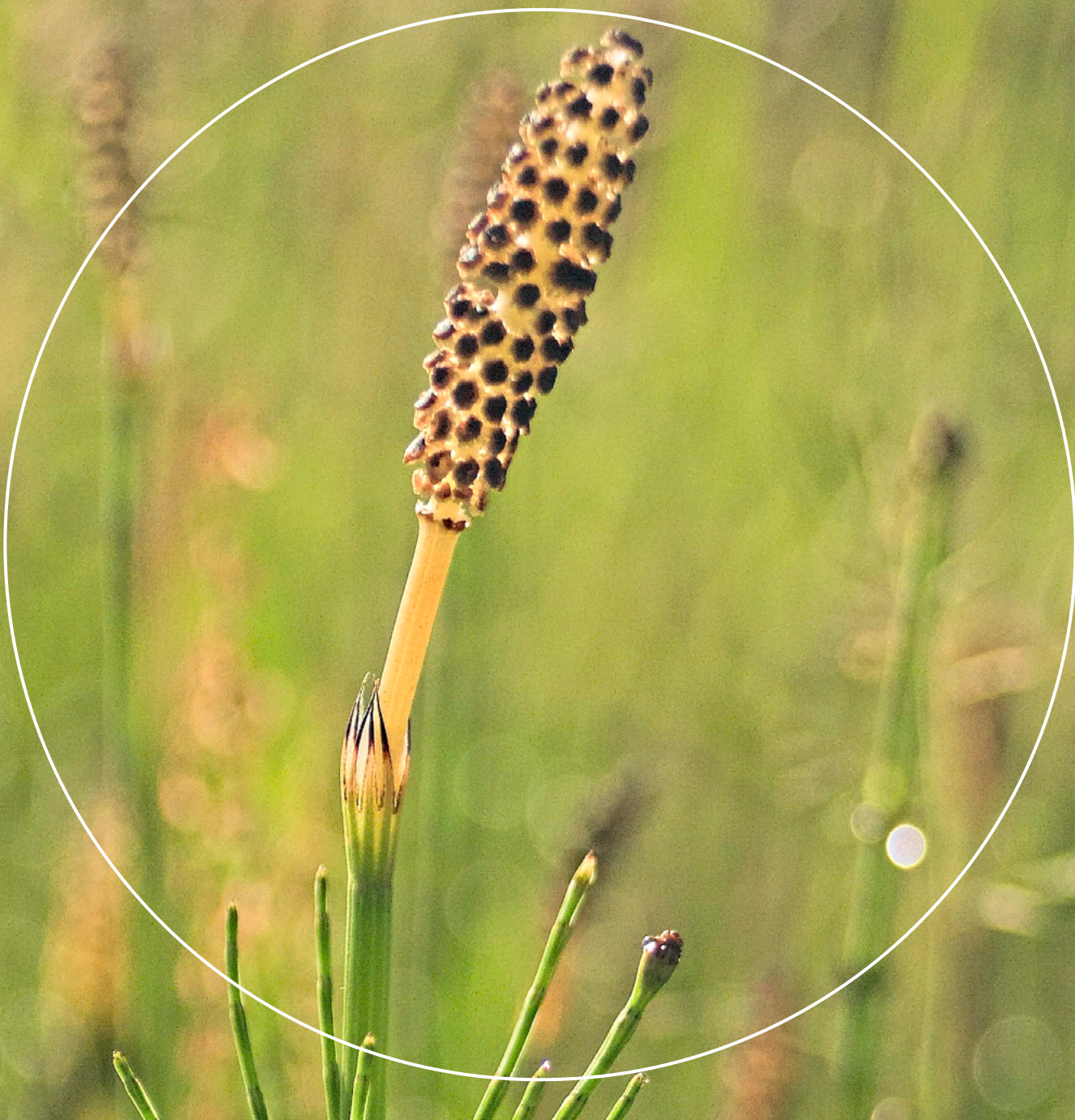




Lidrus in vochtig grasland: risico's voor diergezondheid en opties voor beheer

Een overzicht van ecologie en giftigheid van lidrus en mogelijkheden voor preventie en beheer

Wim A. Ozinga, Conny Bufe, Colin Dekker, Jan Verkaik, Deon van der Merwe, Pedro Janssen, Merijn van den Hout, Nick van Eekeren & Ingrid van Dixhoorn

Lidrus in vochtig grasland: risico's voor diergezondheid en opties voor beheer

Een overzicht van ecologie en giftigheid van lidrus en mogelijkheden voor preventie en beheer

Wim A. Ozinga¹, Conny Bufe², Colin Dekker², Jan Verkaik³, Deon van der Merwe⁴, Pedro Janssen⁵, Merijn van den Hout⁵, Nick van Eekeren⁵ & Ingrid van Dixhoorn³

1. Wageningen Environmental Research
2. Wageningen Plant Research
3. Wageningen Livestock Research
4. Gezondheidsdienst voor Dieren
5. Louis Bolk Instituut

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research en het Louis Bolk Instituut in het kader van een PPS-project van de Topsector Agri & Food, gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (projectnummer LWV20244).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, november 2025

Gereviewd door:

Referent 1: Dr. Marianna Siegmund-Schultze, Teamleider Lead Land Use and Food Security

Referent 2: Dr. Carla Grashof-Bokdam, Onderzoeker vegetatie ecologie, Team vegetatie en landschapsecologie

Akkoord voor publicatie:

Dr. Marta Pérez Soba, teamleider van Team vegetatie en landschapsecologie

Rapport 3463

ISSN 1566-7197

Ozinga, W.A., C. Bufe, C. Dekker, J. Verkaik, D. van der Merwe, P. Janssen, M. van den Hout, N. van Eekeren & I. van Dixhoorn, 2025. *Lidrus in vochtig grasland: risico's voor diergezondheid en opties voor beheer; Een overzicht van ecologie en giftigheid van lidrus en mogelijkheden voor preventie en beheer*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3463. 84 blz.; 45 fig.; 8 tab.; 78 ref.

In vochtige graslanden met een extensiever landgebruik vormt lidrus (*Equisetum palustre*) in toenemende mate een probleem voor de veehouderij. Deze paardenstaart bevat de giftige inhoudsstof palustrine die een negatieve invloed heeft op de ruwvoer kwaliteit, melkproductie en diergezondheid. Dit rapport geeft een overzicht van opties voor het beheer van graslanden met lidrus. We kijken hierbij niet alleen naar het effect op het terugdringen van lidrus, maar ook naar mogelijke nadelen van maatregelen op het gifgehalte in de overgebleven spruiten, biodiversiteit, opbrengst of milieu.

The abundance of Marsh horsetail (*Equisetum palustre*) is increasing in Dutch moist grasslands as a result of reducing the intensity of farming practices. This is becoming an increasingly serious problem for livestock farmers because this species contains the toxic compound palustrine, which has a negative impact on forage quality, milk production and animal health. This report provides an overview of management options for grasslands infested with marsh horsetail. We not only examined the effect of measures on reducing the abundance of Marsh horsetail in the sward, but also potential drawbacks of measures on the toxic content of the remaining shoots, biodiversity or yield.

Trefwoorden: Agrarisch natuur en landschapsbeheer, diergezondheid, *Equisetum palustre*, kruidenrijk grasland, lidrus, palustrine, rundvee, veenweidegebieden, vernatting, verschraling

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/702869> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2025 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt met een gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem volgens ISO 9001 en een milieumanagementsysteem dat voldoet aan de norm ISO 14001.

Daarnaast geeft Wageningen Environmental Research via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1	Achtergrond en doel van het project 13
1.1	Het probleem in een notendop 13
1.2	Oude problemen in een nieuw jasje 13
1.3	Doel en aanpak op hoofdlijnen 14
2	Herkenning lidrus 16
2.1	Paardenstaarten als unieke plantengroep 16
2.2	Lidrus versus heermoes 17
2.3	Andere soorten: holpijp en basterdpaardenstaart 20
3	Giftige stoffen en gezondheidseffecten 21
3.1	Palustrine als belangrijkste werkzame stof 21
3.1.1	Eigenschappen van palustrine 21
3.1.2	Het meten van het palustrinegehalte 22
3.2	Factoren die het palustrinegehalte beïnvloeden 22
3.3	Effect op diergezondheid 23
3.3.1	Negatieve effecten 23
3.3.2	Behandeling en prognose van zieke herkauwers 24
3.4	Schadedrempel voor blootstelling via weidegang en ruwvoer 24
4	Ecologie en levenscyclus 26
4.1	Verspreiding en trend in voorkomen 26
4.2	Milieucondities 27
4.2.1	Herkenning van percelen met hoge kans op voorkomen van lidrus 27
4.2.2	Vochtbehoefte 28
4.2.3	Lichtbehoefte 29
4.2.4	Nutriëntenbehoefte (NPK) 29
4.2.5	Zout 30
4.2.6	Bodem-pH 30
4.2.7	Siliciumbehoefte 30
4.2.8	Temperatuur 31
4.2.9	Samenleving met schimmels 31
4.3	Reproductie via sporen en wortels 31
4.4	Natuurlijke vijanden op lidrus 32
5	Uitdagingen bij het beheer van graslanden met lidrus 36
5.1	Beperking van de groei door aanpassing graslandbeheer 36
5.1.1	Verhogen bemestingsintensiteit 36
5.1.2	Toedienen kalk of steenmeel 37
5.1.3	Verhogen maaifrequentie 38
5.1.4	Verhogen beweidingsintensiteit 39
5.2	Bovengrondse beschadiging van lidrus 40
5.2.1	Rollen 40
5.2.2	Elektrocutie 41
5.2.3	Chemische bestrijding door herbicide 42

5.3	Ondergrondse beschadiging van lidrus	42
5.3.1	Horizontaal en verticaal snijden	42
5.3.2	Ploegen	43
5.3.3	Scheuten uitgraven	43
5.4	Aanpassing waterbeheer op landschapsniveau	44
5.4.1	Ontwatering	44
5.4.2	Waterstanden verhogen	44
5.5	Beperking uitbreiding (dispersie)	44
5.5.1	Diepe sloten als een brandgang	44
5.5.2	Sloot schonen	45
5.5.3	Machines reinigen	45
5.6	Acceptatie en alternatief gebruik	45
5.6.1	Hooien met extra schudden	46
5.6.2	Inkuilen/silage maken	46
5.6.3	Verdunning door mengen	47
5.6.4	Beweiding met minder gevoelige dieren	47
5.6.5	Verhitten	47
5.6.6	Composteren	48
5.6.7	Extractie van nuttige inhoudsstoffen	48
5.6.8	Biomassa voor energie productie	48
6	Veldproeven – Onderzoek naar beheersmaatregelen voor lidrus op het veld	49
6.1	Rollen van lidrus	49
6.1.1	Doel van de veldproef	49
6.1.2	Methode	49
6.1.3	Resultaten	53
6.1.4	Discussie	56
6.2	Elektrificeren van lidrus	57
6.2.1	Doel van de veldproef	57
6.2.2	Methode	57
6.2.3	Resultaten	57
6.2.4	Discussie	58
6.3	Ondergronds verticaal snijden van de wortels	58
6.3.1	Doel van de veldproef	58
6.3.2	Methode	58
6.3.3	Resultaten	60
6.3.4	Discussie	61
6.4	Algemene discussie veldmaatregelen	62
6.4.1	Effectiviteit van de methoden	62
6.4.2	Praktische toepasbaarheid en beperkingen	62
7	Analyses van palustrinegehalte in gewas en voer (toxiciteit van lidrus)	63
7.1	Palustrine in kuilvoer	63
7.1.1	Palustrine bij verschillende dichtheden van lidrus	63
7.1.2	Vergelijking van droog kuilvoer en TMR	65
7.1.3	Conclusies	65
7.2	Lidrus en het palustrinegehalte in het Ossekampen-langetermijnexperiment	66
7.2.1	Doel en achtergronden van het bemestingsexperiment	66
7.2.2	Methode	67
7.2.3	Resultaten	69
7.2.4	Conclusie	75
8	Discussie effectiviteit maatregelen tegen lidrus	76
	Literatuur	79

Verantwoording

Rapport: 3463

Projectnummer: 4400003395

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Dit PPS-project is gefinancierd door de Topsector Agri & Food en valt binnen het thema veerkrachtige dierhouderijsystemen. Om de complexiteit van het onderwerp tot haar recht te laten komen, hebben we een breed projectteam samengesteld met uiteenlopende expertises vanuit verschillende eenheden van Wageningen Research (WENR, WPR, WLR) en het Louis Bolk Instituut (LBI). Daarnaast is dankbaar gebruikgemaakt van de expertise van de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD) en er zijn enkele bijeenkomsten geweest van een leernetwerk om ervaringen uit te wisselen met veehouders en vertegenwoordigers van de consortiumpartners in dit PPS project: De Bethune, De Groene Hofstee, De Heus Voeders BV, DLF B.V., Hoeve Ackerdijk, Melkveefonds, Stichting Het Zuid-Hollands Landschap, Stichting Platform Natuurlijke Veehouderij, Vereniging Agrarisch Natuurbeheer Den Hâneker, VION Food Group. We willen alle deelnemers graag bedanken voor het meedenken en de open discussies en met name de penvoerder van het project, de heer G.J. Kool (ANV Den Hâneker) en de boeren die meegedaan hebben aan de veldproeven. De analyses van het gehalte aan gifstoffen in lidrus zijn verricht door een groep Duitse onderzoekers, bestaande uit Dennis Melchert en professor Till Beuerle (Technical University of Braunschweig) en Jürgen Müller (University of Rostock). Verder bedanken we Gijs van Dijk en Douwe Geerts van B-ware voor de analyses van de mineralengehaltes van lidrusspruiten in de bemestingsproef van de Ossekampen en Rob Geerts voor het onderhoud van en de informatie over dit experiment. Wim de Winter en Hervé Bouyon bedanken we voor het beschikbaar stellen van foto's en Arnaud Cartier (Manaaki Whenua – Landcare Research) voor het delen van ervaringen in Nieuw-Zeeland met biologische bestrijding. Ten slotte willen we graag de twee reviewers (Marianna Siegmund-Schultze en Carla Grashof-Bokdam) bedanken voor hun grondige review en de nuttige suggesties.

Akkoord referent 1 die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Teamleider Lead Land Use and Food Security

naam: Dr. Marianna Siegmund-Schultze

datum: 26 september 2025

Akkoord referent 2 die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker landschaps- en vegetatie ecologie, Team vegetatie en landschapsecologie

naam: Dr. Carla Grashof-Bokdam

datum: 18 september 2025

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Dr. Marta Pérez-Soba, teamleider van Team vegetatie en landschapsecologie

datum: 4 oktober 2025

Woord vooraf

Beste lezers,

Lidrus is een krachtige plant die zich in sommige gebieden in Nederland snel uitbreidt en zich vooral op natte, kleiige grond, met een modern en meestal laag bemestingsniveau thuis voelt. In tegenstelling tot soortgenoten zoals heermoes is lidrus giftig voor koeien. Na veelal een eenmalige confrontatie met de plant, waarna de koeien ziek worden en in productie zullen dalen, laten de koeien de plant staan tussen het gras. Wanneer de plant vermengd wordt tijdens het maaien, kneuzen, hakselen of tijdens het inkuilen, kan dit leiden tot (ernstige) vergiftigingen, met langdurige problemen voor de gezondheid van het dier en soms zelfs tot de dood. Wanneer de koeien bekend zijn met de plant, kan het ook zijn dat wanneer deze vermengd is met de kuil, ze de hele kuil vermijden. Door de toename van de plant in het natter wordende landschap en het lastige onderscheid met andere verwante planten, wordt lidrus vaak nog niet herkend door veehouders.

De bestrijding van lidrus vormt een grote uitdaging. Het enorme wortelnetwerk van de plant kan zich tot ver onder de graszoden uitstrekken. De problemen door de plant zijn al sinds de 18^e en 19^e eeuw beschreven, zoals door prof. Van Hall in 1850, maar veel oude kennis is in de vergetelheid geraakt. Voorgestelde methoden om de plant terug te dringen, zijn gebaseerd op technieken die bijna 200 jaar oud zijn.

In dit rapport wordt oude kennis en de achtergrond van de plant opgediept en aangevuld met nieuwe inzichten uit verschillende onderzoeksporen die afgelopen jaren binnen de PPS 'Lekker Bloeien Gezonde Koeien' hebben gelopen. Een belangrijke notie is dat het, gezien de eigenschappen en huidige verspreiding van lidrus, noodzakelijk is om deze kennis te delen en samen op zoek te gaan naar methoden om problemen door de plant te beheersen. Wageningen University & Research en het Louis Bolk Instituut hebben gezamenlijk de afgelopen jaren volop gewerkt om op basis van oude literatuur en nieuw onderzoek meer inzicht te verkrijgen om proactief oplossingen te zoeken om vergiftiging en kuilverliezen te voorkomen.

Wij hopen met dit rapport een bijdrage te leveren aan het vergroten van kennis en het ontwikkelen van effectieve, duurzame beheersingsmethoden. Het verdiepende onderzoek in samenwerking met de Duitse onderzoeksgroep toont de complexiteit aan van de problematiek en laat zien dat er in deze kwestie geen *quick fix* bestaat. Dat betekent dat dit project veel aanleiding geeft tot het verder doorzoeken, want de strijd is nog niet gestreden.

Gertjan Kool
Biologische melkveehouder, Hei- en Boeicop

Samenvatting

Doel van dit rapport en afbakening

- Het doel van dit rapport is om een overzicht te geven van de risico's van lidrus in graslanden voor de diergezondheid, de levenswijze van lidrus en om handvaten te bieden voor preventie van problemen en het beheer van graslanden met veel lidrus.
- We richten ons hierbij op graslanden die gebruikt worden voor de voeding van vee (via weidegang of ruwvoer), inclusief natuurgraslanden waarop vee ingeschaard wordt. Bij het in beeld brengen van opties voor het beheer van graslanden met lidrus kijken we niet uitsluitend naar het effect op het terugdringen van lidrus, maar ook op het gifgehalte van de overgebleven spruiten en mogelijke nadelen van maatregelen op biodiversiteit, opbrengst of milieu.

Aanpak: Een zoektocht naar oplossingen

- In dit rapport proberen we op basis van een zoektocht naar oude en nieuwe bronnen een beeld te geven van praktijkervaringen. Hierbij hebben we ook gericht gezocht naar informatie uit gebieden in Europa waar ze relatief veel ervaring hebben met lidrus. De literatuurgegevens zijn aangevuld met informatie uit een aantal andere bronnen:
 - Analyses van vegetatiegegevens uit de landelijke vegetatiebank;
 - Veldproeven op een aantal bedrijven;
 - Metingen van het gehalte aan palustrine in de spruiten van lidrus en in verschillende typen voer en het effect van verschillende vormen van bemesting op het gehalte aan palustrine.

Problemen met lidrus in een notendop

- In vochtige graslanden met een extensiever landgebruik vormt lidrus (*Equisetum palustre*) in toenemende mate een probleem voor de veehouderij. Dit is een soort paardenstaart die lijkt op de bekendere heermoes (*Equisetum arvense*), maar een voorkeur heeft voor een natter leefgebied. **Lidrus bevat in tegenstelling tot andere paardenstaarten, zoals heermoes, de giftige inhoudsstof palustrine** (een alkaloïde) die een negatieve invloed heeft op de ruwvoer kwaliteit en -benutting, melkproductie en diergezondheid.
- Inname van grotere hoeveelheden palustrine leidt tot diarree, vermagering, verminderde melkgift en verstoring van het zenuwstelsel. Uiteindelijk verliezen dieren het vermogen om te staan, en de dood volgt meestal als gevolg van verlamming van de ademhalingsspieren. Bij dieren die slechts een geringe hoeveelheid lidrus gegeten hebben, zijn de klinische effecten vaak lastig herkenbaar en hierdoor worden gezondheidsproblemen door lidrus vermoedelijk vaak over het hoofd gezien.
- Koeien die ervaring hebben opgedaan met kleine hoeveelheden van de plant en daarna ziek geworden zijn, laten de plant vervolgens staan. Wanneer de plant echter vermengd wordt tijdens het maaien of inkuilen, kan dit soms leiden tot ernstige vergiftigingen. Bij koeien die ervaring hebben met de plant kan het ook zijn dat ze de hele kuil waarin lidrus vermengd zit, weigeren te eten.
- **Als lidrus eenmaal aanwezig is in een perceel, is het erg lastig om de soort met maatregelen terug te dringen.** Dit komt **doordat ze een zeer uitgebreid wortelstelsel ontwikkelen** dat meer dan 3 meter diep in de grond kan reiken en waarin lange, horizontale wortelstokken gevormd worden waarmee ze grote gebieden kunnen koloniseren. Daarnaast kunnen de planten zich over grotere afstanden verplaatsen via losgeraakte stukjes van het wortelstelsel. Zowel losse stukken van de wortelstokken als de wortelknolletjes kunnen makkelijk wortels produceren, zodat de plant zich als het ware via stekjes uit kan breiden.

Erkenning van het probleem en herkenning van risicoplekken

- Lidrus is een onopvallende plant en uit gesprekken met boeren waarbij de plant voorkomt op het bedrijf, blijkt dat men zich vaak nog niet bewust is van het voorkomen van de plant en van de mogelijke risico's voor de diergezondheid. Dit kan leiden tot 'onverklaarbare gezondheidsproblemen' van dieren.
- Om problemen te voorkomen, is het in de eerste plaats belangrijk om lidrus in het veld goed te herkennen. De soort wordt vaak verward met de verwante heermoes; tips voor herkenning van lidrus staan beschreven in § 2.2.

- Voor een goede risicobeoordeling is het vervolgens belangrijk om inzicht te hebben in de milieuoedities die lidrus bevorderen (zie § 4.2). Op basis hiervan kan het bedrijf inschatten of er plekken zijn waar de kans relatief groot is dat er al lidrus voorkomt of zich kan vestigen.
- Lidrus groeit in het agrarisch gebied vooral in slootkanten en in vochtig tot nat grasland. De soort komt op allerlei bodemtypen voor, maar **vooral als er kleine lagen in de ondergrond aanwezig zijn** die wat verrijkt zijn met silicium en andere mineralen **en als de productiviteit iets lager is**. Vroeger waren dit vaak de percelen die op iets grotere afstand lagen van de huiskavel. Lidrus heeft veel licht nodig en wordt in graslanden bevorderd door extensivering van de bemesting (met daardoor een minder productieve grasmat), een hoge grondwaterstand en open plekken in de zode. **Lidrus vestigt zich vaak eerst in slootkanten na vermindering van de mestgift en kan vanuit deze uitvalsbasis het perceel ingroeien**. Bij een verkenning van risicoplekken op een bedrijf is het daarom nuttig om eerst te focussen op schrale slootkanten. In percelen die op basis van de bovengenoemde milieuoedities in potentie geschikt zijn voor lidrus is het goed om alert te zijn op de plant.

Geen eenvoudige oplossingen: Belang van een integrale benadering op bedrijfsniveau

- Uit de resultaten blijkt dat er is geen eenvoudige manier is om het aandeel aan lidrus in de vegetatie sterk en langdurig terug te dringen zonder dat dit ten koste gaat van de biodiversiteit en/of de opbrengst. Bovendien blijkt dat sommige maatregelen vaak eerder een negatief effect hebben dan een positief, medeafhankelijk van de bodemcondities. Dit geldt bijvoorbeeld voor het toedienen van kalk en steenmeel (§ 5.1.2).
- Het is daarom in de eerste plaats van belang om op bedrijfsniveau, voor zover mogelijk, te voorkomen dat lidrus zich uitbreidt naar percelen waarin het nog niet voorkomt via wortelfragmenten of wortelknolletjes, bijvoorbeeld bij het schonen van sloten waarin de soort voorkomt (zie § 5.5).

Belang van een integrale benadering op bedrijfsniveau

- **Kleine oppervlak: terugdringen.** In percelen waar de soort zich recentelijk gevestigd heeft of waarin het oppervlak waarop de soort voorkomt nog klein is, kan de soort vaak nog vrij effectief teruggedrongen worden door tijdig actie te ondernemen, bijvoorbeeld in de vorm van regelmatig rollen.
- **Groot oppervlak: risico's beheeren.** Als het oppervlak waarop de soort voorkomt groter is, kan ingezet worden op beheersbaarheid van de risico's voor diergezondheid via een integrale benadering op bedrijfsniveau. Enkele belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:
 - Terugdringen van lidrus vergt veel tijd en geduld.
 - Over het algemeen geldt dat een **combinatie van maatregelen het effectiefst** is, bijvoorbeeld rollen met aansluitend beweiding. Dit benadrukt het belang van een integrale benadering van het probleem.
 - Maatregelen zijn alleen effectief als het **hele gebied waarin de soort voorkomt** grondig behandeld wordt. Zo blijkt dat de soort in slootkanten vaak de dans ontspringt, vooral als deze wat schraler zijn. Omdat in het uitgebreide wortelstelsel veel reserves opgeslagen zitten (zowel energie als voedingsstoffen), kunnen ze vanuit zo'n uitvalsbasis het perceel weer snel koloniseren.

Maatwerk op zoek naar een werkbare balans tussen biodiversiteit en risico's

- Voor kruidenrijk grasland (waar een hogere mestgift ongewenst is), is **rollen vaak de beste optie** voor het terugdringen van lidrus. In wat schralere, soortenrijke graslanden komen soms echter diverse bedreigde plantensoorten die, net als lidrus, ook slecht tegen rollen kunnen (zoals orchideeën).
- **Andere maatregelen die, vooral in combinatie, relatief effectief** kunnen zijn in het terugdringen van lidrus zijn een **hogere mestgift** (niet altijd mogelijk of gewenst), **frequenter maaien of intensiever beweiden** (bv. stripbegrazing of drukbegrazing vroeg in het groeiseizoen).
- In het algemeen geldt dat **maatregelen die relatief effectief zijn in het terugdringen** van lidrus over het algemeen **ook vaak leiden tot een reductie van de biodiversiteit** van het grasland en soms ook tot een reductie van de opbrengst of negatieve effecten voor het milieu, bijvoorbeeld een hogere uitstoot van broeikasgassen. Een overzicht van de in dit rapport besproken maatregelen met hun effecten is te vinden in de tabel aan het eind van de samenvatting. Voor een werkbare balans tussen biodiversiteit en risico's voor de diergezondheid is dus maatwerk nodig, medeafhankelijk van het type bedrijf.
- Naast maatregelen gericht op het terugdringen van lidrus, kan ook gekozen worden voor **acceptatie** van de aanwezigheid van lidrus, in combinatie met alternatieve vormen van gebruik van het ruwvoer (§ 5.6). Zo blijkt dat bij **extra schudden van hooi** de brokkelige zijscheuten van lidrus vaak deels uit het hooi vallen, zodat het gehalte aan gifstoffen in goed bewerkt hooi vaak aanzienlijk lager is dan direct na het

maaïen. De verlaging van het gehalte aan gifstoffen door verbrokkeling wordt nog versterkt bij voeding uit hooiruiven. Bij hooi met daarin lidrus moet het daarom afgeraden worden om gemorste voerresten weer opnieuw aan te bieden.

- Om de gezondheidsrisico's van kuil te verlagen, laten sommige boeren de **randen van de percelen** waar lidrus voorkomt **in aparte balen inkuilen**. Op deze manier is het mogelijk om de rest van het kuilvoer vrij te houden van lidrus. De balen die wel lidrus bevatten, kunnen eventueel **in heel kleine porties opgevoerd worden of gemengd** worden met ander voer. Omdat er nog geen eenvoudige analysemethode beschikbaar is van het palustrinegehalte, is de verwerking in hooi van percelen met lidrus echter **nog geen betrouwbare manier om het vergiftigingsrisico te elimineren**.
- Biomassa van graslanden met een hogere bedekking (> 5%) lidrus in de biomassa is geschikt voor het opwekken van energie. Lidrus heeft een hoog eiwitgehalte en dit is **bruikbaar voor omzetting in energie via biomethanisatie**. Tijdens de biomethanisatie worden de palustrinegehalten tot 95% verlaagd en lidrus heeft geen negatief effect op dit biomethanisatieproces. Deze maatregel is natuurlijk alleen bruikbaar als er een biomethanisatie-installatie op een acceptabele afstand beschikbaar is.
- Vanuit het perspectief van de melkveehouder is het voorkomen van lidrus in de wei meestal ongewenst. Maar zoals Johan Cruijff al zei: 'Elk nadeel heb zijn voordeel'. Lidrus is in staat om nutriënten uit diepe bodemlagen omhoog te halen waar andere planten niet bij kunnen. Op zeer nutriëntenarme bodems kunnen paardenstaarten daardoor dienen als een soort nutriëntenpomp die nutriënten weer beschikbaar maakt voor andere plantensoorten. In onbemeste graslanden kunnen paardenstaarten daarmee een belangrijke rol spelen in de kringloop van met name fosfaat, kalium en calcium.

Het effect van stikstof bemesting op het gehalte van palustrine

- Hoofdstuk 5 en 6 van dit rapport zijn voornamelijk gericht op het terugdringen van de hoeveelheid lidrusspruiten in een perceel. Maatregelen kunnen waarschijnlijk echter effect hebben op het gehalte aan gifstoffen.
- De resultaten van analyses van een oud bemestingsexperiment (de Ossekampen bij Wageningen) suggereren dat er bij sommige bemestingsregimes ongewenste bijwerkingen kunnen optreden. **Bij bemestingsregimes die leiden tot een verhoogde beschikbaarheid van stikstof in de bodem neemt de dichtheid aan spruiten af, maar het gehalte aan gifstoffen per spruit neemt dan juist toe** (zie § 7.2). Dit suggereert dat er in dit geval sprake kan zijn van een **negatief verband (trade-off) tussen de hoeveelheid lidrusspruiten en de giftigheid ervan**. Dat betekent dat het ruwvoer van graslanden met weinig lidrus maar hoge toxische gehalten net zo giftig kan zijn als ruwvoer uit kruidenrijke graslanden waarin veel lidrus voorkomt. Er is echter meer onderzoek nodig om beter inzicht te krijgen in de achterliggende mechanismen hiervan.

Kennishiaten

- Voor andere maatregelen dan bemesting is het nog onbekend in hoeverre ze een effect hebben op het gehalte aan palustrine in de spruiten. Dit is een belangrijk kennishiaat waarvoor vervolgonderzoek nodig is. Het is hierbij belangrijk dat ook in Nederland analysemethodes beschikbaar komen die het gehalte aan palustrine van het ruwvoer kunnen bepalen.
- Uit het rapport blijkt dat combinaties van maatregelen vaak beter werken dan individuele maatregelen (een integrale benadering). Bovendien blijkt dat maatregelen die relatief effectief zijn tegen lidrus, vaak nadelen hebben voor biodiversiteit, productie en/of milieu. Wat voor een bepaald bedrijf het best werkt, vergt daarom maatwerk. Er is nader onderzoek nodig om per type bedrijf te kijken naar een werkbare balans tussen biodiversiteit en risico's voor de diergezondheid. Een van de opties hierbij kan een meer regeneratieve aanpak zijn.

Tabel S1 Samenvatting van de effectiviteit van maatregelen tegen lidrus en het effect op opbrengst, biodiversiteit en milieu. Het effect wordt samengevat met een kleurcode (groen voor gunstig en oranje/rood voor ongunstig) waarvan de tint afhangt van de sterkte van het effect. Toelichting bij *: Een verhoogd bemestingsniveau zorgt voor een afname van het aantal spruiten per oppervlak, maar er zijn sterke aanwijzingen dat de giftigheid toeneemt (een hoger gehalte aan palustrine per spruit). Het is aannemelijk dat andere maatregelen zoals rollen, maaien en snijden ook invloed hebben op de gehalten aan palustrine, maar dit is niet onderzocht. Dit is een belangrijk kennishiaat.

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giftigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Graslandbeheer aanpassen					
Hogere maai frequentie	++	Onbekend	+	-	0
Hogere beweidingsintensiteit	+	Onbekend	+	-	0
Hoger bemestingsniveau *	++	-	+	-	-
Bekalken	0	Niet effectief tegen lidrus			
Steenmeel	0	Niet effectief tegen lidrus			
Bovengronds beschadiging					
Rollen	+++	Onbekend	-	-	0
Elektrocutie	+	Onbekend	--	Onbekend	0
Herbicide	0	Niet effectief tegen lidrus			
Ondergronds beschadiging					
Wortels doorsnijden	+	Onbekend	-	Onbekend	0
Ploegen	0	Niet effectief tegen lidrus			
Scheuten uitgraven	0	Niet effectief tegen lidrus			
Waterbeheer aanpassen					
Ontwatering	0	Niet effectief tegen lidrus			
Vernatting	0	Niet effectief tegen lidrus			
Beperken van uitbreiding					
Diepe sloten als brandgang	Onbekend	Onbekend			
Bagger van sloten niet verspreiden	+	0	0	0	0
Machines reinigen	+	0	0	0	0
Schadelijkheid in voer verminderen					
Hooi extra vaak schudden	+	0	0	0	0
Inkuilen (fermentatie)	0	Niet effectief tegen lidrus			
Verdunning door mengen voer	+	0	0	0	0
Alternatieve diersoort weide	0	Niet effectief tegen lidrus			
Verhitten van voer	0	Niet effectief tegen lidrus			
Alternatief gebruik besmet grasland					
Composteren	-	Risico op verspreiding lidrus			
Extractie inhoudsstoffen	Mogelijk medicinale werking? Is onbekend.				
Biomassa voor energie	0	Besmet grasland gebruiken voor biogas			+

Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit acht hoofdstukken die ingaan op verschillende aspecten van lidrus:

1. Achtergrond en doel van het project
2. Herkenning van lidrus
3. Giftigheid (gifstoffen, symptomen bij vee)
4. Ecologie en levenswijze
5. Mogelijkheden voor preventie, beheer en alternatief gebruik
6. Praktijkexperimenten met drie maatregelen op een aantal bedrijven
7. Analyses van het palustrinegehalte in lidrusspruiten en in verschillende typen voer
8. Discussie van de effectiviteit van maatregelen (op basis van hoofdstuk 5-7)

1 Achtergrond en doel van het project

1.1 Het probleem in een notendop

Bij de ontwikkeling naar een meer natuurvriendelijke landbouw is er veel aandacht voor de rol van kruidenrijk grasland. Extensivering van het landgebruik kan bijdragen aan de ontwikkeling van grasland met een grotere rijkdom aan kruiden. De grotere variatie aan plantensoorten werkt vervolgens als een vliegwieltje en zorgt voor een grotere diversiteit aan bodemleven, insecten en weidevogels. Bovendien kunnen allerlei plantensoorten een positieve bijdrage leveren aan een gevarieerd dieet en aan de gezondheid van het vee. Dit geldt bijvoorbeeld voor kruiden als smalle weegbree, gewone rolklaver en duizendblad. In sommige percelen verschijnen soms echter ook planten die juist schadelijk kunnen zijn voor de diergezondheid. In vochtige graslanden vormt vooral lidrus (*Equisetum palustre*) in toenemende mate een probleem voor de veehouderij. Dit is een soort paardenstaart die lijkt op de bekendere heermoes (*Equisetum arvense*), maar een voorkeur heeft voor een natter leefgebied. Tussen de vegetatie valt lidrus vaak niet op, maar de plant bevat giftige inhoudsstoffen die een negatieve invloed hebben op de ruwvoerkwaliteit en -benutting, melkproductie en diergezondheid.

