Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium

C.W.J. Roest
P.J.T. van Bakel
A.A.M.F.R. Smit

1. Inleiding

Als uitvloeisel van de Startovereenkomst WB21 wordt momenteel (2003 en 2004) de Droogtestudie Nederland uitgevoerd. In de rapportage van de eerste fase wordt geconcludeerd dat de zoutschade in de landbouwsector op grond van eerdere studies ongeveer 10% zal bedragen van de droogteschade. In fase 2 zal de zoutschade beter worden onderbouwd. De droogte van 2003 heeft de zaken echter in een stroomversnelling gebracht. RIZA is in de loop van augustus gevraagd de droogte- en zoutschade in 2003 te berekenen. Noodzakelijkerwijs moest gebruik worden gemaakt van gegevens over zouttolerantie zoals die voor de PAWN-studie zijn verzameld en in Abrahamse et al. (1982) zijn beschreven. Vooral in de tuinbouw is sindsdien veel veranderd in teeltwijze (denk aan substraatteelt) en daarmee gepaard gaand het gebruik van gietwater. De drempelwaarde en zoutgevoeligheid van de onderscheiden gewasgroepen zoals gebruikt in het landbouwmodel Agricom zijn in eerste instantie door RIZA bijgesteld. Vervolgens is dit voorgelegd aan een aantal deskundigen. Dit gaf aanleiding tot zodanige opmerkingen dat RIZA besloot aan Alterra de opdracht te verstrekken op korte termijn de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen te actualiseren. Dit rapport is de verslaglegging ervan. In hoofdstuk 2 worden werkwijze en resultaten beschreven. In hoofdstuk 3 worden de gevonden relaties van commentaar voorzien en worden conclusies getrokken.

2. Werkwijze en resultaten

2.1 Algemeen

Zoutschade aan gewassen kan op een aantal manieren ontstaan. Het overheersende en meest bekende mechanisme van zoutschade aan gewassen is het osmotische effect. Doordat zout in de bodem een osmotische werking heeft, vermindert de beschikbaarheid van bodemvocht voor opname door gewassen uit het wortelmilieu. Behalve het overheersende osmotische effect van zout, kunnen bepaalde (van nature voorkomende) elementen in het bodemvocht ook giftige reacties bij sommige gewassen veroorzaken. Giftigheid is vastgesteld voor natrium, voor chloride en voor borium. Een derde schade effect van zout op gewasopbrengsten kan veroorzaakt worden door een teveel aan natrium in het bodemwater. Vooral bij kleigronden kan een teveel aan natrium de grond laten dicht zwellen, waardoor zuurstoftekorten in de wortelzone ontstaan. Dit effect is dus een indirect gevolg van de samenstelling van het water en geen rechtstreekse zoutschade. Ten slotte kan bij beregening met zout water onder bepaalde weersomstandigheden verbrandingsschade ontstaan aan het blad. Samengevat kan zoutschade ontstaan door:

- het osmose-effect van zout in de bodem;
- de giftigheid van bepaalde chemische elementen (Na, Cl, B);
- het dichtslaan van de (klei)bodem;
- verbrandingsschade door beregening.

In dit rapport houden we alleen rekening met het osmotische effect van zout. Gewasverdamping kan worden beschouwd als waterstroming. Waterstroming van de bodem naar de plantenwortels, door het gewas naar de huidmondjes en door de huidmondjes naar de atmosfeer:

$$E = \frac{y_l - (y_s + y_o)}{r_p + r_s}$$

Hierin is E de gewasverdamping, $?_l$ de negatieve drukhoogte of potentiaal in het blad, $?_s$ en $?_o$ de matrixpotentiaal in de bodem en de osmotische potentiaal in het bodemvocht respectievelijk en r_p en r_s zijn de weerstanden tegen waterstroming in het gewas en in de bodem. Uit dit concept volgt onder andere:

