

# Project overgangen 2016-2020

## Verslag van het veldbezoek in 2020



**2020**

EURECO  
Ecologisch onderzoek & advies

# **Project overgangen 2016-2020**

## **Verslag van het veldbezoek in 2020**

**2020**

11 december 2020

Uitgevoerd door: Dr. C.I.J.M. Liebrand  
EURECO ecologisch onderzoek & advies, Nijmegen

In opdracht van Deltares, Delft  
Projectleider: Paul van Steeg (Deltares)

Foto's omslag:

Boven: situatie op 7 juni 2020: foto Gerben van der Meer

Onder: situatie op 8 december 2020: foto Cyril Liebrand

## Inhoud

<b>1. Inleiding.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Veldbezoek 08-12-2020 .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Bevindingen visueel .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Bedekking .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Metingen .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Samenvattend.....</b>	<b>13</b>
<b>4. Bijlagen.....</b>	<b>14</b>
<b>5. Fotobijlage.....</b>	<b>15</b>

## 1. Inleiding

In 2016 en 2017 zijn op een dijk langs de Waddenzee in Friesland, ter hoogte van Oosterbierum, verschillende horizontale en verticale overgangen aangelegd. Om na te kunnen gaan welke type overgang in combinatie met de aanliggende dijkvegetatie het meest erosiebestendige resultaat oplevert dient de overgang inclusief de dijkvegetatie onderzocht te worden. Het onderzoek vindt plaats in de vorm van een monitoring waarbij meerdere jaren achtereen hetzelfde onderzoek wordt uitgevoerd om niet alleen de situatie in 2018 te beschrijven maar ook de ontwikkeling in de komende jaren. Om de ontwikkeling van de grasbekleding door het seizoen heen en bij de verschillende typen overgangen te kunnen volgen en beschrijven zijn in 2018 3 veldbezoeken en is in 2019 en 2020 1 veldbezoek afgelegd.

### Veldbezoeken

De veldbezoeken hebben plaatsgevonden op de volgende data:

- 1-8-2018
- 5-9-2018
- 14-11-2018
- 2-12-2019
- 8-12-2020

### Vergelijking referentievakken

De bedoeling van het experiment met de horizontale en verticale overgangen is om de werkelijkheid na te bootsten, dat wil zeggen te werken met een representatieve grasbekleding.

Ter bepaling van de ontwikkeling van de nieuw aangelegde grasbekledingen zijn tevens observaties gedaan op de bestaande 'oude' grasbekleding. Vergelijking van de referentievakken van de horizontale en verticale overgangen met de bestaande grasbekleding is een methode om de mate van ontwikkeling van de nieuwe grasbekledingen te analyseren.

Factoren die een rol spelen bij de mate van ontwikkeling zijn:

- Bedekking van de bodem door de vegetatie (ingedeeld in grassen, kruiden, mos, kaal),
- Doorworteling van de bodemlaag 0-20 cm-mv (i.e. cm beneden maaiveld) (verdeeld over 8 dieptelagen),
- Dichtheid (verdichting) van de bodem (dikte doorwortelbare laag / bewortelingsdiepte).

### Invloed en effect van de versterkingsmaatregelen

Er zijn 12 versterkingsmaatregelen toegepast. De eerste vraag hierbij is wat de invloed hiervan is op de grasbekleding, zowel boven als onder het versterkingsmateriaal. Als onderzoekparameters kunnen de drie hierboven genoemde factoren, die een rol spelen bij de ontwikkeling van de grasbekleding, worden beschouwd.

De tweede vraag, zijnde de hoofdvraag van de pilot, is wat het effect is van de combinatie van het versterkingsmateriaal en de grasbekleding op de stabiliteit van de grasbekledingen onder hydraulische belasting. Het antwoord op deze vraag dient te worden gegeven door het uitvoeren van golfoploop- en golfoverslagproeven op elk van de versterkingsmaatregelen en de referentievakken.

### Website

De situatie zoals aangetroffen op de verschillende data is vastgelegd door middel van foto's. Door deze foto's in een website te plaatsen zijn ze op elk moment beschikbaar en kunnen ze ook in het veld worden vergeleken met de daar aangetroffen situatie. De website bevat informatie en foto's van gehele proefdijk met de horizontale en verticale overgangen. De link naar de website is:

<https://www.zodenaandedijk.com/overgangen/>

De inhoud van de website is:

- Kaarten: overzichtskarten met ligging overgangen en locaties van wortelmonsters
- Foto's 8-12-2020: algemeen
- Foto's 8-12-2020: proefvakken met horizontale overgangen
- Foto's 8-12-2020: proefvakken met verticale overgangen
- Foto's 2-12-2019: algemeen
- Foto's 2-12-2019: proefvakken met horizontale overgangen
- Foto's 2-12-2019: proefvakken met verticale overgangen
- Foto's 14-11-2018: algemeen
- Foto's 14-11-2018: proefvakken met horizontale overgangen
- Foto's 14-11-2018: proefvakken met verticale overgangen
- Foto's 5-9-2018: algemeen
- Foto's 5-9-2018: proefvakken met horizontale overgangen
- Foto's 5-9-2018: proefvakken met verticale overgangen
- Foto's 1-8-2018: algemeen
- Foto's 1-8-2018: invloed van de expositie

## 2. Veldbezoek 08-12-2020

Het vijfde veldbezoek vond plaats op 8 december 2020.

De volgende activiteiten hebben plaatsgevonden:

### Werkzaamheden:

- Beschouwing actuele situatie ten aanzien van beheer en onderhoud van het dijkvak met de pilot
- Beschouwing diverse toepassingen
- Overzichtsfoto's, zie:  
<https://www.zodenaandedijk.com/overgangen/overgangen-20201208.html>
- Foto's van alle proefvakken, zie:
  - Voor horizontale overgangen, zie:  
<https://www.zodenaandedijk.com/overgangen/overgangen-20201208-H-proefvakken.html>
  - Voor verticale overgangen, zie:  
<https://www.zodenaandedijk.com/overgangen/overgangen-20201208-V-proefvakken.html>

