



BEMESTINGSADVIES

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen

Notitie

Bemestingsadvies voor koper op grasland

november 2023

**Karst Brolsma
Jantine van Middelkoop**



BEMESTINGSADVIES

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen

Colofon

Uitgever

Commissie Bemesting Grasland en
Voedergewassen
p.a. Wageningen UR Livestock
Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
E-mail webmaster.asg@wur.nl
Internet
<http://www.bemestingsadvies.nl>

Vormgeving, redactie en fotografie

Animal Sciences Group
van Wageningen UR

© Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen

Overname van de adviezen is toegestaan,
mits de bron uitdrukkelijk wordt vermeld

De Commissie Bemesting Grasland en
Voedergewassen is een initiatief van
LTO-Nederland en wordt gefinancierd
door het ZuivelNL. De commissie
draagt er zorg voor dat er een
onafhankelijk bemestingsadvies voor
iedereen beschikbaar is.

Aansprakelijkheid

De Commissie Bemesting Grasland en
Voedergewassen aanvaardt geen
aansprakelijkheid voor eventuele schade
die voortvloeit uit het gebruik van de
bemestingsadviezen

1 Aanleiding

In het bemestingsadvies wordt een koperadvies gegeven bij lage gehalten koper in de bodem. Het advies is maximaal 6 kg koper per hectare voor 4 jaar, zowel voor grasland als voor maisland. Koper is belangrijk voor gewasgroei en -ontwikkeling van planten en dieren, echter een hoge aanvoer kan leiden tot bodemverontreiniging en uit- of afspoeling naar oppervlaktewater.

Een belangrijke eigenschap van een bodem is de beschikbaarheid van nutriënten. Een vruchtbare bodem kan een deel van de nutriënten leveren voor de behoefte van gras. Koper in de bodem wordt in het huidige grondonderzoek gemeten als plantbeschikbaar koper op basis van calciumchloride extractie. In de bodem is het beschikbare koper sterk afhankelijk van het gehalte klei, het gehalte organische stof en de pH. Graslanden laten een dalend gehalte plantbeschikbaar koper zien (Brolsma, 2019). De verwachting is dat de lage kopergehalten in de bodem niet direct een risico zijn voor een tekort aan koper voor de productie van gras door voldoende aanvoer vanuit rundveedrijfmest.

De koperaanvoer in de Nederlandse graslandbodems wordt grotendeels ingevuld met drijfmest. Over het algemeen wordt aangenomen dat de aanvoer van koper via drijfmest hoog genoeg is om in de behoefte van het gras te voorzien. In het Handboek Bodem en Bemesting wordt aangegeven dat er gemiddeld 11 gram koper per ton rundveedrijfmest zit (Samenstelling Organische Meststoffen, 2023). Bij een gift van 60 m³ per hectare rundveedrijfmest per jaar op grasland is de aanvoer ruim 0,5 kg per hectare. Na het vervallen van de derogatie in 2026 blijft er ruimte voor ca. 40 m³ per hectare, de aanvoer is daarmee ruim 0,4 kg per hectare. Het meerjarengemiddelde kopergehalte in graskuilen ligt rond 7 mg per kg droge stof. De opname van koper bij 10 ton droge stof per hectare per jaar wordt dan 70 gram (=0,007 kg) koper. Daarmee is de onttrekking van het grasland ruim aangevuld met de aanvoer vanuit drijfmest.

In gras speelt koper een belangrijke rol in onder andere fotosynthese, respiratie en metabolisme van koolstof en stikstof. Aan de ene kant moet er voldoende koper beschikbaar zijn voor de groei en de ontwikkeling van het gras. Aan de andere kant moet een te hoog gehalte in bodem en in gras worden vermeden. Voor gewassen is de kritieke waarden voor een tekort bij kopergehalten die lager liggen dan 5 mg Cu/kg droge stof. Voor dieren ligt het gehalte op minimaal 12 mg/kg droge stof. Kritieke waarden voor toxische effecten van koper zijn te verwachten bij een gehalte van meer dan 20 mg/kg droge stof (Marschner 2012). Het kopergehalte in gras moet boven de kritieke waarde liggen om geen negatief effect te hebben op de groei en de ontwikkeling van het gras.

De relatie tussen koper in de bodem en het kopergehalte in gras is niet sterk. In een studie naar micronutriënten in relatie tot bemestingsadviezen werden verschillende verbanden gevonden tussen het kopergehalte in bodem en in gewas in potproeven en veldproeven (van Rotterdam & Bussink, 2016). In deze studie werden zowel positieve verbanden, negatieve verbanden als geen verbanden gevonden. In 2015 tot en met 2017 was in Noord Holland onderzoek gedaan naar het risico voor landbouwkundig gebruik van gesaneerde stortplaatsen van vervuilde grond (Römkens en Linders, 2019). In deze studie kwam geen verband naar voren tussen het gehalte koper in bodem en gras.

Eurofins heeft afgelopen onderzoek gedaan naar koper in de bodem, mest en gras. Dit onderzoek gaat na hoe hoog koper is in Nederlandse graslandbodems, in de rundveedrijfmest, in vers gras en in graskuil en welke verbanden er onderling zijn. De door Eurofins Agro gemeten graslanden en graskuilen van de laatste jaren zijn op een rij gezet en er worden resultaten gepresenteerd uit twee casestudies.

2 Materiaal en methoden

2.1 Data Nederland

De hoeveelheid plantbeschikbaar koper in de bodem en koper in graskuilen worden al geruime tijd gemeten door Eurofins Agro. Van alle monsters is het bekend uit welk gebied deze afkomstig zijn. Voor de grondmonsters is bekend welke grondsoort het is en of het perceel in gebruik is als grasland. Op basis hiervan is een indeling te maken van de kopergehalten in Nederlandse graslanden per grondsoort.

Het gemiddelde plantbeschikbare kopergehalte in Nederlandse graslandbodems (en de standaardfout ervan) is voor de jaren 2020, 2021 en 2022 berekend op basis van grondsoorten. Deze jaren zijn geselecteerd, omdat de metingen van de twee casestudies (zie hieronder) in deze periode zijn gedaan.

Het gemiddelde gehalte koper in graskuilen is bepaald per jaar voor alle grondsoorten samen. Het is in de data voor de graskuilen van Nederland niet na te gaan welke grondsoort bij het gehalte koper hoort. In de casestudies is de koppeling tussen koper in het gras en grondsoorten wel te maken.

