

Groen- en houtafval als bron
van azolen-resistente schimmel
Aspergillus fumigatus

deel A: desk studie

Groen- en houtafval als bron van azolen-resistente schimmel *Aspergillus fumigatus*

Deel A: desk studie

Auteurs:

Opdrachtgever: RWS-WVL

Publicatienr.: CLM-1065

© CLM, maart 2021

CLM Onderzoek en Advies

Postbus:

Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres:

Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700
www.clm.nl

Inhoud

Voorwoord	4
Samenvatting	5
Summary	12
1 Inleiding	19
2 Azolen: typen en toepassingen	21
2.1 Typen azolen	21
2.2 Afzet van azolen in Nederland	24
3 Hotspots van resistente <i>Aspergillus fumigatus</i>	26
3.1 Opslag en compostering van bollenafval	26
3.2 Opslag en compostering van groenafval	27
3.3 Opslag van houtafval	27
4 De ketens van groen- en houtafval	28
4.1 Stromen, condities en aanwezigheid azolen bij groenafval	28
4.1.1 Groente, Fruit en Tuinafval (GFT)	28
4.1.2 Groenafval	30
4.1.3 Composteringsmaterialen	31
4.1.4 Composteringsproces	32
4.1.5 Kans op aanwezigheid van azolen	32
4.2 Stromen, condities en aanwezigheid azolen bij de verwerking van houtafval	33
4.2.1 Typen afvalhout	33
4.2.2 Afvalhoutketen	33
4.2.3 Houtverduurzaming	34
4.2.4 Hoeveelheden snoei- en afvalhout	35
4.2.5 Bestemming afvalhout	36
4.2.6 Opslag afvalhout	36
5 Mogelijke overige bronnen van resistente <i>Aspergillus fumigatus</i>	38
5.1 Akkerbouwgewassen	38
5.1.1 Granen	38
5.1.2 Uien	39
5.1.3 Aardappelen	39
5.1.4 Suikerbieten	39
5.2 Vollegrondsgroentegewassen	40
5.3 Fruitteelt	40
5.4 Sierteelt	40
5.5 Champignons	40

6 Resultaten interviews	42
6.1 Interviews experts groenafvalketen	42
6.2 Interviews experts houtketen	43
6.3 Overige expertinterviews	44
6.4 Verwachting en adviezen voor vervolgonderzoek en -maatregelen van experts	45
7 Monitoringsadvies	46
7.1 Groenafval	46
7.2 Houtafval	47
7.3 Overige bronnen	47
8 Conclusies en aanbevelingen	48
8.1 Conclusies	48
8.1.1 Toelating en gebruik van azolen	48
8.1.2 Hotspots van resistente <i>Aspergillus fumigatus</i>	48
8.1.3 Andere hot spots van resistente <i>Aspergillus fumigatus</i> ?	49
8.1.4 Visie en adviezen vanuit de interviews met stakeholders	50
8.2 Aanbevelingen	50
Referenties	52
Bijlagen	54
Bijlage 1: Geïnterviewde personen	55
Bijlage 2: Samenstelling klankbordgroep	56
Bijlage 3: Jaarlijkse afzet van azolen (kg/jaar) in Nederland (NVWA 2019)	57

Voorwoord

Aanleiding voor dit onderzoek

De vondst van een resistente schimmel in hopen groenafval, wachtend op verwerking, leidde naar de vraag: wat gebeurt er met dit organisch afval?

Al eerder is ontdekt dat de oorzaak van dit probleem te maken heeft met de bestrijding van schimmels met middelen die azolen bevatten. Niet alleen in de bollenteelt, ook bij andere gewassen worden azolen ingezet als gewasbeschermingsmiddel. Ook biociden, bestemd voor de verduurzaming van hout, bevatten azolen.

Het RIVM, in samenwerking met CLM en Radboud-UMC, constateerde in 2017 dat organisch afval dat azolen bevat, een bron vormt voor het ontstaan van deze resistente schimmel, *Aspergillus fumigatus*. Dit betekent dat deze schimmel, die mensen kan besmetten, niet meer met reguliere medicijnen te genezen is. Tijdens dit onderzoek zijn al enkele condities voor de vorming van deze resistente schimmel in kaart gebracht, op zogenoemde hotspots. Om meer inzicht te krijgen in de locaties van deze hotspots is het nodig om de behandeling van organisch afval onder de loep te nemen. Bovendien is het belangrijk om de hele keten - niet alleen een enkele schakel daarbinnen - in beeld te krijgen. RWS-WVL heeft daarom opdracht gegeven om hier nader onderzoek naar te verrichten. In een deskstudie heeft CLM, via interviews en een literatuuronderzoek, het ontstaan van resistente *Aspergillus fumigatus* in beeld gebracht (deel A). Aansluitend is een bemonsteringsonderzoek uitgevoerd, om de resultaten van de interviews en het literatuuronderzoek te bevestigen of aan te vullen (deel B).

In deze rapportage vindt u het resultaat van de desk studie (deel A). Een aantal personen heeft via interviews een belangrijke bijdrage geleverd aan deze desk studie. Allen hartelijk dank voor de medewerking.

Utrecht, maart 2021

Senior juridisch medewerker RWS-WVL

Samenvatting

Inleiding

Resistente *Aspergillus fumigatus* is een schimmel die een risico vormt voor mensen met een verzwakt immuunsysteem of een longinfectie. Het is een schimmel die groeit op dood plantenmateriaal en grote hoeveelheden sporen produceert, die in de lucht komen. Deze sporen kunnen vervolgens door mensen ingeademd worden. Voor gezonde mensen vormt dit geen gevaar, maar voor de genoemde patiëntengroepen kan dit leiden tot ernstige longinfecties, die overlijden als gevolg kunnen veroorzaken. *A. fumigatus* is afgelopen decennia resistent geworden tegen azolen. Behandeling van de schimmel met medische azolen werkt meestal niet meer, omdat in patiënten steeds vaker resistente *A. fumigatus* wordt aangetroffen. Het is aannemelijk dat de patiënten de resistente infectie hebben opgelopen door het inademen van sporen van schimmels die resistent geworden zijn door gebruik van azolen in niet-medicinale toepassingen (land- en tuinbouw, houtverduurzaming).

Resistentie-ontwikkeling van *A. fumigatus* blijkt vooral plaats te vinden in afvalhopen van plantmateriaal. Het plantmateriaal wordt opgeslagen als voorbereiding op verwerking (compostering en co-vergisting). Er is vastgesteld dat resistentie-ontwikkeling al bij zeer kleine hoeveelheden azolen op kan treden. Ook is gebleken dat groenafvalhopen (met lage concentraties azolen) en houtafvalhopen van met azolen verduurzaamd B- en C-hout mogelijke hotspots zijn voor het ontstaan en de verspreiding van resistentie van *A. fumigatus* zijn. Hierover is echter nog onvoldoende kennis beschikbaar. Om het inzicht in deze mogelijke hotspots te vergroten heeft Rijkswaterstaat aan CLM gevraagd een deskstudie uit te voeren. Doel is om het risico op het ontstaan en de aanwezigheid van hotspots bij het groen- en houtafval te onderzoeken via literatuuronderzoek en interviews. Daarnaast is het doel in beeld te brengen hoeveel azolen in gewassen in Nederland gebruikt worden en of ook in ketens van land- en tuinbouwfval hotspots te verwachten zijn. Tenslotte is het de bedoeling in de deskstudie aan te geven welke verdiepende metingen in mogelijke hotspots nodig zijn om mogelijke oplossingen te formuleren.

Azolen: typen en toepassingen

Azolen worden toegepast als gewasbeschermingsmiddel, biocide, en (dier-) geneesmiddel. De azolen voor deze toepassingen (ook de medische toepassing) behoren tot de groep van demethylase inhibitors (DMI). Het Ctgb gaat ervanuit dat twee in Nederland toegelaten azoolbiociden voor de conservering van diverse materialen resistentie kunnen veroorzaken. Voor gewasbeschermingsmiddelen betreft het 14 werkzame stoffen die in Nederland een toelating hebben in één of meerdere gewassen. Op EU-niveau zijn er naast deze 14 nog 7 andere azolen goedgekeurd.

Naar schatting van de sector wordt jaarlijks ca. 1000 kg biocide voor houtverduurzaming per jaar gebruikt. Voor gewasbeschermingsmiddelen is kwantitatieve informatie beschikbaar. Tussen 1990 en 2016 blijkt de afzet van triazolen verviervoudigd met een afzet van 148.000 kg in 2016. De triazolen zijn een belangrijke groep schimmelbestrijders en ook van belang om resistentie tegen fungiciden te voorkomen. Sinds kort zijn ook afzetgegevens op stofniveau openbaar voor de periode 2010 – 2017. Hierdoor kan ook de ontwikkeling in de afzet van andere azolen, naast

triazolen, in beeld gebracht worden. De afzet van azolen is tussen 2010 en 2017 bijna verdubbeld, met name door de sterke toename van afzet van difenoconazool (van bijna 7.000 tot bijna 120.000 kg) en van propiconazool (van ruim 1.200 naar bijna 16.000 kg). Het hoogste gebruik in 2016 vond plaats in aardappelen en bollen. Het gebruik in aardappelen is afgelopen jaren sterk toegenomen door een toename van met name difenoconazool.

Hotspots van resistente *Aspergillus fumigatus*

Ontstaan en verspreiding van resistente *Aspergillus fumigatus* vindt plaats onder specifieke omstandigheden en op specifieke locaties, ook wel ‘hotspots’ genoemd. Een **hotspot** is een locatie, waarop een combinatie van factoren samen komt, waaronder de aanwezigheid van organisch materiaal, goede procescondities (o.a. temperatuur, zuurstof, pH en licht) en de aanwezigheid van azolen (concentratie, constante of intermitterende blootstelling).

In eerdere onderzoeken zijn drie hotspots gesignaleerd:

- Opslag en compostering van **bollenafval** op bollenkwekerijen; in eerder onderzoek zijn in bewaarhoppen en composthoppen hoge percentages resistente *Aspergillus*-schimmels aangetroffen in combinatie met azolen. Met name in bewaarhoppen worden zeer hoge aantallen resistente schimmels aangetroffen. Na het composteringsproces waarbij in de composthoop temperaturen boven 65° C gehaald worden, neemt het percentage resistente schimmels sterk af.
- Opslag en compostering van **groenafval** bij biomassawerven; in een beperkt aantal metingen is vastgesteld dat ook hier in bewaarhoppen en composthoppen hoge aantallen resistente schimmels gevonden worden. Ook hier geldt dat onder invloed van de hoge temperaturen die tijdens de compostering gehaald worden, het percentage resistentie sterk afneemt.
- Opslag van **houtafval** (B-, en C-hout) bij biomassawerven; in enkele analyses die zijn gedaan, zijn hoge aantallen resistente schimmels aangetroffen, terwijl ook azolen aanwezig waren.

De ketens van groen- en houtafval

In de **groenafvalketen** moet onderscheid gemaakt worden tussen **GFT-** en **groenafval**.

GFT (groente-, fruit- en tuinafval) is het afval dat afkomstig is van particulieren en (2-)wkelijks wordt opgehaald in opdracht van de gemeente. Het bestaat voor 80% uit tuinafval en voor 20% uit keukenaafval. In 2018 kwam 1,4 miljoen ton GFT afkomstig van huishoudens en 0,2 miljoen ton keukenaafval uit de horeca vrij. GFT wordt door 20 biomassawerven verwerkt. Het opgehaalde GFT gaat deels rechtstreeks naar de verwerker, maar meestal via een tussenopslag van maximaal enkele dagen. Op de verwerkingslocatie wordt het afval binnen 3 dagen verwerkt (gecomposteerd of vergist gecombineerd met compostering). GFT is waarschijnlijk geen grote bron vormt van resistente *A. fumigatus* omdat de opslag van het GFT afval steeds relatief kort is en binnen plaatsvindt. In analyses die zijn gedaan is nauwelijks resistente *A. fumigatus* gevonden.

Onder **groenafval** valt een breed scala van plantaardige afvalstoffen die vrijkomen bij aanleg en onderhoud van particulier en openbaar groen. Het gaat hierbij om bermmaaisel, snoeihout, slootmaaisel en blad, in totaal 2,4 miljoen ton/jaar. Daarnaast komt er 0,4 miljoen ton/jaar agrarisch groenafval (m.n. oogstresten) vrij. Deze in totaal 2,8 miljoen ton wordt in de open lucht gecomposteerd op ca. 92 biomassawerven. 20 van deze bedrijven verwerken agrarisch groenafval. Dit is van belang, omdat de aanwezigheid van azolen in het groenafval en de compost in eerder onderzoek mogelijk door dit agrarisch groenafval te verklaren is. Naast de biomassawerven zijn er naar schatting zo'n 10.000 kleine opslagplaatsen die dienen als tussenopslag voor o.a. gemeenten en als plaats waar lokale compostering plaatsvindt o.a. door agrariërs.

Compostering is een proces waarbij biodegradeerbaar materiaal onder gecontroleerde en aerobe omstandigheden door micro-organismen wordt afgebroken en omgezet tot een homogeen

eindproduct. Er zijn diverse composteringsmaterialen te onderscheiden, zoals berm- en slootmaaisel, blad en houtachtig materiaal, die in bepaalde verhoudingen worden toegepast. Het aangevoerde afval wordt opgeslagen en vervolgens verkleind. Het composteringsproces vindt plaats in de open lucht en duurt 10 tot 26 weken. Tijdens het composteringsproces wordt het materiaal een aantal malen omgezet.

In vorig onderzoek zijn sporen van azolen aangetroffen in het groenafval en de groencompost. Dit is opmerkelijk, omdat het meeste composteringsmateriaal niet behandeld wordt met azolen. Er zijn een viertal mogelijke routes waarlangs azolen in het groenafval terecht kunnen komen:

- Bermafval en slootmaaisel kan azolen bevatten door drift (verwaaiing) vanaf landbouwpercelen;
- Gras van sport- en golfterreinen, hiervan komen echter slechts kleine hoeveelheden bij de biomassawerf terecht;
- Snoeihout uit boomteelt en fruitteelt, ook hiervan komen echter kleine hoeveelheden bij de biomassawerf terecht;
- Ander agrarisch groenafval, mogelijk dat alleen dit groenafval op biomassawerven azolen bevat.

Bij **houtafval** wordt onderscheid gemaakt in snoeihout, A-, B- en C-hout. Snoeihout wordt gebruikt voor houtsnipper- en compostproductie en energieopwekking. A-hout is gebruikt hout dat niet geveerd of behandeld is en wordt gebruikt voor spaanplaatproductie en energieopwekking. B-hout is geveerd, gelakt of verlijmd. Ook B-hout wordt gebruikt voor spaanplaatproductie en energieopwekking. Daarnaast worden uit het A- en B-hout ook klossen voor pallets geproduceerd. C-hout is hout dat verduurzaamd (vaak met azolen) is. Dit hout gaat vrijwel allemaal naar Duitsland om verbrand te worden. De verdeling in A-, B- en C-hout wordt geschat op 45% - 45% - 10%.

In de afvalhoutketen worden drie partijen onderscheiden: ontdoeners (gemeenten, particulieren en bouw- en sloopbedrijven), inzamelaars/bewerkers (hoveniers, loonwerkers, sloopbedrijven, composteerbedrijven, afvalinzamelaars en gemeentewerven) en de afzetmarkt (spaanplaatindustrie, composteerbedrijven en energiebedrijven).

Zowel B-hout (soms) als C-hout worden behandeld met biociden, zoals azolen, minerale zouten of creosoot, om houtrot of insectenvraat te voorkomen. Er wordt jaarlijks ca. 700.000 m³ met azolen verduurzaamd hout gebruikt in Nederland, deels afkomstig uit Nederland, deels geïmporteerd. Gegevens over het aandeel geïmporteerd hout ontbreken. Verduurzaamd hout wordt o.a. gebruikt als tuinhout, in de bouw, in en om het water als bijvoorbeeld brug en in de land- en tuinbouw als afrastering of boompalen.

Het scheiden van A-, B- en C-hout gebeurt in principe op de slooplocatie. Bewaartermijnen van hout lopen uiteen en zijn afhankelijk van aanwezigheid van opslagruimte en prijsvorming. B- en C-hout liggen in ieder geval op een vloeistofdichte of vloeistofkerende vloer en vaak onder dak. Een alternatief is opslag in een dichte container. A- en B-hout wordt vrijwel altijd verkleind voor vervoer, dat in de regel per schip plaatsvindt. De afvoer van C-hout gebeurt meestal per vrachtauto. Snoeihout afkomstig uit de fruitteelt blijft op de grond in de boomgaard liggen en wordt daar machinaal versnipperd. Dit geldt ook voor een gerooide boomgaard tenzij het dikke stammen betreft. Deze worden als hardhout afgezet.

Boomspecialistische bedrijven versnipperen het snoeihout over het algemeen ter plekke. Naar verwachting liggen deze houtsnippers niet lang op het bedrijf voor deze worden afgezet.

Mogelijke overige bronnen van resistente *Aspergillus fumigatus*

Naast bollen-, groen- en houtafval zou met name land- en tuinbouwfval ook een bron kunnen vormen omdat in deze sectoren azolen regelmatig worden toegepast.

In eerder onderzoek in de *graanteelt* is geen resistente *A. fumigatus* aangetroffen in graanopslag en in stro in stallen. Ook in een groot aantal bodemonsters van graanpercelen is nauwelijks of geen resistente *A. fumigatus* gevonden. Het gebruik van azool fungiciden in graanteelt vormt blijkbaar een laag risico voor resistentie-ontwikkeling

In de *sierteelt* worden ook azolen gebruikt. Het gebruik is beperkt. In de boomteelt vindt met name gebruik plaats in kuipplanten. In eerder onderzoek zijn alleen lage aantallen *A. fumigatus* aangetroffen, waarbij een beperkt aantal resistente *Aspergillus* aanwezig was. De kans klein is dat deze teelt een hotspot vormt.

In de *fruitteelt* (appels en peren) worden ook azolen gebruikt. Het fruit worden geoogst en gekoeld bewaard. Bij het sorteren wordt soms afgekeurd fruit opgeslagen in containers om direct aansluitend vergist te worden. In beide gevallen wordt geen resistentievorming verwacht.

Op basis van informatie over productie van champignonmest en champost is het niet waarschijnlijk dat *champost* een voedingsbodem is voor *A. fumigatus*. Om champignonmest te produceren wordt binnen gecomposteerd waarbij een temperatuur wordt bereikt die *A. fumigatus* doodt. Dan wordt voor het legen van de cel de voedingsbodem nogmaals verhit tot een temperatuur waarbij ziektekiemen doodgaan.

In recent internationaal onderzoek is resistente *A. fumigatus* op *uien* aangetroffen. Mogelijk dat uienafvalhopen een plek vormen waar resistentie ontstaat.

