen en de kwelders een meegroeivermogen hebben van enkele millimeters per jaar. Een geringe versnelling van de zeespiegelstijging zou uiteindelijk resulteren in verdrinking van het systeem. Volgens deze auteurs betekent dit dat meegroeien met de zee daarom waarschijnlijk geen duurzame oplossing is. Dit houdt in dat fixatie van de gekozen streefpeilen van GLW, GHW en maximale hoogwaters de voorkeur zou verdienen.

Als meest duurzame optie voor een herstel van een getijdeninvloed in de Lauwersmeer zien Oost & Lofvers (2006) een volledige uitdijking en herstel van de voormalige Lauwerszee. In de voormalige Lauwerszee was echter geen sprake van natuurlijke kweldervorming, maar van kweldervorming door middel van hetzelfde type landaanwinningswerken als langs de Friese- en Groninger noordkust (de Glopper, 1985).

Hogere gronden

Hogere gronden met een maaiveldhoogte van meer dan NAP + 0.4 m zijn niet opgenomen in de berekeningen met het EMOE model, omdat deze gebieden buiten de invloed van het voorgestelde getijdenregime zouden vallen. Ongeveer 14% van het bekade gebied van de Lauwersmeer ligt echter boven het niveau van NAP + 0.4 m (844 ha) en vormt daarmee een belangrijk onderdeel van het landschap hier.

In de onbeweide situatie zullen bos en struweel zich op de hoge gronden handhaven of verder uitbreiden. Dit geeft aan dat in het bekade gebied een volledige zonering mogelijk zou zijn van sublitoraal (het huidige meer), een intergetijdengebied tot een supralitorale zone. De meeste hogere gronden liggen in het zuidelijk deel van het gebied (Sennerplaat) en de bezinkvelden van de voormalige landaanwinning op de Pompsterplaat en Zoutkamperplaat (zie ook de Glopper, 1985). Als

gevolg van de lagere zoutinvloed in het zuiden door de aanvoer van zoetwater vanuit het achterland (Reitdiep en Dokkumer Ee) is de verwachting dat in de iets lagere zone een brakke soortenarme Rietvegetatie zich zal kunnen handhaven en hier de door EMOE voorspelde vegetatie van Zeekweek zal vervangen.

In de beweide situatie kan zich op de lagere delen boven NAP + 0.4 m overstromingsgrasland ontwikkelen; op de hoogste delen zal zich droog grasland ontwikkelen.

5.3 Vegetatiesamenstelling

In deze paragraaf worden kort de kansen besproken voor het voorkomen van Zeegras (*Zostera* spp.) en Lamsoor (*Limonium vulgare*) onder het zgn. Gedempt Getij+ scenario.

Zeegras

Groot zeegras (*Zostera marina*) komt voor op zowel intergetijdenplaten of wadplaten, als beneden de gemiddeld laagwaterlijn; Klein zeegras (*Z. noltii*) is bij uitstek een soort van wadplaten (Weeda *et al.*, 1991). Zeegrasvegetaties zijn niet opgenomen in het EMOE-model. Na de eventuele introductie van het Gedempt Getij+ regime in de Lauwersmeer wordt een hoog zwevend stofgehalte in het water verwacht en hoge sedimentatie van fijn slib beneden de gemiddeld laagwaterlijn en op de intergetijdenplaten. Dit betekent dat zich geen gunstige omstandigheden voor zeegras zullen ontwikkelen.

Lamsoor

Volgens de uitkomsten van de EMOE-modellering zouden onder een *laissez faire* beheer (= "niets doen") de kans bestaan op de ontwikkeling van een Zeeweegbree-Lamsoor vegetatie (type SLI; Tabel 3). Op basis van de ecologie van Lamsoor lijkt een dergelijke ontwikkeling echter minder waarschijnlijk. Lamsoor lijkt in zijn voorkomen bijna een pioniersoort die voor vestiging afhankelijk is van kaal substraat. Op plaatsen met een hoge milieudynamiek, zoals jonge ontwikkelingsstadia van de eilandkwelders en in estuaria met hoge stroomsnelheden (bijv. Westerschelde) biedt de soort ogenschijnlijk voldoende gunstige mogelijkheden om zich te vestigen. In oudere ontwikkelingsstadia van de eilandkwelders verdwijnt de soort weer als gevolg van concurrentie met andere plantensoorten. Langs de vastelandkust van de Waddenzee komt de soort maar beperkt voor. Soms gaat het hierbij om plekken waar door graafwerkzaamheden tijdelijk kaal substraat is ontstaan, zoals bijv. de kleiputten in de Leybucht. In de Peazemerlannen is de soort aan te treffen rond een erosieklijf achter een doorbraak in de zomerkade. In de Lauwersmeer zal onder het Gedempt Getij+ scenario sprake zijn van maar een beperkte dynamiek met daardoor nauwelijks geschikte vestigingskansen voor Lamsoor. De kans op een ontwikkeling van een vegetatietype met Lamsoor kan dan ook worden uitgesloten.