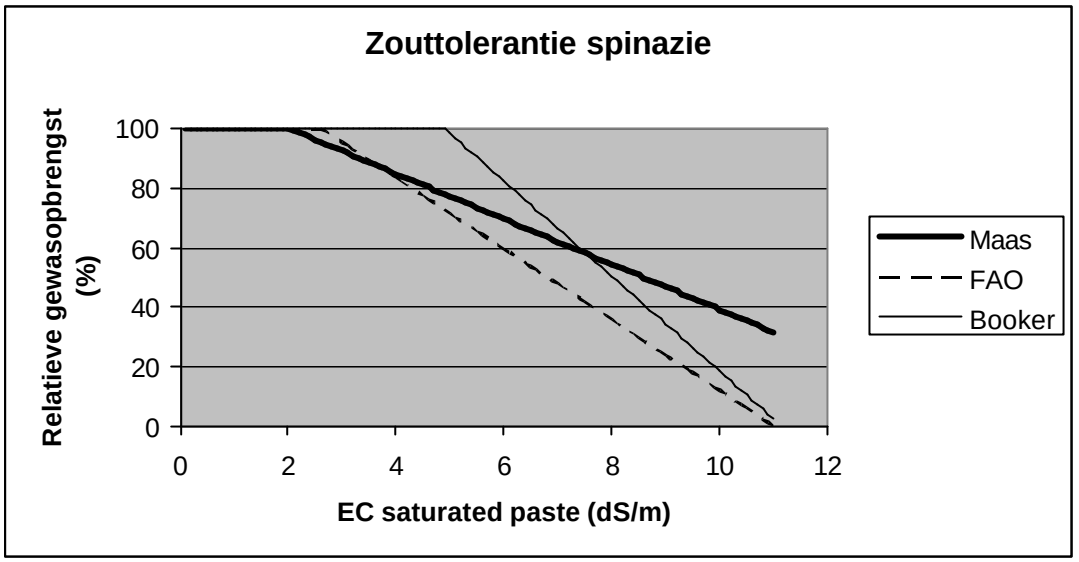
- naarmate de verdampingsvraag van de atmosfeer toeneemt (hoge temperatuur, lage luchtvochtigheid), moet de potentiaal in het blad toenemen om voldoende gradiënt te leveren voor die verdampingsvraag;
- naarmate de osmotische potentiaal toeneemt (hogere zoutgehalten) neemt de beschikbare gradiënt voor waterstroming af en zal er bij een lager bodemvochtgehalte reductie van gewasverdamping optreden.

In dit mechanisme van gewasverdamping spelen de huidmondjes een cruciale rol. Tot een bepaalde (gewasafhankelijke) potentiaal hebben de huidmondjescellen voldoende turgor om het huidmondje open te houden. Bij een verdere toename van die potentiaal (door hogere atmosferische vraag, uitdroging van de bodem, of door zouteffecten) zullen de huidmondjes zich gaan sluiten (ze worden slap). Hierdoor neemt de weerstand van de plant toe en zal de gewasverdamping afnemen. Behalve voor gewasverdamping, spelen huidmondjes ook een cruciale rol in gewasgroei. Zolang de huidmondjes open staan, wordt CO_2 uit de buitenlucht opgenomen en wordt droge stof geproduceerd. Naarmate de huidmondjes zich steeds meer gaan sluiten, moet de gewasverdamping dan verder afnemen en kan bij ongunstige weeromstandigheden (grote instraling en hoge temperaturen) de temperatuur van het blad zover oplopen dat onherstelbare schade optreedt. Uiteindelijk zal de plant sterven bij een verder voortgaande verdroging (of verzilting).

Droogte en zout hebben dus een negatief fysiologisch effect op de aangroei van bruto droge stof. Gedurende bepaalde groeiperioden is dat ernstiger dan in andere groeiperioden. Gevoelig zijn in het algemeen de periode van strekking van net gekiemde zaden, het uitstoelen van graangewassen, de bloei en de vruchtzetting. Als in deze perioden de bruto droge stof productie stagneert, wordt de aanleg van essentiële organen geblokkeerd en ontstaat een meer dan evenredige schade aan de gewasopbrengst. Ten slotte zijn er ook gewassen die op stress (zout, droogte) reageren door de verdeling over totale droge stof en oogstbare fractie in het voordeel van de laatste te veranderen. Pas bij toenemende droogte- en zoutstress neemt de gewasopbrengst (oogstbare delen) af. Tarwe is een voorbeeld van een dergelijk gewas.

2.2 Resultaten literatuuronderzoek

Ondanks bovengenoemde niet-lineaire effecten, klimaat- en bodemafhankelijkheden, specifieke toxiciteiten en potentiële bodemproblemen wordt in de literatuur op basis van empirisch onderzoek de zoutreactie van gewassen afgeleid in de vorm van een drempelwaarde voor het bodemzoutgehalte waar beneden geen schade optreedt en een traject daarboven waarbij de gewasschade lineair toeneemt met toenemend zoutgehalte. Dit betekent dat er vaak een interpretatie plaats moet vinden van puntenzwermen (opbrengsten, zoutgehalten) waar bovengenoemde verstorende effecten in verwerkt zitten. Het is dan vaak arbitrair waar de drempelwaarde wordt bepaald en hoe groot de helling is. Verschillen tussen verschillende auteurs en proefopzetten kunnen dan ook aanzienlijk zijn (Fig. 1).