Lidrus bevat, net als andere paardenstaarten, de stof thiaminase die bij niet-herkauwers, zoals paarden, kan leiden tot een vitamine B1-tekort. Het grootste risico wordt echter gevormd door de giftstof palustrine (een alkaloid) die alleen in lidrus voorkomt. Deze giftstof leidt tot diarree, gebrek aan eetlust, vermagering, verminderde melkgift en een verstoring van het zenuwstelsel en uiteindelijk soms sterfte. Bij dieren die slechts een geringe hoeveelheid lidrus gegeten hebben, zijn de klinische effecten soms niet heel specifiek en hierdoor worden gezondheidsproblemen door lidrus vermoedelijk vaak over het hoofd gezien. Er is nog weinig bekend over de concentraties van de toxische stoffen van lidrusspruiten in verschillende typen grasland en het ruwvoer in de stal.

Lidrus vestigt zich vaak in slootkanten na vermindering van de mestgift en kan vanuit deze uitvalsbasis het perceel snel binnendringen. Ze kunnen een zeer uitgebreid wortelstelsel ontwikkelen dat meer dan 3 meter diep in de grond kan reiken. Hier worden ook lange horizontale wortelstokken gevormd waarmee ze grote gebieden kunnen koloniseren. Verspreiding over grotere afstanden kan ook via losgeraakte stukjes van het wortelstelsel. Zowel losse stukken van de wortelstokken als de wortelknolletjes kunnen makkelijk wortels produceren, zodat de plant zich als het ware via stekjes uit kan breiden. Als lidrus eenmaal in het perceel aanwezig is, blijkt het in praktijk erg lastig om de soort met maatregelen terug te dringen. Dit komt vooral door het zeer uitgebreide en diepe wortelstelsel waarmee de spruiten ondergronds verbonden zijn. Hierin liggen grote hoeveelheden reserves opgeslagen van zowel energie als voedingsstoffen waarmee ze snel weer nieuwe spruiten kunnen vormen. Bovendien lukt het de soort hierdoor om bij veel maatregelen de dans te ontspringen in delen van het perceel die minder goed bereikbaar zijn via maatregelen zoals slootkanten. Vanuit zo'n uitvalsbasis kunnen ze weer snel het perceel ingroeien.

1.2 Oude problemen in een nieuw jasje

Tot halverwege de vorige eeuw was lidrus een beruchte plant in veel gebieden in Noord-Europa en er zijn veel gevallen beschreven van vergiftigingen van vee (met name koeien) na het eten van lidrus. Zo geeft Weber¹ diverse voorbeelden van vergiftigingen bij vee in Centraal-Europa en Scandinavië in de 18^e en 19^e eeuw. De slechte naam van deze plant bij veehouders komt tot uiting in diverse oude bijnamen in Nederland waaronder kwadenaard, unjer, roebol, roobol, onnijt en koevergif.

In sommige veenweidegebieden in Nederland waren de problemen zo groot dat de waarde van het land in de eerste helft van de 20^e eeuw zelfs hoofdzakelijk werd bepaald door de mate waarin lidrus erin voorkwam.²

Zowel in Nederland als in Duitsland werden in de 18^e en 19^e eeuw meerdere prijsvragen uitgeschreven om te komen tot een effectieve bestrijding van lidrus.¹ De prijsvraag van 1782 in Amsterdam werd gewonnen door de predikant Cornelis Nozeman. Hij verzamelde praktijkervaringen in de regio en raadde op basis daarvan een flinke bemesting met varkensmest aan. Er zijn in de 18^e en 19^e eeuw allerlei praktijkproeven gedaan met het bestrijden van lidrus, o.a. via bemesting en door het gebruik van een speciale rol om de stengels te knikken. Dit heeft uiteindelijk echter niet geleid tot een effectieve oplossing.

Na al hetgeen er dus reeds omtrent dit onkruid geschreven is, zouden wij niet weder op dat onderwerp terugkomen, ware het niet dat juist die vele uiteenlopende, dikwerf onuitvoerbare en soms bespottelijke voorschriften ter verdelging, in plaats van de zaak te vereenvoudigen, dezelve dieper hadden ingewikkeld, waartoe het verwarren van de *hermoes* of *moeraspaardenstaart* (eq. *palustre*) met andere paardenstaart-soorten, inzonderheid met den *akker-paardenstaart* (eq. *arvense*) veel heeft bijgedragen.

Een citaat uit de Boerenalmanak van 1857 (Mulder, 1857) waaruit blijkt dat de problemen met lidrus (Equisetum palustre) al zeer oud zijn. Er wordt ook gewezen op de naamsverwarring met heermoes (Equisetum arvense), maar door het gebruik van de naam hermoes voor lidrus heeft dit artikel nog verder bijgedragen aan de naamsverwarring.

Pas na de grootschalige 'graslandverbetering' in de jaren 50 van de 20^e eeuw, waarbij zowel de bemesting als de ontwatering in grote delen van het landelijk gebied werd aangepakt, nam de productiviteit van veel graslanden toe en namen parallel de problemen met lidrus sterk af. Recent is er echter weer sprake van een toename van problemen, met name op extensiever gebruikte percelen met schrale slootkanten.

1.3 Doel en aanpak op hoofdlijnen

Het **doel** van dit rapport is om een overzicht te geven van de risico's van lidrus in graslanden voor de diergezondheid, de ecologie en levenswijze van lidrus, mogelijkheden voor preventie van problemen en het beheer van graslanden met veel lidrus. We richten ons hierbij op graslanden die gebruikt worden voor de voeding van vee (via weidegang of ruwvoer), inclusief natuurgraslanden waarop vee ingeschaard wordt. Bij het in beeld brengen van opties voor het beheer van graslanden met lidrus kijken we niet uitsluitend naar het effect op het terugdringen van lidrus, maar ook naar het gifgehalte van de overgebleven spruiten en mogelijke nadelen van maatregelen op biodiversiteit, opbrengst of milieu.

We hebben gebruikgemaakt van diverse, elkaar aanvullende methoden. In de eerste plaats een uitgebreide literatuurstudie (hoofdstuk 1-5) waarbij we niet alleen gebruik hebben gemaakt van internationale wetenschappelijke literatuur, maar ook van oude landbouwkundige literatuur (oude boeken en 'grijze rapporten'). Er zijn in de 18^e en 19^e eeuw allerlei praktijkproeven gedaan met het bestrijden van lidrus, o.a. via bemesting en door het gebruik van een speciale rol om de stengels te knikken. Veel oude 'boerenwijsheid' hierover is helaas verloren gegaan of is moeilijk toegankelijk, maar op basis van een zoektocht naar oude bronnen proberen we in dit rapport een beeld te geven van praktijkervaringen. Hierbij hebben we ook gericht gezocht naar informatie uit gebieden in Europa waar ze relatief veel ervaring hebben met lidrus (o.a. Duitsland, Finland en de Baltische staten).

De literatuurgegevens worden aangevuld met informatie uit een aantal andere bronnen:

- *Analyse van vegetatiegegevens uit de landelijke vegetatiedatabank (hoofdstuk 4)*

Een analyse van de milieucondities van vegetatieopnames uit de landelijke vegetatiedatabank waarin lidrus voorkomt geeft een beeld van de milieucondities die gunstig zijn voor lidrus, zodat het beter mogelijk wordt om in te schatten op welke plekken in het landschap er (in potentie) risico's kunnen ontstaan voor de gezondheid van vee. Daarnaast kan inzicht in de 'zwakke plekken' in de levenscyclus van lidrus aangrijpingspunten bieden voor maatregelen.

- *Veldproeven op een aantal bedrijven (hoofdstuk 6)*

Praktijkexperimenten met elektrocutie, rollen en ondergronds verticaal snijden om te beoordelen wat het effect is van deze maatregelen op lidrus en wat de inpasbaarheid is in de bedrijfsvoering.

- *Analyse van de gehalten van de belangrijkste gifstof, palustrine (hoofdstuk 7)*

In samenwerking met onderzoekers uit Duitsland zijn er analyses uitgevoerd van het gehalte aan palustrine in de spruiten van lidrus en in verschillende typen voer om meer inzicht te krijgen in de mate van (potentiële) blootstelling aan gifstoffen van het vee.

- *Analyse van een langlopend bemestingsexperiment (hoofdstuk 7.2)*

Data-analyse van meetreeksen van een langlopend bemestingsexperiment in de Ossekampen (zware kleigrond, Wageningen) en metingen van het gehalte aan palustrine in spruiten van lidrus in proefvlakken met een verschillende behandeling. De resultaten van dit onderdeel geven inzicht in de langetermijneffecten van verschillende vormen van bemesting en bekalking op het voorkomen van lidrus in een perceel en de giftigheid van de lidrusspruiten.

2 Herkenning lidrus

2.1 Paardenstaarten als unieke plantengroep

Lidrus is een onopvallende plant die als verspreide spruiten tussen het gras staat en daardoor vaak over het hoofd gezien wordt. Om problemen met lidrus te voorkomen, is het in de eerste plaats belangrijk om lidrus goed te herkennen in het veld. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe lidrus en andere daarop lijkende paardenstaarten herkend kunnen worden.

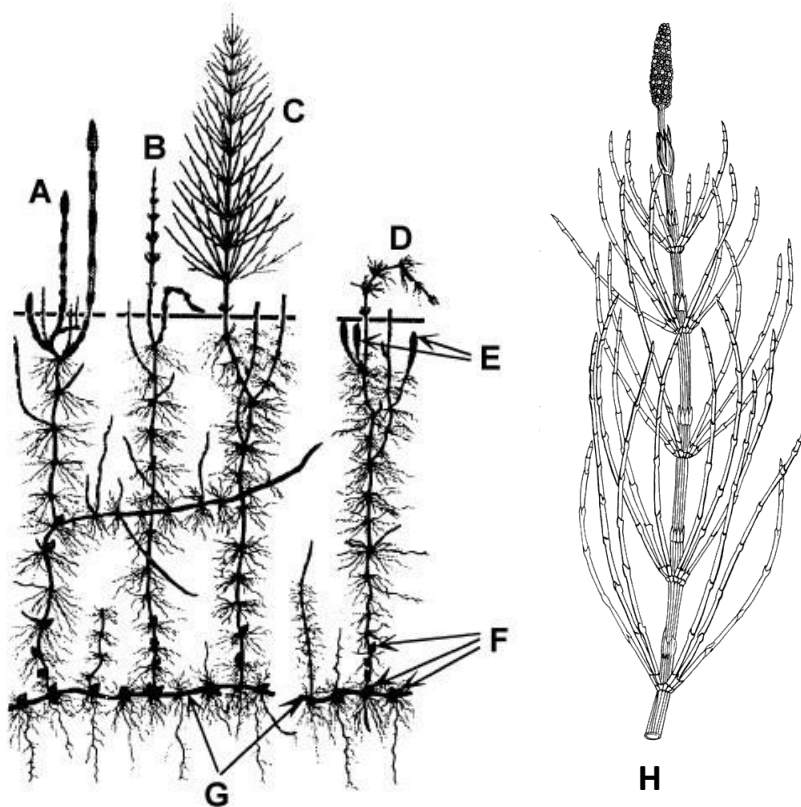
Daarnaast is het ook nuttig om een goed beeld te hebben van de milieucondities die lidrus bevorderen, zodat een risico-inschatting gemaakt kan worden voor percelen. Dit aspect wordt uitgewerkt in § 4.2.

Lidrus hoort tot de familie van de paardenstaarten en deze zijn als groep eenvoudig te herkennen aan hun groeivorm (zie Figuur 1). De stengel van paardenstaarten bestaat uit een **hoofdstengel van 15 tot 60 cm hoog met op regelmatige afstand kransen van schuin omhoog gerichte zijtakken**, zodat een kenmerkende vorm ontstaat die wel wat weg heeft van een miniatuur kerstboom. Dit is een duidelijk verschil met de in dichte pollen groeiende pitrus. Gelijk boven zo'n krans van zijtakken wordt de hoofdstengel omringd door een soort kokertje, dat bestaat uit een strak tegen de stengel aangedrukte krans van kleine smalle bladeren die aan de onderkant met elkaar vergroeid zijn.

De stengel is opgebouwd uit segmenten met elk een eigen krans van kleine, aangedrukte bladeren en zijtakken en deze segmenten zijn makkelijk uit elkaar te trekken. Hieraan zijn de paardenstaarten als groep makkelijk te herkennen. Bij alle paardenstaarten is na het uit elkaar trekken van de segmenten een holle centrale ruimte in de hoofdstengel zichtbaar met in de wand van de stengel diverse kleine luchtkanalen. De diameter van de centrale holte varieert van 1/6^e van de stengel tot meer dan de helft van de stengel. Deze holtes zijn belangrijk voor de zuurstoftoevoer naar het uitgebreide wortelstelsel. Een opvallende eigenschap van paardenstaarten is hun vermogen om grote hoeveelheden siliciumdioxide in het weefsel op te nemen en op te slaan als kiezelzuur. Hierdoor voelen de stengels stevig en ruw aan.

Vrijwel alle graslandplanten behoren tot de zaadplanten, maar de paardenstaarten behoren, net als varens, tot de sporenplanten. De voortplanting vindt in deze groep niet plaats via bloemen en zaden, maar met behulp van zeer kleine sporen. De sporen worden bij paardenstaarten gevormd in speciale, bruinig gekleurde organen (kleine sporendoosjes of sporangia) die in een groep aan de top van bloeistengels staan (sporenkegel, zie Figuur 1-A en H). Succesvolle vestiging op nieuwe plekken via kieming van de sporen komt echter zelden voor en de voortplanting gebeurt vooral via wortelfragmenten (zie § 4.3).

Ook het wortelstelsel van paardenstaarten is uniek. Ondergronds vormen ze een uitgestrekt netwerk van wortelstokken die tot ruim 3 m diep kunnen rijken (zie Figuur 1-G). Op de wortelstokken worden om de 2-5 cm knopen gevormd met wortels. Sommige soorten, zoals lidrus en heermoes, vormen aan de wortelstokken ook knollen met reservestoffen (zie Figuur 1-F). De wortelstokken en knolletjes spelen een belangrijke rol bij de kolonisatie van nieuwe gebieden (zie § 4.3).



Figuur 1 Overzicht van de bovengrondse en ondergrondse onderdelen van paardenstaarten:

- A. Vruchtbare stengel met aan de top een sporenkegel (in dit geval een onvertakte stengel van heermoes, bij lidrus heeft de vruchtbare stengel meestal kransen met zijtakken: zie H)
- B. Jonge onvruchtbare stengel waarvan de kransen met zijtakken zich net ontwikkelen
- C. Volgroeide onvruchtbare stengel met volledig ontwikkelde kransen van zijtakken
- D. Oude, afstervende stengel
- E. Opgezwollen groeipunt aan het eind van een ondergrondse wortelstok, vaak gevormd in het najaar om tijdens het volgende voorjaar uit te lopen
- F. Ondergrondse wortelknollen (tubers)
- G. Wortelstokken (rhizomen)
- H. Een vruchtbare stengel van lidrus met kransen van zijtakken met aan de top een sporenkegel.

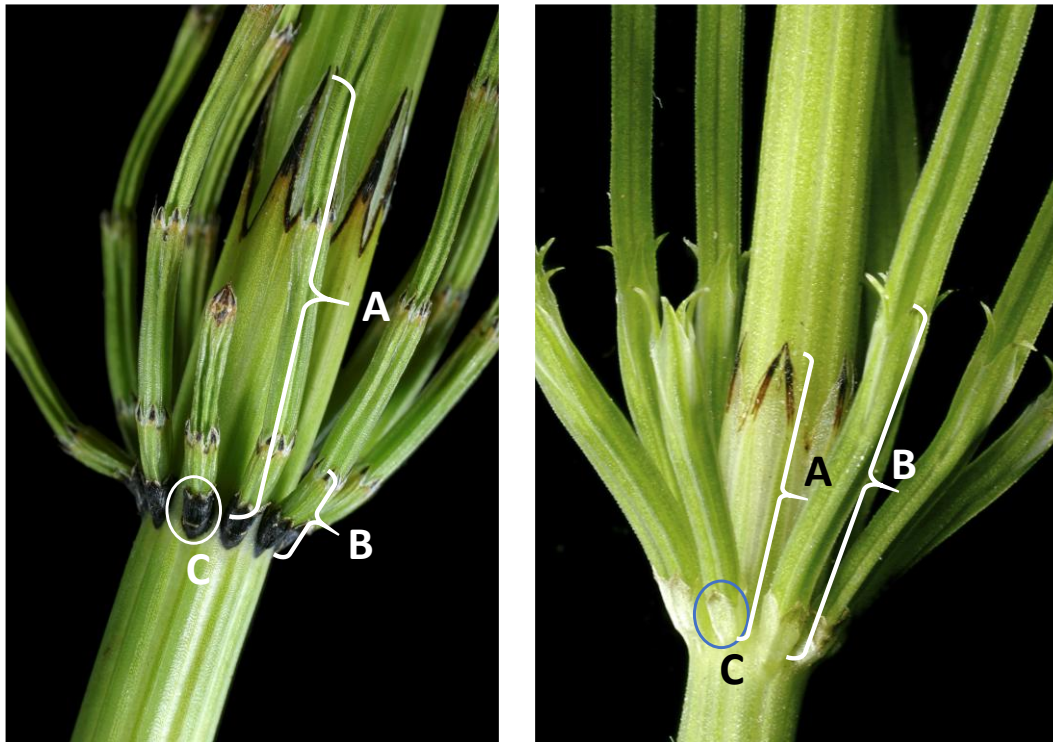
De figuur is samengesteld uit lijntekeningen van Torsten Andersson (links, heermoes) en Dagmar Wassong (rechts, lidrus).

2.2 Lidrus versus heermoes

Van de paardenstaartenfamilie komen in Nederland acht soorten voor, maar slechts twee zijn algemeen, te weten lidrus (*Equisetum palustre*) en heermoes (*Equisetum arvense*). Lidrus is van oorsprong een moerasplant die vooral voorkomt op natte tot vochtige bodems (Figuur 4), terwijl heermoes vooral op wat drogere, verstoorde bodems groeit. Aan dit verschil in standplaats danken ze ook hun volksnamen 'Moeraspaardenstaart' respectievelijk 'Akkerpaardenstaart'. Op iets minder natte bodems kunnen beide soorten soms samen voorkomen en hier vergt het onderscheid wat ervaring. Doordat beide soorten verschillen in hun giftigheid, is het belangrijk om de planten goed op naam te brengen. De belangrijkste verschillen tussen lidrus en heermoes worden samengevat in Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van de belangrijkste verschillen tussen lidrus (*Equisetum palustre*) en heermoes (*Equisetum arvense*), de twee soorten paardenstaart die het meest voorkomen in graslanden.

Kenmerk	Lidrus (figuur 2, links)	Heermoes (figuur 2, rechts)
Lengte van het eerste stengellid van de zijtakken (B) ten opzichte van de ernaast gelegen bladkrans op de hoofdstengel (A)	Het eerste stengellid van de zijtakken (B) is veel korter dan de ernaast gelegen bladkrans op de hoofdstengel (A)	Andersom: het eerste stengellid van de zijtakken (B) is langer
Kleur van het takomhulsel aan de basis van de zijtakken (C)	Donkerbruin tot zwart (duidelijk kleurcontrast)	Bleek lichtgroen tot lichtbruin (geen kleurcontrast)
Bloeistengels met sporenkegel	De geelbruine sporenkegels groeien aan de top van groene stengels (figuur 3)	Sporenkegels groeien aan aparte stengels die helemaal geelbruin zijn



Figuur 2 Stuk van de stengel van lidrus (*Equisetum palustre*, links) en heermoes (*E. arvense*, rechts) met een krans van zijtakken. Op de foto's is het verschil te zien in de lengte van het eerste stengellid van de zijtakken (B) ten opzichte van de ernaast gelegen bladkrans om de hoofdstengel (A). Ook is het verschil in kleur van de takomhulsels aan de basis van de zijtakken (C) duidelijk zichtbaar: zwart respectievelijk lichtgroen (copyright foto's: Wim de Winter, www.iconoclastica.nl).



Figuur 3 Links een bloeiaar van *lidrus* met geelbruine sporenkegel aan de top van een groene stengel. De mate van vertakking van *lidrus* is variabel. Rechts: een vorm van *lidrus* met onvertakte stengels zoals die in grasland op een schrale bodem soms voorkomt (foto's Wim de Winter, www.iconoclastica.nl).



Figuur 4 *Lidrus* komt vooral voor in natte percelen en schrale slootkanten. Het is van oorsprong een moerasplant waarvan nieuwe individuen zich vooral vestigen op vochtige, open bodem met weinig beschaduwing. De foto toont de rand van een klein moerasbos in een venig gebied in de benedenloop van de Drentsche Aa (foto: Wim Ozinga). Heermoes groeit vaak op drogere bodems, maar soms komen beide soorten samen voor.

2.3 Andere soorten: holpijp en basterdpaardenstaart

In natte graslanden en langs sloten komt nog een derde paardenstaartsoort voor die landelijk gezien iets minder algemeen is, de holpijp (*Equisetum fluviatile*). Deze soort is voor vee ongevaarlijk. Zoals de oude naam 'Slijkpaardenstaart' aangeeft, heeft deze soort een voorkeur voor nog nattere plekken dan lidrus en ze komt met name voor in ondiepe sloten. Holpijp is eenvoudig van de andere twee soorten te onderscheiden door het ontbreken van zijtakken en door de vrijwel holle stengel die daardoor makkelijk is samen te drukken. Bij lidrus is de mate van vertakking echter erg variabel en vooral na het maaien of als de bodem erg voedselarm is, kunnen ook onvertakte stengels voorkomen (Figuur 3, rechts). Dergelijke planten kunnen enigszins op holpijp lijken, maar hebben geen holle stengel.

Bij paardenstaarten komen regelmatig kruisingen (hybriden) tussen soorten voor. De meeste kruisingen zijn zeldzaam, maar er is één uitzondering: de basterdpaardenstaart (*Equisetum x litorale*), de kruising tussen heermoes en holpijp. Deze kruising komt in veel gebieden zelfs algemener voor dan holpijp, maar wordt vaak niet herkend. Basterdpaardenstaart is vooral algemeen op minerale bodems, zoals zandige ruggen, en veel minder op veengrond. Het uiterlijk van deze hybride staat tussen beide oudersoorten in, maar is erg variabel, zodat ze soms lijken op lidrus.

De basterdpaardenstaart is te onderscheiden van de oudersoorten (en lidrus) door de stengel door te breken:

- Is de diameter van de centrale luchtholte in de stengel minder dan 50% van de stengel, dan is het heermoes of lidrus (zie § 2.2);
- Is het een wijde, holle buis (>80% van de stengel) zonder holle luchtkanalen aan de zijkant ('perifere luchtkanalen' in de stengel rondom de centrale holte), dan is het holpijp;
- Is het een redelijk wijde, holle buis (50-80% van de stengel) met duidelijke luchtkanalen in de stengel rondom de centrale holte *of* is het een nauwe centrale holte maar er breekt geen aparte binnen-cilinder los, dan is het basterdpaardenstaart (Figuur 5).



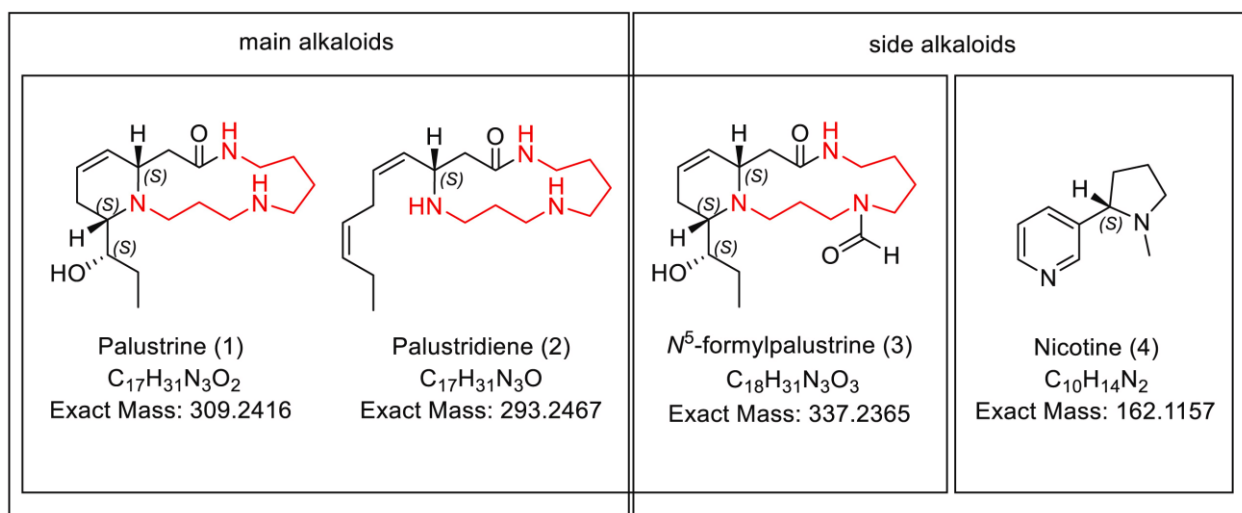
Figuur 5 Basterdpaardenstaart (*Equisetum x litorale*) met op de doorsnede een vrij wijde holle buis met langs de rand van de centrale luchtholte perifere luchtkanalen. Bij holpijp ontbreken de luchtkanalen aan de zijkant. Copyright foto: Wim de Winter.

3 Giftige stoffen en gezondheidseffecten

3.1 Palustrine als belangrijkste werkzame stof

3.1.1 Eigenschappen van palustrine

In natte tot vochtige graslanden is lidrus een van de giftigste plantensoorten. Lidrus bevat in de gehele plant een scala aan biologisch actieve inhoudsstoffen, waaronder allerlei flavonoïden, alkaloiden, thiaminase, salicylzuur, saponine, indanon-derivaten, aconietzuur, oxaalzuren, koffiezuren, kiezelzuur en meer dan honderd essentiële oliën.³⁻⁶ Een klein deel van deze stoffen kan een negatief effect hebben op de diergezondheid. De belangrijkste toxische effecten bij vee worden toegeschreven aan het enzym thiaminase (vooral bij niet-herkauwer) en aan twee alkaloiden, waarbij de ziekmakende effecten waarschijnlijk vooral veroorzaakt worden door palustrine.^{4,6-8} Deze stof komt alleen voor in lidrus en niet in andere paardenstaarten. Er komen van lidrus twee chemotypen voor: in de meeste planten bestaan de alkaloiden voor 92-100% uit palustrine met enkele procenten palustridien, maar in uitzonderlijke gevallen is dit andersom.^{4,7} Het is nog niet bekend of dit tweede chemotype ook in Nederland voorkomt, maar bij de bemonsterde locaties is dit chemotype nog niet aangetroffen. De alkaloiden van het palustrine-type en het palustridien-type worden samengevat onder de naam Equisetum-alkaloiden, omdat deze stoffen uniek zijn voor paardenstaarten. Naast deze Equisetum-alkaloiden worden vaak ook andere alkaloiden aangetroffen zoals nicotine (zie Figuur 6, rechts), maar hiervan zijn de gehaltes over het algemeen veel lager (meestal <50 µg/kg DS) en deze stof speelt waarschijnlijk nauwelijks een rol bij de effecten op diergezondheid.⁹ De chemische structuur van de belangrijkste alkaloiden van lidrus staat weergegeven in Figuur 6. Bij de vorming van de verschillende alkaloiden wordt een gemeenschappelijke bouwsteen gebruikt met drie stikstofatomen (spermidine) die in de figuur in rood weergegeven wordt.



Figuur 6 De chemische structuur van de belangrijkste gifstoffen in lidrus (Equisetum alkaloiden). De twee stoffen aan de linkerkant kunnen in relatief hoge concentraties voorkomen. De gemeenschappelijke bouwsteen (spermidine) wordt in rood weergegeven. Deze bouwsteen bevat drie stikstofatomen. Figuur uit Melchert et al. (2025).¹⁰

Het spectrum aan biologisch actieve inhoudsstoffen (inclusief alkaloiden) verschilt tussen de verschillende paardenstaartsoorten en bij kruisingen houdt het spectrum waarschijnlijk vaak het midden tussen beide oudersoorten.¹¹ In vergelijking met andere paardenstaartsoorten bevat lidrus over het algemeen veel hogere gehaltes aan giftige Equisetum-alkaloiden (met name palustrine) dan andere paardenstaarten. Van de verschillende soorten paardenstaarten is lidrus daardoor verreweg het gevaarlijkst voor de diergezondheid.

3.1.2 Het meten van het palustrinegehalte

De analyse van het gehalte aan Equisetum-alkaloïden is een duur en ingewikkeld proces, dat momenteel slechts door enkele laboratoria in Europa wordt uitgevoerd. In dit project werden de analyses van de gehalten van de twee belangrijkste alkaloïden palustrine en palustridiene (samen 'totaal alkaloïde') uitgevoerd door een Duits laboratorium. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een in dit laboratorium ontwikkelde methode op basis van Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography, in combinatie met mass spectrometry.^{4,9,12,13} Daarnaast biedt DNA-barcoding ook een mogelijkheid om de aanwezigheid van de alkaloïden te bepalen en zijn eerste ervaringen opgedaan met Near Infrared analysis (NIRS), in combinatie met machine learning, om de kenmerkende alkaloïden van lidrus en heermoes te onderscheiden¹⁴, maar deze methodes zijn niet geschikt om gehalten aan gifstoffen nauwkeurig in beeld te brengen. Methodes voor de analyse van het gehalte aan palustrine in het voer zijn op dit moment schaars en duur. De doorontwikkeling van nieuwe analysetechnieken zoals NIRS, DNA-onderzoek in combinatie met het inzetten van AI-technologie, is een belangrijke stap om toxische screening van ruwvoer en weidegrasland ook in Nederland toegankelijker te maken en daarmee meer kennis te verzamelen over de variatie in het palustrinegehalte in het voer.

3.2 Factoren die het palustrinegehalte beïnvloeden

Het gehalte aan palustrine en andere alkaloïden in lidrus is zeer wisselend^(7,8) en verandert gedurende het seizoen, maar het is op basis van beschikbare gegevens nog niet duidelijk door welke factoren dit beïnvloed wordt. In het algemeen worden de hoogste gehalten aan Equisetum-alkaloïden gevonden in jonge, zich ontwikkelende spruiten (stadium I en II in Figuur 7).⁹ In oudere planten (stadium III en IV) dalen de gehalten geleidelijk. Het bleek dat de gehalten vooral beïnvloed worden door het groeistadium van de plant en veel minder door het weer of de temperatuur in het groeiseizoen.

Wel is het zo dat na de eerste nachtvorst de gehalten aan alkaloïden sterk dalen.⁸ Er is vroeger wel gesuggereerd dat het gehalte aan alkaloïden in lidrus lager is op droge standplaatsen⁽¹⁵⁾, maar waarschijnlijk gaat het bij de droge standplaatsen om verwisseling met heermoes. Voor de productie van palustrine is het belangrijk dat er in de bodem voldoende zwavel en vooral stikstof beschikbaar is. Daarom hebben we in dit project metingen uitgevoerd in een langlopend bemestingsexperiment (de Ossekampen). De resultaten tonen dat een relatief hoog palustrinegehalte in de spruiten samenhangt met een hoge beschikbaarheid van stikstof (zie § 7.2).



Figuur 7 Illustratie van een eenvoudige indeling van lidrusspruiten in vier groeistadia (foto J. Müller). Fase I: jong stadium, met alleen een hoofdstengel zonder zichtbare zijtakken. Fase II: zijtakken met een net uitlopende krans van zijtakken. Fase III: stengel met korte nog niet volgroeide zijtakken. Fase IV: volledig ontwikkelde spruiten.

Na drogen (bijvoorbeeld in hooi) kunnen de gehaltes aan alkaloïden in paardenstaarten nog jaren hoog blijven.⁸ Wel is het zo dat bij het drogen en schudden van het hooi de brokkelige stukken paardenstaart soms deels uit het hooi vallen, zodat het aandeel paardenstaart in goed bewerkt hooi soms aanzienlijk lager is dan direct na het maaien.^{16,17} (zie § 7.1).

In oude Duitse literatuur wordt soms beweerd dat een hoge temperatuur kan leiden tot een vermindering van het palustrinegehalte, maar uit Fins onderzoek blijkt dat een hoge temperatuur op zichzelf geen betrouwbare methode is om het palustrinegehalte voldoende te verlagen.¹⁸ Wel is het zo dat palustrine vrij goed oplosbaar is in water, zodat uitspoeling met warm water mogelijk kan bijdragen aan een verlaging van de gehaltes aan palustrine (zie § 5.6.5).