5.4 Patroon en proces in vegetatiemodel EMOE

Het vegetatiemodel EMOE is voor een belangrijk deel gebaseerd op de waargenomen vegetatie-zonering in de Voordelta van het Haringvliet (par. 3.3). Hoewel ondersteund door literatuur bestaat er altijd een risico dat met het opgestelde model een aangetroffen ruimtelijk patroon wordt gemodelleerd dat plaats en tijdsgebonden is.

Riet lijkt in de onbeweide situatie de kwelder in het oligohalien, het mesohalien en een deel van het polyhalien volledig te kunnen gaan overheersen (Esselink, 2000). Bij toenemende saliniteit verloopt de opmars van Riet steeds langzamer. Dit betekent dat in jonge gebieden, of waar de traditionele intensieve landbouweconomische beweiding van buitendijkse gronden bijvoorbeeld vrij recent gestopt is, het belang van Riet gemakkelijk onderschat wordt. Behalve op de Dollardkwelders, vormt Riet ook in Polder Breebaart en recent in de Westerschelde (Schor van Waarde) vitale bestanden bij hogere saliniteitwaarden dan aangegeven is in figuur 7 (P. Esselink, eigen waarneming).

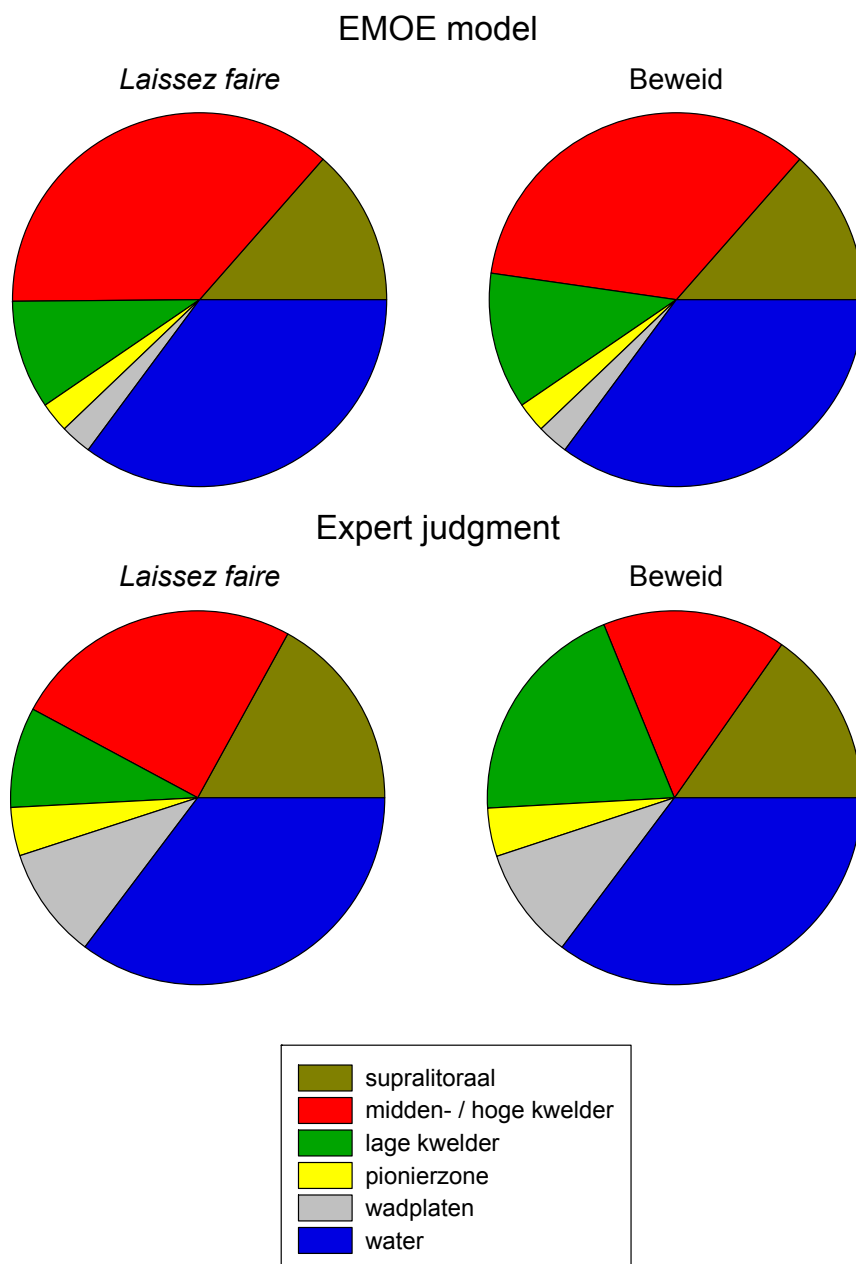
5.5 Vergelijking landschappelijke zonering Lauwersmeer bij gedempt getijdenregime

