

- *De beste relatie met vegetatie* -

Tommie Pot – 583919

Kernwoorden:

Waterretentie, bodem, wortels, waterretentiecurve, SWRC, klei.

Inleiding

De huidige klimaatverandering zorgt in Nederland voor problemen. Stedelijke gebieden waar de gevolgen hiervan het meest te voelen zijn, komen onder druk te staan (Bai, Richard, UrgeVorsatz, & Gian C, 2018). De temperatuur is in Nederland met 1.7 graden gestegen de afgelopen 130 jaar, terwijl dit globaal 1.0 graden is (KNMI, 2019). Steden zijn over het algemeen warmer dan buitengebied (Merrill, Jose, & Abigail, 2016). Hitte-stress, stijgende zeespiegel, extreme regenval en langdurige droogte worden steeds algemener (KNMI, 2015); (de Bruin, 2009); (Ritzema, 2015). In natuurgebieden heeft de droogte van de droge zomer van 2018 en 2019 veel schade aangericht. Vennen hebben de winter drooggestaan en kwetsbare plant- en diersoorten komen onder druk te staan (Natuurmonumenten, 2019). Niet alleen de natuur, maar ook het openbaar groen komt onder druk te staan door de klimaatverandering en bijkomende weersextremen. Het grotendeel van de grassoorten in openbaar groen is slecht bestand tegen droogte. Als er handmatig besproeid moet worden gaat dit ten kosten van de toch al schaarse zoetwatervoorziening (Frankfort, 2019). Uit onderzoek van P.H. Verburg (Verburg, 1995) blijkt dat er op droge standplaatsen een standaardgewas (gewascoëfficiënt 0,7; worteldiepte 20 cm) in een droog jaar een vochttekort heeft van 50mm. Een gemiddeld jaar komt overeen met een tekort van 15mm of meer. Een standaardgewas is hierin omschreven als een gewas dat relatief gevoelig is voor droge omstandigheden.

Om meer inzicht te krijgen van de invloed van vegetatie op de waterhuishouding van de

Samenvatting

Klimaatverandering zorgt voor langere droogteperiodes. Dit heeft effecten op flora en fauna. Door te kijken naar de effecten van vegetatie op de waterretentie van de bodem, kan er een beter inzicht worden gekregen hoe met deze veranderingen om te gaan. Een waterretentiecurve beschrijft het beschikbare water voor planten in een bodem. ook kan ermee bepaald worden wanneer er groeiproblemen optreden voor een plant. Monotone of biodiverse vegetatie verschillen onderling in onder andere beworteling. Beworteling heeft een effect op waterretentiecurve. Omdat biodiverse vegetatie dieper wortelt is deze beter

bodem, word dit review geschreven. In dit review wordt gekeken naar de invloed van monotone en biodiverse vegetatie op de waterretentie van een kleibodem. Een kleibodem houdt meer water vast dan een zandbodem (Shafran-Nathan, Svoray, & Perevolotsky, 2013). Wanneer een plant meer water beschikbaar heeft en meer water kan bergen, is deze beter bestand tegen klimaatveranderingen. Kosten voor handmatig of machinaal bewateren kunnen door de juiste vegetatie-bodemrelatie tot een minimum gebracht worden.

Onderzoeksvragen bij dit review zijn:

Hoofdvraag:

- Wat is het effect van monotone versus biodiverse vegetatiestructuur op waterretentie van een bodem in het kleigebied?

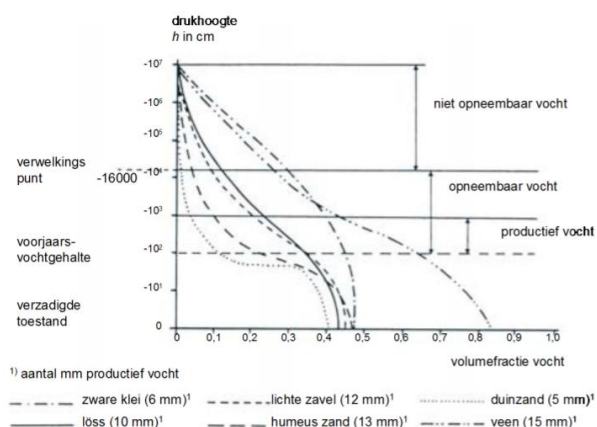
Deelvragen

- Waar is waterretentie afhankelijk van in de bodem?
- Hoe wordt de waterretentie beïnvloed in een kleigebied, m.b.t. bodem, neerslag, grondwaterstand?
- Wat heeft de wortelstructuur van monotone en biodiverse vegetatiestructuren voor invloed op waterretentie?

