

Stikstofdepositie, Zandmotor en de korstmossen van Solleveld

Hans Toetenel

Inleiding

Bij een wandeling door Solleveld anno 2021 vallen een aantal zaken op. Het grootste deel van Solleveld bestaat uit graslanden. Direct achter de zeereep verdwijnen soorten die duiden op de aanwezigheid van kalk in de bodem. Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) en gewone vlier (*Sambucus nigra*) zijn grotendeels beperkt tot een smalle strook vlak achter de zeereep. Kleine ruit (*Thalictrum minus*), zanddoddegras (*Phleum arenarium*) en dauwbraam (*Rubus caesius*) zijn in de duingraslanden alleen dicht achter de zeereep aanwezig. Soorten van een zuurder milieu zoals klein tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulus*) zijn alom aanwezig, ook dicht achter de zeereep, vaak samen met buntgras (*Corynephorus canescens*) en zandstruisgras (*Agrostis vinealis*). Solleveld is droog, vochtige duinvalleien ontbreken. De aanwezige plassen zijn allemaal aangelegd en dienen de waterwinning voor de drinkwatervoorziening. Solleveld wordt beheerd door Dunea (Dunea Duin en Water). Het bedrijf produceert en levert aan circa 1,3 miljoen klanten drinkwater in het westelijk deel van Zuid-Holland.

In 2011 is begonnen met de aanleg van de Zandmotor; waardoor Solleveld effectief honderden meters tot anderhalve kilometer verder van de zee is komen te liggen en de invloed van zand- en saltspray mogelijk aanzienlijk is afgenomen. De stikstofdepositie is sinds 1990 met circa 36 procent afgenomen. Vanaf 2005 is de daling gestagneerd omdat de ammoniakdepositie niet verder afnam; deze neemt vanaf 2009 zelfs weer licht toe (bron RIVM). Om het effect van de Zandmotor en de stikstofdepositie op de korstmosflora te onderzoeken is er in 2012 een inventarisatie uitgevoerd van de korstmossen in Solleveld (Toetenel 2013). In 2020 is een (gedeeltelijke) tweede inventarisatie uitgevoerd. In dit artikel worden de resultaten van de twee inventarises vergeleken en getracht een antwoord te geven op de volgende twee vragen:

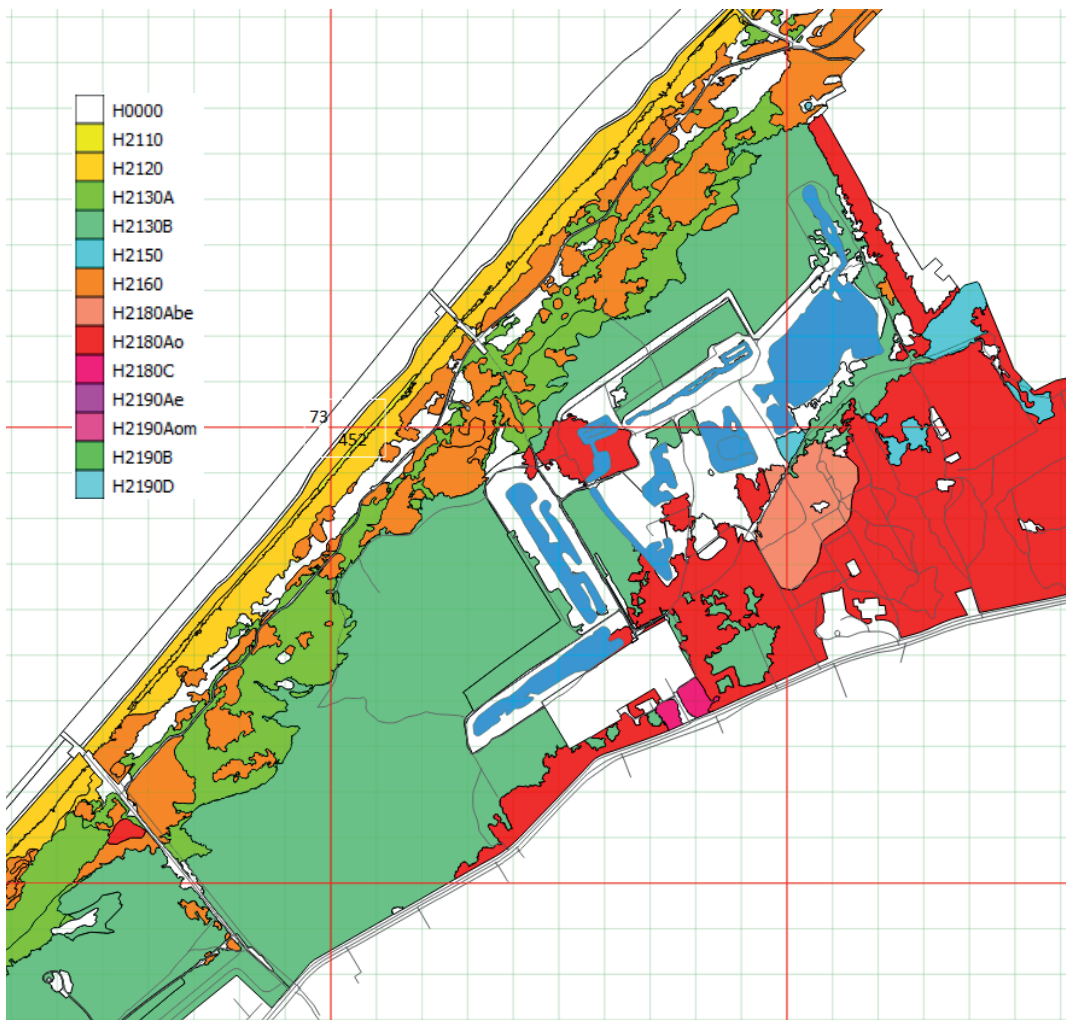
(1) Wat is het mogelijk effect van de stikstofdepositie op de korstmossen in Solleveld?

(2) Is er een mogelijk effect van de Zandmotor op de korstmosflora van Solleveld?

Voor het in beeld brengen van de verschillen tussen de twee inventarises wordt gebruik gemaakt van vier berekende indexwaarden: de Acidofyten Indicatiewaarde (AIW) en de Nitrofyten Indicatiewaarde (NIW) om de verschillen bij de epifyten te bepalen en de Kalkhoudend zand index (KHI) en de Kalkarm zand index (KAI) om de verschillen te bepalen bij de terrestrische korstmossen. Vervolgens wordt geprobeerd de verschillen te verklaren door plaatselijke en landelijke ontwikkelingen rond klimaat, successie, beheer te combineren met effecten van de stikstofdepositie en de aanleg van de Zandmotor.

Solleveld

Het tussen Den Haag en Ter Heijde gelegen Solleveld wijkt af van de meeste andere Zuid-Hollandse duingebieden doordat het voor het overgrote deel bestaat uit 'oude duinen'. Bijzonder in deze ontkalkte duinen zijn enkele heideterreintjes, die evenals andere landschapselementen herinneren aan het historische, agrarische gebruik. Het gebied is niet heel reliëfrijk en bestaat uit duinen, duinbossen, graslanden, duinheiden, struwelen, ruigten en plassen. Aan de binnenduintrand liggen een aantal oude landgoedbossen met een rijke stinzenflora. De combinatie van het Oude Duinlandschap vlak bij zee, gescheiden door een smalle strook Jonge Duinen is uniek in Nederland (van der Hagen 1998, Lucas 1993). Solleveld heeft een veelbewogen geschiedenis door menselijk ingrijpen achter zich. Hieraan ontleent het gebied juist zijn markante landschapstypen. Het relatief kalkarme bodemsubstraat en in grote delen zelfs een primair kalkloze bodem in combinatie met vroeger landbouwkundig gebruik heeft niet geleid tot een uitbundige rijkdom aan plantensoorten (Toetenel 2009; Toetenel 2021). Alleen in de overgang binnen de Jonge duinen achter de zeereep is een rijke differentiatie van vegetatietypen mogelijk door de subtiele overgangen van kalkhoudende naar kalkloze bodem. De korstmosflora van



Figuur 1. Habitattypekaart Solleveld (PZH 2019) De rode rasterlijnen duiden km-hokken aan (73,452), de grijze lijnen hectometerhokken.

Figuur 2. De ligging en vorm van de Zandmotor vlak na de aanleg, met Solleveld (rood omkaderd), rechtsboven de glastuinbouw van het Westland en bovenaan Kijkduin / Den Haag (bron Rijkswaterstaat).



de duinbossen en struwelen wordt grotendeels bepaald door het dominant aanwezige substraat van zomereik (*Quercus robur*), gewone vlier en duindoorn. De terrestrische korstmosflora is fraai ontwikkeld. In de aanwezige duingraslanden uit de klasse van droge graslanden op zandgrond (*Koelerio-Corynephoretea*) zijn zowel de kalkminnende als kalkmijdende vegetatietypen aanwezig met de daarbij optredende korstmosvegetaties. Graslanden uit de klasse van de heischrale graslanden (*Nardetea*) en duinheiden uit de klasse van de droge heiden (*Calluno-Ulicetea*) zijn ook aanwezig en bieden een fraaie toevoeging aan de totale verzameling van korstmossoorten (Figuur 1).

Solleveld maakt deel uit van het Natura 2000-gebied *Solleveld & Kapittelduinen*. Het duingedeelte van dit gebied vormt één van de zogenoemde zwakke schakels aan de Nederlandse kust (Boskalis, Kustvisie PZH). Om het gevaar van mogelijke duindoornbraken te verkleinen zijn er de afgelopen jaren een aantal projecten uitgevoerd ter versterking van de kust waaronder de aanleg van een extra duinenrij gedurende de jaren 1980-1990 en de aanleg van een tweede duinenrij samen met het verbreden van het strand in 2009-2011 (Boskalis), gevolgd door de aanleg van de Zandmotor. Door al deze werkzaamheden is de vegetatie in de zeereep nogal kunstmatig geworden.

Een deel van Solleveld is op de habitattypekaart ingetekend als duindoornstruweel (H2160, oranje) grijs duin-kalkrijk (H2130A, lichtgroen), grijs duin-kalkarm (H2130B, grijsgroen) en duinbossen (H2180*, rood, roze en paars). Naar het strand toe op de zeereep voornamelijk witte duinen (H2110, geel). De delen zonder duidelijk habitattype zijn wit. Boven de zeereep waar de kleur ophoudt ligt het nieuwe provinciale fietspad (F370) met de recent opgespoten nieuwe zeereep grenzend aan de Zandmotor. De witte delen op de zeereep zijn deels delen die door het Hoogheemraadschap rond 2012 zijn ontdaan van het duindoornstruweel, deels kale plekken op de kunstmatige zeereep aangelegd in 1980-1990. De witte delen in Solleveld rond de winplassen (blauw op de kaart) zijn veelal rietzomen en duingraslanden met ruigte. De kaart is gemaakt op basis van verschillende datasets o.a. afkomstig van Alterra van vegetatieopnamen uit 2008-2014.

Zandmotor

In 2011 is de 'Zandmotor'-zandsuppletie geplaatst op de Delflandse kust. Dit is een grote zandbuffer ter bescherming van de kustlijn. De kust tussen Ter Heijde en Kijkduin is hierdoor over een lengte van twee kilometer aanzienlijk zeewaarts uitgebouwd. In totaal is 21,5 miljoen m³ zand op de kust geplaatst. Door de tijd heen wordt het zand van de Zandmotor langs de kust verspreid als gevolg van de werking van golven en stromingen, waardoor zowel de aanliggende kust als de duinen versterkt worden. Het extra verkregen oppervlak boven zeeniveau (bestemd voor recreatie en natuur) was na aanleg van de Zandmotor ongeveer 128 hectare. Aan de noordzijde van de Zandmotor is landwaarts van de 'haak' een lagune aanwezig (Huisman 2021). Figuur 2 laat de ligging van Solleveld zien ten opzichte van de Zandmotor.

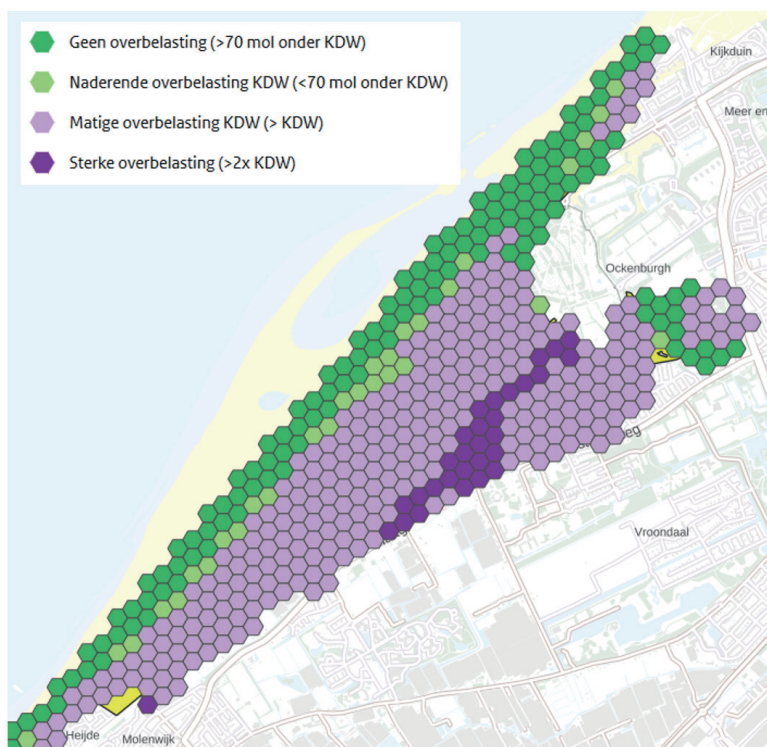
Er is een monitoringsprogramma uitgevoerd waarin is vastgelegd hoe groot de zand- en salt-spray is geweest in de afgelopen 10 jaar (IJff et al. 2021, Huisman et al. 2021). Andere grootheden zijn niet gemeten, zoals ingewaaide kalkdeeltjes. Volgens de onderzoekscombinatie Deltarees heeft de Zandmotor wel effect op de vegetatie van de zeereep maar niet op de vegetatie van het achterliggende Solleveld. In de zeereep is een duidelijke toename van duindoornstruweel vastgesteld. Hierover later meer.