Figuur 1 *De zouttolerantiefunctie van spinazie, zoals gerapporteerd door drie auteurs. Bij de verschuiving van de grenswaarde naar rechts, wordt de helling steiler.*

Zoals gezegd, reageert het gewas op bodemzoutgehalte, meer specifiek op de osmotische potentiaal in het bodemvocht. Een kort durend hoog zoutgehalte in het irrigatiewater wordt dan in de bodem c.q. het bodemvocht uitgemiddeld (afgevlakt). Verder kunnen agrariërs anticiperen op zout gietwater door meer doorspoeling toe te passen. Daarmee kan het bodemvochtzoutgehalte beneden aanvaardbare niveaus worden gehouden. Meer doorspoeling heeft echter wel tot gevolg dat meer meststoffen moeten worden toegepast, omdat die ook uitspoelen en verloren gaan voor het gewas. Dat betekent extra kosten voor de boer. Voorts heeft extra doorspoeling ook negatieve effecten op het milieu: niet alleen meststoffen zullen uitspoelen, maar ook eventueel toegepaste bestrijdingsmiddelen zullen met de verhoogde doorspoeling van de bodem eerder in het milieu terecht komen.

Voor de interpretatie en onderlinge vergelijking van de literatuur zijn een aantal vertaalslagen nodig omdat rapportage en gebruik van gegevens op verschillende grondslagen kunnen berusten:

- in het instrumentarium van het RIZA zijn chlorideconcentraties in het bodemvocht bij gemiddeld vochtgehalte nodig;
- bij sommige (Nederlandse) experimenten zijn chlorideconcentraties bij veldcapaciteit gerapporteerd;

- voor het merendeel van de gerapporteerde experimenten wordt het zoutgehalte als de EC ("Electric Conductivity" of Elektrisch GeleidingsVermogen) in het (over)verzadigd bodemvochtextract ("saturated paste") gegeven. Dit kan worden omgezet in chlorideconcentratie als volgt:

  $$c = 151\ EC^{1,31}$$

  Hierin is c de chlorideconcentratie uitgedrukt in mg/l en EC de geleidbaarheid in dS/m. De relatie geldt voor het bereik van EC waarden tussen 0 en 10 (uit: Cultuurtechnisch Vademecum, 1988);
- in de Nederlandse literatuur, ten slotte, wordt de gietwaterkwaliteitsnorm veelal uitgedrukt al chlorideconcentratie.

Wij hebben de volgende omrekenfactoren en relaties gebruikt om van concentraties in saturated paste naar concentratie in de wortelzone te komen (waar Agricom mee rekent):

- $c_{fc} = 2c_{sp}$
  Hierin is c_{fc} de concentratie in het bodemvocht bij veldcapaciteit en c_{sp} bij (over)-verzadiging. De factor 2 moet worden gezien als een soort gemiddelde schatting van de verhouding. In afhankelijkheid van bodemsoort kan deze variëren tussen ruwweg 1,5 en 2,5.

- $c_m = 1{,}25c_{fc}$
  Hierin is c_m de concentratie in de Agricom-berekeningen en c_{fc} de concentratie bij veldcapaciteit. De impliciete veronderstelling is hierbij dat het gemiddeld vochtgehalte van beregende gronden op ongeveer 20% beneden veldcapaciteit zit.

- $c_g = \frac{c_{fc}}{3}$
  Hierin is c_g de gietwaterkwaliteit. Bij een doorspoeling van ongeveer 20%, ontstaat er een zoutprofiel in de bodem, waarbij de gemiddelde factor op ongeveer 3 uitkomt. In de praktijk hangt deze factor natuurlijk sterk af van het gehanteerde waterregime.

De resultaten van de literatuurstudie hebben betrekking op de gewasgroepen zoals die in Agricom worden gebruikt voor de droogte- en zoutstress. Per individueel gewas zijn de resultaten uit de verschillende bronnen vergeleken en is een keuze gemaakt voor de meest waarschijnlijk juiste waarde voor Nederlandse omstandigheden. Vervolgens zijn de grenswaarde en de hellingshoek van de afzonderlijke gewassen per gewasgroep gemiddeld. Ten slotte zijn de gegevens genormaliseerd tot de grenswaarde en hellingshoek behorende bij het vochtgehalte waar Agricom mee rekent (Tabel 1). De corresponderende gietwaterkwaliteit is ook opgenomen in deze tabel.

Tabel 1 Gemiddelde grenswaarde en hellingshoek voor zoutschade per Agricom-gewasgroep.

	Bodemvocht		Gietwater	
	Drempel	helling	Drempel	helling
Gewas	mg/l Cl	%/mg/l Cl	mg/l Cl	%/mg/l Cl
aardappelen	756	0.0163	202	0.0610
gras	3606	0.0078	962	0.0294
suikerbieten	4831	0.0057	1288	0.0212
snijmais	815	0.0091	217	0.0343
granen	4831	0.0058	1288	0.0218
fruitbomen	642	0.0264	171	0.0991
sierteelt	378	0.1890	101	0.7086
groenten	917	0.0158	245	0.0591
glastuinbouw[1]	1337	0.0141	356	0.0527
bloembollen	153	0.0182	41	0.0683

Voor de schadeberekeningen kan verdedigd worden dat er rekenkundig gemiddelde waarden voor de zoutgevoeligheid worden gebruikt. Beter zou het zijn om een weging met het voorkomen van de verschillende gewassen uit te voeren. Voor de normstelling van het gietwater kan het beter zijn om te kijken naar gevoelige gewassen.