1. Waterretentie en bodem

Per bodem is de waterretentie verschillend. Als men kijkt naar de onverzadigde zone van de bodem (de bovenste zone van een bodem, boven het grondwater, de verzadigde zone), zijn er verschillende factoren die een rol spelen in het waterbergend vermogen van de bodem. Deze factoren zijn hieronder tevens schematisch weergegeven in tabel 1. Een belangrijke component is de volumefractie van de bodem. Dit is het volumeaandeel water in relatie tot het totale bodemvolume. Hiermee kan de poriegrootte van de bodem bepaald worden. Een ander belangrijke component is het Watergetal (w). Het Watergetal is nodig voor de berekening van de Volumefractie, want hierbij geldt: $\text{volumefractie} = \text{massaverhouding} \times \rho$ (dichtheid van de grond) (Remmelink, Middelkoop, Ouweltjes, & Wemmenhove, 2019). Ook de energietoestand van de bodem is belangrijk, beschreven als drukhoogte h . Het is een waarde om de uitdroging van de bodem weer te geven en tevens te bepalen wat de beschikbaarheid van water is voor de plant. De h is altijd negatief wanneer de grond onverzadigd is en wordt negatiever wanneer de grond verder uitdroogt.

Een gelijke energietoestand tussen verschillende bodems geeft een verschillend vochtgehalte. De vocht karakteristiek geeft het verband weer tussen de drukhoogte en vochtgehalte van verschillende bodems. Ook wel soil-waterretentioncurve (SWRC) genoemd. Dit is weergegeven in figuur 1.

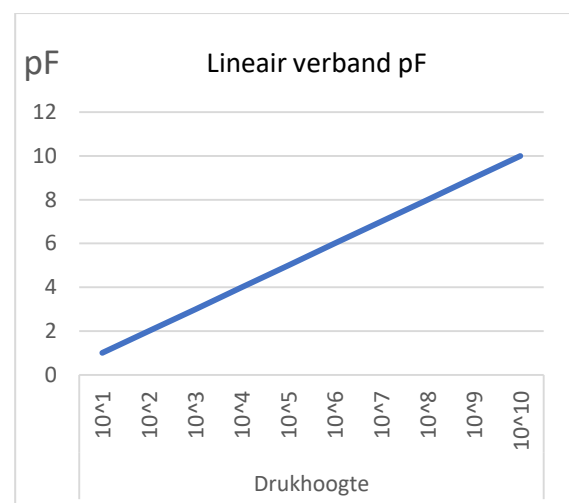


Figuur 1 Vocht karakteristiek van verschillende bodems (Remmelink et al., 2019).

In dit figuur komt een drukhoogte $h = -10^7$ overeen met een pF van 7. pF is het logaritme van drukhoogte en heeft het grondtal 10. De verhouding tussen pF en drukhoogte is lineair, zoals weergegeven in figuur 2.

Tabel 1 Waterretentie begrippen.

Begrip met uitleg	
Volumefractie	Het volumeaandeel water in relatie tot het totale bodemvolume. Hiermee bepaald men de poriegrootte van de bodem.
Watergetal (w)	Het watergetal is nodig voor de berekening van de Volumefractie. Hierbij geldt: $\text{volumefractie} = \text{massaverhouding} \times \rho$ (dichtheid van de grond).
Drukhoogte (h)	Ook beschreven als energietoestand van de bodem. Dit geeft de uitdroging van de bodem weer en hieruit valt op te maken wat de beschikbaarheid is van water voor de plant. Het is ook een maat voor de kracht die een plant moet uitoefenen om water gebonden in de poriënstructuur op te nemen. Hoe negatiever de waarde, hoe droger de bodem.
Vocht karakteristiek	Geeft het verband weer tussen de drukhoogte en het vochtgehalte van verschillende bodems. (soilwaterretentioncurve (SWRC) of pF -curve)



Figuur 2 lineair verband drukhoogte en pF

De fractie water die blijft hangen in de bodem noemt men veldcapaciteit. De veldcapaciteit is geen vast getal en is afhankelijk van de

heersende grondwaterstanden. Er is een hydrostatisch evenwicht enerzijds van de zwaartekracht van het water en de opwaartse druk van het grondwater anderzijds (Rommelink et al., 2019).

