

**Earth, Environmental and Life
Sciences**Utrechtseweg 48
3704 HE Zeist
Postbus 360
3700 AJ Zeistwww.tno.nlT +31 88 866 60 00
F +31 88 866 87 28**TNO-rapport****TNO 2014 R11843****Uitkomsten Technologiecluster project:
Endotoxinen & waswater in de
aardappelverwerkende industrie**

Datum 5 januari 2015

Auteur(s) René Jurgens (hoofdauteur),
Suzanne Spaan,
Jeroen Terwoert,
Annemieke van de Runstraat,
Anton Duisterwinkel.

Exemplaarnummer

Oplage

Aantal pagina's 50 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen

Opdrachtgever

Projectnaam TC Endotoxinen & Waswater

Projectnummer 060.05699

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2015 TNO

1 Samenvatting

Werknemers in de agro-foodsectoren worden naar verwachting blootgesteld aan hoge concentraties organisch stof en endotoxinen. Endotoxinen zijn onderdeel van de celwand van Gram-negatieve bacteriën en alomtegenwoordig in het milieu. Het totale aantal (potentieel) werknemers dat in de agrarische en voedingssectoren aan organisch stof en/of endotoxinen wordt blootgesteld, is recent geschat op 350.000 (Spaan et al., 2011). Blootstelling kan leiden tot gezondheidsklachten, tot productieverlaging, afname van de motivatie, ziekteverzuim, en in ernstige gevallen arbeidsongeschiktheid. Er zijn reeds verschillende claims voor gezondheidsschade door endotoxinen toegekend.

Uit een eerder uitgevoerd Branche Innovatie Agenda (BIA) project Stof & Endotoxinen kwam naar voren dat nog niet bekend is of het proceswater en de natte processen die binnen de aardappelsector toegepast worden juist een mogelijke bron vormen voor blootstelling aan endotoxinen of wellicht een oplossingsroute.

Het onderliggende TC project "Endotoxinen en Waswater" heeft zich daarom gericht op het vaststellen van het effect van de natte processen op de blootstelling aan endotoxinen, het definiëren van de risicopunten in het watersysteem voor blootstelling en overdracht van kennis omtrent in te zetten waterbehandelingstechnologie om zo blootstelling te verminderen/voorkomen. De TC sluit aan bij een aantal parallelle projecten, die zich richten op verwijderen van endotoxinen bij de start van het proces, op luchtbehandeling en op de aanpak van emissiepunten.

Via de Nederlandse Aardappel Organisatie (NAO) zijn aardappelverwerkers benaderd voor deelname aan het onderzoek. Tien aardappelverwerkers sloten zich aan. Zij hebben de opbouw van hun watersystemen en risicopunten met betrekking tot endotoxinen blootstelling in kaart gebracht aan de hand van een door TNO opgestelde enquête. Ook zijn bij 6 bedrijven analyses uitgevoerd om de endotoxinen concentraties in het water en lucht op verschillende plekken in het watersysteem vast te stellen. Vervolgens is kennis met betrekking tot waterbehandeling, tijdens NAO bijeenkomsten, vanuit TNO en de betrokken leverancier overgedragen naar de deelnemers.

Voor alle resultaten geldt dat deze gebaseerd zijn op de input en analyse resultaten van de deelnemende bedrijven. Gezien het beperkte aantal bedrijven en het geringe aantal monsters wordt in dit rapport met name gesproken over de verwachte betekenis van de verkregen resultaten. Om de conclusies harder en betrouwbaarder te maken is data van meer bedrijven nodig, bij voorkeur door het jaar heen om seizoensinvloeden in kaart te kunnen brengen. Hiervoor kan het stappenplan uit Bijlage 3 gebruikt worden. Hierin staat beschreven hoe u de situatie binnen uw bedrijf in kaart kan brengen en waar en hoe uw analyses binnen uw bedrijf uit kan laten voeren om endotoxinen niveaus in water en lucht vast te stellen. Wij moedigen u graag aan om hiervan gebruik te maken.

Hieronder worden de belangrijkste conclusies uit het project beschreven en wordt een voorstel gedaan voor vervolgprijzen, gericht op het omzetten van de kansrijke mitigatie opties naar bewezen effectieve en economisch haalbare oplossingen voor de sector en het opzetten van een beslismodel om per situatie de beste oplossing te kunnen bepalen.

Bron endotoxinen

- De aardappel en het aanhangende grond/plant-materiaal lijken de voornaamste bron van endotoxinen.
- Ophoping van endotoxinen in het waswater kon nog niet worden vastgesteld, hiervoor is een uitgebreid meetprogramma benodigd.

Endotoxinen norm overschrijdingen

- Bij behandeling van aardappelen van zandgrond wordt in alle gevallen een overschrijding van de luchtnorm gemeten. Gebruikelijk waarden zijn 200-300 EU/m³, terwijl de adviesnorm 90 EU/m³ bedraagt.
- Aardappelen van kleigrond kennen een aanzienlijk lager endotoxinen niveau (tot wel 10x kleiner). Naar verwachting is dit de voornaamste reden dat de gevonden luchtwaarden bij verwerking van klei aardappelen doorgaans onder de norm van 90 EU/m³ liggen.
- Een reductie van endotoxinen tot <1500 EU/ml in het water lijkt nodig te zijn om qua lucht binnen de norm te blijven.

Uitkomsten enquêtes

- Bezinking met of zonder extra stap (vooral coagulatie/flocculatie) is de meest gebruikelijke aanpak voor behandeling van het gebruikte waswater.
- Hergebruikt water wordt doorgaans meerdere dagen of continue 24/7 gebruikt.
- Belangrijke risicopunten voor endotoxinen blootstelling zijn de uitvoer en omgeving van de wasser, de leesband/leesruimte, viltdoeken/droogrollen, zandzeven en kleibaden. Op deze locaties is het water sterk in beweging en/of zijn endotoxinen niveau's hoog en/of zijn vaak grotere aantallen medewerkers aanwezig.

Effecten diverse parameters op endotoxinen niveau

- Het type behandeling en de schaalgrootte van het bedrijf lijken geen significant effect te hebben op het endotoxinen niveau.
- Toepassing van een hogere recirculatie-debiet per ton product lijkt te helpen om de endotoxinen concentratie in het water te verlagen. Door het grotere watervolume worden de, met de aardappelen ingevoerde, endotoxinen verdund. Wel zal door het grotere recirculatie de schaalgrootte en dus de kosten van de waterbehandeling toenemen.

Waterbehandeling voor reduceren endotoxinen in water

- Voorbehandeling van het water met voorfiltratie, zandverwijdering + coagulatie/flocculatie lijkt in staat een verwijdering van 98% te bewerkstelligen, wat voldoende lijkt te zijn om ruim onder de luchtnorm te komen. Naar verwachting kan in de meeste gevallen volstaan worden met optimalisatie van de voorbehandeling en de toevoeging van coagulatie/flocculatie bij bedrijven die nu enkel bezinking toepassen. Vervolgonderzoek is nodig om de optimale instellingen bij diverse condities vast te stellen.
- Aanvullend kunnen diverse membraanfiltratie technieken of waterstofperoxide behandeling ingezet worden om een nog verdergaande verwijdering/afbraak van endotoxinen te bewerkstelligen.

Mitigatie opties voor zo schoon mogelijk starten + luchtbehandeling + reduceren kansen op blootstelling

- Er zijn diverse mitigatieopties voor zo schoon mogelijk starten geïdentificeerd binnen het "Schone Start"-project. Binnen twee in juli 2014 gestarte projecten worden luchtbehandeling en aanpak van emissiepunten onderzocht. Naast inzet van behandelingstechnologie kan ook monitoring, automatisering en reiniging op basis van zuigen/nat afnemen (i.p.v. blazen) toegepast worden om de kansen op blootstelling zo klein mogelijk te maken.

Zeer hoge endotoxinen waarden in viltmateriaal + mogelijke oplossingen

- De endotoxinen waarden in het viltmateriaal zijn hoger dan in het waswater, mede door de zeer lage frequentie van vervanging/reiniging. Inperking van de endotoxinen aanvoer richting de viltdoeken en frequente reiniging/vervanging en/of inzet van alternatieve droogprocessen is cruciaal om blootstellingsrisico's te voorkomen.

Voorstel voor vervolg

Om te komen tot bewezen effectieve oplossingen voor de hierboven genoemde problemen wordt de onderstaande vervolg aanpak voorgesteld:

- Demonstratieproject mitigatietechnieken
 - Reiniging bij binnenkomst (zo schoon mogelijk starten),
 - waswater behandeling (optimalisatie voorbehandeling, aanvullende technieken,....)
 - omkasting/luchtbehandeling,
 - monitoring, sensors,
 - slimme reiniging
 - ontwikkeling beslismodel voor bepalen meest geschikte mitigatieopties per situatie
 - reiniging en optimalisatie viltdoeken
- Aanvullende analyses
 - In verband met een beperkte hoeveelheid middelen kon binnen het TC en de parallelle projecten slechts een beperkt aantal analyses worden uitgevoerd. Om hardere conclusies te kunnen trekken zijn aanvullende analyses hard nodig. TNO verstrekt u graag informatie over hoe u zelf monsternamen en analyses kan laten uitvoeren.

- Inzichten delen met leveranciers en collega's
 - TNO zal brede kennisverspreiding binnen de sector verzorgen middels artikelen in o.a. Aardappelwereld. Waar mogelijk wordt aansluiting bij een congres/symposium gezocht.
 - Graag vragen wij u om de inzichten die u verkregen hebt binnen het project te delen met uw apparatenleveranciers en collega's.

2 Inhoudsopgave

1	Samenvatting	2
2	Inhoudsopgave	6
3	Inleiding	7
3.1	Achtergrond van het project: blootstelling aan endotoxinen in aardappelverwerkende sector	7
3.2	Projectdoel: situatie in kaart brengen + kansrijke oplossingen identificeren	8
3.3	Projectaanpak	8
3.4	Aanvullende projecten	9
3.5	Beoogd totaalconcept	10
4	Inventarisatie endotoxinen problematiek	11
4.1	Inleiding	11
4.2	Bedrijf enquêtes	11
4.3	Analyse uitkomsten eerdere/parallele projecten	13
4.4	Analyse uitkomsten TC Endotoxinen en waswater	17
5	Voorkomen endotoxinen blootstelling door inzet mitigatie-oplossingen	21
5.1	Inleiding	21
5.2	Zo schoon mogelijk starten door inzet reinigingstechnieken en good-practice	21
5.3	Waswater reiniging	22
5.4	Voorkomen herbevuiling aardappelen en blootstelling door alternatieven voor huidige viltdoeken	25
5.5	Luchtbehandeling	26
5.6	Aanvullende opties: monitoring, automatisering + reiniging obv zuigen ipv blazen	27
5.7	Overzicht mitigatie opties	28
6	Conclusies	29
7	Voorstel voor vervolg	32
8	Afkortingen- en begrippen lijst	34
9	Referenties	35
10	Ondertekening	36
11	Bijlagen	37
	Bijlage I: Bedrijfsenquête	37
	Bijlage II: Gemeten monsters	38
	Bijlage III: Stappenplan voor in kaart brengen situatie mbt endotoxinen blootstelling binnen uw bedrijf	39
	Bijlage IV: Monstername + analyse endotoxinen en overige parameters in water	40
	Bijlage V: Monstername + analyse endotoxinen in lucht	43
	Bijlage VI: Toelichting op aanvullende waterbehandelingstechnieken	45

3 Inleiding

3.1 Achtergrond van het project: blootstelling aan endotoxinen in aardappelverwerkende sector

Werknemers in de agro-foodsectoren worden naar verwachting blootgesteld aan hoge concentraties organisch stof en endotoxinen. Endotoxinen zijn onderdeel van de celwand van Gram-negatieve bacteriën en alomtegenwoordig in het milieu. Het totale aantal (potentieel) werknemers dat in de agrarische en voedingssectoren aan organisch stof en/of endotoxinen wordt blootgesteld, is recent geschat op 350.000 (Spaan et al., 2011). Blootstelling vindt plaats via de lucht, doorgaans via stofdeeltjes of waterdruppels waaraan de endotoxinen zijn gebonden.