2.2 Data case studies

In de eerste casestudie zijn jaarlijks 10 percelen grasland gemeten in 2020, 2021 en 2022. De percelen zijn geselecteerd om tot een representatief beeld te komen van de graslanden in Nederland. In het onderzoek zitten 3 dekzand, 3 zeeklei, 1 rivierklei, 1 veengrond, 1 kleilig veen en 1 lössgrond. Elk jaar is op dezelfde locatie in hetzelfde perceel gemeten.

In de tweede Case zijn er 9 percelen grasland gemeten in 2020 in Noord-Holland, er zijn hier 3 duin-/zeezand, 3 kleigrond en 3 veengrond percelen geselecteerd.

2.2.1 Bodem

Ieder jaar is voorafgaande de grasgroei de bodemvruchtbaarheid geanalyseerd met behulp van de BemestingsWijzer van Eurofins Agro. De monsternamen grond voor de BemestingsWijzer is gedaan in een voor het betreffende perceel representatief deel van maximaal 0,5 ha groot. In het deel zijn voor elke meting 40 prikken gestoken, 2 cm diameter en 10 cm diep, alle grond is samengevoegd tot een mengmonster. In het grondmonster is onder andere de textuur, het gehalte organische stof, de pH en de hoeveelheid plantbeschikbaar koper gemeten.

2.2.2 Bemesting

De bemesting is uitgevoerd volgens de bemestingsstrategie die de veehouder hanteert voor zijn bedrijf. De hoeveelheid is opgevraagd bij de veehouders en de hoeveelheid mest die is toegediend voor snede 1 staat in Bijlage 1. De drijfmest is geanalyseerd op de samenstelling met behulp van Mest Check, aanvullend is in casestudie 2 ook het kopergehalte in de mest gemeten. Via kunstmest is er geen koper gegeven in de graslanden in beide casestudies.

2.2.3 Gras

De bepaling van de biomassa van het gras is vanaf eind maart (bij voldoende gras) tweewekelijks gemeten in combinatie met de VersGrasCheck tot en met de eerste snede. Het grasgewicht is bepaald met behulp van een raamwerk (0,5 * 0,5 m) wat 8 keer random in het afgebakende deel van het perceel is gegooid. Daarbij is al het gras weggeknipt op 5 cm hoogte, gewogen en vervolgens geanalyseerd. De gegevens zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de groei en de ontwikkeling van het gras. De grasmonsters zijn geanalyseerd op onder andere het gehaltes aan droge stof en koper. Aanvullend is het gras chemisch geanalyseerd op de aminozuren: leucine, lysine, histidine en methionine.

2.3 Data analyse

Voor de metingen grond, mest en gras in beide casestudies is het gemiddelde en de standaardfout bepaald per grondsoort. De aanvoer van koper is berekend op basis van de hoeveelheid drijfmest in combinatie het gemeten gehalte koper en droge stof van de mesten.

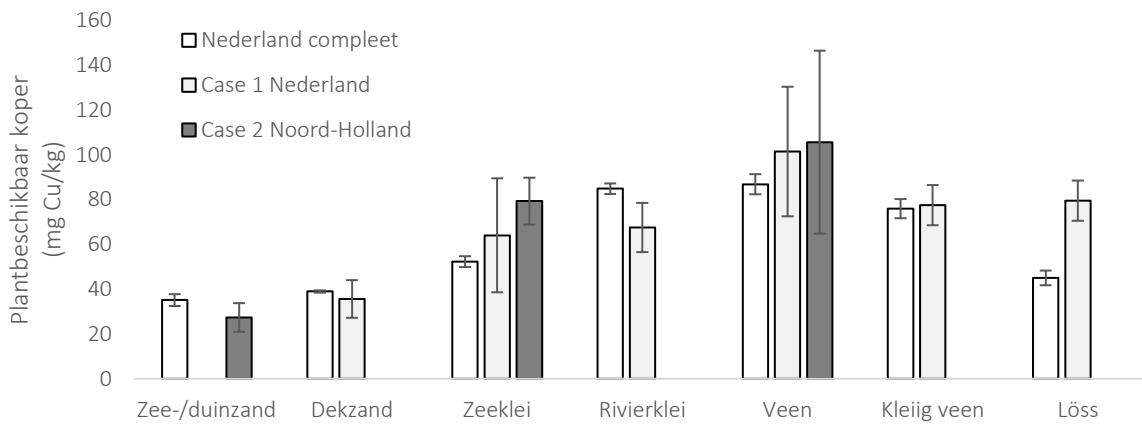
Voor de opname van koper is de droge stofopbrengst bij snede gecombineerd met het gemeten gehalte koper en droge stof van het gras.

Om na te gaan welke verbanden er zijn tussen bodem, bemesting en gras zijn er voor de beide casestudies correlatiecoëfficiënten bepaald en deze zijn vervolgens getoetst, op basis van een tweezijdige overschrijdingskans van 5% en is er nagegaan of er sprake was van een trend (overschrijdingskans tussen 5 en 10%).

3 Resultaten

3.1 Bodem

In Figuur 1 staan de gemiddelde plantbeschikbare kopergehalten in de bodem voor alle Nederlandse graslanden en voor beide casestudies. Met name de zandgronden zijn lager in koper ten opzichte van de andere grondsoorten. In de eerste casestudie is het kopergehalte op rivierklei lager ten opzichte van de alle metingen van Nederland, terwijl voor de lössgronden het omgekeerde het geval is. In de resultaten uit de tweede casestudie is het kopergehalte op zeeklei hoger ten opzichte van de zeekleigronden van heel Nederland.

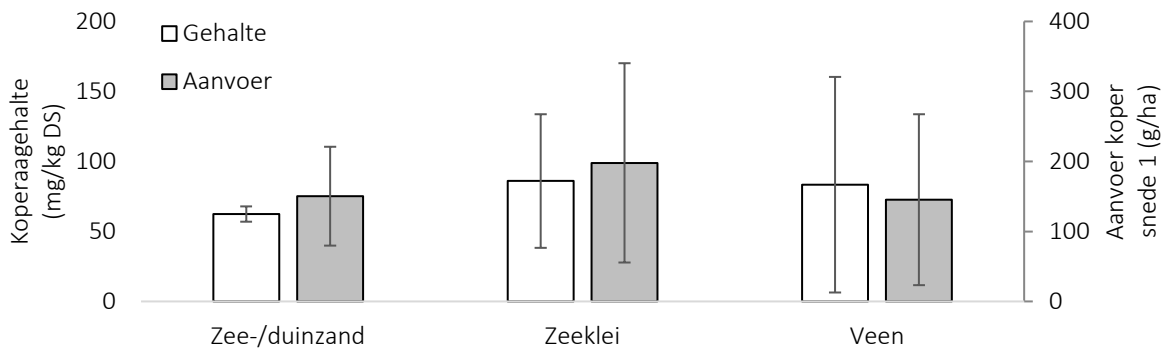


Figuur 1. Het gemiddelde kopergehalte per grondsoort in graslandbodems voor alle metingen in Nederland in de jaren 2020 t/m 2022 (Nederland compleet), voor de casestudie in Nederland (Case 1) en voor de casestudie in Noord-Holland (Case 2), de foutenbalken zijn $2 \cdot$ de standaardfout.

