



Praktijkproef bestrijding Aziatische duizendknopen met heet water

Tussenrapportage resultaten 2018, 2019 en 2020



Joyce Penninkhof, Coen de Kleine & Martijn Boosten

Wageningen, maart 2021



Praktijkproef bestrijding Aziatische duizendknopen met heet water

Tussenrapportage resultaten 2018, 2019 en 2020

Joyce Penninkhof, Coen de Kleine & Martijn Boosten

Wageningen, maart 2021

Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, maart 2021

Auteurs: Joyce Penninkhof, Coen de Kleine & Martijn Boosten

Titel: Praktijkproef bestrijding Aziatische duizendknopen met heet water
Tussenrapportage resultaten 2018, 2019 en 2020

Uitgever: Stichting Probos
Postbus 253, 6700 AG Wageningen
tel. 0317-46 65 55
mail@probos.nl
www.probos.nl

Opdrachtgever:
Provincie Gelderland

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.
- Stichting Probos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Foto omslag: Martijn Boosten, Stichting Probos

Inhoudsopgave

1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel	8
1.3 Opzet praktijkproef en leeswijzer	8
2 Methode	9
2.1 Proeflocaties	9
2.2 Aannemers en heetwatermethoden	10
2.3 Monitoring	11
2.4 Data-analyse	13
2.5 Bodemvoedselwebanalyse	13
2.6 Visuele beoordeling wortels	14
3 Resultaten tot en met 2020	15
3.1 Uitgangssituatie	15
3.2 Verstoring proeflocaties	16
3.3 Ontwikkeling aantal stengels	18
3.3.1 Effect van verstoring	18
3.3.2 Effect van behandeling op aantal stengels	18
3.4 Ontwikkeling bovengrondse biomassa	23
3.5 Omvang haarden	25
3.6 Hergroei na staken heet water behandelingen	26
3.7 Bodemvoedselwebanalyse	28
3.8 Visuele beoordeling wortels 2020	32
3.9 Behandelingsrondes, gebruikte hoeveelheid heet water en manuren	35
3.9.1 Aannemer 1	35
3.9.2 Aannemer 2	36
3.9.3 Aannemer 3	36
3.9.4 Aannemer 4	37
3.9.5 Overzichten	38
4 Conclusies	41
Bronnen	43

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op steeds meer plekken in Nederland komen Aziatische duizendknopen¹ voor. Deze Aziatische duizendknopen zijn invasieve uitheemse plantensoorten, die zeer moeilijk te bestrijden en te beheersen zijn. Ze rukken steeds verder op in onder meer natuurterreinen, bermen, tuinen, plantsoenen en tussen verhardingen en verdringen de oorspronkelijke vegetatie. Daarnaast geven ze economische schade doordat bijvoorbeeld stabiliteit van dijken en taluds wordt verminderd en de enorm groeikrachtige wortelstokken verhardingen, funderingen en rioleringen beschadigen. Ook kan op plekken de verkeersveiligheid in het gedrang komen omdat duizendknoop het zicht op de weg of kruisingen ontnemt.

In de periode 2013-2017 heeft Stichting Probos samen met 31 terreinbeherende organisaties een praktijkproef uitgevoerd, waarbij op meer dan 100 groeilocaties bestrijdingsmethoden (intensief maaien, afdekken, begrazing en bestrijding met herbiciden) zijn getest. De resultaten van deze praktijkproef zijn in december 2017 gepubliceerd (Oldenburger *et al.*, 2017). Uit de praktijkproef blijkt dat er niet één methode is aan te wijzen die het beste werkt. Wel is duidelijk inzicht verkregen in de effectiviteit en kosten van de verschillende methoden.

Een methode die de laatste jaren veel wordt toegepast, is behandeling met heet water. Door heet water te injecteren in de grond of op de bladeren en stengels te sproeien, worden duizendknoopstengels en wortels verzwakt. Er ontstaan onder meer brandwondjes op de wortels, waardoor de plant vatbaar wordt voor schimmels. De methode is niet meegenomen in de praktijkproef die in de periode 2013-2017 is uitgevoerd, omdat de methode bij de start van de proef nog onvoldoende bekend was.

Er zijn in Nederland verschillende aannemers die duizendknoophaarden met heet water en/of stoom behandelen, waarbij de duizendknoop in ieder geval verzwakt lijkt te worden en de haarden in omvang lijken te reduceren. Het is echter nog onduidelijk in hoeverre duizendknoop met heet water volledig bestreden kan worden of in welke mate de methode helpt om duizendknoop te beheersen. Er is nog geen gestructureerd en onafhankelijk praktijkonderzoek gedaan naar de methode.

In opdracht van de provincie Gelderland is Stichting Probos in 2018 een praktijkproef met heet water gestart. Op een aantal wegbermlocaties verspreid door de provincie worden duizendknoophaarden met heet water behandeld. In de praktijkproef worden de verschillende 'heet watermethoden' vergeleken die op dit moment door aannemers op de markt worden aangeboden.

¹ Aziatische duizendknopen is een verzamelnaam voor: Japanse duizendknoop (*Fallopia japonica*), bastaardduizendknoop (*Fallopia x bohemica*) en Sachalinse duizendknoop (*Fallopia sachalinensis*).

1.2 Doel

Het doel van de praktijkproef is om meer inzicht te krijgen in de effectiviteit van behandeling van Aziatische duizendknopen met heet water. Hierbij wordt niet alleen inzicht verkregen in de effectiviteit in het algemeen, maar ook welke variant van de ‘heet watermethode’ het meest geschikt is en wat de kosten per variant zijn. Daarnaast moet de monitoring inzicht geven in de effecten van behandeling met heet water op de flora en fauna in de bermen.

1.3 Opzet praktijkproef en leeswijzer

In overleg met de opdrachtgever is er voor gekozen om een proef op te zetten waarbij vier ‘heet watertechnieken’ met elkaar worden vergeleken. De proef is gestart in mei 2018 en bestrijkt in principe 5 jaar. In de proef worden de duizendknoophaarden meerdere malen per jaar behandeld met heet water. Jaarlijks worden de effecten in het veld gemonitord. In deze tussenrapportage worden de resultaten tot en met 2020 weergegeven.

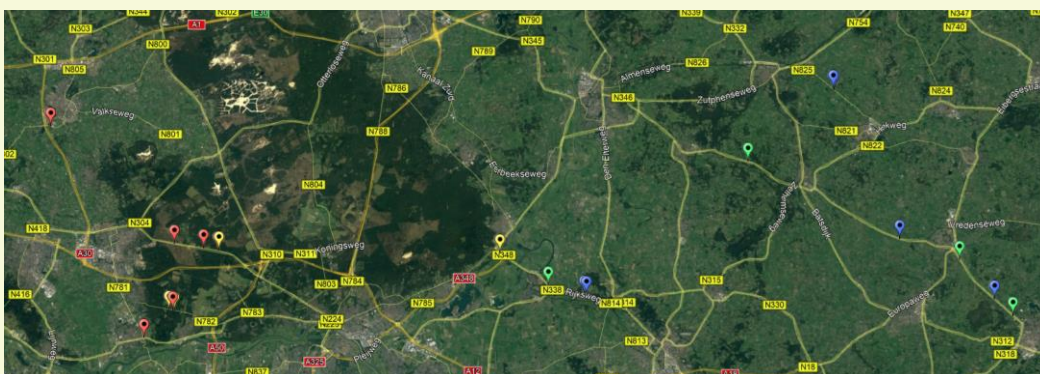
In hoofdstuk 2 wordt de proefopzet toegelicht. Hoofdstuk 3 bespreekt de resultaten van de proef tot en met het tweede jaar. Tot slot worden in hoofdstuk 4 enkele voorlopige conclusies uit de proef getrokken en aanbevelingen gegeven voor het vervolg in 2021.

2 Methode

2.1 Proeflocaties

De praktijkproef wordt uitgevoerd in wegbermen in de provincie Gelderland. Dit was de wens van de opdrachtgever (Provincie Gelderland), omdat daar de meeste problemen met duizendknoop zijn. Verkeersveiligheid is een belangrijk aspect en het risico op verspreiding door traditioneel maaibeheer is op deze locaties het grootst. De heet watermethoden worden getest langs zogenaamde N-wegen.

De Provincie Gelderland heeft mogelijke specifieke locaties en N-wegen waar duizendknoopharden aanwezig zijn aangedragen. Stichting Probos heeft in het veld locaties geselecteerd en de afmetingen van de harden bepaald. De geselecteerde proeflocaties hebben zoveel mogelijk een scherpe grens tussen de duizendknoophard en overige bermvegetatie. De geselecteerde locaties (duizendknoopharden) hebben een minimale omvang van 10 m² en een maximale omvang van 500 m². Figuur 2.1 laat de ligging van de proeflocaties zien.



Figuur 2.1

Ligging proeflocaties

Vervolgens zijn de locaties toegewezen aan de vier meewerkende aannemers die elk de heet water methode op een iets andere wijze uitvoeren (zie paragraaf 2.2). Waar mogelijk worden per N-weg locaties door twee aannemers bestreden, zodat onder zoveel mogelijk gelijke omstandigheden de effecten per ‘heet watermethode’ kunnen worden vergeleken. Daarnaast zijn er een aantal locaties aangewezen waar geen behandeling plaatsvindt. Deze dienen als controle/referentie locatie.

De geselecteerde locaties liggen allen op droge zandgronden om de factor ‘bodentype’ gelijk te houden. Tijdens de eerdere praktijkproef en uit gesprekken met beheerders blijkt dat beschaduwing effect zou kunnen hebben op de groei van duizendknoop en het effect van behandeling. De locaties zijn geclassificeerd op “beschaduwd” en “niet-beschaduwd”. Elke aannemer bestrijdt zowel beschaduwde als niet-beschaduwde locaties. In 2019 zijn er 4 beschaduwde locaties toegevoegd aan de proef om een betere verdeling te krijgen tussen beschaduwde en niet-beschaduwde proeflocaties. Vanwege tegenvallende resultaten en de

hoge kosten bij twee aannemers is besloten om in 2020 de praktijkproef in afgeslankte vorm voort te zetten. Zie tabel 2.1 voor een totaaloverzicht.

De volgende factoren zijn niet meegenomen:

- Leeftijd van de haarden. Deze zijn grotendeels onbekend.
- Behandeling in het verleden. Over het algemeen zijn de locaties uitsluitend gemaaid, maar het valt niet uit te sluiten dat locaties ook op andere wijze zijn bestreden (bijvoorbeeld door omwonenden).

Tabel 2.1

Overzicht van het aantal proeflocaties per behandeling (controlelocaties en aannemers)

Behandeling	Totaal aantal proeflocaties	Aantal proeflocaties beschaduwd	Aantal proeflocaties niet-beschaduwd
Controle	8	4	4
Aannemer 1*	9	4	5
Aannemer 2*	7	4	3
Aannemer 3	8	4	4
Aannemer 4	9	4	5
Totaal	41	20	21

**Aannemers 1 en 2 hebben in 2020 geen behandelingen uitgevoerd*

2.2 Aannemers en heet watermethoden

Er nemen vier aannemers deel aan de proef die elk hun eigen wijze (techniek) voor de behandeling van Aziatische duizendknopen met heet water en/of stoom hebben ontwikkeld. De technieken en werkwijzen die deze aannemers gebruiken, verschillen onder meer in de gebruikte hoeveelheid water, wijze van voorbehandelen van de locatie (maaien of niet), behandel frequentie en injectiemethode (soort lans). De overeenkomst is dat alle aannemers heet water gebruiken van ongeveer 98 °C. Bij de praktijkproef is aan de aannemers gevraagd de bestrijding met heet water zo uit te voeren zoals volgens hen de beste wijze is. Elke aannemer bestrijdt 7 tot 9 groeilocaties. Per wegberm is getracht om minimaal twee aannemers naast elkaar de behandeling te laten uitvoeren om de methoden zo veel mogelijk te kunnen vergelijken onder gelijke omstandigheden.

Drie aannemers hebben een redelijk vergelijkbare uitvoering van de heet water: tijdens de eerste behandeling wordt de duizendknoop, als deze hoog is, eerst gemaaid en/of gespreoid met heet water. In de behandelingen daarna wordt met een lans om de 20 à 30 cm in de bodem geprikt en heet water geïnjecteerd. Eén van de aannemers heeft een eigen lans ontwikkeld die iets afwijkt. Een aantal van deze aannemers gebruikt het ISRP-systeem (Invasieve Soorten reductie Programma). Hierin worden de gemiddelde stengelhoogte en bedekking ingevoerd en er worden foto's voor en na de behandeling gemaakt. Het systeem berekent hoeveel behandelingen er nodig zijn en wanneer deze uitgevoerd moeten worden.

De vierde aannemer diende eenmalig in het 1^e jaar van de proef een grote hoeveelheid water toe. De behandeling daarna bestaat uit het uittrekken van hergroei en het inzaaien van de proeflocaties met een kruidenrijk mengsel om schaduwdruk te creëren.

2.3 Monitoring

Het verzamelen van monitoringsgegevens in het veld is uitbesteed aan Ecogroen. Probos heeft bij het monitoren een coördinerende en controlerende functie. In 2018 is een nulmeting uitgevoerd voorafgaand aan de eerste heet water behandeling. Ook in 2019 en 2020 hebben de eerste monitoringsrondes plaats gevonden voor de eerste behandeling. Aan het einde van het groeiseizoen heeft de monitoring in zowel 2018 als 2019 en 2020 plaatsgevonden vlak voor de laatste behandelingsronde. In tabel 2.2 staat wanneer de monitoring precies heeft plaatsgevonden.

Tabel 2.2			
<i>Momenten waarop monitoring heeft plaatsgevonden</i>			
Jaar	nulmeting	Monitoring begin groeiseizoen voorafgaand aan eerste behandelingsronde	Monitoring einde groeiseizoen voorafgaand aan laatste behandelingsronde
2018	23 t/m 28 juli	n.v.t	17 t/m 26 oktober
2019	n.v.t	15 t/m 21 april	16 t/m 29 oktober
2020	n.v.t	1 t/m 8 april	1 t/m 23 oktober

De monitoring wordt gedaan in permanente kwadraten (pq's) van 4 m² groot (2 x 2 meter). Per proeflocatie worden er 2 pq's gelegd die met messing plaatjes op 10 cm diepte in de bodem worden gemarkeerd (zie figuur 2.2). Bovengronds worden de pq's met piketten gemarkeerd. In de controlelocaties waar niet wordt bestreden, wordt één pq gelegd.



Figuur 2.2

Messing plaatje om de pq's te markeren

Per proeflocatie worden de volgende zaken genoteerd:

- De soort duizendknoop (Boheemse, Japanse of Sachalinse)
- De hoogte van de duizendknoop in 3 hoogteklassen (<1 meter; 1-2 meter; > 2 meter)
- Opvallende zaken aan de duizendknoop, zoals vraat, verkleuring van blad, verstoring door maaiwerk, slinger groei, verdroging, etc.)