Stikstof

De stikstofdepositie op Solleveld is hoog. De kaart in Figuur 3 laat zien hoe hoog. Het programma AERIUS MONITOR van het RIVM berekent dat de stikstofdepositie oploopt van 700 mol/hm/jr in de zeereep naar meer dan 2000 mol/hm/jr in de binnenduinstrand.

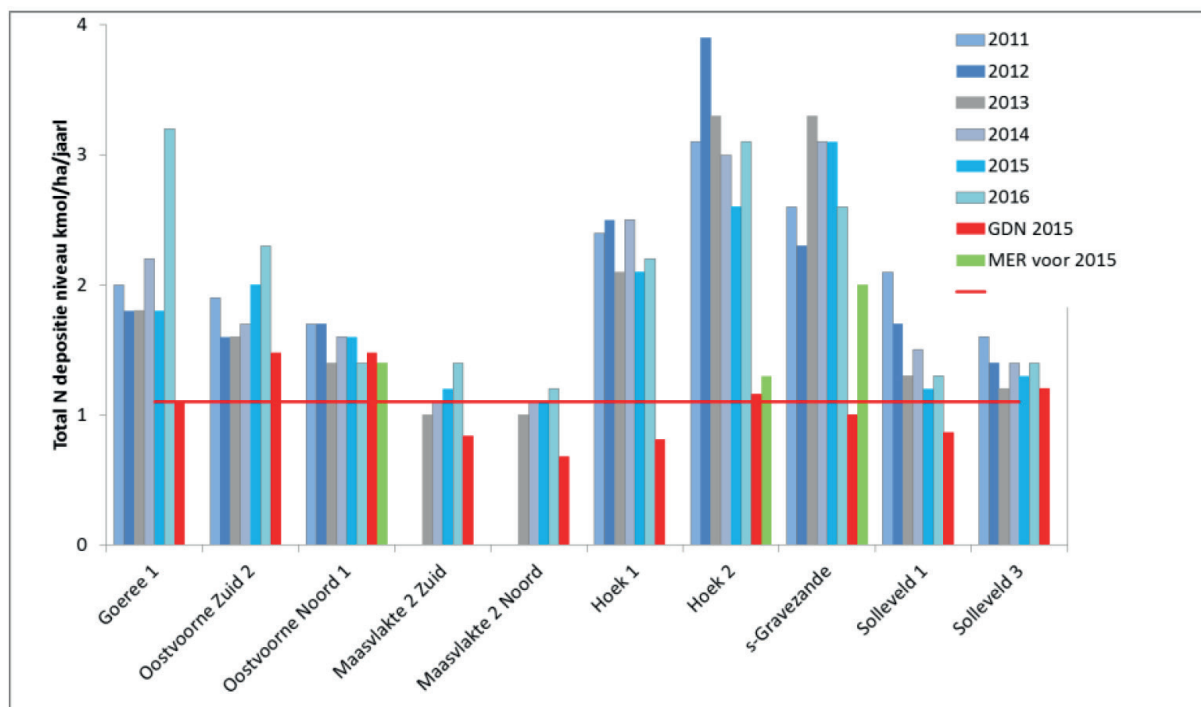
De kaart in Figuur 3 toont de mate van onder- of overbelasting door de totale depositie in 2018 af te zetten tegen de strengste 'Kritische Depositie Waarde' (KDW). De KDW is gedefinieerd als de grens waarboven het risico bestaat dat de kwaliteit van een habitat significant wordt aangetast door de verzurende en/of vermestende invloed van atmosferische stikstofdepositie. De kaart toont aan dat de stikstofdepositie op Solleveld nog steeds veel te hoog is. De KDW voor kalkrijk grijs duin ligt op 1240 mol/ha/jr, voor kalkarm grijs duin op 940 mol/ha/jr, voor heischraal grasland op 770 mol/ha/jr en voor duinheiden

Figuur 3. Verschil met de kritische depositiewaarde (KDW)



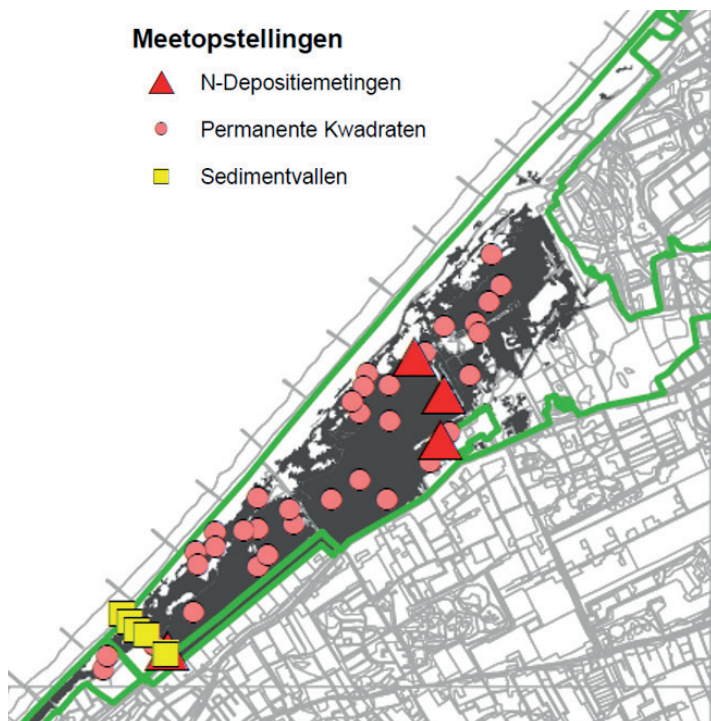
Tabel 1. Opbouw en ontwikkeling stikstofdepositie (Bron AERIUS MONITOR).

Locatie in Solleveld	binnenduintrand bossen		zeereep / nabij strand	
	2018	2017	2018	2017
Totale depositie (kg N/ha/jr)	30,7	29,9	9,9	9,7
Nederlandse bijdrage (%)	51,7	51,5	36,4	36,2
Landbouw	4,3	4,3	1,2	1,2
Vervoer en overig verkeer	0,5	0,5	0,2	0,2
Wegverkeer	3,0	3,1	0,5	0,5
Scheepvaart	1,7	1,6	0,8	0,7
Industrie	0,8	0,7	0,3	0,3
Overige sectoren	5,3	5,1	0,6	0,6
Buitenlandse bijdrage (%)	27,6	27,7	44,9	45,3
Overige bijdrage (%)	20,8	20,8	18,7	18,5
Ammoniak uit zee (incl. meetcorrectie)	6,2	6,2	6,2	6,2



Figuur 4. Totaal stikstofdepositioneniveaus voor 10 van de 19 stations in het monitorprogramma n.a.v. de aanleg 2^{de} Maasvlakte. De horizontale rode lijn op 1,1 kmol N/ha/jaar geeft het kritische depositieniveau van H2130A (grijze duinen, kalkrijk) weer. Voor de stations op Maasvlakte 2 geldt dat daar weliswaar een depositieniveau is gemeten, maar dat het betreffende habitattype er niet aanwezig is. De helderblauwe balken tonen de depositiewaarden die in 2015 gemeten zijn. De rode balken geven de waarden, eveneens in 2015, voor de gridvlakken waarbinnen de meetpunten liggen; ze zijn gebaseerd op de GDN-kaart van dat jaar (bron: www.rivm.nl, Groot-schalige Depositiekaarten Nederland). De groene balken geven de berekende waarden weer die – vóór 2011 – in het MER als voorspelling voor 2015 werden opgenomen (Bron: Hensen 2017).

Figuur 5. Meetopstellingen 2^{de} Maasvlakte Solleveld (Bron Mouissie et. al. 2014). Het punt linksonder in de Geest is Solleveld 1, de drie punten op een lijn min of meer loodrecht op de kust ter hoogte van de Torenslag zijn Solleveld 2, 3 en 4 genummerd van kust naar binnenduinrand.



Tabel 2. Gebruikte methoden en technieken.

Handelingen	2012	2020
navigatie door hectometer-hokken	met hand-GPS (Garmin GPSmap 62S) en papieren kaarten	met hand-GPS ((Garmin GPSmap 62S) en app op mobiele telefoon (TopoGPS)
vastleggen coördinaten	Hand-GPS	mobiele telefoon
registratie waarnemingen	per hectometerhok met een handgeschreven lijst	NOVA-app op mobiele telefoon

op 1100 mol/ha/jr. Voor droge duinbossen is de KDW 190 mol/h/jr (van Dobben 2008). De stikstofdepositie bestaat uit ammoniak en de stikstofoxiden. De bronnen zijn divers, zoals verkeer, ammoniak (uit zee), industrie, recreatie van mens en (huis)dier, scheepvaart en havens etc. (Tabel 1). Opvallend is de hoge bijdrage van de overige sectoren in de binnenduinrandlocatie waarin huis-, hobbydieren en recreatie de grootste bron vormt. De bijdrage in 2018 stijgt licht (2,7%) ten opzichte van 2017.

Er is in de jaren 2011 – 2016 gemeten in Solleveld hoe hoog de stikstofdepositie is geweest om een indruk te krijgen wat de invloed was van de aanleg en gebruik van de 2^{de} Maasvlakte op de omliggende natuurgebieden (Hensen 2017), zie Figuren 4 en 5. Drie van de vier meetstations in Solleveld zijn opgesteld op een min of meer rechte lijn loodrecht op de kust. Het vierde meetpunt lag in de Geest vlak bij Ter Heijde. Behalve de depositie van stikstof zijn er ook andere deposities gemeten, o.a. sulfaat en calcium. Deze depositie is te verklaren omdat bij ontzwaveling in de elektriciteitscentrales op de tweede Maasvlakte CaSO_4 (gips) als product vrijkomt. Het lijkt erop dat het gebied tussen 's Gravenzande en Solleveld in de zone ligt waar de pluim vanuit de hoge schoorstenen van de elektriciteitscentrale CaSO_4 deponeert. Gips wordt beschouwd als bekalkingsmiddel met de eigenschap dat het de pH van de bodem niet verhoogt maar zowel calcium als zwavel levert voor de vegetatie (bron NutriNorm). De depositie bij 's-Gravenzande bedroeg gemiddeld 60 mol/ha met pieken tot 1210 mol/ha.

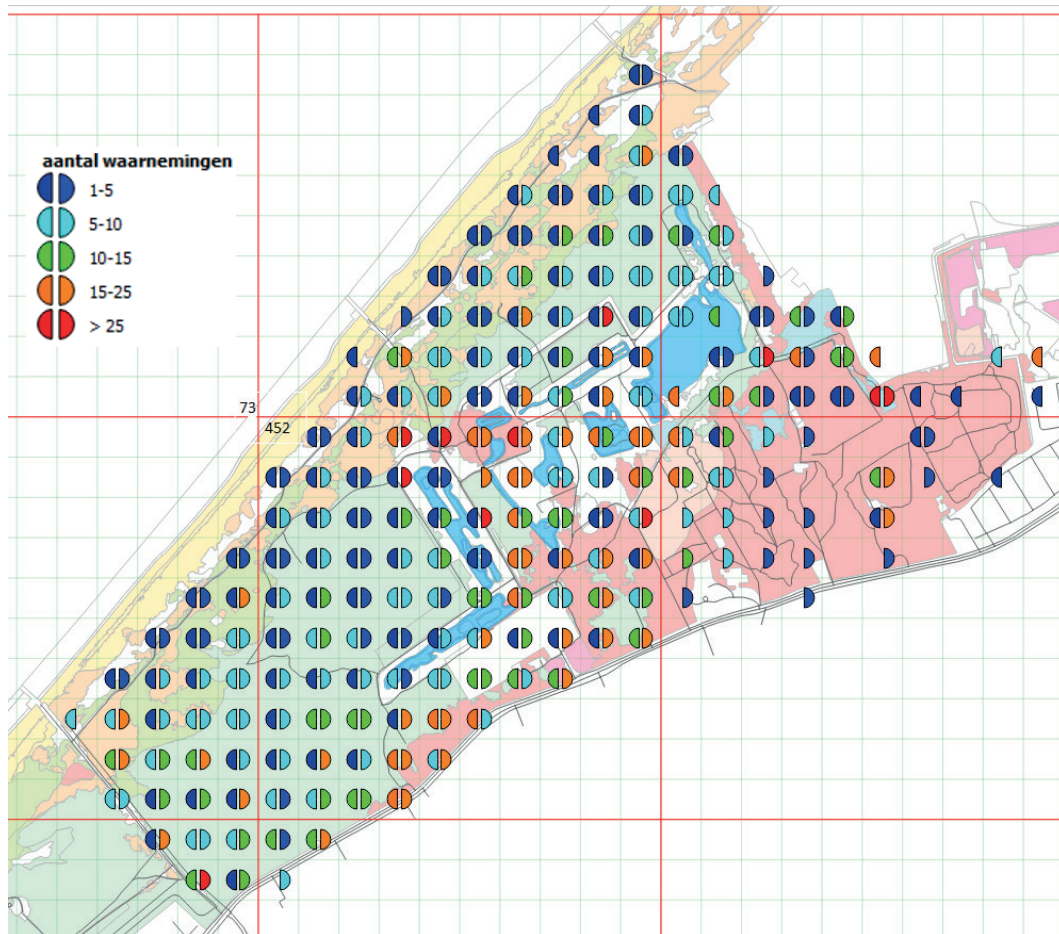
Bij de analyse van de metingen van de stikstofdepositie zijn de resultaten van het AERIUS MONITOR-model en de werkelijke gemeten depositiewaarden vergeleken. Hieruit bleek dat de door het AERIUS-model berekende waarden niet goed correleerden met de werkelijk gemeten waarden. De werkelijk gemeten waarden waren veel hoger dan de door AERIUS voorspelde waarden (Figuur 4).