Op basis van de geplaatste kanttekeningen bij het voorgestelde zgn. Gedempt getij+ scenario, de uitgangssituatie in de Lauwersmeer en de modelberekeningen is een expert judgment opgesteld van de ligging van de landschappelijke hoofdzonering binnen de begrenzing van het nationale park. Hierbij is in de meeste gevallen uitgegaan van de hoogteligging van de zones in de EMOE-modellen om vervolgens kwalitatief een oordeel te geven of een zonegrens hoger dan wel lager langs de hoogtegradiënt zou liggen. Uiteindelijk is voor elke zone een hoogtegrens geschat en is met een eenvoudige GIS-bewerking de oppervlakte per zone berekend. De resultaten worden hieronder vergeleken met de uitkomsten van de EMOE-voorspellingen (Tabel 3, 4). Bijlage II geeft op basis van het DTM-bestand van de Lauwersmeer resulterende kaartbeelden van het expert judgment.

Het is mogelijk belangrijk om op te merken dat in de hieronder volgende tekst en figuren de benaming van de verschillende zones gebaseerd is op de bij een zone kenmerkende vegetatie en niet op de absolute hoogteligging en overstromingsfrequentie (vgl. Fig. 7, 8), bijvoorbeeld met lage kwelder wordt bedoeld het gebied of de zone waar vegetatie domineert die karakteristiek is voor de lage kwelder.

De uitkomsten van de EMOE-modellering en van het expert judgment komen op hoofdlijnen redelijk overeen (Fig. 13). Doordat in het expert judgment de inschatting is gemaakt dat de begroeiing pas hoger in de zonering begint dan in de EMOE modellen, nemen de wadplaten in het expert judgment een duidelijk groter areaal in (600 ha tegen 170 ha). In het expert judgment is tevens uitgegaan van een grotere invloed van de beweiding op de zonering, wat met name resulteert in een groter areaal lage kwelder (1230 ha tegenover 740 ha). In de EMOE-modellen is de ondergrens van het supralitoraal op het maximum hoogwaterniveau van NAP + 0.4 m gelegd; in het expert judgment is deze ondergrens in de beweidde met 5 cm en onbeweidde situatie met 10 cm verlaagd. In het expert judgment betekent dit in vergelijking met de EMOE voorspelling een geringe vergroting van supralitorale zone in zowel de onbeweidde - als de beweidde situatie (respectievelijk ongeveer 1060 ha versus 840 ha en 950 ha versus 840 ha).

De omvang van het open water wordt gefixeerd door de laagwaterlijn en wordt niet beïnvloed door een overschatting van de terreinhoogtes in het gebruikte DTM (zie ook par. 5.2). Door het effect van de factor vegetatie op de laser-altimetrie lijkt het aannemelijk dat het areaal aan hogere gronden in werkelijkheid lager zal zijn. In de voorspellingen zullen hierdoor de arealen van de hoge kwelder en supralitorale zone zijn overschat; van de lage kwelder en eventueel van de pionierzone zijn onderschat.



Figuur 13 Landschappelijke zonering van het nationale park Lauwersmeer (6241 ha) bij het gedempt getij+ scenario en twee vormen van beheer volgens de voorspellingen van het EMOE-model (boven; Tabel 3, 4) en expert judgment (beneden; Bijlage II). In de uitkomsten van de EMOE-modellen zijn voor de midden- en hoge kwelder de vegetatietypen samengenomen waarvan de code begint met de aanduiding SH; voor de lage kwelder met de letters SL, etc. Open water heeft in alle vier diagrammen hetzelfde aandeel (35% of 2200 ha). Voor verdere toelichting zie tekst.

