

Bodemfysisch onderzoek vezelversterkte natuurgrasvelden

KWR 2025.107

Datum

14 november 2025

Opdrachtgever

Projectgroep TKI EnergyGrass

Meer informatie

Dr. ir. Gijsbert Cirkel

T 06-20614497

E Gijsbert.cirkel@kwrwater.nl

Auteurs

Dr. ir. Gijsbert Cirkel (KWR), ir. Joris Voeten (Wageningen Env. Res.), ing. Harm Gooren (Wageningen UR)

Projectnummer

404875

Kwaliteitsborger

Prof. dr. ir. Ruud Bartholomeus

Projectmanager

Dr. Edu Dorland

Pagina

1/15

Samenvatting

Om de belastbaarheid van natuurgrasvelden te verbeteren is onderzocht wat het effect is van het mengen van steenwolvezels in de toplaag van sportbodems. Het doel was om inzicht te verkrijgen in de bodemfysische effecten van deze toevoeging, zoals waterretentie en drainage, en om te beoordelen of er ecotoxicologische risico's zijn voor het bodemleven. De bevindingen van de studie zijn beschreven in deze beknopte rapportage.

Op basis van literatuuronderzoek blijkt dat lage gehalten steenwolvezels (<3% w/w) weinig negatieve effecten hebben op wormen, terwijl hogere gehalten en grovere vezels leiden tot vermijgend gedrag rond deze plekken. De beschikbare studies zijn echter beperkt, waardoor aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Veldmetingen op sportpark Ookmeer tonen aan dat vezelversterkte bodems een lagere bulkdichtheid hebben en beter draineren tot veldcapaciteit. Bij hogere pF-waarden (droge condities) blijft het vochtgehalte relatief hoog, wat duidt op verbeterde vochtretentie. Dit effect wordt verklaard door een 'dual porosity'-structuur: vezels houden water vast bij lagere (negatieve) drukhoogtes, terwijl onder nattere condities (hogere drukhoogtes) overtollig water goed wordt afgevoerd.

Laboratoriumproeven met verschillende vezelgehalten bevestigen deze trends. Een gehalte van 2–3% w/w biedt een goede balans tussen drainage en vochtbeschikbaarheid. Hogere gehalten leiden tot een te sterke afname van het residueel vochtgehalte, mogelijk mede beïnvloed door het zand in de gebruikte premix.

Conclusie: Een toevoeging van 2–3% w/w fijne steenwolvezels aan zandige sportbodems lijkt optimaal voor verbetering van bodemfysische eigenschappen zonder significante negatieve effecten op het bodemleven. Voor modellering van de vochthuishouding van deze bodems wordt aanbevolen om gebruik te maken van met dual porosity/permeability modellen gefitte doorlatendheids- en retentiefuncties.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doel en onderzoeksvragen	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Beknopt literatuuronderzoek ecotoxicologische effecten	4
2.2 Verzamelen / samenstellen bodemmonsters	4
2.3 Bodemfysische metingen	6
3 Resultaten en discussie	7
3.1 Effect steenwolvezels op bodemleven (literatuurstudie)	7
3.2 Effect van vezelconcentratie op waterretentie-eigenschappen	8
3.3 Vergelijkend veldonderzoek bodemfysische eigenschappen Ookmeer	11
4 Conclusies en aanbevelingen	13
4.1 Conclusies	13
4.2 Aanbevelingen	13
5 Referenties	15

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Om de belastbaarheid van natuurgrasvelden te verhogen wordt voorgesteld om steenwolvezels in te mengen in de bovenste 10 cm van de bodem van het sportveld. Hiertoe wordt een pre-mix met 6 tot 10 % w/w steenwol gemengd met de bodem van het sportveld. Hiermee wordt na goed mengen een gehalte steenwolvezels van enkele % w/w verkregen in de top laag van het veld. Hypothese is dat de door de bodem gemengde steenwolvezels zorgen voor een stabielere bodem en verbeterde waterretentie en betere drainage. Dit zou vervolgens een positief effect op de grasgroei en het aantal spellen op een veld moeten hebben. De goede retentie-eigenschappen van steenwol zijn bekend en aangetoond in eerdere studies zoals Zheng et al. (2023). Hoe steenwol in lage gehalten de bodemfysische eigenschappen van sportbodems beïnvloedt en welke gehalten optimaal zijn is echter nog niet onderzocht. Daarnaast zijn er vragen over hoe toevoeging van steenwolvezels het bodemleven beïnvloedt. Inzicht in bovenstaande is nodig om de stroming van water en de energiebalans van met steenwol versterkte sportvelden te kunnen modelleren en verantwoorde keuzes te kunnen maken over de toevoeging van steenwol additief als bodemverbeteraar.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de effecten van toevoeging van steenwol op de waterretentie en drainage-eigenschappen van sportbodems. Daarnaast heeft het onderzoek tot doel om informatie uit de wetenschappelijke literatuur te verzamelen over de effecten van steenwol-toevoeging op bodemleven. De bevindingen zijn beschreven in deze beknopte rapportage.

De volgende onderzoeksvragen zijn onderzocht:

1. Wat is op basis van wetenschappelijke literatuur het effect van steenwolvezel in bodems of vergelijkbare substraten op bodemleven en in het bijzonder wormen?
2. Wat is op basis van de literatuur een vanuit het oogpunt van bodemleven een acceptabel gehalte steenwolvezels in sportbodems?
3. Hoe veranderen de bodemfysische eigenschappen bij een toenemend gehalte steenwolvezels?
4. Is er verschil meetbaar in bodemfysische eigenschappen tussen het met steenwolvezeladditief behandeld veld en het naastgelegen onbehandelde referentieveld?
5. Hoe uiten deze verschillen zich en wat zegt dit over de waterhuishouding van met vezels behandelde velden?