Op basis een criterium van het accepteren van zoutschade bij maximaal 10% van de gewassen binnen een gewasgroep worden de volgende waarden gevonden (Tabel 2):

Tabel 2 Grenswaarde en hellingshoek voor zoutschade per Agricom-gewasgroep. Per gewasgroep zijn de getallen gebaseerd op zoutschade bij minder dan 10% van de gewassen.

	Bodemvocht		Gietwater	
	Drempel	helling	Drempel	helling
Gewas	mg/l Cl	%/mg/l Cl	mg/l Cl	%/mg/l Cl
aardappelen	756	0.0163	202	0.0610
gras	3606	0.0078	962	0.0294
suikerbieten	4831	0.0057	1288	0.0212
snijmais	815	0.0091	217	0.0343
granen	3947	0.0072	1053	0.0269
fruitbomen	642	0.0264	171	0.0991
sierteelt	259	0.2754	69	1.0327
groenten	378	0.0300	101	0.1125
glastuinbouw	532	0.0185	142	0.0696
bloembollen	125	0.0320	33	0.1200

[1] Het betreft grondgebonden glastuinbouw. De belangrijkste teelten (tomaat, komkommer, paprika) worden echter bijna altijd op substraat geteeld. Uit kostenoogpunt is het gewenste chloridegehalte van het gietwater minder dan 50 mg/l. Hogere concentraties betekent namelijk meer verlies van dure meststoffen.

3. Evaluatie en discussie

3.1 Inleiding

De in het vorige hoofdstuk gepresenteerde waarden voor de zouttolerantie van de onderscheiden gewasgroepen zijn zo objectief en verifieerbaar mogelijk vast gesteld op basis van beschikbare literatuur en interpretatie van de gevonden resultaten. De waarden zullen allereerst worden vergeleken met de oude PAWN-waarden. Ook de vergelijking van de afgeleide gietwaterkwaliteit met de tot nu toe geldende waarden zal worden uitgevoerd. Dit geeft vervolgens aanleiding tot discussie.

3.2 Evaluatie

Vergelijking PAWN-zouttolerantiewaarden en de nu vastgestelde waarden per gewas(groep)

Voor een goede vergelijking van de waarden gebruikt voor de schatting van de zoutgevoeligheid van gewassen moet zowel naar de drempelwaarde worden gekeken als naar de helling. Beiden bepalen immers hoe de schade zich ontwikkelt bij toenemend zoutgehalte. Wij beperken ons hier tot de grenswaarden voor de chlorideconcentratie in het bodemvocht (Tabel 3).

Tabel 3 Vergelijking van de oude PAWN-drempelwaarden voor zoutschade met de nieuw afgeleide waarden

	Grenswaarde voor de chlorideconcentratie in het bodemvocht waarbij zoutschade begint op te treden (mg/l)	
Gewas(groep)	PAWN (Abrahamse et al., 1982)	Deze studie (afgerond naar veelvouden van 50 mg/l Cl)
aardappelen	700	750
gras	1000	3600
suikerbieten	700	4850
snijmaïs	1000	800
granen	1000	4850
fruitbomen	1000	650
sierteelt	200	400
Overig (groenten)	500	900
glastuinbouw	200	1350 (150)
bloembollen	200	150

Alleen voor aardappelen, snijmaïs en bloembollen liggen de oude PAWN-waarden dicht bij de waarden die wij in onze literatuurstudie vinden. Voor gras, suikerbieten en granen liggen de grenswaarden enkele malen hoger dan voorheen in de PAWN-studie gebruikt. Voor deze gewassen zal de zoutschade fors benedenwaarts worden bijgesteld door de nieuwe getallen te gebruiken.

Voor de sierteelt en de vollegrondsgroenteteelt liggen de nieuwe waarde enigszins hoger dan de oude en zal de (gemiddelde) zoutschade lager uitvallen dan eerder geschat. Voor de fruitbomen en de bloembollen liggen de nieuwe waarden lager dan voorheen en zal de berekende schade toenemen.

Vergelijking van chloridenormen voor gietwater in de literatuur en in de in deze studie afgeleide drempelwaarden

In de huidige studie is daarvoor per gewasgroep uitgegaan van het 10% gevoeligste gewas per gewasgroep (Tabel 4).