Het cruciale punt van een pF-curve is het verwelkingspunt. Deze wordt bereikt bij een $pF = 4,2$ overeenkomend met een drukhoogte van -16.000cm . Alles tussen $pF\ 2,0-4,2$ is het beschikbare hangwater. Echter treden er eerder groeiremmingen op voor planten. Dit gebeurt al bij een pF van $2,6$ tot $3,0$. De waarden zijn niet alleen plantafhankelijk, maar ook bodemafhankelijk. Het afsterven van planten is bodemafhankelijk als er een ondoorlatende zone is in de bodem waardoor capillaire werking niet optreedt (Czyz & Dexter, 2013). Als planten verwelken met een wateraanzuiging kleiner dan het watervasthoudend vermogen van de bodem is het plantafhankelijk (Czyz & Dexter, 2013). Bij dit onderzoek waren 52 bodemonsters genomen op verschillende agrarische landerijen. Tweeëntwintig hiervan zijn gebruikt om de waterretentiecurve te bepalen (met behulp van druk in hPa) en 4 om de bodemdichtheid te bepalen. Totaal was er ook 1 kilo aan grond onderzocht op de partikelgrootte en de hoogte van organische stofgehalte te bepalen. Uiteindelijke doel was om te bepalen wanneer gewassen verwelken en de oorzaak hiervan. 82% van het verwelken van planten is door een bodem-limiterende factor (Czyz & Dexter, 2013).

2. Waterretentieproces in kleibodems

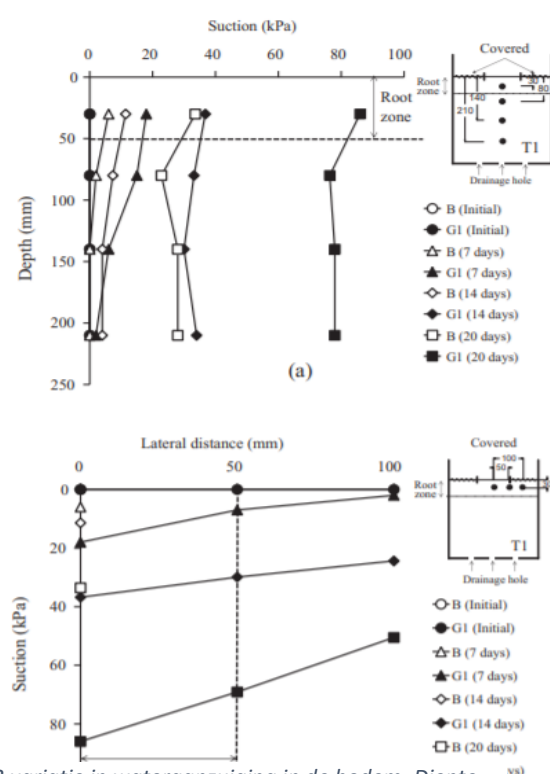
De krachten die verantwoordelijk zijn voor de retentie van water en de opzwellen van kleibodems zijn de lading van deeltjes veroorzaakt door lutum waar plaatjes lutum over elkaar wrijven en een negatieve lading krijgen waardoor ze positieve ionen kunnen binden (Kloprogge & Kloprogge, 1997) en de directe relatie van bodemlagen met uitwisselende kationen. Ook het gebonden water vastgehouden door de lading en oriëntatie van de direct grenzende toplaag van de kleibodem. Hierbij is de verdamping, soort vegetatie en helling van belang (Warkentin, 1962).

Onderzoek naar de toevoeging van houtskool aan de bodem toont aan dat toevoeging van

wilgen-houtskool in een kleibodem het water dat beschikbaar is voor planten verhoogt (Rasa, et al., 2018). Het verandert de waterretentiecurve door de kleine poriën in het houtskool waar direct opneembaar water voor planten in opgeslagen zit. In dit onderzoek is houtskool met X-ray tomografie, 3D beeldanalyse en helium ion microscopie onderzocht. Uit de studie kwam naar voren dat de porositeit van de bodem steeg waardoor er meer beschikbaar water is voor planten.