Methode

De inventarisaties zijn uitgevoerd op een grid van hectometerhokken. De hectometerhokken zijn op onbepaalde wijze doorzocht waarbij gemiddeld één uur is besteed per hectare. Een aantal hokken in de landgoedbossen in het zuidoosten van Solleveld en enkele hokken in de zeereep zijn slechts één keer bezocht. De vergelijking in de rest van het artikel beperkt zich tot de hectometerhokken die in beide inventarisaties zijn onderzocht (zie Figuur 6). De gebruikte methoden en technieken zijn samengevat in Tabel 2. Een waarneming bestaat uit een drietal gegevens: soortnaam, substraat en coördinaten. Hierbij is een verschil gemaakt tussen de registratie van de epifyten en de terrestrische soorten. Bij de epifyten is per hectometer zoveel mogelijk iedere waargenomen combinatie soort-substraat geregistreerd, waarbij de substraten beperkt zijn tot de dominante soorten bomen en struiken. Bij de terrestrische soorten zijn per hectometer maximaal twee combinaties vastgelegd: het voorkomen op kalkrijk zand of op kalkarm zand. Alhoewel er bij de terrestrische soorten grote verschillen optreden in abundantie, is dit gegeven slechts deels vastgelegd en wordt het niet gebruikt bij de vergelijking. Bij de epifyten zijn van de waargenomen Rode Lijstsoorten alle vindplaatsen per hectometer vastgelegd.

Resultaten

De korstmosflora in Solleveld heeft meer overeenkomsten met duingebieden in het Waddendistrict dan met de meeste andere duingebieden in het Renodunaal district. De epifyten zijn beperkt tot de algemene soorten, met enkele uitschieters zoals het duinbaardmos, de bleke peperkorst en wat vingermossoorten (zie Tabel 3). De terrestrische korstmosflora is mooi ontwikkeld met veel soorten die bekend zijn van enkele plekken in het Waddendistrict en de binnenlandse heiden en stuifzanden. Een aantal korstmossen van kalkhoudend zand, zoals de zwel- en geleimossen, ontbreken.



Figuur 6. Geïnvventariseerde hectometerhokken in 2012 en 2020 in Solleveld. De linker halve bol geeft een indicatie van het aantal waarnemingen per hectometer in 2012, de rechter die van 2020. Het gemiddeld aantal waarnemingen per hectometer in 2012 was 7,1 en in 2020 11,9.

De kaartachtergrond is een enigszins doorzichtige versie van de habitattypeskaart van Solleveld. In 2012 waren grote delen van de binnenduïnbossen nog niet toegankelijk. In de loop van het decennium is een stuk toegevoegd aan het beheersgebied van Dunea, het Sollebos, dat in 2020 wel is geïnvventariseerd.

Tabel 3. Waargenomen Rode Lijstsoorten in 2012 en 2020. Verklaring ZG, NR, zzz en RoL: zie pagina 23.

Wetenschappelijke naam	2012	2020	ZG	NR	zzz	RoL	Nederlandse naam
<i>Athallia cerinelloides</i>		1	5	7	zzz	VN	Geel boomzonnetje
<i>Cladonia arbuscula</i>	17	17	1	1	z	KW	Gebogen rendiermos
<i>Cladonia ciliata</i>	22	44	5	1	zz	BE	Sierlijk rendiermos
<i>Cladonia pocillum</i>	8	10	9	5	zz	KW	Duinbekermos
<i>Cladonia uncialis</i>	18	9	1	3	z	KW	Varkenspoetje
<i>Hypogymnia physodes</i>	8	4	1	1	a	GE	Gewoon schorsmos
<i>Lecanora conizaeoides</i>	2		1	1	a	GE	Groene schotelkorst
<i>Melanohalea exasperata</i>		1	5	5	zzz	GE	Papilleus schildmos
<i>Peltigera canina</i>		13	7	5	zz	KW	Groot leermos
<i>Peltigera rufescens</i>	1	4	7	5	z	KW	Klein leermos
<i>Physcia aipolia</i>	2	7	5	5	zz	BE	Gemarmerd vingermos
<i>Rinodina efflorescens</i>		1	3	3	zzz	GE	Bleke peperkorst
<i>Usnea subfloridana</i>	1		1	3	zz	KW	Gewoon baardmos
<i>Usnea wasmuthii</i>		1	1	1	zzz	KW	Duinbaardmos

Tabel 3 geeft de aantallen waarnemingen van Rode Lijstsoorten in de twee inventarisaties, indicatiewaarden voor zuurgraad (ZG) en nutriëntenrijkdom (NR), zeldzaamheidsklasse (zzz), Rode Lijststatus (RoL) en Nederlandse naam. De betekenis van de indicatiewaarden is afkomstig uit Sparrius et al. (2015a). De waarden zijn afkomstig uit Sparrius et al. (2015 b).

In Figuur 6 zien we een overzicht van het aantal waarnemingen per hectometerhok. Er vallen een paar dingen op: langs de zeereep en in de binnenduinrandlandgoederen is het aantal waarnemingen laag. Ook in de kalkarme graslanden zijn op veel plaatsen slechts weinig korstmossen waargenomen. Langs de zeereep zijn duindoorn en vlier dominant, op veel plaatsen dicht struweel vormend waar nauwelijks korstmossen op voorkomen. Op meer solitaire vlieren vinden we vaak een gezelschap van specifieke soorten zoals vlierschotelkorst, kleine schotelkorst en boomglimschotelkje (Toetenel 2021). Op de grond in de zeereep valt niet veel te beleven. De zeereep is in de periode 1980-1990 versterkt met zeer kalkrijk zand met veel grove schelpfragmenten waarop ter versteviging helm is aangeplant. De eikenbossen in de binnenduinrand zijn soortenarm. Een verklaring hiervoor ontbreekt. Het is overwegend gesloten ouder bos met volgroeide eiken, een enkele beuk en berk en wat esdoorns en abelen. Ook de enkele heideveldjes met struikheide in deze bossen zijn soortenarm vergeleken met de andere heidevelden in Solleveld. De duingraslanden op kalkarm zand zijn deels geheel vergrast met zandzegge en helm. Op deze plekken groeit niets of slechts een enkele terrestrische soort.

Epifyten

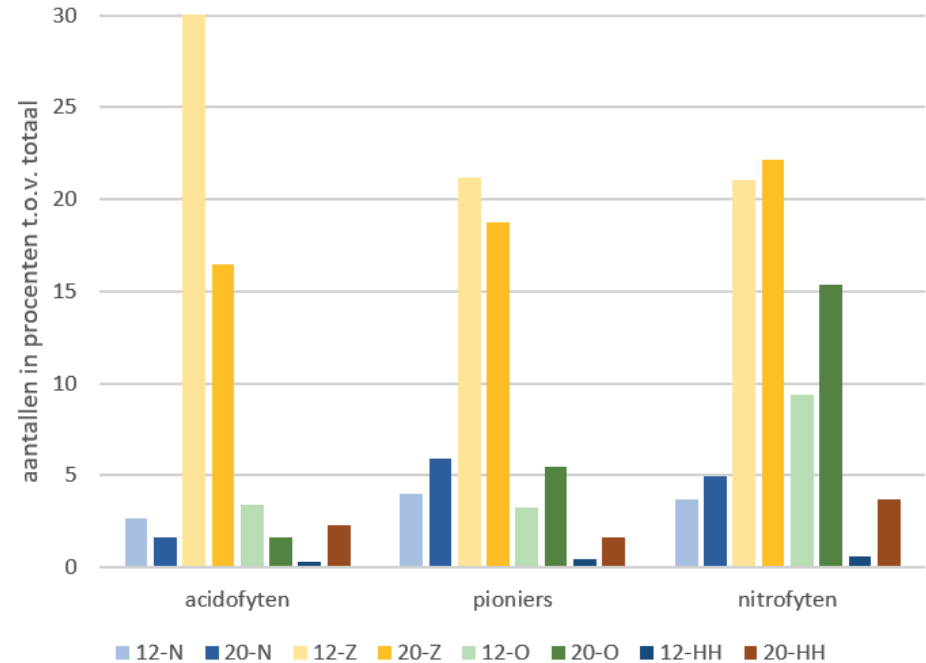
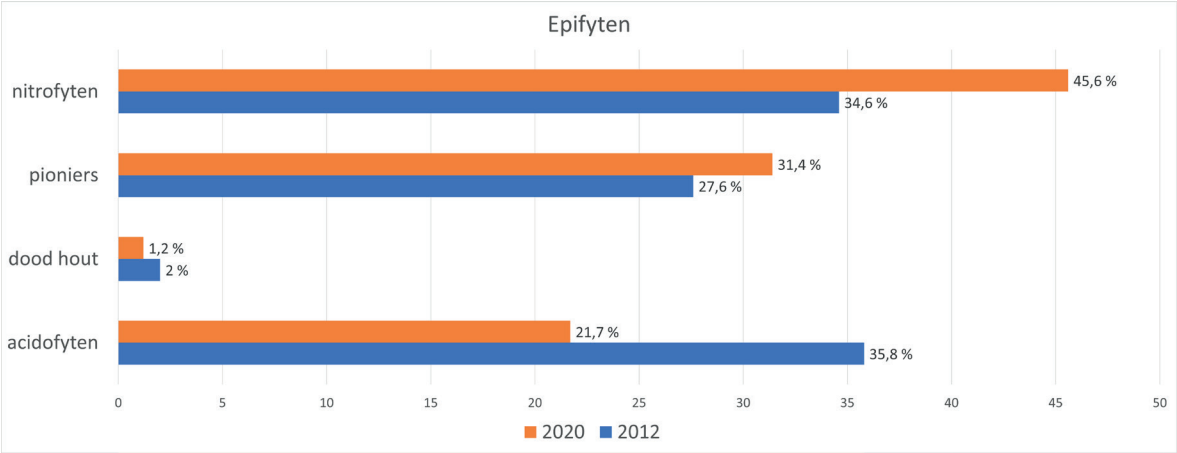
De waargenomen epifyten in Solleveld zijn in vier groepen verdeeld, min of meer in overeenstemming met vier korstmosgemeenschappen op schors zoals beschreven in Van Dort et al. (2017): de acidofyten overeenkomend met soorten uit de Schorsmos-klasse (*Hypogymnieta physodis*), de dood-houtsoorten, overeenkomend met de soorten uit de Boomspijkertjes-klasse (*Calicio-Chrysotrichetea candelaris*), de pioniers overeenkomend met soorten uit de Schrifmos-klasse (*Arthonio-Lecidelleta elaeochromae*) en de nitrofyten, overeenkomend met soorten uit de klasse van Haarmutsen en Vingermossen (*Orthotricho-Physcieta*). De soorten in de vier

groepen zijn grotendeels in overeenstemming met de landelijk toegepaste soortenlijsten. In een aantal gevallen is hiervan afgeweken en is gekozen voor de onderstaande verdelingen op grond van de specifieke vegetatie van Solleveld. Voor iedere groep kijken we naar de omvang van de waarnemingen ten opzichte van het totaal aantal waarnemingen (Figuur 7) en naar de verdeling over de substraten (Figuur 8).

De twee graadmeters voor de effecten van stikstof, de Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW) en de Acidofiële Indicatie Waarde (AIW) zoals toegepast in de provinciale meetnetten (van der Kolk et al. 2020, van Herk 2020) zijn niet zonder aanpassing toepasbaar in het kader van de inventarisaties in Solleveld. In de provinciale meetnetten bestaat een meetpunt uit een locatie met in totaal 10 dezelfde soort bomen, in Solleveld uit een hectare met daarop een onbepaald aantal bomen. In het provinciaal netwerk worden de NIW en AIW berekend als het gemiddeld aantal soorten nitrofyten of acidofyten per boom waarbij de soorten zijn gekozen uit een standaardlijst van nitrofyten en acidofyten. In de setting van Solleveld is de 'berekening' eenvoudigweg het aantal waargenomen soorten nitrofyten of acidofyten per hectometerhok. Tabel 4 bevat gegevens over de soorten en waarnemingen. Beneden in de tabel zijn de gemiddelde waarden voor de NIW en AIW berekend over alle hokken.

Het eerste wat opvalt in Figuur 7 is de procentuele afname van het aantal waargenomen acidofyten en de toename van de nitrofyten, dit overigens in overeenstemming met de landelijke ontwikkelingen. Soorten van dood hout spelen slechts een zeer beperkte rol in Solleveld. De pioniers zijn eveneens toegenomen. De aantallen acidofyten, pioniers en nitrofyten waren in 2012 nog min of meer gelijk. In 2020 is dit veranderd. Er zijn dan ruim twee maal zoveel waarnemingen van nitrofyten dan van acidofyten. Figuur 8 laat zien dat de substraatgroep van bomen met min-of-meer zure schors het meest is vertegenwoordigd. Dit is het gevolg van de aanwezigheid van de dominante boomsoort, de zomereik. In veel hokken staan eiken, soms massaal zoals in de binnenduinrand, soms solitair ergens in de duingraslanden. Opvallend is de toename van het aantal waarnemingen op de groep overige struik- en boomsoorten. Vlierstruweel is toegenomen, evenals andere struweelsoorten, zoals

Figuur 7. Verdeling epifyten in Solleveld onderverdeeld in vier ecologische groepen in procenten van het totaal aantal waarnemingen per waarnemingsjaar.