Blootstelling kan leiden tot gezondheidsklachten, tot productieverlaging, afname van de motivatie, ziekteverzuim, en in ernstige gevallen arbeidsongeschiktheid. Er zijn reeds verschillende claims voor gezondheidsschade door endotoxinen toegekend. Het voorkomen van gezondheidsklachten en mogelijk claims met betrekking tot geleden schade is een sterke driver voor de bedrijven om de problematiek rondom endotoxinen op te willen lossen. De sectoren hebben de laatste jaren reeds flinke stappen gezet in het aanpakken van de problematiek rondom stof en endotoxinen, maar de inzet van door o.a. TNO ontwikkelde technologische innovaties zijn nu nodig om de stand der techniek verder te brengen. Ook verwacht de sector dat optimalisatie van het watersysteem kan bijdragen aan de kwaliteit en kostprijs van het product, o.a. door een positief effect op de smaak van het product en door beperking van water- en/of energie-gebruik. De sectoren hebben deze uitdagingen als speerpunt aangemerkt binnen onder meer de Topsectoren Tuinbouw & uitgangsmaterialen en Agro & Food, en verwachten hiermee sterker en concurrerender te zullen worden, zowel in economisch als in sociaal opzicht.

In 2012-2013 is door TNO in samenwerking met diverse agro-foodsectoren, waaronder de aardappelverwerkende bedrijven verenigd in de Nederlandse Aardappel Organisatie (NAO), het Branche Innovatie Agenda (BIA) project Stof & Endotoxinen uitgevoerd. Middels de BIA is de blootstellings-problematiek binnen de sectoren in kaart gebracht en zijn de meest kansrijke oplossingsroutes en vervolgttrajecten bepaald. Hieruit bleek dat de aardappelverwerkende sector in tegenstelling tot de andere deelnemende sectoren, naast de droge, stof-veroorzakende processen, ook te maken heeft met natte processen zoals het wassen van de aardappels. De vraag die hierbij niet kon worden beantwoord is of het proceswater juist een mogelijke bron vormt voor blootstelling aan endotoxinen of wellicht een oplossingsroute. De sector erkent deze problematiek en heeft aangegeven dringend op zoek te zijn naar oplossingen.

3.2 Projectdoel: situatie in kaart brengen + kansrijke oplossingen identificeren

Het TC project “Endotoxinen en Waswater” richt zich op het vaststellen van het effect van de natte processen op de blootstelling aan endotoxinen, definiëren van de risicopunten in het watersysteem voor blootstelling en overdracht van kennis omtrent in te zetten waterbehandelingstechnologie om zo blootstelling te verminderen/voorkomen. Doel is om te komen tot een overzicht van oplossingen om te komen die bedrijven in staat stellen te voldoen aan de adviesnorm van 90 EU/m³ in de lucht binnen het bedrijf. De TC richt zich hierbij op oplossen voor waswater behandeling om zo het niveau aan endotoxinen te verlagen waardoor er ook minder endotoxinen via waternevels in de lucht kunnen komen. Binnen een demonstratieproject kunnen de meest kansrijke technologieën getest worden om te komen tot bewezen effectieve oplossingen en een beslismodel om per situatie te kunnen bepalen welke oplossingen het meest geschikt zijn.

Een tweede doel van de TC is om andere bedrijven in staat te stellen een inventarisatie van situatie qua blootstelling aan endotoxinen binnen hun bedrijf vast te stellen. Hiervoor is een stappenplan opgesteld aan de hand van de gebruikte aanpak binnen het TC, zie Bijlage 3.

3.3 Projectaanpak

In het onderliggende project hebben de deelnemende aardappelverwerkers, leden van de NAO, de opbouw van hun watersystemen en risicopunten met betrekking tot endotoxinen blootstelling in kaart gebracht aan de hand van een door TNO opgestelde enquête. Ook zijn analyses uitgevoerd om de endotoxinen concentraties in het water en lucht op verschillende plekken in het watersysteem vast te stellen.

Binnen het project hebben TNO en Van Antwerpen Milieutechniek hun kennis overdragen over door hun geteste/ontwikkelde technieken voor waterbehandeling, zoals coagulatie/flocculatie, omgekeerde osmose, membraandestillatie en geavanceerde oxidatieprocessen. Door de resultaten en inzichten in een aantal collectieve NAO-bijeenkomsten te delen worden de bedrijven en de brancheorganisatie in staat gesteld om maximaal van elkaar te leren.

Parallel aan het onderliggende project heeft ook het “Schone Start” project gelopen, wat gericht op het identificeren van de bron van endotoxinen in/op het product en het ontwikkelen van technieken/methoden om de bron van schadelijke endotoxinen zo veel mogelijk te verwijderen voordat het product het verwerkingsproces ingaat.

Door de TC bijeenkomst open te stellen voor de Schone Start-deelnemers is een brede groep van aardappelbedrijven betrokken, hierdoor kon optimaal synergie uit de diverse werkzaamheden voor de aardappelbranche worden behaald. Door breed de kennis te delen krijgen alle partijen een zo volledig mogelijk beeld van de problematiek, de verkregen inzichten en mogelijke oplossingen.

3.4 Aanvullende projecten

Recent zijn ook twee TNO-projecten gestart gericht op luchtbehandeling, welke hieronder behandeld worden. Deze projecten richten niet zich direct op de aardappel-branche maar de verkregen inzichten en resultaten kunnen naar verwachting eenvoudig naar de aardappelbranche vertaald worden. Deze resultaten zijn een belangrijke aanvulling op de TC en het "Schone Start" projecten, aangezien ze cruciaal zijn om de blootstelling die resteert na inzet van de andere mitigatietechnieken (product schoonmaken bij start proces; waswaterbehandeling) te voorkomen/verminderen. De resultaten van deze twee projecten zullen rond begin 2015 (grotendeels) beschikbaar zijn.

TC Aanpak emissiepunten door Piet Jacobs te Delft

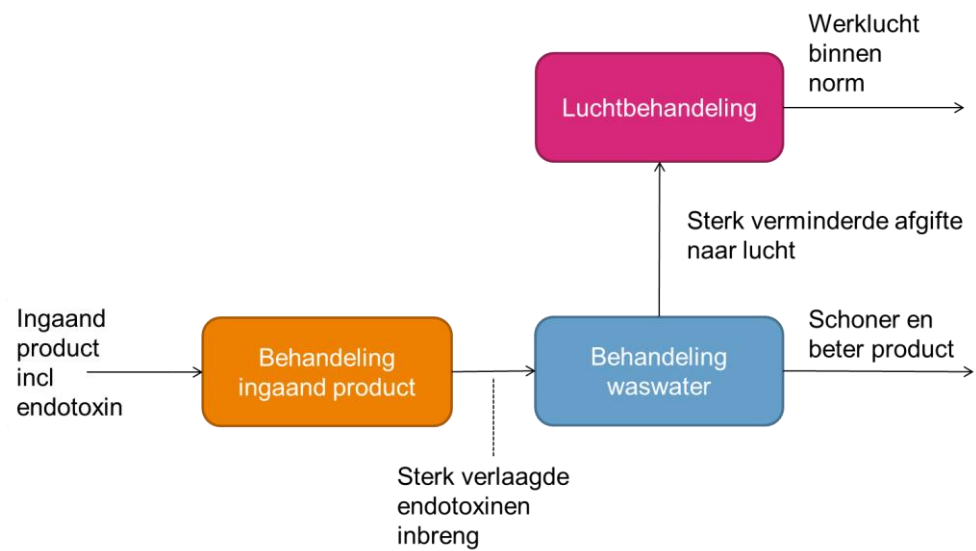
Vanuit de uienverwerkers is er een project gestart in juli 2014. Met dit project wil men een voorbeeldenboek 'Goede praktijken' schrijven met ontwerpschetsen en vuistregels voor ontwerp/dimensionering van apparatuur in de uiensector. Insteek is om emissiepunten aan te pakken door zowel aanpassingen aan de apparatuur (bijvoorbeeld omkasting) en inzet van luchtbehandelingstechnieken.

TC Filters en filtertechnieken door Piet Jacobs te Delft

Dit project is een sector-overstijgend project die gestart is in juli 2014. Met dit project wil men een lijst "Goede praktijken" maken met ontwerpschetsen en – specificaties met onderbouwing van filterefficiency, kosten en gebruiksvriendelijkheid (voor verschillende branches). In dit project wordt gekeken naar de stand van de techniek daarnaast zullen er ook clustersessies en individuele consulten plaats vinden om zo tot een generieke kennisdisseminatie te komen.

3.5 Beoogd totaalconcept

Middels de resultaten uit de vier hierboven beschreven projecten kan de endotoxinen problematiek binnen de aardappelbranche integraal opgelost worden. De onderstaande figuur geeft een totaalconcept weer die in de branche toegepast kan worden.



Figuur 1: Totaal concept voor voorkomen invoer van en blootstelling aan endotoxinen

4 Inventarisatie endotoxinen problematiek

4.1 Inleiding

Een belangrijk onderdeel van de TC “Endotoxinen & Waswater” is het in kaart brengen van de waswater systemen, de door de bedrijven gehanteerde aanpak rondom water(her)gebruik, mogelijke risicopunten voor endotoxinen blootstelling en de niveaus aan endotoxinen in water en lucht op relevante punten in het watersysteem.

Deze inventarisatie is uitgevoerd door middel van het in laten vullen van enquêtes door de deelnemende bedrijven en door het uitvoeren van een meetprogramma, waarbij diverse monsters zijn genomen die vervolgens op endotoxinen en een aantal aanvullende parameters zijn geanalyseerd.

In het onderstaande hoofdstuk worden de aanpak en resultaten van de bedrijfs-enquêtes en uitgevoerde analyses beschreven. Hierbij wordt ook ingegaan op analyse uitkomsten uit eerdere/parallele projecten, ter verdere onderbouwing van het verkregen beeld. In hoofdstuk 5 zal ingegaan worden op de mitigatie-technieken die ingezet kunnen worden om zo schoon mogelijk te starten (uitkomsten parallele “Schone Start” project) en de opties met betrekking tot waterbehandeling, om zo het endotoxinen niveau in het proces/bedrijf zo laag mogelijk te houden.

4.2 Bedrijf enquêtes

Onder de deelnemende bedrijven is een enquête uitgevoerd om de inrichting van watersystemen, de aanpak qua water(her)gebruik en waterbehandeling en de potentiële risicopunten met betrekking tot endotoxinen blootstelling in kaart te brengen. De gebruikte vragenlijst is opgenomen in Bijlage 1. De uitkomsten worden in de volgende subonderdelen besproken.

Er wordt verwacht dat de uitkomsten ook in sterke mate representatief zijn voor de situatie bij andere bedrijven binnen de aardappelverwerkende industrie, gezien de brede samenstelling en diversiteit van de deelnemende bedrijven. Deze groep omvatte zowel industrieel verwerkers als kleinverpakkers waarbij elk bedrijf zijn eigen aanpak qua watergebruik en waterbehandeling kende.

4.2.1 Uitkomsten water(her)gebruik en waterbehandeling

De deelnemende bedrijven zijn onder te verdelen in kleinverpakkers en industriële verwerkers. Wanneer er gekeken wordt naar de aanpak met betrekking tot waterstromen en blootstellingspunten is er geen duidelijke trend te zien omdat de aanpak per bedrijf varieert. Grofweg zijn de bedrijven onder te verdelen in de hieronder 4 benoemde bedrijfsvoeringen.

1. Bezinking + coagulatie/flocculatie (en hergebruik)
2. Enkel bezinking (en hergebruik en/of lozing)
3. Variant op 1: Wassen, bezinking voor zandverwijdering + kleibad + 2^e wassen >> bezinking
4. Variant op 1: >> Bezinking + toepassing van ozon

De belangrijkste uitkomsten worden in de onderstaande tabel samengevat.

Tabel 1: Samenvatting hoofduitkomsten bedrijfs-enquêtes

Aspect	Aanpak
Toegepaste waterbronnen	Bron/leidingwater + hergebruikt water
Verversing waswater	1 van de bedrijven vult in de ochtend de watertanks en leegt deze in de avond 4 vd 10 bedrijven gebruikt water enkele of meerdere dagen Overig bedrijven gebruiken water 24/7 (= enkel verversing door suppletiewater)
Hoeveelheid product per m3 gerecirculeerd waswater	Vrijwel constant voor alle bedrijven (3-7 ton product per m3 waswater) 1 bedrijf gebruikt minder water (>10 ton product per m3 waswater) 1 bedrijf recirculeert aanzienlijk meer water per ton product (bijna 1 op 1)
Hoeveelheid vers water/ton product	Meer dan 10-20x lager per ton product tov hergebruik water (voor alle bedrijven)

Tabel 1 laat zien het merendeel van het toegepaste water in het was-systeem bestaat uit hergebruikt water, wat gedurende meerdere dagen/weken of continue wordt toegepast. Verder is te zien dat op 1 bedrijf na in alle gevallen per ton product een vergelijkbare hoeveelheid hergebruikt water wordt gebruikt. Hetzelfde geldt voor vers water, echter is dit in verhouding veel minder.