Een belangrijke aanleiding om tot een herstel van getijdeninvloed in de Lauwersmeer te komen is om de ontwikkeling van hoogopgaande begroeiing tegen te gaan of zelfs te keren. Zowel in de EMOE-voorspelling als in de uitkomst van het expert judgment blijft echter een aanzienlijk oppervlakte van de Lauwersmeer buiten de invloed van het getij en hier zal zich een zoete vegetatie handhaven (Fig. 13). Bij een beheer van “niets doen” of een *laissez faire* betekent dit voortgaande struweel- en bosvorming of rietland. Bij een *laissez faire* moet ook de hoge kwelder tot de hoogopgaande begroeiing worden gerekend. Dit betekent dat volgens beide voorspellingen bij het Gedempt getij+ scenario zonder een beweidingsbeheer het terrestrische deel van de Lauwersmeer zal worden gedomineerd door hoogopgaande vegetaties. Alleen in combinatie met beweiding zal de introductie van een gedempt getij in de Lauwersmeer leiden tot handhaving van een open landschap met laagblijvende vegetaties.

De EMOE voorspelling en het expert judgment geven beide een optimistische schatting over de ontwikkelingskansen van zoute vegetaties. In beide voorspellingen is geen rekening gehouden met de invloed van de toevoer van zoetwater vanuit het achterland in het zuidelijk deel van de Lauwersmeer. Bij een combinatie van eventuele hoge zoetwaterafvoeren in het winterhalfjaar en verhoogde waterstanden zullen in het zuiden inundaties met zoet – dan wel brak water optreden. Het gevolg hiervan is dat vegetatietypen van de brakke kwelder tot ontwikkeling kunnen komen, dan wel zich hier kunnen handhaven (soortenarm rietland bij een *laissez faire* of een soortenarm Fioringrastype bij beweiding). Ook is het mogelijk dat vegetatie van de supralitorale zone zich wat lager langs in de hoogtegradiënt weet te handhaven. Beide ontwikkelingen zullen leiden tot een kleiner areaal zoute vegetatie. De invloed van inundaties met zoet – of brak water is tot nu toe niet in de vegetatievoorspellingen verwerkt. Met het oog op het omvang van de gronden in het zuiden verdient het aanbeveling om hier alsnog aandacht aan te besteden.

6 Literatuur

- Adam, P. 1990. Saltmarsh ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- AGI, 1999. Toelichting bij de vegetatiekartering Dollard en Punt van Reide 1999. *rapport MD-GAE-2002.9*. RWS-AGI, Delft.
- AGI, 2002. Toelichting bij de vegetatiekartering Kwelderwerken Friesland en Groningen 2002. *rapport AGI-GAE-2004.24*. RWS-AGI, Delft
- Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingier, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff. 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. 2^e druk. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen.
- Beeftink, W.G. 1965. De zoutvegetaties van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Proefschrift, Landbouw Hogeschool Wageningen, Wageningen.
- Coldewey, H.-G. & H.F. Erchinger. 1992. Deichvorland: Seine Entwicklung zwischen Ems und Jade und die Untersuchungen im Forschungsvorhaben 'Erosionsfestigkeit von Hellern'. *Die Küste* 54: 169–187.
- De Glopper, R.J. 1985. De hoogteligging van de gronden; de diepten en de peilfluctuaties van het boezemwater. In: P.J. Ente & R.J. de Glopper (red.). *Vijftien jaar afgesloten Lauwerszee: resultaten van onderzoek en ervaring met inrichting en beheer. Flevobericht nr. 247*. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad. p. 53–57.
- De Jong, D.J., K.S. Dijkema, J.H. Bossinade & J.A.M. Janssen. 1998. SALT97, een classificatieprogramma voor kweldervegetaties, Rijkswaterstaat (RIKZ, Dir. Noord Nederland, Meetkundige Dienst) & IBN-DLO.
- Dijkema, K.S. 1983. The salt-marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (red.). *Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Report 9 of the Wadden Sea Working Group*. Balkema, Rotterdam. pp. 185–220.
- Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, J. van den Bergs & T.A.G. Kroeze. 1991. Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. Nota GRAN 1991-2002, Rijkswaterstaat Directie Groningen, Groningen / *RIN-rapport 91/10*, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel.
- Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C. Smit, H. Jongerius & H. Nauta. 2001. *Van landaanwinning naar kwelderwerken*. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland. Leeuwarden. 68 pp
- Erchinger, H.F., H.-G. Coldewey & C. Meyer. 1996. Interdisciplinäre Erforschung des Deichvorlandes im Forschungsvorhaben "Erosionsfestigkeit von Hellern". *Die Küste* 58: 1-45.
- Esselink, P. 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift, Rijkuniversiteit Groningen.
- Esselink, P., G.J.F. Helder, B.A. Aerts & K. Gerdes. 1997. The impact of grubbing by Greylag Geese (*Anser anser*) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. *Aquatic Botany* 55: 261–279.
- Esselink, P., K.S. Dijkema, S. Reents en G. Hageman 1998. Vertical accretion and profile changes in abandoned man-made tidal Marshes in the Dollard Estuary, the Netherlands. *J. of Coastal Research* 14: 570–582.
- Esselink, P., W. Zijlstra, K.S. Dijkema & R. van Diggelen. 2000. The effects of decreased management on plant-species distribution patterns in a salt marsh nature reserve in the Wadden Sea. *Biological Conservation* 93: 61–76.
- Knotters, A.G. & H. Koppejan. 2002. Toelichting bij de vegetatiekartering Slufter Voorne en Kwade Hoek op basis van false colour-luchtfoto's 1: 5000. *Rapport MD-GAE -2002-45*, Delft.
- Lofvers, E. 2006. Onderzoeksvragen water-, zoutbeweging ten behoeve Gedempt Getij+ Lauwersmeer (werkgroep gedempt getij, 10 mei 2006). notitie. RIKZ Haren
- Oost, A.P. & E. Lofvers. 2006. Voorlopige conclusies t.a.v. morfologische ontwikkeling Lauwersmeer bij een Gedempt Getij. Notitie RWS-RIKZ, Haren.
- P. Paalvast, W. Iedema, M. Ohm & R. Posthoorn (red). 1998. MER Beheer Haringvlietluizen. Over de grens van zoet en zout. Deelrapport ecologie en landschap. *RIZA rapport 98.051*, Lelystad.
- Raabe, E.-W. 1981. Über das Vorland der östlichen Nordsee-Küste. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* 31: 1–118.