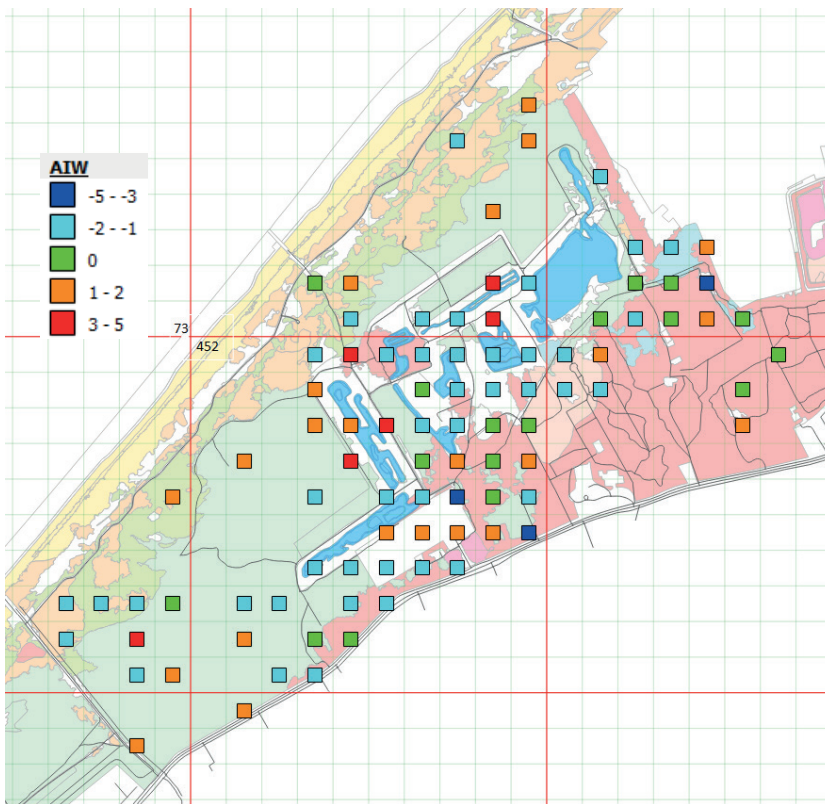


Figuur 8. Onderverdeling epifyten naar substraat: N = neutrale schors van wilg, es, linde, iep, populier en esdoorn, Z = zure schors van eik, beuk, berk, els en den , O = overige struik- en booms- oorten zoals kers, kastanje, meidoorn, kardinaalsmuts, appel, lijsterbes, li- guster en vlier, HH = (bewerkt) hardhout, 12 = inventarisatie 2012, 20 = inventa- risatie 2020.

jaar	aantal soorten		Waarnemingen	
	2012	2020	2012	2020
totalen	52	71	732	1365
acidofyten	22	18	262	296
dood hout	3	5	15	17
pioniers	11	21	202	429
nitrofyten	16	27	253	623

jaar	AIW		NIW	
	2012	2020	2012	2020
gemiddelde	1,66	1,47	1,24	2,19

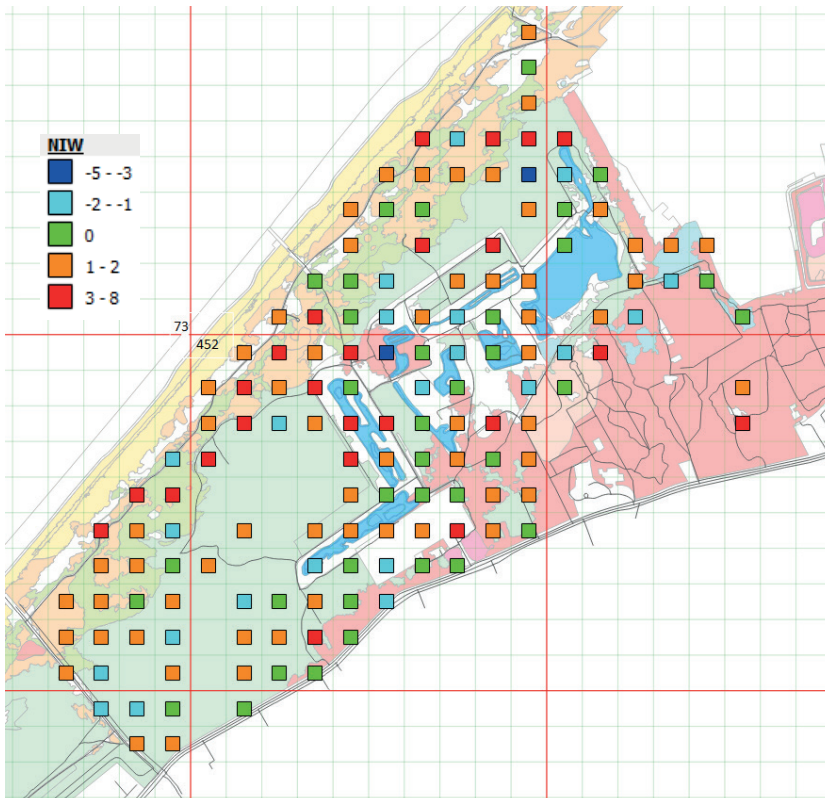
Tabel 4. Gegevens epifyten. AIW = acidofiele indi- catiewaarde, NIW = nitrofiële indicatiewaarde..



Figuur 9. De verandering van de acidofiele indicatiewaarde (AIW, boven) en de nitrofiële indicatiewaarde (NIW, onder) per hok, berekend als het verschil tussen de waarden in 2020 en 2012. De blauwe hokken duiden een verlaging aan van de AIW of NIW, de oranje en rode hokken een verhoging.

Alleen die hokken zijn weergegeven die in 2012 of 2020 een waarde hebben > 0.

In de groene hokken is het aantal soorten gelijk gebleven.



Tabel 5. Pioniersoorten in Solleveld.

Wetenschappelijke naam	2012	2020	ZG	NR	zzz	RoL	Nederlandse naam
<i>Alyxoria varia</i>		4	5	5	z		Kort schriftmos
<i>Alyxoria viridipruinosa</i>		1	5	5	zz		Limoen-schriftmos
<i>Anisomeridium biforme</i>		1	5	5	zz		Stinzenkorst
<i>Anisomeridium polypori</i>	4	2	5	5	a		Schoorsteentje
<i>Arthonia atra</i>		2	5	5	z		Zwart schriftmos
<i>Arthonia radiata</i>		27	5	5	a		Amoebekorst
<i>Buellia griseovirens</i>		1	5	5	a		Grijsgroene stofkorst
<i>Cliostomum griffithii</i>	3	1	5	5	a		Gespikkelde witkorst
<i>Lecanora carpinea</i>	23	48	5	5	a		Melige schotelkorst
<i>Lecanora chlorotera</i>	46	111	5	5	a		Witte schotelkorst
<i>Lecanora confusa</i>		6	5	5	zz		Twijgshotelkorst
<i>Lecanora dispersa</i>	1	4	9	9	a		Verborgen schotelkorst
<i>Lecanora expallens</i>	46	42	3	3	a		Bleekgroene schotelkorst
<i>Lecanora symmicta</i>	11	11	3	3	a		Bolle schotelkorst
<i>Lecidella elaeochroma</i>	61	136	5	5	a		Gewoon purperschaaltje
<i>Melanelixia glabrata</i>	4	5	5	5	a		Glanzend boomschildmos
<i>Melanohalea exasperata</i>		1	5	5	zzz	GE	Papilleus schildmos
<i>Naetrocymbe punctiformis</i>	2	14	5	5	a		Gewone stipjes
<i>Opegrapha niveoatra</i>		5	5	5	a		Klein schriftmos
<i>Opegrapha vulgata</i>		3	5	5	z		Wit schriftmos
<i>Pertusaria pertusa</i>	1		5	3	z		Gewoon speldenkussentje
<i>Porina aenea</i>		4	5	5	z		Schors-olievlekje

Tabel 6. Acidofyten in Solleveld.

Wetenschappelijke naam	2012	2020	ZG	NR	zzz	RoL	Nederlandse naam	AIW
<i>Arthonia spadicea</i>	2	2	3	3	a		Inktspatkorst	
<i>Coenogonium pineti</i>	3		3	5	a		Valse knoopjeskorst	
<i>Cladonia chlorophaea</i>	3	5	1	3	a		Fijn bekermos	x
<i>Cladonia coniocraea</i>	11	8	1	3	a		Smal bekermos	x
<i>Evernia prunastri</i>	31	32	3	3	a		Eikenmos	x
<i>Flavoparmelia caperata</i>	17	39	5	5	a		Bosschildmos	
<i>Flavoparmelia soredians</i>	6	6	5	5	a		Groen boomschildmos	
<i>Hypogymnia physodes</i>	8	4	1	1	a	GE	Gewoon schorsmos	x
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	1		3	3	a		Witkopschorsmos	x
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	3		3	5	a		Gebogen schildmos	
<i>Jamesiella anastomosans</i>	4		3	5	a		Aspergekorst	
<i>Lecanora compallens</i>	7	8	3	3	a		Miskende schotelkorst	
<i>Lecanora conizaeoides</i>	2		1	1	a	GE	Groene schotelkorst	
<i>Lecidella flavosorediata</i>	1		5	5	a		Fijne mosterdkorst	
<i>Lepraria finkii</i>	3	9	5	3	a		Gelobde poederkorst	
<i>Lepraria incana</i>	35	36	3	1	a		Gewone poederkorst	x
<i>Melanelixia subaurifera</i>	56	51	5	5	a		Verstop-schildmos	
<i>Melanohalea exasperatula</i>	2		5	5	a		Lepelschildmos	

Tabel 6. Acidofyten in Solleveld (vervolg).

Wetenschappelijke naam	2012	2020	ZG	NR	zzz	RoL	Nederlandse naam	AIW
Melanohalea elegantula		6	5	5	a		Sierlijk schildmos	
Micarea denigrata	1		3	5	z		Vulkaanoogje	
Micarea nitschkeana		1	3	3	zz		Takkenoogje	
Parmelia sulcata	70	93	5	5	a		Gewoon schildmos	x
Parmotrema perlatum	9	7	5	5	a		Groot schildmos	
Rinodina efflorescens		1	3	3	zzz	GE	Bleke peperkorst	
Trapeliopsis granulosa		1	1	3	a		Lichte veenkorst	x
Usnea subfloridana	1		1	3	zz	KW	Gewoon baardmos	
Usnea wasmuthii		1	1	1	zzz	KW	Duinbaardmos	x

Tabel 7. Nitrofyten in Solleveld.

Wetenschappelijke naam	2012	2020	ZG	NR	zzz	RoL	Nederlandse naam	NIW
Amandinea punctata	11	27	5	7	a		Vliegenstrontjesmos	
Athallia cerinella		3	5	7	zz		Klein boomzonnetje	
Athallia cerinelloides		1	5	7	zzz	VN	Geel boomzonnetje	
Bacidina adastrata	2		5	7	a		Fijne knoopieskorst	
Bacidina delicata	1		5	5	zz		Soredieuze knoopieskorst	
Caloplaca obscurella		3	5	7	z		Gewone kraterkorst	
Candelaria concolor	2		5	9	a		Vals dooiermos	x
Candelariella reflexa	2	1	5	9	a		Poedergeelkorst	x
Catillaria nigroclavata		3	5	9	z		Boomrookkorst	
Diploicia canescens		1	7	7	a		Kauwgommos	
Hyperphyscia adglutinata		5	5	9	a		Dun schaduwmos	
Lecania cyrtella		10	5	7	z		Boomglimschotelkje	
Lecania naegelia		2	5	5	z		Rookglimschotelkje	
Lecanora hagenii	8	24	5	9	a		Kleine schotelkorst	x
Lecanora sambuci		5	7	7	zzz		Vlierschotelkorst	
Phaeophyscia orbicularis		7	7	9	a		Rond schaduwmos	x
Physcia adscendens	28	103	5	9	a		Kapjesvingermos	x
Physcia aipolia	2	7	5	5	zz	BE	Gemarmerd vingermos	x
Physcia dubia		3	7	9	a		Bleek vingermos	
Physcia stellaris	3	6	5	7	zz		Groot vingermos	x
Physcia tenella	70	104	5	7	a		Heksenvingermos	x
Physconia grisea		3	7	7	a		Grauw rijpmos	
Polycauliona polycarpa	4	10	5	7	a		Klein dooiermos	x
Punctelia borrieri		3	5	5	a		Witstippelschildmos	
Punctelia jeckeri	3	7	5	5	a		Rijpschildmos	
Punctelia subrudecta	13	37	5	5	a		Gestippeld schildmos	
Ramalina farinacea	10	45	5	5	a		Melig takmos	
Ramalina fastigiata		7	5	5	a		Trompettakmos	
Rinodina oleae	1	1	7	9	a		Donkerbruine schotelkorst	
Xanthoria parietina	93	195	5	9	a		Groot dooiermos	x

liguster en kardinaalsmuts. Vooral de pionier-soorten en nitrofyten hebben zich op deze substraten verder ontwikkeld (Tabel 5).

Het bewerkte hout in de vorm van rasterpalen was in 2020 veel meer begroeid met korstmossen dan in 2012. Rasters worden onderhouden, palen vervangen, verplaatst waarbij meestal nieuw hout wordt gebruikt, etc. Opvallend waren een aantal bijzondere soorten op het hardhout zoals duinbaardmos en papilleus schildmos.

De waargenomen acidofyten zijn weergegeven in Tabel 6. De indicatie in de laatste kolom geeft aan of de soort deel uitmaakt van de lijst voor de berekening van de AIW, deels overgenomen uit van der Kolk (2020). Het aantal waarnemingen in absolute zin is in 2020 niet lager dan in 2012, maar procentueel is dit wel het geval, aangezien in 2020 het totaal aantal waarnemingen hoger is dan in 2012. Als we in het kaartbeeld naar de verschillen kijken in de AIW zien we zowel toename (oranje-rood) als afname (licht-donkerblauw, Figuur 9). In de duinbossen zijn de veranderingen gering mede als gevolg van het lage aantal waarnemingen. De meeste veranderingen liggen in hokken met solitaire eiken of struiken zoals meidoorn, maar ook in hokken met rasters. Op de hardhouten palen zien we soorten verschijnen als eikenmos, gewoon schorsmos en gewoon schildmos en het optreden van deze soorten maken de hokken oranje of rood. Op een aantal goed belichte, half-vrijstaande eiken zijn in 2020 veel meer soorten waargenomen dan in 2012, met een toename van de acidofyten, zoals in hok 73,5-451,7 en 73,4-451,9. Op andere plekken zijn solitaire meidoorns de bron van de toename, zoals in 72,8-451,1.