### 2.1 Bevindingen visueel

- In het voorjaar van 2020 was het drie weken lang droog en relatief warm. De zomer was niet uitzonderlijk. Het najaar was relatief warm en nat en is deze periode heeft de grasbekleding op alle dijken in Nederland zich prima kunnen herstellen van de zomerse warmte en de nabeweiding of maaibeurt in het najaar.
- Opvallend is de relatief hoge bedekking van kruiden (met name Zachte ooievaarsbek - *Geranium molle* en Duizendblad - *Achillea millefolium*) in de stroken die tussen de proefstroken liggen, maar ook in het omliggende binnentalud. Dit verschijnsel is in 2018, 2019 en 2020 op veel dijktaaluds met en zuidexpositie aangetroffen. Door de droogte in de zomers van 2018 en 2019 hadden sommige grassoorten het moeilijk en zijn ze (deels) vervangen door de pioniersoort Zachte ooievaarsbek en Duizendblad die goed tegen droogte kan. In de meeste proefstroken zelf is het percentage van Zachte ooievaarsbek en Duizendblad vooralsnog beperkt gebleven; in enkele proefstroken is pleksgewijs met name het aandeel van Duizendblad en in mindere mate van Zachte ooievaarsbek toegenomen.
- Niet alle proefvakken vertonen een even goede bedekking van de grasbekleding (zie tabel 1 en 2). Het lijkt erop dat vooral de diepte waarop het versterkingsmateriaal is aangebracht hierbij een rol speelt. Dit lijkt vooral van belang bij de versterkingsmaterialen Enkamat en Grassprotecta (zie fotobijlage). De grasbekleding op de grastegel (grasdoorgroeisteen) is achter gebleven doordat de openingen in de grastegel bij de aanleg waarschijnlijk onvoldoende gevuld konden worden met bodemmateriaal.
- Het gehele weiland inclusief de proefvakken is kort (maar niet te kort: nagroei?) afgeweid (en bijgemaaid?) en er werd niet meer beweid op 8 december.
- Al met al ziet de proefinrichting er goed uit.

### Invloed van de verschillende versterkingsmaatregelen op de grasbekleding

De mate van afdichting door de verschillende versterkingsmaterialen kan van invloed zijn op de vochtvoorziening van de bodemlaag boven het versterkingsmateriaal. Bij een sterke mate van afdichting kan bij neerslag worden verhinderd dat het water wegzakt in de bodem waardoor de laag boven het versterkingsmateriaal langer vochtig blijft. Bij droogte kan een sterke mate van afdichting juist zorgen voor extra verdroging doordat het versterkingsmateriaal de capillaire werking vanuit de onderlaag tegenhoudt. De verwachting is dan ook dat een versterkingsmateriaal met een lage mate van afdichting de grasbekleding het minst beïnvloedt.

In tabel 1 en 2 is een kwalitatieve waardering van de verschillende toepassingen weergegeven op basis van bedekking en homogeniteit van de grasbekleding en de totale waardering als som van bedekking en homogeniteit, voor 5 september en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020. Deze waarderingen zijn niet gemeten maar visueel bepaald in het veld.

#### Horizontale overgangen

Op 8 december 2020 was bij de horizontale overgangen de grasbekleding er het slechtst aan toe bij Grassprotecta (op maaiveld en op 5 cm diepte) en Grastegel (alle waardering 2), gevolgd door Grassblocks en Ronaton (beide waardering 3) (zie tabel 1). Bij deze vier versterkingsmaatregelen was de homogeniteit duidelijk lager dan bij de overige versterkingsmaatregelen. Bij Grassprotecta (op maaiveld en op 5 cm diepte) en Grastegel was bovendien de bedekking duidelijk lager dan bij de overige versterkingsmaatregelen.

In het algemeen scoorden de referenties met en zonder horizontale overgang op 8 december niet hoger dan de versterkingsmaatregelen. Blijkbaar hebben de versterkingsmaatregelen geen negatief effect op de vegetatieontwikkeling, met uitzondering van de vier hierboven genoemde maatregelen.

*Tabel 1. Waardering van bedekking en homogeniteit van de grasbekleding en totale waardering van de horizontale overgangen en referenties op 5 september 2018, 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020: +++ is de hoogste waardering (+3), --- de laagste waardering (-3).*

Nr vak	Toepassing	Bedekking				Homogeniteit				Waardering			
		5-sep 2018	14-nov 2018	2-dec 2019	8-dec 2020	5-sep 2018	14-nov 2018	2-dec 2019	8-dec 2020	5-sep 2018	14-nov 2018	2-dec 2019	8-dec 2020
H-1	Ref. zonder overgang	++	++	++	+++	++	+++	++	++	4	5	4	5
H-2	Ref. met overgang	+	+++	+++	+++	++	+++	++	+++	3	6	5	6
H-3	Geopex	-	+++	+++	+++	-	++	++	++	-2	5	5	5
H-4	Enkamat	-	+++	++	++	-	++	++	++	-2	5	4	4
H-5	Robulon	+	++	+++	+++	-	++	++	++	0	4	5	5
H-6	Fortrac	0	+++	+++	+++	-	+++	+++	+++	-1	6	6	6
H-7	Grassprotecta	-	+++	+	+	-	++	+	+	-2	5	2	2
H-8	Mycorrhiza	-	+++	+++	+++	-	++	++	++	-2	5	5	5
H-9	Grassmaster	+	+++	+++	+++	-	+++	+++	+++	0	6	6	6
H-10	Referentie met overgang	++	+++	+++	+++	-	+++	+++	++	1	6	6	5
H-11	Referentie zonder overgang	++	++	++	+++	++	+++	++	++	4	5	4	5
H-12	Grassblocks	-	++	++	++	-	+	+	+	-2	3	3	3
H-13	Ronaton	0	++	++	++	0	+	++	+	0	3	4	3
H-14	Grastegel	-	++	+	+	0	++	+	+	-1	4	2	2
H-15	Plastic raster	+	+++	++	++	+	+++	++	++	2	6	4	4
H-16	Schrale klei	++	+++	+++	+++	++	++	+++	++	4	5	6	5
H-17	Grassprotecta	-	+++	++	+	-	++	+	+	-2	5	3	2
H-18	Referentie met overgang	++	+++	+++	+++	++	++	+++	++	4	5	6	5
H-19	Referentie met overgang	++	+++	+++	+++	++	++	++	++	4	5	5	5
H-20	Referentie zonder overgang	++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	4	6	5	5

Bij Ronaton en Grassprotecta (op 5 cm diepte) is de waardering op 8 december 2020 gedaald ten opzichte van 2 december 2018. Een verklaring hiervan zou kunnen zijn dat de aanwezigheid van het versterkingsmateriaal in de zomer eerst heeft geleid tot verdroging en in het najaar het herstel heeft vertraagd ten opzichte van de overige versterkingsmaatregelen.

#### Verticale overgangen

Op 8 december 2020 was bij de verticale overgangen de grasbekleding er het slechtst aan toe Plastic raster (waardering 2) (zie tabel 2). De overige versterkingsmaatregelen hadden alle een waardering van 4 of hoger.