Uit de enquêtes kwam ook naar voren dat de samenstelling en het endotoxinen gehalte van het hergebruikte water in vrijwel alle gevallen niet bekend is. Om te bepalen welke reductie benodigd is en welke technieken geschikt zouden zijn om hiervoor ingezet te worden is een goed beeld van de samenstelling cruciaal. Om

deze reden is een meetcampagne opgezet en uitgevoerd bij 6 van de deelnemende bedrijven.

4.2.2 *Potentiele risicopunten blootstelling*

De bedrijfsenquête omvatte ook een vragenlijst gericht op het vaststellen van de potentiële risicopunten binnen de bedrijven. Aangezien nevels het voornaamste risico zijn op endotoxinen blootstelling waren de vragen vooral gericht op het vaststellen waar het water/het nog natte product sterk in beweging is (vallen, rollen, tollen), waar (potentieel endotoxinen-rijk) hergebruikt water wordt ingezet en hoeveel werknemers in de betreffende ruimtes zijn en voor hoe lang. Uit deze vragen kwamen de volgende risicopunten naar voren:

- Uitvoer water (+ directe omgeving rondom de wasser)
- Leesband/Leesruimte
- Viltdoeken/droogrollen
- Zandzeven
- Kleibaden

In algemene zin kan gezegd worden dat alle plekken waar hergebruikt water stroomt/beweegt dat nog geen behandeling heeft gehad een potentieel hoog risico kennen. Vaak staan veel apparaten in 1 ruimte, waardoor 1 bron de lucht in de gehele ruimte kan “besmetten”. Omkasting en lokale afzuiging van de bronnen, aangevuld met behandeling van het hergebruikte water is om deze reden sterk aan te bevelen. Het eerstgenoemde aspect wordt binnen het nu lopende TNO project “Aanpak Emissiepunten” onderzocht, dit project zal begin 2015 worden afgerond waarna de resultaten met de branche gedeeld zullen worden. In paragraaf 5.3 wordt ingegaan op de mogelijkheden voor behandeling van het hergebruikte water, om zo het endotoxinen gehalte sterk te reduceren waardoor er uiteindelijk ook minder in de lucht terecht komt.

4.3 **Analyse uitkomsten eerdere/parallele projecten**

Binnen eerdere projecten en het “Schone Start” project zijn ook een aantal water/lucht monsters genomen. In de onderstaande paragrafen worden deze resultaten in het kort beschreven om inzicht te geven in de invoer van endotoxinen naar het was-systeem via het inkomende product en om te laten zien dat eerdere metingen een zelfde beeld laten zien als binnen de TC en dus de gevonden resultaten verder ondersteunen.

Voor meer informatie over de monsters uit het “Schone Start”-project wordt verwezen naar de bijbehorende rapportage [1] Voor meer informatie over de luchtmonsters uit eerder projecten wordt verwezen naar de bijbehorende literatuur.

4.3.1 *Productmonsters “Schone Start”-project*

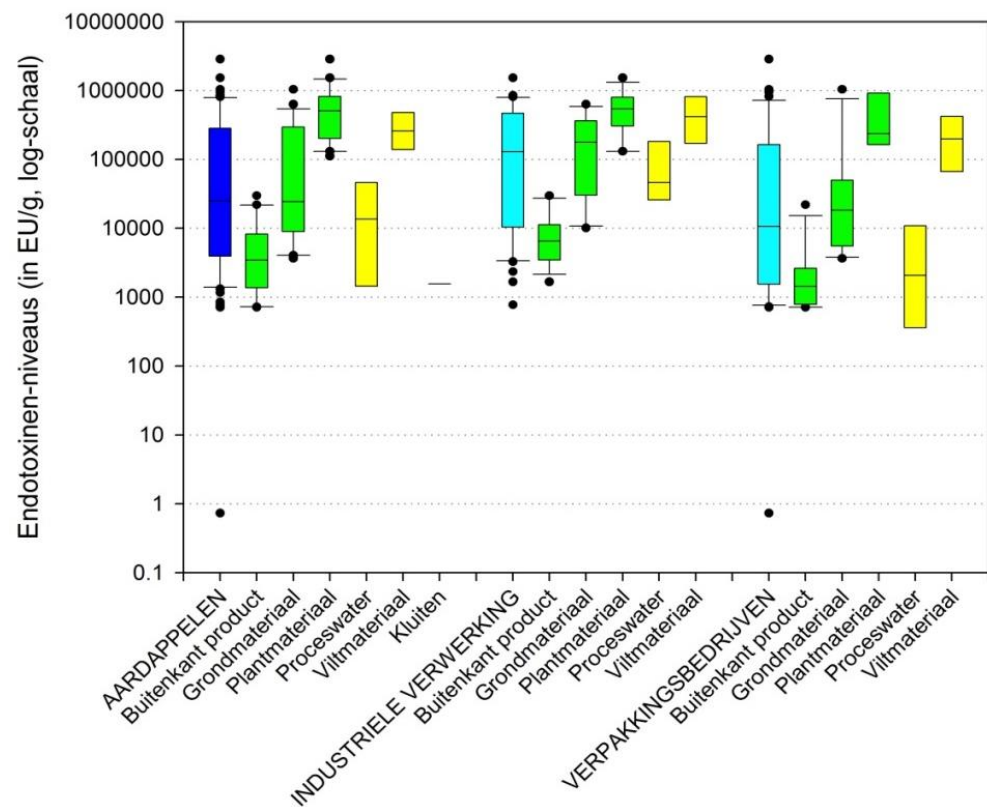
Binnen het “Schone Start”-project zijn bij diverse bedrijven productmonsters genomen, bestaande uit grondmateriaal, plantmateriaal en buitenkant product.

Hieronder staat hoeveel monsters er genomen zijn en ik welke grondsoort. Een lijst van deze monsters is terug te vinden in Bijlage 2.

- Industrieel: 12 (8 zand, 4 klei)
- Klein verpak: 13 sets (1 zand, 12 klei)

Hoofddoelen van de product analyses waren om vast te stellen hoeveel endotoxinen ingevoerd worden met het product en welke bijdrage het product en het meekomende plant en grondmateriaal leveren aan de totale invoer. Hieronder worden de resultaten op hoofdlijnen beschreven. Voor meer informatie wordt de lezer verwezen naar het rapport [2]

De gemeten endotoxinen niveau (EU/gr) binnen de aardappel-sector en de hierin gevonden spreiding worden weergegeven in Figuur 2. Doordat de waarden in EU per gram materiaal worden weergegeven kunnen de waarden niet bij elkaar opgeteld worden.



Figuur 2: Endotoxinen niveaus in/op aardappelen, grond en plant materiaal, proceswater, viltmateriaal en kluiten [2]

Wat opvallend is aan de waarden die gevonden zijn, is dat er een grote spreiding is. Daarnaast kan er over het algemeen gezegd worden dat plantmateriaal meer endotoxinen per gram bevat dan grondmateriaal. Het grondmateriaal bevat weer meer endotoxinen per gram dan de buitenkant van het materiaal. In de binnenkant van de producten zijn ook endotoxinen gevonden maar de bijdrage aan de totale hoeveelheid endotoxinen zijn verwaarloosbaar klein. Echter wordt aanzienlijk meer gram product ingevoerd dan plant en grondmateriaal. Na

correctie voor het ingevoerde gewicht blijft plantmateriaal de hoofdbron van endotoxinen maar speelt het product zelf ook een belangrijke rol.

Tabel 2 laat de gemeten waarden zien voor de industrieelverwerkers en kleinverpakkers voor aardappels van zowel zand- als kleigrond. De resultaten laten zien dat over het algemeen zandgrond voor een hogere endotoxinen gehalte zorgt in vergelijking met kleigrond. Dit zou mogelijk kunnen aan een hoger gehalte aan organisch materiaal in zandgrond waardoor er meer endotoxinen kunnen ontstaan, deze hypothese is echter nog niet bewezen.

Aangezien tijdens de meetcampagne er door de industriële verwerkers meer aardappels van zandgrond zijn verwerkt worden bij deze bedrijven aanzienlijke hogere waarden dan bij de verpakkingsbedrijven gevonden, die in deze periode vooral kleigrond aardappelen verwerkte. Er wordt, gezien de sterk vergelijkbare procesvoering en het gebruik van het zelfde basisproduct, verwacht dat het type grond de hoofdreden voor het verschil is en dat hierbij geen andere zaken meespelen. Om dit beeld verder aan te scherpen of te kunnen weerleggen zouden er meer monsters onderzocht moeten worden.

Binnen het "Schone Start"-project is ook gekeken naar de invloed van de ruwheid van de schil, maar hierbij is geen duidelijke invloed gevonden.

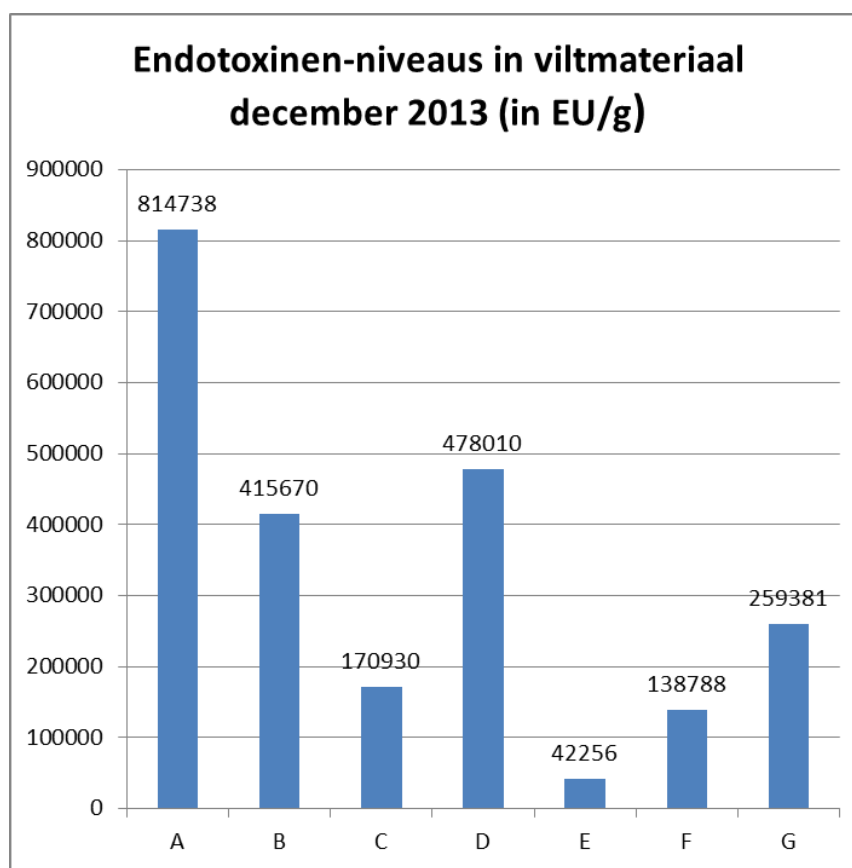
Tabel 2: Vergelijking endotoxinen niveaus in aardappelen van zand- en klei grond (bron "Schone Start") (N = aantal, AM = rekenkundig gemiddelde)

Endotoxinen-niveaus (in EU/g monster)	Overall				Industriële verwerking				Verpakkingsbedrijven			
	Klei		Zand		Klei		Zand		Klei		Zand	
	N	AM	N	AM	N	AM	N	AM	N	AM	N	AM
Buitenkant product	16	3501	9	11038	4	3760	8	12239	12	3414	1	1429
Grondmateriaal	16	39293	9	392915	4	24820	8	312118	12	44118	1	1039294
Plantmateriaal	11	382085	9	938058	4	374205	8	699981	7	386588	1	2842671

4.3.2 Viltmateriaal

Tijdens het project zijn ook een aantal monsters genomen van het viltmateriaal. De resultaten staan weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. Beiden figuren laten zien dat de waarden in het viltmateriaal erg hoog zijn in vergelijking met de waarden in het proceswater en in het aardappel, grond- of plantmateriaal. Zeer waarschijnlijk worden de hoge waarden veroorzaakt door het feit dat het viltmateriaal vuil waswater en endotoxinen opneemt en hiermee langdurig verzadigd blijft, aangezien doorgaans geen reiniging en/of frequente vervanging van de rollen plaatsvindt. De situatie is sterk vergelijkbaar met het natte vaatdoekje in de keuken, wat door het vuil en het vocht de ideale bron is voor bacteriegroei.