In *vollegrondsgroentegewassen* zoals kolen, prei, aardbeien en asperges worden ook azolen gebruikt. Het gebruik is aanmerkelijk lager dan in de akkerbouwgewassen. Ook het aantal hectares is veel lager. In deze gewassen vindt echter na de oogst opslag plaats op afvalhopen van restmateriaal waar *A. fumigatus* ontwikkeling mogelijk is. Het is niet aan te geven of deze hopen een hotspot kunnen vormen.

Opvallend is dat in twee recente studies resistente *A. fumigatus* is gevonden in de toplaag van bodems waar *aardbeien* werden geteeld. In deze laag zijn ook azolen aangetroffen.

De *aardappelketen* is niet eerder onderzocht. Bij het inschuren worden aardappelresten, grond en kleine aardappelen uitgezeefd. Dit materiaal wordt meestal weer teruggebracht naar het land en daar gestort. De afvalhoop bestaat grotendeels uit grond en de omstandigheden in deze hopen zijn niet gunstig voor sterke *A. fumigatus* ontwikkeling. Om dit echter met meer zekerheid te kunnen zeggen, zijn metingen nodig. Stoomschillen, aardappelsnippers en andere bijproducten worden als veevoer gebruikt. Broei en schimmelvorming worden daarom zoveel mogelijk voorkomen.

Suikerbieten worden na de oogst in hopen opgeslagen en binnen enkele weken in vrachtwagens afgevoerd naar de fabriek. De omstandigheden in deze hopen lijken niet gunstig voor sterke *A. fumigatus* ontwikkeling. Om dit met meer zekerheid te kunnen zeggen, geldt ook hier dat metingen nodig zijn.

Resultaten interviews

In totaal zijn 16 instanties geïnterviewd om inzicht te krijgen in de groenafval- en houtketen, de toelating van azolen en het uitgevoerde onderzoek naar resistentieontwikkeling van *A. fumigatus*. Er is gesproken met vertegenwoordigers van brancheorganisaties, onderzoeksinstituten en het Ctgb. Hen zijn vragen voorgelegd over onder meer hoeveelheden en samenstelling van materiaal dat verwerkt wordt, wijze van verwerking en opslag en de voorgaande en opvolgende schakels in de keten.

De brancheorganisaties zijn van mening dat verwerkingsprocessen veilig moeten zijn voor zowel medewerkers als omwonenden. Zij staan achter meer onderzoek en bepleiten dat dit in de breedte gebeurt.

Alle organisaties willen betrokken worden bij eventuele regelgeving en de praktische uitwerking ervan. Er wordt gepleit voor effectieve, praktische, werkbare en duidelijke richtlijnen die goed onderbouwd zijn. Organisaties die op een Europese markt werken, pleiten voor Europese regulering. Tot slot wordt door de geïnterviewden gepleit voor informatie-uitwisseling tussen de betrokkenen en brede coördinatie door de overheid. Het gebruik van azolen is zeker niet alleen een landbouwprobleem.

Monitoringsadvies

Geadviseerd wordt om op een aantal locaties afvalhopen te bemonsteren en temperatuur en vochtgehalte op locatie te meten. En vervolgens metingen uit te voeren naar het voorkomen en resistentie van *A. fumigatus* en van azolen. Ook is het advies de bemonstering te combineren met een interview om herkomst en bestemming van het afval en de gehanteerde procedure in kaart te brengen.

Groenafval

Het advies is monsters te nemen op verschillende biomassawerven, met en zonder agrarisch afval en in lokale groenafvalhopen van bijvoorbeeld gemeenten, waterschappen en boeren.

Belangrijk vraagpunten t.a.v. het groenafval zijn:

- Wat is de herkomst van de aangetroffen azolen op de biomassawerven: agrarisch of niet?
- Worden in lokale afval- en composthopen ook azolen en resistente *Aspergillus* aangetroffen?
- Wat zijn mogelijkheden om de ontwikkeling en verspreiding van resistente *Aspergillus fumigatus* bij opslag en verwerking van groenafval sterk te reduceren?

Houtafval

Voorstel is monsters te nemen op biomassawerven die B- en C –hout opslaan en op lokale afvalhoutopslagplekken bij bijvoorbeeld gemeenten, verwerkers en recyclingbedrijven.

Belangrijk vraagpunten t.a.v. het houtafval zijn:

- Worden in het B- en/of C-afvalhout dat opgeslagen wordt op meerdere biomassawerven azolen en resistente *A. fumigatus* aangetroffen?
- Wat zijn mogelijkheden om de ontwikkeling en verspreiding van resistent *A. fumigatus* bij opslag en verwerking van houtafval sterk te reduceren?

Overige bronnen

Ook wordt een monitoringsprogramma geadviseerd om azolen en resistente *A. fumigatus* te meten in aardappel- en uienafval, bietenhopen en in vollegrondsgroenteafval (waaronder aardbeien).

Belangrijk vraagpunten t.a.v. deze mogelijke overige bronnen zijn:

- Worden in afvalhopen van aardappel- en uienafval, bietenhopen en in vollegrondsgroenteafval azolen en resistente *A. fumigatus* aangetroffen?
- Wat zijn mogelijkheden om ontwikkeling en verspreiding van resistente *Aspergillus fumigatus* te reduceren?

Conclusies

Toelating en gebruik van azolen

1. In Nederland zijn 14 azolen als werkzame stof in gewasbeschermingsmiddelen toegelaten en 2 azolen als werkzame stof in biociden.

2. De meeste azolen worden de laatste jaren gebruikt als schimmelbestrijdingsmiddel in aardappelen en bloembollen. Ook granen, uien, fruit en suikerbieten kennen een substantiële toepassing van azolen. Het gebruik van het azool difenoconazool in aardappelen is de laatste 6 jaar zeer sterk gestegen.
3. De afzet van de groep van triazolen is in Nederland tussen 1990 en 2016 verviervoudigd tot bijna 150.000 kg in 2016. Voor alle azolen samen is de afzet nu jaarlijks 260.000 kg (2017).
4. De sector schat het gebruik van azolen als schimmelbestrijder in hout op ca. 1.000 kg per jaar.

Hot spots van resistente *Aspergillus fumigatus*

1. Eerdere onderzoeken in Nederland hebben een drietal mogelijke 'hot spots' van resistente *Aspergillus fumigatus* in beeld gebracht, te weten bollen-, groen- en houtafval.
2. Met name bewaarhoppen van bollenafval vormen een grote bron van resistente schimmels. Het afval in de bewaarhoppen wordt deels gecomposteerd door telers zelf of afgevoerd naar vergistingsinstallaties. Februari 2021 heeft het Ctgb in samenspraak met de ministeries van LNV en IenW en de KAVB maatregelen voorgeschreven om risico's in de opslag van bollenafval te reduceren.
3. In bewaar- en composteringshoppen van groenafval zijn bij enkele biomassawerven metingen gedaan en werden hoge percentages resistente *Aspergillus*-schimmels aangetroffen en lage concentraties azolen. De herkomst hiervan is niet duidelijk, omdat het groenafval vooral afkomstig is uit openbaar groen waar geen azolen gebruikt mogen worden. Mogelijk is agrarisch afval de oorzaak hiervan. Ook maaisel van met azolen behandelde sport- en/of golfvelden zou een oorzaak kunnen zijn.
4. In Nederland zijn ca. 92 biomassawerven waar groenafval grootschalig wordt opgeslagen en gecomposteerd. Een 30-tal van deze werven composteert ook tuinbouwafval en/of slaat afvalhout op. Een 20-tal van de werven verwerkt GFT-afval (binnen). Er is ook sprake van (tussen-) opslag en/of compostering van groenafval op kleine locaties door o.a. gemeenten, waterschappen en boeren. Het aantal lokale opslagplaatsen wordt geschat op 10.000. Of hierin resistente *Aspergillus* aanwezig is, is niet bekend.
5. Resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* in houtafval (B- en van C-hout) is in één onderzoek beschreven. De abiotische condities zoals temperatuur en vochtgehalte in het houtafval zijn niet optimaal voor *Aspergillus*, maar toch kwamen grote aantallen van de schimmel voor. In welke mate dit houtafval een belangrijke bron is van resistente *Aspergillus*-sporen is nog onbekend.
6. De afvalhoutketen is complex en bestaat uit drie groepen: ontdoeners, inzamelaars/bewerkers en recyclingbedrijven/energiebedrijven. Opslag van hout is meestal in de open lucht en B- en C-hout liggen in ieder geval op een vloeistofdichte vloer en vaak onder dak. De hoeveelheid hout in opslag is beperkt, enerzijds vanwege kosten anderzijds wegens vergunningsvoorwaarden. A- en B-hout wordt vrijwel altijd verkleind voor vervoer, dat in de regel per schip plaatsvindt. Aannemers in groen, grond en infra slaan B- en C-hout op in containers.

Andere hotspots van resistente *Aspergillus fumigatus*?

1. Azolen worden toegepast in verschillende gewassen die ook elk deels organisch materiaal opleveren dat verwerkt of opgeslagen wordt. Het ligt het voor de hand om afval van uien, aardappelen en suikerbieten te onderzoeken. In vollegrondsgroentegewassen inclusief aardbeien worden ook azolen gebruikt en vindt na de oogst opslag plaats van plantenafval. Ook hier is monitoring zinvol.
2. Gezien de bevindingen in de graan- en fruitketen, in de sierteelt en in de champignonteelt zijn deze ketens niet voor de hand liggend om nu verder te onderzoeken.

Visie en adviezen vanuit de interviews met stakeholders

1. De brancheorganisaties menen dat verwerkingsprocessen veilig moeten zijn voor zowel medewerkers als omwonenden. Zij staan achter meer onderzoek, en bepleiten dat dit in de breedte gebeurt. Regelgeving moet voor alle betrokken bedrijven gelden, ook om draagvlak te krijgen en te behouden.
2. Alle organisaties wensen betrokken te worden bij de regelgeving en de praktische uitwerking ervan. Er wordt gepleit voor effectieve, praktische en duidelijke richtlijnen die goed onderbouwd zijn, bij voorkeur op Europees niveau.
3. De stakeholders pleiten voor informatie-uitwisseling tussen de betrokkenen en coördinatie door de overheid.

Aanbevelingen

1. Het advies is het effect van de voorgeschreven maatregelen in de bollenteelt te monitoren door metingen van azolen en van (resistente) *Aspergillus fumigatus*. Het is van belang om op korte termijn vast te stellen of de maatregelen voldoende effectief zijn.
2. Aanbevolen wordt de gewasbeschermingsmiddelenindustrie aan te spreken op de sterk groeiende azolenafzet. Hoe meer gebruik, des te groter de kans op resistentie-ontwikkeling. We adviseren het Ctgb na te gaan of en hoe de toelating van middelen op basis van azolen in gewassen en houtbehandeling is aan te scherpen ter vermindering van ontstaan en verspreiding van resistentie.
3. We adviseren op korte termijn een monitoringsprogramma uit te voeren waarin zowel azolen als resistente *Aspergillus fumigatus* wordt geanalyseerd in groenafval, houtafval en (co-)vergistingmateriaal conform het monitoringsadvies.
4. We adviseren ook een monitoringsprogramma te starten om azolen en resistente *Aspergillus* te meten in aardappel- en uienafval, bietenhopen en in vollegrondsgroenteafval.
5. Wij bevelen aan zorg te dragen voor een goede informatie-uitwisseling tussen alle betrokken partijen waarbij coördinatie door de overheid plaatsvindt.

Summary

Green and wood waste are probable sources of azole-resistant *Aspergillus fumigatus*. Part A: desk study

Introduction

Aspergillus fumigatus is a fungus that poses a risk to people with weakened immune systems or lung infections. It is a species that grows on dead plant material and produces large quantities of spores that are released into the air. These spores can then be inhaled by humans. This does not pose a danger to healthy people, but for the patient groups mentioned above, this can lead to severe lung infections and death. In recent decades *A. fumigatus* has become resistant to azoles. Treatment of the fungus with medical azoles has become ineffective due to the increasing prevalence of resistant strains of *A. fumigatus*. It is likely that patients contract the resistant infection by inhaling spores of fungi that have become resistant due to the use of azoles in non-medicinal applications (agriculture, horticulture and wood preservation).

Resistance development of *A. fumigatus* appears to take place mainly in waste piles of plant material (hotspots). The plant material is stored in preparation for processing (composting and fermentation in biogas reactors). Recent studies have shown that resistance development can occur with very low levels of azoles. Piles of green waste (with low concentrations of azoles) and wood waste from type B and type C wood that was treated with azoles are also potential hotspots for the development and spread of resistance in *A. fumigatus*. However, knowledge about these potential hotspots is still inadequate. To help fill this knowledge gap, Rijkswaterstaat asked CLM to carry out a desk study based on literature research and interviews. The aim was to investigate the creation and presence of hotspots involving green waste and wood waste. An additional aim was determine how much azoles are used on crops in the Netherlands and whether hotspots can also be expected in agricultural and horticultural waste chains. The final aim of the desk study was to indicate what additional measurements in potential hotspots are needed to implement possible solutions.

Azoles: types and uses

Azoles are used as active ingredients in plant protection products, biocidal products and human and veterinary medicinal products. The azoles in these products (including medicinal products) belong to the group of demethylase inhibitors (DMI). The Ctgb (the Board for the Authorisation of Plant Protection Products and Biocides in the Netherlands) has determined that two azole-based biocides authorised in the Netherlands can cause resistance when used for preservation of various materials. For plant protection products, this concerns 14 active substances that are authorised for use on one or more crops in the Netherlands. In addition to these 14 substances, seven other azoles have been approved at the EU level.

The industry estimates that approximately 1000 kg of biocidal products per year are used for wood preservation. Quantitative information is available for plant protection products. Between 1990 and 2016, sales of triazoles quadrupled, with 148,000 kg sold in 2016. Triazoles are an important group of fungicides and are also important to prevent resistance to fungicides. Moreover, sales data at the substance level have recently been made public for the period 2010-2017. This also makes it

possible to chart the development in the sales of other azoles (in addition to triazoles). Sales of azoles almost doubled between 2010 and 2017, mainly due to the rapid increase in sales of difenoconazole (from almost 7,000 kg to almost 120,000 kg) and of propiconazole (from over 1,200 kg to almost 16,000 kg). In 2016 the largest quantities were used on potatoes and flower bulbs. The amount of azoles used on potatoes has increased sharply in the recent past, primarily due to increased use of difenoconazole.

Hotspots of resistant *Aspergillus fumigatus*

The emergence and spread of resistant *Aspergillus fumigatus* takes place under specific conditions and at specific locations, which are also known as 'hotspots'. A **hotspot** is a location where a combination of factors occurs, including the presence of organic material, specific conditions (including temperature, oxygen, pH and light) and the presence of azoles (specific concentrations, constant or intermittent exposure).

Three types of hotspots were identified in previous studies:

- Storage and composting of **flower bulb waste** on flower bulb farms: Previous research found high percentages of resistant *Aspergillus* fungi in storage piles and compost piles in combination with azoles. Storage piles in particular are a major source of resistant fungi. After the composting process, during which temperatures above 65° C are achieved, the percentage of resistant fungi decreases sharply.
- Storage and composting of **green waste** at biomass processing facilities: A small number of measurements have shown that high levels of resistant fungi are also found in storage piles and compost piles. Here as well, the high temperatures that are achieved during composting cause the level of resistance to decrease sharply.
- Storage of **wood waste** (type B and type C wood) at biomass processing facilities: In the few conducted measurements, high levels of resistant fungi were found, and azoles were also present.

Green waste and wood waste chains

In the **green waste chain**, a distinction must be made between organic waste and **green waste**. **Organic waste** (vegetable, fruit and garden waste) is waste that originates from private individuals and is collected periodically by the municipality. It consists of 80% garden waste and 20% kitchen waste. In 2018, 1.4 million tonnes of organic waste from households and 0.2 million tonnes of kitchen waste originated from the food service industry. In the Netherlands, organic waste is processed by 20 biomass processing facilities. Some of the collected organic waste goes directly to the processor, but most is stored temporarily for up to a few days. At the processing site, the waste is processed within 3 days (composted directly or fermented in biogas reactors followed by composting). Organic waste is probably not a major source of resistant *A. fumigatus* because the storage of organic waste is always relatively brief and takes place indoors. Hardly any resistance has been found in analyses of organic waste.

Green waste includes a wide variety of plant waste that is generated during the development and maintenance of private and public parks or landscaping. This concerns plant waste from verge mowing, pruning, ditch maintenance and fallen leaves totalling 2.4 million tonnes/year. In addition, 0.4 million tonnes/year of agricultural green waste (especially post-harvest residues) is generated. This total amount of 2.8 million tonnes is composted in the open air at approximately 92 biomass processing facilities, of which 20 also process agricultural green waste. This is important because previous research has suggested that the azoles in green waste and compost may originate from this agricultural green waste. In addition to the biomass processing facilities, there are an estimated 10,000 smaller sites used by municipalities and other parties for temporary storage of green waste and by farmers and other parties for composting.

Composting is a process in which biodegradable material is broken down by micro-organisms under controlled and aerobic conditions and converted into a homogeneous end product. Various composting materials can be distinguished, such as plant waste from verge mowing and ditch maintenance, leaves and woody material, which are used in certain proportions. The green waste is stored and then shredded. The composting process takes place in the open air and lasts 10 to 26 weeks. The material is turned over a number of times during composting.

In previous research, traces of azoles were found in green waste and green compost. This is remarkable because most of the composted material was not treated with azoles. There are four possible routes along which azoles can end up in green waste:

- Plant waste from verge mowing and ditch maintenance may contain azoles due to drift from nearby agricultural parcels.
- Grass clippings from sport fields and golf courses, but only small amounts are used in biomass processing.
- Pruned material from arboriculture and fruit cultivation, but only small amounts are used in biomass processing.
- Other agricultural green waste, which is possibly the only green waste at biomass processing facilities that contains azoles.

Regarding **wood waste**, a distinction is made between pruned material from trees and type A, B and C wood waste. Pruned material is used for the production of wood chips, compost and as a fuel for energy generation. Type A wood has not been painted or treated; it is used for chipboard production and energy generation. Type B wood has been painted, lacquered or glued, and is also used for chipboard production and energy generation. In addition, wood blocks for pallets are also manufactured from type A and type B wood. Type C wood has been treated with a wood preservative (often containing azoles). Almost all of this type C wood is exported to Germany to be incinerated. The relative proportions of type A, type B and type C wood are estimated at 45%/45%/10%.

Three parties can be distinguished in the waste wood chain: disposers (municipalities, private individuals and construction and demolition companies), collectors/processors (landscapers, contractors, demolition companies, composting companies, waste collectors and municipal yards) and the commercial market (chipboard industry, energy companies and composting companies).