In het algemeen scoorden de referenties met en zonder horizontale overgang op 2 december ook bij de verticale overgangen niet hoger dan de versterkingsmaatregelen. Blijkbaar hebben ook hier de versterkingsmaatregelen geen negatief effect op de vegetatieontwikkeling, met uitzondering van Plastic raster.

Tabel 2. Waardering van bedekking en homogeniteit van de grasbekleding en totale waardering van de verticale overgangen en referenties op 5 september 2018, 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020: +++ is de hoogste waardering (+3), --- de laagste waardering (-3).

Nr vak	Toepassing	Bedekking				Homogeniteit				Waardering			
		5-sep 2018	14-nov 2018	2-dec 2019	8-dec 2020	5-sep 2018	14-nov 2018	2-dec 2019	8-dec 2020	5-sep 2018	14-nov 2018	2-dec 2019	8-dec 2020
V-1	Ref. zonder overgang	-	-	+++	+++	-	-	+++	+++	-	-	6	6
V-1	Ref. met overgang	++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	4	6	6	5
V-2	Bentoniet	+	+++	++	+++	+	+++	++	+++	2	6	4	6
V-2	Doorgroeisteen	++	+++	++	++	++	+++	++	++	4	6	4	4
V-3	Geopex	++	+++	++	+++	+	+++	++	+++	3	6	4	6
V-3	Fortrac	++	+++	++	++	++	+++	+++	+++	4	6	5	5
V-4	Grassprotecta op 5 cm	++	+++	++	+++	+	+++	++	+++	3	6	4	6
V-4	Grassprotecta op maaiveld	++	+++	+++	+++	+	+++	++	+++	3	6	5	6
V-5	Plastic raster	++	+	+	+	0	++	+	+	2	3	2	2
V-5	Grassmaster	++	+++	++	+++	++	+++	++	++	4	6	4	5
V-6	Robulon zonder hoekstaal	++	++	++	++	+	++	++	++	3	4	4	4
V-6	Robulon met hoekstaal	++	++	+++	+++	+	++	++	++	3	4	5	5
V-7	Ref. met overgang	+++	+++	++	+++	+	+++	++	++	4	6	4	5
V-7	Ref. zonder overgang	++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	4	6	5	5

## 2.2 Bedekking

Op 8 december 2020 is als aanvulling op de waardering van de bedekking in alle proefvakken de totale bedekking en de bedekking van de grassen en kruiden visueel bepaald (zie tabel 3 en 4).

Tabel 3. Waardering van de bedekking, totale bedekking (grassen+kruiden) en bedekking grassen en kruiden.

Proef- vak	Toepassing	Bedekking waardering	Bedekking grassen+kruiden %	Bedekking grassen %	Bedekking kruiden %	Kaal/mos %
H-1	Ref. zonder overgang	+++	92	60	32	8
H-2	Ref. met overgang	+++	97	84	13	3
H-3	Geopex	+++	88	70	18	12
H-4	Enkamat	++	84	62	22	16
H-5	Robulon	+++	94	81	13	6
H-6	Fortrac	+++	96	85	11	4
H-7	Grassprotecta	+	60	25	35	40
H-8	Mycorrhiza	+++	95	85	10	5
H-9	Grassmaster	+++	97	83	14	3
H-10	Referentie met overgang	+++	95	83	12	5
H-11	Referentie zonder overgang	+++	93	76	17	7
H-12	Grassblocks	++	70	64	6	30
H-13	Ronaton	++	68	61	7	32
H-14	Grastegel	+	60	48	12	40
H-15	Plastic raster	++	74	58	16	26
H-16	Schrale klei	+++	95	80	15	5
H-17	Grassprotecta	+	62	40	22	38
H-18	Referentie met overgang	+++	93	84	9	7
H-19	Referentie met overgang	+++	91	71	20	9
H-20	Referentie zonder overgang	+++	90	77	13	10



Bij de horizontale overgangen varieert de totale bedekking (grassen+kruiden) van 60% bij Grassprotecta en Grastegel tot 97% bij de referentie met overgang en Grassmaster. De bedekking van de kruiden varieert van 6% bij Grassblocks tot 35% bij Grassprotecta.

Tabel 4. Waardering van de bedekking, totale bedekking (grassen+kruiden) en bedekking grassen en kruiden.

Proefvak	Toepassing	Bedekking waardering	Bedekking grassen+kruiden %	Bedekking grassen %	Bedekking kruiden %	Kaal/mos %
V-1	Ref. zonder overgang	+++	97	87	10	3
V-1	Ref. met overgang	+++	96	84	12	4
V-2	Bentoniet	+++	96	76	20	4
V-2	Doorgroeisteen	++	86	71	15	14
V-3	Geopex	+++	97	73	24	3
V-3	Fortrac	++	89	53	36	11
V-4	Grassprotecta op 5 cm	+++	96	82	14	4
V-4	Grassprotecta op maaiveld	+++	95	86	9	5
V-5	Plastic raster	+	56	28	28	44
V-5	Grassmaster	+++	92	62	30	8
V-6	Robulon zonder hoekstaal	++	92	68	24	8
V-6	Robulon met hoekstaal	+++	95	69	26	5
V-7	Ref. met overgang	+++	94	62	32	6
V-7	Ref. zonder overgang	+++	94	90	4	6

Bij de verticale overgangen varieert de totale bedekking (grassen+kruiden) van 56% bij Plastic raster tot 97% bij de referentie zonder overgang en Geopex. De bedekking van de kruiden varieert van 4% bij de referentie zonder overgang tot 36% bij Fortrac.

### Vergelijking horizontale en verticale overgangen

Bij de horizontale overgangen, aangelegd in 2016, was de totale bedekking (grassen+kruiden) in beide proefvakken met Grassprotecta (op 0 cm en 5 cm diepte) aanzienlijk lager dan bij de verticale overgangen, aangelegd in 2017: resp. 60% en 62% (hor.) en 95% en 96% (vert.). De totale bedekking in het proefvak met Plastic raster was bij de horizontale overgangen aanzienlijk hoger dan bij de verticale overgangen: resp. 74% (hor.) en 56% (vert.).

## 2.3 Metingen

Op 8 december 2020 zijn metingen verricht in de drie referentievakken (evenals op 1 augustus en 14 november 2018 en 2 december 2019):

- referentie bestaande grasbekleding (bestaande grasbekleding),
- referentie van horizontale overgangen (ref. horizontaal),
- referentie van verticale overgangen (ref. verticaal).