Het viltmateriaal vormt hiermee een serieus risico met betrekking tot blootstelling aan endotoxinen. De inzet van oplossingen voor schoon starten en waswater behandeling wordt tenietgedaan als het viltdoek een grote blootstellingsbron blijft en de aardappelen hier weer herbesmet worden. Inperking van de endotoxinen aanvoer richting de viltdoeken en frequente reiniging/vervanging en/of inzet van alternatieve droogprocessen is cruciaal. In paragraaf 5.4 wordt hier verder op ingegaan



Figuur 3: Endotoxinen niveaus in viltmateriaal (monsternamen binnen "Schone Start"-project)

4.3.3 Luchtmonster uit eerdere projecten

In het verleden zijn meerdere studies uitgevoerd naar inhaleerbare stof en endotoxinen. In Tabel 3 is hier een overzicht van gemaakt. Een vergelijking met de gevonden waarden in deze TC (zie paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) is te zien dat de endotoxinen waarden in de lucht binnen Nederland een zelfde orde grootte kennen. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van de gevonden resultaten.

Tabel 3: Gemeten endotoxinen waarden in de lucht binnen studies uit het verleden

Jaar	Beschrijving	Aantal monsters	Endotoxinen EU/m ³ (min-max)
1992	Potato processing (Nederland)	211/195	272 (10-29083)
2001	Kleinverpakker		
	- Ochtend	10	72 (8,7-303)
	- Middag	10	59 (19-148)
2002	Aardappelteelt – sorteren	2	314 (96-3130)
2002	Potato processing (Polen)	8	10072 (110-18.969.000)
2011	Groot kleinverpakkerbedrijf	9	99 (66-141)
	Groot kleinverpakkerbedrijf	9	85 (25-346)

	Klein kleinverpakkingsbedrijf	7	184 (130-246)
--	-------------------------------	---	---------------

4.4 Analyse uitkomsten TC Endotoxinen en waswater

4.4.1 Inleiding

Bij 6 van de deelnemende bedrijven zijn watermonsters genomen. Bij twee bedrijven met een significant verschil in schaalgrootte en aanpak is een uitgebreider analyseprogramma uitgevoerd om zo de uiteinden van het spectrum qua bedrijven in detail in beeld te brengen. Bij deze twee bedrijven zijn ook luchtmonsters genomen.

Naast endotoxinen zijn ook de waarden van een aantal overige parameters (geleidbaarheid, pH, temperatuur, chemische zuurstofverbruik (indicatie voor organische vracht) en troebelheid) bepaald om te kunnen bepalen welke waterbehandelingstechnologie het meest geschikt is voor de behandeling van het waswater.

4.4.2 Samenvatting analyse resultaten

Tabel 4 laat de gemiddelde waarden zien voor en na behandeling voor endotoxinen en de overige parameters, die gemeten zijn binnen de TC.

Tabel 4: Gemiddelde waard voor en na behandeling bij verwerking van aardappelen van zand, löss en klei-grond

Locatie	Type grond	Geleidbaarheid (mS/cm)	pH (-)	Troebelheid (NTU)	CZV (mg/l)	Endotoxinen (EU/ml)
Voor behandeling	Zand / löss	2,3	7.1	86	915	6688
Na behandeling		2,3	7.0	150	983	5723
Voor behandeling	Klei	0,8	7.0	48	89	1500
Na behandeling		0,97	6.8	233	90	756

De analyses resultaten zijn statisch onderzocht om vast te stellen wanneer er sprake was van significante verschillen tussen de bedrijven en om de oorzaak van deze verschillen na te gaan.

Hieronder zijn de resultaten kort samengevat:

- Type behandeling en schaalgrootte lijken geen significant effect te hebben op het endotoxinen niveau
- Het type grond waar de aardappels in verbouwd zijn heeft een sterke invloed. Zandgrond bevat tot wel 10x meer endotoxinen dan klei, hierdoor bevat het waswater ook meer endotoxinen.
- Het bedrijf dat aanzienlijk meer waswater circuleert (4-5x meer tov overige bedrijven) per ton product laat in verhouding ook een 4x lagere endotoxinen waarden zien. De endotoxinen die ingevoerd worden met de aardappelen worden als het ware verdund door het grotere watervolume. Toepassing van een hogere recirculatie-debiet kan dus een mitigatie-optie zijn. Echter zal een hoger debiet ook effect hebben op de schaalgrootte en kosten van de waterbehandelings-apparatuur.
- Het bedrijf dat relatief veel product verwerkt per m³ waswater tov de overige bedrijven laat geen verhoogde waarden zien. Wellicht speelt hier mee dat niet enkel zandgrond aardappelen zijn verwerkt. Ook kunnen door het geringe aantal monsters variaties in het proces een sterke invloed hebben.
- De resultaten suggereren de aanwezigheid van geladen organische deeltjes naast de endotoxinen. Dit biedt aanknopingspunten voor verwijdering van zowel deze deeltjes als de endotoxinen die zich doorgaans aan deeltjes hechten.
- Er kon nog geen ophoping van endotoxinen in de tijd in het waswater worden vastgesteld, voor definitief uitsluitel zijn meer metingen nodig.

In de onderstaande paragrafen worden de uitkomsten in detail behandeld.

4.4.3 Afhankelijkheid endotoxinen niveau in water van type behandeling en schaalgrootte

Uit de statische analyse is gebleken dat de schaalgrootte van de bedrijven en het type behandeling (bezinking of bezinking + een aanvullende stap) geen significante invloed heeft op de hoogte van het endotoxinen gehalte. Een niet-significant effect van schaalgrootte was vooraf ook verwacht aangezien de bedrijfsvoering sterk gelijk is bij kleinverpakkers en industrieel verwerkers en er met een zelfde ingaande product wordt gewerkt.

Er was verwacht dat de verschillende typen behandelingen een verschillend effect op het endotoxinen niveau zouden hebben. Mogelijk hebben de huidige behandelingen en/of de manier waarop ze bedreven worden weinig tot geen effect op endotoxinen. Het is ook mogelijk dat de sterke variaties die door de dag heen gevonden zijn bij de bedrijven een groter effect hebben op het endotoxinen niveau dan de toegepaste behandeling. Voor het verkrijgen van een gedetailleerd beeld zijn aanvullende metingen nodig.

4.4.4 Afhankelijkheid endotoxinen in waswater van type grond

Er is gebleken dat aardappelen van zand grond doorgaans tot 10x meer endotoxinen bevatten ten opzichte van kleigrond. Een vergelijkbare toename in endotoxinen niveau wordt ook in het water gevonden.

4.4.5 *Relatie tussen de gemeten componenten in het waswater*

Om een gedetailleerd beeld te krijgen van de oorzaak van de waarden van de diverse parameters en om te bepalen of bepaalde parameters mogelijk gebruikt kunnen worden om de concentratie aan endotoxinen te voorspellen is gekeken naar de mogelijke relaties tussen endotoxinen en geleidbaarheid (EC), chemisch zuurstof verbruik (CZV), pH en troebelheid. Tussen EC en CZV is een sterke positieve relatie gevonden en in beperkte mate is er ook een relatie tussen pH en CZV. Voor de rest zijn uit de gevonden resultaten geen relaties gevonden die significant zijn.

De relatie tussen geleidbaarheid en CZV kan wijzen op de aanwezigheid van geladen organische deeltjes. Dit zou bijvoorbeeld opgelost zetmeel kunnen zijn of andere componenten die van/uit de aardappels vrijkomen. De lading van deze deeltjes en/of hun organische samenstelling biedt aanknopingspunten voor verwijdering obv lading of adsorptie. Aangezien endotoxinen vaak zich aan deeltjes binden kan de verwijdering hiervan ook het endotoxinen niveau helpen verlagen.

4.4.6 *Snelheid opbouw endotoxinen in waswater*

De snelheid van ophoping van endotoxinen in het hergebruikte water is een bepalende factor voor de omvang van de (eventueel) in te zetten waterbehandeling. Immers zal een grotere invoer van endotoxinen per dag betekenen dat er per dag ook meer endotoxinen verwijderd dienen te worden. Er zal dan vaker en/of meer water moeten worden behandeld om de concentratie laag genoeg te houden. Het doel was om door zowel s'morgens en s'avonds monsters te nemen bij verschillende bedrijven met een verschillende schaalgrootte en/of type behandeling te bepalen welke ophopings-snelheden de verschillende soorten bedrijven kennen. Er kunnen dan uitspraken gedaan worden welke omvang voor een bepaald type bedrijf benodigd zal zijn.

Bij deze metingen moet wel opgemerkt worden dat de meetset (8 monsters per tijdstip voor zowel voor als na behandeling) erg gering is. De procesvariaties die bij de verschillende bedrijven gelden hadden een sterke invloed op de gevonden getallen. Om dus echt een goed beeld te kunnen krijgen over de opbouw van endotoxinen is een vervolgonderzoek noodzakelijk.

De conclusie die algemeen genomen over deze meetset kan worden gegeven, is dat er geen significant verschil zit tussen de ochtend en middag waarden. Dit geldt voor zowel voor als na de behandeling.

4.4.7 *Luchtconcentraties en relatie tot concentratie in water*

Tabel 5 laat de gemiddelde luchtwaarden zien die gevonden zijn bij de twee in detail geanalyseerde bedrijven. De bijbehorende waterwaarden en de adviesnorm voor endotoxinen in de lucht zijn ook weergegeven.

Gezien het geringe aantal monsters is het lastig om hele harde conclusies te trekken. Er lijkt echter wel een relatie te zijn tussen de gehalten endotoxinen in water en in lucht. Met name bij verwerken van aardappels van zandgrond liggen de endotoxinen waarden aanzienlijk hoger en wordt de adviesnorm in de lucht ruimschoots overschreden. Een reductie van endotoxinen tot <1500 EU/ml lijkt nodig te zijn om qua lucht binnen de norm te blijven.

Zoals eerder al opgemerkt is, zijn de waarden in de lucht binnen dit project vergelijkbaar met metingen uit het verleden (zie Tabel 3).

Tabel 5: Gemiddelde endotoxinen concentraties in water en lucht, direct na de wasser

Type grond	Endotoxinen in water direct na wasser (EU/ml) gem.	Endotoxinen in lucht direct na wasser (EU/m ³) gem.	Adviesnorm (EU/m ³) (*)
Zand	6600	230	90
Klei	1400	33-66	90

(*) Ter vergelijking: buitenlucht bevat <30 EU/m³

Naast de metingen bij de wasser is binnen een bedrijf ook op andere lokaties gemeten. De resultaten van deze aanvullende metingen worden hieronder weergegeven.

Tabel 6: Endotoxinen gehalte lucht op diverse locaties binnen 1 bedrijf (obv verwerking van aardappelen van zandgrond)

Locatie	EU/m ³
Zandzeef	313
Droogrollen	129
Boven kleibad	255
Boven zeefband/pompbad	94

De aanvullende luchtmetingen laten zien dat overal een vergelijkbare concentratie (100-300 EU/m³) in de lucht gevonden wordt. Hierbij moet wel in acht genomen worden dat veel van deze machines zich doorgaans in één ruimte bevinden. Het is dus mogelijk dat 1 machine de hoofdbron vormt en dat bij andere machines puur de hogere waarde van deze bron wordt gemeten. Om te kunnen bepalen welke punten de voornaamst bron van endotoxinen zijn dienen de water en lucht waarden naast elkaar gelegd te worden. De punten waar de waarden in zowel water en lucht hoog zijn vormen de voornaamste bronnen. Na het aanpakken van deze emissiepunten kunnen een aantal aanvullende analyses worden uitgevoerd om te bepalen of er nog andere bronnen aanwezig zijn.

5 Voorkomen endotoxinen blootstelling door inzet mitigatie-oplossingen

5.1 Inleiding

In het onderstaande hoofdstuk worden de technische en niet-technische mogelijkheden beschreven voor het zo schoon mogelijk te starten van het proces (reiniging aardappelen, optimale procesinrichting, etc) en voor het behandelen van waswater om zo endotoxinen te verwijderen en zo afgifte richting de lucht te voorkomen. Er wordt ook kort ingegaan op twee parallelle projecten rondom luchtbehandeling die oplossingen op kunnen leveren om de endotoxinen die, na inzet van de andere mitigatietechnieken, nog resterend in de lucht te kunnen verwijderen.

Om de reductie te bewerkstelligen gaat er een sterke voorkeur naar uit om bestaande middelen en methoden toe te passen. Deze bestaande middelen en methoden moeten dan wel eenvoudig in de praktijk te realiseren zijn en weinig tot geen aandacht/controle vereisen.

Hierbij kan gekeken worden naar technieken die nu al toegepast worden of die in de theorie een goede optie zijn. Voor deze laatste groep geldt wel dat de praktijk dan ook goed getoetst moet worden.

Voor alle gebruikte technieken is het ook van belangrijk dat er gericht effectiviteitsmetingen plaats gaan vinden om zo ook de reductie in kaart te kunnen brengen.