3.2 Bemesting

Het gemiddelde kopergehalte in de drijfmest bemest voor snede 1 in de casestudie in Noord-Holland laat geen verschil zien tussen de grondsoorten (Figuur 2). Wel zit er weinig spreiding in kopergehalte bemest op de zandgronden. Het gemiddelde kopergehalte in de drijfmesten uit Noord-Holland is 77 mg koper per kg droge stof. Per ton rundveedrijfmest zit er 5,0 gram koper in.

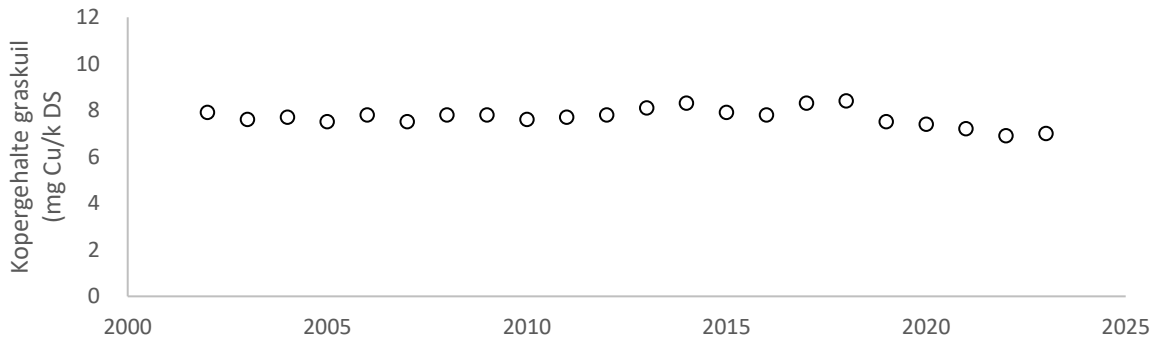
De gemiddelde aanvoer van koper laat ook geen verschil zien tussen de grondsoorten in Noord-Holland, de gemiddelde aanvoer is 165 g koper per hectare voor snede 1. De laagste koperaanvoer voor de eerste snede is gemeten op veengrond met 74 g koper per hectare en de hoogste op zeeklei met 338 g koper per hectare. Deze verschillen in koperaanvoer heeft vooral te maken met een lagere drijfmestgift op de veengronden, deze was 20 m³ per hectare en op het perceel met de laagste koperaanvoer en was bij de hoogste koperaanvoer 40 m³ per hectare.



Figuur 2. Het gemiddelde kopergehalte in de drijfmest en de aanvoer van koper bemest voor snede 1 in de graslanden van Noord-Holland (Case 2) voor drie grondsoorten, de foutenbalken zijn 2 * standaardfout.

3.3 Gras

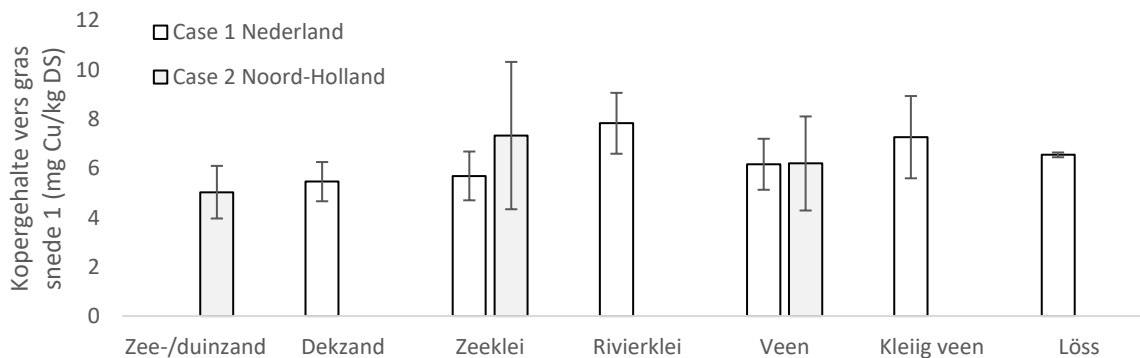
Het meerjarig gemiddelde kopergehalte in Nederlandse graskuilen voor de jaren 2019 tot en met 2023 is 7,2 mg koper per kg droge stof (Figuur 3). In de voorjaarskuilen is het gehalte iets lager met 6,6 mg koper per kg droge stof voor dezelfde periode. Het verloop van het kopergehalte is vrij constant. Het is kopergehalte is in de periode 2002 tot en met 2006 iets hoger met 7,7 mg koper per kg droge stof ten opzichte van de laatste jaren.



Figuur 3. Het gemiddelde gehalte koper in de graskuilen per jaar.

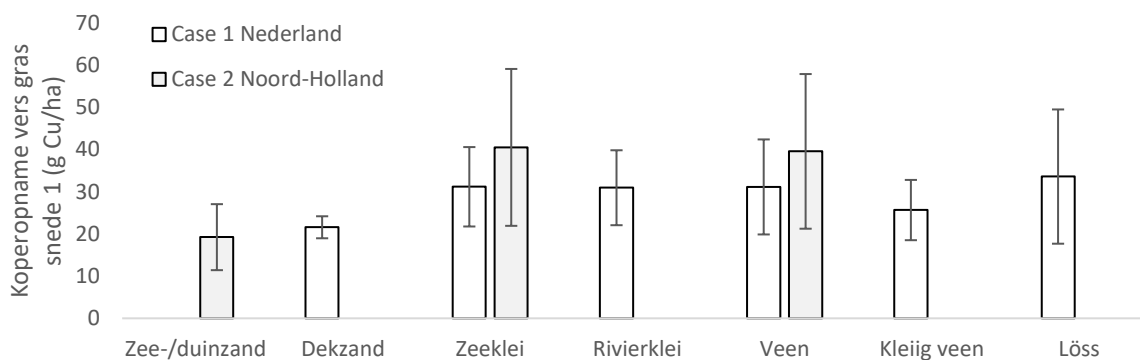
Voor de casestudies is het kopergehalte in het verse gras iets lager op de zandgronden (Figuur 4). Het gemiddelde kopergehalte in vers gras op zee-/duinzand in Noord-Holland (case 2) ligt op 5,0 mg koper per kg droge stof en op dekzand in de casestudie in Nederland (case 1) ligt deze op 5,5 mg per kg droge stof. Door de grote spreiding in het kopergehalte van het verse gras van de zeeklei en van de veengronden in Noord-Holland is er geen verschil tussen de grondsoorten met betrekking tot het gehalte. Voor de casestudie in Nederland is het kopergehalte in dekzand wel lager ten opzichte van rivierklei en lössgrond.

