

Varslingssystemet for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP)

*Sammendrag af monitoringsresultater
med fokus på juli 2017 - juni 2019*



Annette E. Rosenbom, Sachin Karan, Nora Badawi, Lasse Gudmundsson, Carl H. Hansen,
Carsten B. Nielsen, Finn Plauborg og Preben Olsen

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Institut for Agroøkologi (AGRO)
Aarhus Universitet

Institut for Bioscience (BIOS)
Aarhus Universitet

Redaktør: Annette E. Rosenbom
Forsidefoto af Henning Carlo Thomsen: Mekanisk behandlet kartoffelmark
Forside: Henrik Klinge Pedersen
Layout og grafisk produktion: Forfattere
Trykt: Januar 2021

ISSN (print): 2446-4244
ISSN (online): 2446-4252
ISBN (print) 978-87-7871-528-9
ISBN (online) 978-87-7871-529-6

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10, 1350 København K, Danmark
Telefon: +45 3814 2000
E-mail: geus@geus.dk
Hjemmeside: www.geus.dk

Rapporten er også tilgængelig i pdf-format på www.pesticidvarsling.dk

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2021

Indhold

Hvad er VAP?	3
Hvad viser resultaterne?	5
Bilag 1. 1,2,4-triazol	7
Bilag 2. Propyzamid.....	17

Alle monitoringsresultater er detaljeret beskrevet i de årlige engelsksprogede VAP-rapporter, som kan findes på hjemmesiden: www.pesticidvarsling.dk.

Forfattergruppen bag det danske sammendrag, den engelske rapport og indsamlingen af monitoringsresultater er: Annette E. Rosenbom (red.), Sachin Karan, Nora Badawi, Lasse Gudmundsson, Carl H. Hansen, Carsten B. Nielsen, Finn Plauborg og Preben Olsen.

Hvad er VAP?

I 1990'erne blev der i det landsdækkende grundvandsovervågningsprogram (GRUMO) registreret en stigning i antallet af fund af pesticider i grundvandet.

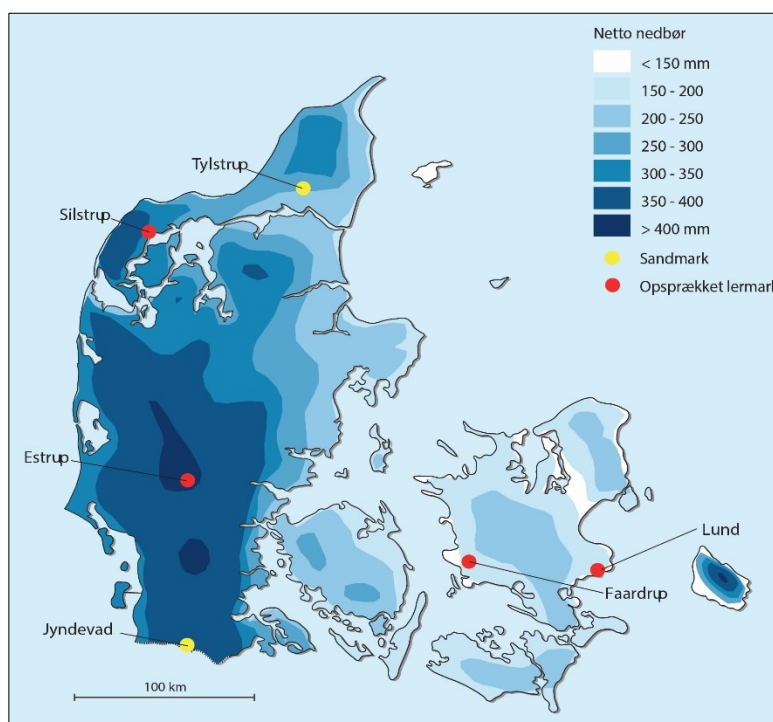
For at sikre, at grundvandet ikke forurenes i forbindelse med landbrugets anvendelse af godkendte pesticider, blev ”VArslingsystemet for udvaskning af Pesticider til grundvandet” (VAP; <http://pesticidvarsling.dk/>) initieret af Folketinget i 1998 og har været i drift lige siden under ledelse af en styregruppe bestående af medlemmer fra Miljøstyrelsen (formand), GEUS (projektledelse) samt Aarhus Universitet. Siden 2018 er VAP finansieret som en del af Pesticidstrategien 2017-21 (<https://mst.dk/media/141516/pesticidstrategi2017-2021.pdf>).

VAP er et tidlig-varsling monitoringsprogram, der ved hjælp af forsøgsmarker har følgende formål:

- at undersøge hvorvidt regelret anvendelse af en række pesticider godkendt til sprøjtning på marker i omdrift ved maksimalt tilladte doseringer, under reelle, danske markforhold kan resultere i udvaskning af pesticiderne og/eller deres nedbrydningsprodukter til grundvandet i koncentrationer over de gældende kravværdier for grundvand og drikkevand. Testperioden er typisk to år efter udbringning. En vurdering af den direkte relation mellem den specifikke pesticidanvendelse på forsøgsmarken og fund i grundvandet opnås ved analyse af vandprøver fra én meters dybde (indhentet via dræn og sugeceller) samt fra grundvandet både nedstrøms og opstrøms for forsøgsmarken.
- At forbedre det videnskabelige grundlag for de danske myndigheders (Miljøstyrelsen) godkendelses- og reguleringsprocedurer af pesticider på baggrund af den testede pesticidanvendelse over for de indsamlede monitoringsdata om afgrøder, dyrkningspraksis, klima, jordens vandbalance og koncentrationer af pesticider, og/eller deres nedbrydningsprodukter i vand indsamlet fra grundvandsfiltre, dræn og sugeceller.

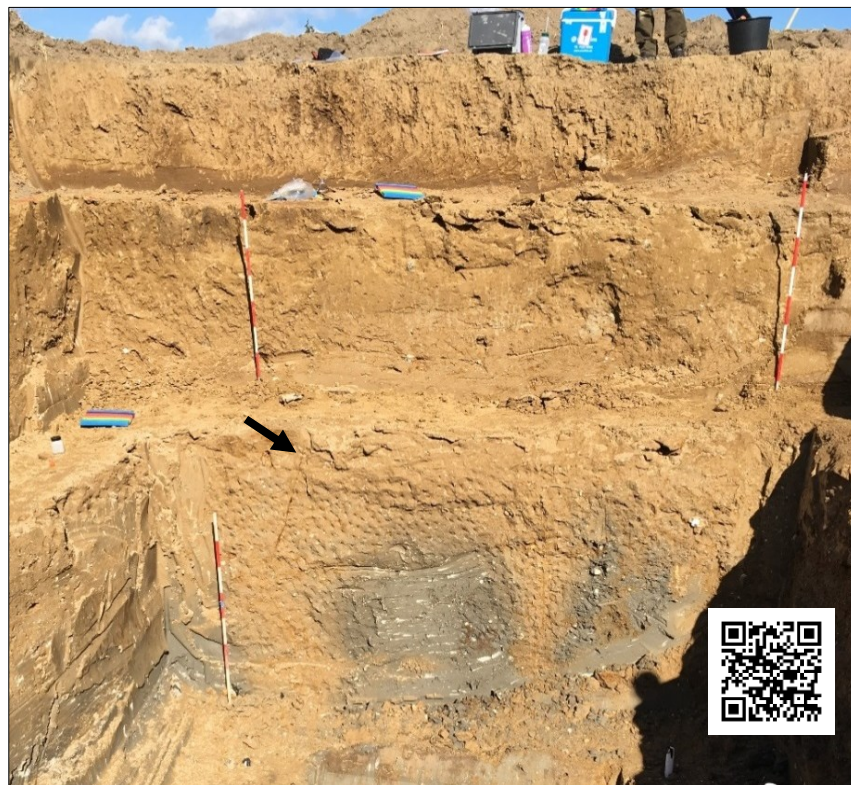
Figur 1. VAP-markernes placering i forhold til nettonedbør, der angiver andelen af nedbør, som når grundvandet. Markerne, der indgår i VAP, repræsenterer de mest udbredte danske klima- og jordtyper, hvori sandjorde og opsprækkede lerjorde indgår. (MST-rapport nr. 87-503-9581-5, 1992).

Lund-marken er etableret i 2016-2017 på en lokalitet med et relativt tyndt, opsprækket lerlag oven på opsprækket kalk. Denne jordtype var ikke tidligere repræsenteret i VAP.



De seks testmarker i VAP (Figur 1) i størrelserne 1,2 til 2,4 hektar repræsenterer forskellige typer af klima, geologi og jordbund i Danmark – herunder både sandede marker og opsprækkede lermarker.