Tabel 7 toont het aantal waarnemingen van de nitrofyten. De laatste kolom geeft aan welke soorten zijn gebruikt voor de berekening van de NIW. De soortenlijst is kort. De soortenrijkdom in Solleveld is door de ligging beperkt. Het is een smal gebied met een zeereep met soortenarm struweel, door wind en regen geïsoleerd verspreid staande solitaire eiken en meidoorns, grote delen duingraslanden met alleen terrestrische korstmossen en een smalle binnenduindrand met soortenarm eikenbos. Opvallend is de grote toename van kapjesvingermos en groot dooiermos. In totaal zijn er 153 hokken met epifyten waarvan er maar 33 hokken zijn (21%) zonder

groot dooiermos. Andere soorten die landelijk zijn toegenomen doen het in Solleveld (nog) een stuk minder goed, zoals verzonken schriftmos (*Pseudoschismatomma rufescens*): geen waarnemingen, en dun schaduwmos met maar 5 waarnemingen. Ook vals dooiermos, poedergeelkorst en klein dooiermos hebben een lage presentie die landelijk veel hoger is. Ook opvallend is de relatief hoge presentie van melig takmos, een soort die landelijk achteruit gaat maar het in Solleveld juist is toegenomen.

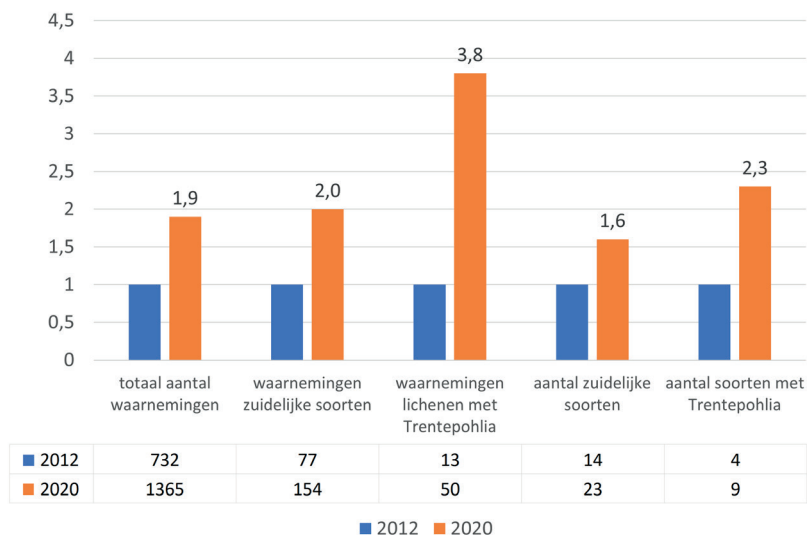
Een ander aspect van de soortensamenstelling is de indeling naar areaal en symbiosecomponent (Aptroot & Sparrius 2009, Sparrius 2015b). In het bijzonder kijken we naar zuidelijke soorten en soorten met *Trentepohlia* als alg. Zuidelijke soorten zijn de soorten waarvan de hoofdverspreiding in Europa duidelijk ten zuiden van Nederland ligt (of lag). Landelijk zijn deze soorten snel toegenomen door de invloed en de effecten van de opwarming van de aarde op het Nederlandse klimaat. Veel van deze soorten hebben de alg *Trentepohlia* als symbiont. De soorten met deze alg hebben sterk geprofiteerd van de klimaatverandering in Nederland. *Trentepohlia* gedijt bij vochtige en warme omstandigheden (Aptroot & van Herk 2007).

In Tabel 8 vinden we de zuidelijke soorten uit Solleveld met hun areaal en symbiont. De betekenis van de areaaltypen (Aptroot & Sparrius 2009) is als volgt:

- **Gematigd:** soorten met hun hoofdverspreiding in de koele gematigde bladverliezende loofboszone. Verder zuidelijk kunnen deze soorten in de bergen voorkomen.
- **Breed gematigd:** soorten met het centrum van hun verspreiding in de gematigde zone maar die ook wijd verspreid zijn in de boreale en mediterrane zone.
- **Gematigd-mediterraan:** soorten die gelijkelijk voorkomen in de gematigde en de mediterrane zone.
- **Submediterraan-subatlantisch gematigd:** soorten die in het zuidelijk deel van Europa voorkomen (hoewel vaak niet of nauwelijks in het mediterrane laagland), en in het noordelijke deel van de gematigde zone tot het subatlantische deel beperkt zijn.

De mate van verandering in het aantal waarnemingen van deze soorten is weergegeven in Figuur 10. In de 5 staafdiagramduo's is in het

Verhouding aantallen



Figuur 10. Tabel (onder): totaal aantal waarnemingen, aantal waarnemingen van zuidelijke soorten, aantal waarnemingen van soorten met *Trentepohlia*, waargenomen aantal zuidelijke soorten en waargenomen aantal soorten met *Trentepohlia*, in 2012 en 2020.

Grafiek (boven): de verhoudingen tussen de aantallen van 2012 (gesteld op waarde 1) en die van 2020.

Tabel 8. Zuidelijke soorten en soorten met *Trentepohlia* als symbiont.

Wetenschappelijke naam	2012	2020	Nederlandse naam	Groep	Areaal	Symbiont
<i>Alyxoria varia</i>		4	Kort schriftmos	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Anisomeridium biforme</i>		1	Stinzenkorst	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Anisomeridium polypori</i>	4	2	Schoorsteentje	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Arthonia atra</i>		2	Zwart schriftmos	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Arthonia radiata</i>		27	Amoebekorst	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Arthonia spadicea</i>	2	2	Inkspatkorst	Acidofyten	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Athallia cerinella</i>		3	Klein boomzonnetje	Nitrofyten	breed gematigd	Pseudotreboxia
<i>Bacidina adastr</i>	2		Fijne knoopjeskorst	Nitrofyten	gematigd	Chlorococcoid
<i>Caloplaca obscurella</i>		3	Gewone kraterkorst	Nitrofyten	breed gematigd	Pseudotreboxia
<i>Candelaria concolor</i>	2		Vals dooiermos	Nitrofyten	breed gematigd	Chlorococcoid
<i>Candelariella reflexa</i>	2	1	Poedergeelkorst	Nitrofyten	breed gematigd	Chlorococcoid
<i>Catillaria nigroclavata</i>		3	Boomrookkorst	Nitrofyten	breed gematigd	Chlorococcoid
<i>Coenogonium pineti</i>	3		Valse knoopjeskorst	Acidofyten	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Diploicia canescens</i>		1	Kauwgomm	Nitrofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxioïd
<i>Flavoparmelia caperata</i>	17	39	Boschildmos	Acidofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxioïd
<i>Flavoparmelia sooredians</i>	6	6	Groen boomchildmos	Acidofyten	submed.-subatl. gematigd	Trebouxioïd
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>		5	Dun schaduwmos	Nitrofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxioïd
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	3		Gebogen schildmos	Acidofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxioïd
<i>Jamesiella anastomosans</i>	4		Aspergekorst	Acidofyten	submed.-subatl. gematigd	Trebouxioïd
<i>Lecania naegeli</i>		2	Rookglimschotelletje	Nitrofyten	breed gematigd	Chlorococcoid
<i>Lecanora compallens</i>	7	8	Miskende schotelkorst	Acidofyten	gematigd	Trebouxia
<i>Lecanora confusa</i>		6	Twijgshotelkorst	Pioniers	submed.-subatl. gematigd	Trebouxia
<i>Melanohalea elegantula</i>		6	Sierlijk schildmos	Acidofyten	gematigd	Trebouxioïd
<i>Opegrapha niveoatra</i>		5	Klein schriftmos	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Opegrapha vulgata</i>		3	Wit schriftmos	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Parmotrema perlatum</i>	9	7	Groot schildmos	Acidofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxioïd
<i>Physconia grisea</i>		3	Grauw rijpmos	Nitrofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxia
<i>Porina aenea</i>		4	Schors-olievlekje	Pioniers	breed gematigd	Trentepohlia
<i>Punctelia borreri</i>		3	Witstippelschildmos	Nitrofyten	submed.-subatl. gematigd	Trebouxioïd
<i>Punctelia jeckeri</i>	3	7	Rijpschildmos	Nitrofyten	gematigd	Trebouxioïd
<i>Punctelia subrudecta</i>	13	37	Gestippeld schildmos	Nitrofyten	gematigd-mediterraan	Trebouxioïd

blauwe staafje de grootheid uit 2012 (waarnemingen of aantallen soorten) weergegeven als 1. De grootheid uit 2020 als oranje staaf als verhoudingsgetal ten opzicht van de grootheid uit 2012. De grootheden staan in de tabel onder de staafdiagrammen. De eerste grootheid is het aantal waarnemingen van epifyten. Het eerste duo geeft aan dat er in 2020 ongeveer $1,9 \times$ zoveel waarnemingen van epifyten is gedaan dan in 2012. Het aantal waarnemingen van zuidelijke soorten is naar verhouding ongeveer even groot, $2 \times$. Het aantal waarnemingen van soorten met *Trentepohlia* als symbiont is duidelijk veel meer gestegen: $3,8 \times$. Het aantal waargenomen zuidelijke soorten en het aantal soorten met *Trentepohlia* als symbiont zijn beide gestegen.

Terrestrische korstmossen

Solleveld is bij uitstek een plek aan de kust voor de terrestrische korstmossen! Direct achter de zeereep komen veel soorten al vlakdekkend voor. Op veel plaatsen soorten van kalkrijk zand in mozaïek met soorten van kalkarm zand. Maar er zijn ook plaatsen met veel kleine beker- en staafvormige soorten bij elkaar, meestal in open plekken bij of tussen de heidestruiken. Tabel 10 geeft het aantal waarnemingen van de soorten in 2012 en 2020, de presentie van de soort in procenten over de twee substraten (gegevens Verspreidingsatlas), KH = kalkhoudend zand en KA = kalkarm zand, indicatiewaarden voor zuurgraad (ZG), nutriëntenrijkdom (NR) en temperatuur (TP), zeldzaamheidsklasse (zzz) en Rode Lijststatus (RoL). De twee kolommen na de Nederlandse naam geven aan welke soorten gebruikt zijn bij de berekening van twee indicatiewaarden voor terrestrische korstmossen, de KHI = kalkhoudend zand indicator en KAI = kalkarm zand indicator. Deze twee indicatoren zijn min of meer vergelijkbaar met de AIW en NIW die gebruikt zijn bij de epifyten. De KHI berekent het aantal soorten korstmossen van kalkhoudend zand per hok, de KAI berekent het aantal soorten korstmossen van kalkarm zand per hok. In Tabel 9 is een samenvatting van het aantal waarnemingen van terrestrische korstmossen in Solleveld weergegeven gevolgd door de berekende waarden van de KHI- en KAI-indexen.

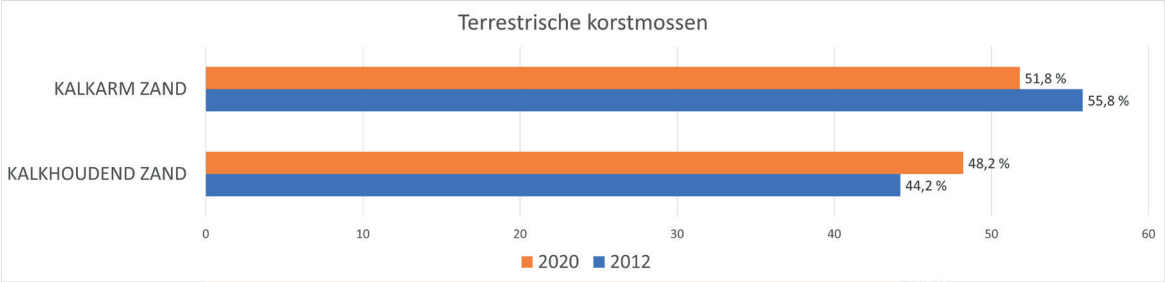
Terrestrische korstmossen zijn niet strikt gebonden aan één substraattype. De meeste soorten zijn zowel waargenomen op kalkrijk zand

als kalkarm zand. Als voorbeeld: zomersneeuw heeft een duidelijke voorkeur voor kalkhoudend zand, 67 % van alle waarnemingen in Nederland (bron Verspreidingsatlas) is op kalkrijk zand gedaan en slechts 30 % van de waarnemingen op kalkarm zand. Deze procentuele waarden zijn in Tabel 10 weergegeven in de 4^{de} en 5^{de} kolom met koppen %KH en %KA. De procentuele waarden voor kalkhoudend zand (%KH) en kalkarm zand (%KA) in Tabel 10 tellen niet op tot 100% omdat de meeste korstmossen ook nog op schors of steen voorkomen, soms in behoorlijk hoge percentages. De procentuele verhouding tussen het voorkomen op kalkrijk- en kalkarm zand uit Tabel 10 is gebruikt in de berekening van de percentages zoals weergegeven in Figuur 11. De uitkomst van de berekende percentages in Figuur 11 en de verhouding tussen de oppervlakten van de kalkrijke delen en kalkarme delen van Solleveld lijken in strijd met elkaar. Immers echt kalkhoudend is Solleveld slechts in een smalle strook direct achter de zeereep. Je zou dan ook verwachten dat het percentage waarnemingen van de soorten van kalkrijk zand veel kleiner zou zijn dan die van kalkarm zand. Echter door de toekenning van presentiepercentages voor zowel kalkrijk als kalkarm zand aan de korstmossen en het optreden met een hoog aantal waarnemingen van korstmossen die een aanzienlijke presentie hebben op zowel kalkrijk als kalkarm zand, zoals gevorkt heidestaartje, zomersneeuw, sierlijk rendiermos en kopjesbekermos, wordt de grens tussen kalkrijk en kalkarm diffuus. De korstmossen in Tabel 10 zijn gesorteerd op aflopende presentie op kalkrijk zand.