2 Materiaal en methode

2.1 Beknopt literatuuronderzoek ecotoxicologische effecten

In (wetenschappelijke) literatuurdatabases (Scopus, Google Scholar en Science direct) is gezocht naar studies naar toxicologische effecten van steenwoltoevoeging op bodemleven in bodems en compost. Gebruikte zoektermen waren soil, compost, rockwool, rock mineral wool, ecotoxicology, earthworms, toxicity, soil amendment). Met behulp van deze zoektermen zijn drie relevante studies gevonden en geëvalueerd.

2.2 Verzamelen / samenstellen bodemmonsters

Voor het bodemfysische onderzoek zijn op 1 april 2025 grondmonsters verzameld op twee voetbalvelden op sportpark Ookmeer en op het (oude) hoofdveld van SV Rap op sportpark 't Loopveld (Figuur 1). Het ging hierbij zowel om het steken van ongestoorde bodemkernen bij Ookmeer en 't Loopveld als om geroerde grond bij 't Loopveld. Voor het steken van de ongestoorde bodemkernen is gebruik gemaakt van een standaard Eijkelpark ringsteekset met ringen met een inwendige diameter van 53 mm en hoogte van 51 mm (Figuur 2) en van door het WUR bodemfysisch lab aangeleverde PVC steekringen met een inwendige diameter van 103 mm en een hoogte van 80 mm. De steekmonsters zijn vanaf 5 cm onder het oppervlak gestoken, waarna het ontstane gat is opgevuld en de graszode teruggelegd. In Tabel 1 zijn de genomen bodemmonsters opgenomen. Het gras op het referentieveld op Ookmeer was bij bemonstering groener dan het met 2 % w/w steenwolvezels behandelde veld. De bodem voelde zompig aan en organische stofrijk/zwarter en bevatte duidelijk meer wormen dan het met vezel behandelde veld. Het vezel behandelde veld voelde stabiel, was vlakker en droger dan het referentieveld. In de doelgebieden van het vezel behandelde veld was de grasmat open. Bij 't Loopveld waren geen bijzonderheden te zien. De geroerde grond van 't Loopveld is gebruikt om op te mengen met een Premix bestaande uit matig fijn zand en 6% steenwolvezel. Na mengen tot respectievelijk 0, 1, 2, 3 en 5% zijn de mengsels verdicht in achttien 53 mm ringen tot een veldvochtige dichtheid van ca. 1,7 kg/L.



Figuur 1 Bemonsterde sportvelden op sportpark Ookmeer (links) en sportpark 't Loopveld (rechts)



Figuur 2 Steken van ongestoorde kernen in de sportvelden op Ookmeer

Tabel 1 In het veld verzamelde grondmonsters

Locatie	ringcode	Diameter ring (mm)	Gewicht veldvochtige bodem (g)
Ookmeer- vezel	331	53	177.93
Ookmeer- vezel	62a	53	163.1
Ookmeer- vezel	71	53	174.36
Ookmeer- vezel	32	53	174.8
Ookmeer-vezel	E92	103	-
Ookmeer-referentie	H6	53	173.59
Ookmeer-referentie	333	53	203.38
Ookmeer-referentie	339	53	180.34
Ookmeer-referentie	16	53	192.55
Ookmeer-referentie	E8	103	-
't Loopveld- referentie	23B	53	172.77
't Loopveld- referentie	B23	53	173.05
't Loopveld- referentie	16	53	166.85
't Loopveld- referentie	4	53	161.83
't Loopveld- referentie geroerde grond	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

2.3 Bodemfysische metingen

Op de gestoken ongestoorde kernen en de in het laboratorium samengestelde kernen zijn in het WUR Bodem Hydro Fysisch laboratorium verschillende bodemfysische metingen uitgevoerd.

Op de Ø53 mm kernen uit Ookmeer zijn retentie-eigenschappen in triplo bepaald met een 'sandbox' met ingestelde druk halverwege het monster van respectievelijk -10, -30, -50, -70, -100 cm waterkolom (pF 1 - 2) halverwege het monster (NEN5787/ISO11274).

Vervolgens is voor deze Ookmeer kernen met een 'pressure plate' een onderdruk van 1001 cm (pF3) opgelegd en het vochtgehalte bepaald. Het vochtgehalte bij verwelkingspunt op pF 4.2 ($-1.6 \cdot 10^4$ cm) is gravimetrisch bepaald door deelmonsters te plaatsen in een drukcel (EN5788/ISO11274).

Op de Ø103 mm kernen van Ookmeer is de verdampingsmethode toegepast voor bepaling van de waterretentiekarakteristiek en de onverzadigde waterdoorlatendheid (NEN5791/ISO11275)

3 Resultaten en discussie

3.1 Effect steenwolvezels op bodemleven (literatuurstudie)

Een gezond bodemleven is belangrijk voor een gezonde grasmat. Toevoeging van steenwol aan een bodem moet dan ook geen of zo min mogelijk schade geven aan het bodemleven. De vraag is dan of en zo ja bij welke fracties steenwol er schade ontstaat. In het kader van deze studie is een literatuurverkenning uitgevoerd naar wetenschappelijke studies waar de relatie tussen steenwol toevoeging aan bodems en het bodemleven is onderzocht. Uit deze verkenning komt een nog zeer beperkt aantal studies naar voren gerelateerd aan toevoeging van steenwol-afval bij compostering en aan introductie van steenwol in rijstvelden via het uitplanten van op steenwol opgekweekte rijstplanten. In de gevonden studies worden in het bijzonder de wormen *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei* en *Lumbricus rubellus* gebruikt als indicatororganismen. Deze wormen worden beschouwd als representatief voor bodemfauna en regenwormen in het bijzonder en veel gebruikt voor beoordeling van effecten van chemische stoffen op bodemfauna.