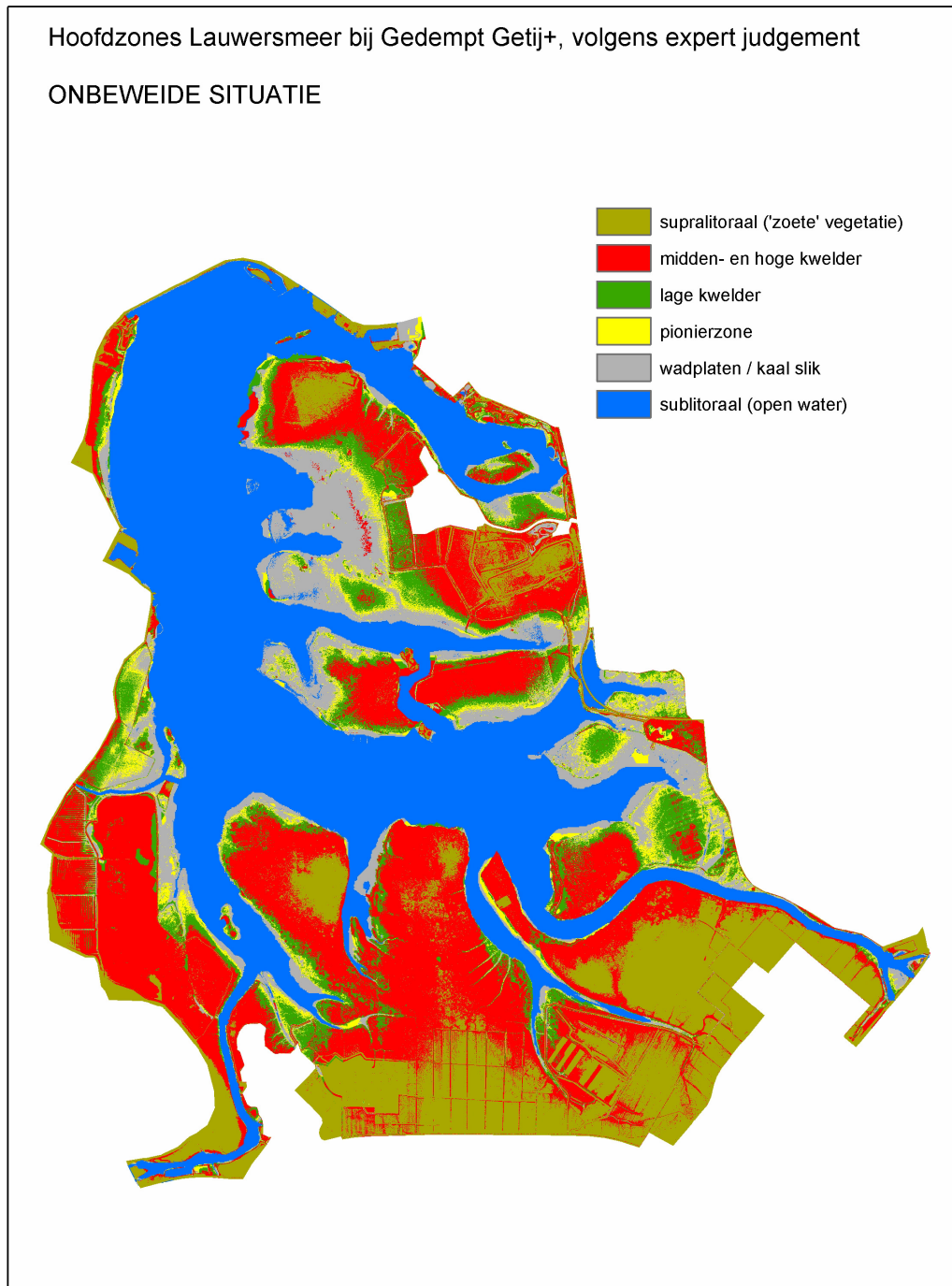
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff. 1995-1998. *De vegetatie van Nederland*. Opulus Press, Leiden.
- SVASEK Hydraulics. 2006. Zoutscenario's Lauwersmeer, TRIWAQ berekeningen in het kader van raamcontract RKZ-1708 voor RWS-RIKZ (Concept Rapport (3)), Rotterdam.
- Van de Rijt, C.W.C.J. 2005. Calibratie van het model EMOE voor de vegetatie van de voordelta van het Haringvliet met behulp van de vegetatiekarteringen Kwade Hoek en Slufter van Voorne. *Rapport* Hansson ecodata, Freiburg.
- Van de Rijt, C.W.C.J., H.M. van de Steeg & C.W.P.M. Blom. 1993: De mogelijkheden van ecohydrologische modellering van de vegetatieontwikkeling in de zuidrand van het noordelijk deltabekken. *Rapport* Vakgroep Ecologie, KU Nijmegen.
- Van Heerd, R., E. Kuijlaars, M. Teeuw & R. van 't Zand. 2000: Productspecificatie AHN 2000, Rijkswaterstaat Adviesdienst Geo-informatie en ICT, Delft.
- Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra. 1991. *Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 4*. IVN, Amsterdam.