For at øge repræsentativiteten af VAP – set i forhold til geologi – blev der i forbindelse med finansloven for 2015 (<https://www.fm.dk/nyheder/pressemeddelelser/2014/11/aftale-om-finanslov-2015>) indgået en tillægskontrakt til VAP i juni 2015 med finansiering frem til og med 2018 til etablering og drift af en ny VAP-mark med et relativt tyndt lag af opsprækket ler ovenpå opsprækket kalk. Denne mark repræsenterer en geologi, hvorfra cirka en tredjedel af Danmarks drikkevand indvindes. Denne lagdelte jordtype forekommer stedvist især i de sydøstlige dele af Danmark og det nordlige Jylland. Den forventes at være relativt gennemtrængelig for pesticider og deres nedbrydningsprodukter grundet sprækkerne, og er ikke repræsenteret af de fem andre marker i VAP (Figur 2). Marken er etableret ved Lund på Stevns og blev sat i drift i juli 2017. En etableringsrapport for den nye VAP-mark er under udarbejdelse og forventes publiceret i 2021. Resultaterne af monitoringen vedr. vandbalancen af marken er fortsat under evaluering, hvorfor resultater herfra kan være behæftet med en vis usikkerhed. Da tillægsbevillingen udløb med udgangen af 2018, blev det, for at kunne fastholde driften af Lund marken, besluttet at udelade marken ved Tylstrup af selve VAP-prøvetagningsprogrammet fra 1. januar 2019.



Figur 2. Markante sprækker i lerjorden ved Lund-marken. Bunden af udgravningen er i ca. 5 m dybde. Sprækkerne muliggør transport af iltet vand fra jordoverfladen ned i stor dybde. Dette forhold ses især i den dybe del af udgravningen, hvor den ellers grå, ilt-fri lerjord omkring disse sprækker fremstår okkerfarvet (iltet). Den sorte pil angiver en af de markante istektoniske sprækker dannet pga. gletchernes belastning under istiden. Foto: Eline Bojsen Haarder, 2016.

QR-kode: Film om VAP-mark i Lund. <http://www.undergroundchannel.dk/a-farmers-dilemma>

Hvad viser resultaterne?

Med fokus på juli 2017 - juni 2019

I VAP er der gennem de seneste 20 år (1999 – 2019) testet udvaskningen af 130 stoffer, hvoraf 51 er pesticider og 79 er pesticidnedbrydningsprodukter. Testene har bl.a. resulteret i og/eller påvist at:

- flere pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter påvises i grundvandet under de opsprækkede lermarker end under de sandede marker.
- der sker langtidsudvaskning af nedbrydningsprodukter på sandjord med kartoffeldyrkning.
- kraftigt bindende pesticider kan udvaskes igennem de opsprækkede lermarker.
- kvalitetssikring af analysemetoder i forhold til vandtype er afgørende for nogle stoffer.
- bejdsemidler kan muligvis være kilde til udvaskning.

Resultaterne anvendes ikke blot i den danske regulering af pesticider, men også i visse tilfælde i den europæiske regulering – se årets engelsksprogede VAP-rapport for flere detaljer (<http://pesticidvarsling.dk/>).

I perioden juli 2017 til juni 2019 er udvaskningen af 7 pesticider og 25 nedbrydningsprodukter undersøgt i forbindelse med sprøjtning af pesticiderne i maksimal tilladt dosering (på nær en propiconazol sprøjtning i 2016, hvor kun den halve dosis ved en fejl blev udbragt) – i alt 32 stoffer (Tabel 1). I perioden er et pesticid (metconazol, hvor monitoring for nyligt er påbegyndt) og 19 nedbrydningsprodukter hverken fundet i grundvand eller vand fra dræn og sugeceller i en meters dybde. Syv af stofferne (bentazon, CyPM, E/Z BH 517-TSO, glyphosat, AMPA, propyzamid og 1,2,4-triazol) er fundet i vand fra dræn og sugeceller i en meters dybde i koncentrationer over kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L. Samtlige af disse stoffer er også fundet i grundvandet, hvoraf to er detekteret i koncentrationer over kravværdien. Disse er pesticidet propyzamid og nedbrydningsproduktet 1,2,4-triazol, der stammer fra forskellige azolmidler. Udover disse to stoffer er der gjort fund af syv andre stoffer i grundvandet under kravværdien. 23 af stofferne er ikke fundet i grundvandet efter sprøjtning. Tre af disse er detekteret i vandprøver fra en meters dybde (N-methyl-bentazon, mesotrion og nedbrydningsprodukt carbendazim af thiophanat-methyl).

Resultaterne viser blandt andet, at:

- Nedbrydningsproduktet **1,2,4-triazol**, der stammer fra forskellige azolmidler, som anvendes mod svamp enten som sprøjtning af afgrøder eller bejdsning af såsæd, bliver fundet i grundvandet under de nu fem monitorerede marker. På fire af markerne også i koncentrationer over 0,1 µg L⁻¹ i perioder af varierende længde. Fundene i vandprøver udtaget over grundvandsspejlet viser generelt et bidrag af 1,2,4-triazol fra selve markerne til grundvandet. På en af de opsprækkede lermarker er der en klar forbindelse mellem fundene og anvendelsen af azoler tilført med sprøjtning og bejdsset såsæd. På de øvrige marker kan der ikke på samme måde ses en direkte sammenhæng mellem anvendelse og fund, fordi tidligere azolanvendelser på markerne og opstrøms marker slører billedet. Omend fundene ikke kan tilskrives én specifik azolanvendelse (azoler har været anvendt i mange år og i variabel grad i form af sprøjte- og bejdsemidler), så viser fundene, at 1,2,4-triazol dannes og udvasker til grundvandet over tid. Udvasningen resulterer i overvejende grad i koncentrationer under kravværdien på 0,1 µg/L; men på den opsprækkede lermark Estrup ses særligt stor udvaskning, hvor 1,2,4-triazol er fundet i koncentrationer over kravværdien i 65 ud af 255 grundvandsprøver. Det bliver nu undersøgt, om en ophobning af azoler i pløjelaget over tid kan forklare forskellen i fund af 1,2,4-triazol i grundvandet under markerne. Se Bilag 1 for yderligere detaljer herom.
- **Flupyrsulfuron-methyl** og to af dets nedbrydningsprodukter **IN-KF311** og **IN-JE127** er ikke fundet i vand fra 1 meters dybde eller grundvandet. Sidstnævnte viser sig at være ustabil i vandige opløsninger, hvorfor analyseresultaterne ej kan anvendes.
- Nedbrydningsproduktet **E/Z BH 517-TSO** af **cycloxydim** udvaskes igennem en sandmark til grundvandet inden for få måneder efter udbringning (i koncentrationer i 1 meters dybde

og grundvandet op til henholdsvis 0,28 µg/L og 0,05 µg/L), hvilket ikke er observeret i forbindelse med anvendelse af cycloxydim på en opsprækket lermark.

- Der detekteres fortsat ikke udvaskning igennem sand og opsprækket ler af de tre nedbrydningsprodukter fra **mesosulfuron-methyl**: **AE-F099095**, **AE-F160459** og **AE-F147447**.
- **Propyzamid** udvasker i koncentrationer over 0,1 µg/L igennem en opsprækket lermark til grundvandet inden for de første tre måneder efter udbringning – se Bilag 2.
- Der er i prøver af vandet anvendt til markvanding på de to sandede marker i sommerperioderne ikke fundet nogen af de stoffer, der indgår i monitoreringen på markerne.

Tabel 1. Syv pesticider og 25 nedbrydningsprodukter har været inkluderet i VAP analyseprogrammet for samtlige marker i perioden juli 2017-juni 2019, hvoraf der er tilføjet 13 nye stoffer (markeret med rødt) til evaluering i VAP. Antallet af vandprøver indsamlet fra 1 meters dybde (dræn og sugeceller), fra grundvandsfiltre og fra vandingsvand (oppumpet fra borerer uden for de sandede VAP-marker) er præsenteret sammen med resultater af analyser af prøverne i form af antal detektioner (Det.), detektioner > 0,1 µg/L og den maksimale koncentration detekteret (Maks. konc.). For vandingsvandet er analyseresultater angivet i parenteser (koncentration angivet i µg/L; ingen detektioner angives som "-"). Koncentrationer i grundvand, der overstiger kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L er markeret med fed skrift.