3. Invloed van monotone en biodiverse vegetatiestructuur op waterretentie

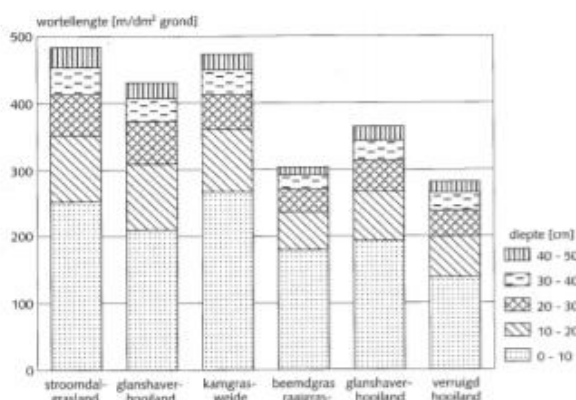
Een onderzoek naar het effect van plantenwortels op de waterretentie van de bodem door A. Kwan Leung, A. Garg en c. Wang Wai Ng heeft aangetoond dat de verdamping van de boom *Schefflera heptaphylla* 1.7% is van het totaal ingebrachte water tijdens de test. Dit hoewel de er een duidelijke positieve verandering te zien was in de SWRC (Kwan Leung, Garg, & Wang Wai Ng, 2014). Dit suggereert dat de hogere aanzuiging zou kunnen bijdragen aan een positieve verandering in de SWRC geïnduceerd door wortels. Bij dit onderzoek is er een grondmengsel gebruikt met respectievelijk 19% gravel, 42 % silt en 12% klei. Er is een nat-droog cyclus uitgevoerd onder donkere en lichte omstandigheden



Figuur 3 variatie in wateraanzuiging in de bodem. Diepte van de bodem op de x-as en aanzuiging op de y-as in kPa. B is het testvlak zonder vegetatie. G1 is het testvlak met vegetatie (Ng, Woon, Leung, & Chu, 2012).

waarbij de SWRC en de Plant evatranspiration (ET) is gemeten. Onderzoek naar de invloed van gras op de aanzuiging van bodemwater is weergegeven in figuur 3. De letter B is het proefvlak zonder vegetatie. G1, G2 en G3 zijn proefvlakken met vegetatie. Hierin is te zien dat de aanzuiging van G1 na 20 dagen meer dan 2x zo groot is dan in B (Ng, Woon, Leung, & Chu, 2012).

Ook bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van een grondmengsel bestaande uit gravel (19%), zand (42%), silt (27%) en klei (12%). Op verschillende dieptes is gemeten wat de aanzuiging is in kPa. Twee maanden na aanplanting was de wortellengte 50mm en tevens de lengte waarmee de proeven zijn uitgevoerd. Op de proefopstelling zijn 3 testen uitgevoerd, bestaande uit T1 een uitdrogings-test en T2/T3 welke een uitdrogings- en bewateringstesten zijn. Van Eekeren concludeert uit onderzoek dat minder diepe beworteling droogtegevoeliger is dan dieper gewortelde percelen (van Eekeren, Deru, de Boer, & Philipsen, 2011). Omkeerbaar geldt hetzelfde. Dieper gewortelde percelen zullen de bodem eerder uitdrogen. Dit betreft dan vooral de dieper gelegen bodemdelen waar de watervoorraad groter is. Diverse vegetatie wortelt dieper, zo concludeert van Eekeren (van Eekeren, Deru, de Boer, & Philipsen, 2011). Figuur 4 geeft de doorworteling van verschillende vegetatietypen weer. Hierin is te zien dat glanshaverhooiland in elk van de dieptesegmenten hoger scoort dan een beemdgras/raaigrasweide. In de afbeelding is de wortellengte in m/dm³ grond weergegeven. De verschillende grondlagen die hier onderzocht zijn, zijn 0-10cm, 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm en 40-50cm Hiermee is dus aangegeven dat de wortels dieper rijken en talrijker aanwezig zijn (Zee, 1992).