In de beide pq's wordt bepaald/gemeten:

- De bedekking van de duizendknoop
- Het totaal aantal stengels
- De lengte en diameter van de stengel van 20 stengels die representatief zijn voor het pq
- De bedekking van de ondergroei (moslaag en kruidlaag)
- De bedekking van de 5 meest dominante vaatplantensoorten
- Eventuele faunawaarnemingen
- Tijdens de monitoring aan het einde van het groeiseizoen wordt ook de bovengrondse biomassa van de duizendknoop bepaald door het afknippen en wegen van alle duizendknoopstengels in de pq's.

Elk jaar wordt de opzet en effectiviteit van de proef geëvalueerd. Op basis van de evaluatie wordt besloten of de behandeling of monitoring op een locatie wordt voortgezet. Voor een uitgebreide beschrijving van de proefopzet en monitoring voor de gehele looptijd van de proef wordt verwezen naar het separate monitorings- en uitvoeringsplan (Penninkhof & Boosten, 2018).

2.4 Data-analyse

Per aannemer zijn er 8 of 9 proeflocaties, waarvan de helft beschaduwd is en de andere helft niet-beschaduwd is. Daarmee is de steekproef te klein om de data statistisch te kunnen toetsen. In dit rapport worden daarom alleen gemiddelde waarden weergegeven in grafieken en in tabellen gemiddelde waarden met daarbij de standaardafwijking.

2.5 Bodemvoedselwebanalyse

Om inzicht te krijgen in het effect van de heet water behandeling op het bodemleven zijn tijdens de monitoringsronde in oktober 2019 op 22 proeflocaties bodemmonsters genomen om een bodemvoedselwebanalyse uit te voeren.

Bij deze bodemvoedselwebanalyse zijn de belangrijkste elementen uit het voedselweb bepaald:

- Actieve bacteriële biomassa
De bacteriën zorgen voor mineralisatie van organische stof en ziektevering. Hun aantallen zijn vooral sterk afhankelijk van de grondsoort. Gewoonlijk zijn er enorme aantallen aanwezig, tot wel tien miljoen per gram bodem/substraat. De actieve bacteriebiomassa wordt gevormd door die bacteriën die metabolisch actief zijn.
- Totale bacteriële biomassa
De totale bacteriële biomassa behelst alle bacteriën, dus de actieve en de inactieve.
- Actieve schimmelbiomassa
Schimmels zorgen voor een goede bodemstructuur, ziektevering en voor mineralisatie van organische stof. De actieve schimmelbiomassa wordt gevormd door die schimmels die metabolisch actief zijn. De totale schimmelbiomassa behelst alle schimmels, dus de actieve en de inactieve.
- Diameter van de hyfen
De diameter van de hyfen (bacterie en -schimmeldraden) zegt iets over de populatiesamenstelling. Bij een gemiddelde diameter van 2,0 µm zijn er relatief veel actinomyceten aanwezig. Feitelijk zijn actinomyceten draadvormige bacteriën. Van actinomyceten is bekend dat ze vaak wezenlijk bijdragen aan ziektevering. Een gemiddelde diameter van 2,5 µm duidt op meer ascomyceten (zakjeszwammen) en bij 3,0 µm zijn er meer basidiomyceten (steeltjeszwammen) aanwezig.
- Bacterie/schimmel verhoudingen
De berekende waarden die de verhoudingen weergeven tussen actieve en totale bacterie en schimmelbiomassa.

Bodemfauna is in dit onderzoek niet meegenomen. Uit andere onderzoeken is namelijk gebleken dat temperaturen boven 27-30 °C een negatief effect hebben op voortplanting en dichtheid van bodemfaunasoorten zoals springstaarten. En bij temperaturen boven de 35 °C gingen onder laboratoriumomstandigheden de bodemorganismen dood (Van Kleef *et al.*, 2019). In de praktijkproef is water gebruikt van gemiddeld 98 °C. Daarom is aangenomen dat het hete water een sterk negatief effect heeft op bodemfauna en is in dit onderzoek de focus gelegd op bodembacteriën en -schimmels.

De monsters zijn genomen in het najaar (14 t/m 28 oktober) voor de laatste heet water behandeling is uitgevoerd door de aannemers. Per locatie is grond verzameld met een guts uit de bovenste 10-15 cm van de bodem. De grond is verzameld door verspreid over de locatie meerdere steken met de guts te zetten. De grond is gemengd, in een halve liter plastic zak verpakt en binnen een dag bij het bodemlab afgeleverd waar de bodemvoedselwebanalyse is uitgevoerd. Tabel 2.3 geeft een overzicht van de locaties waar monsters zijn genomen.

Tabel 2.3
Overzicht van het aantal proeflocaties waar bodemmonsters zijn genomen

Behandeling	Totaal aantal bemonsterde proeflocaties	Aantal proeflocaties beschaduwd	Aantal proeflocaties niet beschaduwd
Controle	6	3	3
Aannemer 1	4	2	2
Aannemer 2	4	2	2
Aannemer 3	4	2	2
Aannemer 4	4	2	2
Totaal	22	11	11

2.6 Visuele beoordeling wortels

Om inzicht te krijgen in het effect van de heet water behandeling op de wortels zijn na de monitoringsronde in oktober 2020 op 6 proeflocaties (3 van aannemer 3 en 3 van aannemer 4) en 2 controlelocaties proefsleuven gegraven. De proefsleuven zijn met een graafmachine met een bakje van 35 cm breed gegraven. De lengte van de proefsleuven was gemiddeld 170 cm lang. Per laag van ongeveer 15 cm diepte zijn de wortels visueel op levend en dood gesorteerd.

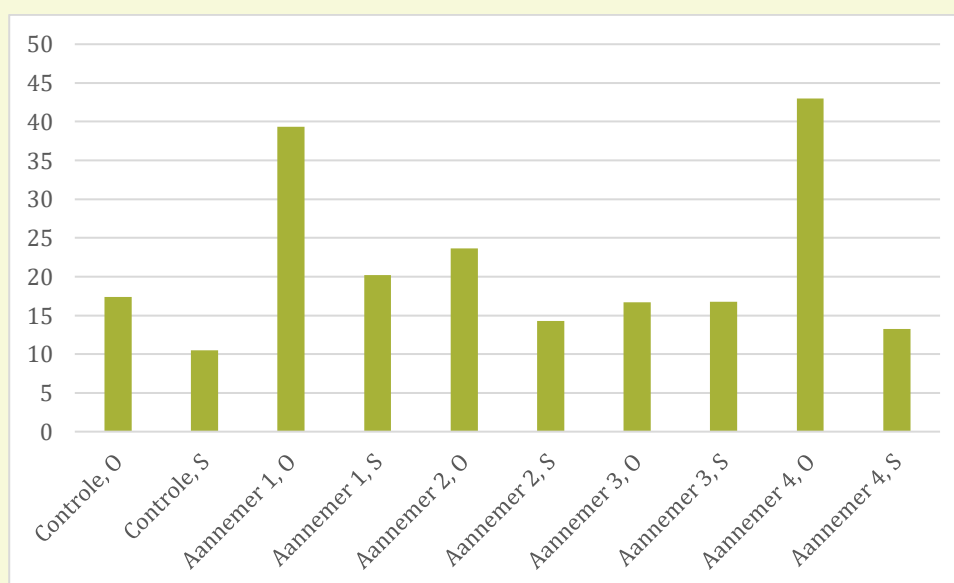
De grond is zoveel mogelijk van de gesorteerde wortels geschud voordat deze met een keukenweegschaal werden gewogen. De diepte van de sleuf verschilde per locatie en was afhankelijk van de diepte waarop nog duizendknoopwortels werden aangetroffen. De diepte varieerde daarmee van 40 tot 80 cm.

3 Resultaten tot en met 2020

3.1 Uitgangssituatie

Figuur 3.1 toont het gemiddeld aantal aangetroffen stengels per pq per aannemer bij de nulmeting in 2018. De gegevens in de figuur zijn uitgesplitst naar beschaduwde en niet-beschaduwde locaties. Uit de figuur komt naar voren dat voorafgaand aan de werkzaamheden het aantal stengels op de beschaduwde locaties lager is dan het aantal stengels op de niet-beschaduwde locaties. In de beschaduwde proeflocaties waren er gemiddeld 15 stengels per m² en in de niet-beschaduwde proeflocaties 28 stengels per m². In de berekeningen voor de procentuele stengelafname is hiervoor gecorrigeerd.

Ook per aannemer bleken de stengelaantallen wat te verschillen. De verschillen worden voornamelijk verklaard door de hoge stengelaantallen in de niet-beschaduwde proeflocaties van Aannemers 1 en 4. Naast deze uitschieters zijn de stengelaantallen redelijk gelijk.

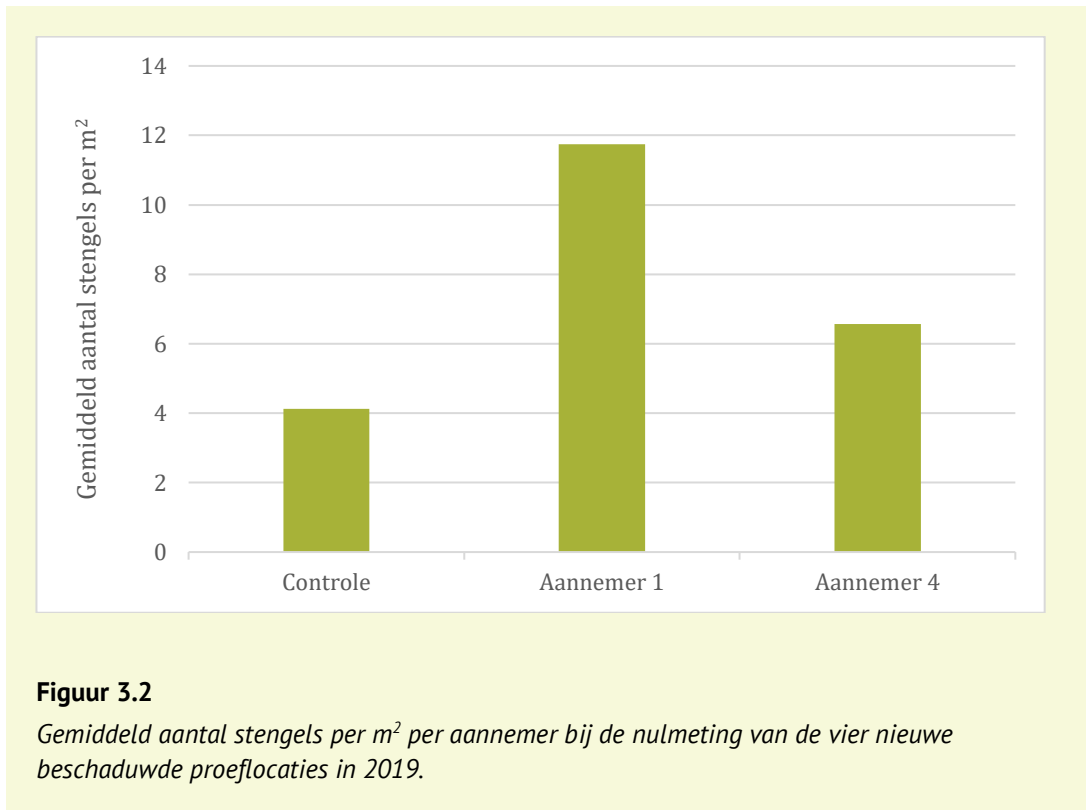


Figuur 3.1

Gemiddeld aantal stengels per m² per behandeling, uitgesplitst naar niet-beschaduwde (O) proeflocaties en beschaduwde (S) proeflocaties bij de nulmeting in 2018.

Omdat de proeflocaties bij de nulmeting per ongeluk gemaaid bleken te zijn tijdens het beheer van de bermen, zijn de gegevens over stengelhoogte en -dikte niet geanalyseerd.

Figuur 3.2 toont het gemiddeld aantal stengels van de 4 beschaduwde proeflocaties die in 2019 aan de proef zijn toegevoegd. Opvallend is dat het aantal stengels op deze 4 locaties beduidend lager is dan het aantal stengels op de proeflocaties waar in 2018 een nulmeting is uitgevoerd. Mogelijk wordt dit verschil veroorzaakt door het droge groeiseizoen van 2018 waardoor in 2019 de duizendknoopharden met minder stengels zijn uitgelopen.



3.2 Verstoring proeflocaties

Bij de monitoringsronde in het najaar van 2019 bleken 9 van de 41 proeflocaties (deels) gemaaid. Ook was 1 locatie reeds behandeld vlak voor de monitoringsronde. Zie tabel 3.1 voor een totaaloverzicht van de verstoringen. Voor 4 proeflocaties zijn daarom geen data beschikbaar voor de eindmeting van 2019. Voor de overige 6 proeflocaties is het aantal stengels wel geteld. De 10 verstoorde proeflocaties zijn niet meegenomen in bepaling van de bovengrondse biomassa (paragraaf 3.4). Door het grote aantal verstoorde proeflocaties konden de resultaten van dikte- en hoogtemeting van de stengels niet nader worden geanalyseerd.

Tabel 3.1
Overzicht verstoorde proeflocaties 2019

Behandeling	Totaal aantal proeflocaties	Aantal (deels) verstoorde proeflocaties	Opmerking
Controle	8	5	2 locaties zijn deels gemaaid, 3 locaties zijn geheel gemaaid. Op deze laatste 3 locaties konden in 2019 geen monitoringsgegevens worden verzameld.
Aannemer 1	9	0	-
Aannemer 2	7	3	2 locaties zijn deels gemaaid. 1 locatie is vlak voor de monitoringsronde behandeld met heet water. Op deze locatie kon in 2019 geen monitoringsgegevens worden verzameld.
Aannemer 3	8	2	2 locaties zijn deels gemaaid
Aannemer 4	9	0	-
Totaal	41	10	

Ook in 2020 bleek dat een klein deel van de proeflocaties was verstoord, zie tabel 3.2 voor een overzicht van de verstoringen. De resultaten van deze verstoorde proeflocaties zijn niet meegenomen in de analyse.