De metingen koper in het gras tijdens de groei in de weken vooraf maaien laten een divers beeld zien (Bijlage 3). Het gehalte koper in het gras op dekzand in casestudie 1 is constant over de tijd, terwijl het gehalte in het gras op veengrond in casestudie 2 hoog is aan het begin van de metingen en daalt gedurende de tijd.



Figuur 4. Het gemiddelde gehalte koper in het verse gras gemaaid voor snede 1 in de casestudie van Nederland (Case 1) en van Noord-Holland (Case 2), de foutenbalken zijn de standaardfout * 2.

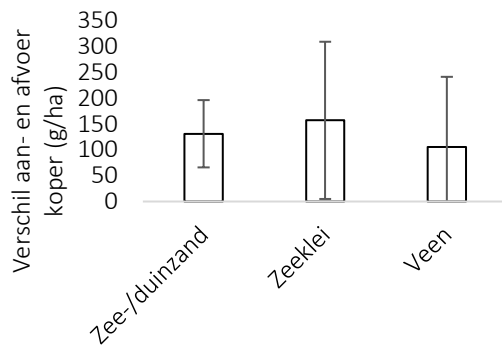
Voor de koperopname zijn er geen verschillen gevonden tussen de grondsoorten voor beide casestudies (Figuur 5). De gemiddelde opname van koper in snede 1 voor Noord-Holland is 33 g koper per hectare en voor Nederland is deze 28 g koper per hectare. De grasopbrengsten voor snede 1 in beide casestudies zijn weergegeven in Bijlage 2.



Figuur 5. De gemiddelde koperopname in het verse gras gemaaid voor snede 1 in de casestudie van Nederland (Case 1) en in de casestudie van Noord-Holland (Case 2), de foutenbalken zijn de standaardfout * 2.

3.4 Koperbalans snede 1

De aanvoer van koper is in de graslanden van Noord-Holland groter in de eerste snede ten opzichte van de afvoer (Figuur 6). Het gemiddelde verschil tussen koperaanvoer en koperafvoer (aanvoer minus afvoer) voor alle grondsoorten samen was 131 g koper per hectare. Het kleinste verschil tussen aan- en afvoer is op een perceel veengrond gemeten, hier lag het verschil op 17 g koper per hectare en het grootste verschil was gemeten op een perceel zeeklei met 304 g koper. Er is dus op alle percelen meer koper aangevoerd dan afgevoerd.



Figuur 6. Het verschil tussen koperaanvoer uit rundveedrijfmest bemest voor snede 1 ten opzichte van de koperafvoer bij maaien van snede 1, de foutenbalken zijn de standaardfout * 2.

3.5 Correlaties

Voor de casestudie in Nederland zijn geen verbanden gevonden tussen het kopergehalte in bodem en in gras. In de casestudie in Noord-Holland is er wel een verband gevonden tussen het gehalte koper in de bodem en de opname van koper in het gras. Daarnaast is er trend gevonden in het verband tussen het kopergehalte in bodem en in gras ($p=0,06$).

Tabel 1. Correlatiecoëfficiënten tussen kopergehalte in bodem, mest en gras en de koperaanvoer en de koperafvoer (via gras) voor de eerste snede voor de casestudie 1 ($n=20$) en casestudie 2 ($n=9$), significante correlaties ($\alpha < 0,05$ zijn vetgedrukt).

		Bodem		Mest		Gras
				Gehalte	Aanvoer	Gehalte
Case 1 Nederland*	Mest	Gehalte				
		Aanvoer				
	Gras	Gehalte	0,04			
		Opname	-0,01			0,22
Case 2 Noord-Holland	Mest	Gehalte	-0,04			
		Aanvoer	-0,24	0,81		
	Gras	Gehalte	0,68	-0,38	0,28	
		Opname	0,83	-0,29	-0,22	0,87

*de kopersamenstelling van de mest is niet gemeten in casestudie 1 in Nederland

In het gras zijn er verbanden gevonden tussen het gehalte koper en de aminozuren: histidine, leucine, lysine en methionine (Tabel 2). Het gemeten gehalte aminozuren staat in bijlage 4.

Tabel 2. Correlatiecoëfficiënten tussen het gehalte koper en de aminozuren histidine, leucine, lysine en methionine in het verse gras snede 1 casestudie 1 ($n=27$) en casestudie 2 ($n=7$), significante correlaties ($\alpha < 0,05$ zijn vetgedrukt)

		Aminozuren			
		Histidine	Leucine	Lysine	Methionine
Case 1 Nederland	Koper	0,59	0,53	0,39	0,48
Case 2 Noord-Holland	Koper	0,77	0,79	0,77	0,68

4 Discussie

Dit onderzoek laat verschillen zien in het gehalte plantbeschikbaar koper in de graslanden per grondsoort en er zijn verschillen, maar minder duidelijk, tussen grondsoorten met betrekking tot het gehalte koper in gras. In casestudie van Noord-Holland komt geen verschil tussen grondsoorten naar voren met betrekking tot de aanvoer van koper vanuit drijfmest.

De zandgronden in deze studie zitten over het algemeen lager in koper ten opzichte van de andere grondsoorten. De aanvoer van koper is in Noord-Holland vergelijkbaar voor alle grondsoorten en de afvoer van koper in beide casestudies is ook vergelijkbaar voor de grondsoorten. De verklaring is waarschijnlijk dat er een kleinere potentie tot koperbinding en -uitwisseling in deze gronden zit. Koper kan zich minder goed binden in zandbodem door een lager gehalte organische stof en klei. Het kopergehalte tijdens de groei van het gras is op de zandgronden constant en aan de lage kant ten opzichte van de kritieke grens voor koper. Of het gehalte koper in gras beperkend is geweest voor de groei van het gras, is niet aan te geven op basis van deze gegevens.