Ečimović et al. (2022) onderzochten het gedrag van *Eisenia andrei* in verschillende substraten bestaande uit mengsels reststromen waaronder gebruikte steenwol. Overleving van *Eisenia andrei* na introductie in een substraat bestaande uit druivenpulp, zaagsel en steenwol in een 3-1-1 w/w verhouding was 90% na zowel 48 uur als 14 dagen. Bij een preferentietest waarbij de wormen konden kiezen tussen dit mengsel met en zonder steenwol bleek 77% van de wormen een voorkeur te hebben voor het substraat met steenwol. Kennelijk verbeterde de toevoeging van steenwol de eigenschappen van het substraat voor de wormen.

Istenič et al. (2024) onderzochten de effecten van steenwol-afval van hydroponics als bodemverbeteraar op respectievelijk fytotoxiciteit (op *Sinapis alba* L.), acute toxiciteit op aquatische bacteriën (*Aliivibrio fischeri*) en op het gedrag van regenwormen (*Lumbricus rubellus*). Uit deze studie komen geen significant fytotoxische effecten naar voren. Uit de acute toxicologie test op *A. fischeri* bleek dat er geen significante verschillen in toxiciteit waren tussen de gehalten steenwol en dat de remming van bioluminescentie (als maat voor toxiciteit) laag of afwezig was in de samples. Deze resultaten indiceren dat vanuit fyto- en aquatische toxiciteitsoogpunt steenwol waarschijnlijk veilig kan worden toegepast. Wel bleken de regenwormen de gemengde substraten (10%, 50% en 90% steenwol) te mijden, waarbij gold dat hoe hoger het percentage steenwol hoe sterker de wormen het substraat vermeden. Vreemd genoeg bleken de wormen 100% steenwol niet meer te mijden dan de controle. Dit resultaat bleef bij herhaling van het experiment met drie replica's overeind. De auteurs geven aan dat hergebruikte steenwol parameters vertoont voor veilige toepassing als bodemverbeteraar maar dat nader onderzoek gezien het beperkte aantal studies gewenst is.

Zheng et al. (2023) onderzochten het effect van verschillende gehalten steenwol en twee zeeffracties (2000 µm en 841 µm) in de bodem op *Eisenia fetida*. Hierbij is naast effecten van steenwoltoevoeging aan de bodem op gedrag van de wormen ook onderzocht wat de effecten zijn op kationuitwisseling, waterretentie, enzymactiviteit en microbioom in het verteringsstelsel van de wormen. Uit deze studie bleek de overleving van de wormen af te nemen na toevoeging van 1% steenwol, maar geen significante verdere sterfte bij hogere gehalten. Bij fijne steenwoldeeltjes is het effect minder dan bij de grovere fractie. Wel leek er vanaf 3% toevoeging een geleidelijke afname op te treden van de overleving bij fijne fracties steenwol. Bij hogere gehalten steenwol in de bodem. Mijdingsgedrag neemt eveneens toe bij hogere gehalten steenwol. Bij gehalten kleiner dan 1% was geen significant effect zichtbaar. Bij de fijne fractie steenwol trad vanaf een gehalte van 3% een verandering in gedrag op. Uit het

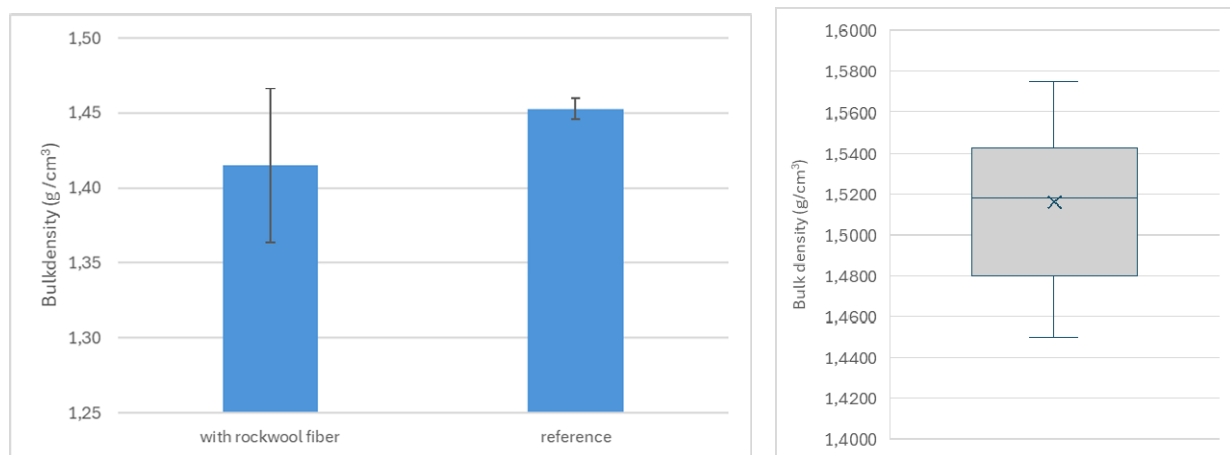
onderzoek naar enzymactiviteit komen wisselende resultaten waarbij een hoger gehalte steenwol niet altijd tot meer effect leidt. Wel lijkt het effect van de grovere fractie steenwol sterker dan voor de fijnere fractie. Hogere gehalten steenwol bleken in de studie geen significante effect te hebben op het microbiom in de wormen. De auteurs stellen dat hoge gehalten steenwol (>10%) in de bodem een negatief effect heeft op de *Eisenia fetida* en de kationuitwisseling van de bodem en dat bij gehalten >20% de enzymhuishouding van de wormen negatief wordt beïnvloed. Lage gehalten (<3%) hadden weinig effect op gedrag van de wormen en waren positief voor de bodemfysische eigenschappen.