Op veel locaties in de duingraslanden van Solleveld treden een aantal terrestrische korstmossen vlakdekkend op. Vaak zijn deze plekken enkele tot tientallen m² groot. De soortensamenstelling is mede afhankelijk van de hoeveelheid kalk in de bodem. Op grotendeels ontcalcite bodem treden gebogen rendiermos, open rendiermos en gevorkt heidestaartje op de voorgrond. Op plekken met wat meer kalk in de bodem zien we zomersneeuw verschijnen samen met sierlijk rendiermos en op echt kalkrijke plekken is vals rendiermos de dominante soort. De presentie van de vlakdekkende korstmossen bepalen voor een groot deel de KHI en KAI. De berekende verschillen tussen de KHI- en KAI-waarden van 2020 en 2012 zijn weergegeven in Figuur 15.

De gemiddelde waarden van de KHI en KAI staan

Figuur 11. Verdeling terrestrische korstmossen in Solleveld over de substraten kalkhoudend zand en kalkarm zand in 2012 en 2020. De schaal op de X-as geeft de onderlinge verdeling in procenten.



jaar	Aantal soorten		Waarnemingen	
	2012	2020	2012	2020
totalen	26	26	513	608
kalkrijk zand	9	9	139	205
kalkarm zand	17	17	374	403

jaar	KHI		KAI	
	2012	2020	2012	2020
gemiddelde	1,14	1,6	2,09	1,66

Tabel 9. Gegevens terrestrische korstmossen.
KHI = kalkhoudend zand-index,
KAI = kalkarm zand-index.

Tabel 10. Terrestrische korstmossen in Solleveld.

Wetenschappelijke naam	2012	2020	% KH	% KA	ZG	NR	TP	zzz	RoL	Nederlandse naam	KHI	KAI
Cladonia pocillum	8	10	94	3	9	5	5	zz	KW	Duinbekermos	x	
Cladonia rangiformis	26	48	92	4	7	3	7	z		Vals rendiermos	x	
Peltigera canina		13	86	8	7	5	5	zz	KW	Groot leermos	x	
Peltigera rufescens	1	4	83	9	7	5	5	z	KW	Klein leermos	x	
Cladonia humilis	3	18	69	17	7	7	7	a		Frietzak-bekermos	x	
Cladonia ciliata	22	40	68	29	5	1	5	zz	BE	Sierlijk rendiermos	x	
Diploschistes muscorum	1		67	25	7	3	5	zz		Duindaalder	x	
Cladonia foliacea	77	67	67	30	7	5	5	z		Zomersnieuw	x	
Cladonia fimbriata	44	12	60	40	5	5	5	a		Kopjes-bekermos		
Cladonia furcata	85	121	49	46	5	7	5	a		Gevorkt heidestaartje		
Cladonia scabriuscula	1	5	43	46	7	7	5	z		Ruw heidestaartje		
Cladonia rei		4	37	42	5	7	6	zz		Vals kronkelheidestaartje		
Cetraria aculeata	26	24	33	65	1	1	5	z		Gewoon kraakloof		x
Cladonia subulata	3	19	31	60	3	3	5	a		Kronkelheidestaartje		
Cladonia portentosa	72	60	22	71	1	3	5	a		Open rendiermos		x
Cladonia arbuscula	17	13	22	76	1	1	5	z	KW	Gebogen rendiermos		x
Cladonia grayi	15	52	18	54	1	3	5	a		Bruin bekermos		
Cladonia glauca	2	1	16	46	1	3	5	z		Bruin heidestaartje		
Cladonia macilenta	7	4	14	48	1	3	5	a		Dove heidelucifer		
Cladonia ramulosa	30	43	14	86	1	3	5	a		Rafelig bekermos		x
Cladonia cervicornis	12	17	12	87	1	3	7	z		Gewoon stapelbekertje		x
Cladonia floerkeana	21	2	8	81	1	3	5	z		Rode heidelucifer		x
Cladonia gracilis	6	6	7	92	1	1	5	z		Girafje		
Placynthiella icmalea	6		6	13	1	3	5	a		Bruine veenkorst		
Cladonia coccifera	9	15	6	81	1	3	5	a		Rood bekermos		x
Cladonia uncialis	18	9	6	94	1	3	4	z	KW	Varkenspootje		x
Cladonia crispata	1		1	98	1	3	5	z		Open heidestaartje		
Cladonia pulvinata		1	0	98	1	1	6	zz		Slank stapelbekertje		

in Tabel 9. De gemiddelde waarde van de KHI is toegenomen met 28%. De gemiddelde waarde van de KAI is afgenomen met 25%.

De veranderingen in de KHI per hok worden mede bepaald door drie vlakdekkende korstmossen, zomersneeuw, sierlijk rendiermos en vals rendiermos. De presentie van zomersneeuw is 7% achteruit gegaan. De soort lijkt minder prominent aanwezig in de kalkrijke strook achter de zeereep en is verdwenen op de heidelocaties in het ZO van Solleveld. Daarentegen is de soort wel op een aantal plaatsen in het kalkarme deel nieuw in 2020. De presentie van sierlijk rendiermos is 29% toegenomen. Dit is opvallend in de vergelijking met de afname van zomersneeuw. De twee soorten hebben een overeenkomstige voorkeur voor kalkrijk zand. De meeste nieuwe vindplaatsen liggen in een brede overgangsstrook van kalkrijk naar kalkarm zand. Ook sierlijk rendiermos is in de kalkrijke strook achter de zeereep in 2020 minder waargenomen. De presentie van vals rendiermos is met 30% toegenomen. Bij deze soort is de toename vooral in de strook achter de zeereep en minder in de overgangszone van kalkrijk naar kalkarm.

De afname van de KAI wordt deels veroorzaakt door de veranderingen bij de twee rendiermossen gebogen rendiermos en open rendiermos, beide met een sterke voorkeur voor kalkarm zand. De presentie van gebogen rendiermos is 13% achteruit gegaan. In 2012 nog 20 hokken, in 2020 nog slechts 13. De soort is duidelijk beperkt tot de kalkarme plekken in Solleveld, vaak in combinatie met open rendiermos. Er is geen duidelijk verband tussen een plek en achteruitgang. Overal uit het bereik van 2012 zijn er locaties verdwenen maar op diverse plekken zijn er ook nieuwe vindplaatsen. Open rendiermos is beperkt tot de kalkarme plekken in Solleveld. De presentie is 9% achteruit gegaan, van 72 naar 60 hokken. Opvallend is het verdwijnen van de soort in de NO-hoek van Solleveld. De overige plekken waar de soort een lagere presentie heeft gekregen liggen in de overgangszone van enigszins kalkhoudend naar kalkarm.

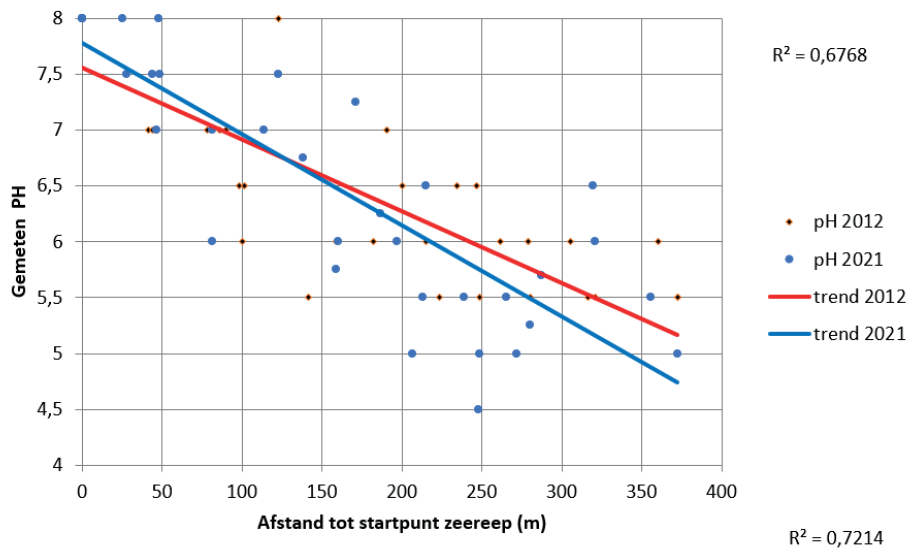
In 2012 is er een studie gedaan naar de samenhang tussen bodem-pH en groeiplaats van open rendiermos (Toetenel 2013) waaruit bleek dat het eerste verschijnen van open rendiermos in Solleveld, gemeten op transecten loodrecht op de kust lopend van kalkrijk naar kalkarm, samenhangt met een bodem-pH van rond 6,5. De

transecten starten in de zeereep en lopen tot ruim in het kalkarme deel van Solleveld. Op ieder transect zijn er een aantal pH-metingen uitgevoerd op het bodemzand op ongeveer 1 cm onder het maaiveld. Het aantal varieert van 7 metingen tot 13 metingen per transect. Totaal zijn er 5 transecten opgenomen. De pH is gemeten met pH-Fix indicatorstrips van Macherey-Nagel door 1 cm³ bodemzand op te lossen in 10 cc gedestilleerd water. Dit onderzoek is herhaald in 2021, met nieuwe pH-Fix teststrips op identieke wijze uitgevoerd. Delen van transecten 1-3 zijn in 2021 nieuw gekozen in verband met de forse toename van het duindoornstruweel in het begin van de transecten. Transecten 4-5 zijn in 2021 identiek aan die in 2012. De resultaten van de pH-metingen zijn gecorreleerd aan de afstand tot het begin van het transect op de zeereep, zoals weergegeven in Figuur 12.

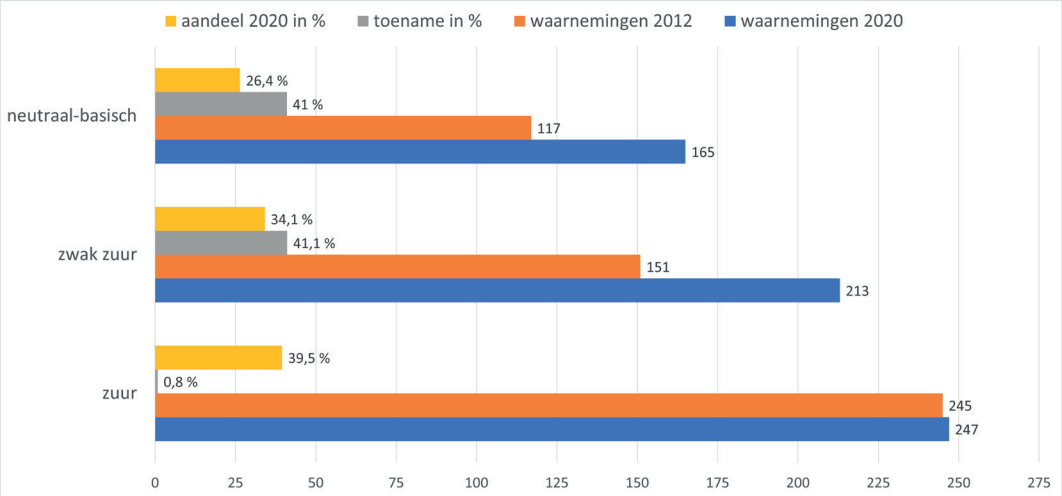
De trendlijnen zijn lineaire regressielijnen. De R² waarden zijn vergelijkbaar. Het kantelpunt ligt ongeveer bij 125 m, daarvoor is de trendlijn van de gemeten pH in 2021 iets hoger dan in 2012, daarna is de trendlijn in 2021 lager dan in 2012. Er zijn totaal 87 metingen gedaan. Het onderzoek is uitgevoerd op een representatieve set van meetpunten in zowel het kalkrijke als kalkarme deel van Solleveld.

Een indicatie van de zuurgraad vinden we ook in het aantal waarnemingen van de terrestrische korstmossen. De waarnemingen van de terrestrische korstmossen zijn in Figuur 13 ingedeeld naar indicatiewaarden voor zuurgraad. De categorie “zuur” correspondeert met indicatiewaarden 1 en 3; “zwak zuur” met indicatiewaarde 5 en “neutraal-basisch” met indicatiewaarden 7 en 9 (Zie Tabel 9 en de uitleg in Sparrius et al. 2015a). De gele staven geven het procentueel aandeel van de 3 categorieën, de grijze staven geven de toename in procenten van de categorie. De rode en blauwe staven laten de aantallen waarnemingen in 2012 en 2020 zien. De toename in de drie categorieën geeft duidelijk een verschuiving weer van zure soorten naar de zwak zure en neutraal-basische soorten. Het totaal aantal waarnemingen in 2020 ten opzichte van 2012 is gestegen met ongeveer 20 %. De “toename” van de categorie zuur van 0,8 % is dus eigenlijk een afname van circa 20 %. De twee andere categorieën zijn, rekening houdend met de stijging van het totaal aan waarnemingen, zo’n 20 % gestegen.