Type C wood is treated with biocides, such as azoles, mineral salts or creosote, to prevent wood rot or insect damage. Type B is occasionally treated with biocides. Every year, approximately 700,000 m³ of azole-treated wood is sold in the Netherlands – some of this treated wood originates in the Netherlands and some is imported. Data on the proportion of imported treated wood is lacking. Treated wood is used for many purposes including garden timber, building construction, structures in and near water and in agriculture and horticulture as fencing or tree supports.

In principle, the separation of type A, type B and type C wood takes place at the demolition site. Storage periods for wood waste vary and depend on the availability of storage space and pricing. Type B and type C wood are in any case stored on a liquid-tight or liquid-resistant floor and often under cover. An alternative is storage in a closed container. Type A and type B wood is almost always chipped or shredded for transport, which usually takes place by ship. The transport of type C wood for disposal usually takes place by truck.

Pruned material from fruit trees remains on the ground in the orchard, where it is mechanically shredded. This also applies to a cleared orchard unless it concerns thick trunks. These are sold as firewood.

Specialised tree maintenance companies generally shred pruned material from trees on site. These wood chips are usually stored only briefly before they are sold.

Other possible sources of resistant *Aspergillus fumigatus*

Besides waste from flower bulbs, green waste and wood waste, a likely source of resistant *Aspergillus fumigatus* is agricultural and horticultural waste. This is because azoles are frequently used in these sectors.

Previous studies into grain cultivation found no resistant *A. fumigatus* in grain storage and in grain straw used as bedding in stables. Moreover, little or no resistant *A. fumigatus* was found in a large number of soil samples from grain parcels. The use of azole fungicides in grain crops apparently poses a low risk for resistance development.

Azoles are also used in *ornamental horticulture* to a limited extent. In arboriculture, azoles are mainly used on container plants. Previous research found only low levels of *A. fumigatus* and low levels of resistant *Aspergillus*. It is therefore unlikely that ornamental horticulture will become a hotspot.

Azoles are also used in *fruit growing* (apples and pears). The fruits are harvested and kept refrigerated. During sorting, rejected fruit is sometimes stored in containers for immediate fermentation in a biogas reactor. In both cases no resistance development is expected.

Based on information about the production of mushroom compost, it is unlikely that spent mushroom compost (used as a soil amendment) is a breeding ground for *A. fumigatus*. Mushroom compost is produced indoors, reaching a temperature that kills *A. fumigatus*. When the mushroom production cell is emptied, the spent compost is again heated to a temperature that kills pathogens.

A recent study from abroad found resistant *A. fumigatus* on *onions*. Piles of onion waste may be a location where resistance develops.

Azoles are also used on *open field vegetable crops* such as cabbages, leeks, and asparagus, as well as on strawberries. The usage is considerably lower than in arable crops, and the production area is much smaller. However, vegetable waste is stored in piles post-harvest, where *A. fumigatus* development is possible. It is unknown whether these heaps can form a hotspot.

Strikingly, two recent studies found resistant *A. fumigatus* in the top layer of soils where *strawberries* were grown. Azoles were also found in this layer.

The *potato production chain* has not been studied previously. Before storage, potato waste, soil and small (unmarketable) potatoes are sieved out. This material is usually returned to the field for disposal. The resulting waste pile consists largely of soil, and the conditions are unfavourable for rapid *A. fumigatus* development. However, to be able to say this with more certainty, measurements are needed. Steamed peels, potato trimmings and other by-products are used as animal feed. Heating and mould formation are therefore prevented as much as possible.

Sugar beets are stored in piles after harvest and transported in trucks to the factory within a few weeks. The conditions in these heaps do not seem favourable for rapid *A. fumigatus* development. To be able to say this with more certainty, measurements are also required here.

Results of the interviews

A total of 16 organisations were interviewed to gain insight into the green waste and wood waste chains, the authorisation of azoles and the research into resistance development of *A. fumigatus*. Interviews were conducted with representatives of industry organisations, research institutes and the Ctgb. They were asked questions about, among other things, the quantities and composition of material that is processed, the specific processing and storage methods and the previous and subsequent links in the chain.

The sector organisations believe that processing methods must be safe for employees as well as local residents. They support more research, which they believe should have a broad scope. All organisations want to be involved in the regulatory process. They argue in favour of effective, practical, workable and clear guidelines that are well-founded. Organisations operating in the European market support European-level regulation. Finally, the interviewees argue in favour of information exchange between the parties concerned and for broad coordination by the government. The use of azoles is by no means only an agricultural problem.

Monitoring recommendations

We recommend sampling of waste heaps at a number of locations and measuring temperature and moisture content on site. This should be followed by measurements to determine the prevalence of azoles and azole-resistant *A. fumigatus*. We also recommended combining sampling with an interview to specify the origin and destination of the waste and the procedure used.

Green waste

We recommend taking samples at various biomass processing facilities, with and without agricultural waste, and in local green waste storage piles of municipalities, water boards, farmers and other parties.

Important questions regarding green waste are the following:

- What is the origin of the azoles found at the biomass processing facilities: is it agricultural or not?
- Are azoles and resistant *Aspergillus* also found in local waste piles and compost piles?
- What are the possibilities for strongly reducing the development and spread of resistant *Aspergillus fumigatus* during the storage and processing of green waste?

Wood waste

We propose taking samples at biomass processing facilities that store type B and type C wood and at local storage sites for wood waste that are operated by municipalities, processors, recycling companies and other parties.

Important questions regarding wood waste are the following:

- Are azoles and resistant *A. fumigatus* found in the type B and/or type C wood that is stored at multiple biomass processing facilities?
- What are the possibilities for strongly reducing the development and spread of resistant *A. fumigatus* during the storage and processing of wood waste?

Other sources

We also recommend a monitoring programme to measure azoles and resistant *A. fumigatus* in piles of potato and onion waste, sugar beets and waste from open field vegetables and strawberries.

Important questions regarding these potential other sources are the following:

- Are azoles and resistant *A. fumigatus* found in piles of potato and onion waste, sugar beets and waste from open field vegetables and strawberries?
- What are the options for reducing the development and spread of resistant *Aspergillus fumigatus*?

Conclusions

Authorisation and use of azoles

1. In the Netherlands, 14 azoles are authorised as an active substance in plant protection products and two azoles are authorised as an active substance in biocidal products.
2. In recent years the largest quantities of azoles have been used as fungicides on potatoes and flower bulbs. Substantial amounts of azoles are also used on grains, onions, fruit and sugar beets. During the last six years, the use of the azole difenoconazole on potatoes has increased dramatically.

3. Between 1990 and 2016, sales of the triazole group in the Netherlands quadrupled to nearly 150,000 kg. In 2017, annual sales of all azoles together totalled 260,000 kg.
4. The sector estimates the use of azoles as a fungicide in treated wood products at approximately 1,000 kg per year.

Hotspots of resistant *Aspergillus fumigatus*

1. Previous studies in the Netherlands have identified three possible hotspots of resistant *Aspergillus fumigatus*: flower bulbs, green waste and wood waste.
2. In particular, storage piles of flower bulb waste are a major source of resistant fungi. The waste in the storage heaps is composted by the growers themselves or transported to biogas reactor facilities. In February 2021, the Ctgb, in consultation with the Ministries of LNV (Agriculture, Nature and Food Quality) and IenW (Infrastructure and Water Management) and the KAVB (Royal General Bulb Growers' Association) prescribed measures to reduce risks in the storage of flower bulb waste.
3. In storage piles and composting piles of green waste at a number of biomass processing facilities, measurements were taken that showed high percentages of resistant *Aspergillus* fungi and low concentrations of azoles. The origin of the resistant fungi and azoles is unclear because this green waste mainly originates from public parks or landscaping where the use of azoles is forbidden. Agricultural waste may be the origin of the azoles. Grass clippings from sports fields and/or golf courses treated with azoles could also be a cause.
4. There are approximately 92 biomass processing facilities in the Netherlands at which green waste is stored and composted. About 30 of these facilities also compost horticultural waste and/or store wood waste. About 20 of the facilities process organic waste (indoors). In addition to these large locations, green waste is also stored temporarily at many smaller locations by municipalities, water boards and farmers, among others. The number of these smaller locations is estimated at 10,000. Whether resistant *Aspergillus* is present at these locations is not known.
5. Resistance development in *Aspergillus fumigatus* in wood waste (type B and type C wood waste) was described in one previous study. The abiotic conditions, such as temperature and moisture content, in the wood waste are not optimal for *Aspergillus* development, but high levels of the fungus were still measured. To what extent this wood waste is an important source of resistant *Aspergillus* spores is still unknown.
6. The wood waste chain is complex and consists of three groups: disposers, collectors/processors and recycling companies/energy companies. Wood waste is usually stored in the open air, but type B and type C wood are in any case stored on a liquid-tight floor and often under cover. The amount of wood in storage is limited by two factors: costs and permit conditions. Type A and type B wood is almost always chipped or shredded for transport, which usually takes place by ship. Contractors in landscaping, earth moving and infrastructure store type B and type C wood in containers.

Are there other hotspots of resistant *Aspergillus fumigatus*?

1. Azoles are used in various crops, all of which yield some organic waste that is processed or stored. In particular, waste from onions, potatoes and sugar beets merits further study. Azoles are also used on open field vegetable crops and strawberries, and plant waste from these crops is stored after harvesting. Here as well, monitoring would be useful.
2. Given the findings in grain and fruit production, ornamental horticulture and mushroom cultivation, there is no obvious reason to investigate these chains in more detail at this time.

Viewpoints and recommendations from the interviews with stakeholders

1. The sector organisations believe that processing methods must be safe for employees as well as local residents. They support more research, which they believe should have a broad scope. Regulations should apply to all businesses involved, also to ensure continued support.

2. All organisations want to be involved in the regulatory process. They call for effective, practical and clear guidelines, preferably at the European level, that are well founded.
3. The stakeholders argue in favour of information exchange between the parties concerned and coordination by the government.

Recommendations

1. The main recommendation is to monitor the effect of the prescribed measures in flower bulb cultivation by measuring azoles and resistant *Aspergillus fumigatus*. It is important to determine in the short term whether the measures are sufficiently effective.
2. The plant protection products sector should be held to account for the rapid increase in sales of azoles. The risk of resistance development is proportional to the use of azoles. We therefore advise the Ctgb to investigate whether and how the authorisation of azole-based products in crops and wood treatment can be restricted with the aim of reducing the development and spread of resistance.
3. We recommend that a monitoring programme be implemented in the near future to measure levels of azoles and resistant *Aspergillus fumigatus* in green waste, wood waste and material for biogas generation, as specified in the monitoring recommendations.
4. We also recommend starting a monitoring programme to measure azoles and resistant *Aspergillus* in potato and onion waste, sugar beet storage piles and in open field vegetable and strawberry waste.
5. We recommend ensuring effective information exchange between all parties concerned, with coordination by the government.

1

Inleiding

Aspergillus fumigatus is een schimmel die een risico kan vormen voor zieke mensen met een verzwakt immuunsysteem. Het is een schimmel die groeit op dood plantenmateriaal en grote hoeveelheden sporen produceert. Deze sporen komen in de lucht en worden vervolgens door mensen ingeademd. Voor gezonde mensen vormt dit geen gevaar, maar voor patiënten met een verzwakt immuunsysteem kan dit zorgen voor ernstige longinfecties, met overlijden als gevolg. De schimmel *A. fumigatus* is afgelopen decennia resistent geworden tegen azolen. Behandeling van de schimmel met medische azolen werkt meestal niet meer, omdat in patiënten steeds vaker resistente *A. fumigatus* wordt aangetroffen (Verweij e.a. 2017). Hierdoor is de schimmelinfectie nog gevaarlijker geworden voor verzwakte patiënten. De azolen waarmee *A. fumigatus* bij een infectie wordt bestreden (medicinale azolen), lijken wat betreft structuur en werkingsmechanisme sterk op de azolen (fungiciden) die in de landbouw en in andere toepassingen gebruikt worden. Het ontstaan van resistentie is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door deze niet-medicinale toepassingen (Van der Wal e.a. 2014, Verweij e.a. 2017, Schoustra et al. 2019a en b). Schoustra et al. (2019b) concluderen dat het resistentie-mechanisme in stammen van *A. fumigatus* in plantafval vergelijkbaar is met de stammen in patiënten. Zij geven aan dat het daarom aannemelijk is dat de patiënten de resistente infectie hebben opgelopen door het inademen van resistente sporen uit het milieu.

Azolen hebben een breed scala aan toepassingen, namelijk als gewasbeschermingsmiddel, biocide, en (dier-) geneesmiddel (Van der Weijden & van der Wal 2012, Schoep & Sterenborg 2013, Leendertse et al. 2015). Het grootste gebruik vindt plaats bij de toepassing als schimmelbestrijder in de bollenteelt en in diverse andere gewassen. Als biocide worden azolen onder andere toegepast bij houtbehandeling om schimmelgroei te voorkomen.

Resistentie-ontwikkeling van *A. fumigatus* blijkt vooral plaats te vinden in groenafvalhopen waarin plantmateriaal is opgeslagen als voorbereiding op verwerking (compostering en co-vergisting). Dit blijkt uit het 'hot spot' onderzoek dat CLM samen met Radboud UMC, WUR en RIVM enkele jaren geleden heeft uitgevoerd (Verweij e.a. 2017 en Schoustra et al. 2019a). Met name in bollenaafvalhopen, afvalhopen voor groencompost (organische reststromen) en in houtafval dat met azolen behandeld hout bevat, zijn grote hoeveelheden resistente *A. fumigatus* sporen aangetroffen. In vervolgonderzoek is vastgesteld dat resistentie-ontwikkeling al bij zeer kleine hoeveelheden azolen op kan treden (Schoustra et al. 2019b). De studie van Schoustra et al. (2019b) laat zien dat opslag van plantaafval in de bollenteelt gunstig is voor de selectie van resistente *A. fumigatus*. Zij geven aan dat beheersing van resistente *A. fumigatus* in plantaafval van bollen mogelijk infectie van patiënten met de resistente schimmel kan beperken. Een voor de hand liggende preventieve maatregel zou daarom zijn de opslag van plantaafval in de bollenteelt te voorkomen. Inmiddels zijn in de bollenteelt stappen ondernomen om te zorgen voor kortere opslag en veilige verwerkingsmethoden.

In de studie van Verweij e.a. (2017) bleken groenafvalhopen (waar in plantaafval ook lage concentraties azolen voorkomen die zijn gebruikt als gewasbeschermingsmiddel) en houtafvalhopen van met azolen verduurzaamd B en C-hout (waar hout behandeld is met azolen als biocide) ook mogelijke hotspots voor het ontstaan en de verspreiding van resistentie van *A. fumigatus* zijn. Over deze mogelijke hotspots is echter nog onvoldoende kennis beschikbaar. Er zijn aanwijzingen dat ook in deze hopen resistentie-ontwikkeling plaatsvindt, maar er is nog onvoldoende inzicht in deze afvalketens zelf (waar komt het materiaal vandaan, welke opslag vindt plaats, hoe lang is de opslag, wat zijn de condities tijdens opslag?), en in de risico's van de ontwikkeling en verspreiding van resistente *A. fumigatus* via deze afvalketens.

Om het inzicht in deze mogelijke hot spots te vergroten heeft Rijkswaterstaat (RWS) aan CLM gevraagd om het ontstaan en de aanwezigheid van hotspots bij het groen- en houtafval te onderzoeken via een literatuuronderzoek en via interviews. Een onderdeel hiervan is het nauwkeurig beschrijven van deze afvalketens. De geïnterviewde personen en organisaties zijn weergegeven in bijlage 1. De samenstelling van de klankbordgroep is in bijlage 2 vermeld.

Daarnaast blijkt uit andere onderzoeken (o.a. gepresenteerd bij de KNAW-bijeenkomst in januari 2019, Amsterdam) dat resistente *A. fumigatus* ook op producten zoals ui en thee zijn aangetroffen (zie ook Croplife international, 2020). Naast de genoemde drie hotspots lijkt het aannemelijk dat ook in andere gewassen (en hun afvalketens) die zijn behandeld met azolen, resistenties kunnen ontstaan. CLM heeft daarom op verzoek van RWS ook in beeld gebracht in welke gewassen in Nederland azolen worden gebruikt, in welke hoeveelheden, en er is nagegaan of dit betekent dat er meer hot spots te benoemen zijn. Voorts is het doel van dit onderzoek om aan te geven welke verdiepende metingen in mogelijke hotspots nodig zijn en om richting te geven aan mogelijke oplossingen.

Dit deelrapport 1A beschrijft de bevindingen van de verschillende onderdelen van dit onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt geschetst welke azolen en verwante bestrijdingsmiddelen zijn toegelaten in Nederland en voor welke toepassingen. Ook wordt het jaarlijkse gebruik in de verschillende gewassen en de totale afzet weergegeven. Hoofdstuk 3 geeft inzicht in de mogelijke 'hotspots', plaatsen waar zowel azolen aanwezig zijn als goede groeiomstandigheden voor *A. fumigatus*. Hoofdstuk 4 beschrijft de groen- en houtafvalketens en in hoofdstuk 5 komen de mogelijke andere bronnen van resistente *A. fumigatus* aan de orde. In hoofdstuk 6 worden de afgenomen interviews behandeld en komen de aanbevelingen voor verder onderzoek en maatregelen van de geïnterviewden aan de orde. Een monitoringsadvies (hoofdstuk 7) en conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 8) sluiten de studie af.

2

Azolen: typen en toepassingen

Azolen kennen een breed scala aan toepassingen, namelijk als gewasbeschermingsmiddel, biocide, en (dier-) geneesmiddel (Van der Weijden & van der Wal 2012, Schoep & Sterenborg 2013, Leendertse et al. 2015). In dit hoofdstuk is eerst nagegaan welke azolen resistentie kunnen veroorzaken bij *Aspergillus fumigatus* tegen medische triazolen (2.1). Vervolgens is een inventarisatie gemaakt van de toepassingen van deze azolen en zijn toelatingsinformatie en gebruikgegevens verzameld (2.2.).

2.1 Typen azolen

De triazolen voor medische toepassing (zoals itraconazool, voriconazool, posaconazool) behoren tot de zogenaamde demethylase inhibitors (DMI). Ook in de gewasbescherming worden DMI's gebruikt. Het Fungicide Resistance Action Committee (FRAC), dat zich bezighoudt met resistentie-ontwikkeling bij plantpathogenen, deelt fungiciden in op resistentiemechanisme, waarbij de DMI fungiciden vallen onder [FRAC groep G1](#). Daarbij geeft de FRAC aan dat wanneer een schimmel resistent is tegen een DMI-fungicide (bijv. triazolen), ook verwacht mag worden dat hij resistent is tegen andere DMI-fungiciden (zoals bijvoorbeeld de imidazolen imazalil en prochloraz). De FRAC-lijst is overigens niet uitputtend en bevat voornamelijk commerciële fungiciden voor het gebruik in gewasbescherming. Dit betekent bijvoorbeeld dat voor azolen die gebruikt worden in cosmetica en die niet op de FRAC lijst staan, het werkingsmechanisme niet duidelijk is. De biocide azolen (bijv. gebruikt bij houtbehandeling) staan allemaal wel in de FRAC-lijst en behoren allen tot groep G1. Op basis van deze informatie gaat het Ctgb er vanuit dat onderstaande biociden en gewasbeschermingsmiddelen resistentie kunnen veroorzaken (tabel 2.1 en 2.2). Het betreft voor de biociden een tweetal azolen die in Nederland voor conservering van diverse materialen zijn goedgekeurd (tabel 2.1 op de volgende pagina). Cyproconazool is door de Europese Unie goedgekeurd voor Productsoort 8 (houtconservering), maar er zijn momenteel geen middelen op basis van deze actieve stof toegelaten in Nederland.