Concluderend kan gesteld worden dat er nog te weinig informatie beschikbaar is over de effecten van steenwol-toevoeging op het bodemleven. De effecten op het gedrag van wormen zijn wisselend waarbij wormen vaak ontwijkend gedrag vertonen, maar soms juist een voorkeur vertonen voor mengsels met steenwol. Het ontwijkende gedrag lijkt vooral samen te hangen met irritatie van de buitenzijde van de worm waarbij grovere fracties steenwol in de bodem meer irriteren dan fijne fracties. Overall lijken wormen minder mijdend gedrag te vertonen bij lage gehalten fijn verdeelde steenwol. Op basis van de beschikbare literatuur wordt aanbevolen om vooralsnog niet meer dan 3% w/w steenwol toe te voegen aan sportbodems en hierbij zo fijn mogelijke steenwolklonken door te mengen. Gezien het gebrek aan studies is echter aanvullend onderzoek naar het effect van steenwol op bodemorganismen noodzakelijk om beter onderbouwde uitspraken te kunnen doen.

3.2 Effect van vezelconcentratie op waterretentie-eigenschappen

De bulkdichtheid van de met vezel versterkte bodem op Ookmeer is in lijn met eerdere studies gemiddeld lager dan de dichtheid van de bodem van het referentieveld (Figuur 3, links). De verhoudingsgewijs grote standaarddeviatie bij de vezelversterkte bulkdichtheid wordt veroorzaakt door één monster met een wat hogere dichtheid.

Om te onderzoeken wat het effect is van verschillende gehalten steenwolvezel zijn zoals aangegeven in paragraaf 2.1 achttien bodemkernen in het laboratorium vervaardigd met als basis geroerde bodem van het Loopveld (6 varianten in triplo). Hierbij is getracht de bodemonsters te verdichten tot een voor sportvelden representatieve dichtheid. Als referentie zijn hiervoor alle gestoken samples van Ookmeer en Loopveld gebruikt. De bulkdichtheid van deze ongestoorde samples varieert tussen 1.45 – 1.49 g/cm³. In Figuur 3 (rechts) is de verdeling in bulkdichtheid voor de 18 gestoorde bodemonsters na verdichten in de ringen in een boxplot weergegeven. Uit de boxplot blijkt dat de samengestelde monsters een iets hogere bulkdichtheid hebben, maar de verschillen zijn klein.

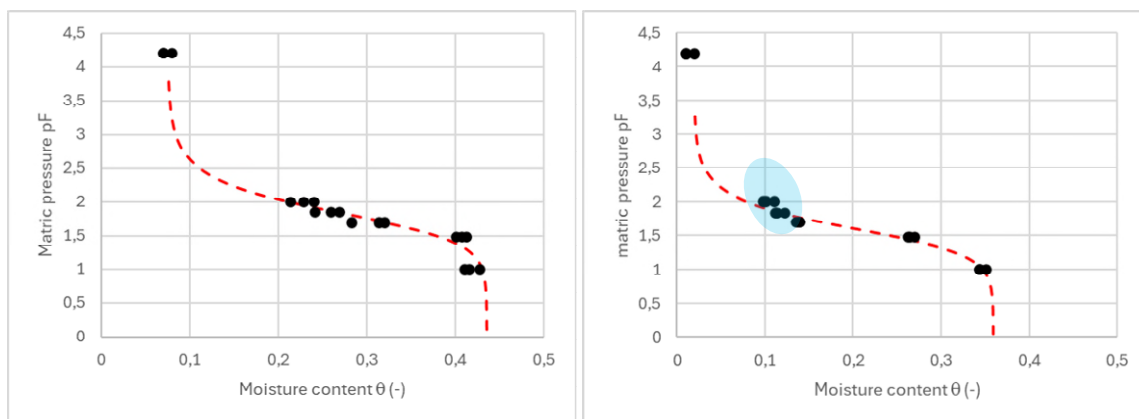


Figuur 3 Bulkdichtheid van de op Ookmeer gestoken ongestoorde bodemonsters, met errorbars is de standaarddeviatie weergegeven (links) en (rechts) de bulkdichtheid van de in het lab samengestelde en verdichte bodemonsters met verschillende percentages steenwolvezel