Daarbij zijn de volgende metingen verricht:

- Doorworteling
- Gelaagdheid
- Doorwortelbare laag

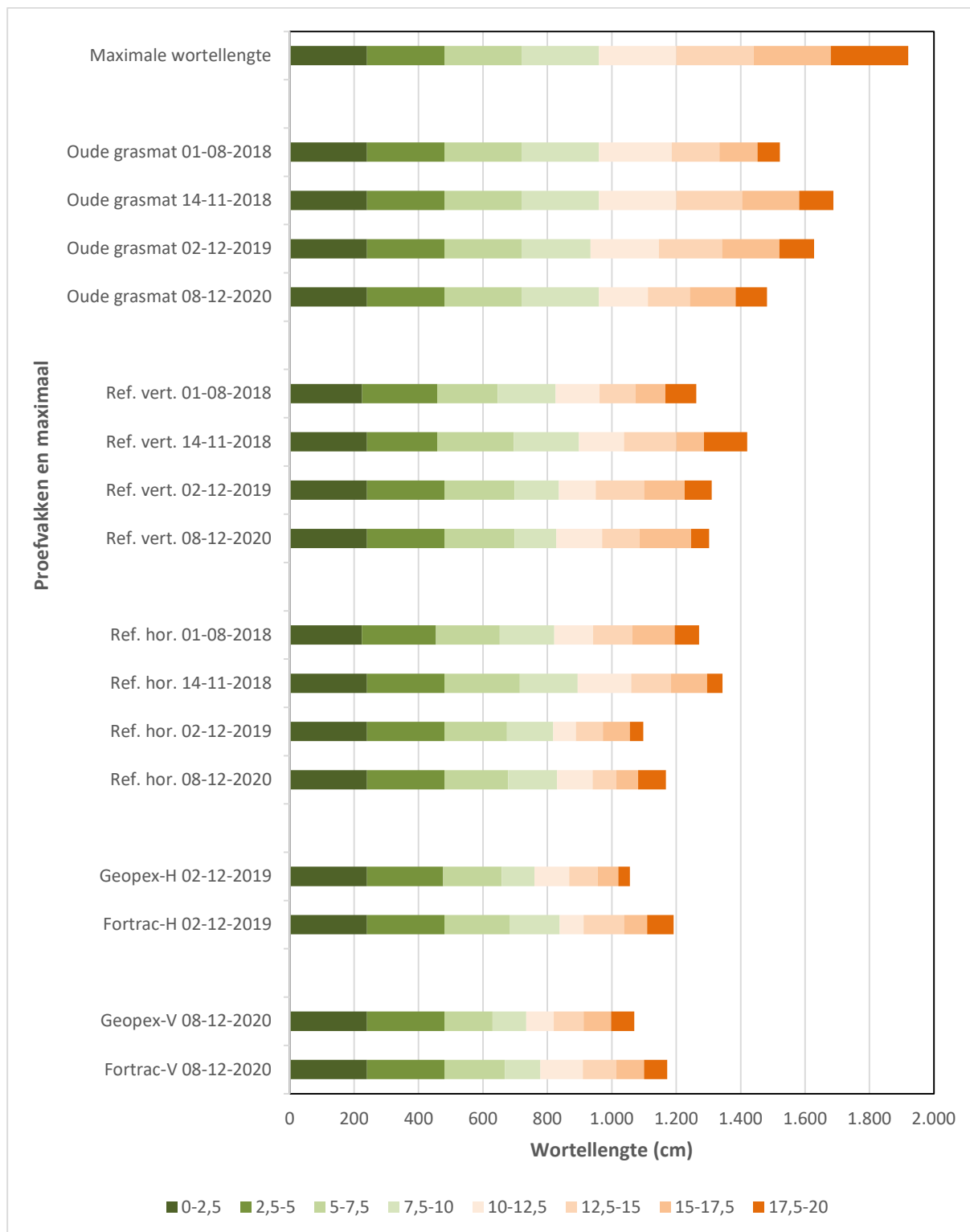
### Bedekking

De bedekking is visueel bepaald. Alle drie de referentievakken hadden minimaal een goede bedekking (> 85% bedekkend) (zie ook tabel 3 en 4).

Doorworteling

Elke meting bestond uit twee steken van 0-20 cm-mv met in totaal 16 submonsters van 2,5 cm lengte. De resultaten van de bepaling van de wortellengtes op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 zijn vermeld in tabel 5 en weergegeven in figuur 1. De meetwaarden zijn opgenomen in bijlage 1.

Ook op 8 december 2020 was de totale wortellengte (nog) verreweg het hoogst in de bestaande (oude), ongeroerde grasmat, gevolgd door de referentie van de verticale overgangen en als laatste de referentie van de horizontale overgangen (zie figuur 1).



Figuur 1. Wortellengte in 8 dieptelagen in de drie referentievakken op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 en maximale wortellengte (1920 cm).

De totale wortellengte op 8 december 2020 vertoont bij alle drie de referenties een afname ten opzichte van 14 november 2018. Bij de 'oude grasmatt' is de totale wortellengte tussen 2018 en 2019 afgenomen en daarna verder afgenomen in 2020. In de referentie van de verticale overgangen is de totale wortellengte tussen 2018 en 2019 afgenomen en vervolgens tussen 2019 en 2020 ongeveer gelijk gebleven. In de referentie van de horizontale overgangen is de totale wortellengte tussen 2018 en 2019 (sterk) afgenomen en vervolgens toegenomen.

Tabel 5. Wortellengte in 8 dieptelagen en totale wortellengte in de 3 referentievakken op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 en de maximale wortellengte.

Behandeling	Laag (cm-mv)								Tot
	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15	15-17,5	17,5-20	
Oude grasmatt 01-08-2018	240	240	240	240	226	148	118	70	1522
Oude grasmatt 14-11-2018	240	240	240	240	240	204	178	106	1688
Oude grasmatt 02-12-2019	240	240	240	214	212	196	178	108	1628
Oude grasmatt 08-12-2020	240	240	240	240	152	130	142	98	1482
Ref. vert. 01-08-2018	225	233	188	179	137	112	92	96	1262
Ref. vert. 14-11-2018	240	218	238	202	140	162	86	134	1420
Ref. vert. 02-12-2019	240	240	218	138	114	150	126	84	1310
Ref. vert. 08-12-2020	240	240	218	130	142	116	160	56	1302
Ref. hor. 01-08-2018	224	230	198	169	121	122	131	76	1271
Ref. hor. 14-11-2018	240	240	234	180	166	124	112	48	1344
Ref. hor. 02-12-2019	240	240	194	144	70	84	84	42	1098
Ref. hor. 08-12-2020	240	240	198	152	110	74	68	86	1168
Maximale wortellengte	240	240	240	240	240	240	240	240	1920

### Beoordeling doorworteling conform VTV2016

In tabel 6 en 7 zijn de wortellengtes uit tabel 5 vertaald in respectievelijk de worteldichtheidscategorieën en kwaliteitsoordelen conform VTV2006.