Tabel 3.2
Overzicht verstoorde proeflocaties 2020

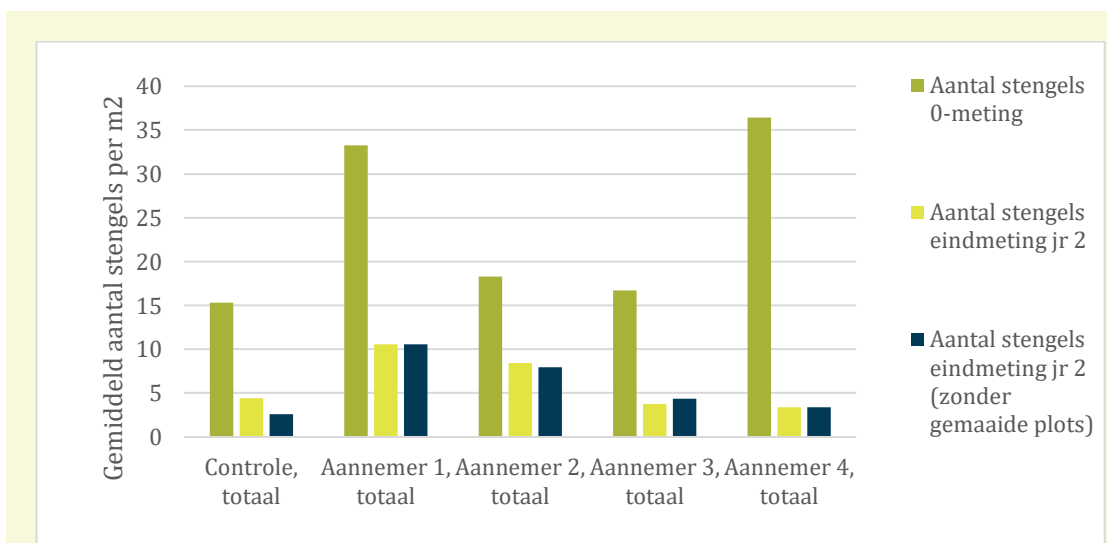
Behandeling	Totaal aantal proeflocaties	Aantal (deels) verstoorde proeflocaties	Opmerking
Controle	8	1	Proeflocatie is gebruikt als dumpplek voor bagger. Op deze locatie konden in 2020 geen monitoringsgegevens worden verzameld.
Aannemer 1	9	0	-
Aannemer 2	7	0	-
Aannemer 3	8	1	Proeflocatie is gefreesd, op deze locatie konden in 2020 geen monitoringsgegevens worden verzameld.
Aannemer 4	9	1	In de proeflocatie is gewroet door wilde zwijnen, op deze locatie konden in 2020 geen monitoringsgegevens worden verzameld.
Totaal	41	3	

3.3 Ontwikkeling aantal stengels

3.3.1 Effect van verstoring

In 2019 en 2020 is een aantal locaties zodanig verstoord dat er geen monitoring kon plaats vinden. Deze locaties zijn in de verdere analyse van de gegevens buiten beschouwing gelaten. In 2019 is een aantal locaties daarnaast verstoord door maaien. Om na te gaan wat de invloed is van deze maaiwerkzaamheden op de resultaten wordt hier een korte analyse uitgevoerd. In figuur 3.3 wordt per behandeling het gemiddeld aantal stengels bij de nulmeting vergeleken met het gemiddeld aantal stengels aan het einde van jaar 2 (2019). Voor jaar 2 worden de resultaten van de eindmeting met en zonder de verstoorde (gemaaide) locaties weergegeven. Hierbij valt op dat het gemiddeld aantal stengels niet of nauwelijks lijkt te worden beïnvloed door de verstoring van het maaien. Voor de controlelocaties ligt het gemiddeld aantal stengels van de niet verstoorde locaties zelfs nog wat lager dan het gemiddeld aantal stengels van de verstoorde en niet-verstoorde locaties samen. Omdat er weinig invloed lijkt te zijn van de verstoorde (gemaaide) locaties van 2019 op het gemiddeld aantal stengels, wordt in de verdere resultaten alleen het totale aantal stengels weergegeven.

De locaties die in 2020 zijn verstoord, waren door de aard van verstoring (frozen en wroeten) niet meetbaar en zijn daarom niet meegenomen in de analyse van de gegevens van 2020.



Figuur 3.3

Gemiddeld aantal stengels per m² per behandeling bij de nulmeting en aan het einde van jaar 2 (2019). De resultaten van de eindmeting worden met en zonder de verstoorde (gemaaide) locaties weergegeven.

3.3.2 Effect van behandeling op aantal stengels

Bij alle aannemers zijn de stengelaantallen gedaald. Er zijn wel verschillen waarneembaar tussen de aannemers. Vooral bij Aannemer 4 valt de sterke daling van 85% in jaar 1 op (zie tabel 3.3). Deze sterke daling houdt naast de droogte ook verband met wijze van behandeling, waarbij eenmalig een grote hoeveelheid heet water is toegediend waarna hergroei wordt uitgetrokken. In jaar 2 en 3 is de daling in stengelaantallen minder groot. Tabel 3.4 geeft de absolute stengelaantallen weer.

Tabel 3.3

Percentuele verandering in aantal stengels ten opzichte van de nulmeting (2018) per m² per aannemer per jaar

	Aannemer 1	Aannemer 2	Aannemer 3	Aannemer 4	Controle
Eindmeting jaar 1	-40%	-60%	-22%	-85%	+8%
Eindmeting jaar 2	-70%	-50%	-70%	-93%	-80%
Eindmeting jaar 3*	-60%	-9%	-34%	-95%	-67%

*Aannemers 1 en 2 hebben in 2020 geen behandelingen uitgevoerd

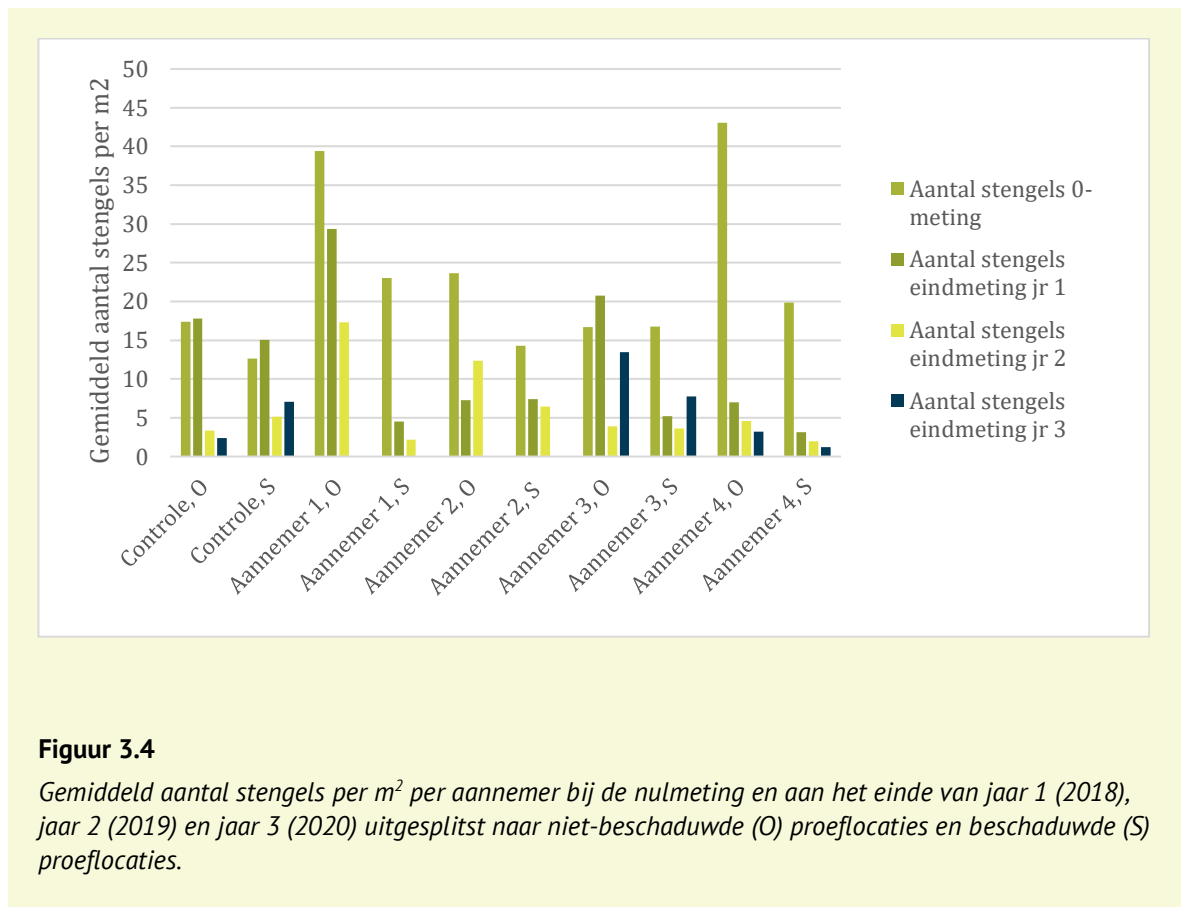
Tabel 3.4

Gemiddeld aantal stengels per m² per aannemer per jaar, tussen haakjes de standaardafwijking

	Aannemer 1	Aannemer 2	Aannemer 3	Aannemer 4	Controle
Nulmeting	33 (17)	18 (7)	17 (18)	36 (16)	15 (19)
Eindmeting jaar 1	20 (12)	7 (10)	13 (12)	6 (11)	17 (12)
Eindmeting jaar 2	11 (7)	8 (4)	4 (5)	3 (7)	4 (5)
Eindmeting jaar 3*	14 (8)	17 (11)	11 (8)	3 (8)	5 (8)

*Aannemers 1 en 2 hebben in 2020 geen behandelingen uitgevoerd

In figuur 3.4 zijn de resultaten voor de stengelaantallen uitgesplitst naar niet-beschaduwde en beschaduwde locaties. Voor aannemer 1 en 2 zijn de resultaten van jaar 3 niet weergegeven, omdat er door tegenvallende resultaten en de hoge kosten deze aannemers hun behandeling in 2020 niet is voortgezet. Het gemiddeld aantal stengels bij de eindmeting in 2019 is ten opzichte van de nulmeting in alle gevallen sterk gedaald, zowel in de niet-beschaduwde als de beschaduwde proeflocaties. Opvallend is dat bij de beschaduwde controlelocaties én bij de niet-beschaduwde locaties van Aannemer 3 bij de eindmeting van 2020 het aantal stengels weer is toegenomen ten opzichte van 2019.



Figuur 3.4

Gemiddeld aantal stengels per m² per aannemer bij de nulmeting en aan het einde van jaar 1 (2018), jaar 2 (2019) en jaar 3 (2020) uitgesplitst naar niet-beschaduwde (O) proeflocaties en beschaduwde (S) proeflocaties.

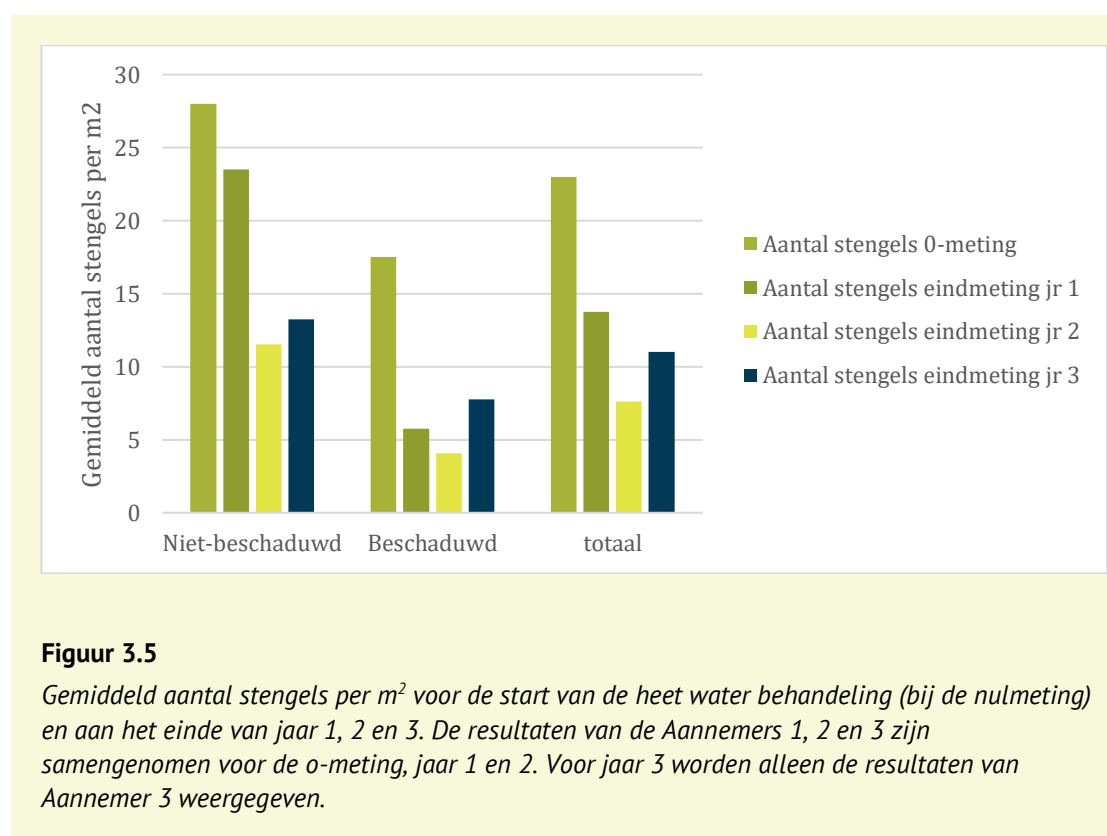
De afnames op de beschaduwde locaties zijn over het algemeen groter dan in de niet beschaduwde proeflocaties. Het is onduidelijk welk deel van de stengelafname is toe te schrijven aan de behandeling en welk deel het gevolg is van een 'natuurlijke' stengelafname als gevolg van de weersomstandigheden (droog groeiseizoen) of andere natuurlijke oorzaken.

Zoals in figuur 3.4 te zien is, is in 2019 en 2020 het aantal stengels op de controlelocaties sterk afgenomen: van ongeveer 16 stengels per m² in 2018 naar 4 à 5 stengels per m² eind 2019 en 2020. Dit betekent dat ook op plekken waar er geen behandeling heeft plaatsgevonden de stengelaantallen zijn gedaald. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het droge groeiseizoen van 2018 waardoor in 2019 de duizendknoophaarden met minder stengels zijn uitgelopen en het daaropvolgende droge groeiseizoen van 2019. In 2020 is gemiddeld geen daling van het aantal stengels op de controlelocaties te zien. Op de niet-beschaduwde controlelocaties is wel een lichte daling te zien, maar op de beschaduwde locaties is weer een lichte toename van het aantal stengels. Dit ondanks dat 2020 ook een warm en droog jaar was. De controlelocaties zijn een stuk kleiner dan de proeflocaties die behandeld worden. Het zou kunnen dat daardoor de droogte een groter effect heeft op de planten in de controlelocaties. Een andere mogelijkheid is dat door het maaibeheer voor de start van dit onderzoek de stengelaantallen verhoogd waren en de planten op het stoppen van het maaibeheer hebben gereageerd met minder stengels te maken. Daarom is het moeilijk om aan te geven welk aandeel van de daling in stengelaantallen in de behandelde locaties door de behandeling zelf is en wat een eventuele natuurlijke afname is. De data is daarom niet gecorrigeerd.