Het kopergehalte en de aanvoer van koper op percelen is vergelijkbaar voor de drie grondsoorten in Noord-Holland. Het gehalte (mediaan) koper in drijfmest volgens het Handboek Bodem en Bemesting is flink hoger met 11 g per ton ten opzichte van de metingen in deze studie. Uitgaande van de kopergehalten in dit onderzoek is de aanvoer van koper 300 g per hectare, bij een bemesting van 60 m³ per hectare per jaar. Op basis van het kopergehalte uit het Handboek kan de aanvoer op 660 g per hectare liggen. De aanvoer van 300 g koper per hectare is ruim voldoende om de opname van gras te voorzien. Uitgaande van grasopbrengsten van 10 ton droge stof per hectare per jaar en een kopergehalte van 7,2 mg/kg droge stof is de totale opname 72 g per hectare. Een lagere aanvoer met drijfmest kan wel leiden tot een tekort aan koper.

In 2005 t/m 2007 vond onderzoek plaats naar het gebruik van koper en zink op 15 melkveebedrijven. In dat onderzoek werd berekend hoeveel koper via diervoeding, klauwontsmetting in de rundveemest terecht kwam en via bemesting op het land van deze bedrijven (Smolders *et al.*, 2008). Dit onderzoek vond plaats op 7 Koeien en Kansen-bedrijven en 8 andere bedrijven. Met gegevens van aanleverende bedrijven en uit analyses van bemonsterde materialen zijn bedrijfsbalansen voor koper berekend. Het kopergehalte van mest bleek overeen te komen met dat in de casestudie van Noord-Holland. De balansen waren voor koper ruim positief, gemiddeld werd er op de bedrijven 322 g koper per ha aangevoerd en 36 g per ha afgevoerd. Voor de onderzochte bedrijven was de koperbalans ook positief wanneer de aanvoer met kopersulfaat in voetbaden in mindering gebracht wordt omdat die niet meer toegestaan is. Een grote afvoerpost is de dierlijke mest. Met het verdwijnen van de derogatie in 2026 zal die post toenemen. Bij een Cu-gehalte van 5 g per m³ (zie hfst 3) en een verwachte hogere afvoer van 20 m³ per ha gaat er zo'n 100 g Cu per ha mee van het bedrijf af. Ook dan zou de koperbalans ruim positief blijven op deze bedrijven, zo'n 75 gram Cu per ha. Dit overschot komt terecht op de percelen die dierlijke mest krijgen. Ook na het vervallen van de derogatie is daarom niet te verwachten dat de bodemvoorraad van Cu achteruit zal gaan, mits de verdeling van de dierlijke mest afgestemd is op de afvoer van percelen.

Een kopertekort in gras bij een bemesting van 40 m³ per hectare op grasland zonder derogatie zal niet snel voorkomen. De lage benutting van het bemeste koper kan wel leiden tot lagere gehalten koper in gras. Bij een lage bodemvoorraad is het mogelijk dat een lager gehalte aminozuren en minder eiwit in de graskuil gevonden wordt.

5 Literatuur

Brolsma, K.M. 2009. Plantbeschikbaar koper en zink in de Nederlandse landbouwbodem (2007 tot en met 2018).

Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third edition.

Römkens, P.F.A.M. en J. Linders, 2019. Bodem-, gewas- en ecologische kwaliteit IJperveld; Monitoringsresultaten 2015-2017. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2938. 80 blz. <https://edepot.wur.nl/472432>

Rotterdam, A.M.D. van and D.W. Bussink, 2016. Advances in micronutrient fertilization recommendations. NMI report 1323. Nutriënten Management Instituut.

Smolders, E. A. A., van Middelkoop, J. C., & Verkaik, J. C. (2008). *Beperking koper en zink op melkveebedrijven in Zuid-Nederland: balansen en aanbevelingen*. (Rapport / ASG; No. nr. 48). Animal Sciences Group. <https://edepot.wur.nl/35774>

[Samenstelling organische meststoffen \(handboekbodemenbemesting.nl\)](#)

Bijlagen

Bijlage 1 bemestingsgegevens

Bijlage tabel 1. De gemiddelde hoeveelheid drijfmest voor snede 1 per jaar (indien mogelijk) en per grondsoort en het gemiddelde voor alle drie jaren samen, inclusief het gemiddelde voor alle grondsoorten (per jaar) en voor alle jaren samen) voor case 1 in Nederland en case 2 in Noord-Holland (alleen metingen 2020).

		2020	2021	2022	2020 t/m 2022
Case 1	Dekzand	20	33	30	28
	Zeeklei*		30	43	
	Rivierklei	28	25	25	26
	Kleiig veen	30	30	25	28
	Veen		45	40	
	Löss		30	25	
	Totaal			32	31
Case 2*	Zee-/duinzand	35			
	Zeeklei	38			
	Veen	32			
	Totaal	35			

* in een van de zeekleipercelen is in 2021 en in 2022 aanvullend op de drijfmest ook, respectievelijk 15 en 10 ton vaste mest toegediend vooraf snede 1

** in Case 2 in Noord-Holland zijn alleen gegevens van 2020 bekend

Bijlage 2 opbrengstgegevens

Bijlage tabel 2. De gemiddelde droge stofopbrengst voor elk jaar, per snede en per grondsoort voor casestudie 1 in Nederland en casestudie 2 in Noord-Holland.