Het kwaliteitsoordeel van de doorworteling is in alle lagen van de alle proefvakken goed.

Tabel 6. Worteldichtheidscategorie (conform VTV2006) in 8 dieptelagen en totale wortellengte in de 3 referentievakken op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 en de maximale wortellengte.

Behandeling	Laag (cm-mv)								Tot
	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15	15-17,5	17,5-20	
Oude grasmatt 01-08-2018	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,25	4,00	3,00	1522
Oude grasmatt 14-11-2018	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	3,50	1688
Oude grasmatt 02-12-2019	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,00	1628
Oude grasmatt 08-12-2020	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,50	4,00	1482
Ref. vert. 01-08-2018	5,00	5,00	4,75	4,75	4,25	3,75	3,00	3,50	1262
Ref. vert. 14-11-2018	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,50	4,00	4,00	1420
Ref. vert. 02-12-2019	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,50	4,00	3,50	1310
Ref. vert. 08-12-2020	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,50	3,00	1302
Ref. hor. 01-08-2018	5,00	5,00	4,50	4,50	4,25	4,00	4,25	3,50	1271
Ref. hor. 14-11-2018	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,00	3,50	2,50	1344
Ref. hor. 02-12-2019	5,00	5,00	4,50	4,50	3,50	3,50	3,50	2,50	1098
Ref. hor. 08-12-2020	5,00	5,00	5,00	4,50	4,00	3,00	3,00	3,50	1168
Maximale wortellengte	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1920

Tabel 7. Worteldichtheidcategorie vertaald naar kwaliteitsoordeel (conform VTV2006) in 8 dieptelagen en totale wortellengte in de 3 referentievakken op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 en de maximale wortellengte.

Behandeling	Laag (cm-mv)								Tot
	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15	15-17,5	17,5-20	
Oude grasmatt 01-08-2018	g	g	g	g	g	g	g	g	1522
Oude grasmatt 14-11-2018	g	g	g	g	g	g	g	g	1688
Oude grasmatt 02-12-2019	g	g	g	g	g	g	g	g	1628
Oude grasmatt 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1482
Ref. vert. 01-08-2018	g	g	g	g	g	g	g	g	1262
Ref. vert. 14-11-2018	g	g	g	g	g	g	g	g	1420
Ref. vert. 02-12-2019	g	g	g	g	g	g	g	g	1310
Ref. vert. 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1302
Ref. hor. 01-08-2018	g	g	g	g	g	g	g	g	1271
Ref. hor. 14-11-2018	g	g	g	g	g	g	g	g	1344
Ref. hor. 02-12-2019	g	g	g	g	g	g	g	g	1098
Ref. hor. 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1168
Maximale wortellengte	g	g	g	g	g	g	g	g	1920

In tabel 8 is de totale wortellengte van de bestaande grasbekleding (oude grasmatt) en van de referentievakken van de horizontale en verticale overgangen op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 weergegeven met hun aandeel ten opzichte de bestaande grasbekleding en ten opzichte van de maximaal te behalen wortellengte. De vergelijking met de bestaande grasbekleding wordt gemaakt om de mate van ontwikkeling van beide referentievakken op de verschillende momenten te kunnen aangeven ten opzichte van de bestaande grasbekleding. De vergelijking met de maximaal te behalen wortellengte wordt gemaakt om de mate van ontwikkeling van zowel de bestaande grasbekleding als de twee referentievakken te kunnen aangeven op de verschillende meetmomenten.

In tabel 8 is verder per behandeling en meetmoment de verhouding van de wortellengte in de bovenste 10 cm (0-10 cm-mv) ten opzichte van de totale wortellengte (0-20 cm-mv) weergegeven. Hoe hoger het verhoudingsgetal, des te meer wortels bevinden zich in de bovenste 10 cm van de bodem. Bij een maximale wortellengte van 1920 cm is deze verhouding 50% (evenveel wortellengte in laag 0-10 cm-mv en laag 10-20 cm-mv).

Tabel 8. Totale wortellengte in de drie referentievakken op 1 augustus en 14 november 2018, 2 december 2019 en 8 december 2020 met verhouding ten opzichte van bestaande grasbekleding, verhouding ten opzichte van maximale wortellengte (i.e. 1920 cm) en wortelverdeling in bovenste 10 cm t.o.v. totale diepte van 20 cm..

Behandeling	Totale wortellengte	Aandeel t.o.v.		Wortelverdeling 0-10 cm-mv / 0-20 cm-mv %
		oude grasmatt %	maximale wortellengte %	
Oude grasmatt 01-08-2018	1522	100	79	63
Oude grasmatt 14-11-2018	1688	100	88	57
Oude grasmatt 02-12-2019	1628	100	85	57
Oude grasmatt 08-12-2020	1482	100	77	65
Ref. vert. 01-08-2018	1262	83	66	65
Ref. vert. 14-11-2018	1420	84	74	63
Ref. vert. 02-12-2019	1310	80	68	64
Ref. vert. 08-12-2020	1302	88	68	64
Ref. hor. 01-08-2018	1271	84	66	65
Ref. hor. 14-11-2018	1344	80	70	67
Ref. hor. 02-12-2019	1098	67	57	74
Ref. hor. 08-12-2020	1168	79	61	71
Maximale wortellengte	1920	-	100	50

Op 8 december 2020 bedroeg de totale wortellengte in het referentievak van de horizontale overgangen 79% van de totale wortellengte in de bestaande grasbekleding (oude grasmat). De totale wortellengte in het referentievak van de verticale overgangen bedroeg op 8 december 2020 88% van de totale wortellengte in de bestaande grasbekleding. Er zijn dus nog steeds verschillen met de ongestoorde grasbekleding (oude grasmat).

In het referentievak van de horizontale overgangen bevond zich op 8 december 2020 71% van de totale wortellengte in de bovenste 10 cm van het bodemprofiel en 29% in de laag 10-20 cm-mv. In het referentievak van de verticale overgangen is dit 64% en 36% en in de bestaande grasbekleding slechts 65% en 35%.