Tabel 2.1. Werkzame stoffen (biociden) die behoren tot de DMP's en daarmee resistentie kunnen veroorzaken bij *Aspergillus fumigatus* tegen triazolen voor medische toepassing (mededeling Ctgb 2020).

Stofnaam	Producttype	Status volgens ECHA	Middelen op NL-markt (#)
Propiconazool	PT07, PT08, PT09	PT07 en PT09 approved, PT08 Renewal in progress	46
Tebuconazool	PT07, PT08, PT10	Approved	6
Cyproconazool	PT08	Approved	0
Imazalil¹	PT03	Initial application for approval in progress	0

PT=Productsoort, 03=veterinaire toepassingen, 07=filmconserveringsmiddelen, 08=houtconserveringsmiddelen 09=conservering van vezels en rubber, 10=conservering van metselwerk

Voor gewasbeschermingsmiddelen betreft het 38 werkzame stoffen, waarvan 14 in Nederland een toelating hebben in een of meerdere gewassen (tabel 2.1). Deze lijst met stoffen is aanzienlijk langer dan de 7-10 azolen die meestal genoemd worden als stof die mogelijk resistentie kunnen veroorzaken.

¹ Aanvraag is inmiddels afgewezen (februari 2020).

Tabel 2.2. Werkzame stoffen (gewasbeschermingsmiddelen) die behoren tot de DMI's en daarmee resistentie kunnen veroorzaken bij *Aspergillus fumigatus* tegen triazolen voor medische toepassing (mededeling Ctgb 2020).

Stofnaam Frac-lijst (Engelstalig)	Status volgens EU pesticides database	# Middelen op NL markt
Toegelaten en op de Nederlandse markt		
Bromuconazole	Approved	1
Cyproconazole	Approved	4
Difenoconazole	Approved	23
		15 (opgebruiktermijn tot 31 juli 2021)
Epoxiconazole	Not approved	
Imazalil	Approved	5
Metconazole	Approved	5
Mefentrifluconazole	Approved	2 (sinds 31-7-2020)
Paclobutrazol	Approved	4
Penconazole	Approved	4
Prochloraz	Approved	8
Prothioconazole	Approved	21
Tebuconazole	Approved	20
Triflumizole*	Approved	1
Triticonazole	Approved	1
Toegelaten in de EU en (nog) niet op de Nederlandse markt		
Fenbuconazole	Approved	0
Fluquinconazole	Approved	0
Flutriafol	Approved	0
Ipconazole	Approved	0
Myclobutanil	Approved	0
Tetraconazole	Approved	0**
Verbod in de EU en toegelaten geweest op de Nederlandse markt		
Amitrol	Not approved	- verbod sinds 2016
Azaconazole	Not approved	- verbod sinds 2007
Bitertanol	Not approved	- verbod sinds 2012
Fenarimol	Not approved	- verbod sinds 2007
Nuarimol	Not approved	- verbod sinds 1997
Propiconazole	Not approved*	- verbod sinds 2020
Pyrifenox	Not approved	- verbod sinds 2007
Triforine	Not approved	- verbod sinds 2001
Triadimefon	Not approved	- verbod sinds 2014

* Deze stof is in Nederland alleen toegelaten in het middel Rocket EC. Dit middel is door de fabrikant inmiddels teruggetrokken en heeft een opgebruiktermijn tot 31-12-2021

** De tabel gaat verder op de volgende pagina.

-vervolg tabel-

Verbod in de EU, nooit op de Nederlandse markt geweest		
Diniconazole	Not approved	-
Etaconazole	Not approved	-
Flusilazole	Not approved	-
Hexaconazole	Not approved	-
Imibenconazole	Not approved	-
Oxpoconazole	Not approved	-
Pefurazoate	Not approved	-
Pyrisoxazole	-	-
Simeconazole	Not approved	-

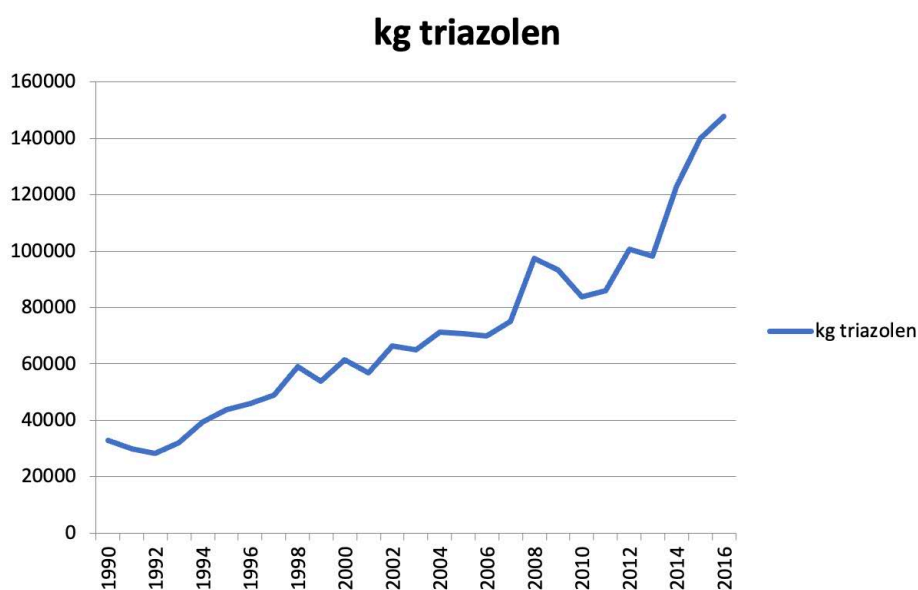
2.2 Afzet van azolen in Nederland

Biociden

Er is geen kwantitatief overzicht beschikbaar van de hoeveelheden azolen die worden gebruikt als biocide voor houtbehandeling in Nederland. De sector schat het gebruik in Nederland op ca. 1.000 kg per jaar. Dit betreft met name propiconazool en tebuconazool.

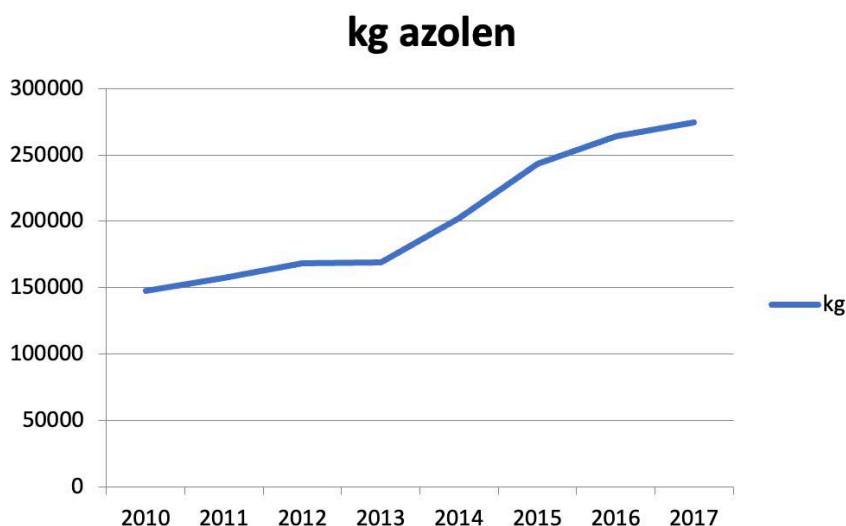
Gewasbeschermingsmiddelen

Voor gewasbeschermingsmiddelen is wel kwantitatieve informatie beschikbaar. De koepel van de bestrijdingsmiddelenindustrie (Nefyto) heeft een overzicht gepubliceerd van de afzet van verschillende groepen middelen tussen 1990 en 2016 (Nefyto 2017). De afzet van triazolonen is daarbij als groep gerapporteerd. Tussen 1990 en 2016 blijkt de verkoop van triazolonen te zijn verviervoudigd met een afzet van 148.000 kg in 2016 (figuur 2.1).



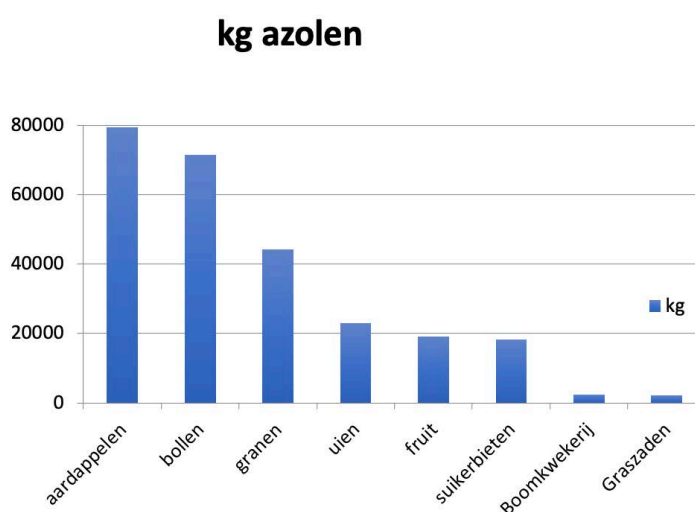
Figuur 2.1. Afzet van triazolonen in Nederland (1990-2016) (Nefyto 2017)

Sinds vorig jaar zijn de afzetgegevens ook op stofniveau openbaar gemaakt, voor de jaren 2010-2017. Dit betekent dat ook de afzet op stofniveau weergegeven kan worden en dat –naast de triazolen- ook de ontwikkeling in de afzet van andere azolen in beeld gebracht kan worden (figuur 2.2). De afzet van azolen is tussen 2010 en 2017 bijna verdubbeld, met name door de sterke toename van afzet van difenoconazool (van bijna 7.000 tot bijna 120.000 kg) en van propiconazool (van ruim 1.200 naar bijna 16.000 kg). Zie bijlage 3 voor een volledig overzicht per stof.



Figuur 2.2. Afzet van azolen in Nederland (2010-2017) (NVWA 2019)

Om inzicht te krijgen in de toepassingen van azolen in diverse gewassen is een overzicht gemaakt op basis van het gebruik in 2016 volgens de CBS-enquête (CBS 2019). De data van CBS zijn gecorrigeerd voor de afzet in 2016. Het hoogste gebruik in 2016 vond plaats in aardappelen en bollen. Het gebruik in aardappelen is afgelopen sterk toegenomen door een toename in met name difenoconazool. Zie bijlage 3 voor een overzicht per stof en gewas.



Figuur 2.3. Afzet van azolen in diverse gewassen in Nederland (2016) (Afgeleid op basis van CBS 2019 en NVWA 2019).

3

Hotspots van resistente *Aspergillus fumigatus*

De schimmel *Aspergillus fumigatus*, ook de resistente vorm, wordt op allerlei plekken en substraten aangetroffen. Het ontstaan en de verspreiding van resistente *Aspergillus fumigatus* vindt plaats onder specifieke omstandigheden en op specifieke locaties. Van der Wal et al. (2014) noemen deze locaties **'hotspots'**. Een **hotspot** is een locatie, waarop een combinatie van factoren samen komt, waaronder de aanwezigheid van een geschikt substraat, goede procescondities (o.a. temperatuur, zuurstof, pH en licht) en de aanwezigheid van azolen (concentratie, constante of intermitterende blootstelling). Op een **hotspot** zijn de omstandigheden zodanig dat er mutaties optreden met als gevolg de ontwikkeling van resistentie. Op deze locaties is het aandeel resistente stammen substantieel groot (Van der Wal et al, 2014).

Op een **hotspot** zijn **kritische factoren** aanwezig voor **resistentieselectie**. Deze factoren zijn: *A. fumigatus* moet kunnen groeien en zijn levenscyclus kunnen voltooien en azolen moeten hier aanwezig zijn (Verweij et al. 2017). Om *A. fumigatus* te laten groeien is de aanwezigheid van plantaardig materiaal een voorwaarde. Een resistentiemutatie kan zowel door geslachtelijke als ongeslachtelijke voortplanting ontstaan, al wordt de geslachtelijke voortplanting zelden in praktijkomstandigheden gevonden.

In de hot spot onderzoeken in 2014 en 2017 zijn drie hot spots gesignaleerd (Van der Wal et al. 2014, Verweij et al. 2017):

- Opslag en compostering van bollenafval op bollenkwekerijen;
- Opslag en compostering van groenafval bij biomassawerven;
- Opslag van houtafval (B-, en C-hout) bij biomassawerven.

3.1 Opslag en compostering van bollenafval

De meeste aandacht in onderzoeken naar resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* is besteed aan restafval van bollen en de compostering van dit materiaal. Dit afval wordt opgeslagen op een afvalhoop en uiteindelijk op het bollenbedrijf gecomposteerd of naar een derde afgevoerd om te co-vergisten en, voor een klein deel, te composteren. In de onderzoeken van 2014, 2017 en 2019 zijn metingen uitgevoerd aan *Aspergillus* en aan azolen in de opslag van bollenafval (bewaarthopen) en in composthopen in verschillende stadia (Van der Wal et al. 2014, Verweij et al. 2017, Schoustra et al. 2019ab).

In de bewaarhopen en de composthopen zijn hoge percentages resistente *Aspergillus* schimmels aangetroffen in combinatie met azolen (zoals prothioconazool en tebuconazool). Deze azolen worden in de bollenteelt gebruikt voor het dompelen van bollen en ook voor bespuitingen op het veld. Het is vastgesteld dat met name bewaarhopen een grote bron van resistente schimmels vormen, die ook vrijkomen in de lucht. Na het doorlopen van het composteringsproces (met daarbij temperaturen boven de 65 graden) neemt het percentage resistente schimmels sterk af. In februari 2021 heeft het Ctgb in samenspraak met de ministeries van LNV en IenW en de KAVB maatregelen voorgeschreven om risico's in de opslag van bollenafval te reduceren.

3.2 Opslag en compostering van groenafval

Ook bij de opslag en compostering van groenafval is resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* geconstateerd (Van der Wal et al. 2014, Verweij et al. 2017). In totaal zijn in beide studies 35 monsters geanalyseerd op 3 verschillende locaties en in 3 verschillende jaren. Het aantal metingen in deze 'groenafval' keten zijn nog beperkt in vergelijking met het aantal metingen in bollenafval. Wel zijn de uitkomsten consistent. Ook hier is steeds vastgesteld dat bewaarhopen en hopen tijdens het composteringsproces een grote bron van resistente schimmels vormen, terwijl er lage concentraties azolen werden aangetroffen. Na het doorlopen van het gehele composteringsproces (met daarbij temperaturen boven de 65 graden) nam het percentage (resistente) schimmels sterk af. In deze literatuurstudie gaan we na hoe deze keten in elkaar zit, wat de herkomst van de aanwezige azolen kan zijn, en waar risicopunten te constateren zijn (zie H4).

3.3 Opslag van houtafval

Bij de opslag van met middelen behandeld B- en C-hout is ook resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* geconstateerd (Verweij et al. 2017). In de paar analyses die zijn gedaan in deze afvalhopen zijn hoge percentages resistente schimmels aangetroffen, terwijl er lage concentraties azolen worden gevonden. In een Franse studie (Jeanvoine et al. 2017) waarin bij 20 zaagmolens in de Franche-Comté in totaal 600 monsters van afvalmateriaal zijn genomen, is in 46,5% van de monsters *A. fumigatus* aangetroffen. In 3% van de 600 monsters is resistentie bij *Aspergillus* tegen één of meer medische azolen aangetroffen. De samenstelling van het verduurzamingsproduct lijkt in deze studie invloed te hebben op de mate van resistentie. Een product met een relatief hoge tebuconazool concentratie veroorzaakte meer resistente *A. fumigatus*. Verdere inzichten in deze keten zijn nog te beperkt om vast te stellen in welke mate deze hot spot een belangrijke bron is van resistente *Aspergillus*-sporen. In deze literatuurstudie gaan we na hoe deze keten in elkaar zit en welke risicopunten er zijn (zie H4).



Figuur 3.1. Houtsnipperhoop klaar voor gebruik

4

De ketens van groen- en houtafval

In Nederland zijn ca. 92 biomassawerven waar groenafval wordt opgeslagen en gecomposteerd (figuur 3.1 op de volgende pagina). Een 30-tal van deze werven composteert ook tuinbouwafval en/of slaat afvalhout op. Een 20-tal van de werven verwerkt GFT-afval (binnen).

Naast deze grote locaties vindt ook lokaal opslag van groenafval plaats. Dit betreft 'kleine' afvalhopen die dienen als tussenopslag (bij o.a. gemeenten), waarna het vervoerd wordt naar biomassawerven. Daarnaast betreft dit ook opslag en compostering door derden zoals natuurorganisaties, waterschappen en boeren. De BVOR schat het aantal lokale opslagplaatsen op ongeveer 10.000, verspreid door heel Nederland.

4.1

Stromen, condities en aanwezigheid azolen bij groenafval

Zoals aangegeven is vastgesteld dat bewaarhopen en hopen voor en tijdens het composteringsproces van groenafval een bron van resistente schimmels vormen (Van der Wal et al. 2014, Verweij et al. 2017). Om na te gaan waar 'hot spots' op kunnen treden is via literatuur en interviews met experts de groenafvalketen in beeld gebracht. Ook is geanalyseerd wat de herkomst kan zijn van de in het groenafval aangetroffen azolen.

Allereerst is het belangrijk onderscheid te maken tussen Groente, Fruit en Tuinafval (GFT) en groenafval. Het zijn verschillende ketens die soms door elkaar worden gehaald. Onderstaande paragrafen geven een toelichting.

4.1.1

Groente, Fruit en Tuinafval (GFT)

Groente, Fruit en Tuinafval (GFT) is het afval dat particulieren verzamelen in hun groene GFT-bak en dat in gemeenten regulier door vuilnisauto's wordt opgehaald met een frequentie van 1x per week of 1x per twee weken. Dit afval bestaat voor 80% uit tuinafval (plantenresten, snoeiafval) en voor 20% uit groente- en fruitafval uit de keuken. Totaal gaat het om 1,4 miljoen ton in 2018, en daarnaast nog 0,2 miljoen ton groenafval, keukenafval en etensresten van horeca (tabel 4.1 op pagina 30).