Tabel 4 Vergelijking van gangbare gietwaternormen voor chloride en de in deze studie afgeleide drempelwaarden voor chloride in het gietwater

	Aanbevolen gietwaterkwaliteit – chlorideconcentratie (mg/l)			
Gewas(groep)	Cultuurtechnisch Vademecum (1988)	Huinink (1994)	PR (1997)	Deze studie (afgerond naar veelvouden van 50 mg/l Cl)
aardappelen	600			200
gras	600	600	800-1150	950
suikerbieten	600	600		1300
snijmaïs	600			200
granen	600	600		1050
fruitbomen	300	300		150
sierteelt	300			70
Overig (groenten)	300	300		100
glastuinbouw	200	200		150
bloembollen	300			50
substraatteelt	50	50		

Vergelijking van de normen in deze studie met de normen uit het CV laat zien dat voor bloembollen de norm voor gietwater met een factor zes omlaag gaat. Voor aardappelen, snijmaïs, sierteelt en vollegrondsgroente gaat de norm met een factor drie omlaag en voor fruitbomen met een factor twee. Voor glastuinbouw is de norm ongeveer goed. Voor gras gaat de norm met ongeveer de helft omhoog en voor granen en suikerbieten met een factor twee. Deze veranderingen zijn drastisch te noemen. Het verdient dan ook aanbeveling deze aan de praktijk te toetsen.

3.3 Discussie

Gezien de totale productiewaarde van een hectare glastuinbouw denken wij dat het verstandiger is om voor deze teelt niet van gemiddelden uit te gaan, maar van het 10% gevoeligste gewas (Tabel 2). Daarnaast is het zo dat de belangrijkste teelten (tomaat, komkommer, paprika) bijna altijd op substraat worden geteeld.

Dit pleit dan voor gebruik van de afgeleide waarden voor het gietwater (Tabellen 2 en 3 - tussen haakjes -) die ook beter overeenkomen met de eerder gebruikte PAWN-waarden. Overigens zal in de glastuinbouw zoutschade aan gewassen niet gemakkelijk zijn te voorkomen. Tuinders dekken zich in door regenwaterbassins aan te leggen en contracten af te sluiten met drinkwaterbedrijven. Zelfs het ontzilten van water met omgekeerde osmose is een kleine kostenpost voor deze ondernemers in vergelijking met de zoutschade die zou kunnen optreden. Bovenstaande betekent dat de zoutschade in de glastuinbouw (hetzelfde geldt ook voor de sierteelt) moet worden berekend op basis van de extra kosten van het veiligstellen van goed water (regenwaterbassins en zelfs omgekeerde osmose) en niet door van gewasschade uit te gaan. Alleen in geval van calamiteiten (tuinders die niet tijdig op de hoogte zijn gesteld) zal zoutschade aan gewassen op kunnen treden. Voor fase 2 van de Droogtestudie betekent dit dat de indeling in gewasgroepen en bijbehorende oppervlaktes moet worden herzien.

Vergelijking van de gevonden resultaten in de literatuur per gewas(groep) geeft een weinig consistent beeld. Ook de interpretatie van de resultaten is aanvechtbaar omdat de omstandigheden waarin deze proeven plaats vonden niet goed bekend zijn en in veel gevallen zullen afwijken van Nederlandse omstandigheden. Hier wreekt zich de klassieke aanpak van het meeste onderzoek: het zijn veelal typische curve fitting methoden zonder gebruikmaking van kennis van de achterliggende (plantenfysiologische) mechanismen. Het verdient aanbeveling uit te gaan van meer procesmatig georiënteerde methoden en de gevonden resultaten opnieuw te interpreteren dan wel nieuw onderzoek uit te voeren.

Literatuur

Abrahamse, A.H., G. Baarse and E. van Beek (1982). Policy analysis of water management for the Netherlands. Vol. XII: Model for regional hydrology, agricultural water demands and damages from drought and salinity. RAND Note N-1500/12-NETH.

Aendekerk, Th.G.L. (1999). *Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen: pot en containerteelt.* Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.

Aendekerk, Th.G.L. (2000). *Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen: vollegrondsteelt.* Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. (1998). *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.* FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome.

Bierhuizen, J.F. en C. Ploegman (1967). *Zouttolerantie van tomaten*. ICW mededeling 104, Wageningen.

Huinink, J.T.M. (1994). *Bodemgeschiktheidstabellen voor landbouwkundige vormen van bodemgebruik*. IKC-Landbouw, Ede.

Landon, T.R. (1984). *Booker tropical soil manual.* Longman, London.

Maas, E.V. (1990). *Crop salt tolerance*. http://www.ussl.ars.usda.gov/saltoler.htm

Maas, E.V., and G.J. Hoffman (1977). *Crop salt tolerance – Current assessment*. ASCE Journal of the Irrigation and Drainage Division, IR2, 118-134.

Ploegman, C. (1972). *De invloed van zout beregeningswater bij de gladiool c.v. 'Peter Pears'*. Nota 687. ICW, Wageningen.

Ploegman, C. (1981). *Invloed van de zoutconcentratie van het bodemwater op de produktie van drie lelie cultivars*. Nota 1248. ICW, Wageningen.