Palustrine kan, net als andere alkaloïden, dienen als stikstofbron voor micro-organismen. Er vindt daarom vaak enige afbraak van alkaloïden plaats tijdens de vergisting van kuilvoer. De mate van afbraak van palustrine is in kuilvoer echter onvolledig en bij praktijkproeven onder laboratoriumomstandigheden in Nedersaksen werd nauwelijks een verlaging van het palustrinegehalte gevonden.¹⁶ Het is nog onduidelijk in hoeverre er in kuilvoer onder praktijkomstandigheden sprake is van afbraak van palustrine en met welke factoren dit samenhangt. In dit project zijn daarom praktijkproeven met kuilvoer uitgevoerd op enkele bedrijven (zie § 7.1).

3.3 Effect op diergezondheid

3.3.1 Negatieve effecten

Bij het in beeld brengen van de effecten van lidrus op de diergezondheid is het nuttig om onderscheid te maken tussen niet-herkauwers zoals paarden en varkens en herkauwers zoals koeien, schapen en geiten.

Bij paarden en varkens worden gezondheidsproblemen deels veroorzaakt doordat het enzym thiaminase zorgt voor de afbraak van de in het voer aanwezige vitamine B1 (thiamine), zodat hiervan een tekort ontstaat.^{6,8} Een thiamine-tekort leidt tot neurologische problemen, zoals moeite met bewegen, verlamming of beven (ataxie, paralyse, tremoren). Deze klachten kunnen vaak verholpen worden door toediening van thiamine.⁸ Koeien, schapen en geiten maken onder normale omstandigheden zelf voldoende thiamine aan in hun pens, zodat herkauwers veel minder gevoelig zijn voor thiaminase in lidrus. Als er echter pensproblemen zijn, bijvoorbeeld door pensverzuring, dan kan thiaminase in lidrus wel leiden tot gezondheidsproblemen bij herkauwers.¹⁹

Bij herkauwers worden gezondheidsproblemen vooral veroorzaakt door de giftstof palustrine. Palustrine hecht zich net als andere piperidine alkaloïden aan nicotinereceptoren in het centrale en perifere zenuwstelsel en verstoren daardoor de werking van het zenuwstelsel. Ze hebben aanvankelijk stimulerende effecten op het doorgeven van zenuwsignalen (neurotransmissie), gevolgd door het minder gevoelig worden van de receptoren (desensitisatie).²⁰ Inname van relatief grote hoeveelheden in korte tijd kan acute vergiftiging veroorzaken. Klinische verschijnselen van acute vergiftiging zijn onder meer frequent urineren en ontlasten, spiertrillingen en spierzwakte, ongecoördineerde bewegingen (ataxie) en hartritmestoornissen (tachycardie). Uiteindelijk verliezen dieren het vermogen om te staan, en de dood volgt meestal als gevolg van verlamming van de ademhalingsspieren.

Bij chronische vergiftiging door palustrine zijn de klinische effecten minder specifiek en kunnen andere toxines bijdragen aan de effecten. Veelvoorkomende symptomen bij koeien zijn een gebrek aan eetlust, vermagering door een negatief effect op de vertering, een plotseling verminderde melkgift en diarree. Deze symptomen treden vaak al op na drie tot zes dagen na opname van lidrus.¹⁷ In ernstige gevallen komen daar klachten bij als heftige koliek, verlamming en soms sterfte.^{1,8,19,21,22} Piperidine-alkaloïden kunnen bij drachtige dieren ook schade veroorzaken aan de foetus (teratogene effecten), met name samentrekking van ledematen (artrogryposis), gespleten gehemelte en soms abortus. Deze effecten treden vooral op bij blootstelling tijdens de 2^e en 3^e maand van de dracht.²³

Bij een enquête onder Finse dierenartsen in 1964 werd aangegeven dat de symptomen soms niet specifiek genoeg zijn voor een duidelijke diagnose, zodat vermoed werd dat lidrus-vergiftigen regelmatig over het hoofd gezien worden.²² Bij voerproeven in Finland traden gezondheidsproblemen bij koeien het sterkst op bij hoogproductieve individuen, terwijl bij paarden en schapen de gezondheidseffecten minder sterk waren.²⁴ Dit laatste komt ook tot uiting in het oude gezegde over weilanden met veel paardenstaart: "der paarden brood, der koeien dood". Het geringere risico op gezondheidsproblemen bij paarden en schapen hangt waarschijnlijk voor een groot deel samen met het feit dat ze beter in staat zijn om de spruiten bij het eten te vermijden en niet zozeer met een geringere toxiciteit.¹⁷

De effecten van paardenstaarten op de melkgift van koeien zijn in Finland nader onderzocht met voerproeven. Van de drie onderzocht paardenstaart-soorten had lidrus een negatief effect op de melkproductie, terwijl bij heermoes en bospaardenstaart dit effect niet gevonden werd.²⁴ Ook kan de consumptie van lidrus leiden tot waterige, vetarme melk met een blauwige glans en een bittere smaak.^{1,19} Over de mate van overdracht van specifieke alkaloiden in lidrus op melk en vlees is weinig bekend.

3.3.2 Behandeling en prognose van zieke herkauwers

Er zijn geen specifieke middelen waarmee het gif onschadelijk gemaakt kan worden (antidota). De behandeling is daardoor niet-specifiek en ondersteunend, afhankelijk van het stadium en de ernst van de vergiftiging. De opname van alkaloiden kan tijdens de acute fase van vergiftiging worden verminderd door adsorptie met actieve kool. Bij een snelle diagnose en bij dieren met niet al te sterke klachten, kan herstel vaak in enkele dagen optreden na verandering van het voer.⁸ Wanneer vergiftigingseffecten langer aanhouden, kan dit secundaire klachten veroorzaken, zoals weefselbeschadigingen door een verstoorde bloedstroom, die lang kunnen duren of permanent kunnen zijn en soms dodelijk zijn. Bij onderzoek aan dode dieren (post-mortemonderzoek) zijn er geen voor lidrus-vergiftiging kenmerkende weefselbeschadigingen zichtbaar (pathognomonische laesies). Wel kunnen er bij acute vergiftigingen resten van lidrus plantmateriaal in de pens aanwezig zijn.

3.4 Schadedrempel voor blootstelling via weidegang en ruwvoer

Uit voederproeven in Duitsland met paarden, koeien en schapen bleek dat lidrus in het ruwvoer al snel leidt tot een sterke afname van de bereidheid om van het voer te eten bij schapen en met name koeien, terwijl er bij paarden nauwelijks effect was op de voerinname.¹⁵ Bij koeien werd voer met een aandeel van $\geq 5\%$ lidrus geweigerd. Ook uit ervaringen van boeren in Zuid-Holland (o.a. G.J. Kool) blijkt dat koeien met negatieve ervaringen met lidrus meestal weigeren om daarna nog vers gras en hooi met daarin lidrus te eten. Waarschijnlijk speelt de kenmerkende geur van lidrus een rol bij de herkenning van de plant door dieren (een complexe combinatie van vluchtige stoffen zorgt voor een onaangename, muffe, schimmelige geur).²⁵

Ook in de wei worden delen van het perceel met veel spruiten van lidrus door koeien meestal slecht begraasd^(2,8,15,24), met name als er voldoende alternatief is. Ook het gras rondom de planten wordt niet graag gegeten.² Dit geldt vooral voor koeien die in het verleden al negatieve ervaringen opgedaan hebben met lidrus.⁸ Jonge dieren zonder ervaring met de plant eten er soms wel van.²⁶ Een scenario dat ook leidt tot een verhoogd risico is wanneer onervaren dieren, zoals pinken, worden verplaatst naar een gebied met lidrus vanuit een gebied waar de planten niet voorkomen, vooral als de dieren honger hebben op het moment van aankomst. Onder dergelijke omstandigheden moet er extra op worden gelet dat dieren bij aankomst op de nieuwe locatie een gemakkelijk bereikbare en smakelijke alternatieve voerbron krijgen.

Als drempel voor gezondheidsschade werd vroeger een aandeel aan lidrus van maximaal 3 tot 5% bedekking aangehouden. Bij een hoger aandeel werd het land beschouwd als ongeschikt voor melkvee vanwege een te hoog risico op vergiftiging. Recent onderzoek van onder andere de European Medicines Agency⁽²⁷⁾ en Muller, et al.⁽⁹⁾ suggereert dat de schadedrempel van 3-5% lidrus in het voer waarschijnlijk te hoog is, de grens ligt waarschijnlijk eerder onder de 1%.

Uit het onderzoek in de Ossekampen is gebleken dat de palustrinegehaltes afhankelijk zijn van de bemesting van het grasland, waarbij een hogere beschikbaarheid van stikstof in de bodem samengaat met een hoger gehalte aan gifstoffen per spruit. (zie § 7.2). Stikstof kan onder andere door bemesting aangevoerd worden of door stikstoffixatie door leguminosen in het systeem terechtkomen. Dit leidt tot een trade-off waarbij in kruidenrijke graslandpercelen met lage bemestingsniveaus meer lidrusspruiten voorkomen, maar de toxische gehalten per spruit lager zijn. Dat betekent dat op basis van de hoeveelheid spruiten van lidrus in de zode geen uitspraken gedaan kunnen worden over de giftigheid van het ruwvoer. Bovendien is er ook binnen een perceel vaak een grote variabiliteit van de toxineconcentraties, medeafhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de lidrus-plant. Er is daarom een voorzichtige (conservatieve) benadering nodig bij weidegang of gebruik van ruwvoer, waarbij de diergezondheid goed gemonitord wordt om het risico te beperken.

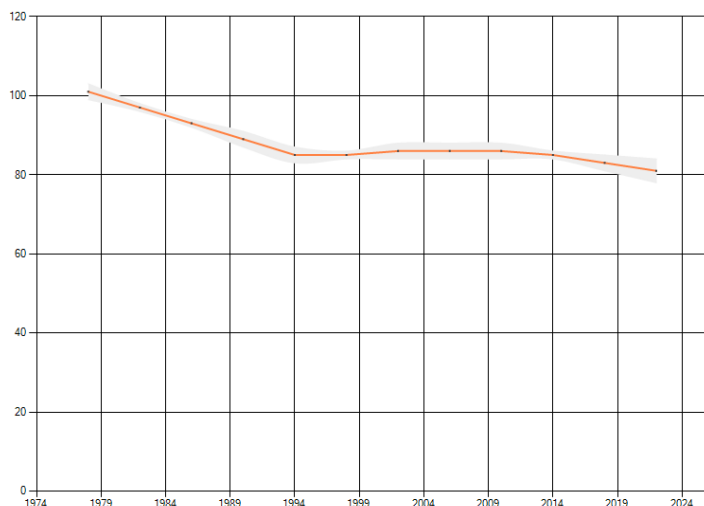
4 Ecologie en levenscyclus

4.1 Verspreiding en trend in voorkomen

Lidrus is een inheemse soort die in grote delen van Nederland algemeen voorkomt met een zwaartepunt in het veenweidegebied, het rivierkleigebied en beekdalen (Figuur 8). De frequentie van voorkomen vertoont in Nederland sinds de jaren 80 van de vorige eeuw een geleidelijke afname (zie Figuur 9), maar in verschillende delen van Nederland is er recent weer sprake van een toename in de mate van voorkomen in graslandpercelen. Zowel het aantal percelen waarin de soort voorkomt als de gemiddelde talrijkheid in percelen neemt hier toe. Lidrus komt hier met name algemeen voor op natte bodems met een geringe bemesting en een open zode. Ook in diverse gebieden in Noord-Duitsland is een toename waargenomen.²⁸ Een toename wordt in Nederland vooral waargenomen in vochtige graslanden met een verhoging van het waterpeil en/of een extensiever beheer met een lager bemestingsniveau. Dit geldt bijvoorbeeld voor graslanden die beheerd worden voor het biologische certificaat (SKAL) en voor natuurgraslanden waar de intensiteit van het gebruik bepaald wordt door de ANLB-beheerpakketten. Deze graslanden worden vaak beheerd voor het behouden of herstellen van een soortenrijkere vegetatie.



Figuur 8 *Verspreiding van lidrus in Nederland op basis van data uit de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF, 2025).*



Figuur 9 Landelijke trend van het aantal kilometerhokken waarin lidrus voorkomt, weergegeven als indexcijfer (1975-1978 = 100). De trend is gecorrigeerd voor waarnemersinspanning en geeft de relatieve verandering in het aantal bezette kilometerhokken weer. Voor de berekening worden de data per periode van vier jaar samengenomen en in de grafiek correspondeert ieder zwart puntje in de lijn met het laatste jaar van zo'n periode (bron: NEM (CBS & FLORON) 2025). Landelijk is sprake van een afname, maar regionaal is in sommige gebieden juist sprake van een toename in graslandpercelen.

4.2 Milieucondities

In de volgende paragrafen worden de belangrijkste milieucondities besproken die van invloed zijn op de mate van voorkomen van lidrus, mede op basis van gegevens uit de Landelijke Vegetatie Databank. Voor een goede risicobeoordeling is het belangrijk om hierbij in het achterhoofd te houden dat het gehalte aan gifstoffen per spruit erg variabel is, zodat het aantal spruiten per oppervlakte-eenheid niet altijd een goed beeld geeft van de hoeveelheid gifstoffen per oppervlakte-eenheid (zie § 3.2) en van de mate van blootstelling van dieren aan de gifstoffen (zie § 3.3).

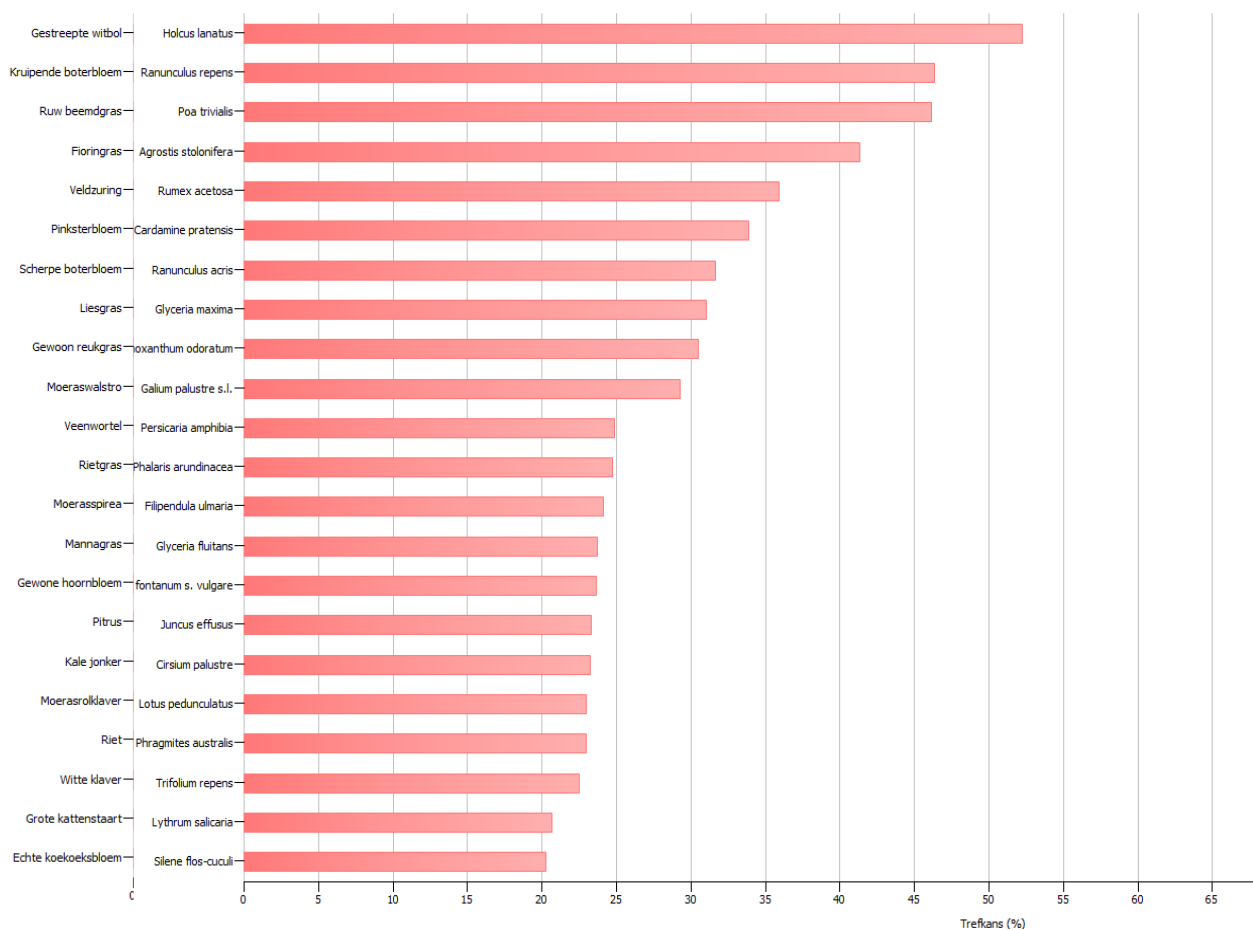
4.2.1 Herkenning van percelen met hoge kans op voorkomen van lidrus

Lidrus is een onopvallende plant en uit onderzoek in Finland bleek dat veel boeren daar zich niet bewust waren van het voorkomen van de plant op hun bedrijf en van de risico's voor diergezondheid. Voor een goede risicobeoordeling is het belangrijk om inzicht te hebben in de milieucondities die lidrus bevorderen. Op basis hiervan kan voor het bedrijf ingeschat worden of er plekken zijn waar de kans relatief groot is dat lidrus er al voorkomt of zich kan vestigen.

Lidrus groeit in het agrarisch gebied vooral in slootkanten en in vochtig tot nat grasland. De soort komt op allerlei bodemtypen voor, maar vooral als er kleiige lagen in de ondergrond aanwezig zijn die wat verrijkt zijn met silicium en andere mineralen en als de productiviteit iets lager is. Vroeger waren dit vaak de percelen die op iets grotere afstand lagen van de huiskavel.²⁹ Op puur veen en op droge zandige bodems ontbreekt de soort vrijwel geheel. In graslanden in het veenweidegebied kan lidrus vooral sterk op de voorgrond treden in met komklei gevulde oude stroomgeulen en langs kreekruigen (met kleiige lagen).² Lidrus heeft veel licht nodig en heeft een voorkeur voor lichtzure omstandigheden. De plant wordt in graslanden bevorderd door extensivering van de bemesting (met daardoor een minder productieve grasmant), een hoge grondwaterstand en open plekken in de zode.

In percelen die op basis van de bovengenoemde milieucondities geschikt zijn voor lidrus is het goed om alert te zijn op het mogelijk voorkomen van lidrus (zie § 2.2). Bij het in beeld brengen van risicoplekken kan ook gelet worden op het voorkomen van plantensoorten waarmee lidrus vaak samen voorkomt. Karakteristieke

begeleiders van lidrus zijn o.a. gestreepte witbol, fioringras, liesgras, pitrus, kruipende boterbloem en pinksterbloem. Een overzicht van begeleidende soorten in Nederland wordt gegeven in Figuur 10.



Figuur 10 Kans op voorkomen van lidrus met andere plantensoorten in seminatuurlijke graslanden (Bron: SynBioSys op basis van ruim 10000 proefvlakken uit de landelijke vegetatiedatabank).³⁰

Als lidrus zich eenmaal gevestigd heeft, kan ze zich gestaag uitbreiden via ondergrondse wortelstokken. Vaak worden hierbij schrale slootkanten of open, drassige plekken in het perceel gebruikt als springplank, van waaruit het perceel geleidelijk gekoloniseerd wordt. Doordat slootranden in het agrarisch gebied onder de bemestingsvrije zones vallen, krijgt de soort tegenwoordig in veel gebieden meer gelegenheid om zich vanuit onbemeste slootkanten uit te breiden.

4.2.2 Vochtbehoefte

Lidrus heeft een voorkeur voor vochtige tot natte groeiplaatsen, vaak met een wisselende grondwaterstand. Hierbij is het van belang dat het wortelstel van de plant contact kan maken met waterhoudende lagen. Bij oudere individuen met een uitgebreid en diep wortelstelsel is de afhankelijkheid van een hoge vochtbeschikbaarheid veel minder groot. In percelen die wat minder nat zijn, kan lidrus slootkanten gebruiken als uitvalsbasis van waaruit percelen gekoloniseerd worden. Vooral via vochtige bodemlagen kan de plant zich met behulp van de lange wortelstokken sterk in horizontale richting uitbreiden. In slootkanten kan een sterk wisselende waterstand of verstoring van de zode door het niet goed afvoeren van maaisel en bagger bij het schonen van de sloten zorgen voor een sterke toename van lidrus. Op dergelijke plekken kunnen wortelfragmenten makkelijk wortelen en uitgroeien tot nieuwe planten, zodat de functie van de sloot als uitvalsbasis nog verder versterkt wordt. Lidrus is ook goed bestand tegen zeer natte omstandigheden, ze kan inundaties van enkele maanden overleven. Als het water echter langdurig zó hoog staat dat alle spruiten van de kloon geheel onder water staan, dan verstikt de plant.¹⁷

4.2.3 Lichtbehoefte

Een zwakke plek van lidrus is de gevoeligheid voor beschaduwing. Paardenstaarten hebben, mede door de kleine bladeren, weinig bladgroen waardoor ze minder suikers kunnen produceren via fotosynthese. Voor hun groei zijn ze daarom afhankelijk van een relatief open grasmat met voldoende licht (met name in het voorjaar). Bij beschaduwing wordt de groeisnelheid van spruiten beperkt. Bovendien worden door beschaduwing minder wortelknolletjes geproduceerd tijdens het groeiseizoen, zodat er in het jaar daarop minder energiereserves beschikbaar zijn voor een snelle groei.³¹ De voorkeur voor nutriëntenarme bodems (zie § 4.2.4) heeft vooral te maken met de geringe concurrentiekracht voor licht in een dichte, productieve vegetatie. De gevoeligheid voor beschaduwing komt onder andere doordat voor de opname van voldoende fosfaat en silicium veel suiker naar de wortels getransporteerd moet worden en omdat het bladoppervlak zo klein is, werkt dit alleen efficiënt bij voldoende zonlicht (zie ook § 4.2.7).

4.2.4 Nutriëntenbehoefte (NPK)

Lidrus stelt voor de groei weinig eisen aan de beschikbaarheid van stikstof, fosfor en kalium in de bodem en de soort komt vooral voor op relatief nutriëntenarme bodems. Dankzij het diepe wortelstelsel (tot meer dan 3 m) kunnen paardenstaarten nutriënten uit diepere minerale lagen benutten, terwijl veel andere plantensoorten hier niet bij kunnen en genoeg moeten nemen met nutriënten in de bovenste bodemlagen. Het is niet zo dat lidrus niet goed bestand is tegen hoge gehalten aan stikstof, fosfor en kalium in de bodem, maar in hoogproductieve graslanden hebben paardenstaarten een geringe concurrentiekracht om licht (zie § 4.2.3). Op natte bodems en/of bodems met een geringe beschikbaarheid van nutriënten is de biomassa-productie van de vegetatie geringer en heeft lidrus veel minder last van concurrentie om licht met snelgroeiende plantensoorten. Hierdoor leidt minder bemesting en vernatting in percelen met een geschikt bodemtype soms tot een sterke toename van de soort.

Uit enkele oude bemestingsproeven blijkt dat lidrus vooral door bemesting met fosfaat (P) teruggedrongen kan worden, terwijl bemesting met N vaak relatief weinig effect heeft op de mate van voorkomen.^{31,32} Het verschil in effectiviteit van P en N komt waarschijnlijk doordat in veel extensief kruidenrijk grasland waarin lidrus voorkomt, de biomassa-productie vroeger vooral beperkt werd door P (soms samen met K) en in veel mindere mate door N. Op schrale fosfaatarme bodems heeft lidrus een concurrentievoordeel doordat de soort aanpassingen heeft ontwikkeld waarmee effectief fosfaat en silicium opgenomen kunnen worden (zie § 4.2.7). Op bodems met een hoge P-beschikbaarheid waar de biomassa-productie beperkt wordt door N, heeft een extra P-gift waarschijnlijk minder effect.

Naast de absolute gehalten aan N en P heeft ook de verhouding tussen stikstof en fosfaat (N:P-ratio) mogelijk een effect op de mate van voorkomen van lidrus. Lidrus heeft een optimum bij een N:P-ratio van 13.45 (SD 5.1). Dit is relatief hoog. Ter vergelijking: de N:P-ratio voor heermoes is 8.1 (SD 3.0) en voor Engels raaigras (*Lolium perenne*) 6.4 (SD 2.2). Dit duidt op een voorkeur voor bodems met een *relatief* iets lagere beschikbaarheid van P ten opzichte van N (ten opzichte van veel grassen), zodat bemesting met fosfaatrijke mest relatief nadelig is voor lidrus. Voor andere macronutriënten en sporenelementen zijn geen aanwijzingen gevonden voor een belangrijke rol bij het verklaren van het voorkomen van lidrus.²² Een tweede reden is waarschijnlijk dat voor de productie van palustrine relatief veel stikstof nodig is (zie § 3.2). Dat betekent ook dat verhoogde bemestingsintensiteiten tot een verhoging van de toxiciteit van lidrus kan leiden (zie § 7.2).

Vanuit het perspectief van de melkveehouder is het voorkomen van lidrus in de wei meestal ongewenst. Maar zoals Johan Cruijff al zei: "Elk nadeel heb zijn voordeel". Door de uitscheiding van suikers via diepe wortelstokken is lidrus in staat om nutriënten uit diepe bodemlagen omhoog te halen, waar andere planten niet bij kunnen. Op zeer nutriëntenarme bodems kunnen paardenstaarten daardoor dienen als een soort nutriëntenpomp die nutriënten uit diepere lagen, via het strooisel, beschikbaar maakt voor andere plantensoorten. In onbemeste graslanden kunnen paardenstaarten daarmee een belangrijke rol spelen in de kringloop van met name fosfaat, kalium en calcium⁽³³⁾ en zorgen dat de voorraad in de bovengrond op peil blijft of geleidelijk toeneemt.³⁴ Ook voor de kringloop van diverse andere nutriënten speelt lidrus waarschijnlijk een belangrijke rol waaronder natrium, mangaan, ijzer, zwavel, zink en magnesium.³⁵

4.2.5 Zout

Lidrus kan relatief slecht tegen zout. Dit wordt ook bevestigd door onderzoek in Duitsland, waar de heer Meyn tussen 1848 en 1851 proeven heeft gedaan om lidrus te onderdrukken via het toedienen van zout. In de herfst werd hierbij 200 kg veezout per hectare opgebracht, zodat het in het voorjaar voldoende in de bodem was getrokken en zo min mogelijk schade veroorzaakte aan andere planten. Na verloop van tijd leidde dit tot het vrijwel verdwijnen van lidrus. Er is echter weinig ervaring met deze maatregel en het is niet bekend welke dosering hierbij optimaal werkt zonder daarbij de opbrengst en kwaliteit van het grasland te veel te schaden. Zout leidt echter al bij een geringe concentraties (medeafhankelijk van het bodemtype) tot daling van de opbrengst en heeft een negatieve invloed op diverse bodemprocessen (o.a. de snelheid van mineralisatie).³⁶ In combinatie met het feit dat verwacht wordt dat verzilting in de komende jaren in Nederland een steeds groter probleem gaat vormen, is deze maatregel voor de praktijk in veel regio's niet bruikbaar. Het is nog onbekend in hoeverre er in graslandgebieden waar sprake is van verzilting, sprake is van een afname van de mate van voorkomen van lidrus.

4.2.6 Bodem-pH

Lidrus heeft een voorkeur voor licht zure omstandigheden, maar de soort is weinig gevoelig voor veranderingen in bodem-pH. Waarschijnlijk heeft pH vooral een indirect effect op lidrus, bijvoorbeeld via veranderingen in de beschikbaarheid in het bodemvocht van fosfaat en silicium. Maatregelen gericht op een verhoging van de bodem-pH (zoals bekalken en toedienen van steenmeel) zijn daarom niet effectief (zie § 5.1.1).

4.2.7 Siliciumbehoefte

In vergelijking met andere planten, hebben paardenstaarten een relatief hoge behoefte aan opneembaar Si in de bodem. Dit wordt in de plant opgeslagen in de vorm van kiezelzuur (een verbinding van siliciumdioxide en water).^{37,38} Als de wortels niet in contact staan met Si-rijke minerale bodemlagen (vaak kleiig), dan neemt de groei en vitaliteit van de plant af. Hierdoor is lidrus in het veenweidegebied gebonden aan venige bodems met daarin kleiige lagen. Silicium wordt door de wortels van paardenstaarten actief opgenomen uit minerale lagen in de bodem en opgeslagen in de wanden van de stengels. Een hoog siliciumgehalte geeft stevigheid aan de stengel en het biedt bescherming tegen vraat door herbivoren (ze zijn slecht verteerbaar) en tegen allerlei parasieten zoals schimmels.³⁹ Daarnaast biedt een hoog siliciumgehalte een betere tolerantie tegen stress door droogte, zware metalen, zout en nutriëntentekort. Zo is voor diverse grassoorten vastgesteld dat een hogere graasdruk leidt tot hogere siliciumgehalten in het blad.⁴⁰

De voordelen van een hoog siliciumgehalte in de stengels hebben echter wel een prijs voor de plant. Een groot deel van de silicium is in de bodem aanwezig in een vorm die niet geschikt is voor opname door plantenwortel. Om toch voldoende silicium op te kunnen nemen, worden relatief grote hoeveelheden koolstofhoudende verbindingen (met name carboxylaten) uitgescheiden in de wortels. Deze carboxylaten zorgen tegelijk ook voor een hogere opname van diverse andere elementen, waaronder fosfaat en mangaan.^{34,35,41} De opname van silicium en fosfaat hangt dus met elkaar samen.⁴² De relatieve kosten voor de plant vallen waarschijnlijk mee op nutriëntenarme bodems met een open vegetatiestructuur. Onder dergelijke condities wordt de groei van de spruiten vooral beperkt door nutriënten (stikstof en/of fosfaat) terwijl er geen tekort is aan koolstof. Bij een toename van de productiviteit van de vegetatie door beschaduwning nemen de relatieve kosten van deze investering echter sterk toe.

Een tweede nadeel van het hoge siliciumgehalte in de plant is dat de extra stevigheid in de stengelwanden ten koste gaat van de flexibiliteit van de stengels. Door het hoge gehalte aan silicium zijn de stengels minder buigzaam in vergelijking met andere planten en daardoor gevoeliger voor stengelbreuk, waardoor spruiten makkelijk 'knikken' en verdorren. De onbuigzame stengels vormen een belangrijke zwakke plek van de plant die benut kan worden bij maatregelen om lidrus terug te dringen (zie § 5.2).

4.2.8 Temperatuur

Lidrus is door zijn uitgebreide wortelstelsel waarschijnlijk niet erg gevoelig voor klimaatverandering. De plant is goed bestand tegen vorst en kan temperaturen tot 30 graden onder nul probleemloos overleven. Wel is het zo dat de bovengrondse spruiten in de winter vaak afsterven door vorst. Doordat de Nederlandse winters de laatste jaren milder en natter geworden zijn, sterven de spruiten in de winter minder af en komt de groei al vroeger in het voorjaar op gang.

4.2.9 Samenleving met schimmels

In tegenstelling tot veel andere planten, leven de volwassen planten van lidrus niet of nauwelijks in symbiose met arbusculaire mycorrhizaschimmels (Glomeromycetes).⁴³ Wel zijn er aanwijzingen dat paardenstaarten een deel van hun suikers (gemiddeld circa 50%) kunnen verkrijgen via een ander type mycorrhizaschimmels (uit de groep Mucoromycota) en dat ze de rest van de suikers zelf produceren.⁴⁴ Mede doordat paardenstaarten minder nauw samenwerken met mycorrhizaschimmels zijn deze waarschijnlijk relatief gevoelig voor concurrentie met andere planten in hoogproductieve vegetaties. Doordat paardenstaarten minder afhankelijk zijn van mycorrhizaschimmels dan veel andere planten, kunnen maatregelen die ongunstig zijn voor schimmels zorgen voor gunstige condities voor lidrus. Een voorbeeld is waarschijnlijk het toedienen van steenmeel met daarin veel silicium (zie § 5.1.2).

4.3 Reproductie via sporen en wortels

Lidrus kan zich op twee manieren uitbreiden en nieuwe gebieden koloniseren: via sporen en via wortelstekjes. De sporen van lidrus zijn zeer klein en kunnen doordoor grote afstanden overbruggen (vele kilometers). De vorming van nieuwe planten via sporen lukt echter alleen op open, vochtige en vrij nutriëntenarme bodems. De sporen blijven maar enkele dagen tot weken kiemkrachtig⁽¹⁸⁾ en hebben vrijwel geen voedselvoorraad, zodat de sporen een zeer kleine kans hebben dat ze op het juiste moment op de juiste plaats landen. Vestiging via sporen komt daardoor waarschijnlijk relatief weinig voor. Ook volwassen planten hebben een voorkeur voor vochtige bodems, maar als de soort zich eenmaal gevestigd heeft, dan is de bandbreedte behoorlijk groot.

De verspreiding van lidrus vindt vooral asexueel plaats via het uitgebreide en diepe wortelstelsel (tot ruim 3 m diep). Dit kan door horizontale uitbreiding via **wortelstokken (rhizomen)** met een doorsnede van 5-10 mm (Figuur 11), maar verspreiding over grotere afstanden kan ook via losgeraakte stukjes van het wortelstelsel die dan als het ware wortelstekjes vormen. Hierbij kunnen ook **wortelknollen (tubers)** een rol spelen die bij sommige individuen op de wortelstokken gevormd worden in de periode van augustus tot november. Deze harde knollen zijn 10-20 mm lang en 5 mm in doorsnede en zijn donkerbruin/zwart. Bij versleping van grond kunnen knollen en fragmenten van wortelstokken voor de vestiging van nieuwe planten zorgen, met name als ze terechtkomen in vochtige bodems.¹⁷

De fragmenten van wortelstokken hebben als voordeel dat ze in vergelijking met de knollen meer groeipunten bevatten, zodat de wortelgroei vanuit deze stekjes sneller op gang kan komen. Bij actief groeiende wortelstokken zitten om de circa 3 à 5 centimeter knoppen van waaruit wortels gevormd kunnen worden (zie Figuur 11). Hierdoor kunnen zelfs vrij kleine wortelfragmenten weer eenvoudig uitgroeien tot nieuwe planten als de omstandigheden geschikt zijn. In vergelijking met wortelstokken hebben de knollen een grotere energievoorraad in de vorm van zetmeel, zodat ze beter in staat zijn om zich te vestigen in diepere bodemlagen en bij een lage beschikbaarheid van licht.⁴⁵ Bovendien kunnen ze veel langer levensvatbaar blijven, ook onder droge condities.¹⁸ Oudere wortelknollen laten makkelijk los van de wortelstokken en doordat ze blijven drijven, kunnen ze bij inundatie, zoals plasdras, via het water nieuwe locaties koloniseren.^{1,18} In toendrasystemen en bij voerproeven is waargenomen dat de knollen van heermoes door ganzen gegeten worden, waarbij een deel van de knollen de maagdarmpassage overleeft.^{1,46-}
⁴⁸ Dit kan in principe bijdragen aan de dispersie van paardenstaarten, maar het is nog onbekend of ganzen in Nederland daadwerkelijk een rol spelen bij de uitbreiding van lidrus.