Figuur 4 Doorworteling van verschillende vegetatietypen.

Om een vergelijking te maken tussen verschillende vegetatietypen is in dit review gekozen om SynBioSys te gebruiken als tool. In dit review gekozen voor een plantengemeenschap van Glanshaverhooiland en een rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Engels raaigras. Hierin is Glanshaverhooiland de biodiverse vegetatie en de rompgemeenschap de monotone vegetatie.

De eerste 6 soorten van de Glanshaver ass. zijn: Glanshaver (*Arrhenatherum elatius*) (95), Kropaar (*Dactylis glomerata*) (90), Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) (82), Gewoon duizendblad (*Achillea millefolium*) (77), Scherpe boterbloem (*Ranunculus acris*) (70) en Rode klaver (*Trifolium pratense*) (67). De getallen achter de latijnse naam betekent de kans op het voorkomen in de vegetatieopname in procenten.

De eerste 6 soorten van Rompgemeenschap van Gestreepte witbol en engels raaigras zijn: Gestreepte witbol *Holcus lanatus* (100), Engels raaigras *Lolium perenne* (80), Ruw beemdgras *Poa trivialis* (80), Kruipe boterbloem *Ranunculus repens* (79), Veldzuring *Rumex acetosa* (63) en Gewone hoornbloem *Cerastium fontanum* (55).

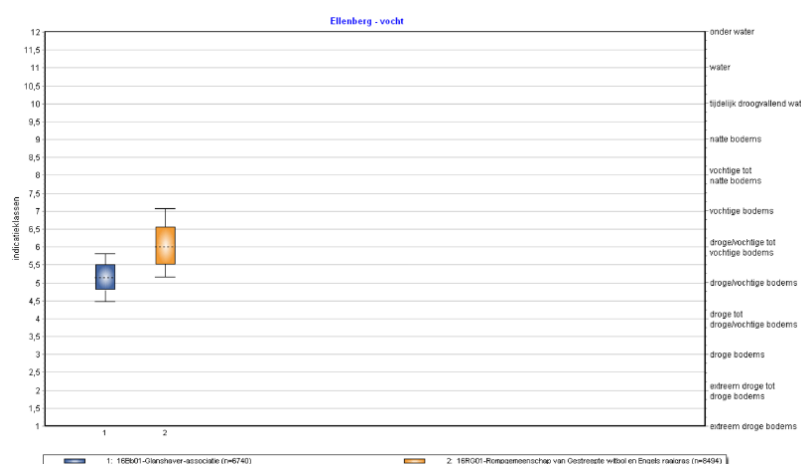
In de tabel 1 & 2 zijn de 6 meest voorkomende planten en hun worteleigenschappen weergegeven. Hierin is te zien dat penwortels (Rode klaver en Veldzuring) veruit het diepste wortelen. Een penwortel (ook wel taproot) is een centrale wortel die verticaal de bodem in groeit (Britannica, 2019). Planten met penwortels zijn beter beschermd tegen droogte (Brunner, Herzog, Dawes, Arend, & Sperisen, 2015).

Tabel 2 & 3 Worteleigenschappen van Glanshaver associatie en Rompgemeenschap van Gestreepte witbol

16Bb01		
Soort	Diepte wortels	Soort wortel (fijn vertakt, grof wortelstelsel, penwortel)
Glanshaver	20-100 cm	Grof wortelstelsel
Kropaar	Niet in literatuur beschreven	Grof wortelstelsel/pen wortel
Smalle weegbree	20-50 cm (Wilde-Planten, 2019)	Grof wortelstelsel
Gewoon duizendblad	5-21,5 cm (Achillea millefolium L., 2019)	Grof wortelstelsel/ Penwortel
Scherpe boterbloem	Niet in literatuur beschreven	Grof wortelstelsel
Rode klaver	150-250 cm (Soil and Health, 2019)	Penwortel
16RG01		
Soort	Diepte wortels	Soort wortel (fijn vertakt, grof wortelstelsel, penwortel)
Gestreepte witbol	10-100 cm (bijvoetgegemoet, 2019)	Grof wortelstelsel
Engels raaigras	0-76 cm (Umces, 2019)	Fijn vertakt wortelstelsel
Ruw beemdgras	Niet in literatuur beschreven	Fijn vertakt wortelstelsel
Kruipende boterbloem	Niet in literatuur beschreven	Grof wortelstelsel
Veldzuring	20-150 cm (Bugwood Wiki, 2019)	Penwortel
Gewone hoornbloem	10-20 cm (Wilde-Planten, 2019)	Grof wortelstelsel