Pesticid	Analyt	Antal prøver			Analyseresultater					
		fra:			1 m's dybde			Grundvandsfiltre		
		1 m's dybde	Grundvands filtre	Vandings-vand	Det.	>0,1 [µg L ⁻¹]	Maks. konc. [µg L ⁻¹]	Det.	>0,1 [µg L ⁻¹]	Maks. konc. [µg L ⁻¹]
Azoxystrobin	Azoxystrobin	27	212		3	0	0,08	1	0	0,01
	CyPM	25	212		19	3	0,43	11	0	0,06
Bentazon	Bentazon	69	373		20	2	1,40	7	0	0,06
	6-hydroxy-bentazon	64	279		0	0	-	0	0	-
	8-hydroxy-bentazon	64	279		0	0	-	0	0	-
	N-methyl-bentazon	64	279		1	0	0,02	0	0	-
Cycloxydim	BH 517-T2SO2	44	222	1 (-)	0	0	-	0	0	-
	E/Z BH 517-TSO	18	222	1 (-)	18	3	0,28	31	0	0,05
Florasulam	TSA	91	358		0	0	-	0	0	-
Flupyr-sulfuron-methyl	IN-JE127 <i>Ustabil i vand</i>	72	240	2 (-)	0	0	-	0	0	-
	IN-KF311	73	259	2 (-)	0	0	-	0	0	-
Fluroxypyr	Fluroxypyr-methoxy-pyridin	28	58		0	0	-	0	0	-
	Fluroxypyr-pyridinol	28	58		0	0	-	0	0	-
Foramsulfuron	Foramsulfuron	55	80		0	0	-	1	0	0,02
	AE-F092944	57	92		0	0	-	0	0	-
	AE-F130619	55	80		0	0	-	0	0	-
Glyphosat	Glyphosat	21	203		21	8	8,60	2	0	0,02
	AMPA	33	203		26	5	1,30	3	0	0,02
Haluxifen-methyl	X-729	2	32		0	0	-	0	0	-
	X-757	81	243		0	0	-	0	0	-
Mesosulfuron-methyl	AE-F099095	113	380	9 (-)	0	0	-	0	0	-
	AE-F147447	72	242	8 (-)	0	0	-	0	0	-
	AE-F160459	113	380	9 (-)	0	0	-	0	0	-
Mesotrion	Mesotrion	55	80		1	0	0,01	0	0	-
	AMBA	55	80		0	0	-	0	0	-
	MNBA	55	80		0	0	-	0	0	-
Metconazol	Metconazol	1	14		0	0	-	0	0	-
Propyzamid	Propyzamid	22	57		14	6	5,10	17	4	0,22
Tebuconazol 2014	1,2,4-triazol	227	719	8 (-)	197	59	0,38	434	23	0,23
Epoxiconazol 2015										
Prothioconazol 2015										
Propiconazol 2016										
Propiconazol 2017										
Prothioconazol 2018										
Thiencarbazone-methyl	AE1394083	16	69		0	0	-	0	0	-
Thiophanat-methyl	Carbendazim	40	109	6(-)	3	0	0,02	0	0	-
Triasulfuron*	Triazinamin	52	73		0	0	-	0	0	-
Subtotal	32 (7 Pesticides; 25 Nedbrydningsprodukter)	1792	6267	46	323	86		507	27	
Procent		22%	77%	0,6%	18%	5%		8%	0,4%	
Total			8105							

Bilag 1. 1,2,4-triazol

I 2014 blev det af Miljøstyrelsen vurderet, at svampemidler indeholdende azoler ved brug på agerjord kunne danne 1,2,4-triazol i betydelige mængder. For at beskytte grundvandet mod udvaskning af 1,2,4-triazol blev den samlede dosering af midlerne pr. vækstsæson (på nær prothioconazol) i 2014 nedsat og efterårsanvendelse af tebuconazol forbudt (<https://www.ft.dk/samling/20171/almindel/MOF/bilag/168/1838051/index.htm>). I denne sammenhæng blev 1,2,4-triazol inkluderet i VAP-moniteringen.

Udvaskning af 1,2,4-triazol blev undersøgt i forbindelse med anvendelse af tebuconazol i maksimal tilladt dosis i 2014 mod svampe i kornafgrøder på sandmarkerne Tylstrup og Jydevad (Figur B1.1 og B1.2) samt de opsprækkede lermarker Estrup og Fårdrup (Figur B1.4 og B1.5). Tebuconazol blev anvendt i maj 2014 på Fårdrup, hvorimod der blev foretaget den nu forbudte efterårsudbringning på de andre tre marker. Undersøgelserne viste, at 1,2,4-triazol i en række tilfælde kunne påvises i grundvandet og på Estrup i koncentrationer op til 0,26 µg/L. Desuden indikerede målingerne, at kilden til forureningen kunne være overfladenær, idet koncentrationerne aftog med dybden. Med undtagelse af Fårdrup, hvor der ikke strømmede vand i drænet umiddelbart før sprøjtning, blev der fundet 1,2,4-triazol i vandprøver fra 1 meters dybde og/eller grundvandet, inden tebuconazol blev udbragt. I Estrup overskred baggrundskoncentrationerne i grundvandet udtaget fra én nedstrøms boring kravværdien på 0,1 µg/L. Af disse grunde kunne fundene på de to sandede marker og Estrup ikke alene relateres til den specifikke udbringning af tebuconazol i VAP i 2014, men evt. skyldes bidrag fra andre kilder såsom tidligere anvendelse af tebuconazol i bejdse- og svampemidler og/eller anvendelse af andre aktivstoffer i bejdse- og svampemidler. I de efterfølgende år blev evalueringer af sidstnævnte kilder igangsat ved sprøjtning med azoler (Tabel B1.1), og fra 2017 blev det ved indkøb af al såmateriale registreret, hvilke bejdsemidler en leverandør måtte have påført udsædsmaterialet.

Tabel B1.1. Registret azol-anvendelser på VAP-markerne. I "Resultat" kolonnen er angivet figurhenvisning, (totalt antal grundvandsprøver, antal grundvandsprøver med fund under kravværdi, **antal grundvandsprøver med fund over kravværdi**) samt den maksimale koncentration fundet i en grundvandsprøve fra marken.

Mark	Sprøjtning med azoler	Azolbejdset såsæd*	Resultat
Tylstrup (Sand)	Nov. 2014: tebuconazol Maj 2015: prothioconazol Juni 2015: prothioconazol Juni 2017: To gange propiconazol	Marts 2017: Tebuconazol og prothioconazol	Figur B1.1 (265,111,0) 0,06 µg/L
Jydevad (Sand)	Nov. 2014: tebuconazol Maj 2015: epoxiconazol Juni 2015: prothioconazol Juni 2016: propiconazol	Sept. 2017: Tebuconazol og prothioconazol	Figur B1.2 (514,326,3) 0,15 µg/L
Silstrup (Opsprækket ler)	Juni 2017: propiconazol Juli 2017: propiconazol Maj 2018: prothioconazol Juni 2018: prothioconazol	April 2017: Tebuconazol og prothioconazol Sept. 2017: Tebuconazol og prothioconazol	Figur B1.3 (152,79,3) 0,14 µg/L
Estrup (Opsprækket ler)	Maj 2014: tebuconazol Maj 2019: metconazol Juni 2019: metconazol	Sept. 2017: Tebuconazol og prothioconazol April 2019: Tebuconazol og prothioconazol	Figur B1.4 (255,231,65) 0,26 µg/L
Fårdrup (Opsprækket ler)	Nov. 2014: tebuconazol Maj 2015: prothioconazol Juni 2016: propiconazol Juni 2017: propiconazol Juli 2017: propiconazol	April 2019: Tebuconazol og prothioconazol	Figur B1.5 (346,30,0) 0,04 µg/L
Lund (Opsprækket ler)**	Maj 2018: prothioconazol Juni 2018: prothioconazol	April 2018: Tebuconazol og prothioconazol Sept. 2018: Tebuconazol og prothioconazol	Figur B1.6 (128,97,1) 0,12 µg/L

* Registreringen af bejdsemidler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017.

** Monitering på denne nye VAP-mark blev påbegyndt i 2017.

Brugen af prothioconazol blev ikke pålagt restriktioner i 2014, da stoffet ifølge vurderingen i EU kun dannede ubetydelige mængder 1,2,4-triazol i jord. For at undersøge denne vurdering under danske klima- og jordtype-forhold, blev anvendelsen af prothioconazol medtaget i VAP i 2015 på Tylstrup, Jyndevad og Fårdrup. Efter anvendelserne af stoffet på Tylstrup og Jyndevad observeredes en stigning i koncentrationerne af 1,2,4-triazol i jordvand fra 1 meters dybde og nogle grundvandsfiltre - alle under kravværdien (Figur B1.1 og B1.2). Hvorvidt denne stigning skyldtes bidrag fra tidligere eller den aktuelle anvendelse var grundet baggrundskoncentrationsniveauet af 1,2,4-triazol uklar. Efter anvendelsen af prothioconazol på Fårdrup i maj 2015 og frem til august 2015, hvor monitoringen indtil maj 2016 af økonomiske grunde midlertidigt var indstillet, blev 1,2,4-triazol fundet i stigende koncentrationer op mod 0,1 µg/L i drænvandet, hvorimod der ingen fund var i grundvandet.