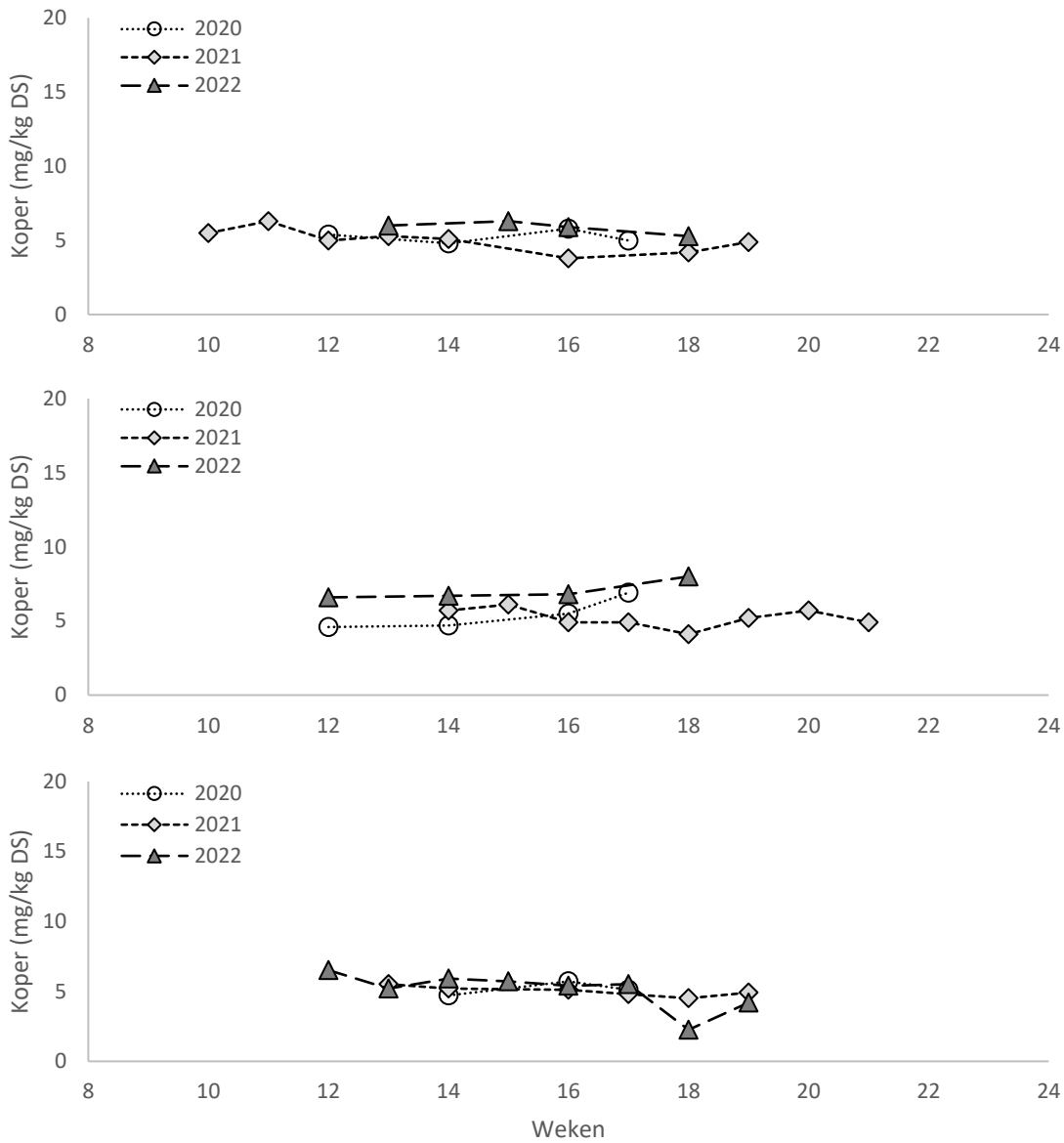
		2020	2021	2022
Case 1	Dekzand	3 417	5 089	3 653
	Zeeklei	4 083	7 401	5 269
	Rivierklei	3 250	5 180	3 516
	Kleiig veen	4 000	2 797	3 902
	Veen	5 790	5 125	4 012
	Löss	Niet gemeten	6 392	3 886
Case 2*	Zee-/duinzand	3 896		
	Zeeklei	5 511		
	Veen	6 246		