Wanneer de resultaten in de proeflocaties van de aannemers met de meest overeenkomende 'heet watermethode' worden samengenomen (aannemers 1, 2 en 3) (figuur 3.5 en tabel 3.5), is te zien dat het aantal stengels in 2018 per m² is afgenomen van 24 naar 14 (afname van 40%) tussen de start van de proef en het einde van jaar 1. De gemiddelde stengelafname in de niet-beschaduwde proeflocaties (afname van 16%) is lager dan in de beschaduwde proeflocaties (afname van 67%). Er is dus een duidelijk effect van schaduwdruk op de stengelaantallen.

Bij de eindmeting van 2019 is het gemiddeld aantal stengels per m² verder gedaald van 24 naar 8 (afname van 67%). De gemiddelde stengelafname in de niet-beschaduwde proeflocaties (afname van 59%) is wederom lager dan in de beschaduwde proeflocaties (afname van 77%).

Voor de eindmeting van 2020 zijn alleen de gegevens van aannemer 3 gebruikt, omdat de behandelingen door aannemers 1 en 2 gestaakt zijn. De stengelaantallen bij aannemer 3 zijn weer iets toegenomen ten opzichte van 2019, maar alsnog met gemiddeld 52% gedaald ten opzichte van de start van de proef. Op de beschaduwde locaties is deze afname iets groter (56%).



Tabel 3.5

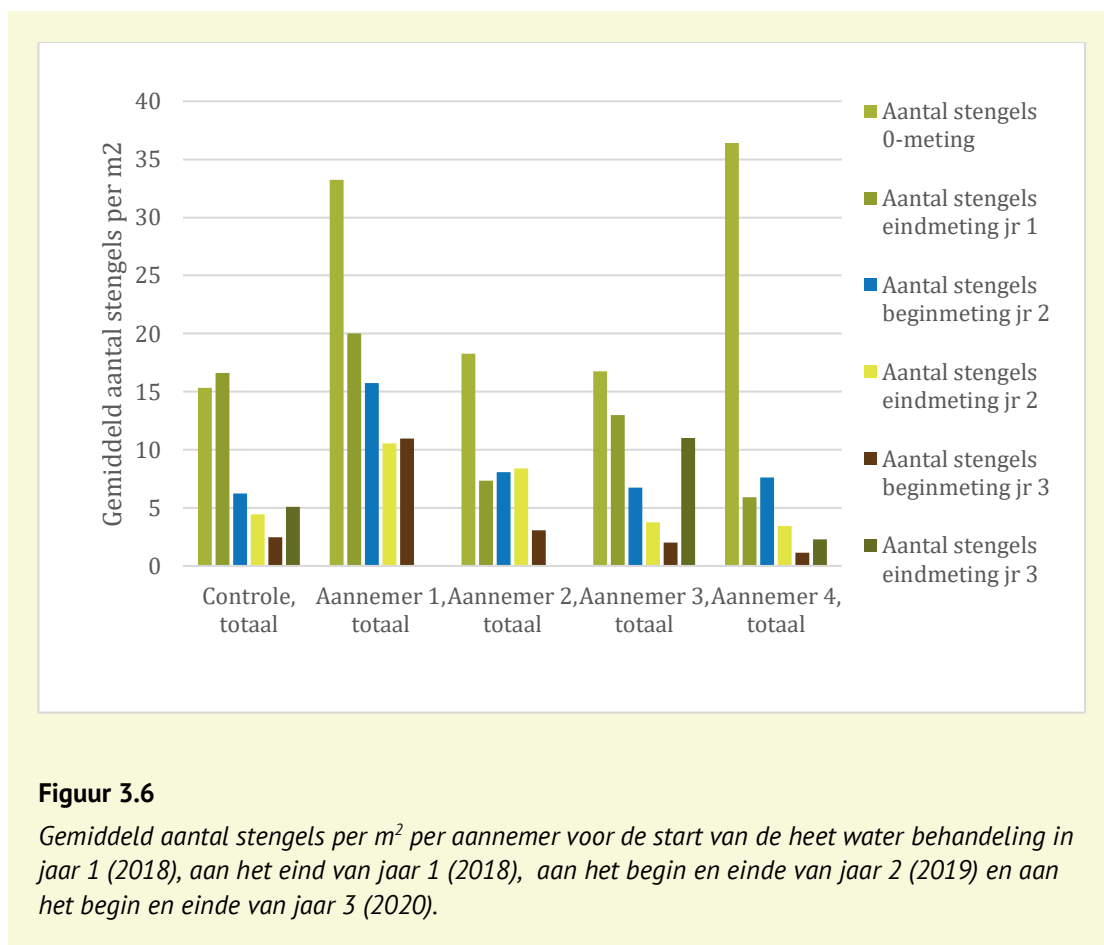
Percentuele verandering in aantal stengels ten opzichte van de nulmeting (2018) per m² in niet-beschaduwde en beschaduwde proeflocaties

	Niet-beschaduwde	Beschaduwde	Totaal
Eindmeting jaar 1	-16%	-67%	-40%
Eindmeting jaar 2	-59%	-77%	-67%
Eindmeting jaar 3	-52%	-56%	-52%

In figuur 3.6 worden alle metingen van 2018, 2019 en 2020 van het gemiddeld aantal stengels per m² naast elkaar weergegeven. De figuur laat zien wat de afname van het aantal stengels is in deze jaren door het aantal stengels aan het begin van het groeiseizoen (voor de eerste behandeling) te vergelijken met het aantal stengels bij de eindmeting.

In de controlelocaties is het gemiddeld aantal stengels in 2019 afgenomen terwijl dit in 2018 juist licht gestegen was. In 2020 is het gemiddeld aantal stengels weer toegenomen. Zoals bij figuur 3.3 ook is aangegeven, wordt dit vermoedelijk veroorzaakt door het droge groeiseizoen van 2018 waardoor in 2019 de duizendknoopharden met minder stengels zijn uitgelopen.

Ook bij drie van de vier aannemers zijn net de stengelaantallen in 2018 en 2019 gedaald. Wat opvalt is dat, behalve bij Aannemer 2, de stengelaantallen bij de meting aan het begin van jaar 3 sterk gedaald zijn ten opzichte van de jaren ervoor. Mogelijk is late voorjaarsvorst hier de oorzaak van waardoor de duizendknopen pas laat begonnen met groeien. Bij Aannemer 2 en 3 valt op dat respectievelijk het aantal stengels bij de eindmeting in 2019 en 2020 is gestegen ten opzichte van de eindmeting van het voorgaande jaar. Bij Aannemer 3 is de stijging in 2020 mogelijk te verklaren door het niet uit kunnen voeren van de laatste bestrijdingsronde (zie paragraaf 3.9).

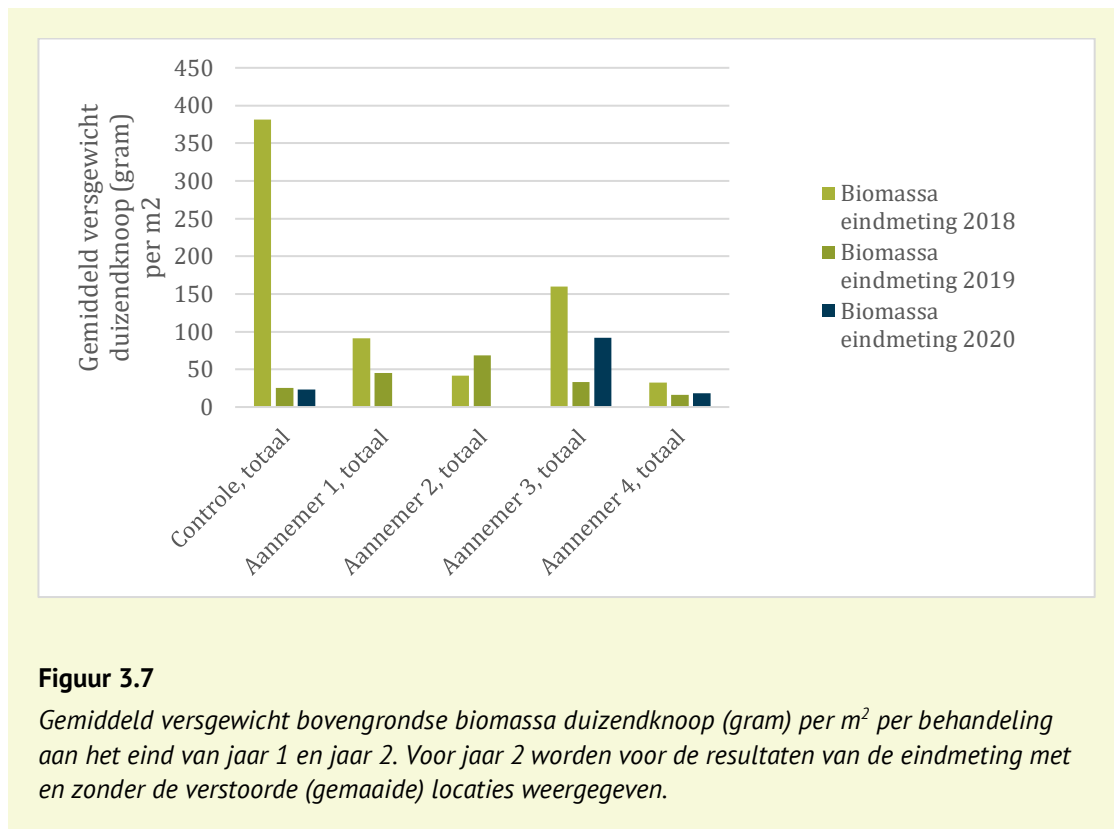


3.4 Ontwikkeling bovengrondse biomassa

Bij de eindmetingen is het versgewicht van de bovengrondse biomassa van de duizendknoop bepaald (figuur 3.7 en tabel 3.6). Tussen aannemers zijn in 2018 verschillen te zien waarbij de biomassa in de proeflocaties die bestreden worden door Aannemer 3 hoger is dan in de proeflocaties waar Aannemers 2 en 4 de behandeling uitvoeren.

In 2019 is bij de eindmeting de biomassa op de controlelocaties sterk gedaald ten opzichte van 2018. Zoals eerder genoemd is de droogte een verklaring daarvoor. Ook bij drie van de vier aannemers is de biomassa afgenomen. Een deel van de afname zou dus verklaard kunnen worden door een natuurlijke afname. Bij Aannemer 2 is de biomassa in 2019 gestegen ten opzichte van 2018.

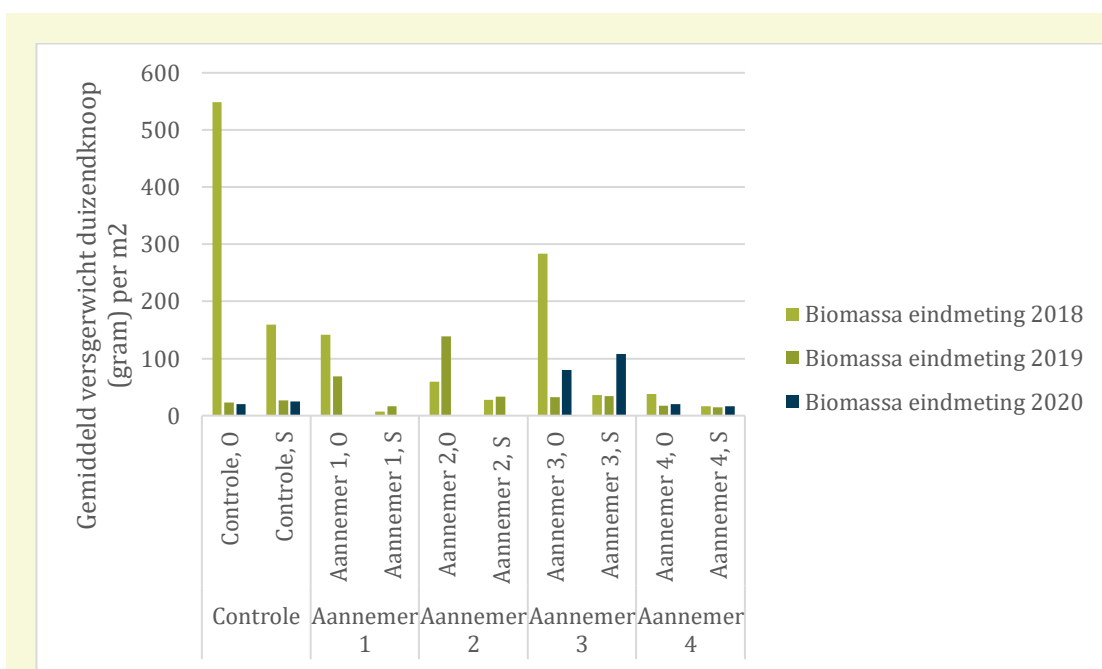
In 2020 is de biomassa op de controlelocaties en de proeflocaties van Aannemer 4 ongeveer gelijk gebleven. Bij Aannemer 3 is de biomassa in 2020 weer sterk toegenomen ten opzichte van 2019. Deze stijging is ook te zien in het aantal stengels (paragraaf 3.3). Een mogelijke verklaring is het niet kunnen uitvoeren van de laatste bestrijdingsronde (zie paragraaf 3.9).

**Tabel 3.6**

Percentuele verandering in biomassa ten opzichte van de eindmeting in jaar 1 (2018) per aannemer per jaar

	Aannemer 1	Aannemer 2	Aannemer 3	Aannemer 4	Controle
Eindmeting jaar 2	-50%	+200%	-80%	-50%	-93%
Eindmeting jaar 3			-45%	-50%	-94%

Figuur 3.8 toont het versgewicht van de bovengrondse duizendknoopbiomassa uitgesplitst in niet-beschaduwde en beschaduwde locaties. Uit deze figuur wordt duidelijk dat in 2018 de bovengrondse biomassa van de duizendknoop in niet-beschaduwde proeflocaties hoger is dan in beschaduwde proeflocaties. In 2019 is dit beeld bij Aannemers 1 en 2 nog duidelijk zichtbaar. Bij de andere behandelingen (Controlelocaties, Aannemer 3 en Aannemer 4) is de hoeveelheid biomassa op de beschaduwde en niet-beschaduwde locaties ongeveer gelijk. In 2020 bleef de biomassa op de controlelocaties en bij Aannemer 4 ongeveer gelijk in de beschaduwde en niet-beschaduwde locaties. Bij Aannemer 3 was de biomassa in de beschaduwde proeflocaties hoger dan in de niet-beschaduwde proeflocaties. Dit verschil wordt voornamelijk door één locatie met een hoge biomassa veroorzaakt.