5.2 Zo schoon mogelijk starten door inzet reinigingstechnieken en good-practice

In deze paragraaf wordt een korte beschrijving geschreven van de mitigatietechnieken die ingezet kunnen worden voor zo schoon mogelijk starten. Voor meer informatie wordt de lezer verwezen naar de bijbehorende rapportage [1].

Uit de hierboven besproken analyse resultaten is gebleken dat er veel endotoxinen zitten in plantmateriaal en dat ook de grondsoort van groot belang is voor de hoeveelheid endotoxinen. Verwijdering van plant en grondmateriaal tijdens of vlak na inname van de aardappelen kan de endotoxinen vrucht significant verlagen en zo de kans op blootstelling verderop in het proces sterk reduceren. Aardappelen van zandgrond vragen hierbij extra aandacht aangezien het grondmateriaal hier tot 10x meer endotoxinen kan bevatten ten opzichte van kleigrond.

In de onderstaande tabel wordt een samenvatting gegeven van de mogelijk toepasbare mitigatie-optie voor zo schoon mogelijk starten.

Tabel 7: Overzicht mogelijke mitigatieopties voor zo schoon mogelijk starten en voorkomen blootstelling bij droge processen

Aspect	Mitigatie opties	Toelichting
Overstorten/lossen	Afblazen (luchtmessen)	Inzet van gerichte luchtstromen
	Toepassing optimale ventilatie en optimalisatie wijze van inzet	-
	Droog borstelen	Omkastig installatie + afzuiging wordt aangeraden
	Sproeien en afspoelen met waterbesparende technieken	Voorkomen stofniveaus bij lossen (*) Beperken hoeveelheid vervuild waswater door effectief wassen Inzet voor naspoelen (met zo min mogelijk water zo veel mogelijk effect)

(*) Voor sproeien dient schoon water gebruikt te worden om blootstelling aan endotoxinen (via waterniveaus) te voorkomen en om verstopping van sproeikoppen te voorkomen.

5.3 Waswater reiniging

5.3.1 Voorbehandeling waswater

Endotoxinen zitten niet alleen in de lucht maar ook in het water en veel van het water wordt hergebruikt. Het is dus van belang dat endotoxinen ook uit het water verwijderd worden.

Het gewoon uitkoken van het water om zo van de endotoxinen af te komen is geen optie omdat endotoxinen extreem hardnekkig zijn [3] (taai, elastisch en temperatuur bestendig). Zo is het nodig om endotoxinen voor meer dan een 1 uur bij temperaturen boven 200 °C bloot te stellen voor afbraak.

Naast endotoxinen bevat het water ook nog andere componenten zoals loof, steentjes, zand, klei, zetmeel, bacteriën, kiemen. Het is daarom noodzakelijk om het water eerst voor te behandelen voordat aanvullende technieken, zoals membraanfiltratie, kunnen worden toegepast.

Deze voorbehandeling kan bestaan uit bijvoorbeeld de volgende technieken:

- Voorfiltratie (zeeftrammel, zeefbocht, etc)
- Zand verwijdering (hydrocycloon)
- Klei/leem verwijdering met lamellenseparator (incl coagulant)

Deze technieken worden hieronder in meer detail behandeld.

Voorfiltratie en zandverwijdering

Deeltjes groter dan 2 mm kunnen verwijderd worden met een zeefbocht of zeeftrammel.

Daarnaast kan zand ook verwijderd worden door gebruik te maken van hydrocycloon systemen. Door gebruik te maken van deze hydrocycloon systemen wordt meer dan 85% van de droge stof verwijderd.

Voor beide systemen geldt dat er minder ophoping plaats vind hierdoor kan er ook minder biologische activiteiten plaats vinden en zo ook minder endotoxinen. Daarnaast zorgt de verwijdering van grove delen en zand voor minder slijtage aan de apparatuur

Lamellenseparator

Klei en leem grond kan verwijderd worden door gebruikt te maken van een lamellenseparator. Er wordt gebruik gemaakt van een coagulant om (zwevende) deeltjes samen te laten klonteren waardoor deze beter uitzakken. Door deze techniek wordt meer dan 95% van de droge stof verwijderd en vind er een verlaging van meer dan 90% van de bacteriologisch kiemdruk in het water plaats en zo ook minder endotoxinen.

Uit een eerste test bleek dat een verlaging van endotoxinen van > 98% in het waswater (3861 → 64 EU/ml) werd verkregen. Vermoedelijk is dit voldoende om in de lucht onder 90 EU/m³ uit te komen. Ervanuit gaande dat deze reductie ook bij andere bedrijven haalbaar blijkt, kan dus in veel gevallen met voorfiltratie, zandverwijdering en coagulatie/flocculatie volstaan worden.

5.3.2 Mogelijke aanvullende behandelingsstappen

De hiervoor beschreven voorbehandelings-technieken halen al veel van de endotoxinen uit het water. Echter kan het voorkomen dat op verschillende plaatsen of bij hoog vervuilde partijen of bij een te lage reductie van endotoxinen toch nog aanvullende behandelstappen, bovenop de voorbehandeling, noodzakelijk zijn. Hieronder worden een aantal technieken genoemd die aanvullend ingezet kunnen worden. In Bijlage 6 worden de technieken verder toegelicht.

- Ionenwisseling
- Membraanfiltratie (ultra/nano-filtratie)
- Aanvullende filtratie (zand/actief kool adsorptie)
- In-situ gegenereerde waterstofperoxide (Perox-site)
- Slibontwatering
- UV

Zoals hierboven ook al genoemd is het noodzakelijk om deze technieken samen met de voorfiltratie uit te voeren. Voordelen van deze extra behandelingen zijn

- Verder zuiveren water/desinfectie
- Back-up bij incidenten
- Deelstroom behandeling (mocht blijken dat een bepaalde lokatie in het proces meer dan andere plekken endotoxinen bevat bijvoorbeeld door ophoping)

In de onderstaande tabel worden van verschillende aanvullende technieken de kosten en de effectiviteit weergegeven. Ter vergelijking zijn ook de kosten en effectiviteit van coagulatie/flocculatie genoemd. Er wordt ingeschat dat optimalisatie van de voorbehandeling voldoende is om het endotoxinen-niveau in het water zodanig te reduceren dat de uiteindelijke waarde in de lucht binnen de norm blijft. Binnen een vervolgproject kan middels demonstratie deze verwachting getoetst worden. Mocht aanvullende verwijdering nodig zijn, dan kunnen een aantal van de aanvullende technieken ook getest worden.

Tabel 8: Kosten en effectiviteit voor endotoxinen verwijdering uit waswater voor diverse aanvullende technieken en voor coagulatie/flocculatie in de lamellenseparator

Technologie	Kapitaal-lasten (€/m ³)	Operationele kosten (€/m ³)	Verwachte verwijderings-effectiviteit	Opmerkingen
Coagulatie/ Flocculatie (in lamellenseparator)	≥ 0,10 €/m ³		99%	Kosten afh. van eisen aan effluent en kwaliteit influent
<u>Aanvullend op coag/floc</u>				
Ionenwisseling	0,35	0,28	≈100%	Regeneratie nodig met NaOH, hoeveelheid hars nog niet bekend
Ultrafiltratie	0,24	0,07	99%	Aanvullende voorbehandeling kan nodig zijn
Nanofiltratie	0,30-0,40	0,14	99,9%	
Zandfiltratie/ Actief kool adsorptie	0,15	0,25	>90%	Uitgaand van CZV <100 mg/l na voorbehandeling
Peroxsite (in-situ H ₂ O ₂)	>0,12 €		100%	Uitgaand van CZV <100 mg/l na voorbehandeling

5.3.3 Algemene tips

Aanvullend worden hieronder een aantal aanvullende tips gegeven om de kwaliteit van het gebruikte water zo hoog mogelijk te houden. Hierbij moet vooral gelet worden op de bacteriegroei want dit vergroot de kans op het vrijkomen van endotoxinen

- Zo is het aan te raden om de opslag van gezuiverd water zoveel mogelijk beperken om achteruitgang van kwaliteit te voorkomen, door bijvoorbeeld bacteriegroei. Continue recirculatie door zuiverings-processen wordt daarom ook sterk aangeraden. Mocht het water toch opgeslagen worden dan is het van groot belang dat dit luchtdicht gebeurt.
- In stilstaand water kan ook allerlei bacteriegroei en achteruitgang van het water plaatsvinden daarom is het noodzakelijk om dode hoeken te voorkomen en het water met voldoende hoge stroomsnelheid in leidingen te laten stromen (hoge turbulentie).
- Hoge temperaturen kunnen ook de kwaliteit van het water achteruit laten gaan, want hoge temperaturen bevordert bacterie-groei. Let op met inval licht en lokale hoge temperaturen in de buurt van leidingwerk en opslagtanks.

5.4 Voorkomen herbevuiling aardappelen en blootstelling door alternatieven voor huidige viltdoeken

In het huidige proces worden viltdoeken ingezet om de aardappelen na het wassen te drogen. Echter is uit analyses gebleken (zie paragraaf 4.3.2) dat het viltmateriaal zeer hoge concentraties aan endotoxinen bevat. Er wordt verwacht dat dit het gevolg is van ophoping van vervuild water in het viltmateriaal en de lage vervangingsfrequentie (<<1x per maand). Hiermee hopen de endotoxinen zich op in het viltmateriaal en worden ook perfecte condities bewerkstelligd voor de verder groei van bacteriën (en daarmee weer endotoxinen) in het viltmateriaal. De aardappelen die met het viltmateriaal in contact kan zo eenvoudig weer besmet worden met endotoxinen en micro-organismen.

Uit een inventarisatie zijn de volgende mogelijke mitigatie-opties naar voren gekomen die ingezet kunnen worden om dit probleem op te lossen, zijnde:

- Inzet laatste naspoeling aardappelen met schoon water (wegwassen endotoxinen uit hergebruikt waswater van product)
- Viltdoeken voorzien van reinigingssysteem, zoals
 - Regelmatig uitpersen water door middel van walsrollen
 - Frequent spoelen met schoon water
 - Toepassing waterstofperoxide oplossing om bacteriën te doden en endotoxinen af te breken
- Alternatieve droogprocessen (om ophoping water te voorkomen)
- Vervangfrequentie verhogen

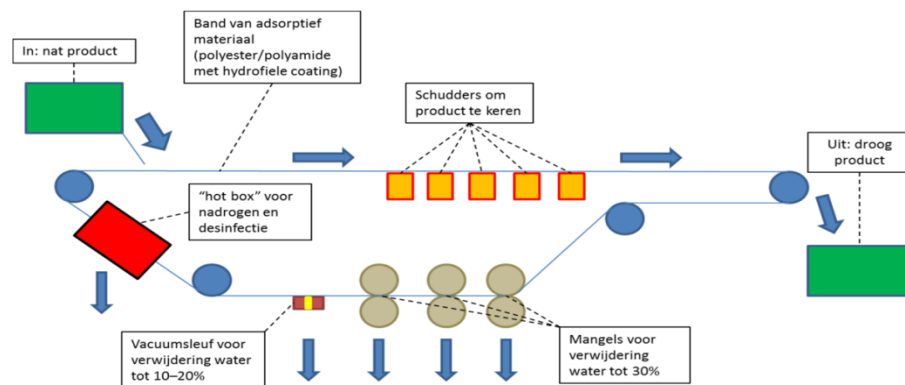
Op dit moment wordt door 1 bedrijf gebruik gemaakt van droogrollen obv schuim/foam. Er wordt verwacht dat dit materiaal hetzelfde probleem kent,

aangezien ook in dit geval water in het materiaal opgenomen wordt en er weinig vervanging en/of reiniging plaatsvindt. In een aantal gevallen wordt UV-bestraling of ozon toevoeging toegepast. Echter zal UV bij de gebruikelijk toegepaste dosis niet intensief genoeg zijn om endotoxinen af te breken. Het is niet bekend of ozon wel voldoende oxidatie kracht kent. Beide methoden zal vermoedelijk wel bijdragen aan het verminderen van het bacterië-niveau in het viltmateriaal. Het is nog niet bekend of dit bijdraagt aan verlagen van het endotoxinen gehalte of juist zorgt voor extra afgifte omdat er meer bacteriën sterven.

In algemene zin geldt dat onderzoek nodig is om het effect van de mitigatieopties vast te stellen en te bepalen of reeds toegepaste methoden (UV/ozon) in staat zijn om het endotoxinen niveau te verlagen. Hierbij dient ook nadrukkelijk geëvalueerd te worden of de arbeidsveiligheid en de kwaliteit van het product in alle gevallen geborgd is.