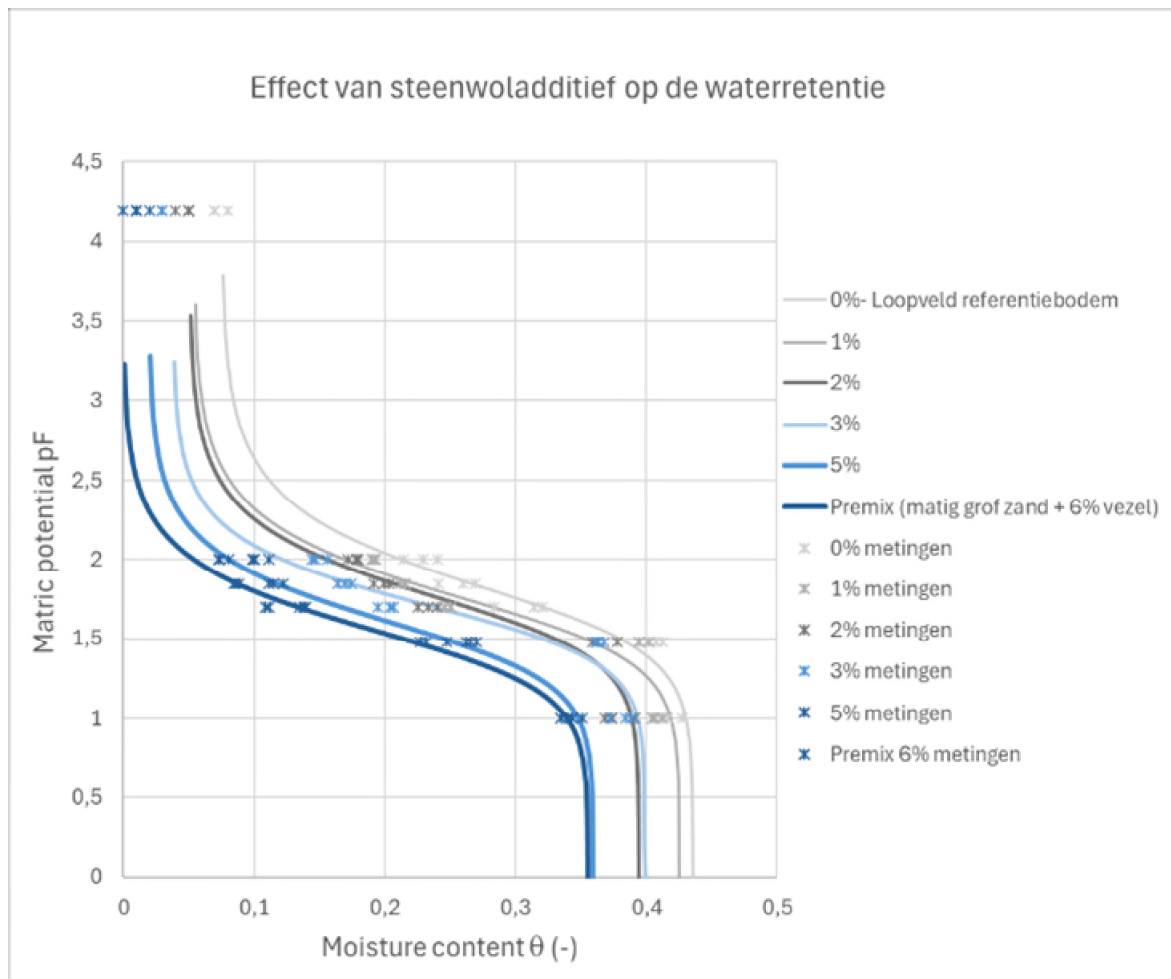
Vervolgens is voor de zes verschillende percentages steenwolvezels bij verschillende drukhoogtes en bij verwelkingspunt (pF 4.2, $h = -1.6 \cdot 10^4$ cm waterkolom) het vochtgehalte bepaald. Uit de metingen komt naar voren dat de drainage van de bodem toeneemt en dat er minder water wordt vastgehouden (lager bodemvochtgehalte) in het traject pF 1 – pF 2 ($h = -10$ - -100 cm) bij toenemende concentratie vezel. Hierbij moet bedacht worden dat er gebruik is gemaakt van een voorgemengd additief bestaande uit matig grof leemarm zand en 6% steenwolvezel (de zogenaamde 'premix'). Bij een vezel gehalte van 5% wordt de resulterende bodemmix sterk beïnvloed door de eigenschappen van het gebruikte zandmengsel in de premix. Dit veroorzaakt waarschijnlijk ook de oplopende bulkdichtheid bij toenemend gehalte vezels: het monster bevat verhoudingsgewijs ook steeds meer zand uit de premix.

In de metingen lijkt vanaf pF 1.7 (-50 cm) een knik te ontstaan in de curve van monsters met vezeladditief. Helaas was het vanuit budgetoogpunt niet mogelijk om in het traject tussen pF 2 en pF 4.2 metingen te doen met een suction plate. Een knik zou betekenen dat in het traject tussen onderkant veldcapaciteit en verwelkingspunt ondanks de toegenomen drainage water beschikbaar blijft.

Op de metingen zijn vervolgens met RETC (Van Genuchten et al., 1992) Mualem-Van Genuchten (MVG) retentiefuncties gefit (Figuur 4; Figuur 5). De gefitte parameterwaarden zijn opgenomen in Tabel 2. De gefitte retentiecurve voor de Loopveld bodem (Figuur 4, links) volgt goed het verloop van de metingen. De MVG functies lijken echter niet goed in staat om de knik in de data van grondmonsters met vezel te reproduceren (zie blauwe arcering Figuur 4, rechts). De gefitte functies onderschatten hierdoor waarschijnlijk het bodemvochtgehalte bij drukhoogtes tussen pF 1.7 en 4.2. Samenvattend ontstaat er bij toenemende vezelconcentratie (en dus een groter aandeel premix) meer drainage in het traject pF 1 - 2, maar waarschijnlijk ook een verhoudingsgewijs minder sterke afname van bodemvochtgehalte in het traject tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt. Dit laatste wordt echter in deze metingen vertroebeld door het simultaan toenemende gehalte zand uit de premix wat afwijkt van het oorspronkelijke Loopveld zand, door o.a. een residueel vochtgehalte van 3%. In een vervolgonderzoek is het aan te raden om voor het samenstellen van de premix gebruik te maken van het lokale zand.



Figuur 4 Voorbeelden van gemeten (zwarte punten) en gemodelleerde (rode onderbroken lijn) waterretentie voor de referentiebodem (links) en de Loopveldbodem met 5% vezels (rechts).