Het vermogen om vanuit knollen en wortelfragmenten nieuwe planten te vormen zorgt – in combinatie met het uitgebreide en diepe netwerk van wortelstokken – ervoor dat mechanische verwijdering van de plant in de praktijk vaak erg lastig is.



Figuur 11 Fragmenten van wortelstokken (rhizomen) van *lidrus* met wortels op de knopen. Jonge wortelstokken zijn vaak licht van kleur nabij de groeipunt, terwijl oudere wortelstokken donker van kleur zijn. Van links naar rechts nemen de diepte en ouderdom van de wortelstokken af (foto van G. Lange).⁴⁹

4.4 Natuurlijke vijanden op *lidrus*

In vergelijking met andere plantensoorten zijn er slechts weinig insectensoorten die zich voeden met paardenstaart.⁵⁰ Dit hangt waarschijnlijk samen met het hoge gehalte aan silicium dat in de celwanden opgeslagen wordt in de vorm van kiezelzuur (zie § 4.2.7). Diverse soorten bladwespen van het geslacht *Dolerus* hebben echter larven die zich vooral voeden met planten met een relatief hoog gehalte aan kiezelzuur, zoals grassen, zegges, russen en paardenstaarten.⁵⁰ Nederlandse soorten waarvan bekend is dat de larven zich (deels) ook voeden met paardenstaarten zijn *Dolerus aericeps*, *D. bimaculatus*, *D. eversmanni*, *D. germanicus*, *D. pratensis*, *D. pratorum* en *D. vestigialis*. De volwassen bladwespen bezoeken voor hun energievoorziening regelmatig bloemen met makkelijk bereikbare nectar, waaronder schermbloemigen zoals fluitenkruid en pastinaak.

Op het noordelijk halfrond komen ook enkele bladvlooien voor die zich vooral of uitsluitend voeden met paardenstaarten, maar de meeste daarvan leven vooral in de stengels van heermoes en niet zozeer op *lidrus*. Een uitzondering is de paardenstaartaardvlo (*Hippuriphila modeeri*) die ook op *lidrus* en holpij voorkomt.⁵⁰ Deze kleine kever (1,8-2,5 mm) is bruinzwart van kleur met achteraan twee geelbruine vlekken (Figuur 12). Net als andere aardvlooien, laten deze kevers zich lastig vangen doordat ze bij gevaar wegspringen.



Figuur 12 Paardenstaartadvlo (*Hippuriphila modeeri*), foto U. Schmidt.

Een andere echte specialist op paardenstaarten is de paardenstaart-snuittor (*Grypus equiseti*, Figuur 13). Deze soort leeft in vochtige graslanden van lidrus, heermoes en holpijp.⁵⁰⁻⁵² De volwassen kevers zijn klein (5-7 mm) en hebben een lange snuit, waarmee ze de stengel doorboren om van de inhoud te eten. Ze zijn vooral 's nachts en in de schemering actief en bij naderend onraad laten ze zich op de bodem vallen. In het veld kunnen de kevers opgespoord worden doordat de aangevreten stengels rondom de foerageergaatjes zwart kleuren (zie Figuur 14). Meestal sterven de stengels boven de vraatplekken af, zodat ze de dichtheid aan spruiten plaatselijk wat kunnen reduceren. In het voorjaar leggen de vrouwtje eieren in een holte in de stengel, meestal slechts één tot zes eieren per stengel, en de larven eten vervolgens de binnenkant van de stengel op.⁵² Tijdens het eten verplaatsen ze zich in de stengel geleidelijk naar beneden en ze eindigen in de wortelstokken waar ze overwinteren. In tegenstelling tot de volwassen snuittorren zorgen de larven er vaak voor dat de gehele stengel afsterft.

In Nederland wordt de paardenstaart-snuittor vrij zelden waargenomen (zie Figuur 15), maar waarschijnlijk wordt de soort vaak over het hoofd gezien door het onopvallende uiterlijk en door hun verborgen levenswijze. Het zou interessant zijn om te verkennen in hoeverre de paardenstaart-snuittor in percelen met veel lidrus voorkomt. De dispersiecapaciteit van de volwassen snuitkevers is waarschijnlijk gering en het kan interessant zijn om te verkennen in hoeverre dispersie vanuit bronpopulaties een beperkende factor is voor het voorkomen van de paardenstaart-snuittor en zo ja, in hoeverre kleinschalige introductie van deze inheemse soort wenselijk is.

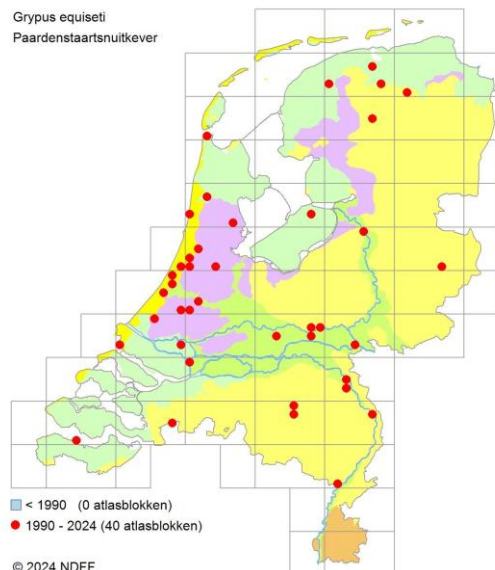
In Nieuw-Zeeland is deze snuitkever in 2018 op kleine schaal vanuit Groot-Brittannië geïntroduceerd voor de biologische bestrijding van heermoes, die daar een invasieve exoot is.⁵³ Dit is wereldwijd het eerste gecontroleerde experiment met deze snuitkever als een 'Nature-Based Solution' bij de bestrijding van paardenstaarten. Bij potplanten in kasproeven richtten ze behoorlijke schade aan (Lindsay Smith, 2016), maar het is helaas nog te vroeg om de effectiviteit van deze snuitkever als biologische bestrijder van paardenstaarten onder veldcondities al goed te kunnen beoordelen.



Figuur 13 De Paardenstaart-snuittor (*Grypus equiseti*) is gespecialiseerd op paardenstaarten. Links een volwassen snuitkever (Foto Hervé Bouyon) en rechts een larve in de stengel van heermoes (foto Landcare Research New Zealand).



Figuur 14 Een stengel van heermoes die aangevreten is door een volwassen paardenstaart-snuittor (*Grypus equiseti*). Het weefsel in de stengel rondom de gaatjes kleurt zwart (foto Landcare Research New Zealand).



Figuur 15 Waarnemingen van de paardenstaart-snuittor (*Grypus equiseti*) in de periode 1980-2024.
Bron: NDFF (2024).

5 Uitdagingen bij het beheer van graslanden met lidrus

Met name in de 18^e en 19^e eeuw zijn er in Noord- en Centraal-Europa allerlei praktijkproeven uitgevoerd om de mate van voorkomen van lidrus te beperken. Een deel van deze praktijkervaringen is vastgelegd in oude literatuur waarbij de effectiviteit in veel gevallen niet systematisch onderzocht is. Daarnaast is er ook oude informatie uit het buitenland beschikbaar van regio's met vergelijkbare problemen, zoals gebieden met vochtige graslanden in Duitsland en Finland. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van in de literatuur beschreven praktijkervaringen. Voor drie maatregelen (rollen, electrocutie, ondergronds snijden) zijn in dit project ook praktijkproeven uitgevoerd en in die gevallen wordt er naar het betreffende hoofdstuk verwezen (hoofdstuk 6). Een samenvatting van de belangrijkste maatregelen wordt gegeven in hoofdstuk 8.

Er zijn diverse mogelijkheden om te zorgen voor minder gunstige milieucondities voor lidrus. De **bestrijding** van lidrusplanten zelf blijkt in praktijk echter **erg lastig en vergt een lange adem**. Bovendien geldt dat veel maatregelen ook negatieve effecten hebben op de kruidenrijkdom en/of de opbrengst van het grasland. Er treedt hierdoor met name bij 'extensief kruidenrijk grasland' een **spanningsveld op tussen twee doelen: het terugdringen van lidrus en het stimuleren van kruidenrijkdom**. Ook maatregelen zoals meer drainage kan negatieve bijeffecten hebben, omdat veengrond daardoor droog komt te liggen en sneller afbreekt. De **vraag is daarom welke zwakke plekken van lidrus** (zoals beschreven in hoofdstuk 4) **op welke manier gebruikt kunnen worden** bij de bestrijding van lidrus, zonder dat dit ten koste gaat van de biodiversiteit en de integrale verduurzamingsopgave.

Bij de bespreking van (nuttige en minder nuttige) maatregelen maken we onderscheid tussen verschillende schaalniveaus waarop de maatregelen toegepast kunnen worden om lidrus te beheeren:

- Perceelniveau
 - Aangepast graslandbeheer gericht op vermindering van de groeicondities voor lidrus (§ 5.1)
 - Bovengrondse beschadiging van de spruiten (§ 5.2)
 - Ondergrondse beschadiging van het wortelstelsel (§ 5.3)
- Bedrijfs- of landschapsniveau
 - Aanpassingen waterbeheer (§ 5.4)
 - Preventie verdere verspreiding (§ 5.5)
- Acceptatie en alternatief gebruik (§ 5.6)

5.1 Beperking van de groei door aanpassing graslandbeheer

Lidrus is vooral te vinden in graslanden met een relatief extensief beheer (zie § 4.2). Deze graslanden zijn vaak gekenmerkt door een lage bemestingsintensiteiten en een open zode waardoor voldoende licht doordringt in de vegetatie. Lidrus heeft twee zwakke plekken die aanknopingspunten bieden voor maatregelen: de soort is gevoelig voor beschadiging (zie § 4.2.3) en voor het knikken van de stengel (zie § 4.2.7).

5.1.1 Verhogen bemestingsintensiteit

geen oplossing voor extensieve graslanden

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Hogere maai frequentie	++	Onbekend	+	-	0

Lidrus komt vooral voor in graslanden met een relatief geringe jaarlijkse mestgift en een wat minder productieve vegetatie.²⁹ In soortenrijkere graslanden met een lagere productiviteit (zoals extensief kruidenrijk grasland) dringt er meer zonlicht door in de zode tot op de bodem.⁵⁴ Dit zonlicht is nodig voor de groei van de spruiten van lidrus. Onderzoek heeft uitgewezen dat heermoes (*Equisetum arvense*) bij een geringe lichtbeschikbaarheid onder invloed van bemesting er minder koolhydraten aanmaakt zodat ook minder koolhydraten geïnvesteerd worden in de groei van het wortelstelsel.³¹ Bovendien betekent een verhoogd aanbod aan nutriënten door bemesting dat snelgroeiende grassen een concurrentievoordeel hebben bij hun groei ten opzichte van paardenstaarten. In een productieve zode winnen grassen en snelgroeiende kruiden dus de concurrentieslag om licht van lidrus, zodat het aandeel van lidrus in de biomassa geleidelijk afneemt.

Vroeger werd vaak varkensmest toegepast om lidrus terug te dringen.^{1,55} Hoewel toediening van varkensmest soms succesvol was (sterke reductie van lidrus), had dit lang niet altijd het gewenste effect.⁵⁶ De vroegere voorkeur voor varkensmest hangt mogelijk samen met het relatief hoge gehalte aan fosfaat en stikstof in mest van varkens. Mest van runderen of paarden heeft tegenwoordig waarschijnlijk een vergelijkbare remmende werking op lidrus zolang de bemesting maar leidt tot een snelle grasgroei en biomassaproductie in het voorjaar, zodat de spruiten van lidrus sterker beschaduwd worden.

In een bemestingsexperiment in Slovenië in een nat hooiland met glanshaver werd ook een afname van lidrus waargenomen door bemesting.⁵⁷ Hier hadden proefvlakken met PK en NPK een duidelijk lagere frequentie van lidrus dan controle proefvlakken. Opvallend hierbij was dat toevoeging van N geen effect had op het aandeel van lidrus in het gewas (het verschil tussen NPK en PK was niet significant). Dit valt waarschijnlijk te verklaren door het feit dat de biomassaproductie in dit gebied beperkt wordt door fosfaat (eventueel in combinatie met K) en niet door stikstof. In gebieden waar de biomassaproductie wel door stikstof beperkt wordt, heeft het toevoegen van stikstof mogelijk meer effect (via extra beschaduwning door een hogere biomassa). Daarnaast was er bij dit bemestingsexperiment een interactie met het effect van maai frequentie (zie § 5.1.3).

Ook in een langlopend bemestingsexperiment in Nederland met verschillende combinaties van N, P en K leidde met name een gecombineerde bemesting met NPK tot een sterke reductie van de dichtheid aan spruiten (zie § 7.2 voor een uitgebreide toelichting van dit Ossekampen experiment). Een belangrijk aandachtspunt bij bemesting is het effect op het gehalte aan palustrine in de spruiten. Nieuw onderzoek van het bemestingsexperiment op de Ossekampen heeft uitgewezen dat een hogere beschikbaarheid van stikstof in de bodem samengaat met een hoger gehalte aan palustrine in de spruiten (zie § 7.2).

5.1.2 Toedienen kalk of steenmeel

tegen lidrus zelden doeltreffend

Bekalken – helpt niet

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid	Gras	Biodiversiteit	Milieu
Bekalken	0	Niet effectief tegen lidrus			

Lidrus is relatief ongevoelig voor veranderingen in bodem-pH (zie § 4.2.6) en er zijn geen goed gedocumenteerde voorbeelden van het terugdringen van lidrus via bekalking. De resultaten van het bemestingsexperiment in het Ossekampen-experiment laten met twee extreme pH-niveaus zien dat bekalking de frequentie van voorkomen van lidrus niet vermindert, maar juist stimuleert (zie § 7.2).

Steenmeel – alleen nuttig in heel speciale gevallen

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Steenmeel	0	Niet effectief tegen lidrus			

In de tuinbouw wordt soms steenmeel toegevoegd om de dominantie van heermoes te verminderen. Er zijn echter geen publicaties bekend waarin het effect hiervan systematisch onderzocht werd en op basis van praktijkervaringen is deze maatregel niet of nauwelijks effectief. Bij natuurbeheer wordt steenmeel de laatste jaren ook regelmatig toegepast, maar dan vooral om bodemverzuring in heide en bossen tegen te gaan en om tekorten van bepaalde nutriënten aan te vullen (met name basische kationen als calcium, magnesium en kalium).⁵⁸⁻⁶⁰ Het gaat hierbij over het algemeen om ecosystemen waarin geen heermoes of lidrus voorkomt, maar op basis van de ecologie van lidrus (zie § 4.2.6) – in combinatie met de praktijkervaringen in het natuurbeheer – valt wel iets te zeggen over mogelijke effecten.

In de meeste gevallen is de kans op negatieve effecten waarschijnlijk groter. Omdat lidrus relatief veel silicium nodig heeft voor een goede groei (zie § 4.2.7), leidt bemesting met steenmeel (met daarin relatief veel silicium) waarschijnlijk in veel gevallen juist tot een gunstiger milieu voor lidrus. Ook leidt steenmeel soms tot een verminderde beschikbaarheid van fosfaat in de bodem wat ook gunstig is voor lidrus. Daarnaast heeft steenmeel dat rijk is aan silicium soms een ongewenst effect op de samenwerking tussen de meeste plantensoorten met nuttige schimmels (mycorrhizaschimmels), zodat de planten gevoeliger worden voor allerlei stressfactoren zoals zomerdroogte.^{61,62} Paardenstaarten zijn minder afhankelijk van mycorrhizaschimmels dan veel andere planten (zie § 4.2.9), zodat ook via deze weg het toevoegen van steenmeel (of silicium) waarschijnlijk averechts werkt.

De resultaten bij natuurbeheer zijn uiteenlopend en hangen mede af van de mineralogische samenstelling van het steenmeel en van de bodemcondities. Over het algemeen zijn de veranderingen in de soortensamenstelling van de vegetatie relatief gering. Wel zorgt steenmeel vaak voor een betere buffering van de bodem (hogere basenverzadiging) en voor een hogere beschikbaarheid van basische kationen als calcium, magnesium en kalium. Soms neemt ook de bodem-pH toe, maar dit is lang niet altijd het geval. Mede door het uitgestrekte wortelstelsel is lidrus relatief ongevoelig voor veranderingen in bodemcondities en dit geldt ook voor de effecten van steenmeel.

Alleen onder zeer specifieke omstandigheden kan er mogelijk indirect een gunstig effect optreden bij het terugdringen van lidrus via concurrentie met andere planten. Dit geldt mogelijk voor bodems met een tekort aan basische kationen en waar steenmeel zorgt voor een hogere productiviteit. Door een sterkere beschaduwning in het voorjaar wordt de concurrentiepositie van lidrus dan geleidelijk verzwakt. Hiervan zijn echter nog geen praktijkvoorbeelden bekend en het valt te verwachten dat dit indirecte effect in de meeste gevallen slechts gering en tijdelijk van aard is.

Ten slotte kan een hogere beschikbaarheid van nutriënten ook een onbedoeld neveneffect hebben doordat dit kan leiden tot hogere gehalten aan palustrine in de plant (zie § 7.2). In hoeverre dit bij steenmeel ook gebeurt, is nog onbekend.

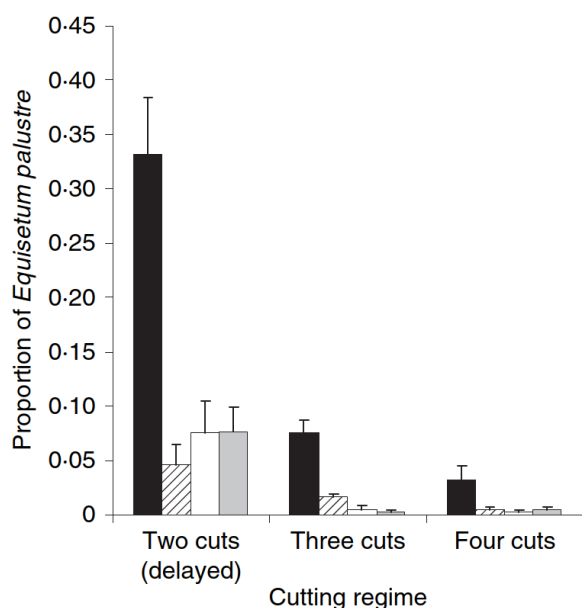
5.1.3 Verhogen maaifrequentie

alleen plaatselijk nuttig tegen lidrus

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Hogere maaifrequentie	++	Onbekend	+	-	0

De scheuten van lidrus zijn gevoelig voor mechanische schade. Intensiever maaien met een lage maaihoogte (bijvoorbeeld 2 cm) houdt de lidrusscheuten kort, maar heeft vaak ook een negatief effect op de diversiteit aan planten. Deze behandeling moet regelmatig uitgevoerd worden om de lidrusplanten klein te houden en uit te putten. Bij een experiment in Groot-Brittannië bleek dat het aantal spruiten veel sterker teruggedrongen werd bij maandelijks maaien in vergelijking met tweemaandelijks maaien.⁶³ Het kan lonen om plaatselijk de probleemplekken vaker te maaien.

Bij het in § 5.1.1 beschreven bemestingsexperiment in Slovenië werden verschillende maaifrequenties gebruikt. Een opvallend resultaat van dit experiment was dat binnen elke bemestingsbehandeling het aandeel van lidrus sterker afnam bij een toename van het aantal snedes (zie Figuur 16). Bij drie of vier snedes was de reductie veel sterker dan bij twee snedes. Het **effect van vaker maaien** is dus **sterker bij een hogere bemesting**. Een intensiever beheer van de graslanden leidt echter ook tot een afname van de soortenrijkdom in de zode.



Figuur 16 Resultaten van een bemestingsexperiment in een nat hooiland in Slovenië. De y-as geeft het aandeel van lidrus in de vegetatie (versgewicht) en de x-as geeft het aantal snedes. De gekleurde balken per maairegime zijn gebaseerd op de bemesting: zwart is zonder bemesting, de gestreepte balk geeft de PK-bemesting en de witte en grijze balk geven twee varianten van een NPK-bemesting. De gebruikte dosering was: 50 kg N, 31 kg P en 158 kg K per ha/jaar (figuur uit Čop et al. 2009).⁵⁷

5.1.4 Verhogen beweidingsintensiteit

keuze van diersoort, leeftijd en voorafgaand beheer

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Hogere beweidingsintensiteit	+	Onbekend	+	-	0

Bij beweiding leidt vertrapping tot beschadiging van de stengels. Een belangrijke zwakke plek van lidrus is de gevoeligheid voor het knikken van de stengels (zie § 4.2.7). Hierdoor wordt de groei van lidrus achtergesteld op grassen, die veel beter bestand zijn tegen vertrapping. Dit is vooral effectief in het voorjaar, als de spruiten nog groeien.¹¹ In praktijkonderzoek in Noord-Duitsland bleek een korte beweiding gedurende vier dagen al effectief bij het terugdringen van lidrus.^{28,64} Bij een beweidingsintensiteit van 81.000 kg /ha werd een afname van de dichtheid aan lidrusspruiten vastgesteld van 94% terwijl bij een dichtheid 16.000 kg /ha

een afname van 86% werd vastgesteld. Een kanttekening hierbij is dat tijdens de proef de koeien last kregen van sterke diarree wat kan wijzen op de eerste symptomen van vergiftigen. In het verleden werden paarden ingeschaard in weilanden met lidrus in plaats van koeien omdat ze beter in staat zijn lidrus te mijden. Maar nieuwe inzichten maken duidelijk dat ook hierbij risico's kunnen optreden voor de diergezondheid (zie § 3.3.1). Bovendien is de effectiviteit bij vertrapping door paarden minder succesvol in vergelijking met koeien.

Het gebruik van kortstondige beweiding (drukbegrazing) is niet altijd effectief en vergt ervaring en maatwerk waarbij de gezondheid en het welzijn van de dieren leidend moeten zijn (zie § 3.3.1). Enkele aandachtspunten hierbij zijn:

- Als er voldoende voedselaanbod is, worden de delen van het perceel met veel spruiten van lidrus door 'ervaren' koeien en schapen gemeden, zodat lidrus hier veel minder sterk teruggedrongen wordt en het gras in deze delen hoger groeit.^{2,8,15,24} Dit geldt bijvoorbeeld vaak voor slootranden. Beweiding is hierdoor vaak niet effectief in het volledig en duurzaam terugdringen van lidrus.
- Bij een verhoging van de beweidsintensiteit neemt het aanbod aan voer af, zodat de kans toeneemt dat de dieren toch giftige scheuten binnen krijgen.
- Er treden vooral risico's op wanneer onervaren dieren, zoals pinken, worden verplaatst naar een gebied met lidrus vanuit een gebied waar de planten niet voorkomen, met name als de dieren honger hebben op het moment van aankomst.²⁶ Onder dergelijke omstandigheden is het belangrijk dat de dieren bij aankomst op de nieuwe locatie een gemakkelijk bereikbare en smakelijke alternatieve voerbron krijgen.
- Door voorafgaand aan het beweiden eerst te maaien of rollen, zijn in het verleden ook goede resultaten behaald.

5.2 Bovengrondse beschadiging van lidrus

5.2.1 Rollen

vrij effectief, weeg wel de mogelijke bijwerkingen af

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Rollen	+++	Onbekend	-	-	0

De bestrijding van lidrus en heermoes vond in de 19^e eeuw en de eerste helft van de vorige eeuw vooral mechanisch plaats met behulp van een zware geribde rol, de zogenaamde 'heermoesrol'.⁶⁵ Deze rol remt de groei van lidrus doordat de broze stengels geknakt worden, terwijl de grasgroei er veel minder door beïnvloed wordt. In aanvulling op de heermoesrol werd hiervoor soms ook gebruikgemaakt van zware kettingen. Elke behandeling met de rol gebeurde steeds in twee beurten met een tegenovergestelde rijrichting.² Door deze dubbele werkgang worden de stengels vlak boven de grond geknakt, zodat de stengels bovengronds afsterven. Het knikken werkt het best in de vroege ochtend (met name bij vochtig weer met dauw). De stengels knikken dan makkelijker, omdat ze vol zitten met water. De eerste behandeling werd meestal uitgevoerd in maart zodra het land droog genoeg was om te berijden. Vervolgbehandelingen werden uitgevoerd zodra de paardenstaarten een hoogte hadden van 15 tot 20 cm met ten minste één krans met zijtakken.

Voor het effectief verminderen van de hoeveelheid spruiten is het nodig om het rollen regelmatig te herhalen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit een toelichting van het gebruik van een heermoesrol bij een prijsvraag in 1936 door de heer Jonk. Hierin wordt aanbevolen om in het begin om de acht dagen te rollen gedurende een periode van drie weken. Afhankelijk van het effect kan vervolgens om de twee weken gerold worden en daarna om de zes weken en uiteindelijk tweemaal per jaar in het voor- en najaar. Uit ouder ervaringen blijkt dat lidrus veel lastiger is te onderdrukken dan heermoes (o.a. Staring in de *Landbouw-courant* van 1855).

Vooraf de eerste behandeling is van belang voor het onderdrukken van paardenstaarten. Het beste resultaat werd bereikt door na rollen het perceel gelijk te beweiden. Met deze methode werden in het verleden na enkele jaren goede resultaten bereikt (sterke reductie aantal spruiten) en ook bij recente veldproeven werden goede resultaten bereikt met een afname van de dichtheid aan lidrusspruiten tot 68% na tweemaal rollen.⁶⁵ Vaak komt lidrus na verloop van tijd wel weer terug vanuit de slootkant. Dit komt onder andere doordat de tot op heden gebruikte rollen niet goed in staat zijn om lidrus ook in de slootkanten en greppels voldoende terug te dringen. In dit project zijn praktijkproeven uitgevoerd met aangepaste rollen die wat flexibeler zijn (zie hoofdstuk 6).

Een nadeel van rollen is dat dit leidt tot enige opbrengstderving (zie hoofdstuk 6) en in sommige gevallen leidt het waarschijnlijk tot een afname van de biodiversiteit. Met name in botanisch waardevolle percelen is rollen geen optie, doordat diverse zeldzame plantensoorten zoals orchideeën ook gevoelig zijn voor het knikken van de stengel. Verder is het nog onvoldoende duidelijk in hoeverre het rollen invloed heeft op het palustrinegehalte van nieuw gevormde lidrusspruiten (zie ook § 7.1).

5.2.2 Elektrocutie

momenteel duur, bijwerkingen nog onvoldoende bekend

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Elektrocutie	+	Onbekend	–	Onbekend	0

Bij elektrocutie worden de scheuten van lidrus beschadigd door een stroomstoot, waardoor de groei geremd wordt (zie Figuur 17). Het is een dure maatregel die vaak herhaald moet worden. Bovendien kan de zode beschadigd raken. De gevolgen van de hoge stroomstoten op het bodemleven en de giftigheid van de plant zijn nog niet onderzocht. Elektrocutie is een relatief nieuwe maatregel waarmee nog weinig praktijkervaring is opgedaan. Daarom zijn in dit project ook veldproeven gedaan (zie hoofdstuk 6).



Figuur 17 Een in Duitsland ontwikkelde machine (Zasso Electroherb) voor de elektrocutie van onkruid, in dit geval de spruiten van lidrus (foto Pedro Janssen).

5.2.3 Chemische bestrijding door herbicide

niet effectief

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Herbicide	0	Niet effectief tegen lidrus			

In het verleden is er chemische bestrijding tegen lidrus toegepast (met herbiciden als Triclopyr en MCPA), maar deze maatregel is niet effectief in het terugdringen van lidrus.^{1,17,18,66,67} Vanwege het zeer geringe bladoppervlak komt er slechts weinig bestrijdingsmiddel in de plant terecht. De werkzaamheid wordt verder verdund door het diepe en uitgebreide wortelstelsel.⁶⁸ Bovendien zijn herbiciden vaak niet plant-specifiek inzetbaar. Dat betekent dat ook andere planten – voornamelijk kruiden – in de zode beschadigd raken. Dat is onwenselijk voor het beheer van kruidenrijk grasland. Bovendien kunnen herbiciden naast planten ook het bodemleven beschadigen.⁶⁹

5.3 Ondergrondse beschadiging van lidrus

5.3.1 Horizontaal en verticaal snijden

een complexe techniek in ontwikkeling

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Wortels doorsnijden	+	Onbekend	-	Onbekend	0

Met het doorsnijden van de wortelstokken is met name in Duitsland ervaring opgedaan (zie Figuur 18), waarbij horizontaal snijden (met een Duwockschneider EXV3000 op een diepte van 30-40 cm) effectiever blijkt te zijn dan verticaal snijden (met een Maulwurfsdrän met messen van 70 cm).^{16,17,28} De behandeling moet echter meerdere malen uitgevoerd worden en na verloop van tijd keren de spruiten vaak weer terug. Dit komt waarschijnlijk mede door de grote diepte van de wortelstokken en de sterke regeneratie vanuit wortelfragmenten. Bovendien kunnen met name knollen langdurig in de bodem overleven (zie § 4.3). De effectiviteit kan verhoogd worden door direct na de behandeling te begrazen met een hoge veebezetting.^{16,28} Bij praktijkproeven in Nedersaksen (Duitsland) ging het toepassen van horizontaal snijden in het voorjaar echter gepaard met een sterke teruggang van de gewasopbrengst (circa 30% reductie).¹⁶ Snijden is een relatief nieuwe maatregel waarmee in Nederland nog nauwelijks praktijkervaring is opgedaan. Daarom zijn in dit project ook veldproeven gedaan (zie hoofdstuk 6).



Figuur 18 Een in Duitsland ontwikkeld apparaat (Duwockschneider) voor het horizontaal doorsnijden van wortelstokken van lidrus met behulp van een in diepte verstelbaar stalen mes in V-vorm (foto Agrartechnik GmbH Dröppelmann). Deze machine is echter niet geschikt om in te zetten op bodems met zware kleilagen.

5.3.2 Ploegen

geen oplossing

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Ploegen	0	Niet effectief tegen lidrus			

Bij ploegen is de verstoring van het lidrus-wortelstelsel te oppervlakkig. In het beste geval drogen de wortelfragmenten en wortelknolletjes op als geploegd wordt tijdens een warme, droge zomer.¹⁷ In veel gevallen kunnen de wortelfragmenten en wortelknolletjes echter wortels vormen en zo een nieuwe plant vestigen. Bovendien groeit het wortelstelsel vaak dieper dan 0.5 m, zodat een groot deel door het ploegen niet bereikt wordt.¹⁷ Uit Duitsland is bekend dat wortelfragmenten met knolletjes tot 70 jaar in rusttoestand kunnen verblijven om daarna alsnog uit te lopen als de condities gunstiger worden. Ploegen kan dan juist averechts werken doordat ze als het ware zorgen voor vele nieuwe stekjes. In veenbodems is ploegen niet wenselijk, omdat bodembewerking leidt tot bodemdaling en hoge emissies door oxidatie van de bodem.

5.3.3 Scheuten uitgraven

te arbeidsintensief en niet effectief

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Scheuten uitgraven	0	Niet effectief tegen lidrus			

Scheuten uitgraven is een arbeidsintensieve maatregel die in de praktijk lastig uitvoerbaar is. In Denemarken is een machine ontwikkeld, de KVIK-up, die de bodem omwoelt en de wortelstokken van onkruiden zoals kweek naar boven haalt. Voor het terugdringen van lidrus is dit echter niet geschikt vanwege het diepe wortelstelsel dat veel dieper is dan de KVIK-up aankan. Verder gelden vergelijkbare nadelen als bij ploegen (zie vorige paragraaf): zelfs kleine fragmenten kunnen weer uitlopen, zodat deze maatregel eerder averechts werkt.

5.4 Aanpassing waterbeheer op landschapsniveau

5.4.1 Ontwatering

in de meeste gevallen geen geschikte maatregel

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid	Gras	Biodiversiteit	Milieu
Ontwatering	0	Niet effectief tegen lidrus			

Lidrus heeft een voorkeur voor vochtige omstandigheden. Door de waterstand langdurig en sterk te verlagen, droogt het wortelstelsel op uit en kan de plant na verloop van tijd teruggedrongen worden. In de praktijk is dit echter vaak niet effectief vanwege het zeer uitgebreide en diepe wortelstelsel. Het sterk verlagen van de waterstand is in veel gebieden bovendien ook ongewenst, met name op venige bodems vanwege de versnelde afbraak van veen en de emissies van broeikasgassen. Ontwateren is daarom in de meeste gevallen geen geschikte maatregel. Bovendien blijkt uit oude Duitse literatuur dat lidrusplanten vaak lange periodes van droogte kunnen overleven. Met name de ondergrondse knollen en wortelstokken kunnen langdurige droogte overleven (er zijn waarnemingen van hergroei na meerder jaren droogte).¹ De waterstanden moeten dan ook erg laag gezet worden, omdat het wortelstelsel tot meters diep in de bodem kan groeien. Dat is niet haalbaar in de Nederlandse situatie.