*in casestudie 2 in Noord-Holland zijn alleen metingen in 2020 uitgevoerd

Bijlage 3 kopergehaltes versgras

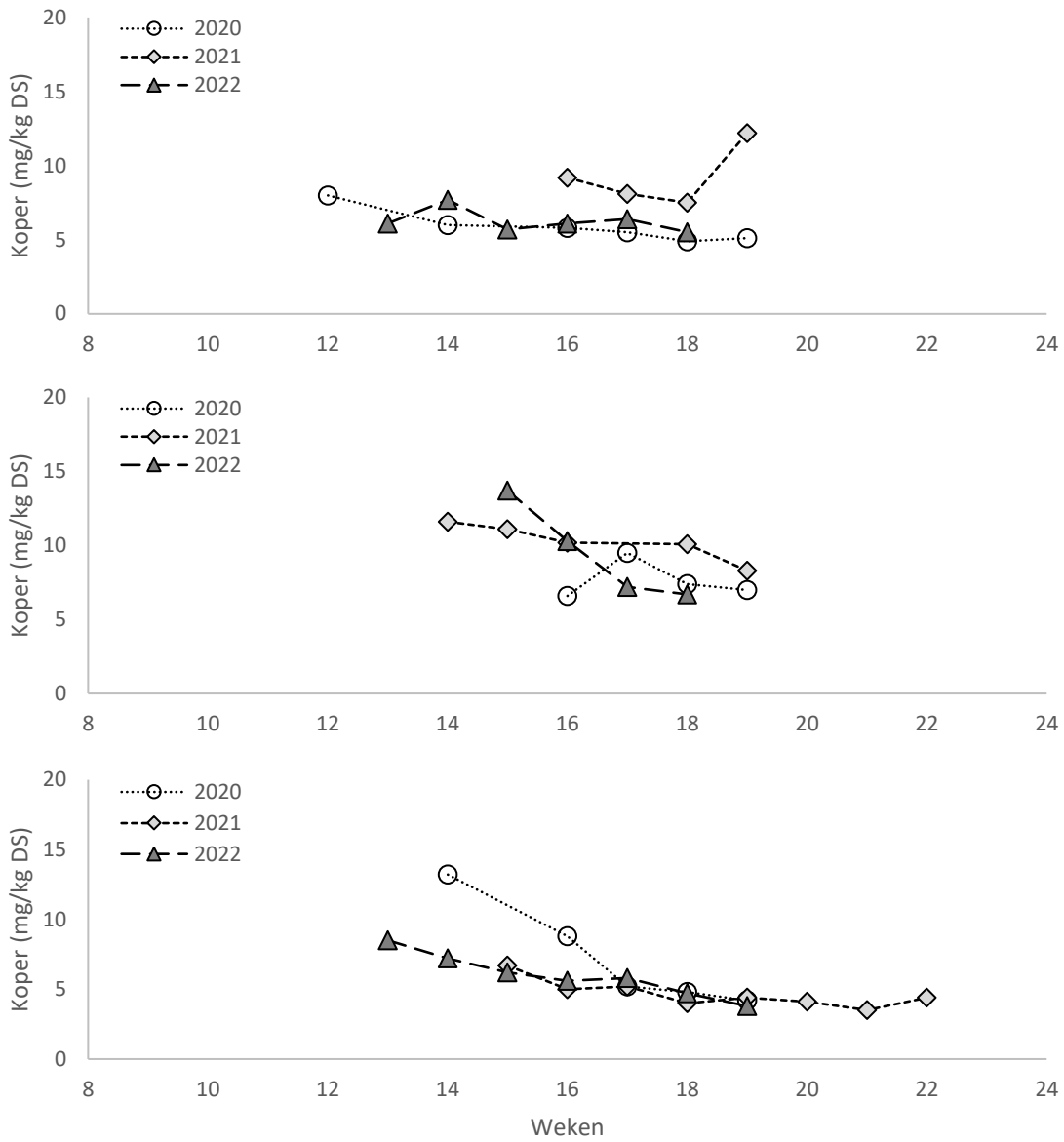
Casestudie 1 Nederland

Case 1 dekzand



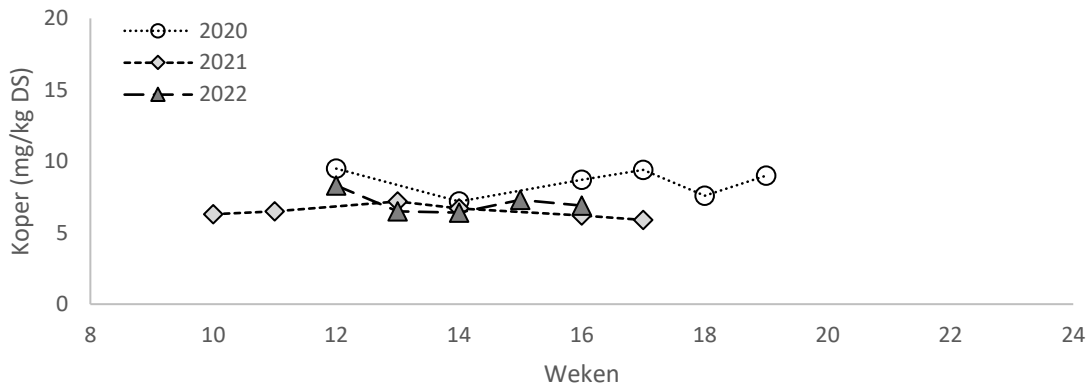
Figuur bijlage 1. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor dekzand perceel 1 (boven), perceel 2 (midden) en perceel 3 (onder)

Case 1 zeeleli



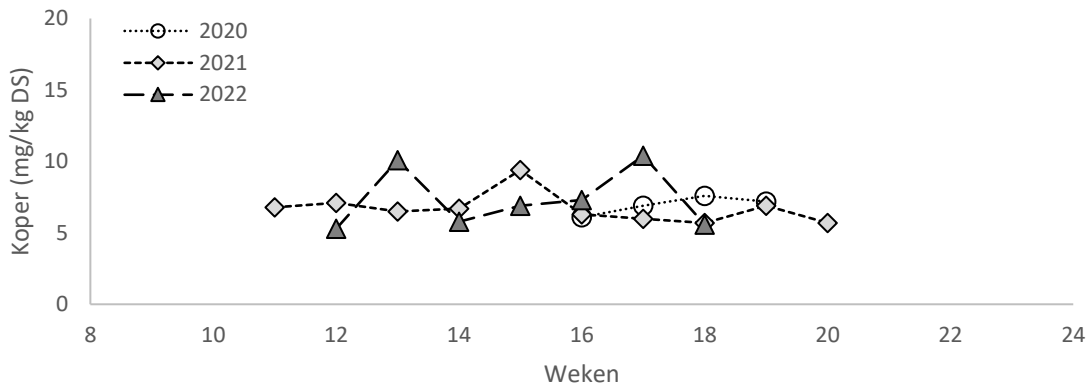
Figuur bijlage 2. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor 3 percelen zeeleli.

Case 1 rivierklei



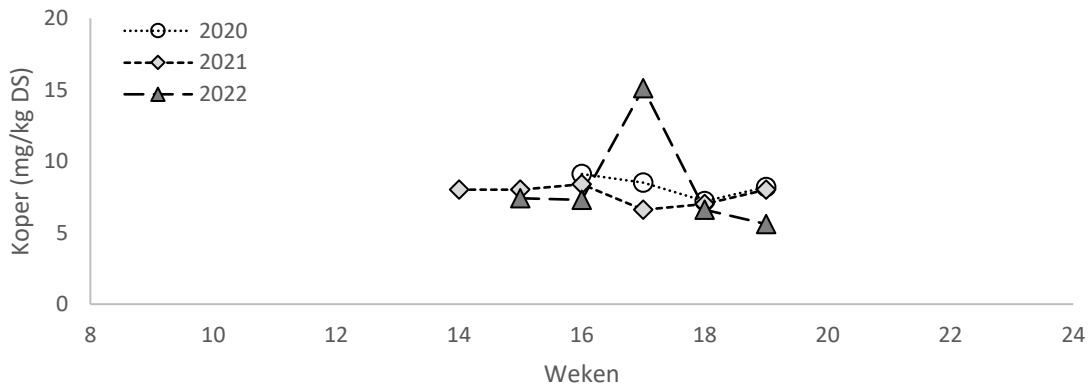
Figuur bijlage 3. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor een perceel rivierklei.

Case 1 veen



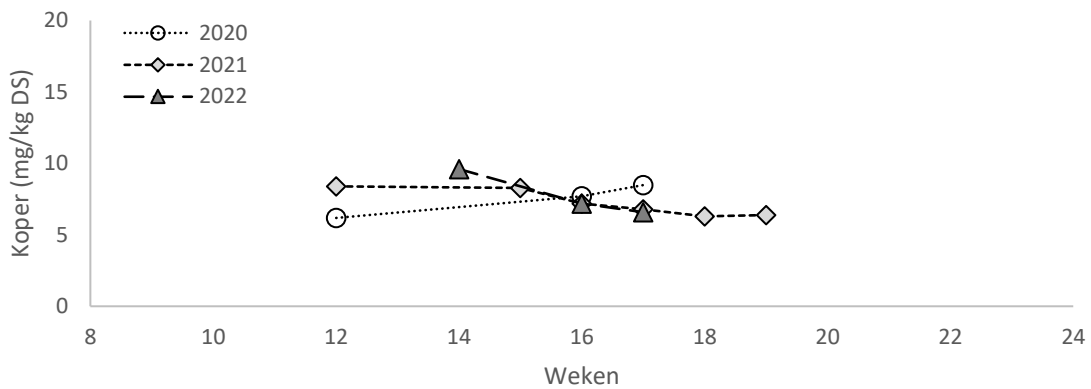
Figuur bijlage 4. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor een perceel veen.