Bijlage I De voor de Lauwersmeer relevante SALT97 typologie volgens AGI, de TMAP typologie en de bijbehorende VVN vegetatietypen (Schaminée *et. al.* 1995-1998)

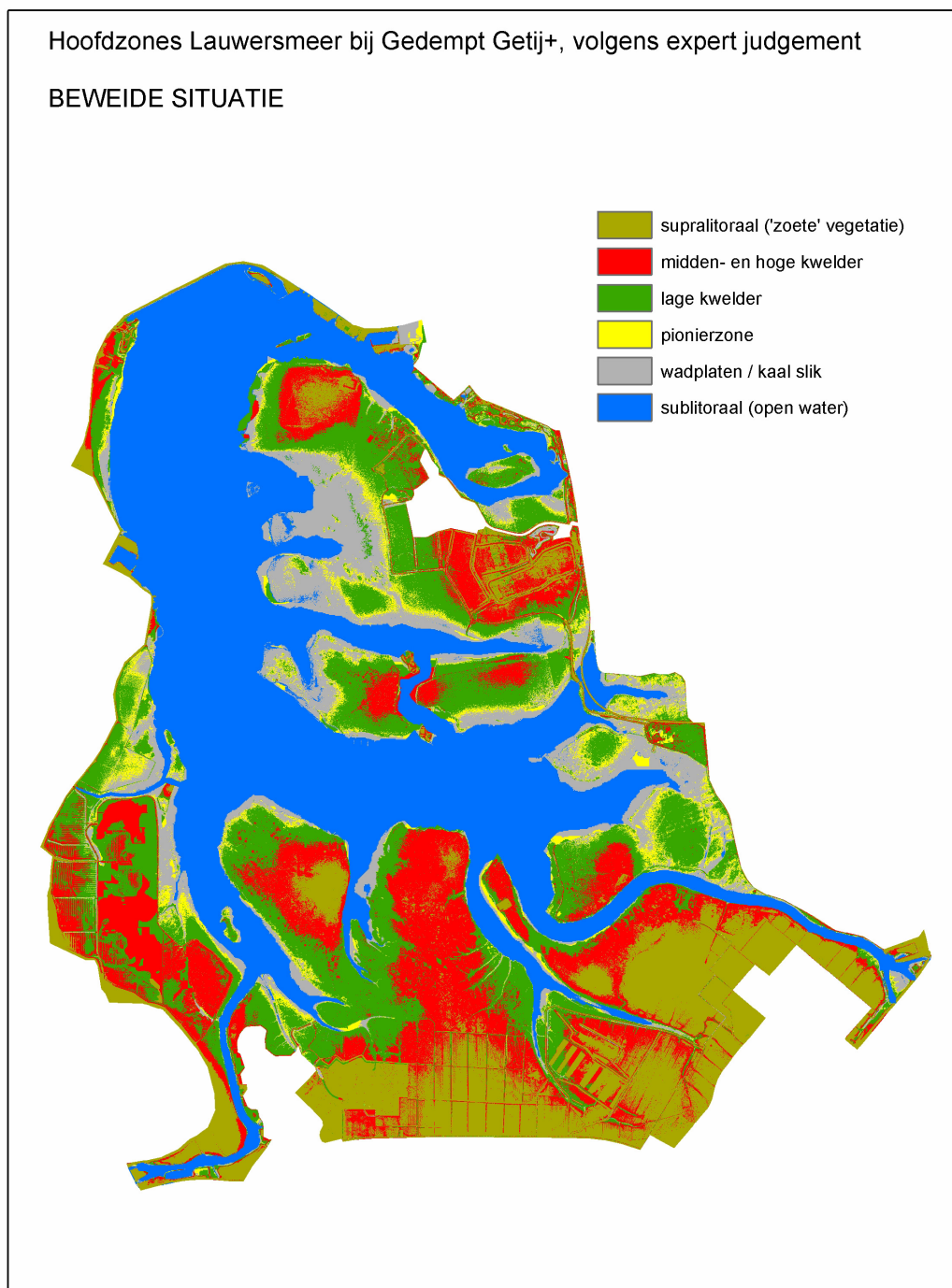
SALT97	TMAP	VVN code	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
slik	Sm	-		
water	Sw	-		
Rgl	SHg	12Ba3a	Trifolio fragiferi-Agrostietum lolietosum	Ass. van Aardbeiklaver en Fioringras met Engels raagrass
Rg	SBg	12Ba3b	Trifolio fragiferi-Agrostietum centaurietosum	Ass. van Aardbeiklaver en Fioringras met Fraai duizendguldenkruid
Ss0	Sm	24Aa2	Spartinetum townsendii	Associatie van Engels slijkgras
Ss3	SPs	24Aa2	Spartinetum townsendii	Associatie van Engels slijkgras
Ss3b	SPs	24Aa2	Spartinetum townsendii	Associatie van Engels slijkgras
Ss5	SPs	24Aa2	Spartinetum townsendii	Associatie van Engels slijkgras
Ss5b	SPs	24Aa2	Spartinetum townsendii	Associatie van Engels slijkgras
<i>Qq0p</i>	Sm	25Aa1	Salicornietum dolichostachyae	Associatie van Langarige zeekraal
<i>Qq3p</i>	SPq	25Aa1	Salicornietum dolichostachyae	Associatie van Langarige zeekraal
<i>Qq0e</i>	Sm	25Aa2	Salicornietum brachystachyae	Associatie van Kortarige zeekraal
<i>Qq3e</i>	SPq	25Aa2	Salicornietum brachystachyae	Associatie van Kortarige zeekraal
P	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pf	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pj	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pp	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Ppa	Sla	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pp-e	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Ppl	SLI	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pplu	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pps	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
Pp-u	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
<i>P-sm</i>	SLp	26Aa1a	Puccinellietum maritimae typicum	Ass. van Gewoon kweldergras; typische subass.
<i>Pb</i>	SBg	26Aa1c	Puccinellietum maritimae agrostietosum	Ass. van Gewoon kweldergras; subass. met Fioringras
Ppab	Sla	26Aa1c	Puccinellietum maritimae agrostietosum	Ass. van Gewoon kweldergras; subass. met Fioringras
Pp-b	SLp	26Aa1c	Puccinellietum maritimae agrostietosum	Ass. van Gewoon kweldergras; subass. met Fioringras