5.4.2 Waterstanden verhogen

alleen in verband met overgang naar natte teelt

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid	Gras	Biodiversiteit	Milieu
Vernatting	0	Niet effectief tegen lidrus			

Een andere optie is het tijdelijk omhoogzetten van de waterstanden, om de groeiomstandigheden in percelen voor lidrus ongeschikt te maken. Helaas heeft dit ook geen effect als de waterstanden tijdelijk iets omhoog worden gezet of de graslanden tijdelijk onder water staan.^{17,28} Lidrusplanten zijn optimaal op deze situaties aangepast en kunnen via de stengels en het wortelstelsel zuurstof vervoeren. Zuurstofgebrek kan lidrus maar ook de andere graslandplanten en het bodemleven negatief beïnvloeden.⁷⁰

Het permanent verhogen van de waterstand in combinatie met natte teelten is waarschijnlijk effectiever in het terugdringen van lidrus. Dit leidt echter tot een compleet ander type bedrijf (paludicultuur/natte teelt met gewassen als lisdodde, veenmos, kroosvaren, cranberries, riet, wilgen en wilde rijst).

5.5 Beperking uitbreiding (dispersie)

5.5.1 Diepe sloten als een brandgang

geen garantie tegen lidrus

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Diepe sloten als brandgang	Onbekend	Onbekend			

In sommige gebieden (o.a. Zuid-Holland) werden in de 19^e eeuw diepe sloten aangelegd om percelen zonder lidrus (goedenaarsland) te scheiden van percelen met lidrus (kwadenaarsland) zodat verdere uitbreiding

voorkomen werd. Om voldoende effectief te zijn, werd voor deze zogenaamde kwadernaardssloten een minimale diepte van 8 voet aangehouden (circa 2,5 m), zodat de sloot kon dienen als een soort 'brandgang'. Bij minder diepe sloten kunnen de wortelstokken via de bodem nieuwe percelen koloniseren. Ondanks deze sloten bleek lidrus echter vaak toch in staat nieuwe percelen te koloniseren, in veel gevallen vermoedelijk via wortelknolletjes of wortelstokken (zie volgende paragraaf).

5.5.2 Sloot schonen

bagger niet op het veld brengen

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Bagger van sloten niet verspreiden	+	0	0	0	0

Verspreiding naar nieuwe locaties vindt vooral plaats via fragmenten van wortelstokken en door langlevende wortelknollen die fungeren als een soort wortelstekjes (zie § 4.3). Lidrus gebruikt schrale slootkanten hierbij vaak als uitvalsbasis. In gebieden waarin lidrus voorkomt, vormt het schonen van sloten hierdoor een risico voor verdere uitbreiding van de soort. Daarom moet bij het schonen van sloten in gebieden waar lidrus voorkomt de bagger niet opgebracht worden op delen van het perceel waar nog geen lidrus aanwezig is om te voorkomen dat via de bagger wortelstekjes geïntroduceerd worden. Verder is het belangrijk dat het materiaal goed wordt schoongemaakt om verspreiding van wortelstekjes vanuit de perceelsrand te voorkomen. Als de plant eenmaal gevestigd is, blijkt bestrijding in praktijk vaak zeer lastig. Ook hier geldt daarom het gezegde 'Voorkomen is beter dan genezen'.

5.5.3 Machines reinigen

voorkom verplaatsing via modder onder de banden

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Machines reinigen	+	0	0	0	0

Landbouwmachines die gebruikt zijn in percelen met veel lidrus kunnen, met name onder de banden, modder bevatten met wortelknolletjes en wortelfragmenten van lidrus. Deze wortelknolletjes en wortelfragmenten kunnen in vochtige bodems makkelijk wortelen, zodat ze fungeren als stekjes (zie § 4.3). Hierdoor ontstaat het risico op insleep van lidrus naar andere percelen en ook binnen percelen kan dit leiden tot een verdere uitbreiding. Het is daarom belangrijk om machines na gebruik in een perceel met lidrus goed schoon te maken voordat een nieuw perceel bewerkt wordt. Het gaat er hierbij met name om dat er geen modder van de banden of spuitwater op het land of in de sloot komt.

5.6 Acceptatie en alternatief gebruik

Als lidrus eenmaal over een groot oppervlak aanwezig is, dan is het erg lastig om de soort met maatregelen terug te dringen. Naast maatregelen gericht op het terugdringen van lidrus kan het daarom in sommige gevallen ook een optie zijn om te zoeken naar alternatieve vormen van gebruik van ruwvoer met daarin een hoog aandeel lidrus.

5.6.1 Hooien met extra schudden

beperkt effectief

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Hooi extra vaak schudden	+	0	0	0	0

In hooi van percelen met lidrus kunnen de gehalten aan alkaloiden nog jaren hoog blijven.⁸ Wel is het zo dat bij het drogen en schudden van het hooi op het land de brokkelige stukken lidrus vaak deels uit het hooi vallen, zodat het aandeel paardenstaart in goed bewerkt hooi vaak aanzienlijk lager is dan direct na het maaien.¹⁶ Waarschijnlijk verbrokkelen vooral de zijscheuten, met een relatief hoog gehalte aan palustrine. Bij een onderzoek in Duitsland bleek dat de concentratie in het hooi tot 25% verlaagd werd door het hooi te schudden.¹² Hooien met extra schudden biedt daarom mogelijk een vrij effectieve maatregel om het gehalte aan alkaloiden in het ruwvoer iets te verlagen. De verlaging van het gehalte aan gifstoffen door verbrokkeling wordt nog versterkt bij voeding uit hooiruiven.¹⁷ Bij hooi met daarin lidrus moet het daarom afgeraden worden om gemorste voerrechten weer opnieuw aan te bieden.

Omdat er nog geen eenvoudige analysemethode beschikbaar is van het palustrinegehalte, is de verwerking in hooi van percelen met lidrus nog geen betrouwbare manier om het vergiftigingsrisico te elimineren. Verder heeft extra schudden als nadeel dat ook van sommige kruiden het aandeel afneemt door het verbrokkelen. Dit geldt bijvoorbeeld voor witte klaver.

5.6.2 Inkuilen/silage maken

maakt weinig verschil in de mate van giftigheid

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Inkuilen (fermentatie)	0	Niet effectief tegen lidrus			

Palustrine kan dienen als stikstofbron voor microbiële organismen, zodat er bij het fermentatieproces in de kuil enige afbraak van palustrine in het kuilvoer plaats kan vinden. De mate van afbraak van palustrine is in kuilvoer echter onvolledig en bij praktijkproeven onder laboratoriumomstandigheden in Nedersaksen werd nauwelijks een verlaging van het palustrinegehalte gevonden (minder dan 10%).^{12,16} Het is nog onduidelijk in hoeverre er in kuil onder praktijkomstandigheden sprake is van afbraak van palustrine, maar uit onze praktijkproeven blijkt dat na fermentatie het gehalte aan palustrine in de onderzochte kuil nog steeds vrij hoog is (zie § 7.1). Omdat er nog geen eenvoudige analysemethode beschikbaar is van het palustrinegehalte en het gehalte erg variabel is (mede onder invloed van seizoenen en bemestingsniveaus), is de verwerking in kuilvoer nog geen betrouwbare manier om het vergiftigingsrisico te elimineren.

Om de gezondheidsrisico's van kuil te verlagen, laten sommige boeren de randen van de percelen waar lidrus voorkomt in aparte balen inkuilen. Op deze manier is het mogelijk om de rest van het kuilvoer vrij te houden van lidrus. De balen die wel lidrus bevatten, kunnen eventueel in hele kleine porties opgevoerd worden of gemengd worden met ander voer (zie volgende paragraaf).

5.6.3 Verdunning door mengen

een optie als de gehalten bekend zijn (niet eenvoudig)

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Verdunning door mengen voer	+	0	0	0	0

Door het ruwvoer waarin lidrus zit te vermengen met ruwvoer zonder lidrus, kan het palustrinegehalte in het ruwvoer dalen (verdunning). Deze maatregel kan pas op een betrouwbare manier toegepast worden als het palustrinegehalte in het ruwvoer bekend is (analyse van een monster) en er duidelijke grenswaardes vastgesteld zijn.

5.6.4 Beweiding met minder gevoelige dieren

vanuit dierenwelzijn niet betrouwbaar

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Alternatieve diersoort in weide	0	Niet effectief tegen lidrus			

Bij voerproeven in Finland waren gezondheidsproblemen bij paarden en schapen minder sterk dan bij koeien.²⁴ Het geringere risico op gezondheidsproblemen bij paarden en schapen hangt waarschijnlijk voor een groot deel samen met het feit dat ze beter in staat zijn om de spruiten bij het eten te vermijden en niet zozeer met een geringere gevoeligheid voor palustrine.¹⁷

Er is echter onvoldoende bekend over de toxiciteit en veilige grenswaardes voor verschillende diersoorten en er zijn waarschijnlijk ook binnen een diersoort individuele verschillen in gevoeligheid. Voor paarden geldt bovendien dat ze in vergelijking met herkauwers erg gevoelig zijn voor thiaminase, dat ook in lidrus voorkomt (zie § 3.3.1). Beweiding met minder gevoelige dieren is daarom vanuit het oogpunt van dierenwelzijn geen realistische optie.

5.6.5 Verhitten

niet effectief

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Verhitten van voer	0	Niet effectief tegen lidrus			

In oude Duitse literatuur wordt soms beweerd dat een hoge temperatuur kan leiden tot een vermindering van het palustrinegehalte. Zo werd in Duitsland hooi behandeld met warm water (80-90°C) om de giffigheid voor koeien te verlagen⁽²²⁾ en werd er in Nederland wel bewust broei in hooi gestimuleerd, maar met deze behandeling gaat de voedingswaarde ook sterk achteruit. Uit Fins onderzoek blijkt tevens dat een hoge temperatuur op zichzelf geen betrouwbare methode is om het palustrinegehalte voldoende te verlagen.¹⁸ Er is tot op heden geen kwantitatief onderzoek gedaan naar de effecten van verhitting of het gebruik van warm water op het gehalte aan toxische stoffen in lidrus. Enzymen zoals thiaminase breken af bij warmte, maar alkaloïdes zoals palustrine zijn erg robuust en verwarming heeft nauwelijks invloed op de alkaloïde gehalten.⁷¹ Verhitten van ruwvoer met een hoog gehalte aan palustrine heeft weinig effect. Bovendien gaat de kwaliteit van het ruwvoer hard achteruit bij temperaturen boven de 45°C.

5.6.6 Composteren

bij onvolledige compostering blijft de kans om lidrus verder te verspreiden

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Composteren	-	Risico op verspreiding lidrus			

De meeste paardenstaarten zijn geschikt om te composteren, mede vanwege hun hoge gehalten aan silicium. Heermoes wordt veel in de biodynamische landbouw gebruikt als ingrediënt voor compost. Dit geldt niet voor lidrus, omdat het palustrinegehalte in lidrus door het verhitten in de compost niet omlaaggaat. Daarnaast bestaat bij onvolledig composteren de kans dat levensvatbare wortelfragmenten zich in een perceel vestigen nadat de compost is opgebracht.

5.6.7 Extractie van nuttige inhoudsstoffen

nog grotendeels onbekend

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Extractie inhoudsstoffen		Mogelijk medicinale werking? Is onbekend.			

Tegenover de (in potentie) negatieve effecten van gifstoffen in lidrus op de diergezondheid, kunnen bij een zeer lage dosis en onder specifieke omstandigheden mogelijk ook positieve gezondheidseffecten staan,⁽⁷²⁾ maar hierover is voor vee vrijwel niets bekend. In de humane kruidengeneeskunde (fytotherapie) wordt uitsluitend heermoes gebruikt bij de behandeling van allerlei kwalen en geen lidrus, omdat de gehalten aan palustrine in lidrus een te groot risico vormen voor de humane gezondheid. Uitwendig worden extracten van heermoes onder andere gebruikt bij huidaandoeningen, als bloedstelpend middel en voor een betere wondgenezing. Inwendig wordt heermoes gebruikt bij onder andere mond- en tandvleesontstekingen, nierklachten en urineweginfecties.^{5,11,73} Uit klinisch onderzoek blijkt dat extracten van heermoes een antibacteriële en ontstekingsremmende werking hebben en dat de uitscheiding van urine verhoogd wordt met een lagere urinezuurspiegel in het bloed en een verbeterde uitscheiding van calcium en organische fosfor.¹¹

Er is onderzoek gedaan naar extractie van inhoudsstoffen van heermoes die de groei van schimmels remmen. Van heermoes worden ook thee-extracten gemaakt die een belangrijke functie binnen de biodynamische landbouw hebben. Hierbij moet in het achterhoofd gehouden worden dat bij heermoes de gehalten aan palustrine veel lager zijn dan bij lidrus. Voor het extraheren van inhoudsstoffen uit lidrus en een veilig gebruik hiervan is daarom meer onderzoek nodig.

5.6.8 Biomassa voor energie productie

geschikt om te gebruiken

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Biomassa voor energie	0	Besmet grasland gebruiken voor biogas			+

Biomassa van graslanden met een hogere bedekking (> 5%) lidrus in de biomassa is geschikt voor het opwekken van energie. Lidrus heeft een hoog eiwitgehalte en dit is bruikbaar voor omzetting in energie via biomethanisatie.¹³ Tijdens de biomethanisatie worden de palustrinegehalten tot 95% verlaagd. Lidrus heeft geen negatief effect op het biomethanisatie-proces. Deze maatregel is natuurlijk alleen bruikbaar als er een biomethanisatie-installatie op een acceptabele afstand beschikbaar is.

6 Veldproeven – Onderzoek naar beheersmaatregelen voor lidrus op het veld

De maatregelen die zijn getest tegen lidrus, rollen, elektrificeren en snijden, zullen in het komende hoofdstuk worden toegelicht. Per maatregel is dit uitgewerkt in de onderdelen achtergrond, methode, resultaten en discussie. Daarna volgt er nog een korte discussie en conclusie op basis van alle veldproeven.

6.1 Rollen van lidrus

6.1.1 Doel van de veldproef

In het verleden is gebleken dat het rollen van percelen met lidrus een effectieve methode is om lidrus terug te dringen (§ 5.2.1). Met de tot op heden gebruikte rollen waren veehouders echter niet goed in staat om lidrus terug te dringen in de slootkant, terwijl dit vaak een plaats was waar veel lidrus aanwezig was. Het testen van de twee volgende rollen was gericht op de mogelijkheid om lidrus terug te dringen in de slootkant. Het hoofddoel van de praktijkdemo's was om meer kennis en ervaring op te doen over innovatieve rollen.

6.1.2 Methode

Voor dit project zijn drie praktijkdemo's opgezet waarin we onderzochten hoe rollen de groei en ontwikkeling van lidrus in de graszode beïnvloedt. Door twee verschillende roltechnieken onder praktijkomstandigheden te testen, kregen we inzicht in hun effectiviteit en praktische uitvoerbaarheid. Daarnaast is een inventarisatie van plantensoorten uitgevoerd om de effecten van rollen op de botanische samenstelling nader in kaart te brengen. De opgedane ervaringen vormen een basis voor vervolgonderzoek en kunnen agrariërs helpen bij het kiezen van de geschiktste rolmethode. Vanwege de kleinschalige proefopzet zijn de resultaten niet statistisch getoetst. De resultaten zijn daardoor enkel richtinggevend.

Praktijkdemo 1: Nieuwe rol met segmenten

Ontwikkeling van rol naar nieuwe inzichten

De 'traditionele' lidrusrol werkt goed midden op het perceel, maar het is niet effectief tot in de rand van de slootkant. Om het rollen van slootkanten te verbeteren, werd een nieuwe rol ontwikkeld. Deze nieuwe rol was 8 m breed en bestond uit drie segmenten (Figuur 20). De oorspronkelijke gladde rol werd aangepast door strips op het oppervlak te lassen in de dwarsrichting, met als doel de lidrus te knikken (Figuur 21). Het buitenste segment bedoeld voor de slootkant werd voorzien van dubbele strips voor extra effectiviteit.

Proefopzet

Deze praktijkdemo werd aangelegd op een perceel klei op veen in Hei- en Boeicop.

De praktijkdemo werd aangelegd op 5 juni 2022. Het perceel is in beide rijrichtingen gerold om lidrus te knikken. Er was een referentiestrook van 50 m lengte langs de slootkant waar niet gerold is (Figuur 19).

Metingen van spruitdichtheid lidrus

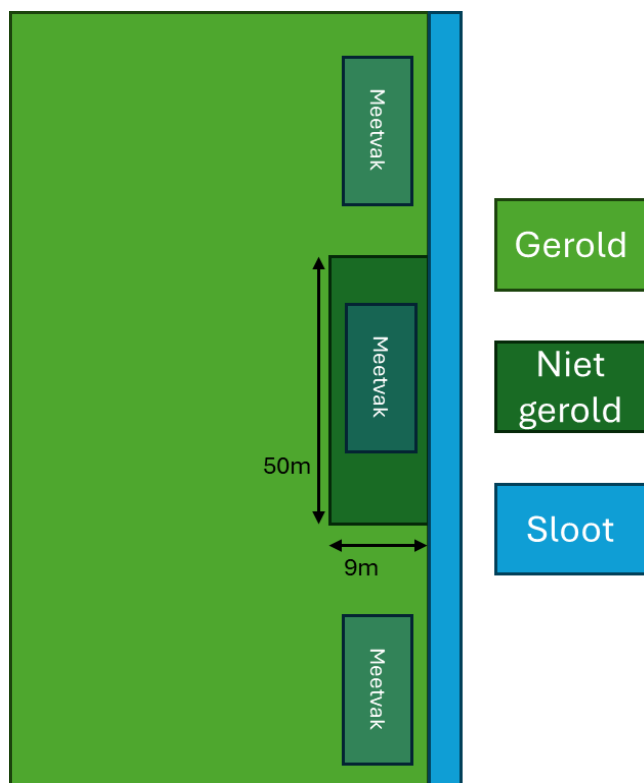
Tijdens de praktijkdemo is op verschillende momenten de spruitdichtheid van lidrus gemeten. In ieder meetvak (Figuur 19) werd een kwadrant (0,25 m x 0,25 m) vijf keer willekeurig neergelegd; in dit kader zijn de lidrusspruiten geteld en omgerekend naar het aantal spruiten per vierkante meter (spruitdichtheid). De volgende meetmomenten vonden plaats:

- 05-06-2022 (0 meting)
- 13-06-2022 (1 week na aanleg)
- 27-06-2022 (3 weken na aanleg)
- 10-07-2023 (1 jaar na aanleg)

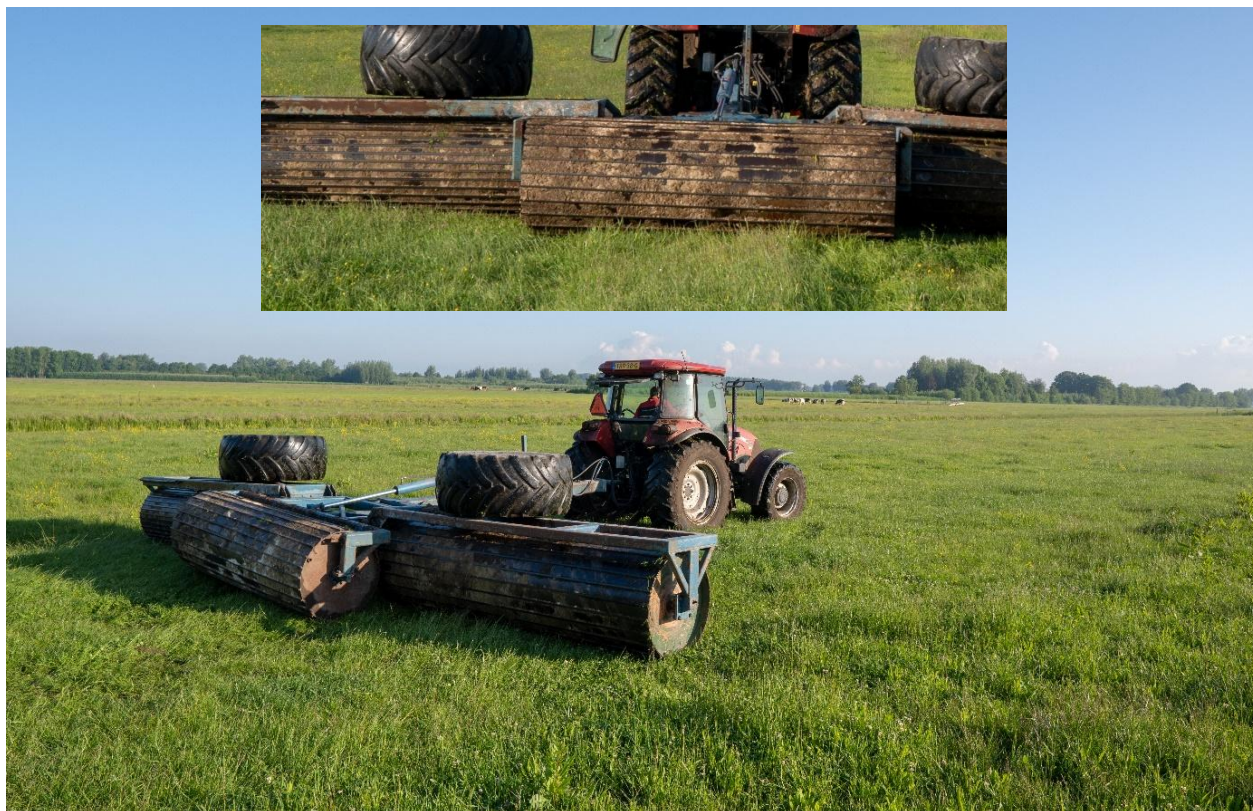
De reductie in lidrus is berekend ten opzichte van de 0-meting.

Praktische waarnemingen

Overleg met veehouder over toepassing machine, gebruiksgemak. Notering waarnemingen door veehouder van hoeveelheid lidrus.



Figuur 19 Plattegrond praktijkdemo 1.



Figuur 20 Nieuwe rol met grotere werkbreedte. Op de gladde rol zijn strips gelast die voor het knikken van de lidrus moeten zorgen. De rol aan de slootkant was voorzien van dubbele strips (Linkerrol in inzet).



Figuur 21 Voorbeeld van geknikte lidrus. Door het niet afbreken maar het knikken, maakt de oorspronkelijke spruit geen nieuwe spruit aan.

Praktijkdemo 2: Guttler-rol

Om beter aan te sluiten op oneffenheden in het perceel is een Guttler greenmaster 300-rol ingezet. De rol wordt gedragen in de hef van de trekker (Figuur 22). Deze rol is opgebouwd uit losse ringen die onafhankelijk van elkaar draaien, zodat het reliëf nauwkeurig wordt gevolgd en de lidrusspruiten over de volle werkbreedte worden geknikt.

Proefopzet

Deze praktijkdemo werd aangelegd op twee percelen klei op veen in Breukelen.

De praktijkdemo werd aangelegd op 10 juli 2023. De percelen zijn in beide rijrichtingen gerold om lidrus te knikken. Er was een referentiestrook van 15 m lengte langs de slootkant waar niet gerold is (Figuur 22).

Metingen van spruitdichtheid lidrus

Tijdens de praktijkdemo is op verschillende momenten de spruitdichtheid van lidrus gemeten. In ieder meetvak (Figuur 23) werd een kwadrant (0,25 m x 0,25 m) vijf keer willekeurig neergelegd; in dit kader zijn de lidrusspruiten geteld en omgerekend het aantal spruiten per vierkante meter (spruitdichtheid). De volgende meetmomenten vonden plaats:

- 10-07-2023 (0 meting)
- 27-07-2023 (2 weken na aanleg)
- 01-09-2023 (8 weken na aanleg)
- 12-10-2023 (14 weken na aanleg)

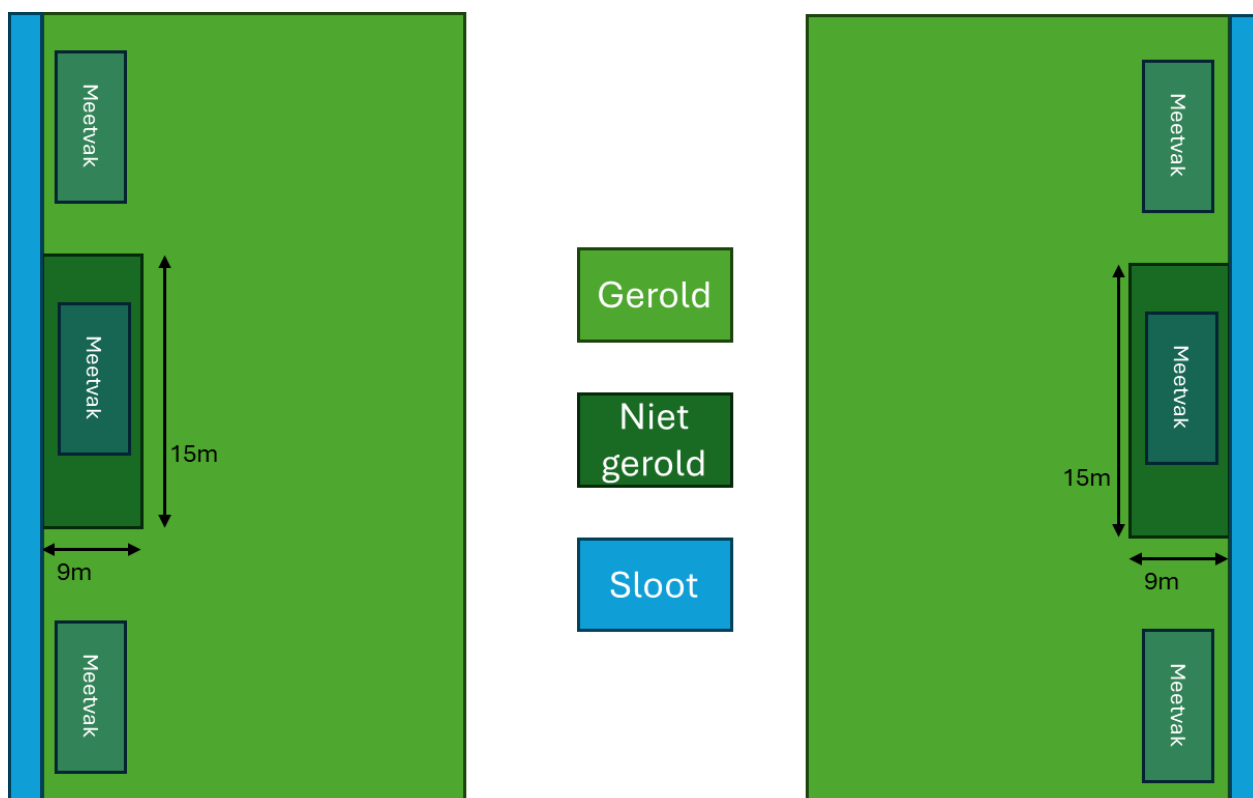
De reductie in lidrus is berekend ten opzichte van de 0-meting.

Praktische waarnemingen

Overleg met veehouder en loonwerkers over toepassing machine, gebruiksgemak. Notering waarnemingen door veehouder van hoeveelheid lidrus.



Figuur 22 Guttler greenmaster 300. Machine is in hef van trekker gedragen. Perceel is in beide richtingen gerold.



Figuur 23 Plattegrond praktijkdemo 2

Praktijkdemo 3: Botanische samenstelling

Door het rollen van lidrus wordt de gehele grasmat platgedrukt. Herhaaldelijk jaarlijks rollen zou daarmee een effect kunnen hebben op de ontwikkeling van de botanische samenstelling van deze graslanden. Om dit effect te onderzoeken, is een botanische inventarisatie uitgevoerd op 28-08-2024 op een biologische melkveehouderij in Hei- en Boeicop.

De botanische samenstelling van acht (delen van) percelen is in kaart gebracht. Hiervan zijn de afgelopen jaren drie percelen gerold geweest en vijf percelen niet-gerold geweest. De geselecteerde percelen liggen dicht bij elkaar en hebben een gemengd gebruik van beweiden en maaien en eenzelfde bemestingsniveau. Op de percelen die gerold zijn, vormt lidrus een probleem. Op de niet-gerolde percelen komt weinig tot geen lidrus voor, waardoor er ook niet gerold wordt. Randen en slootkanten van de percelen zijn uitgesloten tijdens de inventarisatie om zo veel mogelijk factoren in het veld gelijk te houden.

De gevonden plantensoorten zijn binnen het hele perceel geïnventariseerd waarbij per soort het percentage bedekking is genoteerd. Alle gevonden plantensoorten met meer dan 1% bedekking zijn ingedeeld in de taxonomische groepen Equisetum, grassen, leguminosen, kruiden en schijngrassen. Hierdoor is inzicht te verkrijgen of het rollen invloed heeft op bepaalde taxonomische groepen planten.

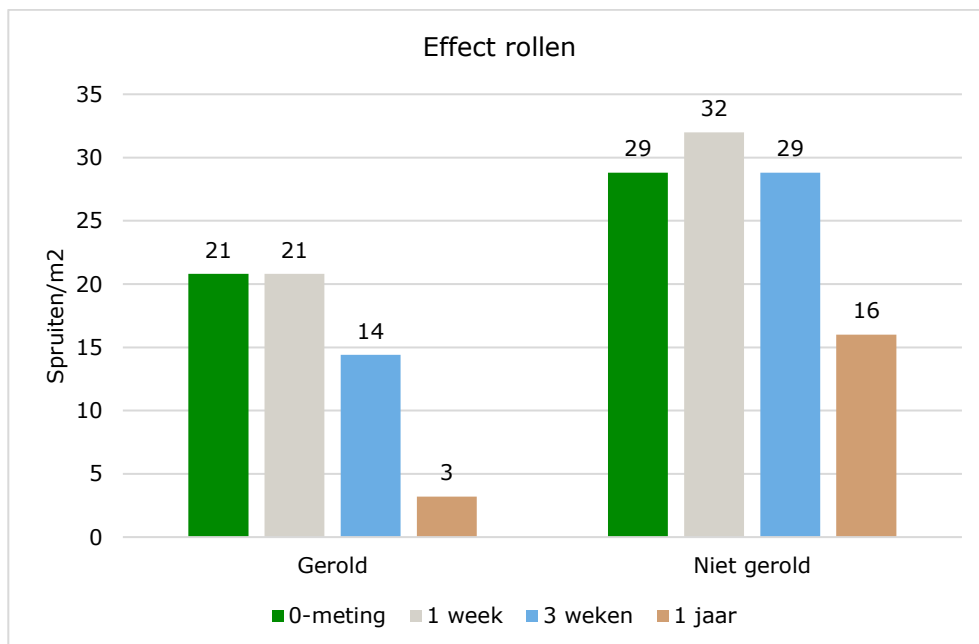
Voor de gevonden soorten met minder dan 1% bedekking is enkel de aanwezigheid genoteerd in elk perceel. Dit kan aanwijzingen geven of specifieke plantensoorten meer of minder voorkomen op gerolde percelen.

6.1.3 Resultaten

Praktijkdemo 1: nieuwe rol met segmenten

Spruitdichtheid van lidrus

Er is een effect meetbaar in het herhaaldelijk rollen van percelen waarin lidrus aanwezig is. Zowel op de korte termijn (3 weken) als op de lange termijn (1 jaar) is dit effect zichtbaar (afname van het aantal spruiten per vierkante meter, zie Figuur 24).



Figuur 24 Spruitdichtheid van lidrus in gerolde (n=2) en niet gerolde meetvakken (n=1).

Praktische waarnemingen

Planten die geknikt zijn door de rol, lijken minder hard te groeien dan niet-geknikte planten. Planten waarbij het knikken niet gelukt is en de plant volledig 'afgeknakt' is, laten zien dat er een nieuwe scheut van onderuit aangroeit, wat onwenselijk is.

Het niet-gerolde gedeelte van het perceel in praktijkdemo 1 leek minder in trek bij weidend melkvee. Dit is een observatie geweest van de melkveehouder, waarna foto's gemaakt zijn van het betreffende perceel.

Hierin is te zien dat er meer gras lijkt te staan in het gedeelte dat niet gerold is (Figuur 25, links wel gerold, rechts niet gerold). Mogelijk heeft dit ook te maken met de hogere initiële spruitdichtheid bij de niet-gerolde strook.

De praktische bevindingen van de rol waren echter minder positief: het grote formaat maakte het lastig om de rol in te zetten zoals gewenst. Dit kwam mede door de wendbaarheid, maar ook door het hoge gewicht. Hierdoor is het lastig om accuraat langs de slootkant te blijven rijden. Bovendien was de rol niet in staat om de lidrus goed tot aan de slootkant te bestrijden. Het buitenste segment was 3 m breed, terwijl de slootkant vaak de laatste 1 m afliep naar het water. Hierdoor kon de slootkant niet goed gerold worden.

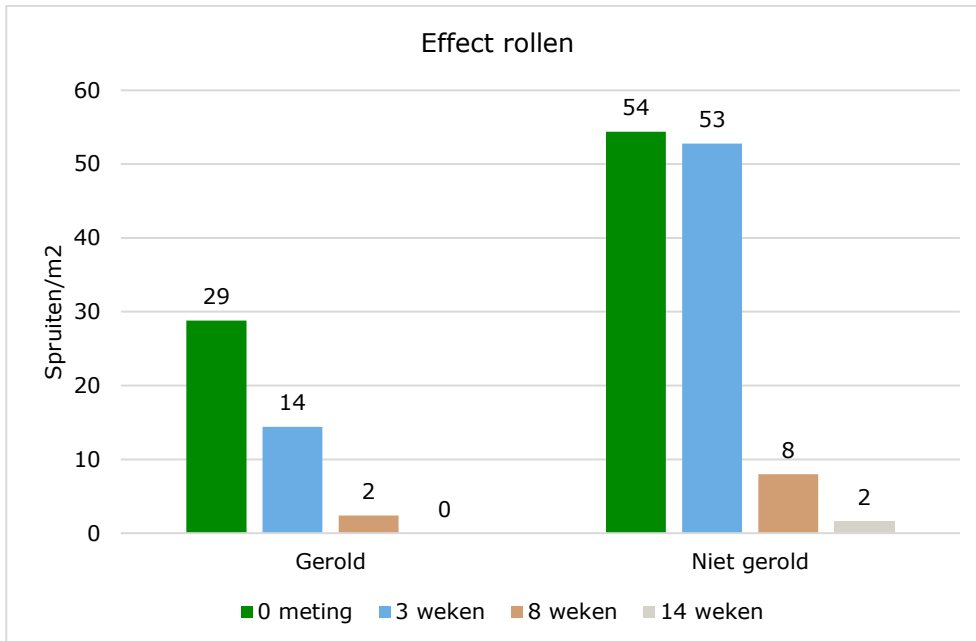


Figuur 25 Zichtbare strook waar koeien minder geweid hebben en waar niet gerold is tegen lidrus.