Figuur 5 Effect van verschillende percentages steenwolvezel op de waterretentie van de Loopveld bodem. De gefitte functies onderschatten waarschijnlijk het bodemvochtgehalte tussen pF 1.7 en pF 4.2

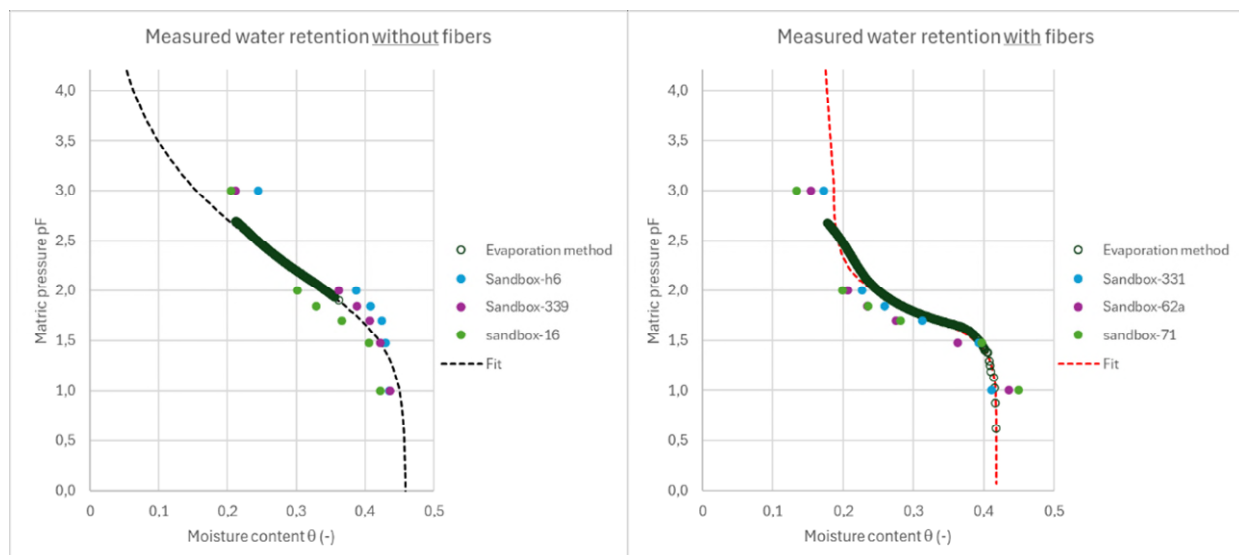
Tabel 2 Gefitte MVG parameterwaarden voor de samengestelde monsters op basis van vezel premix en Loopveld bodem

Percentage vezel	ρ_d g/cm ³	θ_r cm ³ /cm ³	θ_s cm ³ /cm ³	α 1/cm	n	R ²
Loopveld 0%	1.49	0.075	0.44	0.020	2.241	0.98
Loopveld 1%	1.47	0.054	0.43	0.023	2.323	0.97
Loopveld 2%	1.53	0.051	0.39	0.022	2.379	0.96
Loopveld 3%	1.51	0.04	0.40	0.024	2.60	0.96
Loopveld 5%	1.52	0.02	0.36	0.032	2.452	0.96
Premix 6%	1.57	0.0*	0.36	0.036	2.457	0.97

* waarde wordt door de MVG functie onderschat in vergelijking met de metingen

3.3 Vergelijkend veldonderzoek bodemfysische eigenschappen Ookmeer

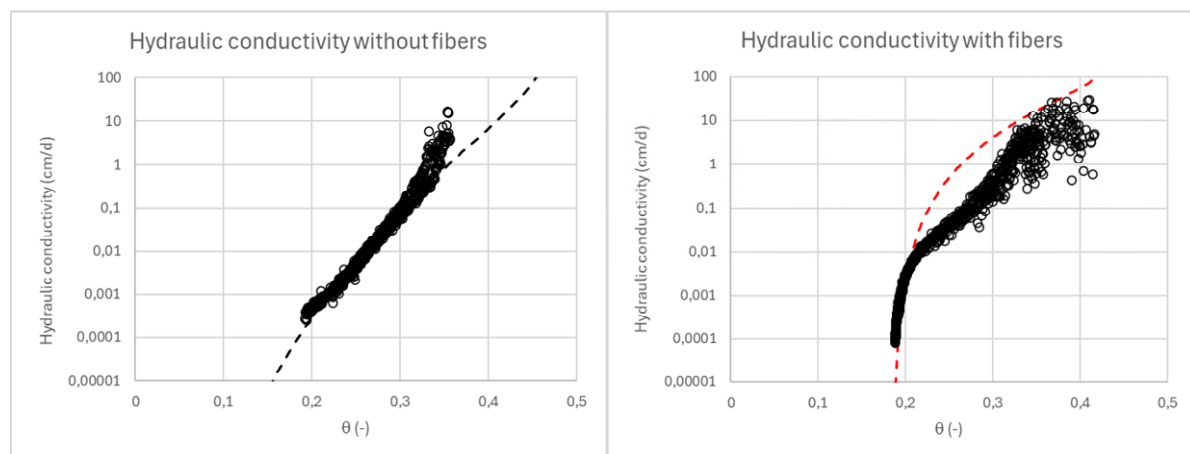
Zoals beschreven in paragraaf 2.1 zijn op sportpark Ookmeer ongestoorde bodemkernen gestoken uit de bodem van het met vezeladditief behandelde veld en uit het naastgelegen onbehandelde sportveld. De in triplo gestoken $\varnothing 53$ millimeter ringen zijn ingezet op de sandbox (bij respectievelijk pF 1.0, 1.48, 1.70, 1.85 en 2.00) en vervolgens op een pressure plate bij pF3. De grote diameter ringen zijn ingezet volgens de verdampingsmethode. In Figuur 6 zijn de resultaten voor beide sets samples weergegeven. Uit de resultaten komen duidelijke verschillen naar voren tussen beide velden. De metingen afkomstig van steekmonsters uit het onbehandelde referentieveld tonen een flauwe curve, met relatief hoog waterhoudend vermogen bij veldcapaciteit en matige drainage. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een relatief hoog gehalte organische stof in de toplaag. Ook zijn de retentie-eigenschappen vergeleken met het behandelde veld vrij heterogeen. In de resultaten van de steekmonsters uit het met vezel behandelde veld is een toename van de drainage en lagere bodemvochtgehaltenes bij pF waarden tot 1.7 zichtbaar. Vervolgens vertoont de retentiecure een duidelijke knik en blijft het bodemvochtgehalte bij hogere pF waarden relatief hoog. Hierdoor blijft relatief langer bodemvocht beschikbaar voor de plant. Deze knik is niet zichtbaar in het uitgangsmateriaal waar de metingen in de verschillende steekmonsters een vergelijkbare flauwe curve laten zien. Het vochtgehalte blijft rond aan vulpunt (pF 2.7) in de vezelversterkte bodem dus vergelijkbaar met de oorspronkelijke bodem op Ookmeer terwijl de drainage wel is verbeterd. Bovenstaande bevestigt de eerdere observatie bij de samengestelde bodemonsters. Het blijkt uitdagend om een MVG model te fitten op de vezelversterkte bodems, waardoor het vochtgehalte bij lagere (negatieve) drukhoogtes (hoge pF) wordt overschat door het model (Figuur 6, rechter figuur). De gefitte knik is hierdoor wat te scherp. Anderzijds lijkt het vochtgehalte bij de onbehandelde bodem te worden onderschat bij pF waarden groter dan 2.0.