Van de eerste 6 planten die het meest voorkomen in de (romp)gemeenschap of associatie heeft het glanshaverhooiland 2 soorten met penwortels. Ook heeft 16Bb01 veel meer soorten in de plantgemeenschap dan 16RG01 (SynBioSys, 2019). Rode klaver is in 16Bb01 met een 67% trefkans aanwezig. Veldzuring is in 16RG01 met een trefkans van 63% aanwezig. 16Bb01 heeft meer verscheidenheid door meer soorten die aanwezig zijn, maar ook een soort zoals Engels raaigras met een fijn vertakt wortelstelsel heeft een trefkans van 60% in 16Bb01. Door de verscheidenheid aan planten en de verschillende wortelstelsels, kan er dieper water aangeboord worden en kan de waterretentiecurve positief beïnvloed worden. Hierdoor is er meer beschikbaar water voor andere vegetatie.

Deze bewering kan mede ondersteund worden door figuur 5. Hierin is de Ellenberg waarde te zien voor vocht. De gemiddelde waarde voor 16Bb01 is 5.1. Dit komt overeen met droge/vochtige bodems. Uiterste waarde zijn 4.5 en 5.8. Voor 16RG01 is de gemiddelde waarde 6.0. Dit komt overeen met droge/vochtige tot vochtige bodems. Uiterste waarde zijn 5.1 en 7.1.



Een andere synthese is de koppeling tussen houtskool en het beschikbare water voor planten. Houtskool verhoogd het beschikbare

water door de poriën die zich in houtskool bevinden. Plantenwortels maken de bodem luchtiger en afgestorven wortels zorgen voor poriën in de bodem waar zich water kan ophopen. Bij een dynamischere bodem met een beter wortelstelsel is er meer ruimte voor water om te blijven hangen in de bodem.

5. Conclusie

In dit review is gezocht naar het effect van vegetatie op de waterretentie van de bodem. Hierbij is gekeken wat vegetatie met de waterretentiecurve doet en hoe deze beïnvloeding veroorzaakt wordt. Vegetatie heeft invloed op de waterretentie door de aanboring van grondwater door de wortels. Hierbij wortelt vegetatie met penwortels dieper. Planten met diepere wortels zijn beter bestand tegen droogte. Bij een

Glanshaverhooiland zijn er meer plantensoorten aanwezig in vergelijking met een rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Engels raaigras. Of meer verschillende soorten invloed heeft op de waterretentie is hier niet onderzocht. De Ellenbergwaarden laten zien dat Glanshaverhooiland op drogere bodems voorkomt dan de rompgemeenschap. Door het gebruik van biodiverse vegetatie is de beworteling dieper en is de wortelmasa hoger. Hoe groter het oppervlak van de wortels hoe meer water er opgenomen kan worden. Er kan hier echter geen conclusie getrokken worden wat de invloed is van verschillende wortels die een systeem binnen een gemeenschap vormen.