Praktijkdemo 2: Guttler-rol

Spruitdichtheid van lidrus

Bij deze demonstratie was er een duidelijk meetbaar effect van het rollen op de spruitdichtheid, gemiddeld over de twee percelen. Na drie weken was er ten opzichte van de nulmeting een reductie van 39% in het gerolde gedeelte ten opzichte van een reductie van 21% in het niet-gerolde gedeelte (Figuur 26). Ook in de weken daarna bleef het effect zichtbaar. In week 8 na aanleg nam ook in het niet-gerolde gedeelte het aantal spruiten af; deze reductie bleef tot en met week 14 zichtbaar. De waarschijnlijkste verklaring is de combinatie van begrazing en de dalende temperatuur in het late najaar, die overal een rem op de ontwikkeling van lidrus heeft gezet.



Figuur 26 Spruitdichtheid van lidrus in gerolde ($n=4$) en niet-gerolde meetvakken ($n=2$).

Praktische waarnemingen

Hoewel er een effect op de spruitdichtheid van lidrus was, werd opgemerkt dat de rol in sommige rijen de lidrus onvoldoende knikte, waardoor het effect niet overal gelijkmatig was. Sommige ringen van de machine zorgden niet voor genoeg druk op de lidrusplanten waardoor deze niet knikten. De machine werd als gebruiksvriendelijk beoordeeld, maar bleek minder geschikt om lidrus effectief terug te dringen tot aan de slootkant.

Praktijkdemo 3: Botanische samenstelling.

Het gevonden aantal unieke plantensoorten varieerde van 17 tot 31 soorten per perceel. Gemiddeld werden op gerolde percelen 26 soorten gevonden en op niet-gerolde percelen 22 soorten.

Bedekkingsgraden per taxonomische groep

Van de plantensoorten met meer dan 1% bedekking zijn geen duidelijke verschillen gevonden tussen gerolde en niet-gerolde percelen. De bedekking van de velden bestond voornamelijk uit diverse soorten grassen, leguminosen en kruiden (Tabel 2).

Tabel 2 De gemiddelde bedekkingsgraden van plantensoorten uit diverse taxonomische groepen bij gerolde en niet-gerolde percelen. Het getal tussen haakjes geeft de standaarddeviatie weer.

Taxonomische groep	Gerold	Niet-gerold
Equisetum	0,0	0,0
Grassen	83,3 (7)	82,2 (6)
Leguminosen	9,3 (9)	9,6 (6)
Kruiden	7,3 (3)	8,2 (5)
Schijngrassen	0,0	0,0

Er zijn geen percelen waar paardenstaarten (Equisetum soorten waaronder lidrus) met meer dan 1% bedekking voorkwamen. De meest voorkomende grassoorten waren Engels raaigras (gemiddeld 33% bedekking bij gerold en 31% bij niet-gerold), fioringras (20% bedekking bij zowel gerold als niet-gerold) en ruw beemdgras (11% bedekking bij gerold en 13% bij niet-gerold).

Binnen de groep leguminosen was witte klaver op alle percelen aanwezig. Er was een grote spreiding van het aandeel klaver, variërend van 3% tot maximaal 20% bedekking van een perceel. Er zaten geen verschillen

tussen de gemiddelde bedekking van witte klaver in gerolde velden (9,3%) en niet-gerolde velden (9,6%). Sporadisch was ook rode klaver aanwezig.

De meest voorkomende kruiden waren kruipende boterbloem (6% bedekking bij gerold en 7% bij niet-gerold) en paardenbloem (2% bedekking bij zowel gerold als niet-gerold). Er zijn geen percelen waar schijngrassen met meer dan 1% bedekking voorkwamen.

Sporadisch voorkomende plantensoorten

Bij de meer sporadisch voorkomende plantensoorten (minder dan 1% bedekking) is er een aantal soorten die niet voorkwam op de gerolde percelen, maar wel op sommige percelen waar niet gerold was. De soorten zachte dravik, herderstasje en fluitenkruid kwamen niet voor op de gerolde percelen, maar wel op drie van de vijf niet-gerolde percelen.

Andersom kwam ook een aantal soorten juist méér voor op percelen die gerold waren. Op gerolde percelen is meer akkerdistel, speerdistel, gewone hoornbloem en pitrus gevonden.

6.1.4 Discussie

Rollen blijft een van de weinige methoden met enig bewezen effect op het terugdringen van lidrus (zie § 5.2.1). Toch is herhaling van de handeling essentieel voor een blijvend resultaat, en eerdere onderzoeken wijzen op verlies in opbrengst door het gebruik van rollen.⁶⁵ Dit in combinatie met de arbeidsintensiviteit en machinekosten is rollen geen maatregel die je zomaar doet.

Beide demonstraties laten ook zien dat praktische toepasbaarheid en effectiviteit per situatie kunnen verschillen. Hoewel de Guttler-rol meer potentieel toont in gebruiksvriendelijkheid, is geen van beide rollen effectief genoeg gebleken om lidrus volledig terug te dringen op kritieke plekken, zoals slootkanten. Echter, het rollen van percelen blijft vooralsnog de enige bekende methode die lidrus zodanig kan reduceren dat percelen bruikbaar blijven voor melkvee. Een aangepaste rol die specifiek is ontworpen om lidrus in slootkanten terug te dringen biedt potentieel, maar deze zones herbergen vaak een grotere variatie aan plantensoorten en zijn ecologisch kwetsbaar. Het effect van rollen in deze gebieden moet daarom zorgvuldig worden onderzocht. Tijdens de botanische inventarisatie zijn de slootkanten niet meegenomen. Er is enkel gekeken naar de effecten van rollen op bedekking van plantensoorten in het veld.

De resultaten uit de botanische inventarisatie laten op dit moment geen aanwijzing zien dat herhaaldelijk rollen leidt tot grote verschillen in botanische samenstelling van het grasland. Het totaal aantal gevonden plantensoorten per taxonomische groep is ongeveer gelijk bij gerolde en niet-gerolde percelen. Ook binnen de taxonomische groepen zijn geen duidelijke verschillen gevonden. De impact van rollen op de botanische samenstelling van het grasland lijkt daarmee erg klein.

Bij de sporadisch voorkomende soorten (minder dan 1% bedekking) lijken wel enige verschillen te zijn tussen de gerolde en niet-gerolde percelen. Omdat al deze soorten minder dan 1% bedekking hadden in het veld, gaat dit echter maar om kleine aantallen gevonden planten. Vanwege de kleinschaligheid van deze proef kunnen hier geen sterke conclusies aan verbonden worden. Desondanks kan het een aanwijzing zijn dat sommige soorten kunnen afnemen of toenemen door het rollen. Bij gerolde percelen is meer lidrus aangetoond dan bij niet-gerolde percelen. Dit is te wijten aan het feit dat alle percelen pas gerold worden wanneer lidrus een probleem vormt. Op de niet-gerolde percelen kwam dus simpelweg minder of geen lidrus voor. Wel lijken er marginaal meer akkerdistels, speerdistels en pitrus voor te komen op de gerolde percelen. Dit zijn vaak ongewenste soorten in een productief grasland. Om aan te tonen of dit door het rollen komt, zal langduriger en grootschaliger onderzoek nodig zijn.

6.2 Elektrificeren van lidrus

6.2.1 Doel van de veldproef

Het doel van het elektrificeren is het terugdringen van de lidrus waarbij het gras behouden blijft. Er is nog geen ervaring met het elektrificeren van lidrus opgedaan in het verleden. Omdat de methode toegepast kan worden in grasland zonder dat het gras hieraan sterft, is hier het effect op de dichtheid van lidrus onderzocht.

6.2.2 Methode

In deze proef werd gebruikgemaakt van elektrische onkruidbestrijding (Zasso Xpower). De proef vond plaats op seminatuurlijk grasland dat al 15+ jaar extensief werd beheerd. Drie replicaties werden uitgevoerd in een gebied met hoge lidrusbedekking en drie in een gebied met lage bedekking. De behandelingen bestonden uit elektrische bestrijding, geen bestrijding (controle) en bovengrondse verstoring met een sleep (kettingeg).

Elke behandelingsplot had een grootte van 3 m x 6 m en de behandelingen werden uitgevoerd op 13 september 2021. Lidrusbedekking werd visueel geschat op basis van dekking (%). Metingen werden uitgevoerd een week voor de behandeling en op verschillende momenten na de behandeling (1, 2, 3, 5 en 36 weken).

6.2.3 Resultaten

Tijdens de proef werden duidelijke verschillen waargenomen tussen de behandelingen:

- **Behandeling bij hoge bedekking lidrus** (Tabel 3): Elektrische bestrijding resulteerde drie weken na toepassing in een reductie van 90% van de lidrusbedekking, terwijl de kettingeg na drie weken slechts een reductie van 21% behaalde. Na 36 weken nam de lidrus echter weer toe en was het verschil tussen elektrische bestrijding en de controle niet significant. Bij de kettingeg nam de bedekking zelfs meer toe na vijf weken ten opzichte van de controle.
- **Behandeling bij lage bedekking lidrus** (Tabel 4): Elektrische bestrijding leidde tot een reductie van 42% na drie weken. Na vijf weken begon de lidrus echter weer toe te nemen. Na 36 weken was er geen verschil meer tussen elektrificatie en de controle.
- De kettingeg had geen langdurig significant effect bij zowel hoge als lage bedekkingsniveaus.

Tabel 3 Resultaten in hoge bedekking van lidrus (% bedekking lidrus). Kleine letters geven significante verschillen aan binnen één meetweek.

Behandeling	0-meting	1 week na behandeling	2 weken na behandeling	3 weken na behandeling	5 weken na behandeling	36 weken na behandeling
Controle	10,7	11,3 ^a	11,3 ^a	11,3 ^a	13,0 ^a	13,3 ^{ab}
Kettingeg	11,7	11,0 ^a	11,0 ^a	9,3 ^a	18,3 ^b	18,0 ^a
Elektrificatie (EWC)	9,3	0,2 ^b	0,2 ^b	1,0 ^b	3,7 ^c	10,0 ^b
P-waarde	0,698	0,013	0,013	0,007	<0,001	0,012

Tabel 4 Resultaten in lage bedekking van lidrus (% bedekking lidrus). Kleine letters geven significante verschillen aan binnen één meetweek.

Behandeling	0-meting	1 week na behandeling	2 weken na behandeling	3 weken na behandeling	5 weken na behandeling	36 weken na behandeling
Controle	2,7	2,7	2,7 ^a	3,0 ^a	6,7	5,3
Kettingeg	2,7	2,3	2,3 ^{ab}	2,3 ^{ab}	6,3	5,0
Elektrificatie (EWC)	1,2	0,2	0,0 ^b	0,5 ^b	2,3	2,7
P-waarde	0,241	0,056	0,030	0,023	0,080	0,165

6.2.4 Discussie

De resultaten tonen aan dat elektrische bestrijding op de korte termijn effectief is in het verminderen van de bovengrondse bedekking van lidrus, vooral in gebieden met een hoge initiële bedekking. Op de lange termijn was er echter geen blijvende reductie vergeleken met de controle. Verder was de elektrische bestrijding ook schadelijk voor het gras, waarin dode plekken geobserveerd werden na de behandeling. Een ander aandachtspunt is het uitvoeren van meerdere toepassingen van elektrische bestrijding om blijvende effecten te bereiken. Dit moet gezet worden tegenover de kosten en moeite die het behandelen van een perceel met elektrificatie inhoudt. Hieruit komt de conclusie dat het effect van het elektrificeren te klein is om deze input te verantwoorden.

6.3 Ondergronds verticaal snijden van de wortels

6.3.1 Doel van de veldproef

In het verleden zijn er verschillende proeven gedaan met het tegengaan van lidrus door het horizontaal en verticaal snijden van de bodem (§ 5.3.1). Hiermee zijn wisselende resultaten behaald, met soms een hoge initiële teruggang. Vaak nam hierna de lidrus weer toe en ging het vaak ten koste van een hoog verlies in gewasopbrengst. Doordat lidrus zich vaak vestigt vanuit de slootkant werd er hier gekeken naar de mogelijkheden om de verdere verspreiding door het perceel tegen te gaan door de wortelstokken verticaal door te snijden.

6.3.2 Methode

De proef met ondergronds verticaal snijden werd uitgevoerd met een Vermeer PTX40-machine, die de wortelstokken van lidrus doorsneed tot een diepte van 60-70 cm (Figuur 27). Dit had als doel de vegetatieve vermeerdering van lidrus te verstoren en de verbindingen met de slootkanten te doorbreken.

Proefopzet

De proef werd aangelegd op 16 augustus 2023 en opgezet als een gewogen blokkenproef met vier herhalingen. Er waren twee behandelingen:

- Snijden (met de Vermeer PTX40-machine)
- Controle (geen snijden, maar wel bereden om eventuele effecten van bodemverdichting uit te sluiten)

Alle proefvlakken werden rondom gesneden om te garanderen dat verbindingen met slootkanten volledig werden verbroken. De proefvelden werden gemarkeerd met blauwe piketpaaltjes en veldpunaises voor permanente herkenning.

Om de invloed van spruitdichtheid van lidrus vanuit de slootkant te beoordelen, werd naast de meetvakken ook een botanische opname van de aangrenzende slootkant uitgevoerd.



Figuur 27 Vermeer PTX40 ondergronds verticaal aan het snijden.

Metingen van spruitdichtheid lidrus

Tijdens de proef is op verschillende momenten de spruitdichtheid van lidrus gemeten. Hierbij werden alle spruiten van lidrus binnen het proefplot geteld. Ook in het aangrenzende 'slootvak' werden de spruiten van lidrus geteld (Figuur 28). De volgende meetmomenten van spruitdichtheid vonden plaats:

- 9-8-2023: 0-meting, voorafgaand aan de behandeling
- 23-8-2023 (2 weken na aanleg)
- 6-9-2023 (4 weken na aanleg)
- 20-9-2023 (6 weken na aanleg)
- 18-10-2023 (10 weken na aanleg)
- 9-7-2024 (11 maanden na aanleg)

Elke meting omvatte een visuele inspectie van de vegetatie en een kwantificatie van de spruitdichtheid binnen de proefvlakken en aangrenzende slootkanten.



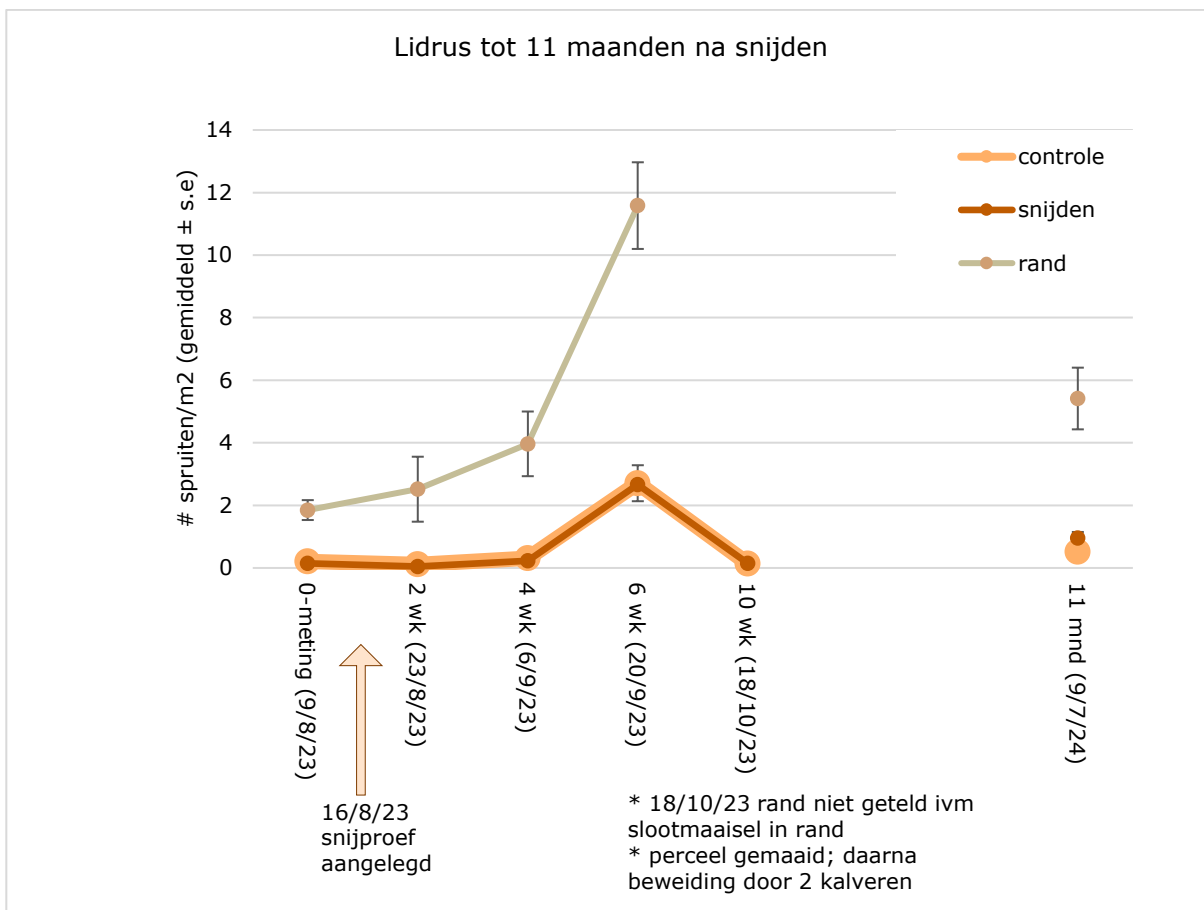
Figuur 28 Proefopzet. Genummerde vakken zijn behandelingen. Oppervlakten tussen genummerde vakken en sloot zijn ook meegenomen in botanische analyse.

6.3.3 Resultaten

Uit de 0-meting bleek dat er geen significant verschil was in de dichtheid van lidrus tussen de vakken die gesneden werden en de controlevakken (Figuur 29). Wel werd een hogere dichtheid aan lidrus waargenomen in de slootkant ten opzichte van de proefvlakken in het perceel.

Na de aanleg van de proef werd zowel op de korte als op de lange termijn geen verschil gevonden in de spruitdichtheid tussen de behandelde en de controlevakken. Gedurende het onderzoeksjaar nam de hoeveelheid lidrus in de slootkant aanzienlijk toe.

Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat ondergronds verticaal snijden in deze opzet geen effect heeft gehad op het terugdringen van lidrus in het grasland.



Figuur 29 Effect van ondergronds verticaal snijden: Spruitdichtheid van lidrus in proef uitgezet over tijd.

6.3.4 Discussie

De resultaten van deze proef tonen aan dat ondergronds verticaal snijden van wortels geen effectief middel is om lidrus te beheersen in grasland. De verwachting was dat het doorsnijden van wortelstokken de uitbreiding van lidrus zou remmen, aangezien de kolonisatie van deze percelen veelal vanuit de slootkant plaatsvindt.

Een mogelijke verklaring voor het uitblijven van effect is dat de lidrusbedekking initieel relatief laag was, waardoor een eventuele afname moeilijk aantoonbaar kon zijn. Daarnaast kan lidrus zich mogelijk sneller dan verwacht uitbreiden, waarbij nieuw uitlopend materiaal de opengekomen ruimte direct weer heeft ingevuld. Bovendien is het mogelijk dat de reeds aanwezige lidrusplanten binnen de proefvakken relatief weinig hinder ondervonden van het doorsnijden van de wortels en zich ongestoord konden blijven ontwikkelen.

Na zes weken werd er een toename in lidrus waargenomen in de proefvelden. Als ondergronds snijden een effect had gehad, zou dit mogelijk in deze fase zichtbaar moeten zijn geweest. Op de lange termijn (na één jaar) leek er zelfs een lichte trend te zijn waarbij in de gesneden vakken juist meer lidrus voorkwam dan in de controlevakken. Dit suggereert dat de ingreep niet alleen ineffectief was, maar mogelijk zelfs een stimulerend effect heeft gehad op de vestiging van nieuwe individuen van lidrus via wortelfragmenten of wortelknollen (zie § 4.3).

Een belangrijke bevinding uit de proef is dat de spruitdichtheid in de slootkanten aanzienlijk hoger is dan in de proefvlakken midden in het perceel. Dit benadrukt dat slootkanten een cruciale bron kunnen zijn voor de verspreiding van lidrus. Effectieve beheersmaatregelen zouden zich dan ook niet alleen op de percelen zelf moeten richten, maar juist ook op deze zones.

6.4 Algemene discussie veldmaatregelen

Dit onderzoek heeft de effectiviteit van drie verschillende methoden geëvalueerd voor het beheersen van lidrus in het veld, namelijk rollen, elektrificatie en ondergronds verticaal snijden. De resultaten laten zien dat elk van deze methoden specifieke voor- en nadelen heeft, en dat er geen eenduidige oplossing is voor de bestrijding van lidrus.

6.4.1 Effectiviteit van de methoden

Van de drie geteste methoden bleek rollen de enige techniek met een duidelijk effect op het terugdringen van lidrus. Met name bij herhaaldelijk rollen werd een aanzienlijke afname van de spruitdichtheid van lidrus waargenomen, zowel op de korte als de lange termijn. Dit effect was echter niet consistent in alle delen van het perceel en werd beperkt door praktische factoren, zoals het onvermogen van de rollen om de slootkant effectief te behandelen. Bovendien is rollen een arbeidsintensieve methode die structureel herhaald moet worden om effect te behouden, wat de kosteneffectiviteit ervan beperkt.

Elektrificeren van lidrus bleek in de eerste weken na behandeling een significante afname in de bovengrondse biomassa te veroorzaken. Dit effect verdween echter op de lange termijn, waarbij de lidrusbedekking terugkeerde naar het oorspronkelijke niveau. Dit suggereert dat een eenmalige toepassing van elektrische bestrijding onvoldoende is om lidrus effectief te beheersen. Meerdere toepassingen zouden mogelijk effectiever kunnen zijn, maar dit moet worden afgewogen tegen de kosten en praktische haalbaarheid van de methode.

Het ondergronds verticaal snijden van wortels had binnen elf maanden geen waarneembaar effect op de spruitdichtheid in de proefvelden. De verwachting was dat het doorsnijden van wortelstokken de verspreiding van lidrus zou verminderen, met name vanuit de slootkant. De resultaten toonden echter aan dat lidrus zich mogelijk sneller herstelt dan verwacht en dat de reeds aanwezige planten niet significant werden beïnvloed door de ingreep. Daarnaast werd vastgesteld dat de slootkant een belangrijke bron blijft voor de verspreiding van lidrus, wat suggereert dat effectieve bestrijdingsmaatregelen zich ook op deze zones moeten richten.

6.4.2 Praktische toepasbaarheid en beperkingen

Naast de effectiviteit van de methoden spelen ook praktische overwegingen een belangrijke rol bij de keuze voor een beheersstrategie. Rollen, ondanks de waargenomen effectiviteit, vereist herhaalde toepassing en kan moeilijk uitvoerbaar zijn op grotere schaal, zeker in percelen met complexe structuren of nabij sloten. Ook is het effect van rollen op de overige vegetatie in de slootkant nog niet bekend. Elektrificatie heeft het voordeel dat het gras zelf niet in hoge mate wordt aangetast, maar de korte werkingsduur en de hoge kosten per hectare maken het een minder aantrekkelijke optie. Ondergronds snijden blijkt in de huidige vorm geen effectieve bijdrage te leveren aan de bestrijding van lidrus en lijkt daarom geen zinvolle maatregel.

7 Analyses van palustrinegehalte in gewas en voer (toxiciteit van lidrus)

7.1 Palustrine in kuilvoer

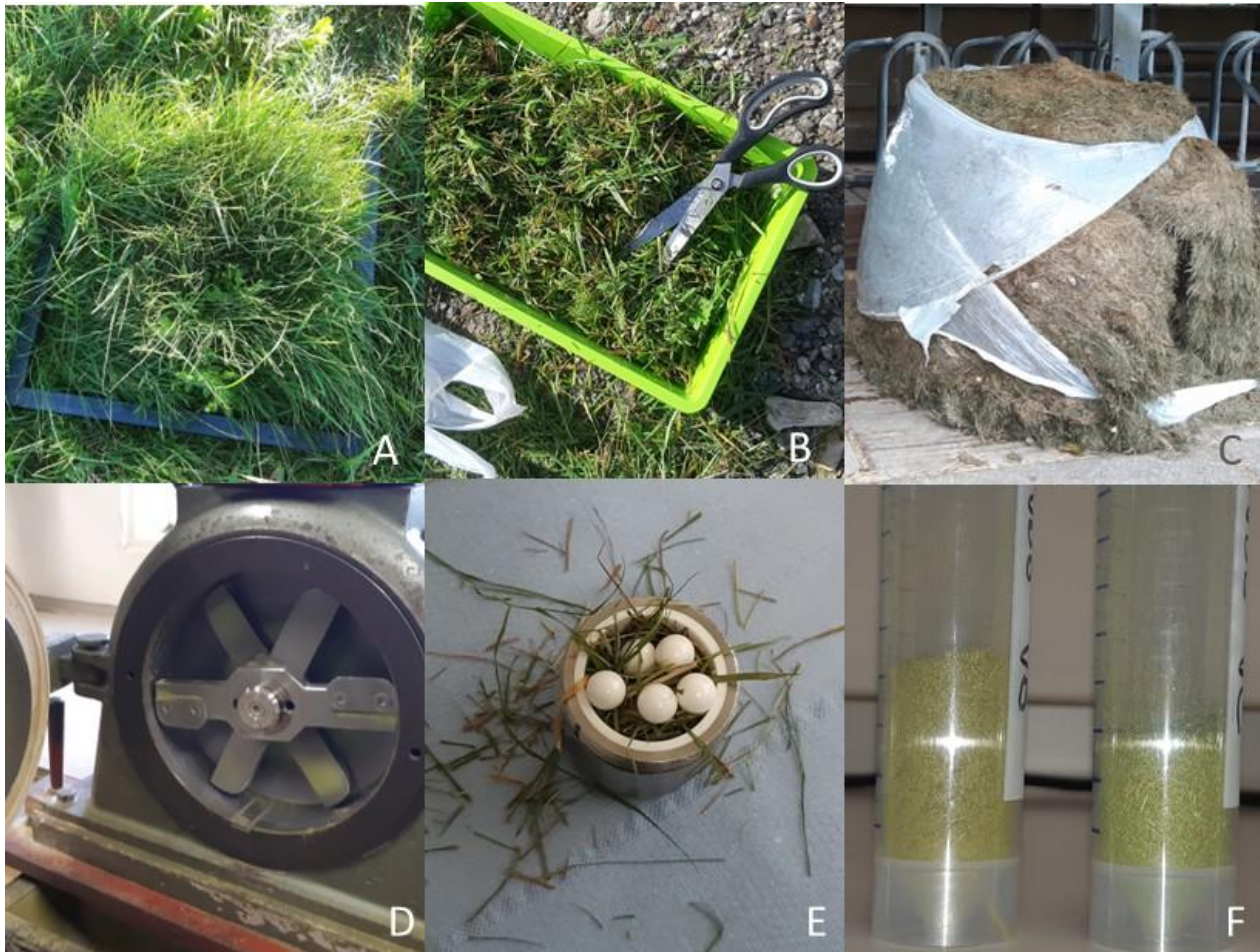
Met bijdrage van Dennis Melchert, Till Beuerle en Jürgen Müller

Er is een verkennende analyse uitgevoerd naar de gehalten van de twee belangrijkste gifstoffen van lidrus in diverse graslandproducten. Het gaat om palustrine en palustridien, maar van deze twee alkaloiden komt palustrine over het algemeen in veel hogere concentraties voor, zodat dit meestal de belangrijkste gifstof is in lidrus (zie § 3.1). De metingen zijn niet herhaald en er is slechts een klein aantal monsters getest, zodat de resultaten slechts indicatief zijn. In totaal zijn op vier bedrijven die deelnemen aan het project Lekker Bloeien Gezonde Koeien monsters genomen van weidesneden of kuilvoer. Van slechts drie bedrijven worden de data hier gepresenteerd, omdat op het vierde bedrijf geen palustrine en palustridien is gevonden in de genomen monsters. Monsters van het vierde bedrijf betroffen kuilvoerbalen waarvan de herkomst niet 100% duidelijk was, maar waar wel het vermoeden bestond dat deze lidrus zouden bevatten. Dit bleek niet het geval.

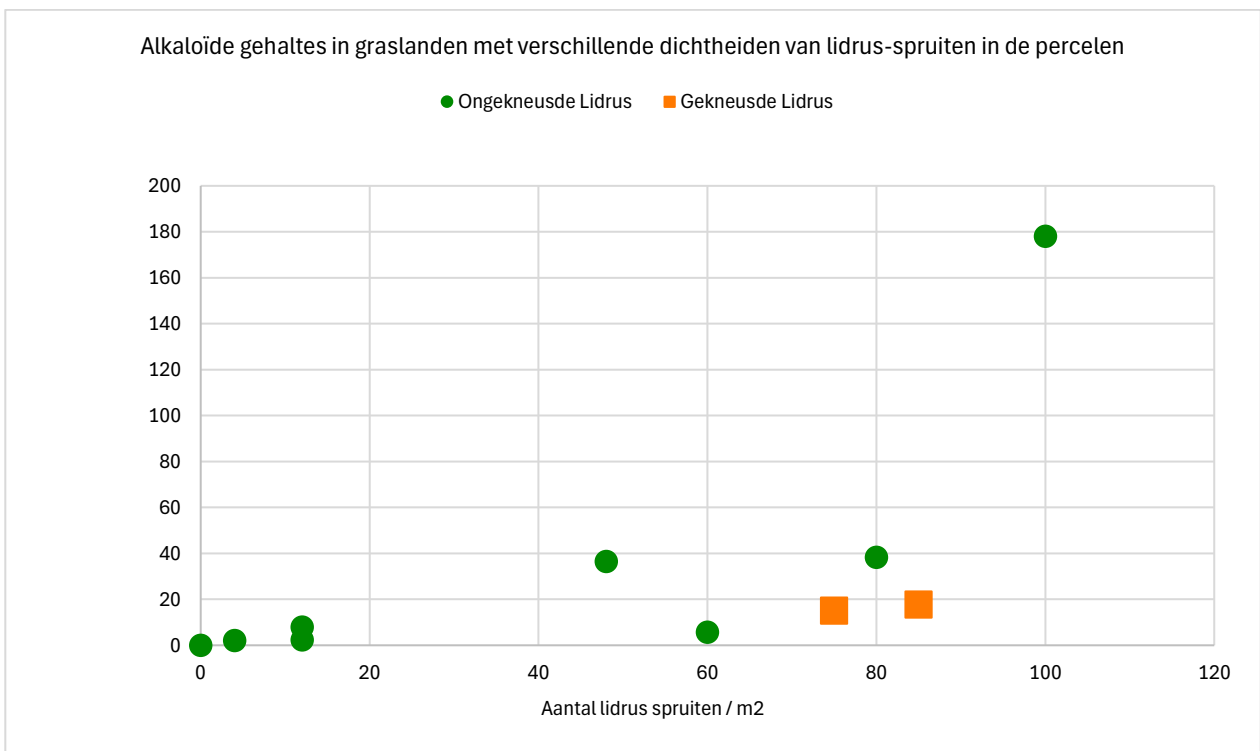
7.1.1 Palustrine bij verschillende dichtheden van lidrus

Op twee bedrijven is in 2022 het grasland bemonsterd door per perceelgrasmonsters te knippen in een venster van 50 bij 50 cm. Binnen elk venster is het aantal lidrusspruiten geteld. Per proefvlak is een mengmonster uit het geknipte verse gras verzameld en gedroogd bij 70°C gedurende 48 uur. De monsters zijn vervolgens gemalen met een kogelmaler (Figuur 30) en opgestuurd naar de Universiteit van Hannover voor analyse van de gehalten van de twee belangrijkste alkaloiden: palustrine en palustridien (samen 'totaal alkaloiden'). Voor deze analyse werd gebruikgemaakt van een in Duitsland ontwikkelde methode (Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography in combinatie met mass spectrometry).^{4,9,12}

Van de twee belangrijkste alkaloiden in lidrus waren in alle onderzochte monsters de palustrinegehalten veel hoger (minimaal tien keer) dan de palustridiengehalten. Dit is meestal het geval, maar in sommige populaties is het andersom (zie § 3.1). In Figuur 31 is het gehalte van totaal alkaloiden uitgezet tegen de dichtheid aan spruiten. Een perceel waar twee monsters zijn genomen, is ruim een week voor de monsternamen gerold met de kneusrol (zoals beschreven in demo 1 in hoofdstuk 6). De palustrinegehalten van de verschillende percelen zijn erg uiteenlopend. Voor meer inzicht in de factoren die dit beïnvloeden, is nader onderzoek nodig waarbij niet alleen gekeken wordt naar het aandeel lidrus in de vegetatie, maar ook naar het aandeel van verschillende groeistadia van lidrus. Bovendien is het van belang om meer kennis te hebben over het beheer van het grasland, zoals de bemestingsintensiteit.



Figuur 30 Illustratie van de bemonstering van lidrus in het veld (A en B) en in de kuil (C) en het drogen en malen van de monsters (D-F) als voorbereiding van de metingen van het gehalte aan gifstoffen.



Figuur 31 Alkaloïdegehalten (mg/ kg DS) van palustrine en palustridene per graslandmonster (droog gewicht) in relatie tot de dichtheid aan spruiten van lidrus per vierkante meter. De monsters van graslanden waar gerold is (met gekneusde lidrusspruiten), zijn gemarkeerd met een apart label (■).