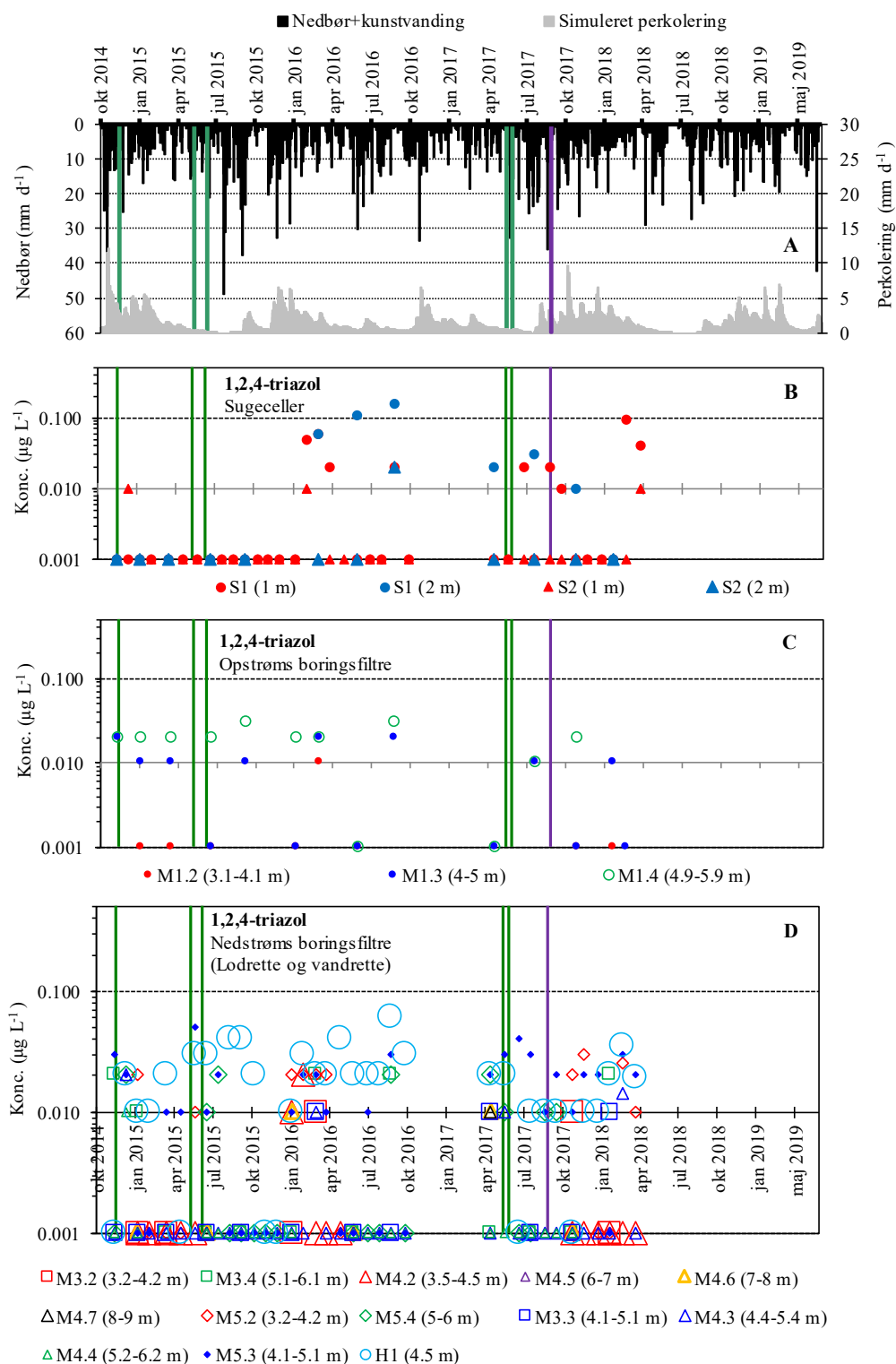
Evalueringerne i forhold til udvaskning af 1,2,4-triazol hidhørende fra såvel tebuconazol og prothioconazol, som andre azoler angivet i Tabel B1.1, er blevet hæmmet af, at der før de aktuelle azolanvendelser på **Tylstrup, Jyndevad, Estrup** og senere også **Lund**, fandtes 1,2,4-triazol i grundvandet prøvetaget både opstrøms og nedstrøms markerne. Det kunne indikere tilstedeværelse af andre azolkilder både opstrøms og fra selve marken inden den aktuelle anvendelse (Figur B1.1, B1.2, B1.4 og B1.6). Generelt fandtes dog højere koncentrationer af 1,2,4-triazol i grundvandet prøvetaget nedstrøms markerne end opstrøms, hvilket indikerer et bidrag af 1,2,4-triazol fra selve VAP-markerne. Dette underbygges af, at variationerne i koncentrationsniveauet af 1,2,4-triazol i vandprøver fra 1 m dybde ses afspejlet i niveauet fundet i vandet nedstrøms markerne, men ikke opstrøms markerne. På trods af at der fra disse marker ikke kan opnås en entydig sammenhæng imellem den enkelt azolanvendelse og fund af 1,2,4-triazol i grundvandet under marken, så viser resultaterne, at 1,2,4-triazol kan udvaskes igennem markerne til 1 m dybde og grundvandet i varierende grad. På den opsprækkede lermark Estrup (Figur B1.4) fandtes koncentrationer over kravværdien på 0,1 µg/L i 25% af grundvandsprøverne (65 ud af 255 prøver), medens der i 10% (25 ud af 255 prøver) ikke fandtes 1,2,4-triazol. Da resultaterne kunne tyde på, at der findes en pulje af azoler bundet i pløjelaget, søges skæbnen af udvalgte azoler i overjord fra bl.a. VAP-marker i forbindelse med azolsprøjtninger belyst i et forskningsprojekt finansieret af Miljøstyrelsen

Der blev ikke fundet 1,2,4-triazol i grundvandet opstrøms eller nedstrøms for de opsprækkede lermarker **Silstrup** og **Fårdrup** før den aktuelt undersøgte VAP-azolanvendelse. I selve monitoringsperioden fandtes heller ikke 1,2,4-triazol opstrøms. Fårdrup er den mark i VAP, der modtager mindst nedbør og dermed har den mindste nedsivning af vand til dræn og grundvand. Dette betyder, at stoffer (heriblandt 1,2,4-triazol) ikke så hurtigt kan blive transporteret igennem jorden ned til grundvandet. 1,2,4-triazol findes på Fårdrup derfor primært i drænvandet, hvor koncentrationsniveauet ser ud til at stige efter hver azolanvendelse det være sig i form af sprøjtemiddel eller bejdsemiddel (Tabel B1.1; Figur B1.5). Efter de seneste to anvendelser har enkelte drænvandsprøver haft koncentrationer over 0,1 µg/L. Ændring i fund af 1,2,4-triazol over tid i drænvandet ses tillige at afspejle sig i flere fund i grundvandet, hvor koncentrationerne dog fortsat er under 0,1 µg/L.

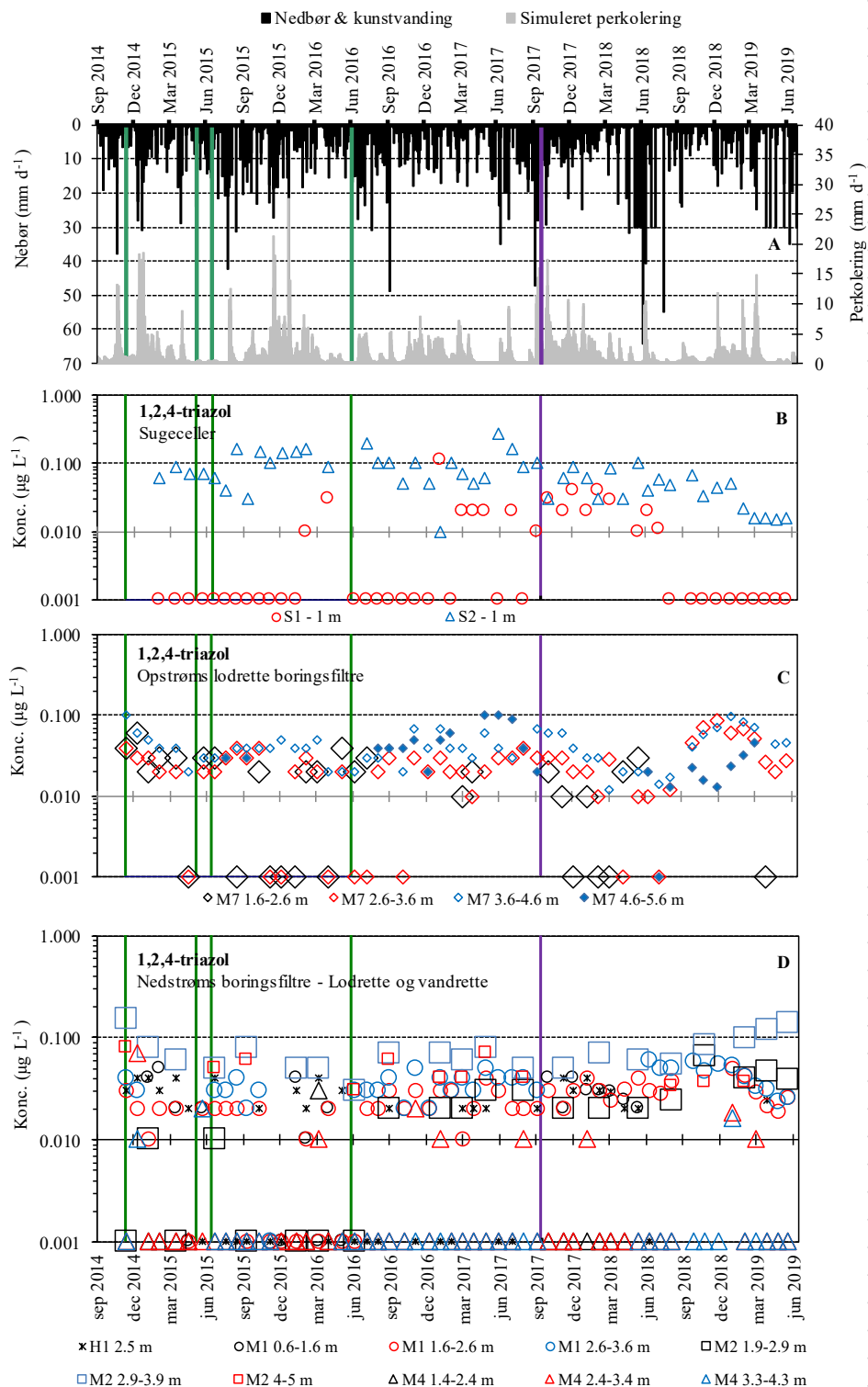
På Silstrup viste monitoringsresultaterne for første gang en mulig direkte sammenhæng mellem anvendelse af azoler på marken i perioden april - juli 2017 (Tabel B1.1) og fund af 1,2,4-triazol i grundvandet over kravværdien på 0,1 µg/L efter september 2017. Efter fra april til juli 2017 at have udført tre azolanvendelser inklusiv den azolbejdsede såsæd, hvor der var minimal infiltration af vand igennem jorden (Tabel B1.1; Figur B1.3), øges nedsivning igennem jorden til drænvand og grundvand i september 2017. Dette medførte fund i drænvandprøver på over 0,1 µg/L fra midten af september og i grundvandsprøver fra starten af oktober efter endnu en azolanvendelse med azolbejdset såsæd i slutningen af september. Tre fund over kravværdien blev registreret i grundvandsprøver udtaget i forbindelse med den månedlige prøvetagning i oktober 2017. I de efterfølgende måneder aftog koncentrationen i grundvandet til under kravværdien samtidig med, at koncentrationen i drænvandet aftog til og med april 2018. Her startede atter en tør periode med minimal nedsivning af vand gennem jorden, dog medførte to større nedbørshændelser en stigning