### Sondering gelaagdheid en bepaling dikte doorwortelbare laag

Op 14 november 2018 is de gelaagdheid en de dikte van de doorwortelbare laag bepaald, op 2 december 2019 en 8 december 2020 is deze bepaling herhaald. Voor de bepaling van de gelaagdheid van de bodem is een prikstok gebruikt met een conus van 11 mm. Voor de bepaling van de dikte van de doorwortelbare laag (dichtheid maximaal 200 psi: indicatiegetal afkomstig uit de landbouw) is een penetrometer (AGRETO Bodemverdichtingmeter) gebruikt met een conus van 13 mm. De resultaten van de bepaling van de gelaagdheid en de dikte van de doorwortelbare laag op de twee meetmomenten zijn vermeld in tabel 9.

Tabel 9. Diepte ondoordringbare laag en dikte doorwortelbare laag (bij max. 200 psi) in 2018, 2019 en 2020.

Referentie	Diepte ondoordringbare laag (cm)			Dikte doorwortelbare laag (cm)		
	Prikstok			Penetrometer (max. 200 psi)		
	14-11-2018	2-12-2019	8-12-2020	14-11-2018	2-12-2019	8-12-2020
Bestaande grasbekleding	18,8	67	67	20,0	67	52
Ref. horizontaal	25,0	60	67	22,5	60	67
Ref. verticaal	26,8	68	63	24,3	68	63

Tabel 9 laat opvallend grote verschillen zien tussen november 2018 en december 2019 en 2020. De zomer van 2018 was extreem warm en vooral droog. Ook de zomer van 2019 en 2020 was enige tijd warm en droog maar werd in beide jaren gevolgd door een najaar met relatief veel neerslag, in tegenstelling tot het najaar van 2018. Een verklaring van de grote verschillen tussen 2018 en 2019 en 2020 kan zijn dat tijdens de droogte van 2018 een sterk uitgedroogde, moeilijk doordringbare laag is ontstaan op een diepte van 20 tot 30 cm en dat die uitgedroogde laag nog steeds aanwezig was op 14 november 2018. In december 2019 en 2020 lijkt het vochtgehalte en daarmee de doordringbaarheid van de bodem juist wel te zijn hersteld na de droge zomer.

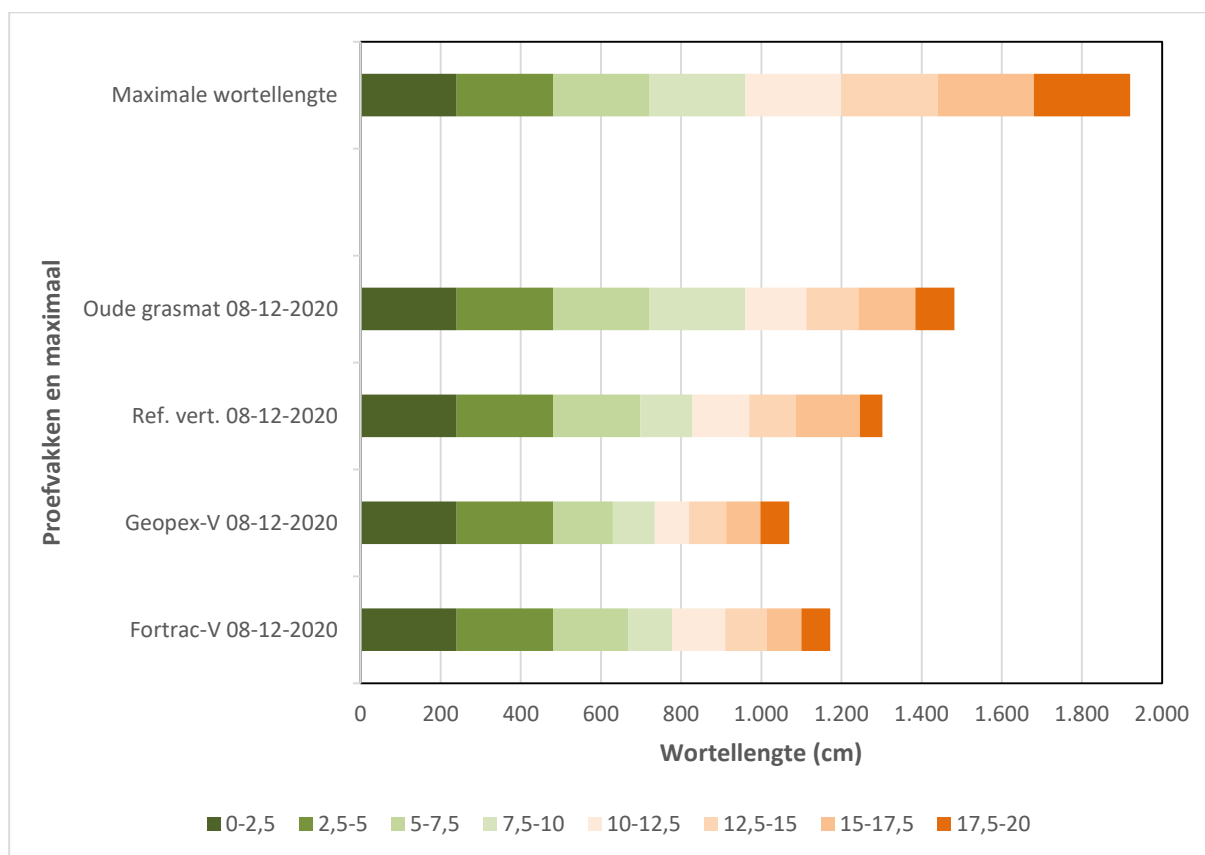
### Invloed van Geopex en Fortrac op de doorworteling

Om de invloed van het versterkingsmateriaal op de doorworteling te kunnen beschouwen is er dit jaar voor gekozen om de doorworteling te bepalen in Geopex en Fortrac in het monitoringgedeelte van de verticale overgangen. Geopex is het fijnste en dichtste doorgroeibare materiaal, Fortrac het de grofste en meest open materiaal. In beide versterkingsmaterialen zijn twee wortelmonsters gestoken, voorzichtig door het materiaal heen, tot een diepte van 20 cm-mv. De wortelmonsters zijn vervolgens geanalyseerd conform de methodiek zoals beschreven in VTV2006. De resultaten van het wortelonderzoek zijn vermeld in tabel 10, 11, 12 en 13 en weergegeven in figuur 2.

Tabel 10. Wortellengte in 8 dieptelagen en totale wortellengte van de bestaande grasbekleding (oude grasmat), het referentievak van de verticale overgangen en de versterkingsmaatregelen Geopex en Fortrac in het monitoringgedeelte van de verticale overgangen op 8 december 2020 en de maximale wortellengte.