Case 1 kleilig veen



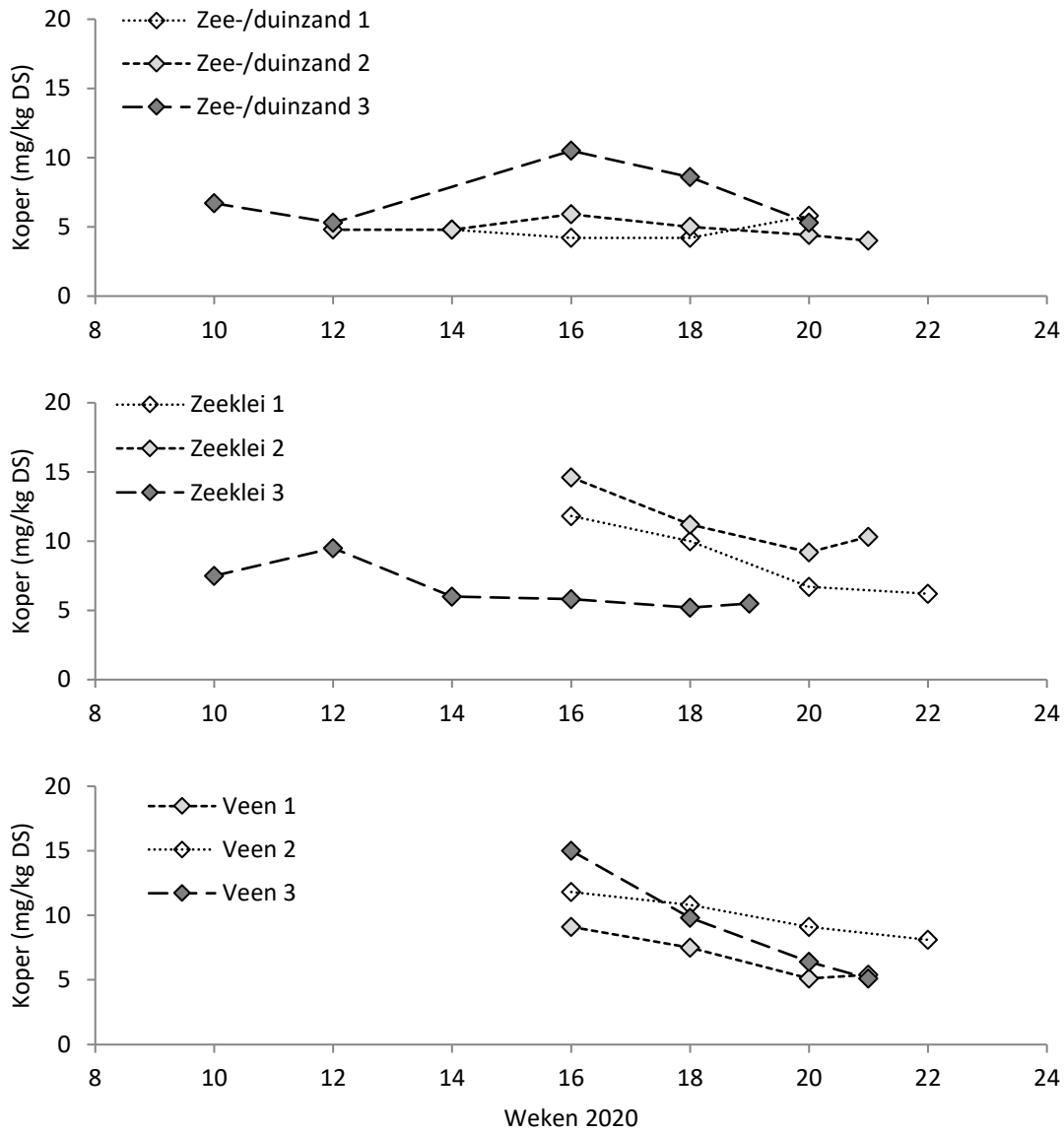
Figuur bijlage 5. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor een perceel kleilig veen.

Case 1 löss



Figuur bijlage 6. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor een perceel löss.

Casestudie 2 Noord-Holland



Figuur bijlage 7. Het gehalte koper (mg Cu/kg DS) in versgras per week gemeten vanaf begin van de groei tot en met snede 1 voor een 3 percelen zee-/duinzand, 3 percelen zeeklei en 3 percelen veen gemeten in 2020.

Bijlage 4 aminozuren

Bijlage tabel 4. Het gemiddelde gehalte histidien, leucine, lysine en methionin (g/100 g DS) in de eerste snede per jaar, per grondsoort voor beide casestudies.

			Histidine	Leucine	Lysine	Methionine
Case 1	2020	Dekzand	0.36	1.47	0.33	1.05
		Zeeklei	0.30	1.24	0.29	0.90
		Rivierklei				
		Kleiig veen	0.34	1.45	0.36	0.95
		Veen	0.27	1.10	0.22	0.84
		Löss				
	2021	Dekzand	0.28	1.13	0.25	0.81
		Zeeklei	0.27	1.07	0.24	0.80
		Rivierklei				
		Kleiig veen	0.37	1.47	0.32	1.06
		Veen	0.35	1.41	0.34	1.06
		Löss	0.24	0.98	0.23	0.66
	2022	Dekzand	0.30	1.22	0.28	0.83
		Zeeklei	0.25	1.02	0.23	0.68
		Rivierklei	0.33	1.38	0.30	0.93
		Kleiig veen	0.28	1.16	0.27	0.80
		Veen	0.24	1.02	0.22	0.74
		Löss	0.32	1.24	0.27	0.88
Case 2	2020*	Zee-/duinzand	0,25	1,00	0,75	0,23
		Zeeklei	0,30	1,20	0,91	0,27
		Veen	0,28	1,13	0,85	0,27

*in casestudie 2 in Noord-Holland zijn alleen metingen in 2020 uitgevoerd