Ontwikkeling nieuwe innovatie droogsystemen

In de onderstaande figuur is een nieuw TNO concept voor het drogen van product en het vervolgens drogen en desinfecteren van de droogband weergegeven. Het gebruik adsorptiemateriaal is nog in ontwikkeling. Een aantal experimenten op labschaal zijn reeds uitgevoerd. Om te kunnen komen tot demonstratie en implementatie in de sector is nog aanvullend laboratoriumonderzoek en opschaling benodigd.



Figuur 4: TNO concept voor innovatief droogproces obv nieuwe materialen en continue drogen en desinfecteren

5.5 Luchtbehandeling

In de voorgaande paragrafen zijn de mitigatie opties beschreven om de invoer van endotoxinen het bedrijf in zo ver mogelijk te beperken en om de ophoping/groei van endotoxinen in water/viltmateriaal te voorkomen. Om blootstelling aan de nog resterende endotoxinen in de lucht te voorkomen kan omkasting van de belangrijkste bronnen worden toegepast, zodat de lucht hier gericht afgezogen kan worden en personeel niet aan deze lucht wordt blootgesteld. De lucht kan vervolgens gereinigd worden met bijvoorbeeld cycloon of een elektrostatisch filter en vervolgens worden hergebruikt of afgevoerd naar buiten. De afgezogen lucht reinigen is niet alleen van belang voor het bedrijf zelf maar ook voor de omwonenden van het bedrijf. Het normale buitenlucht niveau is ≤ 30 EU/m³,

uitblazen van niet gereinigde lucht uit het bedrijf zal dus deze concentratie snel overschrijden.

Diverse luchtbehandelingstechnieken en de aanpak van emissiepunten worden onderzocht binnen twee recent gestarte TNO projecten, zie paragraaf 3.4.

5.6 Aanvullende opties: monitoring, automatisering + reiniging obv zuigen ipv blazen

Om het endotoxinen gehalte binnen het bedrijf zo laag mogelijk te houden kan er voor gekozen worden om hoog-vervuilde partijen uit te selecteren, bijvoorbeeld bijvoorbeeld door steekproefgewijze analyses.

Ook kan monitoring binnen het bedrijf en sensoren gebruikt worden om de niveaus van endotoxinen frequent te controleren zodat bepaald kan worden wanneer (intensievere) behandeling moet worden ingezet. Ook kan automatisering worden toegepast (bijv. automatisch lezen) om zo te voorkomen dat er personeel aan endotoxinen worden blootgesteld.

Een belangrijk aandachtspunt voor de aardappelbedrijven is de frequentie en de wijze waarop de productieruimtes en machines worden gereinigd. Reiniging dient frequent (bijv. dagelijks) plaats te vinden. Hierbij moet voorkomen worden dat de endotoxinen weer in de lucht komen en dient dus geen gebruik gemaakt te worden van vegen, blazen met perslucht of toepassing van hogedrukspuiten. Reiniging op basis stofzuigen (mits een geschikt filter wordt gebruikt) of handmatig/automatisch nat afnemen van de vloeren/machines met bijvoorbeeld schrobzuigmachine voorkomt verspreiding en wordt daarom sterk aanbevolen.

5.7 Overzicht mitigatie opties

In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van alle toepasbare mitigatie opties.

Tabel 9: Overzicht toepasbare mitigatie opties

Aspect	Mitigatie opties	Toelichting
Overstorten/lossen	Afblazen (luchtmessen)	Inzet van gerichte luchtstromen
	Toepassing optimale ventilatie en optimalisatie wijze van inzet	
	Droog borstelen	Omkastig installatie + afzuiging wordt aangeraden
	Sproeien en afspoelen met waterbesparende technieken	Voorkomen stofniveaus bij lossen (*) Beperken hoeveelheid vervuild waswater door effectief wassen Inzet voor naspoelen (met zo min mogelijk water zo veel mogelijk effect)
	Naspoelen met vers water	1 ^e stap met hergebruikt water, laatste stap altijd met schoon water (voorkomt zo ook aanvoer van endotoxinen richting viltdoeken)
Automatisch lezen	Voorkomen blootstelling door automatisering	Bijv. Smart Grader systeem
Monitoring	Sensoren voor "ruiken" rotte aardappelen of meten endotoxinen in lucht of water	
Schoonmaken	Frequente reiniging ruimte Zuigen ipv blazen	Voorkomen ophoping stof en endotoxinen binnen bedrijf Niet blazen ivm voorkomen herverspreiding door opwerveling
Desinfectie	Bijvoorbeeld UV + H ₂ O ₂	Verwijdering bacteriën betekent ook minder kans op endotoxinen (echter kan bij desinfectie zelf wel endotoxinen vrijkomen als bacteriën sterven)
Alternatieven voor viltdoeken	Luchtmessen	Drogen met gerichte luchtstromen Alternatieve viltdoek uitvoeringen
Inzet luchtbehandeling en omkastig	Voorkomen blootstelling door verwijderen endotoxinen uit de lucht of afscherming van personeel	Vrijwel in alle gevallen cruciaal

6 Conclusies

Endotoxinen norm overschrijdingen

- Bij behandeling van aardappelen van zandgrond wordt in alle gevallen een overschrijding van de luchtnorm gemeten. Gebruikelijk waarden zijn 200-300 EU/m³, terwijl de adviesnorm 90 EU/m³ bedraagt.
- Aardappelen van kleigrond kennen een aanzienlijk lager endotoxinen niveau (tot 10x kleiner). Naar verwachting is dit de voornaamste reden dat de gevonden luchtwaarden onder de norm van 90 EU/m³ liggen.
- Toepassing van een hogere recirculatie-debiet per ton product lijkt te helpen om de endotoxinen concentratie in het water te verlagen. Door het grotere watervolume worden de, met de aardappelen ingevoerde, endotoxinen verdund. Wel zal door het grotere recirculatie de schaalgrootte en dus de kosten van de waterbehandeling toenemen.
- Het aantal uitgevoerde metingen binnen het project is erg klein en vonden plaats in de zomer, wat een relatief rustige periode van het jaar is qua productie. In de winter wordt meer product verwerkt en kunnen de endotoxinen niveaus dus sneller oplopen. Voor hardere conclusies rondom het wel/niet overschrijden van de luchtnorm zijn meer metingen bij diverse bedrijven door het jaar heen nodig.

Bron endotoxinen

- De aardappel en het aanhangende grond/plant-materiaal lijken de voornaamste bron van endotoxinen. Op basis van het ingevoerde gewicht van deze materialen vormen het plantmateriaal en de buitenkant van het product zelf de belangrijkste bronnen. Binnenin de aardappel is een verwaarloosbaar niveau aan endotoxinen gevonden. Verwijdering van het aanhangende materiaal en reiniging van de aardappel zelf lijkt een goede oplossing om de invoer van endotoxinen het proces is sterk te reduceren.
- Ophoping van endotoxinen in het waswater kon nog niet worden vastgesteld, hiervoor is een uitgebreid meetprogramma benodigd.

Endotoxinen norm overschrijdingen

- Bij behandeling van aardappelen van zandgrond wordt in alle gevallen een overschrijding van de luchtnorm gemeten. Gebruikelijk waarden zijn 200-300 EU/m³, terwijl de adviesnorm 90 EU/m³ bedraagt.
- Aardappelen van kleigrond kennen een aanzienlijk lager endotoxinen niveau (tot wel 10x kleiner). Naar verwachting is dit de voornaamste reden dat de gevonden luchtwaarden bij verwerking van klei aardappelen doorgaans onder de norm van 90 EU/m³ liggen.
- Een reductie van endotoxinen tot <1500 EU/ml in het water lijkt nodig te zijn om qua lucht binnen de norm te blijven.

Uitkomsten enquêtes

- Bezinking met of zonder extra stap (vooral coagulatie/flocculatie) is de meest gebruikelijke aanpak voor behandeling van het gebruikte waswater.
- Hergebruikt water wordt doorgaans meerdere dagen of continue 24/7 gebruikt.
- Belangrijke risicopunten voor endotoxinen blootstelling zijn de uitvoer en omgeving van de wasser, de leesband/leesruimte, viltdoeken/droogrollen, zandzeven en kleibaden. Op deze locaties is het water sterk in beweging en/of zijn endotoxinen niveau's hoog en/of zijn vaak grotere aantallen medewerkers aanwezig.

Effecten diverse parameters op endotoxinen niveau

- Type behandeling en schaalgrootte lijken geen significant effect te hebben op het endotoxinen niveau
- Het type grond waar de aardappels in verbouwd zijn heeft een sterke invloed. Uit de uitgevoerde metingen blijkt dat zandgrond tot 10x meer endotoxinen bevat dan klei. Dit lijkt zich door te vertalen in een vergelijkbare toename in endotoxinen in het waswater.
- De resultaten suggereren de aanwezigheid van geladen organische deeltjes naast de endotoxinen. Dit biedt aanknopingspunten voor verwijdering van zowel deze deeltjes als de endotoxinen die zich doorgaans aan deeltjes hechten.
- Toepassing van een hogere recirculatie-debiet per ton product lijkt te helpen om de endotoxinen concentratie in het water te verlagen. Door het grotere watervolume worden de, met de aardappelen ingevoerde, endotoxinen verdund. Wel zal door het grotere recirculatie de schaalgrootte en dus de kosten van de waterbehandeling toenemen.

Waterbehandeling voor reduceren endotoxinen in water

- Voorbehandeling van het water met voorfiltratie, zandverwijdering + coagulatie/flocculatie lijkt in staat een verwijdering van 98% te bewerkstelligen. Mogelijk is deze goede werking gelinkt aan het feit dat het water veel geladen organische deeltjes bevat die door hun lading goed coaguleren en mogelijk daardoor ook goed endotoxinen binden. Na behandeling komt de endotoxinen concentratie in het water onder 100 EU/ml uit. Naar verwachting is dit voldoende om qua luchtconcentraties onder de norm te blijven. De genoemde technieken worden bij circa 50% van de deelnemende bedrijven gebruikt. Naar verwachting kan in de meeste gevallen volstaan worden met optimalisatie van de voorbehandeling en de toevoeging van coagulatie/flocculatie bij bedrijven die nu enkel bezinking toepassen. Vervolgonderzoek is nodig om de optimale instellingen bij diverse condities vast te stellen.
- Aanvullend kunnen diverse membraanfiltratie technieken of waterstofperoxide behandeling ingezet worden om een nog verdergaande verwijdering/afbraak van endotoxinen te bewerkstelligen.

Mitigatie opties voor zo schoon mogelijk starten + luchtbehandeling + reduceren kansen op blootstelling

- Er zijn diverse mitigatieopties voor zo schoon mogelijk starten geïdentificeerd binnen het "Schone Start"-project. Binnen twee in juli 2014 gestarte projecten worden luchtbehandeling en aanpak van emissiepunten onderzocht. Naast inzet van behandelingstechnologie kan ook monitoring, automatisering en reiniging op basis van zuigen/nat afnemen (i.p.v. blazen) toegepast worden om de kansen op blootstelling zo klein mogelijk te maken.

Zeer hoge endotoxinen waarden in viltmateriaal + mogelijke oplossingen

- Het viltmateriaal neemt veel vuil waswater en endotoxinen op en blijft lang hiermee verzadigd. Aangezien doorgaans weinig of geen reiniging en/of frequente vervanging van de rollen plaatsvindt lopen de endotoxinen niveaus sterk op. Inperking van de endotoxinen aanvoer richting de viltdoeken en frequente reiniging/vervanging en/of inzet van alternatieve droogprocessen is cruciaal om blootstellingsrisico's te voorkomen.

7 Voorstel voor vervolg

Uit de TC Endotoxinen en waswater is duidelijk naar voren gekomen dat bij verwerking van aardappelen van zandgrond het endotoxinen niveau in de lucht doorgaans boven de grenswaarde ligt. Bij klei-aardappelen is het endotoxinen gehalte van het ingevoerde product en aanhangend materiaal (grond/plant-materiaal) aanzienlijk kleiner. Uit de TC en het “Schone Start” project is ook gebleken dat er diverse kansrijke mitigatieopties beschikbaar zijn om endotoxinen op het product en in het waswater te reduceren zodat er uiteindelijk veel minder in de lucht terecht komt. Er is dus veel potentie om tot een oplossing voor de endotoxinen problematiek te komen.

Met oog op het bovenstaande zal TNO de interesse peilen bij de diverse leveranciers voor het opstarten van een demonstratieproject, gericht op het formuleren van businesscases en het demonstren van de meest kansrijke mitigatie-technieken.

Hoofddoel is om aan te tonen welke mitigatieopties in staat zijn om daadwerkelijk de gewenste forse reductie in endotoxinen niveau te bewerkstelligen. Qua opzet kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een “proeftuin” bij een aardappelbedrijf waarbij diverse apparaten samen in een ruimte worden geplaatst en gelijktijdig getest kunnen worden. TNO kan onder andere ondersteuning bieden in de vorm van effectiviteitsmetingen, hulp bij implementatie en het goed laten landen van de opgedane kennis en inzichten bij eindgebruikers.