Behandeling	Laag (cm-mv)								Tot.
	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15	15-17,5	17,5-20	
Oude grasmat 08-12-2020	240	240	240	240	152	130	142	98	1482
Ref. ver. 08-12-2020	240	240	218	130	142	116	160	56	1302
Geopex-V 08-12-2020	240	240	150	104	86	92	86	72	1070
Fortrac-V 08-12-2020	240	240	188	110	132	104	86	72	1172
Maximale wortellengte	240	240	240	240	240	240	240	240	1920

Geopex bevindt zich op een diepte van 8 tot 10 cm, Fortrac op een diepte van 5 tot 6 cm. Bij Geopex lijkt de wortellengte negatief beïnvloed te zijn door het versterkingsmateriaal vanaf 5 cm beneden maaiveld, bij Fortrac vanaf 7,5 cm beneden maaiveld. Bij beide versterkingsmaterialen is de totale wortellengte aanzienlijk lager dan in het bijbehorende referentievak. Dit geldt het sterkst voor Geopex.



Figuur 2. Wortellengte in 8 dieptelagen in twee versterkingsmaatregelen (Geopex en Fortrac) en twee referentievakken (oude grasmat en horizontale overgangen) op 8 december 2020 en maximale wortellengte (1920 cm).

### Beoordeling doorworteling conform VTV2016

In tabel 11 en 12 zijn de wortellengtes uit tabel 10 vertaald in respectievelijk de worteldichtheids-categorieën en kwaliteitsoordelen conform VTV2006.

Het kwaliteitsoordeel van de doorworteling is in alle lagen in Geopex en Fortrac goed en dus is de ook de kwaliteit van de totale doorworteling goed.

Tabel 11. Worteldichtheidscategorie (conform VTV2006) in 8 dieptelagen en totale wortellengte van de bestaande grasbekleding (oude grasmat), het referentievak van de horizontale overgangen en de versterkingsmaatregelen Geopex en Fortrac op 8 december 2020 en de maximale wortellengte.

Behandeling	Laag (cm-mv)								Tot
	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15	15-17,5	17,5-20	
Oude grasmat 08-12-2020	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,50	4,00	1482
Ref. ver. 08-12-2020	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,50	3,00	1302
Geopex-V 08-12-2020	5,00	5,00	4,00	3,50	3,00	3,50	3,50	3,50	1070
Fortrac-V 08-12-2020	5,00	5,00	4,50	4,00	4,00	4,00	3,50	3,00	1172
Maximale wortellengte	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1920

Tabel 12. Worteldichtheidcategorie vertaald naar kwaliteitsoordeel (conform VTV2006) in 8 dieptelagen en totale wortellengte van de bestaande grasbekleding (oude grasmatt), het referentievak van de horizontale overgangen en de versterkingsmaatregelen Geopex en Fortrac op 8 december 2020 en de maximale wortellengte.

Behandeling	Laag (cm-mv)								Tot
	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15	15-17,5	17,5-20	
Oude grasmatt 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1482
Ref. ver. 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1302
Geopex-V 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1070
Fortrac-V 08-12-2020	g	g	g	g	g	g	g	g	1172
Maximale wortellengte	g	g	g	g	g	g	g	g	1920

In tabel 13 is per behandeling de verhouding van de wortellengte in de bovenste 10 cm (0-10 cm-mv) ten opzichte van de totale wortellengte (0-20 cm-mv) weergegeven, zoals aangetroffen op 8 december 2020. Hoe hoger het verhoudingsgetal, des te meer wortels bevinden zich in de bovenste 10 cm van de bodem. Bij een maximale wortellengte van 1920 cm is deze verhouding 50% (evenveel wortellengte in laag 0-10 cm-mv en laag 10-20 cm-mv).

Tabel 13. Totale wortellengte van de bestaande grasbekleding (oude grasmatt), het referentievak van de horizontale overgangen en de versterkingsmaatregelen Geopex en Fortrac op 8 december 2020 met verhouding ten opzichte van bestaande grasbekleding en verhouding ten opzichte van maximale wortellengte (i.e. 1920cm).

Behandeling	Totale wortellengte	Aandeel t.o.v. oude grasmatt	Aandeel t.o.v. maximale wortellengte	Wortelverdeling 0-10 cm-mv / 0-20 cm-mv
		%	%	%
Oude grasmatt 08-12-2020	1482	100	85	57
Ref. ver. 08-12-2020	1302	88	68	64
Geopex-V 08-12-2020	1070	72	56	69
Fortrac-V 08-12-2020	1172	79	61	66
Maximale wortellengte	1920	-	100	50

Bij beide versterkingsmaterialen was het aandeel van de totale wortellengte in de bovenste 10 cm op 8 december 2020 bij Geopex (69%) en Fortrac (66%) (iets) hoger dan in het referentievak (64%).

### 3 Samenvattend

#### Bedekking

De waardering van de kwaliteit van de grasbekleding (bedekking + homogeniteit) wijkt bij de meeste versterkingsmaatregelen niet (meer) af van die van de referentievakken en de bestaande, ongeroerde grasbekleding (oude grasmat). Uitzonderingen hierop zijn Grassprotecta (op maaiveld en op 5 cm diepte) en Grastegel (alle waardering 2) en Grassblocks en Ronaton (beide waardering 3). Bij de horizontale overgangen varieert de totale bedekking (grassen+kruiden) van 60% bij Grassprotecta en Grastegel tot 97% bij de referentie met overgang en Grassmaster. De bedekking van de kruiden varieert van 6% bij Grassblocks tot 35% bij Grassprotecta. Bij de verticale overgangen varieert de totale bedekking (grassen+kruiden) van 56% bij Plastic raster tot 97% bij de referentie zonder overgang en Geopex. De bedekking van de kruiden varieert van 4% bij de referentie zonder overgang tot 36% bij Fortrac.

#### Doorworteling

Bij alle versterkingsmaatregelen en in alle referentievakken is de totale wortellengte vooralsnog kleiner dan bij die in de bestaande, ongeroerde grasbekleding (oude grasmat). De verschillen doen zich vooral voor op een diepte vanaf 10 cm-mv. Als gevolg hiervan wijkt ook het percentage van de totale wortellengte in de bovenste 10 cm (0-10 cm-mv) ten opzichte van de totale wortellengte (0-20 cm-mv) sterk af.

Op dit moment is het niet te zeggen of de totale wortellengte in de referentievakken van de horizontale en verticale overgangen op termijn even groot zal worden als in het ongeroerde referentievak (oude grasmat). Als het verschil blijvend is ligt kan dit wellicht worden verklaard doordat een substraat met een andere (granulaire) samenstelling is toegepast bij de versterkingsmaatregelen en de respectievelijke referentievakken. Ook kan de verdichting van het toegepaste bodemmateriaal een, al dan niet tijdelijk, negatief effect hebben op de wortellengte in de laag 10-20 cm-mv en daarmee op de totale wortellengte.