Ploegman, C. (1976). *Invloed waterkwaliteit bij kasrozen*. Nota 913. ICW, Wageningen.

Ploegman, C. (1975). *Invloed van infiltratie met chloridehoudend oppervlaktewater op het chloridegehalte in het bodemvocht en de produktie bij tulpen.* Nota 881. ICW, Wageningen.

Ploegman, C. (1973). *De invloed van zout beregeningswater op de groei en de produktie van de roos var. 'Carol'*. Nota 729. ICW, Wageningen.

Ploegman, C. (1978). *Het chloride-ion in de grond in relatie tot de opbrengst bij tulpen.* Landbouwkundig Tijdschrift 90-2.

Ploegman, C. en J.F. Bierhuizen (1970). *Zouttolerantie van komkommer*. Mededeling 126. ICW, Wageningen.

Projectgroep Waternood (1998). *Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater. Een op het grondwaterbeheer georienteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen*. DLG publicatie 1998/2, Utrecht.

Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR) (1997). *Handboek voor de melkveehouderij*. Lelystad.

Sonneveld, C. (1988). *The salt tolerance of greenhouse crops*. Netherlands Journal of Agricultural Science 36 (1988): 63-73.

Sonneveld, C. and W. Voogt (1983). *Studies on the salt tolerance of some flower crops grown under glass*. Plant and Soil 77, 41-52.

Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum (1988*). Cultuurtechnisch Vademecum*. Utrecht.

Bijlage Details Literatuuronderzoek

Annex A: Overzicht

	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Booker 1984		Aendekerk 2000		Sonneveld 1988		Ploegman	
Gewas	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel dS/m	helling %/dS/m
aardappelen	1.7	12.0	1.7	12.0	1.7	12.0	1.4	11.4						
gras	5.6	7.6	5.6	7.6	5.6	7.6								
suikerbieten	7.0	5.9	7.0	5.9	7.0	5.9	8.5	6.7						
snijmais	1.8	7.4	1.8	7.4	1.8	7.4	4.5	20.0						
granen	7.0	6.1	6.5	4.6	6.6	5.6	7.9	6.2						
fruitbomen	1.5	18.0	1.5	18.0	1.5	18.0								
sierteelt									1.0	100.0				
groenten	1.3	16.9	1.6	13.8	2.0	11.7	2.2	16.2						
glastuinbouw	1.6	13.7	1.5	12.1	1.5	12.7	2.6	16.1			4.2	9.9	0.7	14.4
bloembollen													0.5	11.8

	Gebaseerd op gemiddelden per gewasgroep							
	Saturated Paste		Saturated paste		**Soil solution**		Gietwater	
	Gevoeligheid		Cloride mg/l		**Cloride mg/l**		Cloride mg/l	
Gewas	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel mg/l	helling %/mg/l	**Drempel mg/l**	**helling %/mg/l**	Drempel mg/l	helling %/mg/l
aardappelen	1.7	12.0	303	0.0406	**756**	**0.0163**	202	0.0610
gras	5.6	7.6	1442	0.0196	**3606**	**0.0078**	962	0.0294
suikerbieten	7.0	5.9	1932	0.0142	**4831**	**0.0057**	1288	0.0212
snijmais	1.8	7.4	326	0.0229	**815**	**0.0091**	217	0.0343
granen	7.0	6.1	1932	0.0146	**4831**	**0.0058**	1288	0.0218
fruitbomen	1.5	18.0	257	0.0661	**642**	**0.0264**	171	0.0991
sierteelt	1.0	100.0	151	0.4724	**378**	**0.1890**	101	0.7086
groenten	2.0	11.9	367	0.0394	**917**	**0.0158**	245	0.0591
glastuinbouw	2.6	11.3	535	0.0352	**1337**	**0.0141**	356	0.0527
bloembollen	0.5	11.8	61	0.0455	**153**	**0.0182**	41	0.0683

	Gebaseerd op het 10% gevoeligste gewas							
	Saturated Paste		Saturated paste		**Soil solution**		Gietwater	
	Gevoeligheid		Cloride mg/l		**Cloride mg/l**		Cloride mg/l	
Gewas	Drempel dS/m	helling %/dS/m	Drempel mg/l	helling %/mg/l	**Drempel mg/l**	**helling %/mg/l**	Drempel mg/l	helling %/mg/l
aardappelen	1.7	12.0	303	0.0406	**756**	**0.0163**	202	0.0610
gras	5.6	7.6	1442	0.0196	**3606**	**0.0078**	962	0.0294
suikerbieten	7.0	5.9	1932	0.0142	**4831**	**0.0057**	1288	0.0212
snijmais	1.8	7.4	326	0.0229	**815**	**0.0091**	217	0.0343
granen	6.0	7.1	1579	0.0179	**3947**	**0.0072**	1053	0.0269
fruitbomen	1.5	18.0	257	0.0661	**642**	**0.0264**	171	0.0991
sierteelt	0.8	133.3	104	0.6885	**259**	**0.2754**	69	1.0327
groenten	1.0	19.0	151	0.0750	**378**	**0.0300**	101	0.1125
glastuinbouw	1.3	13.0	213	0.0464	**532**	**0.0185**	142	0.0696
bloembollen	0.4	18.5	50	0.0800	**125**	**0.0320**	33	0.1200