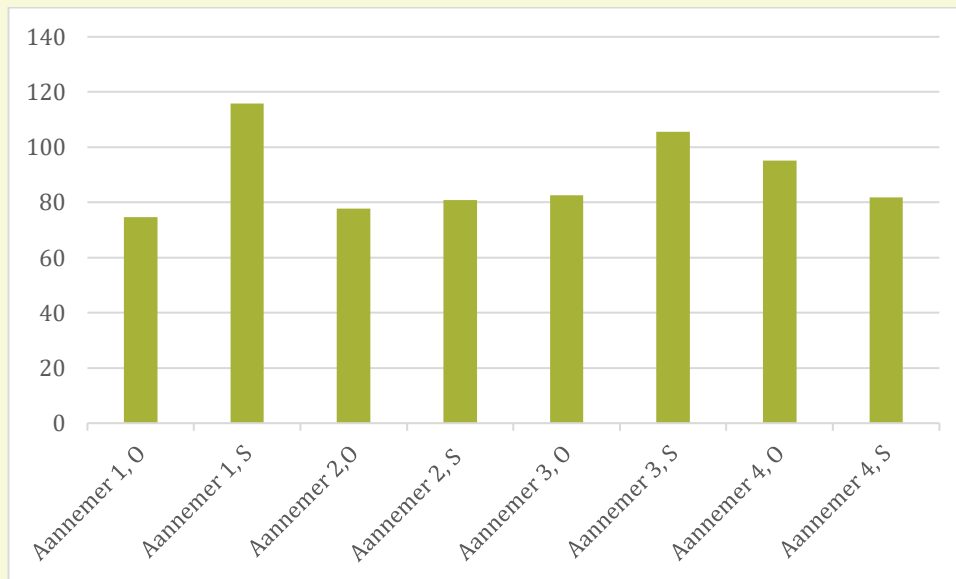


Figuur 3.8

Gemiddeld versgewicht bovengrondse biomassa duizendknoop (gram) per 4 m² per aannemer aan het eind van jaar 1 (2018), 2 (2019) en 3 (2020), uitgesplitst naar niet beschaduwde (O) en beschaduwde (S) locaties.

3.5 Omvang haarden

Bij de nulmeting is van alle haarden de omvang gemeten. Om te bepalen of door de heet water behandelingen de haarden verkleind zijn of juist vergroot, is bij de eindmeting van 2020 nogmaals de omvang van de haarden gemeten. Over het algemeen zijn de haarden in omvang afgenomen, alleen bij de beschaduwde proeflocaties van Aannemers 1 en 3 is een toename in omvang waargenomen van respectievelijk 16% en 6%. Bij de andere aannemers is de omvang van de haarden met gemiddeld 10 à 20% afgenomen (figuur 3.9). Omdat bij de start van de proef en in 2020 niet van alle controlelocaties de omvang is opgemeten, is er te weinig data om de procentuele verandering in omvang van deze controlelocaties te kunnen berekenen.

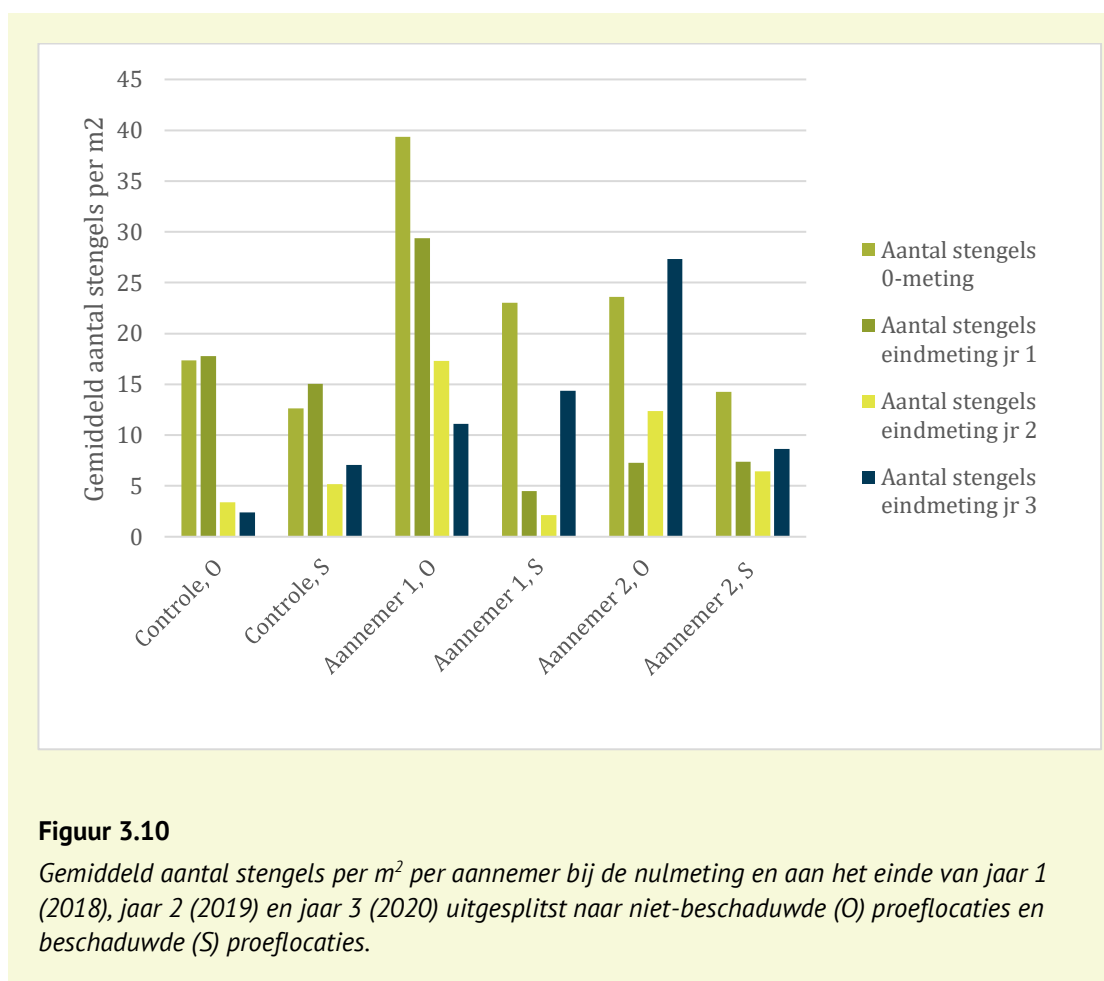


Figuur 3.9

Procentuele verandering van de omvang van de haarden per aannemer aan het einde van jaar 3 (2020) ten opzichte van de start van de praktijkproef (2018), uitgesplitst naar niet beschaduwde (O) en beschaduwde (S) locaties.

3.6 Hergroei na staken heet water behandelingen

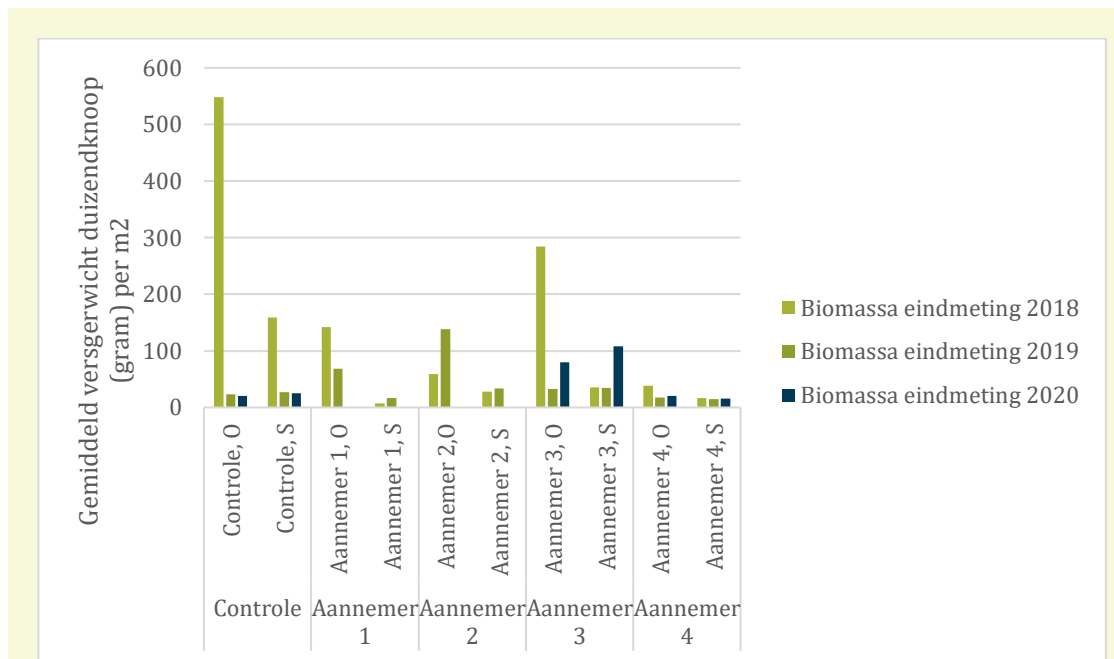
Zoals eerder beschreven, is na een evaluatie na groeiseizoen 2019 besloten de heet water behandeling door Aannemers 1 en 2 te staken. Deze locaties zijn in 2020 niet gemaaid om te kunnen monitoren hoe sterk de duizendknoop zich zou herstellen en terug zou komen. Opvallend is dat op de niet-beschaduwde proeflocaties van Aannemer 1 het aantal stengels ook na staken van de behandelingen daalde. Op de beschaduwde locaties en alle locaties van Aannemer 2 nam (volgens verwachting) het aantal stengels in 2020 weer toe, waarbij op de niet-beschaduwde proeflocaties van Aannemer 2 het aantal stengels gemiddeld zelfs hoger was dan bij de start van de praktijkproef (figuur 3.10).



Figuur 3.10

Gemiddeld aantal stengels per m² per aannemer bij de nulmeting en aan het einde van jaar 1 (2018), jaar 2 (2019) en jaar 3 (2020) uitgesplitst naar niet-beschaduwde (O) proeflocaties en beschaduwde (S) proeflocaties.

De resultaten van de biomassametingen laten een gelijkaardig patroon zien (figuur 3.11). Wel is de biomassa op de niet-beschaduwde proeflocaties van Aannemer 1 gestegen terwijl het stengelaantal gedaald is (tabel 3.7). De hergroei is waarschijnlijk hoger en/of dikker dan voorgaande jaren.



Figuur 3.11

Gemiddeld versgewicht bovengrondse biomassa duizendknoop (gram) per m² per aannemer aan het eind van jaar 1 (2018), 2 (2019) en 3 (2020), uitgesplitst naar niet beschaduwde (O) en beschaduwde (S) locaties.

Tabel 3.7

Percentuele verandering in aantal stengels per m² en biomassa in 2020 ten opzichte van de eindmeting in jaar 1 (2018) en ten opzichte van de eindmeting in jaar 2 (2019) per aannemer per jaar

	Aannemer 1	Aannemer 2	Controle
Biomassa jaar 3 t.o.v. jaar 1	+20%	+760%	-95%
Biomassa jaar 3 t.o.v. jaar 2	+145%	-350%	-10%
Aantal stengels jaar 3 t.o.v. nulmeting	-60%	-10%	-95%
Aantal stengels jaar 3 t.o.v. jaar 2	+20%	+100%	+60%

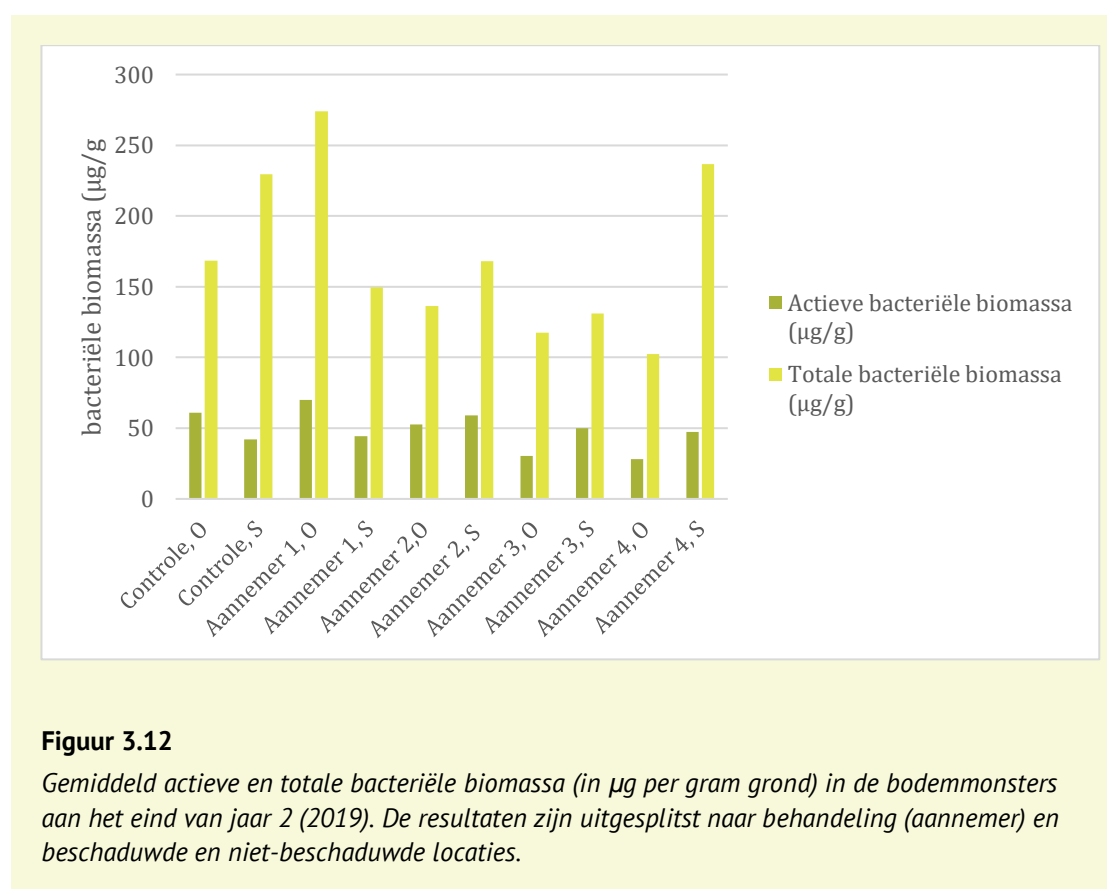
3.7 Bodemvoedselwebanalyse

In oktober 2019 zijn op 22 proeflocaties bodemmonsters genomen om een bodemvoedselwebanalyse uit te voeren. Figuur 3.12 en 3.13 tonen de (actieve) bacteriële biomassa en schimmelbiomassa die is aangetroffen op de bemonsterde proeflocaties. Bij de totale bacteriële biomassa is een grote spreiding in resultaten te zien variërend tussen de 100 tot 275 µg biomassa per gram grond. Opvallend is dat zowel onbehandelde locaties (controle locaties) als enkele met heet water behandelde locaties hoge waarden vertonen. De actieve

bacteriële biomassa ligt tussen de 30 en 70 $\mu\text{g/g}$. Hier zijn geen echter verschillen waarneembaar tussen de onbehandelde locaties en de met heet water behandelde locaties.