Figuur 4.1. Ligging van biomassawerven in Nederland (BVOR 2020)

Het GFT-afval wordt door 20 bedrijven verwerkt die allen lid zijn van de Vereniging Afvalbedrijven (VA). GFT wordt door de vuilnisauto's soms direct naar de verwerkingslocatie gebracht. Meestal vindt echter overslag plaats op een gemeentelocatie of bij een bedrijf (bijv. Renewi of Suez). Dan komt het over het algemeen binnen te liggen (i.v.m. voorkomen van geurhinder) gedurende maximaal enkele dagen en wordt vervolgens door vrachtauto opgehaald. Op de verwerkingslocatie wordt het binnen 3 dagen verwerkt. Verwerking vindt plaats door alleen compostering of door vergisting gevolgd door compostering. Van de totale aanvoer van 1,4 miljoen ton GFT wordt 0,4 miljoen ton vergist en daarna gecomposteerd. 1,0 miljoen ton GFT wordt alleen gecomposteerd.

Bij de compostering wordt vaak nog groenafval bijgemengd om een goede structuur te krijgen. Het groenafval wordt verkleind en dan direct verwerkt. In de studie van Verweij et al. (2017) zijn metingen uitgevoerd aan GFT in een groenbak, en aan GFT vooraf, tijdens en na het composteringsproces. Azolen (difenoconazool, propiconazool, tebuconazool) werden aangetroffen. *A. fumigatus* en resistentie was alleen aanwezig in het GFT vooraf aan de start van de compostering. Tijdens en na compostering was dit zo goed als verdwenen².

Op basis van deze keteninformatie is het waarschijnlijk dat het GFT afval geen grote bron vormt van resistente *A. fumigatus*. Belangrijkste argument is dat de opslag van het GFT afval steeds relatief kort is (enkele dagen) en binnen plaats vindt.

Tabel 4.1. Hoeveelheden groen- en GFT afval en geproduceerde compost en grondproducten 2018 (BVOR 2019)

Product	Hoeveelheid in miljoen ton
Groenafval ¹⁾	2,4
Agrarisch groenafval	0,4
GFT-afval	1,4
Compost	1,7
Grondproducten	0,7
- Samengestelde grondproducten ²⁾	0,4
- Zeefgrond ³⁾	0,3

- i. Groenafval is tuin- en plantsoenafval uit openbare ruimte.
- ii. Samengestelde grondproducten zijn mengsels van een groenstroom (bijv. compost) en een grondstroom.
- iii. Zeefgrondproducten worden gemaakt van materiaal dat bij het uitzeven van houtige biomassa vrijkomt.

4.1.2

Groenafval

Dit is een verzameling plantaardige afvalstoffen die vrijkomt bij de aanleg en het onderhoud van particulier en openbaar groen, bos- en natuurterreinen en watergangen. Bermmaaisel is groenafval dat vrijkomt bij het maaien van groenstroken en wegbermen. Snoeihout is groenafval dat vrijkomt bij het snoeien van bomen, struiken in particulier en openbaar groen, bos en natuurterrein. De hoeveelheid groenafval in Nederland dat gemeld wordt bij het Landelijk Meldpunt Afvalstoffen (LMA), was in 2018 ca. 2,4 miljoen ton, vooral bestaande uit plantsoenafval en slootmaaisel. Overigens is de hoeveelheid gemeld groenafval kleiner dan die jaarlijks vrijkomt.

² Opmerkelijk in de studie van Verweij et al. (2017) is het aantreffen van resistente *A. fumigatus* in de composthoop van een particulier. De composthoop bevatte geen azolen. De auteurs schrijven het aantreffen toe aan de aanwezigheid van de schimmel in het materiaal dat aan de hoop is toegevoegd.

Het houtige afval hoeft namelijk niet altijd gemeld te worden bij de LMA³. Naast dit groenafval is nog sprake van 0,4 miljoen ton agrarisch groenafval. Dat is plantaardig afval van land- en tuinbouwbedrijven dat vrijkomt bij de agrarische bedrijfsvoering, niet zijnde de beoogde producten zoals knollen, bollen en vruchten. Het zijn bijvoorbeeld oogstresten of snoeihout. De in totaal 2,8 miljoen ton wordt in de open lucht gecomposteerd op de biomassawerven. Omvang van de werven varieert van klein (5.000-10.000 ton per jaar) tot enkele grote (> 40.000 ton per jaar). Het agrarisch groenafval wordt door 20 van de ca. 92 werven verwerkt. Dit is van belang, omdat de aanwezigheid van azolen in het groenafval en de compost in de onderzoeken van Van der Wal et al. (2014) en Verweij et al. (2017) mogelijk door dit agrarisch groenafval te verklaren is. De drie biomassawerven waar analyses zijn uitgevoerd in beide onderzoek ontvangen namelijk ook agrarisch groenafval. In paragraaf 4.1.6. wordt dit verder toegelicht.

Zoals aangegeven zijn er naast de ca. 92 biomassawerven nog een groot aantal kleine lokale opslagplaatsen. Dit betreft afvalhopen die als tussenopslag van gemeenten dienen, voordat het groenafval verder vervoerd wordt naar biomassawerven. Het betreft ook opslag en compostering door derden zoals natuurorganisaties, waterschappen en boeren. De BVOR schat het aantal lokale opslagplaatsen op 10.000 verspreid door heel Nederland. Ook deze informatie is van belang, omdat mogelijk ook in deze hopen resistente *A. fumigatus* kan ontstaan.

4.1.3

Composteringsmaterialen

Er zijn diverse composteringmaterialen te onderscheiden:

Bermmaaisel

Plantaardig afval dat vrijkomt bij het maaien van bermen en taluds.

Gescheiden ingezameld groenafval

Gescheiden ingezameld groenafval komt vrij bij de aanleg en onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen. Het betreft tevens afval dat hiermee te vergelijken is, zoals grof tuinafval, berm- en slootmaaisel, afval van hoveniersbedrijven, agrarisch afval en afval dat vrijkomt bij aanleg en onderhoud van terreinen van instellingen en bedrijven.

Gescheiden ingezameld organisch bedrijfsafval

Gescheiden ingezameld organisch bedrijfsafval uit de horeca, waaronder (gekookt) keukenaafval en etensresten (swill) dat naar aard en samenstelling vergelijkbaar is met gescheiden ingezameld GFT-afval en vrijkomt bij handel, diensten, overheden en veilingen.

Slootmaaisel

Plantaardig afval dat vrijkomt bij onderhoudswerkzaamheden aan sloten, vijvers en andere (kleine) watergangen. De onderhoudswerkzaamheden kunnen bestaan uit het maaien van waterkanten en het snoeien van begroeiing in de watergangen om het dichtgroeien te voorkomen.

³ Bij verwerking van meer dan 50 m³ compost van groenafval per jaar geldt een meldplicht. (op basis van het besluit melden)

Blad

Blad komt in de herfst vrij van bomen die in de bebouwde omgeving staan.

Structuurmateriaal

(Grotendeels) houtachtig materiaal, zoals takken, stobben en stammen, dat wordt toegevoegd om een zo optimaal mogelijk composteerproces te bewerkstelligen.

Agrarisch afval

Dat is plantaardig afval van land- en tuinbouwbedrijven dat vrijkomt bij de agrarische bedrijfsvoering, niet zijnde de beoogde producten zoals knollen, bollen en vruchten. Dit agrarisch afval wordt niet standaard bijgevoegd aan de groencompostering. Het wordt op een 20-tal biomassawerven aangevoerd, in totaal 0,4 miljoen ton op jaarbasis.

4.1.4

Composteringsproces

Compostering is een proces waarbij biodegradeerbaar materiaal onder gecontroleerde omstandigheden en onder aerobe condities (dat wil zeggen aanwezigheid van zuurstof), door micro-organismen wordt afgebroken en omgezet tot een homogeen eindproduct dat zodanig stabiel is dat daarin alleen nog een langzame afbraak van humeuze verbindingen plaatsvindt.

Het composteringsproces van groenafval vindt plaats in de open lucht. Het aangevoerde afval wordt opgeslagen en vervolgens verkleind. Bij aanvoer van grote hoeveelheden gras wordt het voor langere tijd ingekuuld om in najaar en winter geleidelijk verwerkt te worden. Het verkleinde materiaal wordt direct als eindproduct toegepast of het wordt gecomposteerd. Voor het composteren wordt het materiaal op hopen gezet die de vorm van een rug of een plateau kunnen hebben.

Tijdens het composteringsproces wordt het materiaal een aantal malen omgezet.

Dat kan gebeuren met speciale omzetmachines, of met een shovel of hydraulische kraan. De frequentie van omzetten kan variëren van gemiddeld 1x per week tot gemiddeld 1x per vier weken. In de beginfase wordt meestal frequenter omgezet dan in een latere fase. De frequentie is afhankelijk van de porositeit van het composterende materiaal en van de snelheid waarmee de porositeit terugloopt door het inzakken van de hoop. Na een composteringsproces dat 10 tot 26 weken duurt, worden de grove delen uit de compost gezeefd. De grove fractie gaat opnieuw de compostering in, of kan op een andere manier worden ingezet, bijvoorbeeld als biomassa in een energiecentrale of als biofiltermateriaal.

De kans is groot dat in de ingangsstromen voor groencompost sporen van *A.*

fumigatus aanwezig zijn, gezien de combinatie van type biomassa, aerobe condities en temperatuur. Belangrijke procesparameters bij compostering zijn: het zuurstofgehalte, het vochtgehalte, de structuur (porositeit), de temperatuur, de C/N verhouding en de pH van het te composteren materiaal. Procesparameters kunnen worden gebruikt om het composteerproces actief te sturen, dan wel om het verloop ervan te volgen.

4.1.5

Kans op aanwezigheid van azolen

In de studie van Verweij et al (2017) zijn sporen van azolen aangetroffen in het groenafval en het groencompost, met name de azolen tebuconazool en prothioconazool. Het aantreffen is opmerkelijk, omdat het meeste materiaal (zoals groenafval uit openbaar groen, bladeren, bermafval en slootmaaisel) niet behandeld wordt met azolen.

Er zijn een viertal mogelijke routes waarlangs azolen in het groenafval terecht kunnen komen:

1. Bermafval en slootmaaisel kunnen in theorie azolen bevatten wanneer via drift (verwaaiing) vanaf landbouwpercelen de middelen op de berm of in de slootkant terechtkomen. Wanneer deze route inderdaad van belang is, dan zouden echter ook andere azolen zoals epoxiconazool (vooral gebruik in granen en suikerbieten) en difenoconazool (vooral gebruik in aardappelen en suikerbieten) in het groenafval verwacht worden.
2. De azolen in het groenafval kunnen verder in theorie afkomstig zijn van gras van sport- en golfterreinen, want daar zijn azolen (metconazool, prothioconazool en tebuconazool) toegelaten die soms worden toegepast. De volumes die worden afgevoerd naar groencompostering zijn echter klein. De aangetroffen concentraties zijn ook laag.
3. Ook snoeihout uit boomteelt en fruitteelt kan in theorie bijdragen aan aanvoer van azolen naar het groenafval. Met name in de fruitteelt worden azolen toegepast. Het meeste snoeihout uit de fruitteelt wordt echter niet naar de groencompostering vervoerd.
4. Ander agrarisch groenafval kan eveneens bijdragen. De 0,4 miljoen ton agrarisch groenafval die naar 20 biomassawerven wordt gebracht zal zeker azolen kunnen bevatten. Mogelijk dat alleen het groenafval op biomassawerven die agrarisch plantenafval verwerken azolen bevatten. De azolen in groenafval en groencompost zijn door Verweij et al. (2017) aangetroffen op drie verschillende biomassawerven die alle drie ook agrarisch afval verwerken.

In het monitoringsvoorstel (H7) wordt opgenomen dat metingen plaats gaan vinden op biomassawerven die wel en geen maaisel van sport- en golfvelden en wel en geen agrarisch groenafval verwerken.

4.2

Stromen, condities en aanwezigheid azolen bij de verwerking van houtafval

4.2.1

Typen afvalhout

Bij houtafval wordt onderscheid gemaakt in snoeihout, A-, B- en C-hout. Snoeihout ontstaat bij het onderhoud van plantsoenen, van bomen langs wegen en van bossen. A-hout is gebruikt hout dat niet geveerd of behandeld is. B-hout is geveerd, gelakt of verlijmd. Tot slot is C-hout hout dat verduurzaamd is. Veras, brancheorganisatie voor sloopaannemers en asbestverwijderaars, schat de verdeling in A-, B- en C-hout in op 45% - 45% - 10%.

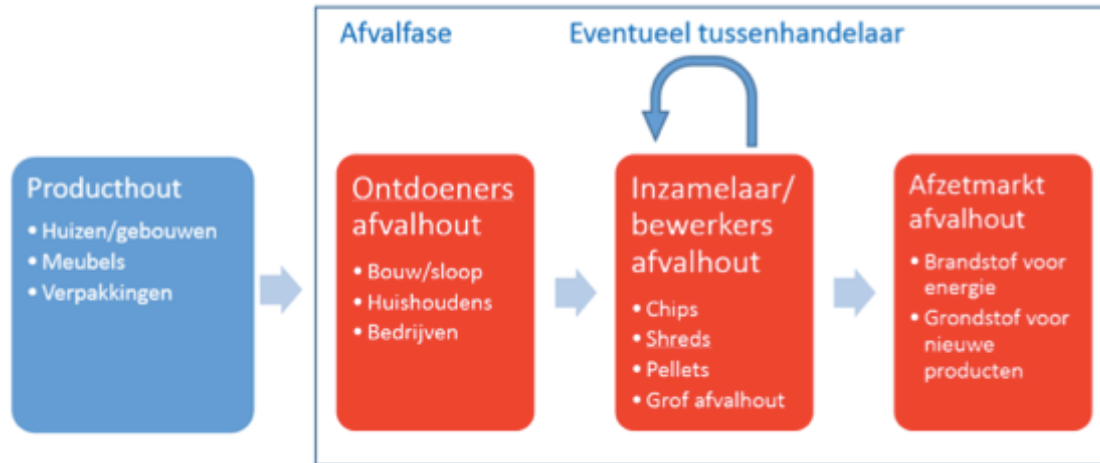
4.2.2

Afvalhoutketen

Van Bruggen en Van der Zwaag (2017) beschrijven drie partijen in de afvalhoutketen: zogenaamde ontdoeners, inzamelaars/bewerkers en de afzetmarkt (recyclingbedrijven en energiebedrijven), zie ook figuur 4.1 op de volgende pagina. Uit de uitgevoerde interviews rijst eenzelfde beeld.

1. De **ontdoeners** zijn de partijen die hout bezitten waarvan zij zich willen ontdoen. Dit zijn particulieren (snoeihout tuinen, behandeld tuinhout) en gemeenten (snoeihout plantsoenen) (med. E. Roozen, VHG, 2020). Het hout kan echter ook afkomstig zijn van bouw- en sloopectiviteiten (med. O. Friebel, BRBS, 2020).
2. **Inzamelaars of bewerkers** zijn hoveniers, boomspecialisten, loonwerkers, sloopbedrijven, composteerbedrijven, afvalinzamelaars en gemeentewerven. De inzamelaars of bewerkers kunnen nog een sortering uitvoeren in bijvoorbeeld A-hout en B-hout om zo de gewenste kwaliteit aan de uiteindelijke afnemer te kunnen aanbieden.

3. Tenslotte wordt het hout afgezet bij **recyclingbedrijven** (spaanplaat- en papierindustrie) en **energiecentrales** (biomassacentrales en afvalverbrandingsinstallaties). Een deel van het snoeihout gaat naar de composteerbedrijven.



Figuur 4.1 Drie schakels in de afvalhoutketen (Van Bruggen en Van der Zwaag, 2017)

4.2.3

Houtverduurzaming

Zowel B-hout (soms) als C-hout worden behandeld met biocidemiddelen om houtrot of insectenvraat te voorkomen. Dit proces wordt houtverduurzaming genoemd. Bij B-hout gebeurt dit door oppervlakkige toepassingsmethoden als verven of spuiten. Houtverduurzaming bij C-hout gebeurt door dompelen en vacuümdrukbehandeling met biociden (zoals azolen, minerale zouten of creosoot (een destillaat van steenkoolteer), maar kan ook plaatsvinden zonder deze biocidemiddelen door thermische houtmodificatie en polymeertoepassingen. De belangrijkste methode is de vacuümdrukbehandeling. Onder vacuüm wordt het vocht uit het spinhout gezogen. Vervolgens wordt het middel in het hout ingebracht. Wanneer het om een op azolen gebaseerd biocide gaat, binden de azolen aan het hout en verdampt het water. Bij andere, niet-chemische technieken (thermische en polymeertoepassingen) worden geen biocidemiddelen gebruikt. Met azolen behandeld hout wordt vaak voor gevelbekleding gebruikt. Met creosoot behandeld hout wordt meestal gebruikt als het hout in contact met grond komt (med. M. Willemen, VHN, 2020). De gebruiksfase van dit materiaal duurt minimaal 20 jaar. Dit betekent dat afval van dit materiaal decennia later nog steeds vrij komt.

Toelating van biocidemiddelen op basis van werkzame stoffen gebeurt door het Ctgb, nadat de werkzame stof(fen) door de Europese Unie zijn goedgekeurd. Houtconserveringsmiddelen (waaronder middelen op basis van azolen) behoren tot productsoort 8 (PT8). Momenteel zijn twee azolen als werkzame stof in houtconserveringsmiddelen in Nederland toegelaten, te weten propiconazool en tebuconazool. Beide stoffen zijn ook toegelaten in verf voor niet-professioneel gebruik via verven/strijken/borstelen met een zachte kwast of roller in de richting van de houtnerf op hout dat buiten wordt gebruikt (Ctgb 2020).

Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 2.5000.000 m³ naaldhout verwerkt. Daarvan is naar schatting tussen 5 en 10% verduurzaamd met middelen die azolen bevatten. Het volume hout dat met azolen verduurzaamd is, ligt tussen 125.000 en 250.000 m³. Per m³ wordt ongeveer 5 g actieve stof toegepast. Dit betekent dat er jaarlijks in de ordegrrootte van 1000 kg actieve stof wordt gebruikt om hout te verduurzamen (med. M. Willemen, VHN, 2020). Volgens het Biociden Platform wordt jaarlijks 700.000 m³ met azolen verduurzaamd hout gebruikt in Nederland, deels afkomstig uit

Nederland, deels geïmporteerd. Er zijn geen gegevens bekend over het aandeel geïmporteerd hout. Van het geïmporteerde hout is het grootste deel afkomstig uit Europa en slechts een klein deel van daarbuiten (m.n. tropisch hardhout) (med. Biociden Platform, 2020). Het hout dat uit Europa geïmporteerd is, kan naast propiconazool en tebuconazool nog een derde azool bevatten, namelijk cyproconazool (med. P. Geenen, Ctgb, 2020). Hout dat afkomstig is van buiten Europa mag alleen werkzame stoffen bevatten die goedgekeurd zijn in de EU (Biocidal Products Regulation (EC) No 528/2012, 2020).