i koncentrationen i de drænvandsprøver, som var mulige at udtage. Denne stigning ses kun i én grundvandsprøve fra den horisontale boring i 3.5 m dybde. Ved dobbeltanvendelsen af prothioconazol i maj og juni 2018 var nedsivningen af vand igennem jorden ikke længere nævneværdig (Figur B1.3A), hvorfor vandet stoppede med at løbe i drænsystemet, og ingen prøver blev udtaget herfra. Således gentog det overordnede mønster fra udvaskningsscenariet i sommeren 2017 sig. Nedsivningen initieredes igen i september med fund af 1,2,4-triazol i drænvandet på over 0,1 µg/L. Ved den månedlige prøvetagning af grundvandet i starten af oktober 2018 blev der dog ikke målt koncentrationer over kravværdien, som det var tilfældet i 2017. Koncentrationsniveauet i grundvandet faldt atter i takt med faldet i det detekterede niveau i drænvandet.

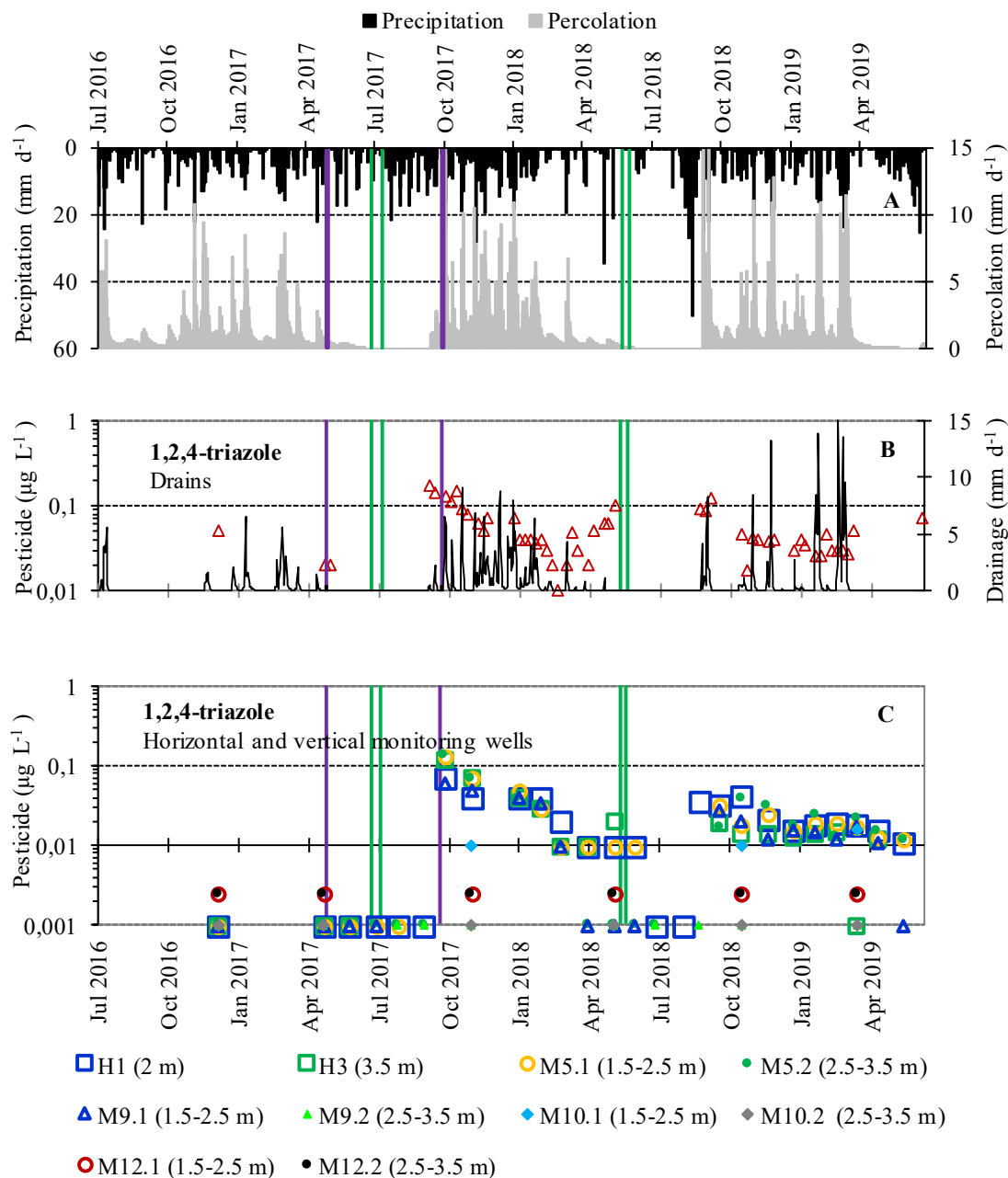
Som tidligere beskrevet detekteredes 1,2,4-triazol i grundvandsprøver i meget varierende grad og i koncentrationer over kravværdien på 0,1 µg/L på fire (Jydevad, Silstrup, Estrup og Lund) ud af seks marker (Tabel B1.1 – kolonne ”Resultat”). Resultater fra Silstrup og Lund indikerer, at de primære kilder til den observerede 1,2,4-triazol-udvaskning på disse to marker kan være azol-sprøjtningerne på markerne og anvendelsen af såsæd bejdset med azoler. Monitoringsresultater gør det dog ikke muligt at skelne imellem de to kilder.