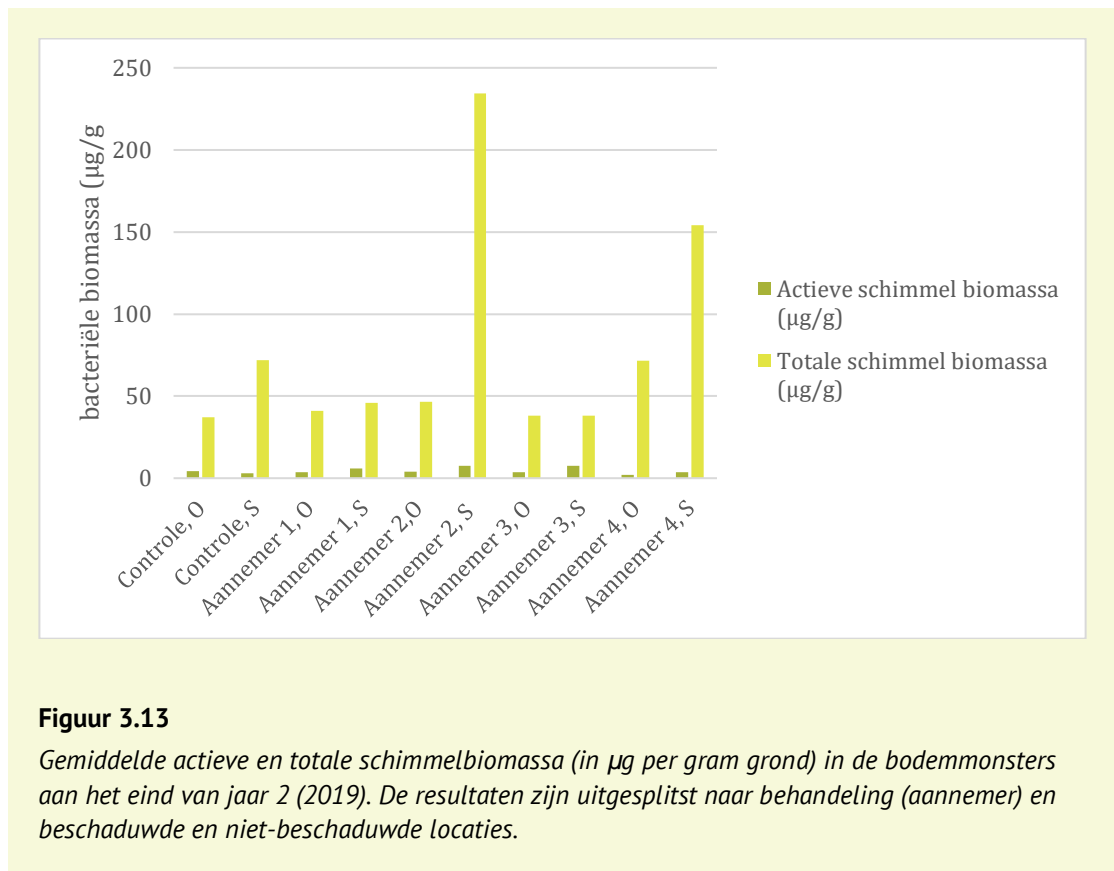
De totale schimmelbiomassa varieert tussen de 35 en 75 $\mu\text{g/g}$ met twee uitschieters van 154 $\mu\text{g/g}$ en 237 $\mu\text{g/g}$. Deze laatste twee waarden zijn afkomstig van beschaduwde locaties van Aannemer 4 en Aannemer 2. Mogelijk heeft dit te maken met de aanwezigheid van bomen die bijdragen aan een hogere schimmelbiomassa in de bodem. De actieve schimmelbiomassa is volgens het analyserapport op alle locaties zeer laag. Ook tussen beschaduwde en niet-beschaduwde locaties zijn geen eenduidige verschillen te zien.

Op basis van deze data kan er geen duidelijk verschil worden aangetoond tussen de bacterie- en schimmelbiomassa tussen de behandelde en onbehandelde locaties.



Figuur 3.12

Gemiddeld actieve en totale bacteriële biomassa (in μg per gram grond) in de bodemmonsters aan het eind van jaar 2 (2019). De resultaten zijn uitgesplitst naar behandeling (aannemer) en beschaduwde en niet-beschaduwde locaties.

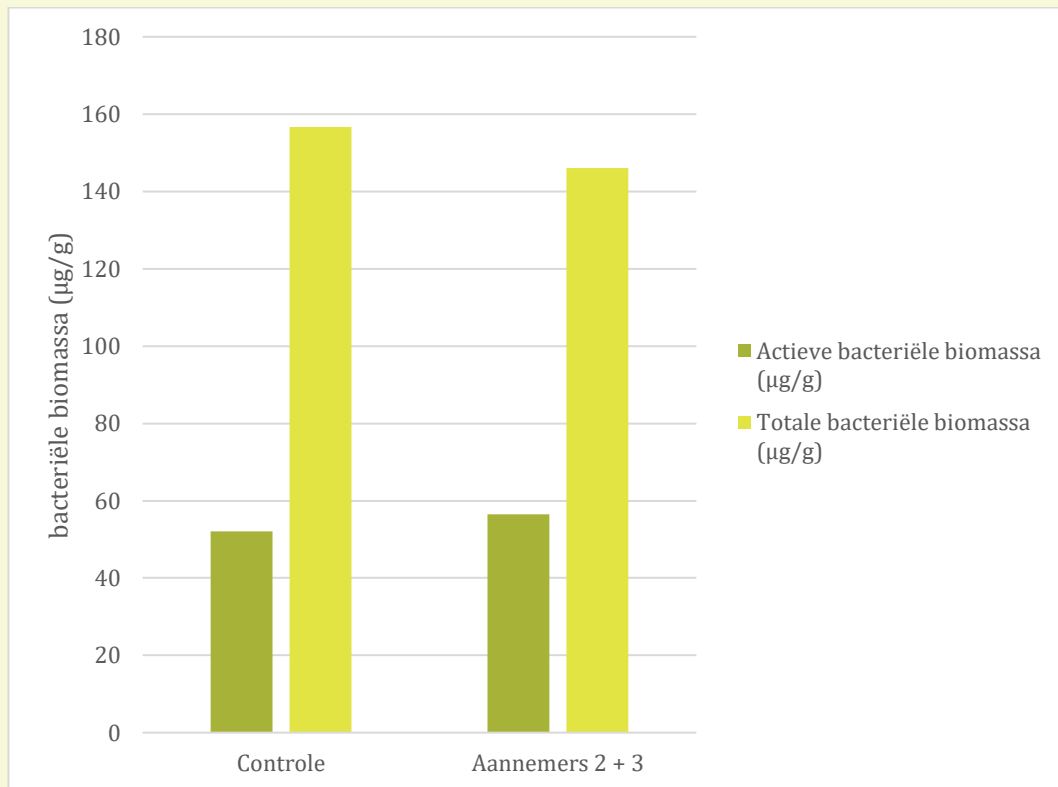


Figuur 3.13

Gemiddelde actieve en totale schimmelbiomassa (in µg per gram grond) in de bodemmonsters aan het eind van jaar 2 (2019). De resultaten zijn uitgesplitst naar behandeling (aannemer) en beschaduwde en niet-beschaduwde locaties.

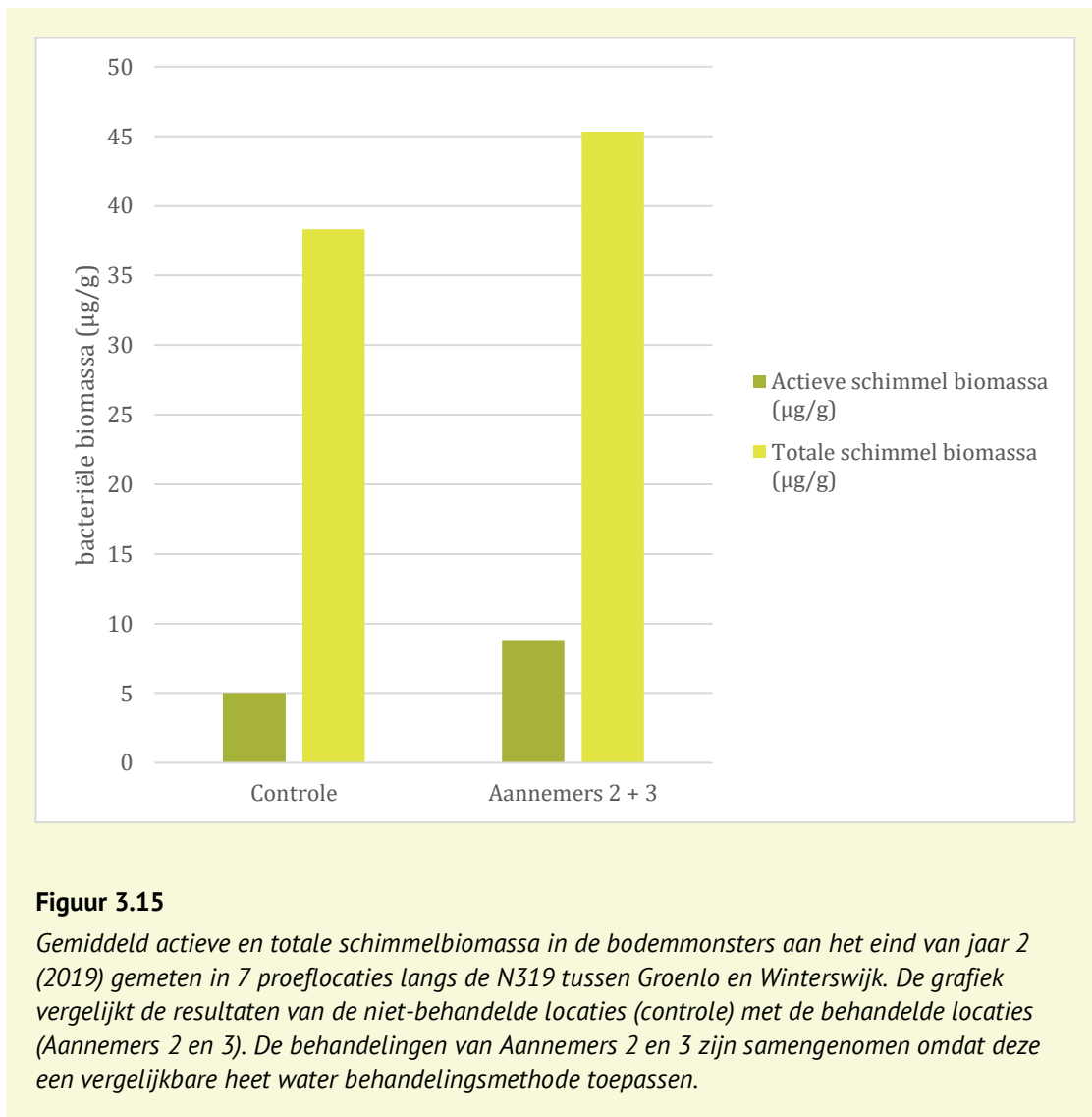
Uit de analyses van de bodemmonsters van alle locaties samen kan geen effect worden aangetoond van de heet water behandeling op de bacteriële en schimmelbiomassa. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door grote verschillen in uitgangssituaties tussen de verschillende proeflocaties. Daarom is er gekeken of er onder meer vergelijkbare groeilocaties wel een duidelijk beeld naar voren komt. De enige plek waar dit mogelijk was, is de provinciale weg N319 tussen Groenlo en Winterswijk. Hier liggen 7 proeflocaties waar bodemmonsters zijn genomen: 3 controlelocaties (1 beschaduwd, 2 niet beschaduwd), 3 locaties van Aannemer 2 (1 beschaduwd, 2 niet beschaduwd) en 1 locatie van Aannemer 3 (beschaduwd). De bacteriële biomassa en de schimmelbiomassa in de bodemmonsters van de controle locaties zijn hierbij vergeleken met de behandelde locaties (figuur 3.14 en 3.15).

De figuren tonen weinig verschil in de bacteriële en schimmelbiomassa tussen de niet-behandelde en met heet water behandelde locaties.



Figuur 3.14

Gemiddelde actieve en totale bacteriële biomassa (in µg per gram grond) in de bodemmonsters aan het eind van jaar 2 (2019) gemeten in 7 proeflocaties langs de N319 tussen Groenlo en Winterswijk. De grafiek vergelijkt de resultaten van de niet-behandelde locaties (controle) met de behandelde locaties (Aannemers 2 en 3). De behandelingen van Aannemers 2 en 3 zijn samengenomen omdat deze een vergelijkbare heet water behandelingsmethode toepassen.



De resultaten voor de diameters van de schimmeldraden en de bacterie/schimmel-verhoudingen worden hier niet besproken. Deze gegevens leveren geen aanvullende inzichten op.