#### Gelaagdheid en doorwortelbare laag

In 2018 kwam de gelaagdheid van de bodem (diepte van een minder goed doordringbare laag) redelijk goed overeen met de dikte van de doorwortelbare laag zoals gemeten met een penetrometer.

Er zijn opvallend grote verschillen in gelaagdheid en de doorwortelbare laag tussen november 2018 en december 2019 en december 2020. Een verklaring van de grote verschillen tussen 2018 en 2019 en 2020 kan zijn dat tijdens de droogte van 2018 een sterk uitgedroogde, moeilijk doordringbare laag is ontstaan op een diepte van 20 tot 30 cm en dat die uitgedroogde laag nog steeds aanwezig was op 14 november 2018. In december 2019 en december 2020 lijkt het vochtgehalte en daarmee de doordringbaarheid van de bodem juist wel te zijn hersteld na de droge zomer.

#### Interactie tussen de verschillende versterkingsmaatregelen en de grasbekleding

Het effect van de combinatie van het versterkingsmateriaal en de grasbekleding op de stabiliteit van de grasbekledingen onder hydraulische belasting bestaat waarschijnlijk uit de combinatie van mate van hechting, vervlechting en doorworteling bij de verschillende versterkingsmaatregelen. Welke van deze drie factoren daarbij de belangrijkste rol speelt is (vooralsnog) moeilijk te bepalen.

#### Invloed van Geopex en Fortrac op de doorworteling

Geopex bevindt zich op een diepte van 8 tot 10 cm, Fortrac op een diepte van 5 tot 6 cm. Bij Geopex lijkt de wortellengte negatief beïnvloed te zijn door het versterkingsmateriaal vanaf 5 cm beneden maaiveld, bij Fortrac vanaf 7,5 cm beneden maaiveld. Bij beide versterkingsmaterialen is de totale wortellengte aanzienlijk lager dan in het bijbehorende referentievak. Dit geldt het sterkst voor Geopex.

Bij beide versterkingsmaterialen was het aandeel van de totale wortellengte in de bovenste 10 cm op 8 december 2020 bij Geopex (69%) en Fortrac (66%) (iets) hoger dan in het referentievak (64%).



## 4 Bijlagen

Bijlage 1. Meetwaarden wortelonderzoek. In 2018 en 2020: 8 dieptelagen (0-20 cm-mv), in 2019: 10 dieptelagen (0-25 cm-mv). Totale wortellengte bij 0-20 cm-mv.

Bodem- laag	ref- oud	ref- oud	ref- oud	ref- oud	ref-ver	ref-ver	ref-ver	ref-ver	ref-hor	ref-hor	ref-hor	ref-hor	Geopex	Fortrac	Geopex	Fortrac
	2018	2018	2019	2020	2018	2018	2019	2020	2018	2018	2019	2020	2019	2019	2020	2020
1	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	60	60	60	60	60	60	60	60	44	60	60	60	60	60	60	60
1	60	60	60	60	45	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
2	60	60	60	60	60	49	60	60	60	60	60	60	58	60	60	60
2	60	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60	60	60	60	60
2	60	60	60	60	60	49	60	60	60	60	60	60	58	60	60	60
2	60	60	60	60	53	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
3	60	60	60	60	60	59	49	59	60	57	60	56	31	46	60	39
3	60	60	60	60	60	60	60	50	39	60	37	43	60	55	15	55
3	60	60	60	60	21	59	49	59	60	57	60	56	31	46	60	39
3	60	60	60	60	47	60	60	50	39	60	37	43	60	55	15	55
4	60	60	54	60	60	43	34	35	60	30	45	34	25	42	44	28
4	60	60	53	60	49	58	35	30	30	60	27	42	26	36	8	27
4	60	60	54	60	46	43	34	35	33	30	45	34	25	42	44	28
4	60	60	53	60	24	58	35	30	46	60	27	42	26	36	8	27
5	60	60	60	33	45	31	26	34	43	26	22	33	36	23	34	52
5	51	60	46	43	54	39	31	37	26	57	13	22	18	14	9	14
5	60	60	60	33	12	31	26	34	29	26	22	33	36	23	34	52
5	55	60	46	43	26	39	31	37	23	57	13	22	18	14	9	14
6	36	42	41	23	60	39	29	24	32	23	30	20	23	39	34	28
6	23	60	57	42	25	42	46	34	22	39	12	17	21	24	12	24
6	60	42	41	23	15	39	29	24	37	23	30	20	23	39	34	28
6	29	60	57	42	12	42	46	34	31	39	12	17	21	24	12	24
7	42	48	52	29	18	22	16	26	44	16	24	14	18	21	23	29
7	42	41	37	42	57	21	47	54	32	40	18	20	14	15	20	14
7	17	48	52	29	4	22	16	26	28	16	24	14	18	21	23	29
7	17	41	37	42	13	21	47	54	27	40	18	20	14	15	20	14
8	18	38	25	26	36	37	20	11	23	7	15	17	8	29	22	19
8	17	15	29	23	36	30	22	17	18	17	6	26	10	12	14	17
8	18	38	25	26	12	37	20	11	23	7	15	17	8	29	22	19
8	17	15	29	23	12	30	22	17	12	17	6	26	10	12	14	17
tot	1522	1688	1628	1482	1262	1420	1310	1302	1271	1344	1098	1168	1056	1192	1070	1172

**Fotobijlage: enkele foto's van 7 en 21 juni (beide data Gerben van der Meer) en 8 december 2020**

In de fotobijlage is een selectie van foto's opgenomen die in de website staan.

Website: <https://www.zodenaandedijk.com/overgangen/>

Situatie op 7 juni 2020. Overzicht horizontale overgangen (foto's Gerben van der Meer).



Situatie op 7 juni 2020. Horizontale overgangen. Boven: Grassblocks, beneden: Grastegel (foto's Gerben van der Meer).



Grassblocks op 21 juni 2020 (boven) (foto Gerben van der Meer) en 8 december 2020 (beneden).



Situatie op 8 december 2020. Boven: overzicht deel van verticale overgangen, beneden: overzicht horizontale overgangen met op voorgrond referentie zonder overgang.



Wortelbemonstering conform VTV2006: materialen.



Situatie op het binnentalud (met zuidexpositie). Boven: relatief veel kruiden, beneden: hoge activiteit van regenwormen duidt op vitaal bodemleven.



Situatie op het binnentalud (met zuidexpositie). Boven: relatief veel kruiden waaronder veel Duizendblad, beneden: Zachte ooievaarsbek.