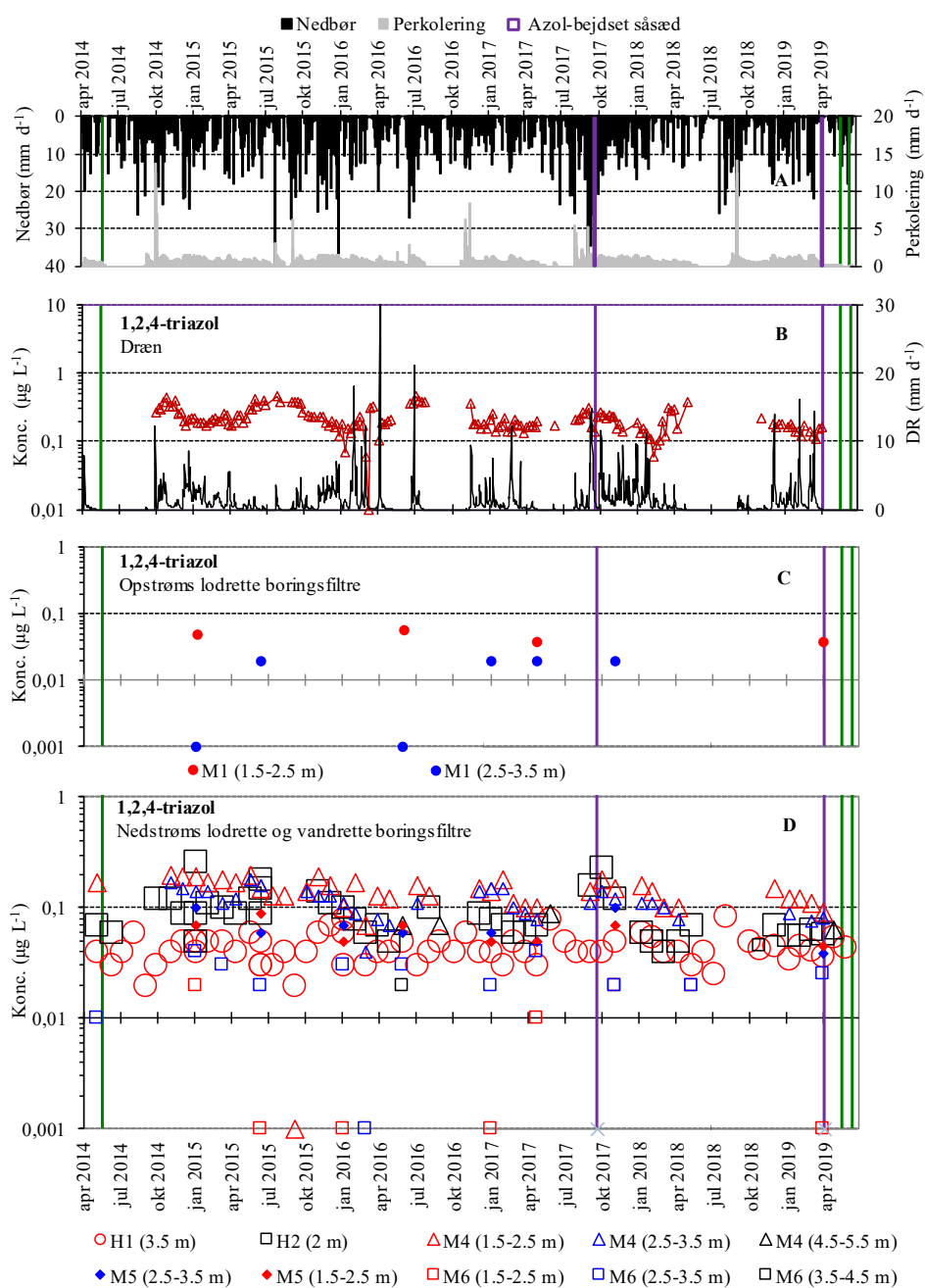
Figur B1.1. Udvalgte monitoringsresultater for 1,2,4-triazol-udvaskningstestene fra sandmarken Tylstrup 2014-2018, hvor Tylstrup blev sat på "standby": (A) målt nedbør og simuleret perkolering i 1 meters dybde angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af 1,2,4-triazol i drænvandsprøver angivet i log-skala og (C-D) koncentrationen af 1,2,4-triazol i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre M og vandrette boringsfiltre H henholdsvis opstrøms og nedstrøms marken angivet i log-skala. Boring M1 er placeret opstrøms for marken. I tilfælde af at der ikke er fundet 1,2,4-triazol i vandprøven tilføjes punktet på plottet værdien 0,001 µg/L – altså en værdi under detektionsgrænsen på 0,01 µg/L (x-akse). De grønne lodrette streger angiver i tidspunktet for sprøjtningen med tebuconazol i 2014, to gange prothioconazol i 2015 og to gange propiconazol i 2017. De lilla streger angiver anvendelsen af vårbyg såsæd bejdsset med tebuconazol og prothioconazol. Det skal bemærkes, at bejdsedmidler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017.



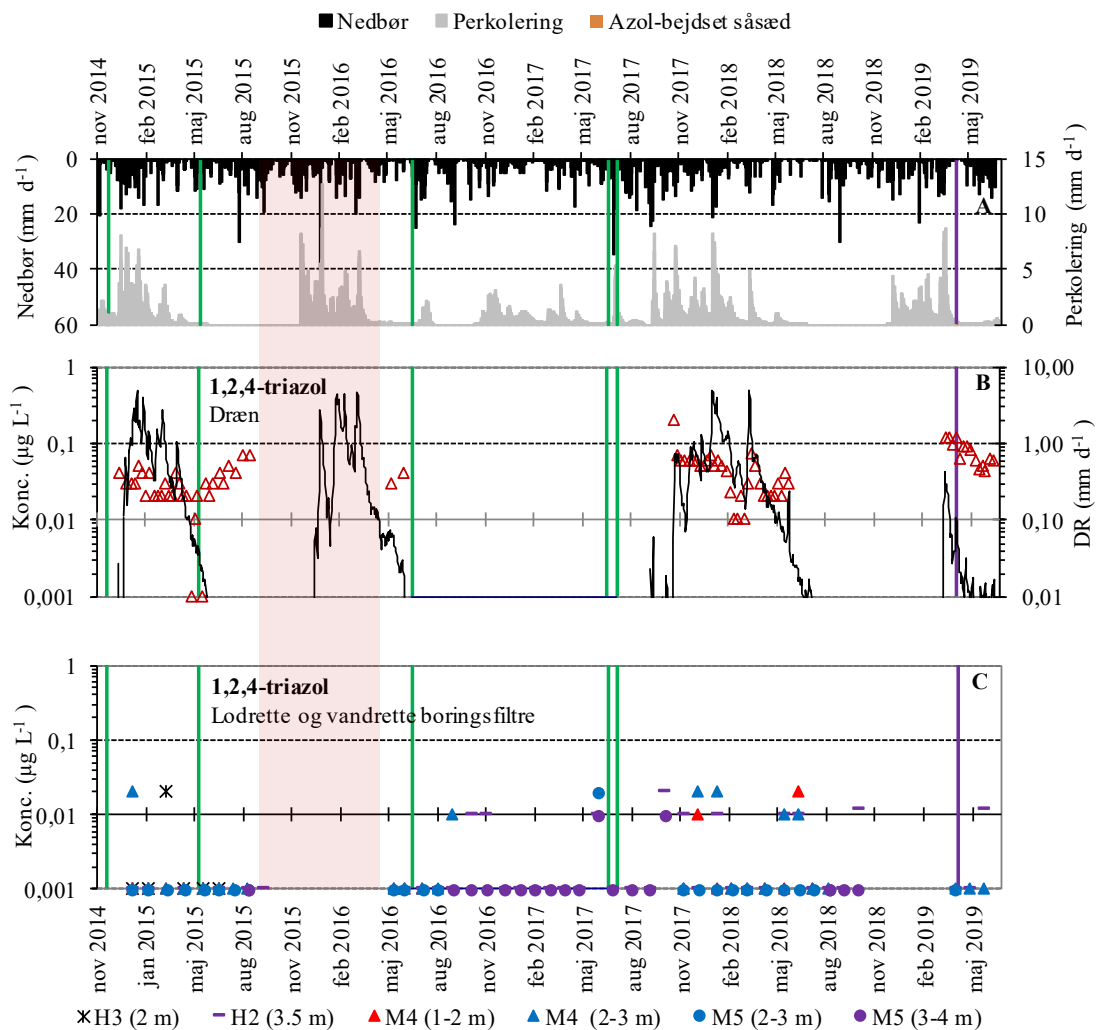
Figur B1.2. Udvalgte monitoringsresultater for 1,2,4-triazol-udvaskningstestene fra sandmarken Jydevad 2014-2019: (A) målt nedbør og simuleret perkolering i 1 meters dybde angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af 1,2,4-triazol i drænvandsprøver angivet i log-skala og (C-D) koncentrationen af 1,2,4-triazol i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre M og vandrette boringsfiltre H henholdsvis opstrøms og nedstrøms marken angivet i log-skala. Boring M7 er placeret opstrøms for marken. I tilfælde af at der ikke er fundet 1,2,4-triazol i vandprøven tillægges punktet på plottet værdien 0,001 µg/L – altså en værdi under detektionsgrænsen på 0,01 µg/L (x-akse). De grønne lodrette streger angiver tidspunktet for sprøjtningen med tebuconazol i 2014, epoxiconazol + prothioconazol i 2015 og propiconazol i 2016. De lilla streger angiver anvendelsen af vinter hvede såsæd bejdset med tebuconazol og prothioconazol. Det skal bemærkes, at bejdsemidler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017.