Ppsb	SLp	26Aa1c	Puccinellietum maritimae agrostietosum	Ass. van Gewoon kweldergras; subass. met Fioringras
PI3	SLI	26Aa2	Plantagini-Limonietum	Associatie van Zeeweegbree en Lamsoor
<i>Pw</i>	SLI	26Aa2	Plantagini-Limonietum	Associatie van Zeeweegbree en Lamsoor
Ph3	SLh	26Aa3	Halimionetum portulacoides	Zoutmelde-associatie
Ph5	SLh	26Aa3	Halimionetum portulacoides	Zoutmelde-associatie
<i>Pm</i>	SHm	26AaRG	RG Scirpus maritimus-[Asteretea tripolii]	Rompgemeenschap van Heen
Pe	SLp	26Ab1a	Puccinellietum distantis typicum	Ass. van Stomp kweldergras; typische subass.
Rgv	SFI	12Aa1d	Plantagini-Lolietum puccinellietosum	Ass. van Engels raagrass en Grote weegbree met Stomp kweldergras
Jex	SHj	26Ac1	Juncetum gerardi	Associatie van Zilte rus
Jj	SHj	26Ac1	Juncetum gerardi	Associatie van Zilte rus
Jja	Sla	26Ac1	Juncetum gerardi	Associatie van Zilte rus
Jjl	SHI	26Ac1	Juncetum gerardi	Associatie van Zilte rus
Jjm	SHm	26Ac1	Juncetum gerardi	Associatie van Zilte rus
<i>Jj-b</i>	SBg	26Ac1b	Juncetum gerardi leontodontetosum	Ass. van Zilte rus; subass. met Vertakte leeuwetand
Jjr	SHj	26Ac1b	Juncetum gerardi leontodontetosum	Ass. van Zilte rus; subass. met Vertakte leeuwetand
Jf	SHf	26Ac2	Armerio-Festucetum litoralis	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
Jfa	Sla	26Ac2	Armerio-Festucetum litoralis	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
Jfh	SHh	26Ac2	Armerio-Festucetum litoralis	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
Jfl	SHI	26Ac2	Armerio-Festucetum litoralis	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
Jfm	SHm	26Ac2	Armerio-Festucetum litoralis	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
Jfr	SHf	26Ac2	Armerio-Festucetum litoralis	Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
Jfz	SHz	26Ac5	Artemisietum maritimae	Zeealsem-associatie
<i>Jf-z</i>	SHz	26Ac5	Artemisietum maritimae	Zeealsem-associatie
<i>Pz</i>	SHz	26Ac5	Artemisietum maritimae	Zeealsem-associatie
<i>Py3</i>	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek
<i>Py5</i>	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek
Xy3	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek
Xy3b	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek
<i>Xy3r</i>	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek