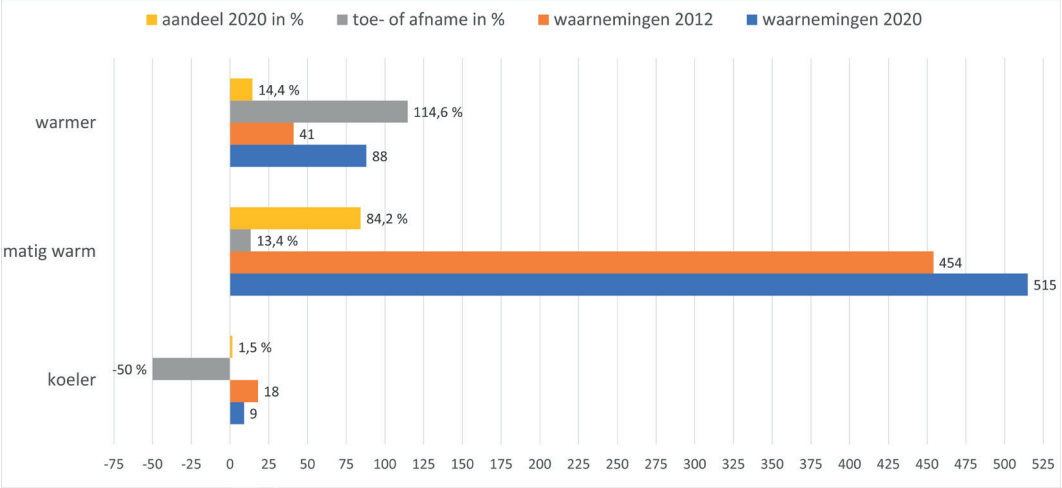
Figuur 12. Correlatie gemeten pH met afstand tot het startpunt op de zeereep.

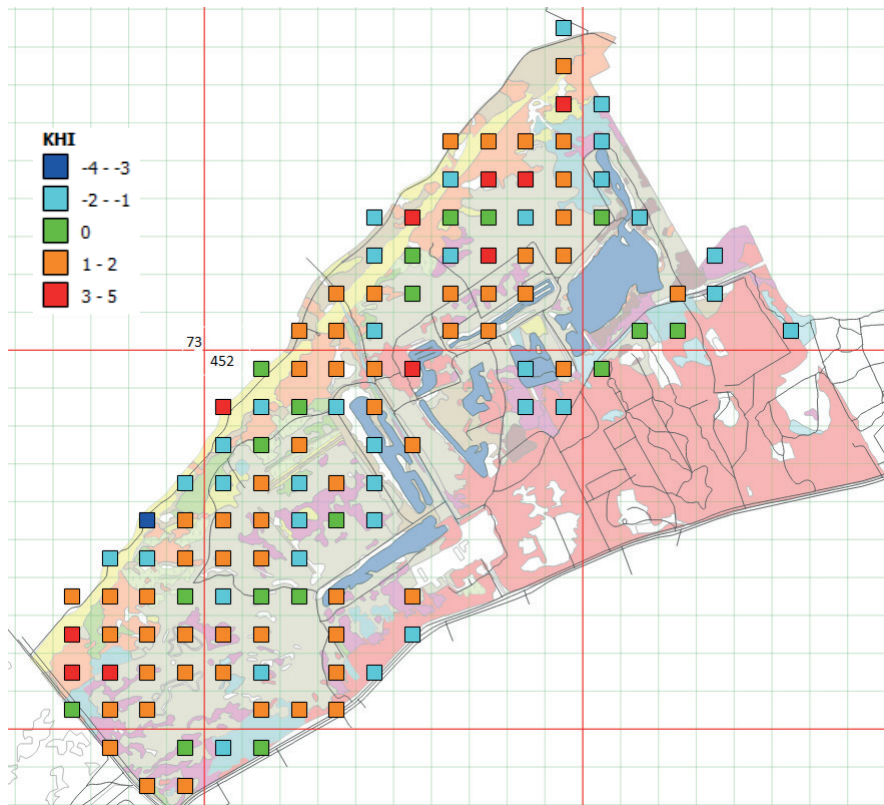


Figuur 13. Waarnemingen van de terrestrische korstmossen ingedeeld naar indicatiewaarden voor zuurgraad.



Figuur 14. Waarnemingen van de terrestrische korstmossen ingedeeld naar indicatiewaarden voor temperatuur.



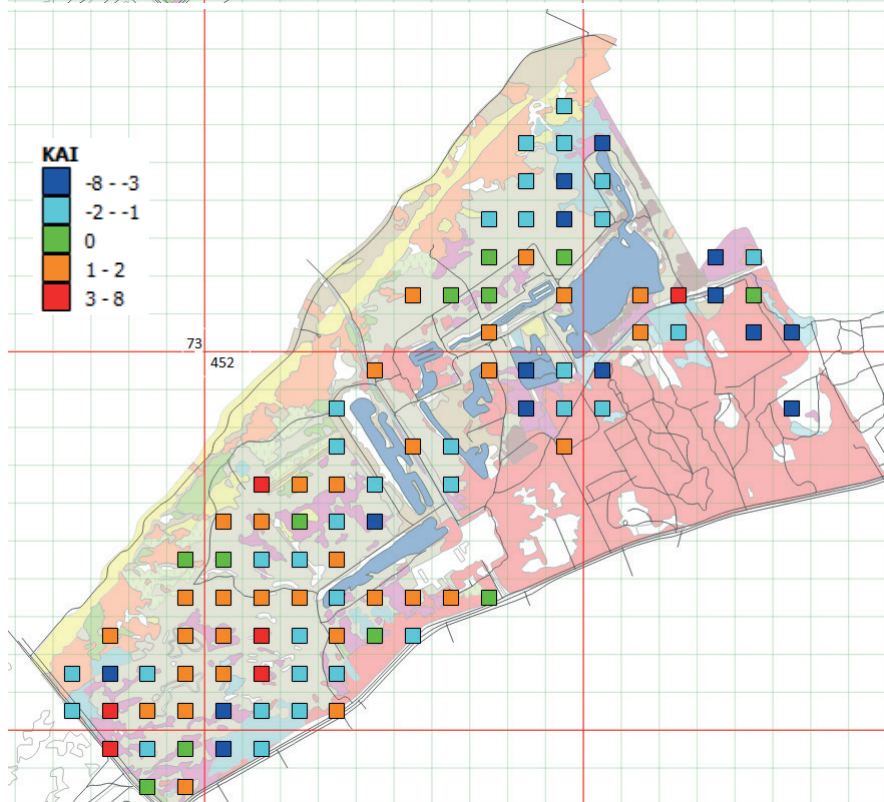


Figuur 15. De veranderingen van de KHI-waarden (boven) en KAI-waarden (onder) in 2020 en 2012.

KHI = kalkhoudend zand-index.
KAI = kalkarm zand-index.

Alleen die hokken zijn weergegeven die in 2012 of 2020 een waarde hebben > 0.

In de groene hokken is het aantal soorten gelijk gebleven.



Om te onderzoeken of de temperatuur ook een rol speelt bij de ontwikkelingen bij de terrestrische korstmossen is de verandering m.b.t. de indicatiewaarde temperatuur in beeld gebracht (Figuur 14). De categorie “koeler” correspondeert met indicatiewaarden 3 en 4; “matig warm” met indicatiewaarde 5 en “warmer” met indicatiewaarde 6 en 7. De gele staven geven het procentueel aandeel van de 3 categorieën, de grijze staven geven de toename/afname in procenten van de categorie. De sterke daling in de categorie “koeler” wordt veroorzaakt door slechts één soort, varkensspootje, waarvan het aantal waarnemingen is gehalveerd. Het aantal waarnemingen in de categorie “warmer” is fors gestegen. De stijging van 13,4 % in de categorie “matig warm” is, gerelateerd aan de stijging van het totaal aantal waarnemingen, in feite een lichte daling van zo’n 7 %.

Discussie

De veranderingen in het aantal waarnemingen, het aantal waargenomen soorten en de vier berekende indexen zijn mogelijk ontstaan door diverse oorzaken, zoals de successie in de vegetatie van Solleveld in combinatie met beheer door Dunea, stikstofdepositie en klimaatveranderingen, maar ook door de aanleg van de Zandmotor. De gebruikte methode heeft ons inziens geen invloed op de resultaten. De trefkans van zeldzame soorten is weliswaar onvoorspelbaar, maar de invloed van de waarnemingen van zeldzame soorten op de indexen is verwaarloosbaar omdat de algemene soorten het algemene beeld bepalen.

Solleveld is een klein duingebied waar door intensief beheer in korte tijd veel kan veranderen. De natuurlijke successiereeks wordt hier duidelijk beïnvloed door de beheeringrepen. Zo is de opslag van Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) te lijf gegaan met drukbegrazing van schapen o.a. op de heidevelden waar de schapen zich ook te goed deden aan de struikhei. In het voorbeeld in Figuur 16 was de struikhei voor 2012 bijna tot grondhoogte afgevreten door de schapen, met als gevolg veel open ruimte voor korstmossen. In de jaren daarna is er geen schaaap meer op de heide geweest met als gevolg het dichtgroeien van de heideveldjes. In het vak 73,2-452,1 is er in 2006 grootschalig geplagd met als doel de Amerikaanse vogelkers te verwijderen samen met de verrijkte top laag van de

bodem met kaal zand als gevolg. Gedurende de jaren heeft struikhei zich hier gevestigd vanuit het aanliggende landgoed Ockenrode. In 2012 groeide er al hier en daar wat korstmossen en in 2020 op veel plekken een rijke korstmosflora tussen de nog jonge heide.

Successie in het struweel is soms mede verantwoordelijk voor de veranderingen. Het duindoorn/vlierstruweel in de zeereep ontwikkelt zich sterk op de relatief jonge delen ontstaan door de aanleg van een nieuwe zeereep eind 80’er jaren van de vorige eeuw. Zo was in hok 72,8-451,5 in 2012 nog kaal (zeer kalkrijk) zand aanwezig met terrestrische korstmossen, in 2020 restte slechts dicht duindoornstruweel zonder één terrestrische soort. Op plekken waar de struweelvorming nog niet op gang is gekomen heeft zich op het kalkrijke zand een rijke terrestrische flora ontwikkeld, zoals in hok 73-451,8. Een andere belangrijke factor gebonden aan successie is het verminderen van de dynamiek.

Lichte mate van overstuiving is een belangrijke factor voor de ontwikkeling van terrestrische korstmossen (Bijlsma 2009). Bij verstarring door vergrassing of struweelvorming en het dichtgroeien van de stuifkuilen met mossen neemt de dynamiek af en verdwijnt de stimulans tot nieuwvorming voor een aantal terrestrische korstmossen.

De effecten van beheer op de epifyten is minder duidelijk zichtbaar. Op de plekken waar de winplassen zijn aangepast, aangelegd of verwijderd zien we duidelijke verschillen. Langs de randen van de in 2006 aangelegde nieuwe winplassen is een kruidenrijke vegetatie ontstaan samen met riet, struweel en bomen, waaronder soorten zoals iep en wilg, maar geen eiken. Op deze relatief jonge bomen ontwikkelen de pioniersoorten zich goed, samen met de nitrofyten.

Het klimaat speelt zeker een rol in de veranderingen, zei het in mindere mate dan in het binnenland. Dit komt door de nabijheid van de zee waardoor de veranderingen enigszins worden gedempt. Maar het wordt wel steeds warmer, waardoor er flinke verschuivingen optreden in de samenstelling van de flora (van Herk 2021). Epifyten met algen uit het geslacht *Trentepohlia* doen het goed in Solleveld, waaronder een aantal pioniersoorten (zie Tabel 5 en Tabel 8). De invloed van het klimaat op de terrestrische korstmossen is onderzocht aan het effect op de



Figuur 16. Voorbeelden van successie en beheer. Boven: bosrand in hok 73,9-451,8, links situatie in 2011, rechts in 2020. In 2012 grasland met verspreid kraakloof, sierlijk rendiermos, open rendiermos en een aantal kleine soorten zoals girafje, gerafeld bekermos, kronkelheidestaartje en varkenspootje. In 2020 na een aantal jaren schapenbeweiding geen grassen en massaal gebogen rendiermos, bijna vlakdekkend samen met open rendiermos en gevorkt heidestaartje. Alle kleine soorten verdwenen en slechts enkele exemplaren van kraakloof resterend.

Onder: heideveldje in hok 74,3-452,2, links situatie in 2012, rechts in 2020. In 2012 met jonge vrij lage heidestruiken afgewisseld met open zand met kruiden, daartussen plekken met een zeer rijke korstmossenvegetatie met plaatselijk meer dan 10 soorten. In 2020 vrijwel geheel dichtgegroeide heidevegetatie met hier en daar nog enkele exemplaren van gevorkt heidestaartje en open rendiermos.

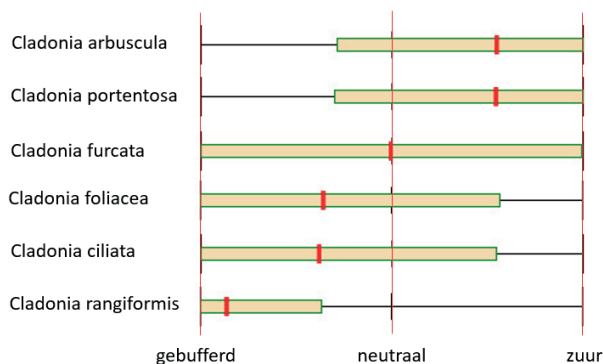


stijging van de temperatuur. Er zijn meer waarnemingen van warmteminnende soorten (zie Figuur 14). Er zijn een aantal soorten die een voorkeur hebben voor submediterrane omstandigheden waaronder vals rendiermos, frietzakbekermos en gewoon stapelbekertje. Deze soorten doen het goed in Solleveld.

De vermessing door stikstof is een serieus probleem. Al rond 1990 is er in Solleveld gestart met de inzet van grote grazers om de alom aanwezige vergrassing tegen te gaan. Samen met de begrazing is er een monitoringsproject opgestart om het effect van de begrazing op de ve-

getatie vast te leggen. Dit programma loopt nog steeds (Toetenel 2009, 2021a). Het effect op de epifyten is zichtbaar gemaakt met behulp van de AIW en NIW (Figuur 8). De presentie van de acidofyten daalt 39% (Figuur 6) van 36% naar 22%, de presentie van de nitrofyten stijgt met 32% van 35% naar 46% van het totale aantal waarnemingen. Dit zijn forse veranderingen. De AIW-waarde daalt van gemiddeld 1,66 naar 1,47, de gemiddelde NIW-waarde stijgt fors van 1,24 naar 2,19.