7.1.2 Vergelijking van droog kuilvoer en TMR

Op twee bedrijven die problemen ervaren met lidrus zijn op kleine schaal twee voerstrategieën met elkaar vergeleken. Er zijn mengmonsters genomen op bedrijf A en bedrijf B. Deze mengmonsters zijn ook geanalyseerd voor het drogestofgehalte (70°C voor 48 uur) en de alkaloïdegehaltes (palustrine en palustridien). De mengmonsters van bedrijf A komen uit de droge kuilbalen en restvoer, welke gevoerd werden aan het jongvee. De mengmonsters van bedrijf B komen uit van kuilvoer welke verwerkt werd in een total mixed ration (TMR). Van dit bedrijf zijn de totaal alkaloïde bepaald in de ingaande voerpartijen van de eerste en tweede snede, het totale rantsoen en het restvoer.

Droog kuilvoer (bedrijf A)

In de droge kuilbalen (60% droge stof) op bedrijf A zijn slechts heel lage gehalten van alkaloïden gevonden ('sporen', dat wil zeggen niet-kwantificeerbare hoeveelheden). In het restvoer zijn wel kwantificeerbare gehalten van alkaloïden gemeten (15,8 mg/kg droge stof, zie Tabel 5). De resultaten zijn verkennend en met experts besproken. Er werd gesuggereerd dat een deel van de lidrus niet opgenomen wordt door het jongvee en dus achterblijft in het restvoer. Dit kan komen doordat de gedroogde spruiten van lidrus erg breekbaar zijn en makkelijk verbrossen bij schudden of rammelen.

Tabel 5 Alkaloïdegehaltes (mg/ kg DS) van palustrine en palustridien in mengmonsters van een droge kuilbaal (p.m. 60% drogestof) en in het restvoer (bedrijf A).

Alkaloïdegehaltes (mg/ kg DS)			
Mengmonster	1	2	gemiddelde
Baal	'sporen'	'sporen'	
Restvoer	14,48	17,11	15,80

Total Mixed Ration (bedrijf B)

Resultaten van bedrijf B in Tabel 6 komen niet overeen met de resultaten van bedrijf A. Op bedrijf B wordt 'Total Mixed Ration' (TMR) gevoerd. Het voer in het rantsoen heeft een hoger vochtgehalte en een lager drogestofgehalte (40% droge stof). Er zijn alleen sporen van alkaloïden in de mengmonsters van de eerste snede gemeten. In de mengmonsters 2^e/3^e snede en in een grasbaal zijn alkaloïdegehaltes gemeten. Het gehalte alkaloïden in het restvoer was echter lager dan het gehalte alkaloïden in het rantsoen. De bespreking van de data met experts suggereerde dat lidrusdeeltjes in een vochtiger rantsoen makkelijker blijven plakken aan andere ruwvoercomponenten. Dit verhoogt de kans dat er een hoger gehalte aan toxische alkaloïden in TMR aan vee gevoerd wordt.

Tabel 6 Alkaloïdegehaltes (mg/kg DS) van palustrine en palustridien in twee graskuilen ('snede 1' en 'snede 2/3'), een grasbaal, het rantsoen (circa 40% droge stof) en het restvoer (bedrijf B).

Alkaloïdegehaltes (mg/ kg DS)			
Mengmonster	1	2	gemiddelde
Snede 1	'sporen'	'sporen'	
Snede 2/3	1,2	1,4	1,3
Grasbaal	7,2	7,0	7,1
Rantsoen	6,6	1,1	3,9
Restvoer	1,0	1,1	1,1

7.1.3 Conclusies

Uit deze verkennende metingen kunnen slechts beperkt conclusies getrokken worden. Wel blijkt dat het gehalte aan palustrine en palustridien in de graslanden en in het voer erg variabel is. Bij het voerhek lijkt er een afname van de toxiciteit van het aangeboden ruwvoer te ontstaan. Dat kan komen doordat kleine stukjes van de lidrus-spruit verbrossen en tussen het voer uit vallen. Hierdoor neemt het gehalte aan gifstoffen in het voer (in het voerhek) af, terwijl het gehalte in het achterblijvende restvoer juist hoger wordt.

7.2 Lidrus en het palustrinegehalte in het Ossekampen-langetermijnexperiment

Met bijdrage van Dennis Melchert, Till Beuerle, Jürgen Müller, Gijs van Dijk, Douwe Geerts en Rob Geerts

7.2.1 Doel en achtergronden van het bemestingsexperiment

In oude landbouwkundige literatuur wordt bemesting regelmatig genoemd als maatregel om lidrus terug te dringen, maar in de praktijk waren de effecten lang niet altijd duidelijk. Dit kan voor een deel te maken hebben met verschillen in uitgangssituatie of beheer tussen verschillende percelen. Daarnaast geeft de beschikbare literatuur geen inzicht in het effect van bemesting op het gehalte aan palustrine in lidrus en in het ruwvoer. Voor een beoordeling van de effecten van verschillende vormen van bemesting op zowel de mate van voorkomen van lidrus en de effecten van bemesting op het palustrinegehalte, hebben wij een verdiepend onderzoek uitgevoerd op basis van nieuwe metingen in het langetermijnexperiment Ossekampen. Dit bemestingsexperiment werd in 1958 opgezet op een soortenrijk oud grasland op zware kleigrond nabij Wageningen. Het doel van het experiment zoals het is opgericht, was om de productiviteit en veranderingen in de botanische samenstelling van het hooiland met een experiment te onderzoeken, waarbij kalk of anorganische meststoffen (N, P, K als individuele meststof of in combinatie) worden toegediend. Sinds het oprichten van het experiment wordt het beheerd als hooiland met twee snedes per jaar. Doordat in de meeste proefvlakken lidrus voorkomt, biedt dit experiment een unieke kans om het langetermijneffect van verschillende vormen van bemesting op de mate van voorkomen van lidrus en het palustrinegehalte in de lidrusspruiten in beeld te brengen. Een groot voordeel van het Ossekampen-experiment voor ons doel is dat de milieucondities in de proefvlakken verder vergelijkbaar zijn en dat het waarschijnlijk gaat om één populatie van lidrus (en mogelijk zelfs een individuele kloon), zodat de resultaten niet beïnvloed worden door variatie in palustrinegehalte tussen populaties. Er zijn historische data beschikbaar over het voorkomen van lidrus sinds het begin van het experiment in 1958. De laatste twee jaren zijn er aanvullende metingen gedaan zoals de analyse van het toxische palustrine.

Het blijkt dat het percentage van lidrus over de jaren heen veranderde, maar dat deze veranderingen verschillen tussen de behandelingen. We hebben ervoor gekozen het Ossekampen-experiment te gebruiken om het volgende te onderzoeken:

- Zijn er verschillen in de mate van voorkomen van lidrus (aandeel in de vegetatie) bij verschillende bemestingsbehandelingen?
- Wat is het aandeel (percentage van het drooggewicht) van lidrus in de jaarlijkse opbrengst?
- Is de productie van palustrine in lidrus (per spruit) verschillend bij verschillende typen bemesting? Wat zijn de toxische gehalten in de opbrengst die als ruwvoer kan dienen?



Figuur 32 Spruiten van lidrus in kruidenrijk grasland in het Ossekampen experiment; begin juni 2025 (foto's C. Bufe).

7.2.2 Methode

Het opzet en beheer van het experiment

De bemesting en het maaien worden sinds het begin van het experiment volgens een vast protocol uitgevoerd. In totaal zijn er acht verschillende bemestingsbehandelingen in het experiment aangelegd. Van elke behandeling ligt er een replica, zodat er in totaal zestien percelen zijn (Tabel 7). De hoeveelheden van de toegediende meststoffen zijn herleid van de berekende behoeftes tijdens de aanleg van het experiment. De meststoffen worden elk jaar in maart toegediend, behalve in de behandeling PK+N, waar de stikstof pas na de eerste snede in juli wordt toegediend. Het beheer van het experiment wordt volgens een vast maairegime uitgevoerd, waarbij de eerste snede in juli plaatsvindt en de tweede snede in oktober. Voor een uitgebreidere beschrijving van de proefopzet en de bij de monitoring gebruikte methodes wordt verwezen naar eerdere publicaties.^{74,75}



Figuur 33 Het beheer van de Ossekampen wordt handmatig uitgevoerd. Links het maaien van de percelen. Rechts de apparatuur om het uitgemaaid materiaal (mooistroom) in het perceel te wegen (Foto's C. Bufe).

Tabel 7 *Overzicht van de acht verschillende behandelingen en de toegediende meststoffen in het Ossekampen-experiment.*

Bemesting	Hoeveelheid meststoffen toegediend (kg per ha per jaar)
0	Controlepercelen zonder bemesting
Ca	357 Ca
P	22 P
K	108 K
PK	22 P, 166 K
N	160 N
NPK	160 N, 33 P, 311 K
PK+N	160 N, 33 P, 311 K, waarbij N pas na de eerste snede wordt toegediend

Opbrengstmetingen

Sinds 1958 wordt er elk jaar de opbrengst in de percelen volgens een vast protocol gemeten.^{74,75} Twee keer per jaar, in juli en oktober, worden stroken gemaaid met een maaibalk over de lengte van het perceel (1,25 m breed x 16 m). Voor het bepalen van het vers gewicht wordt het gras bij elkaar geharkt en in het veld gewogen. Hieruit wordt een steekproef genomen voor drogestofanalyse (70°C 48 uur) in het laboratorium. In deze analyse zijn de middelwaardes van de opbrengsten van 2020-2024 gepresenteerd.

Waarnemingen aan de botanische samenstelling

De botanische samenstelling is gemeten volgens de frequentieanalyse, een methode die ontwikkeld is door prof. De Vries in 1948.⁷⁶ Deze meting wordt elke drie jaar uitgevoerd. Hierbij worden vijftig monsters genomen per perceel. Voor deze methode is een protocol opgesteld, waarin op vaste afstanden langs drie parallelle lijnen deelmonsters van 25 cm² worden genomen. De vegetatie wordt vlak boven de grond afgesneden. Deze deelmonster worden in het laboratorium gebracht en van elk deelmonster worden de planten gedetermineerd. Vervolgens wordt voor elke soort de frequentie van voorkomen bepaald als het percentage van de deelmonsters waarin de soort werd aangetroffen. De recentste frequentieanalyse heeft in 2023 plaatsgevonden. In de publicaties van Berendese et al. (2021) en De Vries (1948) staat deze methode nader beschreven.^{75,76}



Figuur 34 *Frequentieanalyse: bepaling van de frequentie van voorkomen van soorten in het laboratorium, waarbij voor vijftig deelmonsters de soorten op naam gebracht worden (foto C. Bufe).*

Bepaling percentage lidrus in de opbrengst en analyse mineralengehaltes

In juni 2024 en 2025 zijn vijftig deelmonsters per perceel genomen en als een mengmonster per perceel samengevoegd. Tijdens de monsternamen is de zodesamenstelling beschreven en zijn de groeistadia van de lidrusplanten naar de vier groeistadia beschreven in § 3.2. Het mengmonster is in het laboratorium in de vijf taxonomische groepen (grassen, kruiden, vlinderbloemigen, schijngrassen en paardenstaarten) gesorteerd. Hiervan werd het drooggewicht bepaald (70°C 48 uur) en het plantmateriaal werd gemalen en verwerkt voor analyse van de mineralengehalte-analyse door ICP.⁷⁷

Analyses van het palustrinegehalte in lidrus

Eind mei 2024 zijn er lidrusplanten uit elk perceel verzameld. In totaal zijn er zestien mengmonsters genomen. Lidrus werd gedroogd op (70°C voor 48 uur) en gemalen in een kogelmaler. De Universiteit van Hannover heeft de analyse van het alkaloïde palustrine uitgevoerd volgens de methode zoals beschreven in § 7.1.1.

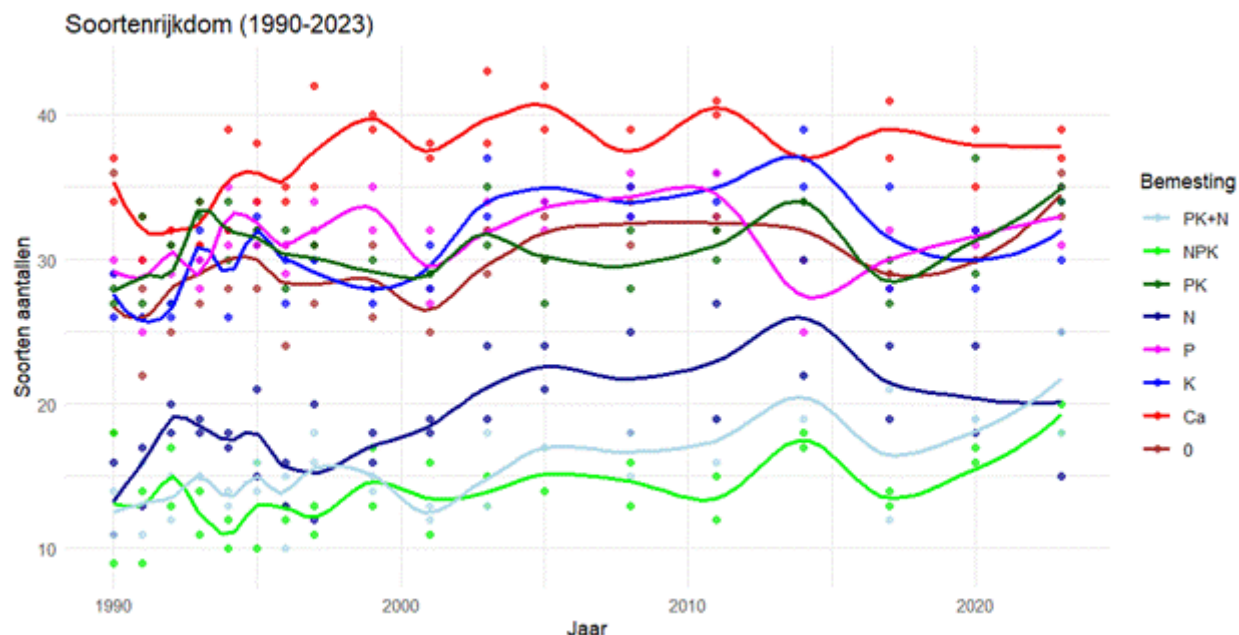


Figuur 35 Monsternamen van lidruspruilen; links in 2024 en rechts in 2025 (foto's C. Bufe).

7.2.3 Resultaten

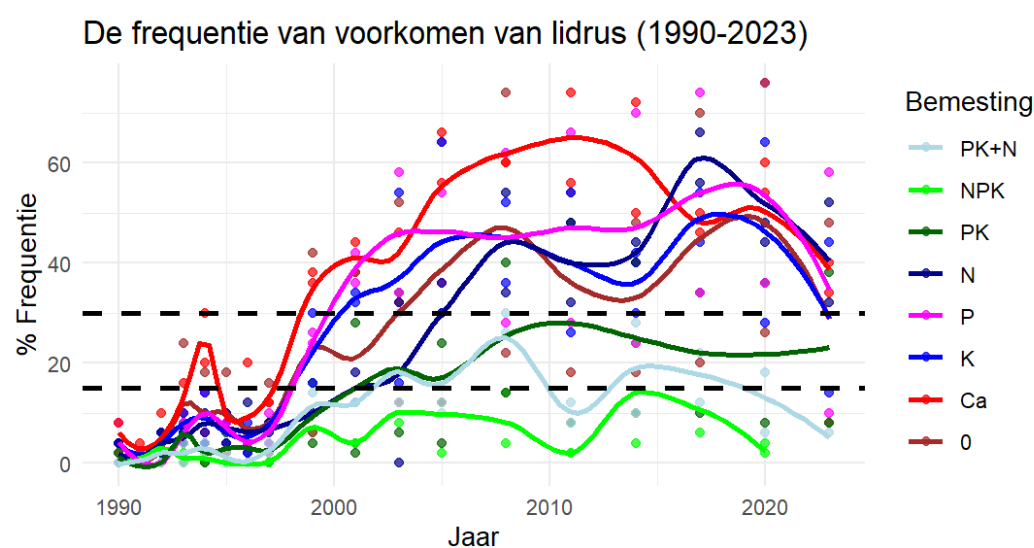
Vegetatiesamenstelling en het historische verloop van het voorkomen van lidrus bij verschillende bemesting

Het experiment is begonnen op een soortenrijk hooiland. De analyse van de verandering van soortenrijkdom onder invloed van verschillende typen bemesting is beschreven door Berendse et al. (2021).⁷⁵ Volgens zijn analyse schommelt de soortenrijkdom door de jaren heen en is sinds 1987 toegenomen, mogelijk deels door de afname van de stikstofdepositie in de periode na 1980. In de data van 1990 tot 2023 is de soortenrijkdom hoger in de percelen zonder stikstofgiften (Figuur 36). In de percelen waar kalk (Ca) is toegediend, is de soortenrijkdom het hoogst (in 2023 38 soorten). In de percelen met stikstofgiften (N, NPK en PK+N) zijn de soortenaantallen lager. In 2023 zijn er tussen 15 en 25 soorten in de percelen met stikstofgiften waargenomen.



Figuur 36 Soortenrijkdom van de frequentie van de aangetroffen soorten in het Ossekampen-experiment (percentage van de deelmonsters waarin de soort werd aangetroffen) tussen 1990-2023.

De historische waarnemingen van soortenrijkdom maken een reconstructie mogelijk van het verloop van het voorkomen van lidrus in de loop van de jaren. In de eerste fase van het experiment, van 1958 tot 1990, kwam erg weinig lidrus in de percelen voor (0-2%). De hoogste mate van voorkomen werd aangetroffen in de percelen met PK- en K-bemesting (3% van de deelmonsters in de periode van 1958 tot 1966), 10% in de controlepercelen zonder meststoffen (0) vanaf 1966. Na 1991 is er een toename van lidrus in alle percelen aangetoond (Figuur 37), met de grootste toename in de controlepercelen (0) en in de percelen waarin individuele meststoffen worden toegediend (Ca, K, N, P). Gemiddeld kwamen in deze percelen tussen 22% en 32% lidrus voor. Maximale mate van voorkomen werd aangetoond in de controlepercelen en in de percelen met P-bemesting, die tijdelijk een maximale frequentie van 76% lidrus bereikte. In de percelen met PK-bemesting kwam gemiddeld 12,4% lidrus voor in de periode van 1990 en 2023. Het laagste voorkomen van lidrus is aangetoond in de percelen met de hoogste giften aan gecombineerde meststoffen (NPK, PK+N).



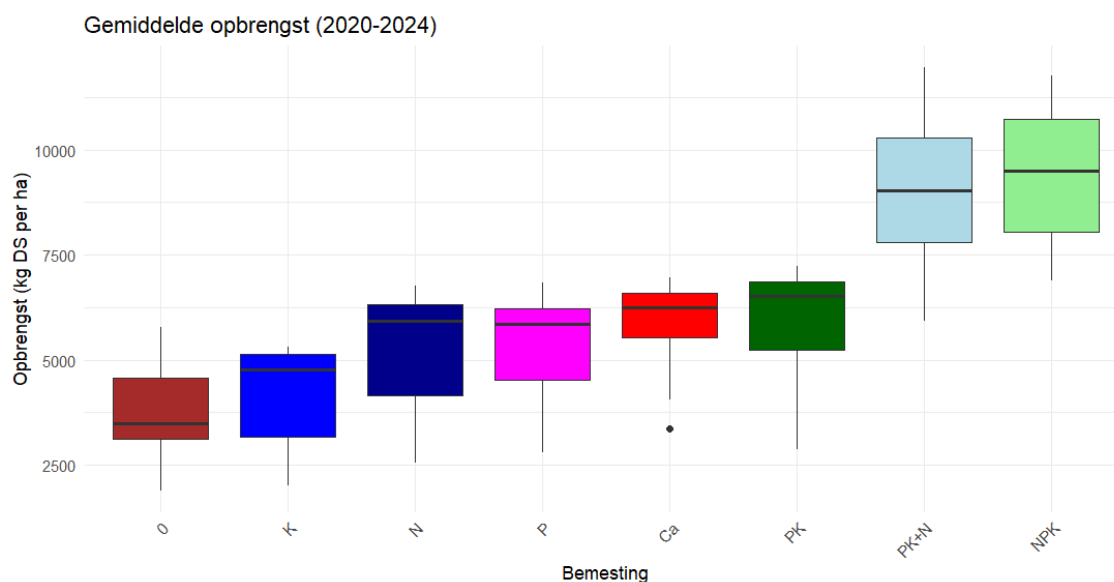
Figuur 37 De frequentie van voorkomen van lidrus (percentage van de deelmonsters waarin de soort werd aangetroffen tussen 1990-2023). Een hoge frequentie van lidrus wordt aangetroffen bij de behandelingen 0, Ca, K, N, P (boven de stippellijn). Tussen de stippellijnen ligt de PK-bemesting. Onder de stippellijn een lage frequentie van lidrus bij NPK en PK+N-bemesting.



Figuur 38 Een beeld van de soortensamenstelling in enkele percelen: links controle (0) zonder bemesting, midden PK-bemesting, rechts NPK-bemesting (Foto's G. van Dijk).

De gemiddelde opbrengst (2020-2024)

De gemiddelde opbrengst in de percelen is significant verschillend tussen de bemestingsbehandelingen. In Figuur 39 is de totale gemiddelde opbrengst van de twee maaisnedes per jaar in kilogram droge stof (DS) van de jaren 2020 tot 2024 weergegeven. De volgorde van de opbrengst is oplopend van laag naar hoog. In de controlebehandeling zonder bemesting (0 = rood) is de laagste opbrengst gemeten (3700 kg DS ha). De hoogste opbrengst is gemeten in de percelen waar de combinatie van alle drie meststoffen werd toegediend (lichtblauw PK+N 9000 kg DS ha in lichtblauw en NPK 9500 kg DS ha in lichtgroen).



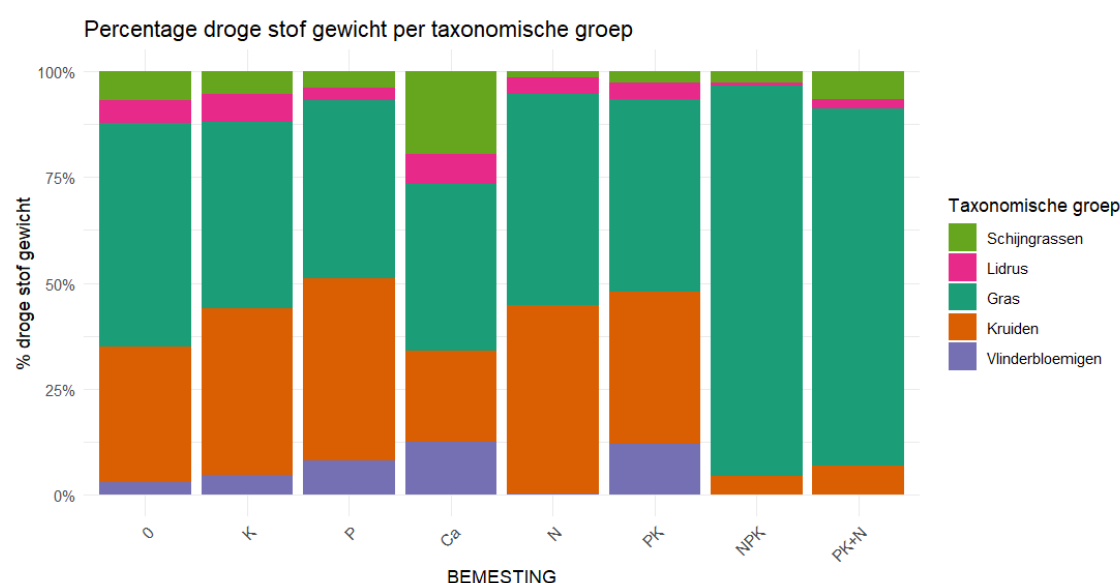
Figuur 39 De gemiddelde opbrengst van de verschillende bemestingen in het Ossekampen-experiment in kg droge stof per ha (gemiddelde per jaar over 2020-2024). De behandelingen zijn gesorteerd van laag naar hoog.



Figuur 40 Illustratie van het verschil in biomassaproductie (opbrengst) van twee aangrenzende proefvlakken met N-bemesting (links) en met PK+N-bemesting (rechts) (Foto G. van Dijk).

Het percentage droge stofgewicht per taxonomische groep en de groeistadia van lidrus

Figuur 41 laat het gemiddelde gewichtspercentage van de taxonomische groepen van juni 2024 en 2025 zien. Grassen zijn de dominante plantgroep in de percelen. In de percelen met NPK-bemesting is 92% van de opbrengst bepaald door grassen en 4,4% van de opbrengst is bepaald door kruiden. Het gewichtspercentage van lidrus in de NPK- en PK+N-bemesting is 0,9% en PK+N 2,4%, respectievelijk. In de percelen waar kalk (Ca) is toegediend, is 40% van het drogestofgewicht bepaald door grassen, 21% door kruiden, 12% door vlinderbloemingen en 7% door lidrus. In de percelen met stikstofbemesting komen geen vlinderbloemingen voor. Tijdens de monsternamen zijn ook de groeistadia van de lidrusplanten beoordeeld (Figuur 42). In de NPK-behandeling was lidrus het meest ontwikkeld (groeistadia 3-4).



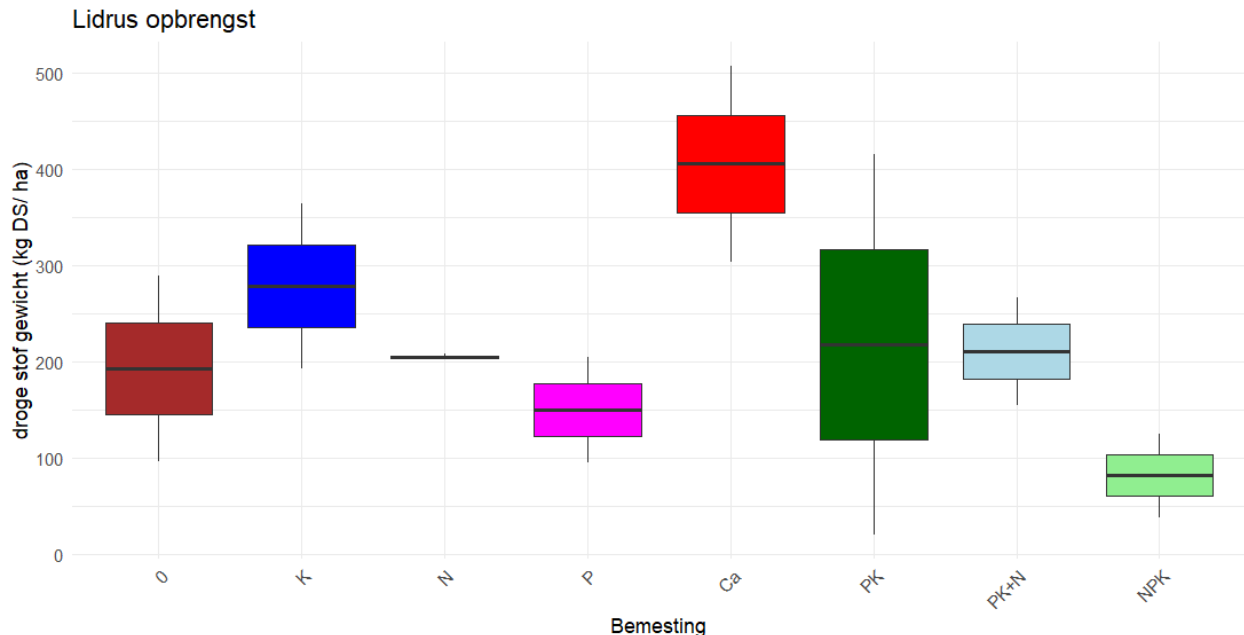
Figuur 41 Het percentage drogestofgewicht per taxonomische groep.



Figuur 42 De verschillen in groeistadia van lidrus op de Ossekampen begin juni 2025. Links controlebehandeling (groeistadia 2 en 3), midden NPK-behandeling (groeistadia 3 en 4), rechts K-behandeling groeistadia 3 naar het classificatiesysteem zoals beschreven in § 3.2.

Lidrusopbrengst

De lidrusopbrengst (het drogestofgewicht per hectare) verschilt tussen de percelen (Figuur 43). In de percelen met NPK-bemesting is de opbrengst van lidrus 80 kg ds per ha. In de percelen met bekalken (Ca) is de opbrengst van lidrus 406 kg Ds ha.



Figuur 43 Lidrusopbrengst in kg droge stof per ha (berekend door gemiddelde percentage voorkomen lidrus (2024-2025) en gemiddelde opbrengst in kg DS (2020-2024)).

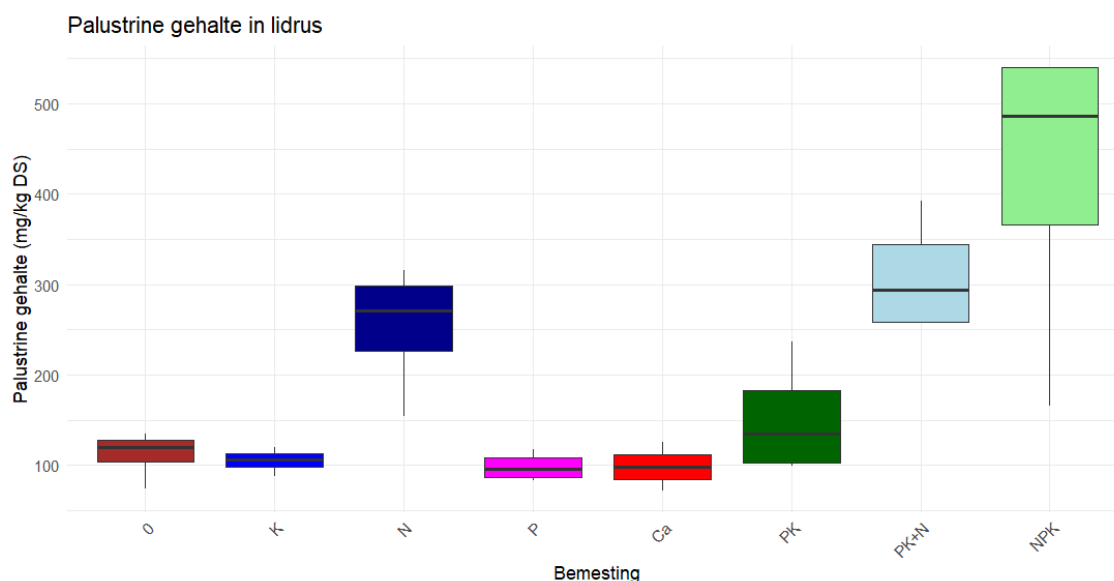
De stikstof en silicium gehalten van lidrus in juni 2024

De verschillende taxonomische groepen verschillen significant in hun minerale samenstelling.⁷⁷ Lidrus heeft een hoger gehalte aan silicium (330 mg/kg DS), zwavel (3304 mg/kg DS) en stikstof (20580 mg/kg DS) in vergelijking met de mineralen gehalten in grassen (237 Si mg/kg DS, 1325 S mg/kg DS, 16888 N mg/kg DS).

Het palustrinegehalte in lidrus

Het palustrinegehalte was significant hoger in de percelen waar stikstof als meststof is toegediend (Figuur 45). De hoogste palustrinegehaltenes zijn gemeten in de percelen met NPK-bemesting met een gehalte van 420 mg palustrine per kg droge stof, gevolgd door PK+N-bemesting 309 mg palustrine per kg droge stof en N-bemesting 253 mg palustrine per kg droge stof. In het perceel met PK-bemesting is geen stikstof als meststof toegediend, maar is het gehalte nog steeds 150 mg palustrine per kg droge stof. Het perceel met PK-bemesting is gekenmerkt door een gemiddelde opbrengst 5800 kg DS, waarvan 700 kg droge stof uit vlinderbloemigen bestaat.

Deze resultaten werden besproken met de twee experts (prof. J. Müller van de Universiteit Rostock en dr. T. Beuerle van de Universiteit Hannover). Zij wezen erop dat deze resultaten overeenkomen met de hypothese dat de beschikbaarheid van stikstof een belangrijke factor is voor de synthese van palustrine (zie ook § 3.1). Dat betekent dat uitsluitend bij aanwezigheid van voldoende stikstof de aanmaak van hogere gehalten aan palustrine kan plaatsvinden. Er werd geen significant verschil gevonden van het palustrinegehalte tussen 2024 en 2025 ($t(46) = 1.53, p = 0.132$), maar de standaardvariatie van de palustrinegehaltenes in de percelen was erg groot, met name in percelen met hoge palustrinegehaltenes.



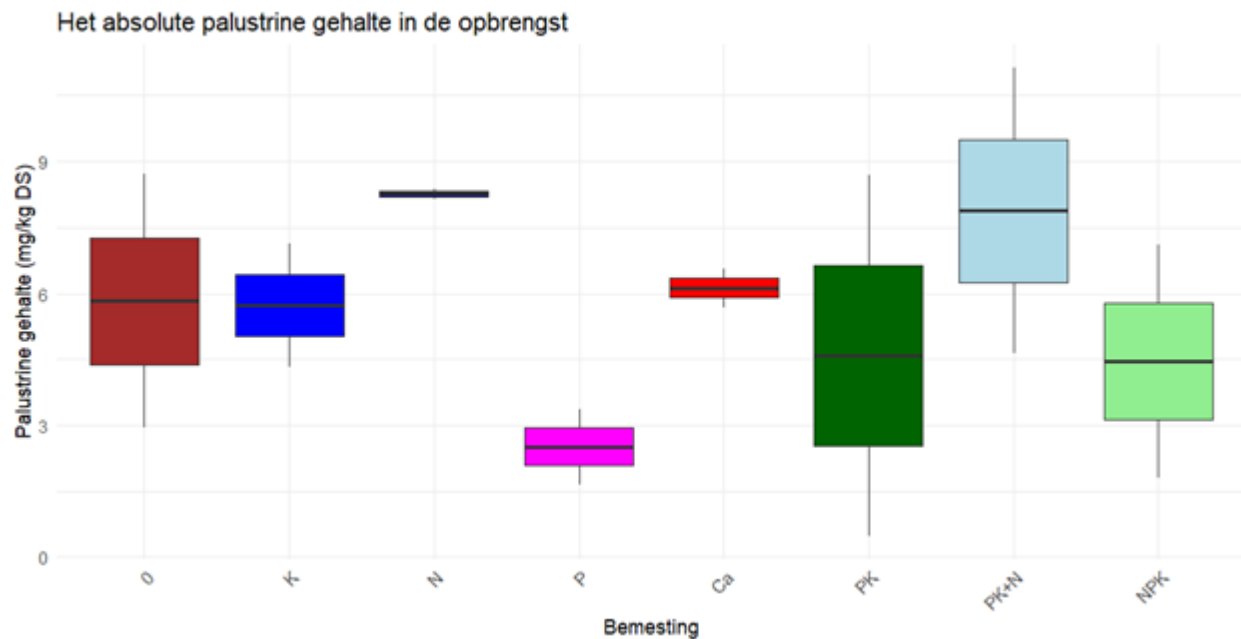
Figuur 44 Palustrinegehalte in lidrus (mg/ kg DS).