Figuur 6 Met een sandbox en pressure plate (gekleurde punten) en verdampingsmethode gemeten waterretentiedata op basis van steekmonsters in het vezelversterkte veld (rechts) en het onbehandelde veld (links). Met de onderbroken lijnen zijn de met RETC op de data van de evaporation method gefitte Mualem-Van Genuchten functies weergegeven.

Het fitten van de onverzadigde doorlatendheid op basis van de verdampingsproef data is zo mogelijk nog complexer. Voor het referentieveld is de fit redelijk en neemt de onverzadigde doorlatendheid tussen $\theta = 0.2$ en $\theta = 0.35$ exponentieel toe in zowel de data als het gefitte model (Figuur 7, linker figuur). Afwijkingen tussen metingen en model zijn zichtbaar in het bodemvochtbereik nabij verzadiging $\theta > 0.35$. Dit is niet ongebruikelijk in bodems en hangt samen met het vullen van in de bodem aanwezige grotere poriën waardoor de onverzadigde doorlatendheid sterker toeneemt (Schaap & Van Genuchten, 2006). In de -op de data van de vezelversterkte bodem gefitte- relatie tussen vochtgehalte en doorlatendheid (Figuur 7, rechter figuur) wordt de doorlatendheid in het traject tussen ca. $\theta = 0.2$ en $\theta = 0.35$ overschat. Bij ca. $\theta = 0.2$ is wederom een knik in de curve zichtbaar en neemt de doorlatendheid meer dan exponentieel af bij lagere vochtgehalten. Dit deel van de curve wordt wel goed door het gefitte MVG-model voorspeld, gefitte MVG-parameters zijn opgenomen in Tabel 3.

De gevonden knikken in waterretentie- en doorlatendheidscurves van de met vezel additief behandelde bodem duiden op zogenaamd 'dual porosity/permeability' waarbij delen van de bodem verschillende bodemfysische eigenschappen hebben (Durner, 1994; Köhne et al., 2002). Dit sluit uiteraard goed aan bij de toevoeging van steenwolvezels aan deze bodem. Door de toevoeging van de fijne vezels wordt bodemvocht beter vastgehouden rond deze vezels in de bodem. Bij een uitzakkende grondwaterstand blijft hierdoor in de toplaag meer bodemvocht beschikbaar voor de grasmatt. Bij hogere vochtgehalten neemt het relatieve belang van de vezels af en neemt de doorlatendheid snel toe waardoor overtollig bodemvocht makkelijk kan afvloeien. De toevoeging van het additief heeft dus zowel een positief effect op vermindering van droogtestress van de plant (er is onder droge condities langer water beschikbaar) als op zuurstofstress (onder natte condities stroomt overtollig water goed weg).



Figuur 7 Onverzadigde doorlatendheid als functie van het bodemvochtgehalte (θ) voor een kern uit het referentieveld (links) en voor de vezelversterkte bodemkern (rechts)

Tabel 3 Gefitte Mualem-Van Genuchten parameters voor zowel de referentiebodem als de vezelversterkte bodem op Ookmeer

	θ_r cm ³ /cm ³	θ_s cm ³ /cm ³	α 1/cm	n	m	λ	Ks cm/d	R ² tot	R ² θ	R ² k
Ookmeer referentie	0.00	0.459	0.0155	1.39	0.28	6.541	301	0.98	0.98	0.56
Ookmeer vezelversterkt	0.186	0.418	0.0195	2.94	0.66	0.5	100	0.99	0.99	0.41

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

- **Effect op bodemleven volgens wetenschappelijke literatuur**

Uit de literatuurreview blijkt dat er slechts een zeer beperkt aantal studies is uitgevoerd naar de effecten van toevoeging van steenwol op bodemleven. Op bacteriepopulaties en planten heeft toevoeging van steenwol in de gevonden studies geen negatieve effecten. De effecten op wormen zijn wisselend. Wormen vertonen in de regel vermijdsend gedrag, maar niet altijd en zijn in één studie zelfs juist aangetroffen in 100% steenwol. Hogere gehalten steenwol lijken echter te resulteren in vermijdsend gedrag door de wormen. Dit hangt mogelijk samen met irritatie aan de buitenzijde van de worm. De effecten lijken het meest prominent vanaf ca. 3% w/w en bij grovere vlokken steenwol. Onder 3% w/w is er volgens Zheng et al. (2023) weinig effect op de activiteit van de wormen. Aanbevolen wordt om dit gehalte vooralsnog als grenswaarde te hanteren.