Uit de projecten is ook gebleken dat de viltdoeken een zeer belangrijke bron van endotoxinen vormen aangezien vuil water met hierin endotoxinen ophoopt in het materiaal. Het vinden van een oplossing voor dit probleem is cruciaal om herbesmetting van de aardappelen na het wasproces te voorkomen. TNO heeft kennis in huis rondom o.a. desinfectie, droogprocessen en innovatieve materialen die overgedragen kan worden naar de sector om tot nieuwe en veilige uitvoeringsvormen van de viltdoeken te komen. Er wordt daarom voorgesteld om de viltdoekleveranciers ook nadrukkelijk te betrekken in het beoogde vervolgproject.

Naast het hiervoor genoemde vervolgproject is het van groot belang om meer data te verzamelen om hardere conclusies te kunnen trekken. TNO kan u informatie verstrekken over het uit laten voeren van analyses in water en lucht binnen uw bedrijf. Om de implementatie van oplossingen te versnellen is het ook cruciaal om leveranciers, medebedrijven en andere partijen op de hoogte te brengen van de uitkomsten van de TC en de andere TNO projecten rondom endotoxinen.

Hieronder worden de insteek en te beantwoorden kennisvragen voor de twee beoogde vervolgprojecten beschreven. Ook worden de acties beschreven die ondernomen kunnen worden met betrekking tot het vergaren van extra data en kennisverspreiding binnen de sector.

Project	Activiteiten (op hoofdlijnen)	Te beantwoorden kennisvragen
<p>Demonstratie droge en natte oplossingen</p> <p><i>(mitigatietechnieken voor zo schoon mogelijk starten en waswater-behandeling om blootstelling aan endotoxinen te reduceren/voorkomen)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Benodigde investeringen scherper krijgen (mede obv testen) – Testen geoptimaliseerde voorbehandeling (voorfiltratie, zandverwijdering, coagulatie/flocculatie) – Evt testen aanvullende waterbehandelingstechnieken , indien extra verwijdering nodig blijkt – Evt testen verschillende recirculatiegebieden per ton product – Testen mitigatie opties voor zo schoon mogelijk starten, omkasting/luchtbehandeling, monitoring/sensoren en slim reinigen – Beantwoorden kennisvragen – Ontwikkeling beslismodel voor bepalen meest geschikte mitigatieopties per situatie – Onderzoek naar optimale reiniging en ontwerp van viltdoeken 	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoeken effect gebruik schoner water na inzet waterbehandeling op houdbaarheid/kwaliteit product • Vaststellen meest optimale coagulant dosis voor diverse scenarios (zand/klei-aardappelen, verschillende schaalgroottes etc) • Onderzoeken welke organische materialen in hergebruik water mogelijk interessant zijn om terug te winnen + vaststellen businesscase • Vaststellen optimale opmaak voor afvoer/verwerking slib uit lamellenseperator • Gedrag zand en klei in lamellenseparator onderzoeken • Vaststellen wel/geen ophoping in de tijd door uitgebreidere meetserie
<p>Aanvullende analyses</p>	<p>In verband met een beperkte hoeveelheid middelen kon binnen het TC en de parallelle projecten slechts een beperkt aantal analyses worden uitgevoerd. Om hardere conclusies te kunnen trekken zijn aanvullende analyses hard nodig. Aan de hand van het stappenplan (Bijlage 3) en de informatie mbt monsternamen en analyse (Bijlage 4 en 5) kunt u bepalen waar en hoe u analyses kan laten uitvoeren.</p>	
<p>Inzichten delen met leveranciers en collega's</p>	<p>TNO zal brede kennisverspreiding binnen de sector verzorgen middels artikelen in o.a. Aardappelwereld. Waar mogelijk wordt aansluiting bij een congres/symposium gezocht.</p> <p>Graag vragen wij u om de inzichten die u verkregen hebt binnen het project te delen met uw apparatenleveranciers en collega's.</p>	

8 Afkortingen- en begrippen lijst

CZV	Chemische zuurstofverbruik (hoeveelheid te oxideren materiaal)
EC	Electrical conductivity (of te wel elektrische geleidbaarheid)
EU	Endotoxine units (eenheid voor hoeveelheid endotoxinen)
Mitigatie	Inzetten technieken/methoden om een probleem te verhelpen
TC	Technologie Cluster

9 Referenties

- [1] Annemieke van de Runstraat, Anton Duisterwinkel, Jeroen Terwoert, Suzanne Spaan; *Selectie van kansrijke mitigatietechnieken voor reductie van blootstelling aan endotoxinen in de agro-food industrie*; TNO rapport ; september 2014
- [2] Suzanne Spaan, Mariska Gröllers-Mulderij, Brigi van Duuren-Stuurman, Jeroen Terwoert; *Endotoxinen-niveaus op productmonsters van aardappelen, uien en zaden in het kader van kansrijke mitigatietechnieken*; TNO Rapport 2014 R10455; april 2014
- [3] Endotoxin control in medical device manufacturing;
<http://www.cregannatactx.com/wp-content/uploads/pyrogenwhitepaper.pdf>;
bezocht in September 2014

10 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:
Stichting NAO Projecten

Namen en functies van de projectmedewerkers:
René Jurgens (hoofdauteur TNO)
Suzanne Spaan (TNO Rapid)
Jeroen Terwoert (TNO Rapid)
Annemieke van de Runstraat (TNO Pid)
Anton Duisterwinkel (TNO Pid)

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:
Januari 2014— oktober 2014



Naam en paraaf tweede lezer:
Wilfred Appelman

Ondertekening:



René Jurgens
Projectleider



Monique Oldenburg
Research Manager

11 Bijlagen

Bijlage I	Bedrijfsenquête
Bijlage II	Gemeten monsters
Bijlage III	Stappenplan voor in kaart brengen situatie mbt endotoxinen
Bijlage IV	Monsternamen + analyse endotoxinen en overige parameters in water
Bijlage V	Monsternamen + analyse endotoxinen in lucht
Bijlage VI	Toelichting op aanvullende waterbehandelingstechnieken

Bijlage I: Bedrijfsenquête

Zie bijgevoegd bestand. TNO kan de enquête ook los verstrekken mocht u deze niet per email ontvangen hebben.

Bijlage II: Gemeten monsters

In onderstaande tabel staan het aantal monsters en het aantal meegewerkte bedrijven aangegeven.

	Totaal	Aardappelen	Uien	Zaden
Totaal	330	86	94	150
Aantal bedrijven	18	9 - Industriële verwerking: 5 - Verpakkingsbedrijven: 4	5	4 - Landbouw: 1 - Tuinbouw: 3
Buitenkant product	150	25	28	97 *
Grondmateriaal	55	27 **	28	-
Plantmateriaal	61	20 ****	28 ***	13
Afvalmateriaal	40	-	-	40
Proceswater	7	7	-	-
Viltmateriaal	7	7	-	-
Rotte uien	10	-	10	-

* Ongeschoonde en geschoonde zaden

** Inclusief 2 kluiten

*** Staart van de uien

**** Plantmateriaal niet altijd beschikbaar

In de volgende tabel staan de soorten aardappelen die gebruikt zijn en daarbij ook aangegeven vanuit welke type grondsoort ze gehaald zijn en of de schil van de aardappel glas of ruw is.

Aardappel	Grondsoort	Huid		Aardappel	Grondsoort	Huid
Agria	Klei	Glad		Agria	Zand	Glad
AnnaSelle	Klei	Glad		Innovator	Zand	Ruw
Annabelle	Klei	Glad		Spunta	Zand	Ruw
Cupido	Klei	Glad		Bintje	Zand	Ruw/Glad
Melody	Klei	Glad		Fontane	Zand	Ruw/Glad
Bildtstar	Klei	Ruw		Hansa	Zand	Ruw/Glad
Eigenheimel	Klei	Ruw				
Eigenheimer	Klei	Ruw				
Innovator	Klei	Ruw				
Maritiema	Klei	Ruw				
Milva	Klei	Ruw				
Santé	Klei	Ruw				
Fontane	Klei	Ruw/Glad				
Nicola	Klei	Ruw/Glad				
Santé	Klei	Ruw/Glad				

Bijlage III: Stappenplan voor in kaart brengen situatie mbt endotoxinen blootstelling binnen uw bedrijf

De gebruikte aanpak binnen de TC endotoxinen en waswater is vertaald naar een stappenplan dat door aardappelbedrijven kan worden gebruikt om hun situatie in kaart te brengen en te bepalen of overschrijding van de adviesnorm (90 EU/m³) plaatsvindt.

- Verzamel alle beschikbare informatie over het watersysteem (opbouw, processchema, debieten, samenstellingen, reeds uitgevoerde analyses)
- Vul de bedrijfsenquête in (zie Bijlage 1)
- Identificeer risicopunten, door te kijken op welke locaties nevels vrijkomen en/of product/water sterk in beweging is.
 - Gebruikelijk risicopunten zijn uitvoer + omgeving wasser, viltdoeken, zandzeven, kleibaden en zoutbaden
- Laat endotoxinen analyses uitvoeren in het waswater voor en na de diverse behandelings-stappen (bezinking, lamellenseparator, etc). Afhankelijk van het budget wat u tot uw beschikking heeft kunt u ervoor kiezen om enkel voor en na het totaal aan behandeling te meten of echt voor en na elke stap. (*)
- Neem gelijktijdig met de endotoxinen monsters ook watermonsters, om deze te laten meten op CZV, pH, elektrische geleidbaarheid en troebelheid. Deze parameters zijn van belang om te bepalen welke technologieën ingezet kunnen worden. (*)
- Laat analyse uitvoeren in de lucht boven het water op de geïdentificeerde risicopunten (*)
 - Belangrijk aandachtspunt is om de toegangsdeuren zoveel mogelijk dicht te houden zodat de luchtconcentratie binnen het bedrijf goed vastgesteld kan worden.

(*) Informatie over monsternamen en analyse van endotoxinen en de overige parameters in water en lucht vindt u in Bijlage 4 en 5.

TNO helpt u graag wanneer u vragen hebt. Aan de hand van de uitkomsten van de enquêtes en de analyses kan TNO u adviseren omtrent inzet van diverse mitigatieopties (waterbehandeling, luchtbehandeling, etc) om blootstelling aan endotoxinen te reduceren tot onder de adviesnorm. Voor het adviestraject zal een kleine vergoeding worden gevraagd, deze zullen wij in overleg met u vaststellen.

Bijlage IV: Monstername + analyse endotoxinen en overige parameters in water

In de onderstaande paragrafen wordt beschreven hoe en door wie u water monsters kan laten nemen en analyseren.

11.1.1 Inleiding

De endotoxinen analyses geven uw een indicatie van het endotoxinen niveau in uw watersysteem voor en na behandeling van het recirculatiewater. De overige parameters (ph, geleidbaarheid, troebelheid, chemisch zuurstofverbruik en temperatuur) worden gemeten om de toepasbaarheid van diverse waterbehandelingstechnieken te kunnen bepalen.

In de onderstaande paragrafen worden alle praktische details rondom deze monstername beschreven.

11.1.2 Overzicht monstername + uitvoerder

Wat?	Door wie?	Wanneer?
Monstername endotoxinen in water	RPS	Gelijktijdige monstername voor endotoxinen + overige parameters
Monstername in water tbv bepalen waarden overige parameters	Werknemer	

RPS zal de endotoxinen niveaus in de monsters bepalen.

11.1.3 Richtprijzen

Hieronder worden de richtprijzen voor de analyses + monstername genoemd. Dit is enkel als indicatie bedoeld. Vraag altijd een actuele offerte aan bij RPS (Tom van Bakel, tom.van.bakel@rps.nl) en AL-west ([Henk Berenpas](mailto:Henk.Berenpas@al-west.nl), Henk.Berenpas@al-west.nl)

- Endotoxinen analyse: € 225,- per monster
- Monstername endotoxinen: 1-2*€89,- (1-2 uur werk voor RPS-technicus)
- Overige parameters: €30,- per monster

11.1.4 Te nemen monsters + opsturen

- RPS neemt endotoxinen monsters
- Werknemer neemt monsters voor overige parameters. Al-West kan deze parameters (ph, geleidbaarheid, troebelheid en chemisch zuurstofverbruik (indicatie voor organische vracht) in deze monsters meten)
- Voor de monstername van de overige parameters kunnen monsterpotjes (ca 100 ml) of andere potjes/vaatjes worden gebruikt.