Het absolute palustrinegehalte in de opbrengst

Er is weinig bekend over het absolute palustrinegehalte in de opbrengst ingezet als ruwvoer. Het absolute palustrinegehalte van de opbrengst kan een indicatie geven over de giftigheid van het ruwvoer. Opvallend is dat het absolute palustrinegehalte niet significant verschilt tussen de verschillende bemestingsbehandelingen (ANOVA, n.s.). Het absolute palustrinegehalte in het ruwvoer schommelt tussen 2,5 mg palustrine per kg DS bij P-bemesting en 8,2 mg palustrine per kg DS bij stikstof bemesting (N). Dat de absolute toxische gehalten niet verschillend zijn, heeft diverse oorzaken.

A) In de percelen die gedomineerd zijn door grassen en een hoge opbrengst groeit er minder lidrus. De opbrengst is hoog van de dichtgegroeide zode die weinig licht doorlaat. De grassen hebben een groeivoordeel en bovendien bevordert de bemesting met stikstof de palustrinesynthese (correlatie opbrengst en palustrinegehalte significant $R = 0.847, P = 0.05$). In de percelen met PK-bemesting is de zode wat dichter en groeit er een gelaagdheid van grassen, kruiden en vlinderbloemigen door elkaar heen. In deze behandeling heeft de bemesting met P en K waarschijnlijk een positief effect op de stikstoffixatie in de wortelknolletjes.⁷⁸ Dit zorgt er wederom voor dat er meer stikstof in de plant en de wortelzone terecht komt. Waarschijnlijk komt deze stikstof de palustrinesynthese ten goede.

B) In kruidenrijke percelen met een lagere opbrengst is de zode meer gelaagd en lichtdoorlatend. De groeiomstandigheden zijn beter voor lidrus, maar door lagere of geen beschikbaarheid van stikstof is de palustrinesynthese beperkt.



Figuur 45 Het absolute palustrinegehalte in de totale opbrengst.

7.2.4 Conclusie

In het Ossekampen-experiment is aangetoond dat meer lidrus voorkomt in de percelen met een hogere soortenrijkdom en een lagere opbrengst. In deze percelen is de opbrengst lager en is de zode open, zodat er meer licht beschikbaar is voor de groei van lidrus. In de percelen met hogere mestgiftes, en vooral met andere stikstofbemesting, komt er minder lidrus voor (lagere dichtheid aan spruiten). In percelen met NPK- en PK+N-bemesting wordt de biomassa gedomineerd door grassen, die een dichte zode vormen. In deze percelen is er veel minder licht beschikbaar en dit beperkt de groei van lidrus.

Tot op heden wordt ervan uitgegaan dat de mate van voorkomen van lidrus een positieve correlatie heeft met de absolute gehalten van het giftige palustrine in lidrus. In dit onderzoek is daarentegen aangetoond dat de richting van deze relatie significant negatief is. Analyses van de Ossekampen hebben aangetoond dat de mate van voorkomen van lidrus (dichtheid) negatief gecorreleerd is met de giftigheid van de lidrusspruiten. Dit komt waarschijnlijk doordat voor het aanmaken van palustrine relatief veel stikstof nodig is.

In het Ossekampen-experiment is er dus een significant spanningsveld aangetoond tussen een hogere opbrengst en een hoger palustrinegehalte in de spruiten in afhankelijkheid van het bemestingsbeheer. Daar tegenover staat een lagere opbrengst met hogere aantallen lidrus in de kruidenrijke grasland percelen met een lager palustrinegehalte in de spruiten. Aanvullend onderzoek over het effect van het beheer op de giftigheid van lidrus is nodig. Makkelijker toegankelijkheid van analysemethoden voor het palustrinegehalte zou het mogelijk maken dat melkveehouders ruwvoeranalyses kunnen uitvoeren. Hoeveel palustrine er daadwerkelijk via het ruwvoer in het dier terechtkomt, is uiteindelijk ook afhankelijk van andere factoren zoals de voermethode (zie § 7.1).

8 Discussie effectiviteit maatregelen tegen lidrus

Erkenning van het probleem en herkenning van risicoplekken

- Lidrus is een onopvallende plant en uit gesprekken met boeren waarbij de plant voorkomt op het bedrijf blijkt dat men zich vaak nog niet bewust is van het voorkomen van de plant en van de mogelijke risico's voor de diergezondheid. Dit kan leiden tot 'onverklaarbare gezondheidsproblemen' van dieren.
- Om problemen te voorkomen, is het in de eerste plaats belangrijk om lidrus in het veld goed te herkennen. De soort wordt vaak verward met de verwante heermoes; tips voor herkenning van lidrus staan beschreven in § 2.2.
- Voor een goede risicobeoordeling is het vervolgens belangrijk om inzicht te hebben in de milieucondities die lidrus bevorderen (zie § 4.2). Op basis hiervan kan voor het bedrijf ingeschat worden of er plekken zijn waar de kans relatief groot is dat er al lidrus voorkomt of zich kan vestigen.
- Lidrus groeit in het agrarisch gebied vooral in slootkanten en in vochtig tot nat grasland. De soort komt op allerlei bodemtypen voor, maar vooral als er kleiige lagen in de ondergrond aanwezig zijn die wat verrijkt zijn met silicium en andere mineralen en als de productiviteit iets lager is. Vroeger waren dit vaak de percelen die op iets grotere afstand lagen van de huiskavel. Lidrus heeft veel licht nodig en wordt in graslanden bevorderd door extensivering van de bemesting (met daardoor een minder productieve grasmat), een hoge grondwaterstand en open plekken in de zode. Lidrus vestigt zich vaak eerst in slootkanten na vermindering van de mestgift en kan vanuit deze uitvalsbasis het perceel binnendringen. Bij een verkenning van risicoplekken op een bedrijf is het daarom nuttig om eerst te focussen op schrale slootkanten.
- In percelen die op basis van de bovengenoemde milieucondities in potentie geschikt zijn voor lidrus is het goed om alert te zijn en op de aanwezigheid van lidrus.

Geen eenvoudige oplossingen

- Uit hoofdstuk 5 en 6 blijkt dat als lidrus eenmaal aanwezig is in een perceel, het erg lastig is om de soort met maatregelen terug te dringen. Dit komt doordat ze een zeer uitgebreid wortelstelsel ontwikkelt dat meer dan 3 m diep in de grond kan reiken en waarin lange horizontale wortelstokken gevormd waarmee ze grote gebieden kunnen koloniseren.
- Er is geen eenvoudige manier om het aandeel aan lidrus in de vegetatie sterk en langdurig terug te dringen zonder dat dit ten koste gaat van de biodiversiteit en/of de opbrengst. Bovendien blijkt dat sommige maatregelen vaak eerder een negatief effect hebben dan een positief, medeafhankelijk van de bodemcondities. Dit geldt bijvoorbeeld voor het toedienen van kalk en steenmeel (§ 5.1.2).

Voorkomen is beter dan genezen

- Het is daarom in de eerste plaats van belang om op bedrijfsniveau te voorkomen dat lidrus zich uitbreidt naar percelen waarin het nog niet voorkomt.
- Hierbij is het belangrijk om te voorkomen dat de soort nieuwe percelen kan koloniseren via wortelfragmenten of wortelknolletjes, bijvoorbeeld bij het schonen van sloten waarin de soort voorkomt (zie § 5.5.2).

Belang van een integrale benadering op bedrijfsniveau

- **Kleine oppervlak: terugdringen.** In percelen waar de soort zich recentelijk gevestigd heeft of waarin het oppervlak waarop de soort voorkomt nog klein is, kan de soort vaak nog vrij effectief teruggedrongen worden door tijdig actie te ondernemen, bijvoorbeeld in de vorm van regelmatig rollen.
- **Groot oppervlak: risico's beheren.** Als het oppervlak waarop de soort voorkomt groter is, kan ingezet worden op beheersbaarheid van de risico's voor diergezondheid via een integrale benadering op bedrijfsniveau. Enkele belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:
 - Terugdringen van lidrus vergt veel tijd en geduld.
 - Over het algemeen geldt dat een **combinatie van maatregelen het effectiefst** is, bijvoorbeeld rollen met aansluitend intensieve beweiding of regelmatig maaien. Dit benadrukt het belang van een integrale benadering van het probleem.

- o Maatregelen zijn alleen effectief als het **hele gebied waarin de soort voorkomt** grondig behandeld wordt. Zo blijkt dat de soort in slootkanten vaak de dans ontspringt, vooral als deze wat schraler zijn. Omdat in het uitgebreide wortelstelsel veel reserves opgeslagen zitten (zowel energie als voedingsstoffen), kunnen ze vanuit zo'n uitvalsbasis het perceel weer snel koloniseren.

Maatwerk op zoek naar een werkbare balans tussen biodiversiteit en risico's

- Voor kruidenrijk grasland (waar een hogere mestgift ongewenst is), is **rollen vaak de beste optie** voor het terugdringen van lidrus. In wat schralere, soortenrijke graslanden komen soms echter diverse bedreigde plantensoorten die net als lidrus ook slecht tegen rollen kunnen (zoals orchideeën).
- **Andere maatregelen die, vooral in combinatie, relatief effectief kunnen zijn** in het terugdringen van lidrus zijn een **hogere mestgift** (niet altijd mogelijk of gewenst), **frequenter maaien of intensiever beweiden** (bv. stripbegrazing of drubbegrazing vroeg in het groeiseizoen).
- In het algemeen geldt dat **maatregelen die relatief effectief zijn** in het terugdringen van lidrus, **vaak ook vaak leiden tot een reductie van de soortenrijkdom** van het grasland en soms ook tot een reductie van de opbrengst of negatieve effecten voor het milieu, bijvoorbeeld een hogere uitstoot van broeikasgassen. Een overzicht van de in dit rapport besproken maatregelen met hun effecten is te vinden in Tabel 8. Voor een werkbare balans tussen biodiversiteit en risico's voor de diergezondheid is dus maatwerk nodig, medeafhankelijk van het type bedrijf.
- Naast maatregelen gericht op het terugdringen van lidrus kan ook gekozen worden voor **acceptatie** van de aanwezigheid van lidrus in combinatie met alternatieve vormen van gebruik van het ruwvoer (§ 5.6). Zo blijkt dat bij **extra schudden van hooi** de brokkelige zijscheuten van lidrus vaak deels uit het hooi vallen, zodat het gehalte aan gifstoffen in goed bewerkt hooi vaak aanzienlijk lager is dan direct na het maaien. De verlaging van het gehalte aan gifstoffen door verbrokkeling wordt nog versterkt bij voeding uit hooiruiven. Bij hooi met daarin lidrus moet het daarom afgeraden worden om gemorste voerresten weer opnieuw aan te bieden.
- Om de gezondheidsrisico's van kuil te verlagen, laten sommige boeren de **randen van de percelen** waar lidrus voorkomt **in aparte balen inkuilen**. Op deze manier is het mogelijk om de rest van het kuilvoer vrij te houden van lidrus. De balen die wel lidrus bevatten, kunnen eventueel **in heel kleine porties opgevoerd worden of gemengd** worden met ander voer. Omdat er nog geen eenvoudige analysemethode beschikbaar is van het palustrinegehalte, is de verwerking in hooi van percelen met lidrus echter **nog geen betrouwbare manier om het vergiftigingsrisico te elimineren**.
- Biomassa van graslanden met een hogere bedekking (> 5%) lidrus in de biomassa is geschikt voor het opwekken van energie. Lidrus heeft een hoog eiwitgehalte en dit is **bruikbaar voor omzetting in energie via biomethanisatie**. Tijdens de biomethanisatie worden de palustrinegehaltenes tot 95% verlaagd en lidrus heeft geen negatief effect op dit biomethanisatieproces. Deze maatregel is natuurlijk alleen bruikbaar als er een biomethanisatie-installatie op een acceptabele afstand beschikbaar is.
- Vanuit het perspectief van de melkveehouder is het voorkomen van lidrus in de wei meestal ongewenst. Maar zoals Johan Cruijff al zei: 'Elk nadeel heb zijn voordeel'. Lidrus is in staat om nutriënten uit diepe bodemlagen omhoog te halen waar andere planten niet bij kunnen. Op zeer nutriëntenarme bodems kunnen paardenstaarten daardoor dienen als een soort nutriëntenpomp die nutriënten weer beschikbaar maakt voor andere plantensoorten. In onbemeste graslanden kunnen paardenstaarten daarmee een belangrijke rol spelen in de kringloop van met name fosfaat, kalium en calcium.

Het effect van stikstofbemesting op het palustrinegehalte

- Hoofdstuk 5 en 6 van dit rapport zijn voornamelijk gericht op het terugdringen van de hoeveelheid lidrusspruiten in een perceel. Maatregelen kunnen waarschijnlijk echter effect hebben op het gehalte aan gifstoffen.
- De resultaten van analyses van een oud bemestingsexperiment (De Ossekampen bij Wageningen) suggereren dat er bij sommige bemestingsregimes, ongewenste bijwerkingen kunnen optreden. **Bij bemestingsregimes die leiden tot een verhoogde beschikbaarheid van stikstof** in de bodem **neemt de dichtheid aan spruiten af, maar het gehalte aan gifstoffen per spruit neemt dan juist toe** (zie § 7.2). Dit suggereert dat er in dit geval sprake kan zijn van een **negatief verband (trade-off) tussen de hoeveelheid lidrusspruiten en de giftigheid ervan**. Dat betekent dat het ruwvoer van graslanden met weinig lidrus maar hoge toxische gehaltenes net zo giftig kan zijn als ruwvoer uit kruidenrijke graslanden waarin veel lidrus voorkomt. Er is echter meer onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in de achterliggende mechanismen hiervan.

Kennishiaten

- Voor andere maatregelen dan bemesting is het nog onbekend in hoeverre ze een effect hebben op het gehalte aan palustrine in de spruiten. Dit is een belangrijk kennishiaat waarvoor vervolgonderzoek nodig is. Het is hierbij belangrijk dat ook in Nederland analysemethodes beschikbaar komen die het gehalte aan palustrine van het ruwvoer kunnen bepalen.
- Uit het rapport blijkt dat combinaties van maatregelen vaak beter werken dan individuele maatregelen (een integrale benadering). Bovendien blijkt dat maatregelen die relatief effectief zijn tegen lidrus, vaak nadelen hebben voor biodiversiteit, productie en/of milieu. Wat voor een bepaald bedrijf het best werkt, vergt daarom maatwerk. Er is nader onderzoek nodig om per type bedrijf te kijken naar een werkbare balans tussen biodiversiteit en risico's voor de diergezondheid. Een van de opties hierbij kan een meer regeneratieve aanpak zijn.

Tabel 8 Samenvatting van de effectiviteit van maatregelen tegen lidrus en het effect op opbrengst, biodiversiteit en milieu. Het effect wordt samengevat met een kleurcode (groen voor gunstig en oranje/rood voor ongunstig), waarvan de tint afhangt van de sterkte van het effect. Toelichting bij *: een verhoogd bemestingsniveau zorgt voor een afname van het aantal spruiten per oppervlak, maar er zijn sterke aanwijzingen dat de giftigheid toeneemt (een hoger gehalte aan palustrine per spruit). Het is aannemelijk dat andere maatregelen zoals rollen, maaien en snijden ook een invloed hebben op de gehalten aan palustrine, maar dit is niet onderzocht. Dit is een belangrijk kennishiaat.

Maatregel	Effectiviteit tegen lidrus	Effect op:			
		Giffigheid lidrus *	Gras productie	Biodiversiteit	Milieu
Graslandbeheer aanpassen					
Hogere maai frequentie	++	Onbekend	+	-	0
Hogere beweidingsintensiteit	+	Onbekend	+	-	0
Hoger bemestingsniveau *	++	-	+	-	-
Bekalken	0	Niet effectief tegen lidrus			
Steenmeel	0	Niet effectief tegen lidrus			
Bovengronds beschadiging					
Rollen	+++	Onbekend	-	-	0
Elektrocutie	+	Onbekend	--	Onbekend	0
Herbicide	0	Niet effectief tegen lidrus			
Ondergronds beschadiging					
Wortels doorsnijden	+	Onbekend	-	Onbekend	0
Ploegen	0	Niet effectief tegen lidrus			
Scheuten uitgraven	0	Niet effectief tegen lidrus			
Waterbeheer aanpassen					
Ontwatering	0	Niet effectief tegen lidrus			
Vernatting	0	Niet effectief tegen lidrus			
Beperken van uitbreiding					
Diepe sloten als brandgang	Onbekend	Onbekend			
Bagger van sloten niet verspreiden	+	0	0	0	0
Machines reinigen	+	0	0	0	0
Schadelijkheid in voer verminderen					
Hooi extra vaak schudden	+	0	0	0	0
Inkuilen (fermentatie)	0	Niet effectief tegen lidrus			
Verdunning door mengen voer	+	0	0	0	0
Alternatieve diersoort weide	0	Niet effectief tegen lidrus			
Verhitten van voer	0	Niet effectief tegen lidrus			
Alternatief gebruik besmet grasland					
Composteren	-	Risico op verspreiding lidrus			
Extractie inhoudsstoffen	Mogelijk medicinale werking? Is onbekend.				
Biomassa voor energie	0	Besmet grasland gebruiken voor biogas			+

Literatuur

- 1 Weber, C. A. *Der Duwock (Equisetum palustre)*. In *Die Bekämpfung des Unkrautes*, 2nd ed. (Paul Parey: Berlin, Germany, 1903).
- 2 Sonneveld, F. Overzicht van de oecologie en bestrijding van de Moeraspaardenstaart (with summary: Ecology and control of *Equisetum palustre* L.). *Verslag van het CLO over 1952*, 29-35 (1953).
- 3 Milovanovic, V., Radulovic, N., Mitic, V., Palic, R. & Stojanovic, G. Chemical composition of the essential oils of *Equisetum palustre* L. and *Equisetum telmateia* Ehrh. *Journal of Essential Oil Research* **20**, 310-314 (2008). <https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9700020>
- 4 Tipke, I. *et al.* HILIC HPLC-ESI-MS/MS identification and quantification of the alkaloids from the genus *Equisetum*. *Phytochemical Analysis* **30**, 669-678 (2019). <https://doi.org/10.1002/pca.2840>
- 5 Boeing, T., Moreno, K. G. T., Gasparotto, A., da Silva, L. M. & de Souza, P. Phytochemistry and Pharmacology of the Genus *Equisetum* (Equisetaceae): A Narrative Review of the Species with Therapeutic Potential for Kidney Diseases. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* **2021** (2021). <https://doi.org/10.1155/2021/6658434>
- 6 Roth, L., Daunderer, M. & Kormann, K. *Giftpflanzen-Pflanzengifte; Vorkommen, Wirkung, Therapie, Allergische und phototoxische Reaktionen*. 5., erweiterte Auflage Hamburg. (Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 2008).
- 7 Cramer, L. *et al.* Structural and quantitative analysis of *Equisetum* alkaloids. *Phytochemistry* **116**, 269-282 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.03.003>
- 8 Frohne, D. & Pfänder, H. J. r. *Poisonous plants: a handbook for doctors, pharmacists, toxicologists, biologists, and veterinarians*. 2nd ed. edn, viii, 469 pages: illustrations (some color); 28 cm (Manson, 2005).
- 9 Muller, J., Puttich, P. M. & Beuerle, T. Variation of the Main Alkaloid Content in *Equisetum palustre* L. in the Light of Its Ontogeny. *Toxins* **12** (2020). <https://doi.org/10.3390/toxins12110710>
- 10 Melchert, D., Müller, J., Wiedow, D. & Beuerle, T. *Equisetum Alkaloids Degradation in Biogas Fermentation* (Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4962850> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4962850>, 2025).
- 11 Blaschek, W. *Wichtl - Teedrogen und Phytopharmaka*, 6. Auflage. (Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 2016).
- 12 Melchert, D., Beuerle, T., Wiedow, D. & Müller, J. Effects of common forage conservation methods on the alkaloid content of grassland growths infested by marsh horsetail (*Equisetum palustre* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 115942 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115942>
- 13 Melchert, D., Müller, J., Wiedow, D. & Beuerle, T. *Equisetum* alkaloids degradation in biogas fermentation of *E. palustre* contaminated plant material. *Journal of Environmental Management* **373**, 123665 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123665>
- 14 Beier, K., Dutschmann, T.-M., Beuerle, T., Lubienski, M. & Baumann, K. Classification of Horsetails Using Predictive Modelling on NIR Spectra. *Journal of Chemometrics* **39**, e3634 (2025). <https://doi.org/10.1002/cem.3634>
- 15 Hünsche, A. K. *Untersuchungen zu möglichen Schadwirkungen einer Kontamination von Grundfutter mit getrocknetem Sumpfschachtelhalm (Equisetum palustre) bei Wiederkäuern und Ponys*, Tierärztliche Hochschule, (2010).
- 16 Lange, G. *et al.* *Sicherung wirtschaftlicher Nutzung von Feuchtgrünlandstandorten unter Berücksichtigung der Sporenpflanze Sumpfschachtelhalm*. 156 (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, DBU 26540-33/2, 2012).
- 17 Weber, C. A. & Vanselow, R. U. *Die Neue Brehm-Bücherei* 678 (VerlagsKG Wolf, Magdeburg, 2011).
- 18 Mukula, J. Studies on the biology and control of marsh horsetail (*Equisetum palustre* L.). (1963).
- 19 Counotte, G. & Mars, J. Veterinaire Toxicologie bij landbouwhuisdieren. *Diergeneeskundig Memorandum* **55**, 1-70 (2008).
- 20 Green, B. T. *et al.* Actions of piperidine alkaloid teratogens at fetal nicotinic acetylcholine receptors. *Neurotoxicology and Teratology* **32**, 383-390 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2010.01.011>

- 21 Cortinovis, C. & Caloni, F. Alkaloid-Containing Plants Poisonous to Cattle and Horses in Europe. *Toxins* **7**, 5301-5307 (2015). <https://doi.org/10.3390/toxins7124884>
- 22 Borg, P. J. V. Ecology of *Equisetum palustre* in Finland, with special reference to its role as a noxious weed. *Annales Botanici Fennici* **8**, 93-141 (1971).
- 23 Green, B. T., Lee, S. T., Panter, K. E. & Brown, D. R. Piperidine alkaloids: Human and food animal teratogens. *Food and Chemical Toxicology* **50**, 2049-2055 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.03.049>
- 24 Uotila, I. On the injuriousness of horsetail, and particularly of marsh horsetail (*Equisetum palustre*, L.) in the feeding of domestic animals, and on the distribution of this species in Finland. *Acta Agraria Fennica* **90** (1956).
- 25 Fons, F. *et al.* Volatile Composition of Six Horsetails: Prospects and Perspectives. *Natural Product Communications* **8**, 1934578X1300800426 (2013). <https://doi.org/10.1177/1934578x1300800426>
- 26 Aboling, S., Rottmann, S., Wolf, P., Jahn-Falk, D. & Kamphues, J. Case Report: Complex Plant Poisoning in Heavily Pregnant Heifers in Germany. *J. Vet. Sci. Technol.* **5**, 178 (2014).
- 27 EMA - Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC). *Assessment report on Equisetum arvense L., herba.* (European Medicines Agency (EMA), Assessment report EMA/HMPC/278089/2015, 2016).
- 28 Blüml, V., Lange, G., Most, A. & Müller, J. *Nutzungsmöglichkeiten von Feuchtgrünland mit Vorkommen vom Sumpf-Schachtelhalm (Use of wet grassland infested by Equisetum palustre)*. Vol. 34 (Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, 2014).
- 29 Westerink, J. *et al.* Kruidenrijk grasland in het veenweidegebied: Wat is het en wat kun je ermee? (2024).
- 30 Schaminée, J. H. J., Hennekens, S. M. & Ozinga, W. A. The Dutch National Vegetation Database. *Biodiversity & Ecology* **4**, 201-209 (2012). <https://doi.org/10.7809/b-e.00077>
- 31 Andersson, T. N. & Lundegårdh, B. Growth of field horsetail (*Equisetum arvense*) under low light and low nitrogen conditions. *Weed Science* **47**, 41-46 (1999). <https://doi.org/10.1017/s0043174500090639>
- 32 Andersson, T. N. & Milberg, P. Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels. *Annals of Applied Biology* **128**, 505-518 (1996). <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb07110.x>
- 33 Marsh, A. S., Arnone III, J. A., Bormann, B. T. & Gordon, J. C. The role of *Equisetum* in nutrient cycling in an Alaskan shrub wetland. *Journal of Ecology* **88**, 999-1011 (2000). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00520.x>
- 34 Lambers, H. *et al.* Strategies to acquire and use phosphorus in phosphorus-impooverished and fire-prone environments. *Plant and Soil* **476**, 133-160 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05464-8>
- 35 de Tombeur, F., Cornelis, J. T. & Lambers, H. Silicon mobilisation by root-released carboxylates. *Trends in Plant Science* **26**, 1116-1125 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.07.003>
- 36 De Boer, H. C. *Afbreksnelheid van organische stof uit runderdrijfmest: effecten van dosering, zoutgehalte en herkomst mest en grond.* (Wageningen Livestock Research, Rapport 1231, 2019).
- 37 Hodson, M. J., White, P. J., Mead, A. & Broadley, M. R. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany* **96**, 1027-1046 (2005). <https://doi.org/10.1093/aob/mci255>
- 38 Opdekamp, W. *et al.* Tussocks: Biogenic Silica Hot-Spots in a Riparian Wetland. *Wetlands* **32**, 1115-1124 (2012). <https://doi.org/10.1007/s13157-012-0341-5>
- 39 Cooke, J., DeGabriel, J. L. & Hartley, S. E. The functional ecology of plant silicon: geoscience to genes. *Functional Ecology* **30**, 1270-1276 (2016). <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12711>
- 40 Massey, F. P., Ennos, A. R. & Hartley, S. E. Grasses and the resource availability hypothesis: the importance of silica-based defences. *Journal of Ecology* **95**, 414-424 (2007). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01223.x>
- 41 de Tombeur, F. *et al.* A shift from phenol to silica-based leaf defences during long-term soil and ecosystem development. *Ecology Letters* **24**, 984-995 (2021). <https://doi.org/10.1111/ele.13713>
- 42 de Tombeur, F. *et al.* Why do plants silicify? *Trends in Ecology & Evolution* **38**, 275-288 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.11.002>
- 43 Read, D. J., Duckett, J. G., Francis, R., Ligrone, R. & Russell, A. Symbiotic fungal associations in 'lower' land plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **355**, 815-830 (2000).
- 44 Giesemann, P., Rasmussen, H. N. & Gebauer, G. Partial mycoheterotrophy is common among chlorophyllous plants with Paris-type arbuscular mycorrhiza. *Annals of Botany* **127**, 645-653 (2021). <https://doi.org/10.1093/aob/mcab003>

-
- 45 Sakamaki, Y. & Ino, Y. Tubers and rhizome fragments as propagules: competence for vegetative reproduction in *Equisetum arvense*. *Journal of Plant Research* **119**, 677-683 (2006).
<https://doi.org/10.1007/s10265-006-0026-3>
- 46 Green, A. J., Soons, M., Brochet, A.-L. & Kleyheeg, E. in *Why Birds Matter* 147-195 (University of Chicago Press, 2016).
- 47 Prop, J., Van Eerden, M. & Drent, R. Reproductive success of the Barnacle Goose *Branta leucopsis* in relation to food exploitation on the breeding grounds, western Spitsbergen. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* **181**, 87-117 (1984).
- 48 Wink, M. *et al.* Geese and dietary allelochemicals—food palatability and geophagy. *Chemoecology* **4**, 93-107 (1993).
- 49 Lange, G. Einfluss des Konservierungsverfahrens auf den Palustringehalt im Grundfutter von Grünland mit hohem Anteil Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*), Symposium AGGF, Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* **12**, 174-178 (2011).
- 50 Poinar, G. Insect herbivores of horsetails: bionomics, dispersal, and co-evolution. *American Entomologist* **60**, 235-240 (2014).
- 51 Weeda, E. J. *Nederlandse oecologische flora: wilde planten en hun relaties*. 304 p (KNNV Uitgeverij; IVN, 1985-1994).
- 52 Cawthra, E. in *Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A, General Entomology*. 95-106 (Wiley Online Library).
- 53 Hill, R. *To introduce *Grypus equiseti*, a weevil for the control of field horsetail (*Equisetum arvense*). An application to the Environmental Protection Authority for permission to release new organisms into New Zealand.*, (Environmental Protection Authority New Zealand, 2019).
- 54 Hautier, Y., Vojtech, E. & Hector, A. The importance of competition for light depends on productivity and disturbance. *Ecology and Evolution* **8**, 10655-10661 (2018). <https://doi.org/10.1002/ece3.4403>
- 55 Van Hall, H. C. *Neerlands Plantenschat, of Landhuishoudkundige Flora*. (1854).
- 56 Mulder, L. *De Boeren-goudmijn: Tijdschrift voor den nederlandschen landbouw, Volume 3*. (1857).
- 57 Čop, J., Vidrih, M. & Hacin, J. Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. *Grass and Forage Science* **64**, 454-465 (2009). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00713.x>
- 58 Weijters, M. *et al.* *Herstel van droge- en vochtige heide door middel van silicaatmineralen (steenmeel). Resultaten van negen jaar steenmeelonderzoek*. (2023).
- 59 Van Diggelen, R. *et al.* Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of een risicovolle combinatie? (2019).
- 60 Bobbink, R. *et al.* Werkt steenmeel als herstelmaatregel tegen bodemverzuring in heischrale graslanden? *Vakblad natuur bos landschap* **17**, 16-19 (2020).
- 61 Vega, I. *et al.* Interaction Between Silicon and Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis: an Ecologically Sustainable Tool to Improve Crop Fitness Under a Drought Scenario? *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* **23**, 125-138 (2023). <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00701-y>
- 62 Johnson, S. N., Powell, J. R., Frew, A. & Cibils-Stewart, X. Silicon accumulation suppresses arbuscular mycorrhizal fungal colonisation in the model grass *Brachypodium distachyon*. *Plant and Soil* **477**, 219-232 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05463-9>
- 63 Blood, T. F. The control of marsh horsetail (*Equisetum palustre*) by cutting with a flail-type forage harvester. *Grass and Forage Science* **17**, 322-322 (1962).
- 64 Westphal, J., Ertel, C. & Schleip, I. Sumpfschachtelhalm durch intensive Beweidung zurückdrängen? *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **33**, 161
- 65 Timmermans, B. G. H., Wagenaar, J. P. & van Eekeren, N. J. M. Lidrus: 'sluipmoordenaar' in de weide. *V-focus* **2010**, 29-31 (2016).
- 66 Bastiene, N., Saulys, V. & Ciuberkis, S. The spread of field horsetail (*Equisetum arvense* L.) in drained areas of Lithuania: Reasons and consequences, and possibilities for its control. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* **56**, 25-30 (2006).
<https://doi.org/10.1080/09064710510029259>
- 67 Marshall, G. Growth and Development of Field Horsetail (*Equisetum arvense* L.). *Weed Science* **34**, 271-275 (1986).
- 68 CABI. *Equisetum arvense*. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International, www.cabi.org/isc (2021).

-
- 69 Beaumelle, L. *et al.* Pesticide effects on soil fauna communities—A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **60**, 1239-1253 (2023). [https://doi.org:https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437](https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437)
- 70 Husby, C. Biology and Functional Ecology of Equisetum with Emphasis on the Giant Horsetails. *The Botanical Review* **79**, 147-177 (2013). [https://doi.org:10.1007/s12229-012-9113-4](https://doi.org/10.1007/s12229-012-9113-4)
- 71 Nowak, M. *et al.* Biomarker-Based Determination of Equiseti herba Contamination by Equisetum palustre Using HPLC-MS/MS. *Planta Medica* **88**, 447-454 (2022).
- 72 Sureshkumar, J. *et al.* Genus Equisetum L: Taxonomy, toxicology, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology* **314**, 116630 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116630>
- 73 Al-Snafi, A. E. The pharmacology of Equisetum arvense-A review. *IOSR Journal of Pharmacy* **7**, 31-42 (2017).
- 74 Korevaar, H. & Geerts, R. H. E. M. in *Proceedings of the Conference Valuing long-term sites and experiments for agriculture and ecology*. 253-256 (Association of Applied Biologists).
- 75 Berendse, F. *et al.* A matter of time: Recovery of plant species diversity in wild plant communities at declining nitrogen deposition. *Diversity and Distributions* **27**, 1180-1193 (2021). <https://doi.org/10.1111/ddi.13266>
- 76 De Vries, D. M. Method and Survey of the Characterization of Dutch Grasslands. *Vegetatio* **1**, 51-57 (1948). [https://doi.org:10.2307/20034451](https://doi.org/10.2307/20034451)
- 77 Bufe, C. *et al.* Long-term effects of fertilisation on the botanical composition and the macro- and micronutrient concentrations. *Grassland Science in Europe* **30**, 350-352 (2025).
- 78 Divito, G. A. & Sadras, V. O. How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. *Field Crops Research* **156**, 161-171 (2014). [https://doi.org:10.1016/j.fcr.2013.11.004](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.004)

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3463
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3464
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