Annex B: Granen

	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Booker 1984		Keuze		25% damag
	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	
Gewas	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	
gerst	8.0	5.0	8.0	5.0	8.0	5.0	10.5	6.7	8.0	5.0	13.0
tarwe	6.0	7.1	6.0	7.1	6.0	7.1	5.3	5.7	6.0	7.1	9.5
triticale			6.1	2.5							
tarwe durum			5.9	3.8	5.8	4.7					

Annex C: Fruitbomen

	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Keuze	
	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling
Gewas	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m
pruimen	1.5	18.0	1.5	18.0	1.5	18.0	1.5	18.0

Annex D: Sierteelt

	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Aendenkerk 2000	
	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling
Gewas	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m
gevoelig 37 sp.							0.75	133.3
matig gevoelig 237 sp							1	100
matig tolerant 65 sp							2	50

Annex E: Groente

	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Booker 1984		Keuze		25% damag
	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	
Gewas	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	
aardbei	1.0	33.0	1.0	33.0	1.3	22.0			1.0	33.0	1.8
sperciebonen	1.0	19.0	1.0	19.0	1.0	19.0	1.1	25.0	1.0	19.0	2.3
uien	1.2	16.0	1.2	16.0	1.2	16.0	1.5	20.0	1.2	16.0	2.8
wortels	1.0	14.0	1.0	14.0	1.0	14.0	1.0	20.0	1.0	14.0	2.8
erwten					1.5	14.0			1.5	14.0	3.3
tuinbonen	1.6	9.6	1.6	9.6	1.6	9.6	2.8	13.3	1.6	9.6	4.2
kool	1.8	9.7	1.8	9.7	1.4	11.9	1.4	8.9	1.8	9.7	4.4
witlof					1.8	9.7			1.8	9.7	4.4
selderij			1.8	6.2	2.2	9.6			2.0	7.9	5.1
spinazie	2.0	7.6	2.0	7.6	2.6	11.9	4.9	16.0	2.0	7.6	5.3
broccoli	2.8	9.2	2.8	9.2	2.8	9.2	3.0	10.0	2.8	9.2	5.5
bloemkool					1.8	6.2			1.8	6.2	5.8
rode bieten	4.0	9.0	4.0	9.0	4.0	9.0			4.0	9.0	6.8
asperge			4.1	2.0	4.1	2.0			4.1	2.0	16.6

Annex F: Glastuinbouw

	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Booker 1984		Ploegman		Sonneveld 1988		Keuze		25% damag
	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	
Gewas	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	
sperciebonen	1.0	19.0	1.0	19.0	1.0	19.0	1.1	25.0			4.5	18.5	1.0	19.0	2.3
sla	1.3	13.0	1.3	13.0	1.5	12.0	1.3	13.3			4.5	3.8	1.3	13.0	3.2
peper	1.5	14.0	1.5	14.0	1.6	13.0					4.5	11.9	1.5	14.0	3.3
druiven	1.5	9.6	1.5	9.6	1.5	9.6							1.5	9.6	4.1
komkommer	2.5	13.0	2.5	13.0	1.8	10.0			0.3	16.3	4.5	10.3	2.5	13.0	4.4
cherry tomaat			1.7	9.1									1.7	9.1	4.4
anthurium											3.4	21.1	3.4	21.1	4.6
aubergine			1.1	6.9							4.5	8.4	1.1	6.9	4.7
selderij			1.8	6.2	2.2	9.6					4.5	7.7	2.2	9.6	4.8
tomaten	2.5	9.9	2.5	9.9	1.7	9.0	3.0	10.0	1.1	12.5	4.9	6.5	2.5	9.9	5.0
gerbera											3.4	14.1	3.4	14.1	5.2
hippeastrum											3.4	13.3	3.4	13.3	5.3
spinazie	2.0	7.6	2.0	7.6	2.6	11.9	4.9	16.0			4.5	1.2	2.0	7.6	5.3
alstroemeria											3.4	11.3	3.4	11.3	5.6
chrysant											3.4	8.5	3.4	8.5	6.3
paprika											4.5	13.5	4.5	13.5	6.4
carnation											4.0	4.7	4.0	4.7	9.3
andijvie											4.5	4.4	4.5	4.4	10.2