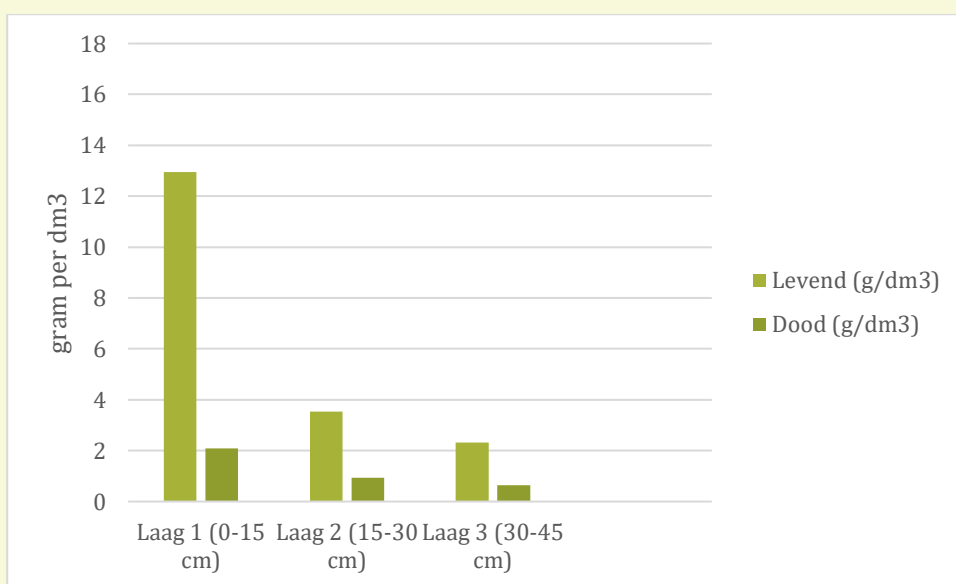
3.8 Visuele beoordeling wortels 2020

In 2020 is door middel van proefsleuven de hoeveelheid levende en dode wortels van duizendknoop bepaald in een aantal locaties. Figuren 3.16 en 3.17 tonen het versgewicht van levende en dode wortels per laag van ongeveer 15 cm diep in locaties die zijn behandeld door respectievelijk aannemer 3 en aannemer 4. Ter vergelijking toont figuur 3.18 de gewichten gemeten in controlelocaties. In figuur 3.19 worden de versgewichten per laag per aannemer en de controleplots weergegeven. Bij de gegevens moet worden opgemerkt dat het versgewicht van een dode wortel minder zal zijn dan van een levende wortel, omdat deze onder andere minder water bevat. Hiervoor is in deze verkenning niet gecorrigeerd.

Na drie seizoenen behandeling met heet water (Aannemer 3) of eenmalige heet water behandeling gevolgd door uittrekken (Aannemer 4), is op alle proeflocaties de biomassa van levende wortels gedaald. Bij Aannemer 3 valt te zien dat met name in de bovenste twee grondlagen de biomassa van de levende wortels lager is dan in de controlelocaties, maar in de

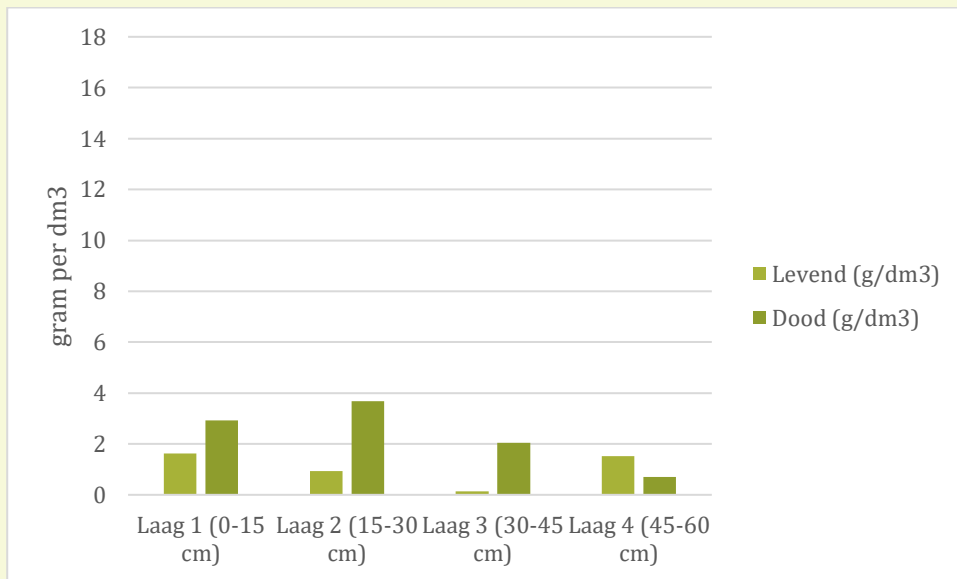
laag daaronder er nauwelijks verschil is met de controlelocaties. Ook de biomassa van de dode wortels verschilt nauwelijks met de controlelocaties.

De biomassa van de levende wortels in de proeflocaties van Aannemer 4 is sterk lager in vergelijking met de controlelocaties. Wat opvalt is dat, in tegenstelling tot bij Aannemer 3 en de controlelocaties, bij Aannemer 4 in de bovenste drie lagen de biomassa van de dode wortels hoger is dan van de levende wortels. Alleen in de diepste laag is het gewicht van de levende wortels hoger dan van de dode wortels. Waarschijnlijk is de grond met wortels op deze diepte niet heet genoeg geworden. De totale biomassa van de bovenste laag is bij Aannemer 4 beduidend lager dan bij Aannemer 3 en de controlelocaties. In de lagen daaronder verschilt de totale biomassa nauwelijks, maar verschilt de verhouding tussen de levende en dode biomassa wel sterk. Hiervoor kan geen verklaring worden gegeven.



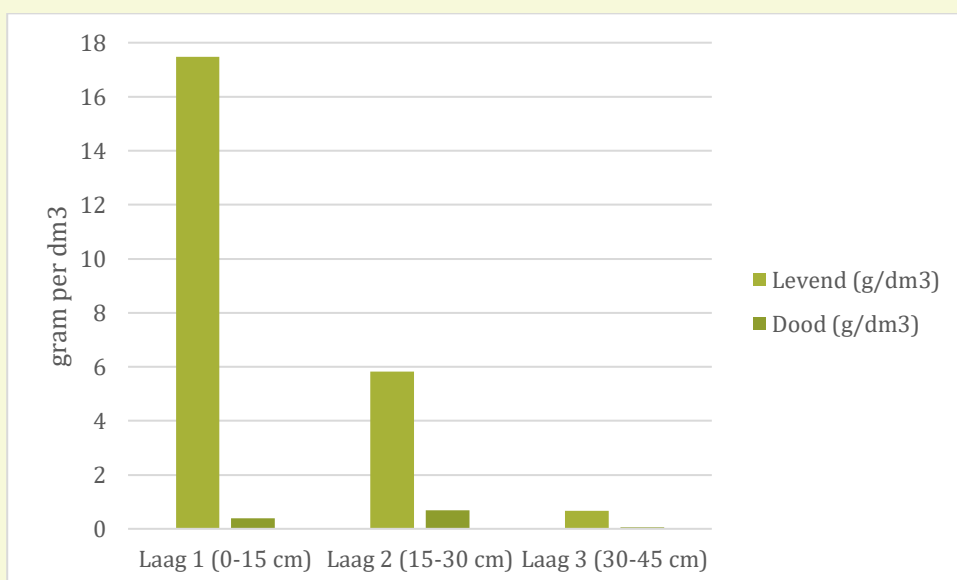
Figuur 3.16

Gemiddeld versgewicht van wortels (gram per dm³) gemeten in 2020 uitgesplitst naar levende en dode wortels van drie locaties die behandeld worden door Aannemer 3.



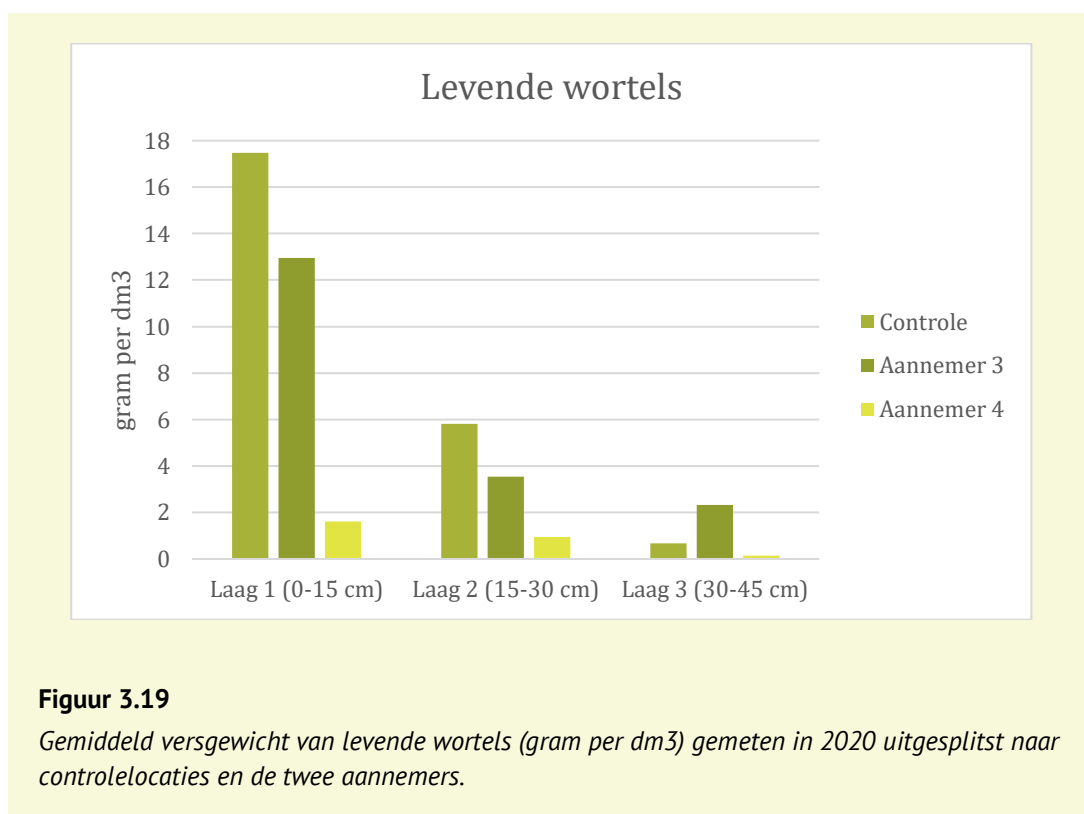
Figuur 3.17

Gemiddeld versgewicht van wortels (gram per dm³) gemeten in 2020 uitgesplitst naar levende en dode wortels van drie locaties die behandeld worden door Annemer 4.



Figuur 3.18

Gemiddeld versgewicht van wortels (gram per dm³) gemeten in 2020 uitgesplitst naar levende en dode wortels van twee controlelocaties.



Figuur 3.19

Gemiddeld versgewicht van levende wortels (gram per dm³) gemeten in 2020 uitgesplitst naar controlelocaties en de twee aannemers.

3.9 Behandelingsrondes, gebruikte hoeveelheid heet water en manuren

In deze paragraaf wordt een beknopt overzicht gegeven van de werkwijzen van de vier aannemers, het aantal behandelingsrondes en manuren per aannemer. Ook wordt een overzicht gegeven hoeveel water er is verbruikt. In tabellen 3.8, 3.9 en 3.10 wordt een samenvatting gegeven van de gegevens uit respectievelijk 2018 en 2019. Tabellen 3.11 en 3.12 geven een overzicht van de gegevens van respectievelijk Aannemer 3 en 4 uit 2020.

3.9.1 Aannemer 1

Aannemer 1 gebruikt een combinatie van bovengrondse bladbehandeling en het injecteren van heet water in de bodem middels een lans. Om het aantal behandelingen en de hoeveelheid toe te dienen water te bepalen, wordt gebruik gemaakt van de ISRP-methode (invasieve soorten reductie programma). Op basis van de bedekking en groeistadium bepaalt het programma wat wanneer nodig is.

2018

Aannemer 1 heeft 3 bestrijdingsrondes uitgevoerd. Voorafgaand aan het injecteren werd de duizendknoop afgeknipt en afgevoerd. Gemiddeld is er totaal 62 liter per m² toegediend op een gemiddelde locatiegrootte van 163 m². Totaal is 816 m² behandeld. Per locatie is gemiddeld gedurende 17,5 uur geïnjecteerd. Tijdens de eerste bestrijdingsronde begin augustus kon op een aantal locaties de injectienaald niet goed de grond ingebracht worden door de droogte.

2019

Aannemer 1 heeft voorafgaand aan het injecteren de duizendknoop bij 2 of 3 van de 5 behandelingen gemaaid en afgevoerd. Dit gaat om de tweede, derde of vierde behandeling

afhankelijk van de locatie. De totale behandelde oppervlakte is iets toegenomen omdat er een proeflocatie is bijgekomen. Er is in 2019 gemiddeld 18 liter heet water per m² meer geïnjecteerd ten opzichte van 2018. Het gemiddeld aantal manuren per m² is 0,11; dit is lager dan Aannemer 2 en Aannemer 4, maar hoger dan Aannemer 3. Het aantal manuren per m² is gelijk gebleven ten opzichte van 2018.

2020

Aannemer 1 heeft in 2020 geen behandelingen uitgevoerd.

3.9.2 Aannemer 2

Ook Aannemer 2 gebruikt een combinatie van bovengrondse bladbehandeling en het injecteren van heet water in de bodem middels een lans. Per jaar worden de haarden 5 tot 7 keer behandeld met heet water, afhankelijk van de plaats van de haard en de grondsoort. Dat is iets meer dan Aannemers 1 en 3.

2018

Aannemer 2 heeft in 2018 4 bestrijdingsrondes uitgevoerd waarbij elke keer blad- en wortelbehandeling werd gecombineerd. Gemiddeld werd totaal 90 liter per m² toegediend waarvan 20% middels bladbehandeling en 80% middels wortelbehandeling. De gemiddelde locatiegrootte was 383 m². Totaal is 1913 m² behandeld. Elke locatie is totaal gemiddeld 55 uur behandeld (zowel bladbladbehandeling als injecteren).

2019

In 2019 zijn 7 behandelingsrondes uitgevoerd. De totale behandelde oppervlakte is gelijk gebleven. Er is in 2019 gemiddeld 48 liter water per m² meer gebruikt dan in 2018. Het aantal manuren is 0,28 per m², dit is een verdubbeling ten opzichte van 2018. Het gemiddelde aantal manuren per m² is een stuk hoger dan de vergelijkbare bestrijdingsmethoden van Aannemers 1 en 3. Dit kan deels verklaard worden door de 2 extra behandelingsrondes die gedaan zijn en omdat er meer water wordt geïnjecteerd in vergelijking tot deze andere twee aannemers.

2020

Aannemer 2 heeft in 2020 geen behandelingen uitgevoerd.

3.9.3 Aannemer 3

Ook Aannemer 3 gebruikt een combinatie van bovengrondse bladbehandeling en het injecteren van heet water in de bodem middels een lans, waarbij de lans afwijkt van die van Aannemers 1 en 2. Door scherpe delen kan de lans wanneer deze langs wortels in de bodem wordt gedrukt, de wortels extra beschadigen. Ook Aannemer 3 maakt gebruik van de ISRP-methode.

2018

Aannemer 3 heeft in 2018 2 bestrijdingsrondes uitgevoerd, waarvan de eerste ronde bestond uit bladbehandeling en de tweede ronde uit prikbehandeling. De prikbehandeling bestond uit gemiddeld 32 injecties per m². Gemiddeld is 11 liter per m² toegediend op een gemiddelde locatiegrootte van 233 m². Totaal is 1630 m² behandeld. Dit kostte totaal 38,25 uur (gemiddeld 5,5 uur per locatie).