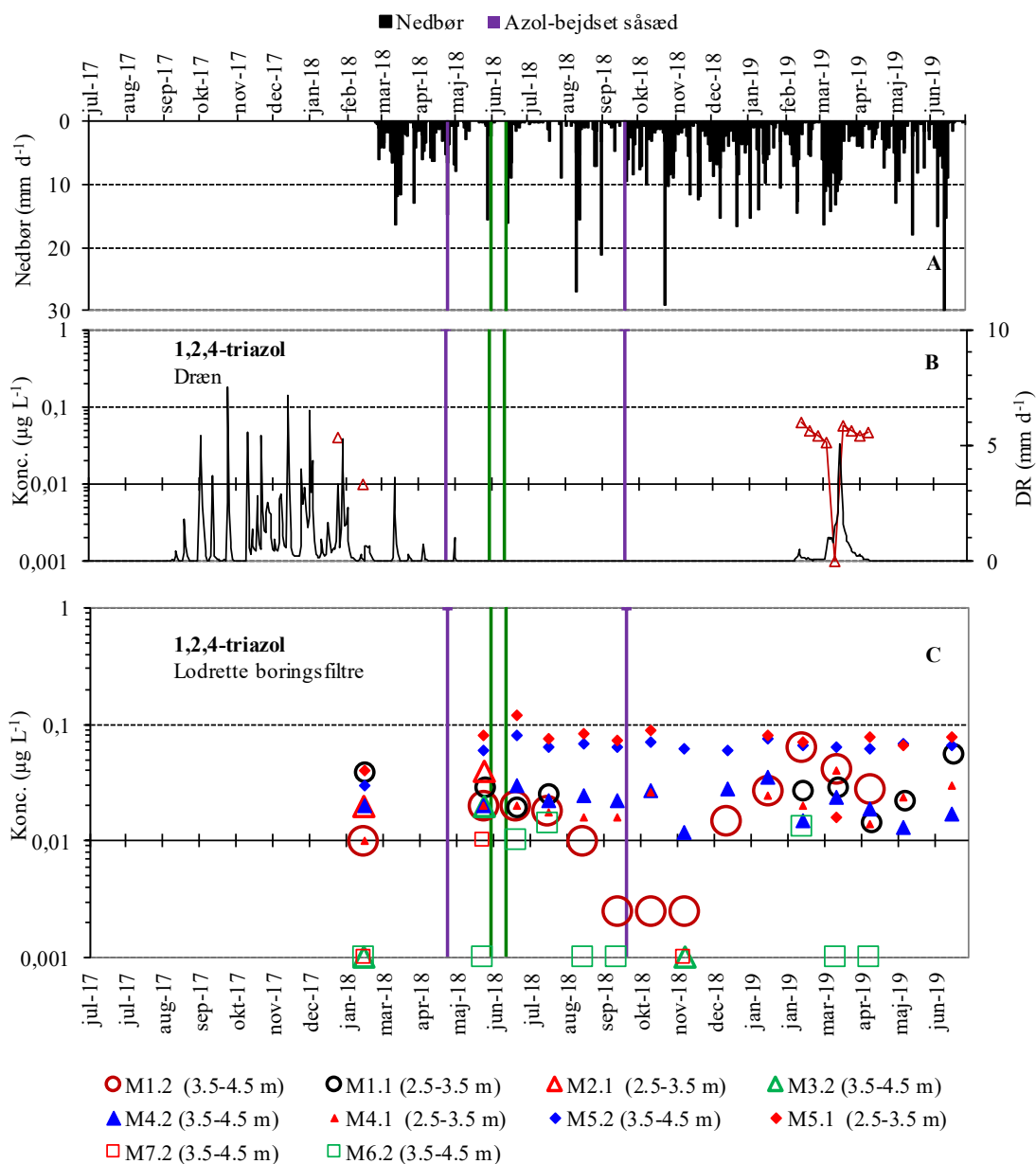
Figur B1.3. Udvalgte monitoringsresultater for 1,2,4-triazol-udvaskningstestene fra *opsprækkede lermark Silstrup 2016-2019*: (A) målt nedbør og simuleret perkolering i 1 meters dybde angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af 1,2,4-triazol i drænvandsprøver angivet i log-skala og drænvandsafstrømningen DR angivet i lineær skala og (C) koncentrationen af 1,2,4-triazol i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre (M) og vandrette boringsfiltre (H) angivet i log-skala. Boring M12 er placeret opstrøms for marken. I tilfælde af at der ikke er fundet 1,2,4-triazol i vandprøven tillægges punktet på plottet værdien 0,0025 µg/L, hvis prøven er fra den opstrøms boring M12, eller gives værdien 0,001 µg/L – altså værdier under detektionsgrænsen på 0,01 µg/L (x-akse). De grønne lodrette streger angiver i tidspunktet for sprøjtningen med propiconazol to gange i 2017 og prothioconazol to gange i 2018. De lilla streger angiver anvendelsen af såsæd bejdset med tebuconazol og prothioconazol. Det skal bemærkes, at bejdsemidler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017.



Figur B1.4. Udvalgte monitoringsresultater for 1,2,4-triazol-udvaskningstestene fra *opsprækkede lermark Estrup 2014-2019*: (A) målt nedbør og simuleret perkolering i 1 meters dybde angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af 1,2,4-triazol i drænvandsprøver angivet i log-skala og drænvandsafstrømningen DR angivet i lineær skala og (C-D) koncentrationen af 1,2,4-triazol i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre M og vandrette boringsfiltre H henholdsvis opstrøms og nedstrøms marken angivet i log-skala. Boring M1 er placeret opstrøms for marken. I tilfælde af at der ikke er fundet 1,2,4-triazol i vandprøven tillægges punktet på plottet værdien 0,001 $\mu\text{g/L}$ – altså en værdi under detektionsgrænsen på 0,01 $\mu\text{g/L}$ (x-akse). De grønne lodrette streger angiver tidspunktet for sprøjtningen med tebuconazol i 2014 og metconazol i 2019. De lilla streger angiver anvendelsen af vinterhvedesåsæd bejdset med tebuconazol og prothioconazol. Det skal bemærkes, at bejdsemidler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017.



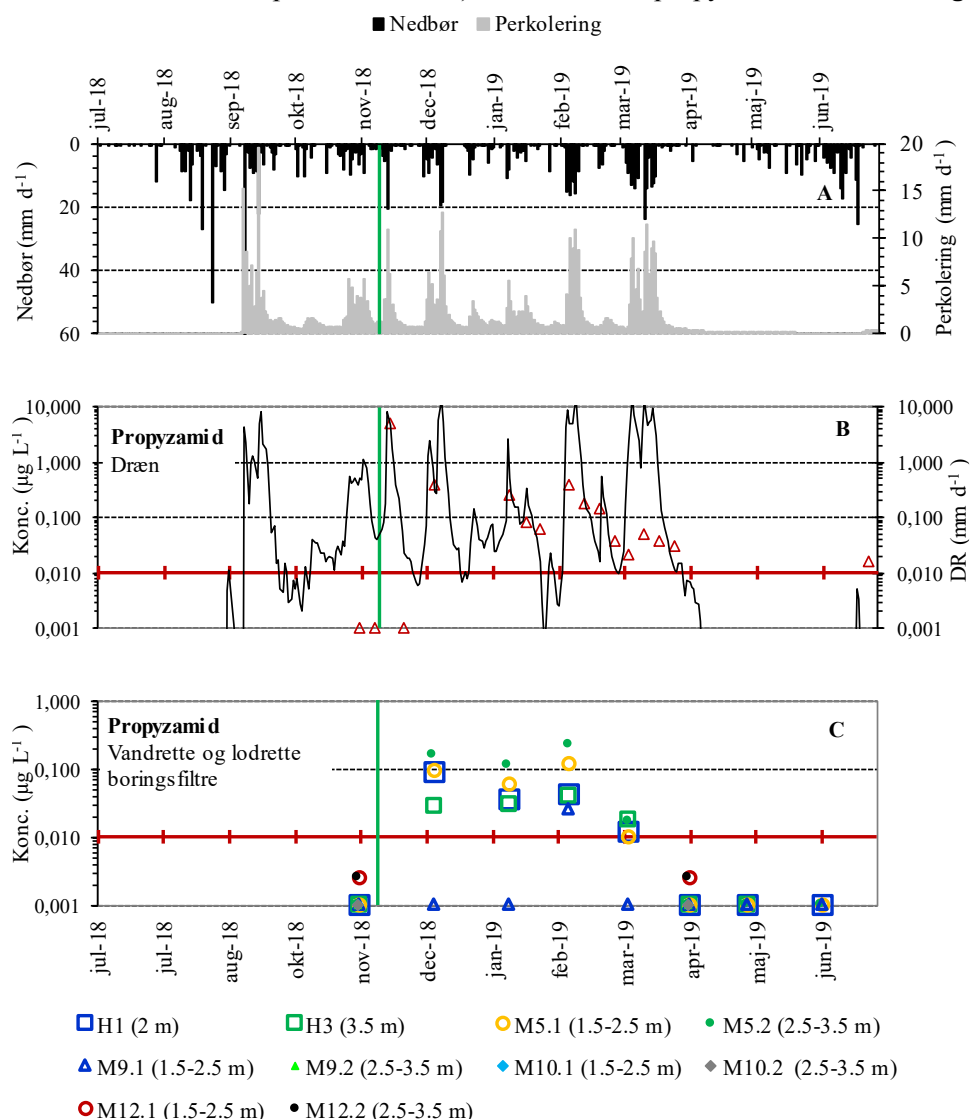
Figur B1.5. Monitoringsresultater for 1,2,4-triazol-udvaskningstestene fra *opsprækkede lermark Fårdrup 2014-2019*: (A) målt nedbør og simuleret perkolering i 1 meters dybde angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af 1,2,4-triazol i drænvandsprøver og drænvandsafstrømningen DR angivet i log-skala og (C) koncentrationen af 1,2,4-triazol i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre M og vandrette borings filtre H angivet i log-skala. I tilfælde af at der ikke er fundet 1,2,4-triazol i vandprøven tillægges punktet på plottet værdien 0,001 $\mu\text{g/L}$ – altså en værdi under detektionsgrænsen på 0,01 $\mu\text{g/L}$ (x-akse). De grønne lodrette streger angiver tidspunktet for sprøjtingen med tebuconazol i 2014, prothioconazol (2015) og propiconazol (2016 and 2017). De lilla streger angiver anvendelsen af såsæd bejdsset med tebuconazol og prothioconazol. Det skal bemærkes, at bejdsmedler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017. Grundet økonomiske begrænsninger blev monitoringen stoppet i den med rødt markerede periode.