- **Verschillen in gemeten bodemfysische eigenschappen tussen een vezel behandeld veld en een onbehandeld naastgelegen referentieveld**

Op basis van genomen steekmonsters op sportpark Ookmeer neemt de gemiddelde bulkdichtheid af bij toevoeging van steenwol aan de sportbodem. Ook in de waterretentie en onverzadigde doorlatendheid zijn veranderingen zichtbaar. Tot veldcapaciteit blijken de met steenwol behandelde velden beter te draineren. Bij zuigspanningen vanaf veldcapaciteit tot verwelkingspunt (pF 2.0 – pF 4.2) verandert de waterretentie in de met steenwol behandelde bodem en wordt bodemvocht beter vastgehouden. Deze verandering van eigenschappen is ook zichtbaar in de gemeten onverzadigde doorlatendheid die vanaf dit drukhoogtetraject sterk afneemt. Hierdoor is rond aanvulpunt (pF 2.7) het bodemvochtvochtgehalte ondanks de toegenomen drainage vergelijkbaar met de oorspronkelijke bodem. Overtollig water wordt dus effectiever afgevoerd, terwijl onder condities met lage drukken meer bodemvocht in de bodem wordt vastgehouden.

- **Verandering van de bodemfysische eigenschappen bij een toenemend gehalte steenwolvezels**

In het lab zijn verschillende gehalten steenwol in de vorm van een 'premix' door de bodem van 't Loopveld gemengd en in ringen verdicht. Vervolgens zijn van deze bodemmonsters retentie-eigenschappen bepaald. Deze eigenschappen worden echter mede bepaald door het zand waarmee de steenwolvezels zijn voorgemengd in de premix. Op basis van de resultaten lijkt een percentage steenwol tussen 2% en 3% w/w nog goede drainerende eigenschappen te hebben, maar ook nog voldoende water vast te houden onder droge condities (traject van veldcapaciteit tot verwelkingspunt). Bij hogere gehalten steenwol neemt het residueel vochtgehalte sterk af (halvering θ_r tussen 3% en 5%). Dit hangt waarschijnlijk samen met evenredige toevoeging van zand met de steenwolvezels in de premix.

4.2 Aanbevelingen

- Het aantal studies naar de effecten van steenwolvezels op bodemleven is zeer beperkt. Het is aan te bevelen om een studie uit te voeren naar de invloed van verschillende gehalten steenwol in sportveldbodems op het gedrag van aardwormen.

- In een vervolgstudie is het voor het bepalen van de effecten van toenemende gehalten steenwol aan te raden om voor de premix gebruik te maken van dezelfde sportbodem als waarmee de premix gemengd wordt.
- De retentie- en doorlatendheidsfuncties van met vezel versterkte bodems kunnen niet goed worden gefit met standaard Mualem-Van Genuchten functies. Het is aan te bevelen om hier bij modellering rekening te houden en bij voorkeur de functies te fitten met een dual permeability/porosity model. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van de data uit de verdampingsproef.
- Gezien de uitkomsten van de studies naar gedrag van wormen en de resultaten van het bodemfysisch onderzoek lijkt een percentage tussen 2 en 3% w/w optimaal en acceptabel voor het bodemleven.

5 Referenties

Durner, W. (1994). Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. *Water resources research*, 30(2), 211-223.

Ečimović, S., Velki, M., Mikuška, A., Bažon, J., Kovačić, L. S., Kristek, S., ... & Lončarić, Z. (2022). How the composition of substrates for seedling production affects earthworm behavior. *Agriculture*, 12(12), 2128.

Istenič, D., Prosenc, F., Zupanc, N., Turel, M., Holobar, A., Milačič, R., ... & Mihelič, R. (2024). Composting of recovered rock wool from hydroponics for the production of soil amendment. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(20), 29280-2929

Köhne, J. M., Köhne, S., & Gerke, H. H. (2002). Estimating the hydraulic functions of dual-permeability models from bulk soil data. *Water resources research*, 38(7), 26-1.

Schaap, M. G., & Van Genuchten, M. T. (2006). A modified Mualem–van Genuchten formulation for improved description of the hydraulic conductivity near saturation. *Vadose Zone Journal*, 5(1), 27-34.

Van Genuchten, M. Th, F. J. Leij, and S. R. Yates. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, 1992.

Zheng, S., Wang, C., Ju, J., Dai, Q., Zhao, H., Liu, P., & Wang, X. (2023). Is Rockwool Potentially Harmful to the Soil Environment as a Nursery Substrate? Taking *Eisenia fetida* as an Example for Toxicological Analysis. *Agriculture*, 13(10), 1964.

Jaar van publicatie
2025

Meer informatie
Dr. ir. Gijsbert Cirkel
T 06-20614497
E Gijsbert.cirkel@kwrwater.nl

Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T +31 (0)30 60 69 511
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR 2025.107 | 14 november 2025 ©KWR

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Keywords

Bodemfysica, natuurgrasvelden,
sportvelden, steenwol, pF, Retentie