Het effect van de stikstofdepositie op de terrestrische korstmossen is minder evident. Er spelen



Figuur 17. Zuurgraadindicator op basis van substraat (bron: Verspreidingsatlas).

hier een aantal zaken: vergrassing, struweelvorming, nutriëntenstapeling en mogelijk de verandering van bodem-pH. Door het dichtgroeien van open plekjes met helm, zandzegge, duinriet (*Calamagrostis epigejos*) en struisgrassen (*Agrostis*) verdwijnen de korstmossen. Vooral nog is het niet duidelijk of de vergrassing wordt veroorzaakt door de stikstofdepositie of door het wegvallen van de belangrijkste grazer in het duin: het konijn. In Kros (2008) wordt gemeld dat in experimenten in kalkrijk duin het effect op de samenstelling en abundantie van de vegetatie door stikstofsuppletie miniem is terwijl in exclusures voor konijnen de duingrassen sterk toenamen. Het dichtgroeien van de open plekken met mos is een minder groot probleem in Solleveld. Waar gras groeit, groeit weinig tot geen mos. Op de plekken zonder grassen zijn mossen weliswaar prominent aanwezig maar korstmossen vaak ook! Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) is minder dominant geworden, gewoon gaffeltandmos (*Dicranum scoparium*), zandhaarmos (*Polytrichum juniperinum*) en gesnaveld klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) bedekken in mozaïek het kalkarm zand met daartussen kleine bekervormige korstmossen. Door de toename van de bedekkende mossen is er wel minder ruimte voor de vlakdekkende korstmossen zoals de rendiermossen, gevorkt heidestaartje en zomersneeuw. Door de toename van het struweel wordt de ruimte van de terrestrische korstmossen ingeperkt. Dit fenomeen speelt voornamelijk in het kalkrijk duin door de toename van duindoornstruweel en vlier. Op het kaartje van de KHI in Figuur 15 zijn dit het merendeel van de blauwe hokken in de zeereep en het aangrenzende kalkrijke deel van Solleveld. In de hokken in het kalkrijke deel waar struweelvorming beperkt is kleuren de hokken oranje-rood.

Welk effect de toename van nutriënten heeft op de terrestrische korstmossen zelf is niet erg duidelijk. Soorten die baat hebben bij nutriëntenrijke omstandigheden, zoals gevorkt heidestaartje, frietzakmos, ruw heidestaartje en vals kronkelstaartje nemen toe, maar ook soorten kenmerkend voor nutriëntenarme omstandigheden nemen toe, zoals sierlijk rendiermos en vals rendiermos.

Het effect van de bodem-pH op de terrestrische korstmossen hangt af van de soort (zie Figuur 17). De afname van gebogen rendiermos en open rendiermos in combinatie van de toename van sierlijk rendiermos en vals rendiermos wijzen op een toename van de pH. De resultaten van het pH-onderzoek duiden een lichte stijging van de pH in een band langs de zeereep met afstand tot de zeereep minder dan 150 meter en een lichte daling in een opvolgende band met afstand met afstanden van 150 tot 400 meter. Dit resultaat sluit goed aan bij het onderzoek aan de flora van Solleveld waaruit bleek dat de flora in het kalkrijke deel stabiel is en zich in het noordoostelijk deel van Solleveld positief heeft ontwikkeld (zie Toetenel 2021a). Dit laatste sluit aan bij de veranderingen in de KAI en KHI in het korstmosonderzoek. Uitzonderingen zijn zomersneeuw die niet toe- maar afneemt en sierlijk rendiermos die toeneemt in de kalkarme delen van Solleveld.

Conclusies

Kunnen we de twee vragen aan het begin van het artikel na beschouwing van de resultaten beantwoorden?

Het antwoord op de eerste vraag – wat is het mogelijk effect van de stikstofdepositie op de korstmossen in Solleveld? – is tweeledig. De stikstofdepositie heeft effect op de epifyten in Solleveld, zoals aannemelijk is gemaakt door de berekening van de AIW- en NIW-indicatoren.

Het effect op de terrestrische korstmossen is minder eenvoudig te duiden. De veranderingen in de KHI- en KAI-indexen lijken niet te worden veroorzaakt door de toename van nutriënten maar door verzuring en andere oorzaken. Verzuring kan een gevolg zijn van de stikstofdepositie. Het pH-onderzoek laat een lichte daling in de pH zien wat verder weg van de zeereep, hetgeen

veroorzaakt kan worden door de stikstofdepositie of door successie als gevolg van meer vastgelegde organische stof in de bodem.

Het antwoord op de tweede vraag – is er een mogelijk effect van de Zandmotor op de korstmosflora van Solleveld? – is nog minder makkelijk. De Zandmotor is een mogelijke bron van allerlei elementen zoals kalk, zand en zouten. Zandspray en salt spray zijn gemeten maar niet gedifferentieerd naar samenstelling. Zo is niets bekend over de mogelijke kalkdepositie in de vorm van fijne schelpfragmenten en de omvang hiervan. De kalkdepositie in de vorm van gips vanuit de 2^{de} Maasvlakte draagt bij aan de stabilisatie van de pH en vormt een calciumbron voor heel Solleveld en dus niet alleen de kuststrook. De kalkminnende flora in het habitatype grijsduin-kalkrijk (H2130A) ontwikkelt zich de laatste 8 jaar sterk. Kalkindicatoren zoals dauwbraam en kleine ruit zijn toegenomen evenals het duindoornstruweel. Wat verder weg van de zeereep in het overgangsgebied naar en in het habitatype grijsduin-kalkarm (H2130B) ontbreken deze soorten en zien we juist een toename van zuurindicerende soorten zoals klein tasjeskruid, schapenzuring (*Rumex acetosella*), klein vogelpootje (*Ornithopus perpusillus*) en de grassen buntgras en zandstruisgras. Sterk toegenomen is het tegenwoordig alom aanwezige reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) dat zwak zure omstandigheden indiceert. Uitgaande van de resultaten van het onderzoek aan de flora in de is de conclusie dat de Zandmotor wel degelijk een invloed heeft op de ontwikkelingen in de kalkrijke strook achter de zeereep en mogelijk wat dieper in Solleveld. Het verklaart ook de veranderingen aan de KHI met de toename van vals rendiermos, sierlijk rendiermos en de leermossen in dezelfde strook. Ook de afname van de KAI in deze strook is dan een gevolg van de deposities van de Zandmotor.

Websites

AERIUS MONITOR	https://monitor.aerius.nl/
Boskalis	https://nederland.boskalis.com/projecten/detail/delflandse-kust.html
Dunea Duin en Water	https://www.dunea.nl/
Kustvisie PZH	https://www.kustvisiezuidholland.nl/
NutriNorm	https://nutrinorm.nl/meststoffen/de-bekendste-calciummeststoffen/
RIVM	https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten
Verspreidingsatlas	https://www.verspreidingsatlas.nl/

Dankwoord

Het onderzoek is mogelijk gemaakt door DU-NEA, het waterproductie bedrijf dat Solleveld beheert. In het bijzonder gaat mijn dank naar Harrie van der Hagen, senior beleidsmedewerker en ecooloog voor het materiaal betreffende de zandmotor en de verdiepende discussies over het gebied Solleveld. Verder dank ik Joost Buiks, specialistisch medewerker Ecologie & GIS, Afdeling Water en Groen, Provincie Zuid-Holland voor de habitatypekaart van het Natura 2000 gebied “Solleveld en Kapittelduinen”. Het commentaar van Laurens Sparrius en Henk-Jan van der Kolk op een eerdere versie van het artikel was zeer waardevol. Hartelijk dank hiervoor.

Adresgegevens auteur

Hans Toetenel, Voorstraat 20, 2685 EM Poeldijk
E-mail: hans@toetenel.net

Literatuur

- Aptroot A. & C.M. van Herk (2007). Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with Trentepohlia phycobionts. *Environmental Pollution* 146: 293-298.
- Aptroot, A. & L.B. Sparrius (2009). Europese verspreiding en internationale betekenis van Nederlandse korstmossen. *Buxbaumiella* 83:1-12.
- Bijlsma, R.J., A. Aptroot, K.W. van Dort, R. Haveman, C.M. van Herk, A.M. Kooijman, L.B. Sparrius, E.J. Weeda (2009). Preadvies mossen en korstmossen, Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2009/dk104-O.
- de Vries, W. (2008). Verzuring: oorzaken, effecten, kritische belastingen en monitoring van de gevolgen van ingezet beleid. Alterra rapport 1699, Alterra Wageningen.
- Hensen A., W.C.M. van den Bulk, D. van Dinther, K.F.A. Frumau (2017). Stikstofdepositie en bronnenonderzoek Maasvlakte 2. Rapport ECN, ECN-E--17-082.
- Huisman, B et al. (2021). Evaluatie van 10 jaar Zandmotor Bevingingen uit het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP) voor de periode 2011 tot 2021. Deltares, juni 2021.

- Ijff S., B. Arens, K., Vertegraal, B. Huisman (2021). Monitoring natuur- en duinontwikkeling op de Zandmotor; Zandmotor evaluatie periode 2012-2020. Deltares, juni 2021.
- Kros J., B.J. de Haan, R. Bobbink, J.A. van Jaarsveld, J.G.M. Roelofs, W. de Vries (2008). Effecten van ammoniak op de Nederlandse natuur. Alterra rapport 1698, Wageningen.
- Lucas, J.J.J.M. (1993). Duinlandschapskaart Solleveld. NV Westlandse Drinkwatermaatschappij.
- Mouissie, A.M., A. Bleeker, A. Hensen, M. Riksen, H. van Dobben, R. Huiskes (2014). Stikstof, vegetatie en duinbeheer. Eindrapport T0-monitoring (2011-2013) duinen van Goeree tot Solleveld, in het kader van MEP Duinen i.r.t. Maasvlakte 2, Concept. Rijkswaterstaat, Grontmij Nederland
- PZH (2019). Provincie Zuid-Holland, habitatypekaart Natura 2000 gebied Solleveld & Kapittelduinen 2019. Bron J. Buiks, 2021.
- Sparrius, L.B., A. Aptroot, C.M. van Herk.(2015a). Ecologische indicatiewaarden voor korstmossen en een vergelijking met mossen en vaatplanten. Buxbaumiella 104:18-24.
- Sparrius, L.B., A. Aptroot & C.M. van Herk (2015b). Ecological indicator values of lichens in the Netherlands. BLWG site, <http://www.blwg.nl>
- Toetenel, W.J. & H.G.J.M. van der Hagen (2009). Begrazing en de ontwikkeling van de flora van Solleveld. Holland's Duinen 53:51-61.
- Toetenel, W.J., (2013). Korstmossen in Solleveld. Holland's Duinen 62:38-53.
- Toetenel, W.J. & H.G.J.M. van der Hagen (2020). Oppervlak Struikheide in Solleveld neemt toe. Holland's Duinen 77:44-55.
- Toetenel, W.J. & H.G.J.M. van der Hagen (2021a). Veranderingen in de flora van Solleveld. Holland's Duinen 78:56-77.
- Toetenel, W.J. (2021b). Korstmosdubbelgangers op vlier. Buxbaumiella 121: 25-31.
- van der Hagen, H.G.J.M. (1998). De landschappen van Solleveld. Holland's Duinen 32, mei 1998, pp. 36 – 43.
- van der Kolk, H-J., L. Sparrius, A. Aptroot (2020). Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2019. BLWG rapport 26.
- van Dobben, H.F., A. van Hinsberg (2008). Overzicht van kritische depositiewaarden van stikstof, toegepast op Habitattypen en Natura-2000 gebieden. Alterra rapport 1654, Alterra Wageningen.
- van Dort, K., B. van Gennip, M. Schrijvers-Gonlag (2017). De vegetatie van Nederland-6. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- van Herk, C.M (2021). Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel, 1989 – 2020. Lichenologisch Onderzoeksbureau Nederland (LON).

Abstract

Nitrogen deposition, the Sand Motor, and the lichen flora of Solleveld

This article concerns Solleveld, a small dune area south of The Hague. Solleveld includes a quite narrow stretch of calcareous dunes near the sea and, on the inland side, a larger stretch of non-calcareous dune grasslands, heath vegetation and dune forests. The grasslands and heath vegetation have a well-developed lichen soil vegetation including many species of *Cladonia*.

The article compares two lichen inventories, the first executed in the year 2012, the second in the year 2020. The reason for the first inventory was the construction of a large sandbank, shaped as a peninsula and known as the Sand Motor, on the coast near Solleveld in 2011. This sandbank is meant to act as a sand supply for coastal reinforcement. It is expected that ocean streams, wind and waves will gradually spread the sand along the coast.

The first inventory was intended as a baseline measurement for monitoring the possible effect of the Sand Motor on the lichen flora of Solleveld. The results of the second inventory are studied and compared with the results of the first one. The differences are analysed, and an attempt is made to correlate the results with changes in the sand-spray (lime fragments) and salt-spray on Solleveld due to the Sand Motor.

Other causes of changes in Solleveld's abiotic factors are studied as well, such as the effect of a high nitrogen load. The effect of the nitrogen load is studied using two index values, one that calculates an index concerning acidophilic lichens on tree trunks (AIW) and another that calculates an index concerning nitrophilous lichens on tree trunks (NIW).

The possible effect of the Sand Motor is also studied using two index values, one that computes a covering factor for calcicole soil lichens (KHI) and another that computes a covering factor for calcifuge soil lichens (KAI). The mean calculated value of the AIW showed a decrease of 12% when comparing the results of the two inventories and the NIW showed an increase of 76%. These differences are very likely caused by the high nitrogen load. The mean calculated value of the KHI showed an increase of 40% and the KAI showed a decrease of 26%. The changes in KHI and KAI values are probably due to a combination of abiotic factors. In my opinion the main contribution to the differences is caused by the spray of lime fragments from the Sand Motor.