SALT97	TMAP	VVN code	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Xy5	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek
Xy5r	Shy	26Ac6	Atriplici-Elytrigietum pungentis	Associatie van Spiesmelde en Strandkweek
Jg	SBg	26AcRG	RG binnen het Juncetum gerardi	Associatie van Zilte rus
Bb3	SBp	26RG00	Rompgemeenschap Phragmites australis	Rompgemeenschap van Riet
Bb5	SBp	26RG00	Rompgemeenschap Phragmites australis	Rompgemeenschap van Riet
Ba3	Sla	26RG04	RG Aster tripolium-[Puccinellion maritimae]	Rompgemeenschap van Zulte
Ba5	Sla	26RG04	RG Aster tripolium-[Puccinellion maritimae]	Rompgemeenschap van Zulte
Bi3	SBb	26RG1	RG Scirpus maritimus-[Asteretea tripolii]	Rompgemeenschap van Heen
Jexb	SBg	26RG2	RG Agrostis stolonifera-Glaux maritima	Rompgemeenschap van Fioringras en Melkkruid
Bt	SLp	26RG3	RG Triglochin maritima-[Asteretea tripolii]	Rompgemeenschap van Schorrezoutgras
Pa5	Sla	26RG4	RG Aster tripolium-[Puccinellion maritimae]	Rompgemeenschap van Zulte
Qzn	Sm	3Aa1	Zosteretum noltii	Associatie van Klein zee gras
Qzm	Sw	3Aa2	Zosteretum marinae	Associatie van Groot zee gras
Bst	SBb	8Bb2	Scirpetum tabernaemontani	Associatie van Ruwe vies

Bijlage II Landschappelijke zonering Lauwersmeer op basis van expert judgment



Figuur II.1 Verwachte zonering van de Lauwersmeer bij het Gedempt getij+ scenario en een beheersvorm van “niets doen” of *laissez faire*. Zie voor verdere toelichting par. 5.5.



Figuur II.2 Verwachte zonering van de Lauwersmeer bij het Gedempt getij+ scenario en toepassing van een beweidingsbeheer. Zie voor verdere toelichting par. 5.5.