Figur B1.6. Udvalgte Monitoringsresultater for 1,2,4-triazol-udvaskningstestene fra *opsprækkede lermark Lund 2017-2019*: (A) målt nedbør angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af 1,2,4-triazol i drænvandsprøver angivet i log-skala og drænvandsafstrømningen DR angivet i lineær skala og (C) koncentrationen af 1,2,4-triazol i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre M henholdsvis opstrøms og nedstrøms marken. Boring M1 er placeret opstrøms for marken angivet i log-skala. I tilfælde af at der ikke er fundet 1,2,4-triazol i vandprøven tillægges punktet på plottet værdien 0,0025 µg/L, hvis prøven er fra den opstrøms boring M1, eller gives værdien 0,001 µg/L – altså en værdi under detektionsgrænsen på 0,01 µg/L (x-akse). De grønne lodrette streger angiver tidspunktet for sprøjtningen med prothioconazol to gange i 2018. De lilla streger angiver anvendelsen af såsæd bejdsset med tebuconazol og prothioconazol. Det skal bemærkes, at bejdsmedler anvendt på såsæd anvendt i VAP blev registreret fra 2017.

Bilag 2. Propyzamid

I dette års VAP-rapport præsenteres resultaterne fra den fjerde test af udvaskningen af propyzamid i VAP. Propyzamid er et ukrudtsmiddel, som primært anvendes i vinterraps. Et ukrudtsmiddel indeholdende aktivstoffet blev udsprøjtet på vinterraps i Silstrup (opsprækket lermark) den 9. november 2018 (Figur B2.1). Op til denne udbringning havde der været en længere periode med nedbør og nedsivning af vand igennem jorden (Figur B2.1-A), hvilket i perioder fik vand til at strømme i drænsystemet under marken (Figur B2.1-B). Således var det muligt at udtage to drænvandsprøver indsamlet over to forskellige drænvandsafstrømningsperioder foruden de indsamlede grundvandsprøver inden udbringningen af ukrudtsmidlet på marken. Ved analyse med en detektionsgrænse på 0,01 µg/L viste ingen af disse vandprøver at indeholde propyzamid (Figur B2.1-B og -C), hvorfor det må antages, at vandet under marken og fra opstrøms marker (ingen fund i M12, som står opstrøms marken) ikke indeholdt propyzamid inden udbringningen.



Figur B2.1. Monitoringsresultater for propyzamid-udvaskningstesten i **Silstrup 2018-2019**: (A) målt nedbør og simuleret perkolerung i 1 meters dybde angivet i lineær skala, (B) koncentrationen af propyzamid i drænvandsprøver og drænvandsafstrømningen angivet i log-skala og (C) koncentrationen af propyzamid i grundvandsprøver udtaget fra lodrette boringsfiltre (M) og vandrette boringsfiltre (H). Boring M12 er placeret opstrøms for marken angivet i log-skala. I tilfælde af at der ikke er fundet propyzamid i vandprøven tilføjes punktet på plottet værdien 0,001 µg/L og for M12 0,0025 µg/L – altså en værdi under detektionsgrænsen på 0,01 µg/L (den røde x-akse). Den grønne lodrette streg angiver datoen for sprøjtningen med propyzamid.

Umiddelbart efter udbringningen af ukrudtsmidlet regnede det meget, hvilket ikke blot medførte drænvandsafstrømning, men også fund af propyzamid i en drænvandsprøve på 5,1 µg/L (Figur B2.1) udtaget fem dage efter udbringningen. På trods af at regnen ophørte kort tid efter dette fund, strømmede der fortsat vand i drænsystemet; men den næste drænvandsprøve viste ingen målbar propyzamid. I begyndelsen af december begyndte det at regne igen, og vandet strømmede atter i drænsystemet, hvorfor der blev taget vandprøver fra både drænsystemet og udvalgte boringsfiltre på marken. Propyzamid blev påvist i samtlige vandprøver på nær prøven fra M9's filter i 1.5-2.5 m dybde. Koncentrationer over 0,1 µg/L blev konstateret i vandprøven fra drænsystemet samt M5's grundvandsfilter i 2.5-3.5 m dybde. Dette mønster gentog sig de følgende måneder, hvor koncentrationen i grundvandet udtaget fra M5's øverste filter i 1.5-2.5 m dybde i februar måned også overskred grænseværdien i grundvandet på 0,1 µg/L. Med øget nedbør i marts og efterfølgende øget nedsivning af vand til dræn og grundvand faldt koncentrationen fra marts til under 0,1 µg/L i vandprøverne. I april startede en tør periode med minimal nedbør, hvorefter vandet ophørte med at strømme i drænsystemet under marken, hvorfor der ikke kunne tages vandprøver herfra. Fra marts var der ingen fund af propyzamid i de grundvandsprøver, som fortsat blev udtaget. I juni måned medførte en regnfuld periode en kortvarig minimal drænvandsafstrømning, hvorfra en drænvandsprøve viste propyzamid med en koncentration under 0,1 µg/L.

Ovenstående afsnit viser, at hurtig præferentiel udvaskning af propyzamid via jordens makroporer (ormehuller og sprækker) efter marksprøjtning på den vandmættede november jord bliver initieret af nedbør, som ligger over det månedlige gennemsnit for november monitoreret siden 1999. Denne udvaskning medfører fund i både drænvand og grundvand også over kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L. Hvorvidt denne udvaskning, næsten et år efter marksprøjtningen, atter ses ved initiering af den næste drænsæson, vil næste års monitoringsresultater kunne vise. Dog tyder især den første af de nedenfor omtalte tidligere test af udvaskningen af propyzamid i VAP ikke på, at det vil være tilfældet.

Følgende tidligere test er foretaget i VAP-perioden 1999- juni 2018:

1. **Silstrup** (opsprækket lermark): Propyzamid blev anvendt den 17. november 2005 i vinterraps på BBCH 16 med monitoring fra oktober 2005 til marts 2008. Resultat af denne monitoring, som inkluderede propyzamid og tre af dets nedbrydningsprodukter (RH-24580, RH-24644 og RH-24655), viste to grundvandsfund over kravværdien af propyzamid samt ni og to detektioner under kravværdien af henholdsvis propyzamid (i 227 prøver) og dets nedbrydningsprodukt RH-24644 (227 prøver). De to propyzamid fund over kravværdien fandtes i grundvandsprøver fra 1. december 2005, hvor der i drænvandsprøven fra samme dag blev fundet en koncentration på 1,6 µg/L. Propyzamid og RH-24644 blev efter maj 2005 hverken fundet i drænvandet eller grundvandet. Medens RH-24655 ikke blev fundet, blev RH-24580 fundet to gange i lav koncentration i drænvandet. Som i 2018-anvendelsen er propyzamid også her udbragt på en vandmættet jord og i en november måned, hvor den månedlige nedbør ligger over gennemsnittet målt siden 1999.
2. **Tylstrup** (sandmark): Propyzamid blev anvendt den 9. februar 2007 på vinterraps på BBCH 15 med monitoring fra oktober 2006 til marts 2009. I denne periode blev hverken propyzamid eller tre af dets nedbrydningsprodukter (RH-24580, RH-24644 og RH-24655) fundet i vandprøver udtaget i 1 m's dybde eller i grundvandet fra marken.
3. **Fårdrup** (opsprækket lermark): Propyzamid blev anvendt den
 - 19. februar 2007 på vinterraps på BBCH 16 med monitoring fra oktober 2006 til marts 2009 og inkluderede propyzamid og dets tre nedbrydningsprodukter (RH-24580, RH-24644 og RH-24655). Ni dage efter udbringningen blev den maksimale koncentration af propyzamid på 5,1 µg/L fundet i en drænvandsprøve. Under en måned efter udbringningen blev propyzamid fundet i grundvandet i en koncentration under

kravværdien. Dette fund blev gjort i forbindelse med de to fund over 0,1 µg/L af propyzamid ud af de i alt fire fund i 74 drænvandsprøver. Ingen af nedbrydningsprodukterne blev fundet i grundvandet og kun RH24644 og RH-24655 blev fundet i drænvandet henholdsvis fire og en gang ud af de 74 prøver – alle under 0,1 µg/L.

- 26. januar 2013 på kløver i BBCH 22-29 med monitorering fra december 2012 til april 2015 og inkluderede atter propyzamid og dets tre nedbrydningsprodukter (RH-24580, RH-24644 og RH-24655). I forbindelse med udbringningen var der ingen fund af propyzamid eller dets tre nedbrydningsprodukter RH-24580, RH-24644 og RH-24655 i drænvand eller grundvand.

Ovenstående fire test af udvaskningen af propyzamid i VAP giver et billede af et stof, som:

- ikke umiddelbart udvasker igennem sandede jorde i koncentrationer over detektionsgrænsen. Her skal tages forbehold for, at udvaskningen blot er testet på en enkelt sandmark én gang.
- udvasker over 1-3 måneder efter udbringningen af propyzamid på vinterraps på opsprækkede lermarker i høje koncentrationer til:
 - drænvand (op til 5,1 µg/L)
 - grundvandet i koncentrationer over kravværdien på 0,1 µg/L i op til tre måneder inden koncentrationen falder til under kravværdien.

I to tilfælde (Silstrup 2005; Fårdrup 2007) er jorden vandmættet, og den månedlige nedbør er større end den gennemsnitlige månedlige nedbør monitoreret siden 1999, hvorfor hurtig præferentiel udvaskning af propyzamid via jordens makroporer (ormehuller og sprækker) også ser ud til at finde sted i denne sammenhæng som ved udbringning af propyzamid i Silstrup i 2018.

- detekteres i højere grad end dets tre nedbrydningsprodukter RH-24580, RH-24644 og RH-24655, hvor kun RH-24644 er fundet i grundvandsprøver.