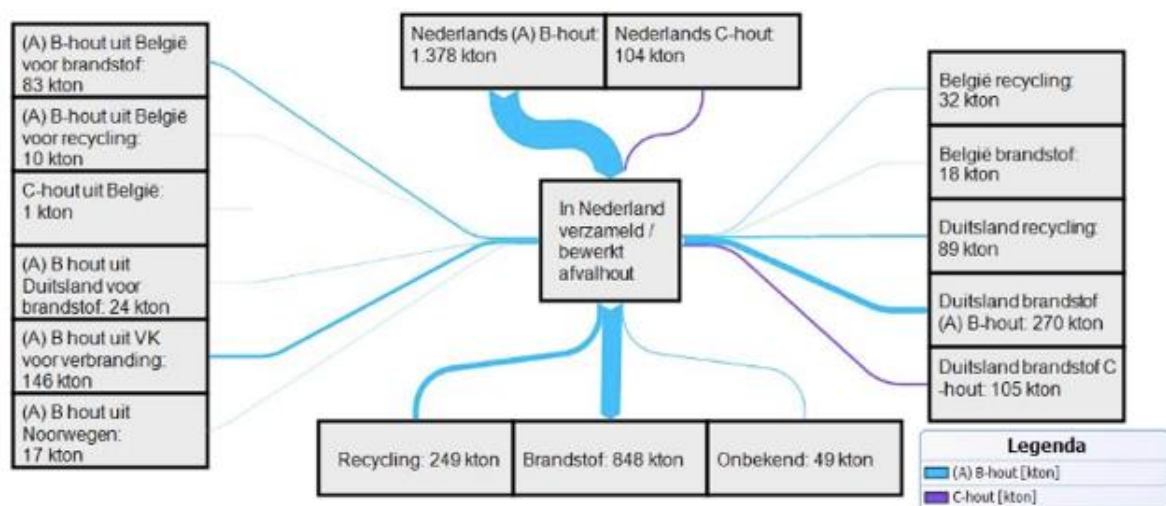
Verduurzaamd hout dat in Nederland geproduceerd is, is KOMO-gecertificeerd. Dit keurmerk garandeert dat het hout aan alle wettelijke bepalingen voldoet, dat het verduurzamingsmiddel voldoende chemische binding met het hout heeft en dat de verduurzaming effectief is. Aan de hand van certificaat- en volgnummer kan nagegaan worden welk bedrijf het hout verduurzaamd heeft, welk verduurzamingsmiddel gebruikt is en in welke hoeveelheid. Een deel van het verduurzaamde hout dat geïmporteerd wordt, is ook KOMO-gecertificeerd. Importcijfers ontbreken echter (med. M. Willemen, VHN, 2020).

Verduurzaamd hout wordt onder meer gebruikt als tuinhout, in de bouw, in en om het water als brug, steiger of terras, bielzen, geluidsschermen, paardenbakken en in de land- en tuinbouw als afrastering of boompalen.

4.2.4

Hoeveelheden snoei- en afvalhout

Van Bruggen en Van der Zwaag (2017) geven een overzicht van de afvalhoutmarkt in 2014 en 2015. Hier worden alleen de gegevens uit 2015 weergegeven. Daarbij valt op dat het merendeel van het afvalhout dat in Nederland vrijkomt A- of B-hout (1378 kton) is. Slechts een klein deel is C-hout (104 kton). Dit komt overeen met de inschatting die door Veras gemaakt is. Een kwart van het hout wordt, voornamelijk als brandstof, geëxporteerd. Driekwart van het hout (1146 kton) blijft in Nederland. Daarvan wordt driekwart (848 kton) als brandstof afgezet. Hierbij moet opgemerkt worden dat het hout dat nu als afvalhout vrijkomt, verduurzaamd is in een periode (20 – 30 jaar geleden) dat de regelgeving anders was dan nu.



Figuur 4.2 Nederlandse afvalhoutmarkt 2015 (Van Bruggen en Van der Zwaag, 2017)

4.2.5

Bestemming afvalhout

In de **recycling** van afvalhout worden snoei-, A- en B-hout gebruikt. In Nederland worden uit het A- en B-hout klossen voor pallets geproduceerd (Van Bruggen en Van der Zwaag, 2017). Daarnaast wordt snoeihout gebruikt om houtsnippers te produceren die onder meer in speeltuinondergrond gebruikt worden (med. E. Roozen, VHG, 2020), zie figuur 4.3 op pagina 37). In Duitsland en België zijn een aantal spaanplaatproducenten die Nederlands A- en, in mindere mate, massief B-hout gebruiken (med. O. Friebel, BRBS, 2020). Een klein deel van het sloophout zoals balken, wordt verkocht als sloophout (med. J. van Herk, Veras, 2020).

Daarnaast wordt een deel van het snoeihout gebruikt bij de **compostproductie**. Om een goede kwaliteit compost te krijgen is afhankelijk van de input en het gewenste eindproduct ca. 30% houtige delen nodig (med. A. Brinkmann, BVOR, 2020).

Voor **energieopwekking** gebruiken de centrales in Nederland snoei-, A- en B-hout. Het gebruik van afvalhout als brandstof voor energieopwekking gebeurt vooral in de drie grote Biomassa Energie Centrales (BEC's), omdat deze uitgerust zijn met rookgasreiniging nodig om B-hout te mogen verstoken (med. T. Brethouwer, VA, 2020). B-hout wordt ook naar België en Duitsland geëxporteerd voor energieopwekking. Het C-hout gaat vrijwel allemaal naar Duitsland om daar te worden verbrand in BEC's die daarvoor uitgerust zijn (Van Bruggen en Van der Zwaag, 2017). Veelal gaat het C-hout in zijn geheel naar de eindverwerker. Een klein deel van de aannemers versnipperd het hout alvorens het af te zetten. Voor het B-hout geldt dat dit meestal wordt vershredderd (med. J. van Herk, Veras, 2020). Verkleining van hout geeft risico op broei (med. T. Brethouwer, VA, 2020).

4.2.6

Opslag afvalhout

Het scheiden van A-, B- en C-hout gebeurt op de slooplocatie, tenzij dit niet mogelijk is.

Bewaartermijnen van hout lopen uiteen en zijn afhankelijk van aanwezigheid van opslagruimte en prijsvorming. Volgens de vergunning mag hout niet langer dan 1 jaar liggen. B- en C-hout liggen in ieder geval op een vloeistofdichte vloer en vaak onder dak. Een alternatief is opslag in een dichte container (med. J. van Herk, Veras, 2020).

De heer Friebel vult aan dat bij opslag bij grote bedrijven het hout maximaal een week ligt. De hoeveelheid hout in opslag is beperkt, enerzijds vanwege kosten anderzijds wegens vergunningvoorwaarden. A- en B-hout wordt vrijwel altijd verkleind voor vervoer, dat in de regel per schip plaatsvindt. Het C-hout is veel minder in volume. Afvoer ervan gebeurt meestal per vrachtauto (med. O. Friebel, BRBS, 2020).

Cumela, brancheorganisatie voor aannemers in groen, grond en infra, geeft aan dat hun leden B- en C-hout opslaan in containers. Deze worden afgevoerd wanneer deze vol zijn (med. C. van Zoest, Cumela, 2020).

Snoeihout afkomstig uit de fruitteelt blijft op de grond in de boomgaard liggen en wordt daar machinaal versnipperd. Ook bij het rooien van een boomgaard blijft over het algemeen het hout ter plekke achter en wordt het versnipperd. Door de snippers over de grond te verdelen wordt broei voorkomen en daarmee vorming van resistente *A. fumigatus*. Wanneer er sprake is van dikke stammen, worden deze als hardhout verkocht door de fruitteler of door een derde (med. J. van Bruchem, NFO, 2020).

Boomspecialistische bedrijven versnipperen het snoeihout over het algemeen ter plekke. Naar verwachting liggen deze houtsnippers niet lang op het bedrijf voor deze worden afgezet voor verbranding of als ondergrond (med. E. Roozen, VHG, 2020).

Voor de opslag van C-hout is een omgevingsvergunning milieu nodig (AIM 2020). In dergelijke vergunningen wordt over het algemeen een vloeistofdichte voorziening of een vloeistofkerende voorziening met overkapping geëist.



Figuur 4.3 Versnippering van snoeihout ter plekke door een boomspecialistisch bedrijf

5

Mogelijke overige bronnen van resistente *Aspergillus fumigatus*

Naast de drie hot spots is het mogelijk dat ook op andere plaatsen -waar de omstandigheden gunstig zijn- resistenties van *A. fumigatus* kunnen ontstaan. In andere onderzoeken (o.a. gepresenteerd bij de KNAW-bijeenkomst in januari 2019, Amsterdam) is aangegeven dat resistente *A. fumigatus* sporen ook op producten zoals ui en thee zijn aangetroffen. En -zoals beschreven in hoofdstuk 3- worden azolen toegepast op een diversiteit aan gewassen die ook elk deels organisch materiaal opleveren dat verwerkt of opgeslagen wordt. In dit hoofdstuk behandelen we op basis van de beschikbare informatie mogelijke andere bronnen.

5.1 Akkerbouwgewassen

In Nederland is het gebruik van azolen in akkerbouwgewassen (granen, aardappelen, uien en suikerbieten) hoog in vergelijking met andere gewassen. De laatste paar jaar is met name het gebruik in de aardappelen opvallend sterk gestegen.

5.1.1 Granen

In de studies van Van der Wal e.a. (2014) en Verweij e.a. (2017) is de graanketen onderzocht. In granen zoals gerst en tarwe vindt vooral gebruik van prothiconazool en tebuconazool plaats. Van der Wal e.a. (2014) vonden niet of nauwelijks *A. fumigatus* sporen op gangbaar en biologisch stro. Het betrof hier droog stro dat al enkele maanden in opslag had gelegen. Verweij e.a. (2017) onderzochten gangbaar en biologisch graan en stro in de vorm van stalmest (van paarden, geiten en melkvee) in de graanketen. In geen van de monsters werd *A. fumigatus* aangetroffen, in een aantal monsters wel azolen. Verweij e.a. (2017) trokken de conclusie dat de graanketen geen bron van resistente *A. fumigatus* vormt omdat de condities bij graanopslag en gebruik van stro in stallen blijikbaar niet gunstig zijn voor *A. fumigatus* groei. Een van de ketendeskundigen in de interviews in de huidige studie gaf aan verbaasd te zijn dat geen *A. fumigatus* is aangetroffen in mesthopen en vroeg zich af of wel voldoende op verschillende dieptes in de mesthopen is bemonsterd. Een studie door Rothamsted Research liet zien dat in een groot aantal bodemmonsters van graanpercelen nauwelijks of geen resistente *A. fumigatus* werd aangetroffen (Croplife International 2020, Verweij et al. 2020). De conclusie is dat het gebruik van azool fungiciden in graanteelt een laag risico voor resistentie-ontwikkeling vormt: “Cereal production is not regarded as a hotspot for azole resistance selection”.

5.1.2

Uien

In de studie van Verweij et al. (2017) is de uienketen niet onderzocht omdat bij de expert-meetings –als onderdeel van die studie- de uienketen niet aangewezen is als mogelijke bron. Echter, ook in de uienteelt is sprake van toepassing van verschillende azolen (prochloraz, prothiconazool en tebuconazool) en zijn op uien resistente *A. fumigatus* aangetroffen. Mogelijk dat uienafvalhopen (met afval dat vrijkomt na oogst en bij inschuring) een plek vormen waar resistentie ontstaat en snelle ontwikkeling van *A. fumigatus* plaatsvindt. Uienafvalhopen kunnen daarom mogelijk een hot spot zijn. Dit zal ook afhangen hoe lang de afvalhopen blijven liggen, voordat afvoer terug naar het land of naar een vergistingsinstallatie plaatsvindt. Opmerkelijk daarbij is dat in het onderzoek van Croplife international (2020) resistente *A. fumigatus* op uien is aangetroffen.

5.1.3

Aardappelen

In de studie van Verweij et al. (2017) is de aardappelketen niet onderzocht. Het gebruik van azolen in de aardappelteelt was toen nog beperkt en in de keten werd geen hot spot verwacht. Het aardappelloof wordt doodgespoten aan het eind van het groeiseizoen, en het dode loof blijft vooral achter op de percelen. De aardappels zelf worden droog opgeslagen in koelcellen. Bij het inschuren worden aardappelresten, grond en kleine aardappelen uitgezeefd. Dit materiaal wordt meestal weer teruggebracht naar het land en daar gestort. Er is een wettelijke verplichting zo'n afvalhoop onschadelijk te maken. Dit kan door deze met plastic af te dekken. De afvalhoop bestaat grotendeels uit grond en de omstandigheden in deze hopen zijn niet gunstig voor sterke *A. fumigatus* ontwikkeling. In de aardappelteelt is de laatste jaren sprake van een sterke toename van gebruik van difenoconazool. Afvalhopen van de aardappel oogst lijken niet direct een plek te zijn waar resistentievorming en snelle ontwikkeling van *A. fumigatus* plaatsvindt. Om dit echter met meer zekerheid te kunnen zeggen, zijn metingen (bepaling van (resistente) *A. fumigatus* en van azolen) nodig.

Stoomschillen, aardappelsnippers en andere bijproducten worden als veevoer gebruikt. Deze producten worden afhankelijk van de vorm, vloeibaar of steekvast, in silo's of ingekuuld opgeslagen gedurende maximaal 6 maanden. Broei en schimmelvorming worden zoveel mogelijk voorkomen om de voedingswaarde in stand te houden (med. M. Middeldorp, Duynie Feed, 2020).

5.1.4

Suikerbieten

In de studie van Verweij et al. (2017) is de suikerbietenketen niet onderzocht. In de suikerbietenteelt vindt azolengebruik plaats (cyproconazool, difenoconazool, epoxiconazool en propiconazool⁴). Het bietenloof wordt tijdens de bietenoogst gehakseld en verspreid over het land. Daar wordt geen *A. fumigatus* ontwikkeling verwacht. De bieten zelf worden op hopen opgeslagen en binnen enkele weken in vrachtwagens afgevoerd naar de fabriek. De omstandigheden in deze hopen lijken niet gunstig voor sterke *A. fumigatus* ontwikkeling. Bietenhopen lijken niet direct een plek te zijn waar resistentievorming en snelle ontwikkeling van *A. fumigatus* plaatsvindt. Om dit met meer zekerheid te kunnen zeggen, zijn metingen (bepaling van (resistente) *A. fumigatus* en van azolen) nodig.

⁴ inmiddels niet meer toegelaten

5.2 Vollegrondsgroentegewassen

In vollegrondsgroentegewassen zoals kolen, prei, aardbeien en asperges worden ook azolen gebruikt (vooral difenoconazool en prothiconazool). Het gebruik is aanmerkelijk lager dan in de akkerbouwgewassen. Ook het aantal hectares is veel lager. Wel vindt in deze gewassen na de oogst opslag plaats op afvalhopen van restmateriaal waar *A. fumigatus* ontwikkeling mogelijk is. Het is niet aan te geven of deze hopen een hot spot kunnen vormen. Om dit te laten zien, zijn metingen (bepaling van (resistente) *A. fumigatus* en van azolen) nodig. Opmerkelijk is verder dat in een recent artikel (Chen et al. 2020) melding gemaakt wordt van resistente *A. fumigatus* in de toplaag van bodems waar aardbeien worden geteeld in China. In deze laag worden ook azolen aangetroffen. In een Keniaanse studie (Kemoi et al. 2018) is sprake van vergelijkbare bevindingen. In het tuinbouwgebied Naivasha (bloemen en groenten) zijn 156 toplaagmonsters genomen van tuinbouwpercelen waar azolen gebruikt waren. In 12,5% van de monsters werd resistentie aangetroffen tegen itraconazole en voriconazole, in 27,1% was sprake van resistentie tegen posaconazole. Een recente Franse studie (Rocchi et al. 2018) op zes tuinbouwbedrijven in Oost-Frankrijk laat zien dat bij twee van de vier bedrijven waar azolen gebruikt waren, resistente *Aspergillus fumigatus* is aangetroffen in de bodem in lage hoeveelheden (CFU < 100). Er zijn aanwijzingen dat er een verband is met de grondsoort (op klei wordt meer resistentie aangetroffen dan op zand) en met het type fungicide (al dan niet een combinatie van difenoconazole met azoxystrobine). Eerdere studies binnen en buiten Nederland lieten echter geen ontwikkeling van resistente *A. fumigatus* in bodems zien (Verweij et al 2020 in press).

5.3 Fruitteelt

In de fruitteelt (appels en peren) worden ook azolen gebruikt (vooral difenoconazool en tebuconazool). Het gebruik is qua volume vergelijkbaar met het gebruik in uien en granen. De appels en peren worden geoogst en gekoeld bewaard. Hier is geen ontwikkeling van *A. fumigatus* te verwachten. Wel wordt bij sorteren soms afgekeurd fruit opgeslagen in containers om direct aansluitend te laten vergisten. Er wordt hierin geen vorming van resistente *A. fumigatus* verwacht.

5.4 Sierteelt

In de sierteelt worden ook azolen gebruikt (vooral prochloraz en tebuconazool). Het gebruik is qua volume beperkt. In de boomteelt vindt met name gebruik plaats in de kuisplanten. Van der Wal e.a (2014) hebben in enkele monsters van kuisplanten alleen lage aantallen *A. fumigatus* aangetroffen, waarbij in twee monsters een beperkt aantal resistente *A. fumigatus* aanwezig was. De onderzoekers achten de kans klein dat deze teelt een hot spot is.

5.5 Champignons

In de champignonsteelt wordt het azool prochloraz (een imidazool) ingezet tegen diverse schimmelziekten. Deze stof komt daardoor ook in de voedingsbodem en in de zogenaamde champost terecht. Champost is afgewerkte champignonmest, de voedingsbodem waarop champignons geteeld zijn. Om champignons te kunnen telen wordt een voedingsbodem gemaakt

van paarden- en kippenmest, stro en kalk. Dit mengsel wordt vochtig gemaakt en broeit ca. twee weken waarbij een temperatuur van 60 - 80 °C wordt bereikt. Daarna wordt de compost gepasteuriseerd om ziektekiemen te doden. Dit proces vindt in afgesloten hallen plaats. Vervolgens wordt een champignoncel met deze voedingsbodem gevuld. Daarna wordt deze afgedekt met dekaarde dat bestaat uit veen, turf, schuimaarde en kalk. Na twee tot drie weken kan er voor het eerst geoogst worden. Na nogmaals twee tot drie weken wordt de champignonproductie gestopt. Tenslotte worden teeltruimte en de uitgewerkte compost met stoom verhit om zo alle ziekten en plagen te doden en wordt de cel leeggehaald. De champignonmest is champost geworden.

Champost wordt gebruikt in de land- en tuinbouw als meststof die rijk is aan organische stof.