Literatuurlijst

- Achillea millefolium* L. (2019). Retrieved from US Forest Service:
[https://www.fs.fed.us/psw/publications/beyers/psw_2010_beyers\(montalvo\)_NativePlantRecomm.A.millefolium.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/beyers/psw_2010_beyers(montalvo)_NativePlantRecomm.A.millefolium.pdf)
- Bai, X., Richard, D., UrgeVorsatz, J., & Gian C, D. (2018). Six research priorities for cities and climate change. *PubMed*, 2-3.
- bijvoettegemoet. (2019). *Gestreepte witbol uiterlijk*. Retrieved from bijvoettegemoet:
<https://bijvoettegemoet.wordpress.com/gestreepte-witbol-uiteerlijk/>
- Britannica. (2019). *Taproot - Plant anatomy*. Retrieved from Britannica:
<https://www.britannica.com/science/taproot>
- Brunner, I., Herzog, C., Dawes, M., Arend, M., & Sperisen, C. (2015). *How tree roots respond to drought*. *Frontiers in Plant Science*.
- Bugwood Wiki. (2019). *Rumex acetosella*. Retrieved from wiki bugwood:
https://wiki.bugwood.org/Rumex_acetosella
- Czyz, E., & Dexter, A. (2013). *Influence of soil type on the wilting of plants*. Czartoryskich: Institute of Soil Science and Plant Cultivation; Faculty of Biology and Agriculture.
- de Bruin, K. (2009). Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaption options and ranking of alternatives. *Climatic change*, 25-26.
- Frankfort, H. (2019). *Groenblauwe netwerken - Droogte op wereldschaal*. Retrieved from Urbangreenbluegrids: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/water/desiccation/>
- Klopprogge, T., & Klopprogge, J. (1997). *De vele onbekende kanten van klei*. natuurtijdschriften.
- KNMI. (2015, Juli 9). *Kerncijfers KNMI'14-klimaatscenario's, met correctie WL 2085*. Retrieved from klimaatscenario's :
http://www.klimaatscenario's.nl/getallen/tabel/scenarios/scenariotabel/1981-2010/rond_2085/2085.html
- KNMI. (2019, oktober 21). *Uitleg over Klimaatverandering*. Retrieved from KNMI:
<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/klimaatverandering>
- Kwan Leung, A., Garg, A., & Wang Wai Ng, C. (2014). *Effects of plant roots on soil-water retention and induced suction in vegetated soil*. Hong Kong: Elsevier.
- Merrill, S., Jose, H., & Abigail, R. (2016). "I Feel Suffocated:" Understandings of Climate Change in an Inner City Heat Island. *Medical anthropology*, 2.
- Natuurmonumenten. (2019). *Droogte*. Retrieved from Natuurmonumenten:
<https://www.natuurmonumenten.nl/standpunten/droogte>
- Ng, C., Woon, K., Leung, A., & Chu, L. (2012). *Experimental investigation of induced suction distribution in grass-covered soil*. Hong Kong: Elsevier.
- Rasa, K., Heikkinen, J., Hannula, M., Arstila, K., Kulju, S., & Hyväluoma, J. (2018). *How and why does willow biochar increase a clay soil water retention capacity*. Jokioinen: Elsevier.

- Rommelink, G., Middelkoop, J. v., Ouweltjes, W., & Wemmenhove, H. (2019). *Handboek Melkveehouderij 2019-2020*. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- Ritzema, H. (2015). Land drainage strategies to cope with climate change in the Netherlands. *Soil & Plant Science*, 1-2.
- Shafran-Nathan, R., Svoray, T., & Perevolotsky, A. (2013). The resilience of annual vegetation primary production subjected to different climate change scenarios. *Climatic Change*, 2-3.
- Soil and Health. (2019). *Root habits of various clovers*. Retrieved from soiland health: <https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/01aglibrary/010139fieldcroproots/010139ch14.html>
- SynBioSys. (2019, December 1). Tabel 16Bb01 & 16RG01. Delft, Zuid-Holland, Nederland.
- Umces. (2019). *Perennial ryegrass*. Retrieved from Umces: <http://www.umces.edu/sites/default/files/Perennial-ryegrass-summary.pdf>
- van Eekeren, N., Deru, J., de Boer, H., & Philipsen, B. (2011). *Terug naar de graswortel*. Wageningen: Louis Bolk Instituut.
- Verburg, P. (1995). *De relatie tussen de vochttoestand van de bodem en de vochtindicatie van de vegetatie*. Wageningen: Vakgroep Waterhuishouding.
- Warkentin, B. (1962). *Water retention and swelling pressure of clay soils*. Montreal: Department of Agricultural Physics, Macdonald College of McGill University.
- Wilde-Planten. (2019). *Gewone hoornbloem*. Retrieved from wilde-planten: <https://www.wilde-planten.nl/gewone%20hoornbloem%20en%20glanzige%20hoornbloem.htm>
- Wilde-Planten. (2019). *Smalle weegbree - Plantago lanceolata*. Retrieved from wilde-planten: <https://wilde-planten.nl/smalle%20weegbree.htm>
- Zee, F. v. (1992). *Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetatie*. Wageningen: Landbouwniversiteit.