2019

In 2019 zijn 5 behandelingsrondes uitgevoerd. Er werden twee behandelingsmethoden om en om toegepast, de bladbehandeling en de prikbehandeling. Er zijn drie bladbehandelingen gedaan en twee prikbehandelingen. Het totale behandelde oppervlakte is gelijk gebleven. Het gemiddeld aantal liters per m² is met 9,5 het laagst. Het aantal manuren is 0,04 uur per m², dit is bijna een verdubbeling ten opzichte van 2018. Dit is te verklaren door de 3 extra behandelingsrondes die in 2019 zijn uitgevoerd. Het aantal manuren per m² is het laagst van alle aannemers. Het type behandeling (blad- en prikbehandeling) en het lagere aantal heet waterinjecties per m² kan de lage tijds- en waterbesteding deels verklaren.

2020

In 2020 zijn 4 behandelingsrondes uitgevoerd. Op 2 proeflocaties had de aannemer een 5^e behandelingsronde gepland, maar deze kon in verband met een wegafsluiting niet worden uitgevoerd. De proeflocaties zijn dit jaar niet gemaaid als voorbereiding op de heet water behandelingen. Op 4 proeflocaties is voorafgaand aan de prikbehandeling een bladbehandeling uitgevoerd. Het gemiddeld aantal liters per m² is 15,4. Dit is hoger dan het aantal in 2019. Dit komt voornamelijk doordat 4 locaties met behulp van een grote tankwagen zijn behandeld. Hier is het gemiddelde aantal liters per m² 24, een stuk hoger dan de 2 en 11 liters per m² op de overige 4 proeflocaties waar kleiner materieel is gebruikt. Het aantal manuren is met 0,04 uur per m² gelijk gebleven ten opzichte van 2019.

3.9.4 Aannemer 4

Aannemer 4 heeft deels een andere behandelingsmethode en is daarom lastiger te vergelijken met de andere aannemers (zie tabel 3.4). Bij de start wordt een grote hoeveelheid water toegediend om de bodem als geheel te verhitten. Vervolgens worden de locaties ingezaaid met een inheems mengsel om voor concurrentiekracht te zorgen. En er wordt een aantal keer per groeiseizoen hergroei van duizendknoop handmatig uitgetrokken.

2018

In 2018 is gemiddeld 260 liter water per m² toegediend tijdens de eerste bestrijdingsronde op een gemiddeld locatiegrootte van 30 m². Per m² werd gemiddeld 200 maal geïnjecteerd. Dit kostte gemiddeld 20 manuur per bestrijdingslocatie. De tweede bestrijdingsronde bestond uit het uitrekken van eventuele hergroei en het inzaaien van de groeilocaties met een kruidenmengsel. Er zijn gemiddeld 14 stengels per m² uitgetrokken met een gemiddeld gewicht van 0,3 gram per m². Totaal is 211 m² behandeld.

2019

In 2019 zijn er alleen stengels uitgetrokken op de 7 oude proeflocaties waar vorig jaar al een heet water bestrijdingsronde is gedaan. Op de 2 nieuwe proeflocaties is wel als eerste eenmalig een bestrijdingsronde met heet water uitgevoerd waarbij een grote hoeveelheid water is geïnjecteerd. Vervolgens zijn er op de nieuwe locaties ook tweemaal stengels uitgetrokken. Na de eerste heet water behandeling is de proeflocatie ingezaaid met een kruidenmengsel.

Er zijn gemiddeld 6 bestrijdingsrondes gedaan op de oude locaties en 3 op de nieuwe locaties. Het gemiddeld aantal manuren per m² op de oude locaties is 0,18 voor alleen het uitrekken

van de stengels. Op de nieuwe locaties is het aantal manuren 0,60 per m² dit is voor de heet water behandeling en stengels uitrekken bij elkaar. Er is op de 2 nieuwe locaties gemiddeld 242 liter water per m² gebruikt tijdens de eerste heet water bestrijdingsronde. Er zijn gemiddeld 65 stengels per m² uitgetrokken op de oude locaties en 16 stengels per m² op de nieuwe locaties.

2020

In 2020 zijn op alle 9 proeflocaties stengels uitgetrokken in 5 rondes. Tijdens één van deze rondes zijn de stengels op 3 locaties uitgestoken in plaats van uitgetrokken en één van de proeflocaties was voorafgaand aan uittrekken gemaaid. Het gemiddelde aantal manuren per m² was 0,10, dit is bijna een halvering ten opzichte van 2019. In deze tijd werden gemiddeld per m² 34 stengels uitgetrokken gedurende het behandeljaar (ook bijna een halvering ten opzichte van 2019) met een totaalgewicht van 400 gram per m².

Wel zijn er grote verschillen tussen proeflocaties. Op twee proeflocaties (naast elkaar gelegen) was de hergroei groter dan op de andere proeflocaties en dus meer inzet nodig. Op deze twee proeflocaties waren gemiddeld 0,27 manuren per m² nodig om 65 stengels per m² uit te trekken. Mogelijke verklaring is dat deze twee proeflocaties op een teil talud gelegen zijn, waardoor bij de eerste behandeling met heet water dit hete water te snel en oppervlakkig afgestroomd is naar de sloot, waardoor de gronden wortels niet heet genoeg zijn geworden.

3.9.5 Overzichten

In de tabellen 3.8 t/m 3.12 worden per aannemer per jaar kengetallen over het aantal bestrijdingsrondes, aantal liter dat per m² is geïnjecteerd en aantal stengels dat is uitgetrokken weergegeven. In tabel 3.13 worden de kosten per aannemer per jaar weergegeven.

Tabel 3.8

*Kengetallen aannemers heet water behandeling 2018**

Aannemer	Aantal behandelingsrondes	Totale behandelde oppervlakte (m ²)	Gemiddeld aantal liter per m ²	Gemiddeld aantal manuren per m ²	Aantal heet water injecties per m ²
Aannemer 1	3	816	62	0,11	Niet opgegeven
Aannemer 2	4	1913	90	0,14	Niet opgegeven
Aannemer 3	2	1630	11	0,023	32
Aannemer 4	2	211	260	0,69	200

**In 2018 is de proef vanaf 1 augustus gestart en is er dus geen volledig groeiseizoen behandeld*

Tabel 3.9*Kengetallen aannemers met alleen heet water behandeling 2019*

Aannemer	Aantal behandelingsrondes	Totale behandelde oppervlakte (m ²)	Gemiddeld aantal liter per m ²	Gemiddeld aantal manuren per m ²	Aantal heet water injecties per m ²
Aannemer 1	5	884	80	0,11	100
Aannemer 2	7	1913	138	0,28	3,5
Aannemer 3	5	1630	9,5	0,04	4

Tabel 3.10*Kengetallen Aannemer 4 met heet water behandeling en stengels uittrekken 2019*

Type behandeling	Aantal behandelingsrondes	Totale behandelde oppervlakte (m ²)	Gemiddeld aantal liter per m ²	Gemiddeld aantal manuren per m ²	Aantal heet water injecties per m ²	Aantal uitgetrokken stengels per m ²
Stengels uittrekken op de 7 oorspronkelijke proeflocaties	6	211	-	0,18	-	65
Stengels uittrekken en heet water behandeling op de 2 nieuwe proeflocaties van 2019	3 (1 keer heet water 2 keer stengels uittrekken)	132	242	0,60	100	16

Tabel 3.11*Kengetallen aannemer 3: heet water behandeling 2020*

Aantal behandelingsrondes	Totale behandelde oppervlakte (m ²)	Gemiddeld aantal liter per m ²	Gemiddeld aantal manuren per m ²	Aantal heet water injecties per m ²
4	1562	15,4 (range: 2–24)	0,04	7 tot 80

Tabel 3.12*Kengetallen Aannemer 4: stengels uittrekken 2020*

Aantal behandelingsrondes	Totale behandelde oppervlakte (m ²)	Gemiddeld aantal manuren per m ²	Aantal uitgetrokken stengels per m ²	Gewicht uitgetrokken stengels per m ² (g)	Gewicht per stengel (g)
5	321	0,10	34	400	13

Op drie locaties is tijdens één behandelingsronde uitgestoken i.p.v. uitgetrokken.

Tabel 3.13*Kosten per aannemer per jaar exclusief BTW**

	2018	2019	2020	Behandelde oppervlakte (m ²)
Aannemer 1	€ 23.096	€ 25.479	n.v.t.	884
Aannemer 2	€ 45.536	€ 49.952	n.v.t.	1913
Aannemer 3	€ 6.655	€ 12.372	€ 10.690	1630
Aannemer 4	€15.435	€2.400	€ 2.490	343

*De behandelde proeflocaties liggen verspreid door de provincie, waardoor er relatief veel reistijd en-kosten benodigd waren

4 Conclusies

In 2018 is in Gelderland op 30 proeflocaties gestart met een praktijkproef met behandeling van Aziatische duizendknopen met heet water. In 2019 zijn twee proeflocaties toegevoegd. In 2020 is de proef met twee van de vier aannemers voortgezet. Op alle locaties heeft er monitoring plaatsgevonden. De belangrijkste conclusies na drie jaar zijn:

- Na 3 jaar behandelen zijn er aanzienlijke verschillen in effectiviteit te zien. Daarbij lijkt de methode van Aannemer 4 het meest succesvol. Op de proeflocaties van deze aannemer zijn de stengelafname en afname van biomassa het grootst. Ook werd daar naar verhouding de grootste biomassa dode wortels opgegraven. *N.B. Aannemers 1 en 2 hebben in 2020 de proeflocaties niet bestreden en kunnen daarom niet meegenomen worden in de vergelijking van de resultaten van 2020.*
- Het aantal stengels is ten opzichte van de nulmeting bij alle aannemers én de controle behandeling afgenomen. De afname varieert tussen de 35% tot 94%. De afnames op de beschaduwde locaties zijn over het algemeen groter dan in de niet-beschaduwde proeflocaties.
- De bovengrondse biomassa is na de daling in 2019 met ongeveer 50% in 2020 bij Aannemer 4 en de controlelocaties (daling van 93%) ongeveer gelijk gebleven. Bij Aannemer 3 nam de bovengrondse biomassa na een daling in 2019 weer toe in 2020.
- In 2018 en 2019 vertoonden de controlelocaties waar geen behandeling heeft plaatsgevonden, zowel een aanzienlijke stengelafname en als een sterke afname van de bovengrondse biomassa. Dit was mogelijk het gevolg van de droge groeiseizoenen van 2018 en 2019. In 2020 is de bovengrondse biomassa ongeveer gelijk gebleven, ondanks dat dit ook een droog jaar was. De controlelocaties zijn in omvang veel kleiner dan de behandelde locaties, waardoor deze controlelocaties waarschijnlijk gevoeliger zijn voor droogte. Of, en zo ja welke, andere factoren een rol hierin spelen is niet bekend.
- Aangezien ook de onbehandelde locaties een afname in aantal stengels en bovengrondse biomassa laten zien is het onduidelijk welk deel van de stengelafname op de behandelde locaties is toe te schrijven aan de heet water behandeling en welk deel het gevolg is van een 'natuurlijke' stengelafname door droogte.
- Na staken van behandeling daalde de het gemiddelde stengelaantal onverwacht bij één aannemer op de niet-beschaduwde proeflocaties. Zoals voorspeld, steeg bij de andere aannemer het stengelaantal weer. Deze resultaten geven geen eenduidig beeld over mogelijke langere termijneffecten van de heet watermethode na staken van behandelingen.
- De omvang van de haarden is na drie jaar gemiddeld met 10 tot 20% afgenomen. Aan de randen van de haarden zijn de wortels waarschijnlijk jonger, dunner en minder diep gelegen en dus vatbaarder voor bestrijding.
- Er is geen effect aangetoond van de heet water behandeling op de schimmel biomassa en bacteriële biomassa in de bodem. Het zou interessant zijn nader onderzoek naar de bodemfauna te doen; of de aanname klopt dat heet water een sterk negatief effect heeft op de aanwezigheid van bodemfauna, de soortensamenstelling en of deze verandert, hoe snel de bodem geherkoloniseerd wordt vanuit de omgeving.
- Er zijn na drie jaar duidelijke verschillen in het versgewicht van levende en dode wortels, waarbij zoals verwacht naar verhouding in de bovenste laag meer dode wortels zijn. Tussen de twee aannemers is een groot verschil te zien. De methode waarbij eenmalig een grote hoeveelheid water is toegediend gevolgd door uittrekken lijkt een grotere sterfte van wortels tot gevolg te hebben dan het een aantal keer per jaar een kleinere hoeveelheid heet water toedienen.

- Elke aannemer hanteert zijn eigen specifieke bestrijdingswijze. Daarom zitten er verschillen tussen de aannemers in het aantal bestrijdingsrondes, de hoeveelheid water die gebruikt wordt en het aantal bestede uren. De verhouding in de hoeveelheid gebruikt water, het aantal injecties per m² en het aantal manuren tussen aannemers is echter niet altijd evenredig. Oorzaken hiervoor zijn niet bekend.
- Nazorg blijft nodig. Uit de voorlopige resultaten blijkt dat een combinatie van heet water en uittrekken effectief is.
- Het is onbekend hoe lang duizendknoop behandeld moet worden met heet water totdat de duizendknoopgaard verdwenen is. Uit de voorlopige resultaten blijkt dat drie jaar daarvoor te kort is. Waarschijnlijk is de heet watermethode meer een beheersingsmethode dan een bestrijdingsmethode.
- Deze praktijkproef beperkt zich tot haarden op zandgronden. Er kan niets gezegd worden over de effectiviteit op kleigronden, maar de verwachting is dat de heet watermethode op kleigronden weinig effectief is.
- Om de benodigde hoeveelheden water te verwarmen tot bij het kookpunt is veel energie nodig, wat voor een grote CO₂-uitstoot kan zorgen. Dit is in dit onderzoek niet verder gekwantificeerd.

Bronnen

Oldenburger, J., J. Penninkhof, C. de Groot, F. Voncken. 2017. *Praktijkproef bestrijding duizendknoop. Resultaten en kostenefficiëntie van zeven bestrijdingsmethoden voor duizendknoop en varianten daarop*. Wageningen, Stichting Probos.

Penninkhof, J., M. Boosten. 2018. *Bestrijding duizendknoop met heet water. Monitorings- en uitvoeringsplan praktijkproef Gelderland*. Wageningen, Stichting Probos.

Van Kleef, H., J. van der Loop, A. Jansen. 2019. Effectiviteit van kokend water bij bestrijding en beheer van watercrassula in natuurgebieden. *Vakblad natuur bos landschap*. Nr. 151: pp 20-22.