Champost is een aparte stroom die losstaat van groencompost en die niet op de biomassawerven komt. Er wordt jaarlijks ca. 1 miljoen m³ champost geproduceerd (med. A. Brinkmann, 2020).

Op basis van de informatie over productie van champignonmest en champost is het niet waarschijnlijk dat champost een voedingsbodem is voor *A. fumigatus*. Om champignonmest te produceren wordt gecomposteerd waarbij een temperatuur wordt bereikt die *A. fumigatus* doodt. Bovendien vindt de productie van de voedingsbodem binnen plaats. Vervolgens wordt voor het leeghalen van de cel kweekruimte en voedingsbodem nogmaals verhit tot een temperatuur waarbij ziektekiemen worden gedood.

6

Resultaten interviews

In totaal zijn 16 instanties geïnterviewd om inzicht te krijgen in de groenafval- en houtketen, de toelating van azolen en het uitgevoerde onderzoek naar resistentieontwikkeling van *A. fumigatus*. Er is gesproken met vertegenwoordigers van brancheorganisaties, onderzoeksinstituten en het Ctgb. Hen zijn vragen voorgelegd over onder meer hoeveelheden en samenstelling van materiaal dat verwerkt wordt, wijze van verwerking en opslag en de voorgaande en opvolgende schakels in de keten.

In de volgende paragrafen wordt verder ingegaan op de resultaten van deze interviews voor de verschillende ketens en de overige partijen. De nadruk zal hierbij liggen op de organisaties en hun leden en hun adviezen voor vervolgonderzoek en -maatregelen. De interviewinformatie over hoeveelheden, samenstelling, verwerking en opslag van materiaal in de verschillende ketens zijn verwerkt in hoofdstuk 4 (de ketens van groen- en houtafval).

6.1 Interviews experts groenafvalketen

Om inzicht te krijgen in de groenafvalketen is gesproken met vertegenwoordigers van BBO, BRBS, BVOR, Cumela, VA en VHG (zie bijlage 1). Zij hebben veel informatie verschaft over materiaal, verwerking, opslag en de keten zelf (zie het betreffende hoofdstuk). Daarnaast is met hen gesproken over mogelijke metingen die gedaan worden in het groenafval en de compost. Behalve verplichte microbiologische metingen van ziekteverwekkende micro-organismen (o.a. Salmonella en E. coli) worden er nauwelijks of geen metingen uitgevoerd. Metingen van gewasbeschermingsmiddelen vinden helemaal niet plaats.

Informatie organisaties en leden

In het gesprek met BBO (brancheorganisatie voor biogasproducenten) bleek dat zij om biogas te produceren mest en afval- en reststoffen gebruiken die in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet staan zoals reststromen uit akkerbouw en voedingsmiddelenindustrie, afgekeurde groente en fruit, GFT en gras. In bijlage Aa staan alleen afval- en reststoffen waartegen geen milieukundige en landbouwkundige bezwaren bestaan. Hout wordt in principe niet gebruikt voor vergisting, omdat de lignine in het materiaal moeilijk afbreekt. De uitgangsmaterialen voor vergisting worden vaak in dichte silo's bewaard of anders meestal overdekt. Tijdens het vergistingsproces zal *A. fumigatus* geen resistentieprobleem vormen, omdat er sprake is van een zuurstofarme omgeving (zie ook Verweij et al. 2017).

Hoewel de leden van de BRBS (Branchevereniging Breken en Sorteren) vooral actief zijn op het gebied van asfalt en beton, zijn er ook leden die composteren en C-hout inzamelen, opbulken en naar de eindverwerker vervoeren. Er zijn vier typen bedrijven actief: sorteer-, inzamel-, bewerkings- en verwerkingsbedrijven (grondstoffenleveranciers). Ook komen er steeds meer combinaties van deze vier typen voor.

De leden van Cumela (brancheorganisatie voor aannemers in groen, grond en infra) zijn op een groot aantal terreinen actief: loonwerk, cultuurtechniek, het leeghalen van kassen, hovenierswerk en groenonderhoud, maar ook de sloop van panden, bomen snoeien, hout snipperen en shredderen. Cumela benadrukt het belang van een gezonde werkomgeving. Mensen moet niet ziek worden van hun werk.

De Vereniging Afvalbedrijven (VA) geeft aan dat zij de GFT-compostering volledig afdekken. 100% van de composteerders is lid. Volgens de Werkgroep Afvalregistratie zijn er 20 GFT-verwerkers in Nederland. Van de verwerkers van groenafval is 80% lid van de VA en/of van de BVOR (Branche Vereniging Organische Reststoffen).

De leden van de VHG (brancheorganisatie voor hoveniers en groenvoorzieners) zijn zowel werkzaam in de particuliere sector als in het openbaar groen. Hoveniers en groenvoorzieners werken met zowel groen- als houtafval. Zij voeren over het algemeen het groenafval of direct naar de gemeentewerf af of een composteerbedrijf haalt dit bij hen op. Bij boomspecialistische bedrijven bestaat het afval vooral uit hout. Zij versnipperen het hout ter plekke en zetten het vervolgens af als houtsnippers voor speeltuinen etc. of als brandstof. De VHG geeft aan dat er in Nederland ongeveer 10.000 groenbedrijven waarvan ca. 3000 bedrijven met personeel. Er zijn ongeveer 6000 bedrijven met een bedrijfslocatie.

6.2 Interviews experts houtketen

Alle partijen hiervoor genoemd met uitzondering van de BBO zijn ook betrokken bij de houtketen. Dit zijn BRBS, BVOR, Cumela, VA en VHG. Daarnaast hebben interviews met vertegenwoordigers van NFO, Veras en VHN het begrip van de houtketen verdiept. Ook voor de houtketen geldt dat de informatie die deze organisaties gegeven hebben over materiaal, verwerking, opslag en de keten zelf, verwerkt is in het betreffende hoofdstuk. Net als in het groenafval en de compost worden er nauwelijks of geen metingen van ziekteverwekkende micro-organismen uitgevoerd. Gewasbeschermingsmiddelen worden helemaal niet gemonitord.

Informatie organisaties en leden

Voor de informatie over de organisaties en leden van de BRBS, BVOR, Cumela, VA en VHG wordt verwezen naar de vorige paragraaf. NFO, Veras en VHN worden hieronder besproken.

75% van de fruittelers is lid van de NFO (Nederlandse Fruittelers Organisatie). Fruittelers gebruiken azolen tegen een aantal schimmelziekten, zoals vruchtboomkanker en schurft. Fruitbomen waarin azolen gespoten zijn, worden jaarlijks gesnoeid. Aan het einde van zijn levenscyclus wordt de boomgaard gerooid. Het snoeiafval en over het algemeen ook de gerooiden bomen blijven in de boomgaard achter en worden daar versnipperd.

Meer dan 50% van de bedrijven in de sloopsector is lid van Veras (brancheorganisatie voor sloopaannemers en asbestverwijderaars). Alle leden zijn gecertificeerd volgens BRL SVMS-007, een certificatieschema opgesteld door de Stichting Veilig en Milieukundig Slopen. Hierin zijn extra eisen

naast de wettelijke opgenomen, zoals een sloopplan waarin onder meer de behandeling en afvoer van vrijkomende materiaalstromen wordt beschreven.

De VHN (Verduurzaamd Hout Nederland) verenigt de bedrijven die hout verduurzamen en die houtverduurzamingsmiddelen en verduurzaamd hout verkopen. Er zijn 10 leden die verduurzaamd hout produceren. Het grootste deel van het verduurzaamde hout wordt in Nederland afgezet.

6.3 Overige expertinterviews

Naast vertegenwoordigers van de groen- en houtafvalketen zijn ook interviews uitgevoerd met het Ctgb, Nefyto, WUR en RadboudUMC. Zij hebben bijgedragen aan het inzicht in de toelating en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en biociden en aan het inzicht in mogelijke andere bronnen van resistente *Aspergillus*. Veel van de opgedane kennis is verwerkt in de hoofdstukken Azolen: typen en toepassing, Hot spots van resistente *Aspergillus fumigatus* en mogelijke overige bronnen van resistente *Aspergillus fumigatus*.

Met het Ctgb (College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden) is gesproken over toelating van biociden, buitenlandse betrokkenheid bij de problematiek en het belang van coördinatie. De toelatingsaanvragen voor biociden zijn heel verschillend, van nauw tot heel breed geformuleerd, professioneel en niet-professioneel gebruik en ook de toepassingswijze kan verschillend zijn. Welke middelen in Nederland toegelaten worden na een Europese toelating is lastig voorspelbaar. Op dit moment wordt propiconazool herbeoordeeld. Het is mogelijk een endocriene disruptor. De azoolproblematiek leeft, ondanks agendering van het onderwerp op enkele bestuurlijke Europese overleggen, weinig in de Europese Unie (EU) met uitzondering van Denemarken. Het Ctgb benadrukt het belang van een brede aanpak op ambtelijk niveau aangezien *A. fumigatus* meer is dan een landbouwprobleem.

Bij het gesprek met Nefyto (brancheorganisatie voor bedrijven die gewasbeschermingsmiddelen ontwikkelen) waren ook twee leden betrokken: BASF en Bayer. Aard van de problematiek en aandacht ervoor binnen Nefyto en de bedrijven, en ontwikkelingen in de toelating van azolen zijn aan de orde geweest. Ontwikkeling van resistente *Aspergillus* wordt als een wereldwijd probleem gezien. Zowel BASF als Bayer hebben meerdere keren per jaar concernbreed overleg over de ontwikkelingen hiervan. Ook in ECPA-verband (European Crop Protection Association) wordt aandacht besteed aan het *Aspergillus*-vraagstuk. Nefyto heeft contact met hun Deense evenknie over resistente *Aspergillus*. Verder is Nefyto betrokken bij onderzoek dat uitgevoerd is door het onderzoeksinstituut Rothamsted.

In de periode 1990 - 2016 zijn nieuwe azolen op de markt gekomen. Recent is een nieuw azool in de EU geregistreerd. Wereldwijd staat de registratie van azolen onder druk wegens milieu-eisen. Er wordt een daling van het gebruik verwacht. Wanneer gekeken wordt naar het gebruik wereldwijd in de belangrijkste gewassen, mais, rijst, tarwe, aardappelen, soja, worden alleen in mais geen azolen gebruikt. Suikerbieten zijn Europees gezien een belangrijk gewas waarin azolen benut worden. De triazolen zijn een belangrijke groep schimmelbestrijders en ook van belang om resistentie tegen fungiciden te voorkomen. Er wordt niet verwacht dat drift een route is voor de verspreiding van azolen. Er worden immers geen graanazolen gevonden in groencompost.

Twee onderzoekers op het gebied van resistente *A. fumigatus* van respectievelijk WUR (Wageningen University & Research) en RadboudUMC (universitair ziekenhuis Nijmegen) zijn gevraagd naar de stand van zaken op onderzoekgebied: mogelijke andere hot spots, eventuele verspreiding via de lucht en genetische verwantschap van monsters wereldwijd. Deze informatie is verwerkt in de voorgaande hoofdstukken.

Ook zij benadrukten het belang van informatie-uitwisseling met alle betrokkenen inclusief de overheden. Zij benadrukten dat een nauwere samenwerking tussen en betrokkenheid van de ministeries van LNV, I & W en VWS zeer gewenst is, gezien de breedte van het vraagstuk.

6.4

Verwachting en adviezen voor vervolgonderzoek en -maatregelen van experts

De brancheorganisaties zijn van mening dat verwerkingsprocessen veilig moeten zijn voor zowel medewerkers als omwonenden. Zij staan achter meer onderzoek, maar bepleiten dat dit in de breedte gebeurt. ‘Trap niet in de valkuil om slechts enkele sectoren of stromen te onderzoeken’, zo wordt gesteld. Men is duidelijk bang om het zwarte schaap van de resistentieproblematiek te worden. Voor alle betrokken bedrijven moet regelgeving gelden, ook om draagvlak te krijgen en te behouden.

De brancheorganisaties verwachten in zijn algemeenheid meer overheidsregelgeving om het ontstaan en de verspreiding van resistente *A. fumigatus* te voorkomen. Alle organisaties willen betrokken worden bij de aard van de regelgeving en de praktische uitwerking ervan. Er wordt gepleit voor effectieve, praktische, werkbare en duidelijke richtlijnen die goed onderbouwd zijn. Geadviseerd wordt om, indien mogelijk, de problematiek bij de voorkant, het gebruik van azolen, aan te pakken. Organisaties die op een Europese markt werken, pleiten voor Europese regulering.

Tot slot wordt door de geïnterviewden gepleit voor informatie-uitwisseling tussen de betrokkenen en brede coördinatie door de overheid. Het gebruik van azolen is zeker niet alleen een landbouwprobleem.

7

Monitoringsadvies

Op basis van de voorgaande hoofdstukken is het advies om op een aantal locaties afvalhopen te bemonsteren en metingen uit te voeren naar het voorkomen en resistentie van *A. fumigatus* en van azolen, conform de aanpak in de studie van Verweij et al. (2017). Tevens adviseren we bij de bemonstering ook de temperatuur en het vochtgehalte op de monsterplek in de afvalhopen te bepalen. Een opzet voor monitoring is opgesteld voor groen- en houtafval en voor mogelijk overige hot spots⁵.

7.1 Groenafval

Er zijn door van der Wal et al. (2014) en Verweij et al. (2017) diverse metingen uitgevoerd in groenafval op een drietal biomassawerven. Deze werven verwerken alle drie ook agrarisch groenafval.

Belangrijk vraagpunten t.a.v. het groenafval zijn:

- Wat is de herkomst van de aangetroffen azolen op de biomassawerven? Worden azolen en resistente *A. fumigatus* alleen aangetroffen bij biomassawerven die ook agrarisch groenafval bij de (openlucht-) compostering verwerken?
- Worden in lokale afval- en composthopen ook azolen en resistente *Aspergillus* aangetroffen?
- Wat zijn mogelijkheden om de ontwikkeling en verspreiding van resistente *Aspergillus fumigatus* bij opslag en verwerking van groenafval sterk te reduceren? Kan de opslagtermijn verkort worden? Is afdekking mogelijk en zinvol?

Voorstel is monsters te nemen op een zestal biomassawerven, drie met en drie zonder agrarisch groenafval. Dit in combinatie met een interview om de gehanteerde procedure en het inkomende materiaal van de werf in detail te bevragen. Daarnaast is het voorstel ook een zestal lokale groenafvalhopen te bemonsteren. Hierbij is een selectie belangrijk om een diversiteit van

⁵ Voor bollenafval is het advies om bewaring en bewerking via vergisting onder de loep te nemen, evenals de effectiviteit van voorgestelde maatregelen (kort bewaren en afdekken). Voor dit afval is dit wellicht in het NWO-project te realiseren dat in 2020 is gestart.

afvalhopen te kiezen. Te denken valt aan lokale afvalhopen van gemeenten, waterschappen, natuurorganisaties en boeren, met materiaal waarin naar verwachting azolen aanwezig zijn.

7.2 Houtafval

Er zijn door Verweij et al. (2017) enkele metingen uitgevoerd in B- en C-hout afval op een tweetal biomassawerven, waar houtopslag plaatsvindt. Van de bijna 100 werven slaan zo'n 20 werven hout op. Een deel van de bedrijven die hout opslaan, bewerkt het ook.

Belangrijk vraagpunten t.a.v. het houtafval zijn:

- Worden in het B- en C-afvalhout dat opgeslagen wordt op meerdere biomassawerven azolen en resistente *A. fumigatus* aangetroffen?
- Wat zijn mogelijkheden om de ontwikkeling en verspreiding van resistente *A. fumigatus* bij opslag en verwerking van houtafval sterk te reduceren? Is het voldoende om het verkleinen/versnipperen van C-hout (en wellicht B-hout) te verbieden? Kan de opslagtermijn verkort worden? Is afdekking mogelijk en zinvol?

Voorstel is monsters te nemen op een zestal biomassawerven die B- en C –hout opslaan. Dit in combinatie met een interview om de gehanteerde procedure en het inkomende materiaal van de werf in detail te bevragen. Daarnaast is het voorstel ook een zestal lokale afvalhout-opslagplekken te bemonsteren. Hierbij is een selectie belangrijk om een diversiteit van afvalhopen te kiezen. Te denken valt aan lokale opslagplekken van gemeenten, verwerkers en recyclingbedrijven.

7.3 Overige bronnen

We adviseren ook een monitoringsprogramma uit te voeren om azolen en resistente *A. fumigatus* te meten in aardappel- en uienafval, bietenhopen en in vollegrondsgroenteafval (waaronder aardbeien).

Belangrijk vraagpunten t.a.v. mogelijke overige bronnen zijn:

- Worden in afvalhopen van aardappel- en uienafval, bietenhopen en in vollegrondsgroenteafval azolen en resistente *A. fumigatus* aangetroffen?
- Zo ja, wat zijn dan mogelijkheden om de ontwikkeling en verspreiding van resistente *Aspergillus fumigatus* te reduceren?

Een mogelijke aanpak is eerst deze vier ketens en de gehanteerde procedure bij afvalopslag via interviews nauwkeurig in beeld te brengen en aansluitend gericht monsters te en azolen en resistenties van *A. fumigatus* te analyseren.

8

Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

8.1.1

Toelating en gebruik van azolen

1. In Nederland zijn 14 azolen als werkzame stof in gewasbeschermingsmiddelen toegelaten en 2 azolen als werkzame stof in biociden. Het zijn schimmelbestrijders die behoren tot de groep van demethylase remmers (DMI: DeMethylase Inhibitors). DMI's kunnen resistentie veroorzaken tegen medische triazolen bij de schimmel *Aspergillus fumigatus*. Op EU-niveau zijn er naast de 14 in Nederland toegelaten azolen nog 7 andere azolen goedgekeurd.
2. De 14 azolen worden in Nederland in een groot aantal gewassen toegepast ter bestrijding van schimmels. Het hoogste gebruik van azolen vindt de laatste paar jaar plaats in aardappelen en bloembollen. Ook granen, uien, fruit en suikerbieten kennen een substantiële toepassing van azolen. Het gebruik van het azool difenoconazool in aardappelen is de laatste 6 jaar zeer sterk gestegen. De jaarlijkse afzet van difenoconazool is nu het hoogst van alle toegelaten azolen en bedraagt meer dan 100.000 kg. Van enkele andere azolen zoals metconazool is de afzet relatief laag (< 1.000 kg).
3. De afzet van de groep van triazolen is in Nederland tussen 1990 en 2016 verviervoudigd tot bijna 150.000 kg in 2016. Voor alle azolen samen is de afzet nu jaarlijks 260.000 kg (2017).
4. Voor de biociden die gebruikt worden als schimmelbestrijders in hout is geen kwantitatief overzicht beschikbaar van de hoeveelheden azolen die worden gebruikt voor houtbehandeling in Nederland. De sector schat het gebruik op ca. 1.000 kg per jaar. Dit betreft de beide azolen die voor deze toepassing zijn toegelaten, te weten propiconazool en tebuconazool.