Annex G: Bloembollen

							Saturated paste		
	Maas&Hofman 1977		Maas 1990		FAO 1998		Ploegman		25% damag
	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	Drempel	helling	
Gewas	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	dS/m	%/dS/m	mg/l	%/mg/l	
gladiool							50	0.0800	363
tulp							65	0.0500	565
lelie							80	0.0260	1042
roos							50	0.0260	1012

Annex H: Toelichting

Toelichting werkwijze en overzichttabel

De internationale en nationale literatuur is gescand op resultaten van onderzoek naar de zout-tolerantie van gewassen. Hierbij is de gewasgroepindeling zoals gehanteerd door RIZA gevolgd. In de internationale literatuur wordt zouttolerantie gegeven als drempelwaarde van het electrisch geleidingsvermogen en een schadepercentage per volle eenheid toename van deze EC waarde (in dS/m). **Beiden worden in het verzadigde bodemvochtextract bepaald en in de literatuur gegeven.** Voor omrekening van zoutgehalten naar vochtgehalten in de bodem bij veldcapaciteit (**afhankelijk van bodemtype**) is de standaardfactor 2,0 gebruikt.

De zoutschade in Demgen wordt bepaald aan de hand van het actuele zoutgehalte in het bodem-vocht op het einde van iedere 10-daagse periode. Het vochtgehalte in de modelberekeningen zit dan gemiddels 20% beneden veldcapaciteit (**afhankelijk van bodemtype**). Hiervoor is een factor 1,25 gebruikt.

Door RIZA wordt gerekend met Chloride. Voor de omzetting van Electrisch geleidingsvermogen (EC) naar Cl concentratie is gebruik gemaakt van de relatie gegeven in het Cultuurtechnisch Vademecum. Voor het traject tot een EC van 10dS/m geldt dan: Cl = 151 EC ** 1,31. Hierbij is de Cl concentratie gegeven in mg/liter.

Voor het omzetten van de hellingshoek van de zout-opbrengst relatie, is met behulp van boven-staande formule de EC waarde bij 50% zoutschade en de drempelwaarde gebruikt om de helling van de Cl concentratie - zoutschade te berekenen.

Tenslotte is in de overzichttabel ook de gietwaterkwaliteit gegeven. Hierbij is uitgegaan van het meest pessimistische scenario, dat het gietwater voortdurend een hoog zoutgehalte heeft en er "gemiddeld" wordt doorgespoeld. In de internationale literatuur wordt hiervoor de factor 3,0 algemeen gehanteerd (de gietwaterkwaliteit, vermengvuldigd met deze factor levert het zoutgehalte bij veldcapaciteit).

Voor de verschillende gewasgroepen (een Demgen gewas kan uit verschillende landbouwkundige gewassen bestaan) is er in een aantal stappen naar de overzicht tabel toegewerkt. Op individueel gewasniveau is er uit de verschillende literatuurreferenties een keuze gemaakt over de meest waar-schijnlijk juiste tolerantiegegevens. Deze zijn vervolgens gemiddeld (grenswaarde en helling) over de individuele gewassen voor de gewasschade berekeningen. In een aparte tabel zijn tenslotte nog de getallen gegeven als we het 10% zoutgevoelige gewas zouden kiezen (de tabel is dus meer normstellend). Voor de berekening van het 10% gevoelige gewas is gekozen voor een zoutschade-niveau van 25%

Toelichting per gewasgroep:

Granen: Voor de gemiddelde zoutschadereactie voor granen zijn triticale en durum niet mee-genomen omdat deze gewassen weinig tot niet voorkomen in Nederland.

Fruitbomen: Alleen voor pruimen is in de literatuur iets gevonden. Van appels en bessen is bekend dat ze gevoelig zijn voor zout (zelfde klasse als pruimen)

Sierteelt: In de sierteelt is wel uitgebreid onderzoek gedaan naar de grenswaarde voor het zout-gehalte. Een opbrengstreductie per een toename van zoutgehalte is echter niet zo zinvol, omdat een afgenomen kwaliteit het product dan al snel onverkoopbaar maakt. Om deze reden is de grenswaarde per klasse gebruikt en is aangenomen dat bij twee maal de grenswaarde de opbrengst volledig tot nul is genaderd.

Groente: Hierbij wordt de vollegrondse groenteteelt bedoeld. Geen Nederlandse literatuur bekend.

Glastuinbouw: Uit de internationale literatuur zijn die gewassen geselecteerd die onder glas worden verbouwd. In een overzicht van de Nederlandse literatuur (Sonneveld) blijkt dat onder glas de tolerantie voor zout veel groter is dan in de aride gebieden (waar de internationale literatuur voornamelijk betrekking op heeft). De gegevens van Ploegman wijken hiervan af en zijn genegeerd.

Bloembollen: Alleen gegevens van Ploegman zijn gevonden en gebruikt. Wellicht zijn bij PPO meer gegevens beschikbaar; tijd (en geld) ontbreken om dit voldoende gedetailleerd uit te zoeken.