8.1.2

Hotspots van resistente *Aspergillus fumigatus*

1. Eerdere onderzoeken in Nederland heeft een drietal mogelijke 'hotspots' van resistente *Aspergillus fumigatus* in beeld gebracht, te weten bollen-, groen- en houtafval.
2. De meeste aandacht in de eerdere onderzoeken naar resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* is besteed aan **bollenafval**. In bewaarhopen van bollenafval worden hoge percentages resistente *Aspergillus* schimmels aangetroffen in combinatie met azolen (zoals prothioconazool, epoxiconazool, prochloraz en tebuconazool). Deze azolen worden in de bollenteelt gebruikt voor het dompelen van de bollen en ook voor bespuitingen op het veld. Het is vastgesteld dat met name bewaarhopen een grote bron van resistente schimmels vormen. Het afval in de bewaarhopen wordt grotendeels gecomposteerd door telers zelf.
Om risico's van ontwikkeling van resistentie-ontwikkeling en verspreiding in de opslag van bollenafval te reduceren is snelle verwerking van het afval en afdekken van afvalhopen

- noodzakelijk. Inmiddels heeft het Ctgb in samenspraak met het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Rijkswaterstaat en de KAVB (belangenbehartiger bloembollentelers) maatregelen voorgeschreven via de toepassingsvoorwaarden van azolen in bollenteelt.
3. Ook aan resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* in **groenafval** is in de onderzoeken aandacht besteed. In bewaar- en composteringshopen van groenafval zijn bij enkele biomassawerven (composteringbedrijven) metingen uitgevoerd en worden hoge percentages resistente *Aspergillus* schimmels aangetroffen in combinatie met (zeer) lage concentraties azolen (zoals prothioconazool en tebuconazool). De uitkomsten in verschillende jaren en bij verschillende bedrijven zijn consistent. De herkomst van deze azolen is niet duidelijk, omdat het groenafval vooral afkomstig is uit openbaar groen (zoals bermmaaisel, blad- en snoeiafval) waar geen azolen gebruikt mogen worden. Mogelijk is agrarisch afval dat bij een beperkt deel van de biomassawerven wordt verwerkt, de oorzaak van de aanwezigheid van azolen. Ook maaisel van met azolen behandelde sport- en/of golfvelden zou een mogelijke oorzaak kunnen zijn. Tussen het snoeihout bevond zich voor zover bekend geen B- of C-hout.
 4. In Nederland zijn ca. 92 biomassawerven waar groenafval wordt opgeslagen en gecomposteerd. Een 30-tal van deze werven composteert ook tuinbouwafval en/of slaat afvalhout op. Een 20-tal van de werven verwerkt GFT-afval (binnen). Naast deze grote locaties vindt ook lokaal opslag van groenafval plaats. Dit betreft 'kleine' afvalhopen als tussenopslag door gemeenten (voordat het vervoerd wordt naar biomassawerven) en ook opslag en compostering door derden zoals natuurorganisaties, waterschappen en boeren. De BVOR schat het aantal lokale opslagplaatsen op 10.000 verspreid door heel Nederland. Of hierin resistente *Aspergillus* aanwezig is, is niet bekend.
 5. Resistentievorming bij *Aspergillus fumigatus* in **houtafval** is in één van de onderzoeken beschreven. In een afvalhoop van B- en van C-hout zijn bij enkele biomassawerven een paar metingen uitgevoerd en zijn, verrassend, hoge percentages resistente *Aspergillus*-schimmels aangetroffen in combinatie met concentraties van beide azolen (propiconazool en tebuconazool) die zijn toegelaten als biocide voor houtbehandeling. In tegenstelling tot de bewaarhopen van bollen- en groenafval lijken de abiotische condities zoals temperatuur en vochtgehalte in het houtafval niet optimaal voor *Aspergillus*, maar toch kwamen grote aantallen van de schimmel in de houtmonsters voor. In welke mate deze hot spot een belangrijke bron is van resistente *Aspergillus*-sporen is nog onbekend.
 6. De afvalhoutketen is complex en bestaat uit drie groepen: ontdoeners, inzamelaars/bewerkers en recyclingbedrijven/energiebedrijven. Opslag van hout is meestal in de open lucht en B- en C-hout liggen in ieder geval op een vloeistofdichte vloer en vaak onder dak. De hoeveelheid hout in opslag is beperkt, enerzijds vanwege kosten anderzijds wegens vergunningsvoorwaarden. A- en B-hout wordt vrijwel altijd verkleind voor vervoer, dat in de regel per schip plaatsvindt. Aannemers in groen, grond en infra slaan B- en C-hout op in containers.

8.1.3

Andere hot spots van resistente *Aspergillus fumigatus*?

1. Azolen worden toegepast in verschillende gewassen die ook elk deels organisch materiaal opleveren dat verwerkt of opgeslagen wordt. In Nederland ligt het voor de hand om afval van uien, aardappelen en suikerbieten te onderzoeken, met name vanwege het azolengebruik in deze gewassen, en omdat op uien resistente *Aspergillus* is aangetroffen. In vollegrondsgroentegewassen zoals kolen, aardbeien, prei en asperges worden ook azolen gebruikt en vindt na de oogst opslag plaats van plantenaafval. Ook hier is monitoring zinvol, mede gezien de hoge percentages resistentie die zijn aangetroffen in azolen bevattende grond van aardbeienpercelen in China.

2. Gezien de bevindingen in de graanketen (geen resistenties in graan, stro, grond op graanpercelen en mesthopen), in de fruitketen (geen opslag van snoeihout), in de sierteelt (nauwelijks opslag van hout), en in de champignonenteelt (verhitting tot 80°C) zijn deze ketens niet voor de hand liggend om nu verder te onderzoeken.

8.1.4

Visie en adviezen vanuit de interviews met stakeholders

1. De brancheorganisaties zijn van mening dat verwerkingsprocessen veilig moeten zijn voor zowel medewerkers als omwonenden. Zij staan achter meer onderzoek, en bepleiten dat dit in de breedte gebeurt. Regelgeving moet voor alle betrokken bedrijven gelden, ook om draagvlak te krijgen en te behouden.
2. Alle organisaties wensen betrokken te worden bij de aard van de regelgeving en de praktische uitwerking ervan. Er wordt gepleit voor effectieve, praktische, werkbare en duidelijke richtlijnen die goed onderbouwd zijn. Organisaties die op een Europese markt werken, pleiten voor Europese regulering.
3. De stakeholders pleiten voor informatie-uitwisseling tussen de betrokkenen en brede coördinatie door de overheid. De laatste tijd werd deze rol van de overheid bij coördinatie en informatie-uitwisseling namelijk gemist. Het gebruik van azolen vindt niet alleen in de landbouw plaats, dus het signaal is ook de gebruikers buiten de landbouw te betrekken.

8.2

Aanbevelingen

1. We adviseren het effect van de beoogde maatregelen in de bollenteelt nauwgezet te monitoren door metingen van azolen en van (resistente) *Aspergillus fumigatus*. Het is noodzakelijk op korte termijn vast te kunnen stellen of de maatregelen voldoende effectief zijn om ontwikkeling en brede verspreiding van sporen van de resistente schimmel te voorkomen.
2. We bevelen aan de gewasbeschermingsmiddelenindustrie aan te spreken op de sterk groeiende afzet van azolen in Nederland. De industrie is op de hoogte van de onderzoeken naar de relatie tussen azolengebruik en resistentie en heeft zelf ook onderzoek uit laten voeren. Hoe meer toepassingen en gebruik, des te groter de kans dat situaties en locaties ontstaan waar resistentie kan ontwikkelen. Het is opmerkelijk dat de afzet van azolen sterk stijgt en dat ook nieuwe azolen op de markt worden gebracht, ogenschijnlijk zonder beperkingen of voorwaarden. We adviseren het Ctgb na te gaan of en hoe de toelating van middelen op basis van azolen in gewassen en houtbehandeling is aan te scherpen om het risico op ontstaan en verspreiding van resistentie te verminderen.
3. We adviseren op korte termijn een monitoringsprogramma uit te voeren waarin zowel azolen als resistente *Aspergillus fumigatus* wordt geanalyseerd in groenafval, houtafval en (co-) vergistingsmateriaal. Dit zijn in potentie grote bronnen, waar mogelijk via eenvoudige maatregelen de kans op vorming van resistente *Aspergillus* te voorkomen is.
Voor **groenafval** zijn metingen nodig om vast te stellen welke groenafvalhopen die gecomposteerd worden een bron zijn van resistente *Aspergillus fumigatus*. Mogelijk vormen alleen de biomassawerven die ook **agrarisch** groenafval verwerken een bron. Het is van belang dit te onderzoeken. Daarnaast bevelen we aan ook een aantal lokale, kleinere afvalhopen te bemonsteren om na te gaan in hoeverre deze een bron kunnen vormen. Deze monitoring kan aansluitend gebruikt worden voor het opstellen van adviezen om ontwikkeling en verspreiding te voorkomen.
Voor houtafval zijn metingen nodig om vast te stellen welke afvalhopen een bron zijn van resistente *Aspergillus fumigatus*. Betreft dit alleen C-hout en is het mogelijk dit te voorkomen door kortere opslagtijd en/of het niet kleiner maken van het hout?

4. We adviseren ook een monitoringsprogramma te starten om azolen en resistente *Aspergillus* te meten in aardappel- en uienafval, bietenhoppen en in vollegrondsgroenteafval.
5. Wij bevelen aan zorg te dragen voor een goede informatie-uitwisseling tussen alle betrokken partijen waarbij coördinatie door de overheid plaatsvindt.

Referenties

- Activiteitenbesluit internetmodule (AIM) <<https://www.aimonline.nl>> (geraadpleegd 6 april 2020).
- Biocidal Products Regulation (EC) No 528/2012
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0528&from=EN>
(geraadpleegd 11 juni 2020).
- Bruggen, van R. en Van der Zwaag, N. 2017. Knelpuntenanalyse houtrecycling. Tauw, Deventer.
- Chen, Y., F. Dong, J. Zhao, H. Fan, C. Qin, R. Li, P. Verweij, Y. Zheng, L. Han 2020, High azole resistance in *Aspergillus fumigatus* isolates from strawberry fields, China, 2018. *Emerging Infectious Diseases* 26: 81-89.
- Croplife international, 2020. Summary of the Rothamsted research project “Understanding the sources and spread of azole resistance in environmental *Aspergillus fumigatus* populations”, Rothamsted Research, Harpenden.
- Gisi, U. 2014. Assessment of selection and resistance risk for DMI fungicides in *Aspergillus fumigatus* in agriculture and medicine: A critical review. *Pest Manag Sci* **70**.
- Jeanvoine, A., S. Rocchi, G. Reboux, N. Crini, G. Crini and L. Millon 2017. Azole-resistant *Aspergillus fumigatus* in sawmills of Eastern France. *Journal of Applied Microbiology* **123**; 172 – 184
- Kemoui, E.K., A. Nyerere, C.C. Bii 2018. Triazole-resistant *Aspergillus fumigatus* from fungicide-experienced soils in Naivasha Subcounty and Nairobi county, Kenya. *International Journal of Microbiology*. Volume 2018, Article ID 7147938.
- Leendertse, P.C., A. J. van der Wal, L.C.N. Vlaar, W. J. van der Weijden, W.J.G. Melchers, and P. E. Verweij 2015. The use of azole fungicides in the Netherlands and preliminary indications of hot spots. Academy Colloquium *Fungicides and azole resistance selection*. KNAW-meeting 2-3 March 2015, Amsterdam.
- Rocchi, S., M. Ponçot, N. Morin-Crini, A. Laboissière, B. Valot, C. Godeau, C. Lechenault-Bergerot, G. Reboux, G. Crini, L. Millon 2018. Determination of azole fungal residues in soils and detection of *Aspergillus fumigatus*-resistant strains in market gardens of Eastern France. *Environmental Science and Pollution Research* **25**: 32015-32023
- Rijkswaterstaat, 2020. Afvalverwerking in Nederland. Gegevens 2018. Rijkswaterstaat, Utrecht.
- Schoep, P.S. en I. Sterenborg 2013. Resistentie-ontwikkeling van *Aspergillus fumigatus* tegen triazolen door gebruik van biociden en gewasbeschermingsmiddelen. Royal HaskoningDHV, Nijmegen.
- Schoustra, S.E., J. Zhang, B.J. Zwaan, A.J.M. Debets, P. Verweij, D. Buijtenhuijs en A.G. Rietveld 2019a. New insights in the development of azole-resistance in *Aspergillus fumigatus*, The Netherlands. RIVM Letter report 2018-0131, Bilthoven.

- Schoustra, S.E. , A.J.M. Debets, A. J.M.M. Rijs, J. Zhang, E. Snelders, P. C. Leendertse, W. J.G. Melchers, A.G. Rietveld, B. J. Zwaan en P. E. Verweij 2019b. Environmental hotspots for azole resistance selection of *Aspergillus fumigatus*, The Netherlands. *Emerging Infectious Diseases* 25: 1347-1353.
- Snelders, E. R.A.G. Huis in 't Veld, A.J.M.M. Rijs, G.H.J. Kema, W.J.G. Melchers & P.E. Verweij. 2009. Possible Environmental Origin of Resistance of *Aspergillus fumigatus* to Medical Triazoles. *Applied and Environmental Microbiology*, June 2009. p. 4053–4057.
- Snelders, E., S.M.T. Camps, A. Karawajczyk & G. Schaftenaar, G.H.J. Kema, H.A. van der Lee, C.H. Klaassen, W.J.G. Melchers & P.E. Verweij, 2012. Triazole fungicides can induce crossresistance to medical triazoles in *Aspergillus fumigatus*. *PLoS ONE* 7(3).
- Van der Wal, A.J., L. Vlaar, P.C. Leendertse, P. E. Verweij, W. Melchers en T. Rijs 2014. Verkenning resistentie-ontwikkeling van de schimmel *Aspergillus fumigatus*. CLM rapport 855, Culemborg.
- Van der Weijden, W. en A.J. van der Wal 2012. Resistente schimmels zijn tijdbom. *Nieuwe Oogst*, maart 2012.
- Verweij, P.E., E. Snelders, G.H.J. Kema, E. Mellado & W.J.G. Melchers 2008. Azole resistance in *Aspergillus fumigatus*: a side-effect of environmental fungicide use? *Lancet Infect Dis* 2009; 9: 789–95.
- Verweij, P. E., Rietveld, A. Melchers, W. Leendertse, P.C. Hoftijser, E. en B.J. Zwaan (2017) Azole-resistance selection in *Aspergillus fumigatus* –final report-. In: *Report on research commissioned by Netherlands Ministries of Health and of Agriculture*. CLM, Wageningen University, Radboudumc, RIVM, Utrecht.
- Verweij, P. E., J. A. Lucas, M. C. Arendrup, P. Bowyer, A. J.F. Brinkmann, D.W. Denning, P. S. Dyer, M.C. Fisher, P.L. Geenen, U. Gisi, D. Hermann, A. Hoogendijk, E. Kiers, K. Lagrou, W. J.G. Melchers, J. Rhodes, A.G. Rietveld, S.E. Schoustra, K. Stenzel, B.J. Zwaan & B. A. Fraaije (2020). The one health problem of azole-resistance in *Aspergillus fumigatus*: current insights and future research agenda. *Fungal biology review* 34: 202-214.
- Zhang, J., Snelders, E., Zwaan, B. J., Schoustra, S. E., Meis, J. F., van Dijk, K., Hagen, F., van der Beek, M. T., Kampinga, G. A., Zoll, J., Melchers, W. J. G., Verweij, P. E. & Debets, A. J. M. 2017a. A Novel Environmental Azole Resistance Mutation in *Aspergillus fumigatus* and a Possible Role of Sexual Reproduction in Its Emergence. *mBio* 8.
- Zhang, J., van den Heuvel, J., Debets, A. J. M., Verweij, P. E., Melchers, W. J. G., Zwaan, B. J. & Schoustra, S. E. 2017b. Evolution of cross-resistance to medical triazoles in *Aspergillus fumigatus* through selection pressure of environmental fungicides. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284.

Bijlagen

Bijlage 1: Geïnterviewde personen

Organisatie	Soort organisatie	Contactpersoon
Attero	afvalverwerkingsbedrijf	
BBO	Biogas Branche Organisatie	
BRBS	Branchevereniging Breken en Sorteren	
BVOR	Branche Vereniging Organische Reststoffen	
Ctgb	College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden	
Cumela	brancheorganisatie voor aannemers in groen, grond en infra	
Nefyto	brancheorganisatie voor bedrijven die gewasbeschermingsmiddelen ontwikkelen	
NFO	Nederlandse Fruittelers Organisatie	
Veras	brancheorganisatie voor sloopaannemers en asbestverwijderaars	
Vereniging Afvalbedrijven	brancheorganisatie voor de afvalketen	
VHG	brancheorganisatie voor hoveniers, groenvoorzieners enz.	
VHN	Verduurzaamd Hout Nederland	
Platform Biociden	brancheorganisatie voor biocidensector	
WUR	universiteit	
RadboudUMC	universitair ziekenhuis Nijmegen	
Duynie Feed	veevoederhandel	

Bijlage 2: Samenstelling klankbordgroep

Naam

Organisatie

Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat

Ministerie van I&W

Ctgb

NVWA

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Ministerie van LNV

Bijlage 3: Jaarlijkse afzet van azolen (kg/jaar) in Nederland (NVWA 2019)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Amitrol	17.080	21.710	22.375	18.000	15.181	21.220	14.215	0
Bitertanol	2.592	1.008						
Bromuconazool							1.139	511
Cyproconazool	3.192	2.775	3.657	4.501	3.130	1.947	2.442	3.935
Difenoconazool	6.695	8.022	7.804	7.870	30.180	58.044	95.201	119.823
Epoxyconazool	16.961	16.200	15.179	16.794	25.369	22.214	17.276	18.740
imazalil	10.387	10.838	10.653	9.322	11.491	12.079	6.493	7.376
Metconazool	312	139	440	399	585	888	511	365
Paclobutrazol	36	33	34	42	40	38	39	134
Penconazool	1.299	911	1.057	835	870	728	564	755
Prochloraz	40.629	41.675	39.561	42.470	40.259	46.166	51.447	42.118
Propiconazool	1.236	1.239	1.854	1.904	2.172	2.800	3.492	15.996
Prothioconazool	28.347	30.379	36.362	38.070	41.105	43.129	38.408	36.393
Tebuconazool	17.831	21.107	27.348	27.191	30.485	32.738	30.718	26.771
Triflumizole	1.194	1.470	2.126	1.740	1.665	1.393	1.766	1.726
Triticonazool								
Totaal	147.791	157.506	168.450	169.138	202.532	243.384	263.711	274.643

CLM Onderzoek en Advies

Postadres

Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres

Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700

www.clm.nl