Meet-moment	Monsters (aantallen zijn vrij)	Monstername	Waar
Begin dag (± 8:00)	<u>Endotoxinen (monstername doo RPS)</u>	Endotoxinen - > RPS	<ul style="list-style-type: none"> • Direct bij uitvoer wasser • Na behandeling en voordat het in de wasser wordt geleid <p>(eventueel kan ook tussen de verschillende behandelingstappen een monster genomen worden, bijv tussen bezinking en lamellenseparator)</p>
Einde dag (± 16:00)	<u>Overige parameters (in monsterpotjes, monstername door werknemer)</u>	Overige parameters -> werknemer Belangrijk: meet ook temperatuur!	

11.1.5 Adres voor opsturen monsters overige parameters

Al-West BV
Tav Henk Berenpas
Dortmundstraat 16
7400 AR Deventer

11.1.6 Gegevens over monsters noteren:

Wij raden aan om de volgende gegevens te noteren, ten behoeve van het koppelen van monsters aan de analyse uitkomsten en voor de interpretatie van de resultaten.

Op monsterbuisje/monsterpotje zelf

- Datum + tijdstip monstername
- Naam bedrijf
- Nummer monster

In onderstaande tabellen

- Gevraagde contextuele informatie met betrekking tot monsters (temperatuur, type aardappel, tijdstip,...)

Te verzamelen contextuele informatie bij monsters

Naam bedrijf	Overige parameters (in monsterpotjes)			
Monster				
Monster-name punt				
Tijdstip				
Temperatuur				
Type aardappel wat verwerkt wordt (ras aardappel)				
Batch nr (track & trace)				
Kwaliteit partij				
Ruwe of gladde schil				
Klei- of zandgrond				
Persoon die monster heeft genomen				
Datum monster-name				
Observaties				
Verdere opmerkingen				

Bijlage V: Monstername + analyse endotoxinen in lucht

In de onderstaande paragrafen wordt beschreven hoe en door wie u lucht monsters kan laten nemen en analyseren.

11.1.7 Contactgegevens en kosten voor analyses

Bedrijf	RPS
Contactpersoon	Tom van Bakel (tom.van.bakel@rps.nl).
Monstername kosten	ca. 3-5*€89,- voor uren monstername-technicus (*)
Analyse kosten	225,- per monster

(*) Monstername kosten hangen af van aantal genomen monsters. I.v.m. voorrijden en standaard handelingen is er altijd een paar uur nodig, extra monsters vragen slechts beperkt extra tijd. RPS kan aangeven wat de te verwachte kosten voor het door uw gewenste aantal monsters is.

Monstername vindt plaats met een pomp waarin een speciaal filter aanwezig is. Dit filter vangt endotoxinen deeltjes af. Achteraf kan bepaald worden hoeveel endotoxinen zijn afvangen en kan dit gewicht ook vertaald worden naar een hoeveelheid endotoxinen per m3 (aan de hand van afgezogen volume).

11.1.8 Aanbevolen locaties

Moment	Mogelijke locaties voor luchtmonsters (met oog op blootstellings-risico)
Monstername van 8:00-16:00	Boven uitvoer wasser Boven zandzeef Boven droogrollen Boven kleibad Boven zeefband/pompbad Leesruimte

11.1.9 Gegevens over monsters noteren:

Wij raden aan om de volgende gegevens te noteren, ten behoeve van de interpretatie van de resultaten.

11.1.10 Te verzamelen contextuele informatie bij monsters

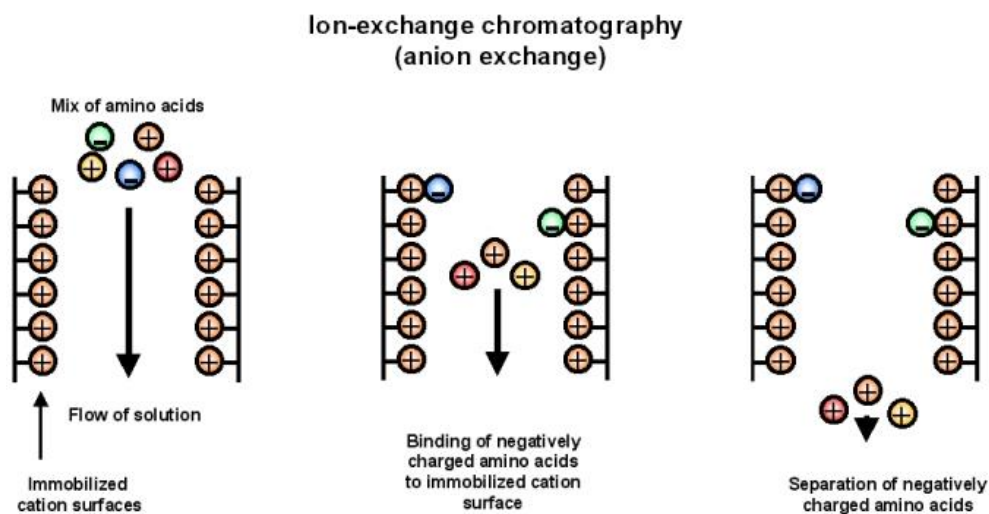
Naam bedrijf	Overige parameters (in monsterpotjes)			
Monster				
Monster-name punt				
Tijdstip				
Temperatuur				
Type aardappel wat verwerkt wordt (ras aardappel)				
Batch nr (track & trace)				
Kwaliteit partij				
Ruwe of gladde schil				
Klei- of zandgrond				
Persoon die monster heeft genomen				
Datum monster-name				
Observaties				
Verdere opmerkingen				

Bijlage VI: Toelichting op aanvullende waterbehandelingstechnieken

In de onderstaande paragrafen worden de aanvullende technieken beschreven die ingezet kunnen om, indien nodig, na voorbehandeling (voorfiltratie, zandverwijdering, coagulatie/flocculatie) een extra verwijdering/afbraak van endotoxinen te realiseren.

11.1.11 Ionen wisseling

Ionenwisseling is gebaseerd op de uitwisseling van ionen uit de waterstromen met ionen uit een niet-oplosbaar materiaal (hars). Voor de uitwisseling zijn voornamelijk elektromagnetische krachten en/of adsorptie van belang. De ionenuitwisseling-harsen kunnen een natuurlijke herkomst hebben of zijn geproduceerd. De natuurlijke materialen zijn beter bekend als zeolieten, dit zijn complexe aluminosilicaten met natrium als mobiel ion. De geproduceerde materialen kunnen synthetische aluminosilicaten zijn, die dan ook zeolieten worden genoemd, maar zijn doorgaans vaak harsen (styreen and divinylbenzeen copolymeren) of phenol-gebaseerde polymeren. In Figuur 5 wordt het werkingsprincipe schematisch weergegeven.



Figuur 5: Schematisch weergave werkingsprincipe ionenwisseling

Vijf typen syntetische ion-uitwisselings-harsen zijn nu in omloop: (1) sterk zuur kation, (2) zwak zuur kation, (3) sterke base anion, (4) zwakke base anion en (5) zware metalen selectieve chlerende harsen. Harsen kunnen ook een macroporeuze structuur hebben voor de adsorptie van organisch materiaal (uitgedrukt in KMnO_4/L).

Relevante eigenschappen voor de ion-uitwisselings harsen zijn:

- Uitwisselingscapaciteit (eq/L of eq/kg): hoeveelheid uitwisselbare ionen dat de hars op kan nemen. Bij voorkeur ligt de “ideale” waarde hoger dan de capaciteit die gevonden wordt tijdens operatie;
- Deeltjesgrootte: belangrijke factor met betrekking tot het stromingsgedrag en de kinetiek van de ionen uitwisseling;
- Stabiliteit: chemische/fysische bestendigheid over langere duur;
- Selectiviteit: het ionen uitwisselings-proces is een evenwichtsproces tussen de ionen in het water en de ionen in de hars. Een hoge selectiviteit voor een bepaald ion betekent dat dit specifieke ion in sterke mate uitgewisseld wordt. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van de selectieve chelerende harsen.. Deze harsen zijn speciaal ontwikkeld om zeer selectief zware metalen te verwijderen en bereiken hierdoor een zeer hoog verwijderingsrendement.

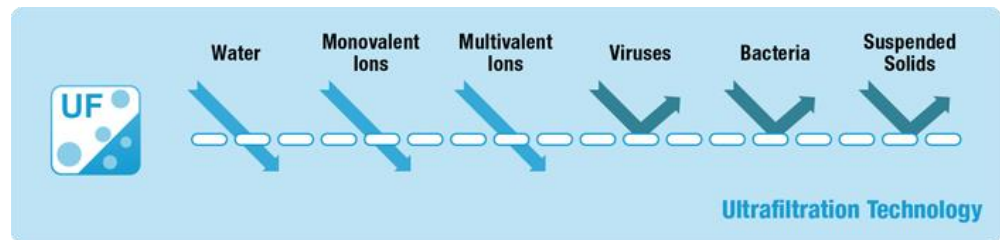
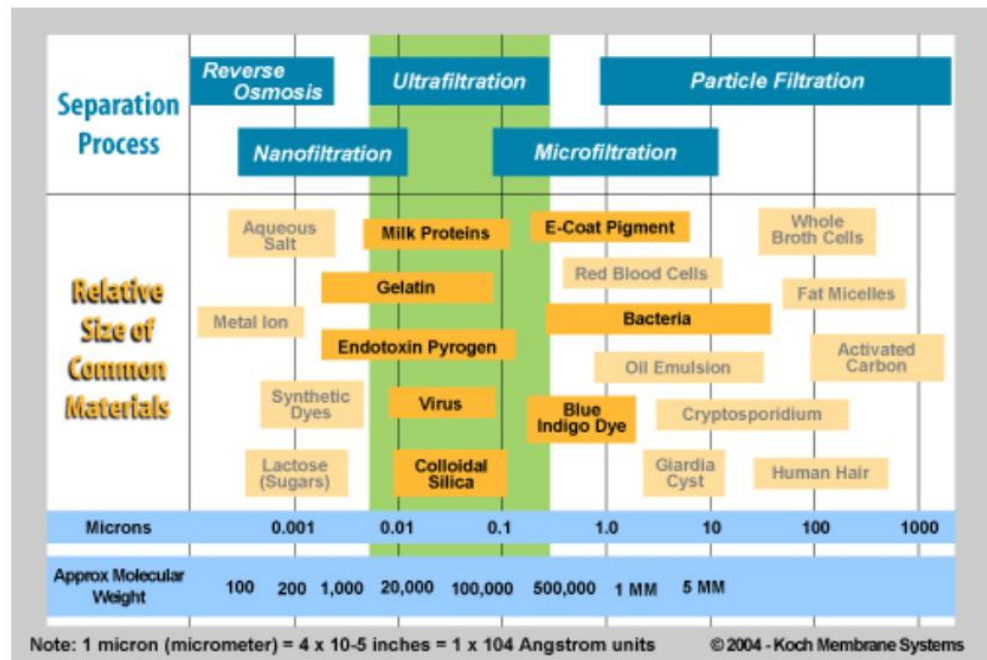
Zodra de hars op gebruikt is wordt deze afgescheiden, geregeneerd en hergebruikt. Voor de regeneratie zijn vaak zouten, basen of zuren nodig.

11.1.12 Ultrafiltratie

Ultrafiltratie is een van de drukgedreven membraanprocessen. Het ultrafiltratieproces maakt gebruik van een membraan, een semi-permeabel materiaal, waar in het geval van ultrafiltratie enkel deeltjes doorheen kunnen kleiner dan 20 nm. De poriegrootte situeert zich tussen 20 nm en 0,1 micron.

Ultrafiltratiemembranen worden in verscheidene configuraties door de leveranciers aangeboden, elk met zijn specifieke toepassing en bijhorende voor- en nadelen. Mogelijke membraanconfiguraties zijn:

buisvormige membranen: capillair, holle vezel of tubulair;
plaatvormige membranen: vlakke plaat of spiraalgewonden



Ref = Koch Membrane Systems

11.1.13 Nanofiltratie

Nanofiltratie is een drukgedreven membraanproces dat zich qua scheidingsgrens situeert tussen ultrafiltratie en omgekeerde osmose. Zeefwerking berust op het verschil tussen de deeltjesgrootte en de poriëndiameter. De poriegrootte van een nanofiltratiemembraan wordt gekarakteriseerd door een cut-off waarde. Deze cut-off waarde komt overeen met het moleculegewicht van het kleinste molecule dat voor 90% wordt tegengehouden door de toplaag van het membraan (2 µm dik). De cut-off waarde wordt uitgedrukt in Dalton (Dalton = gewicht in gram van 1 mol van het molecule). Een typisch nanofiltratiemembraan situeert zich in het gebied van 150 – 500 Dalton, afhankelijk van de molecuulstructuur.

Nanofiltratiemembranen bezitten poriën met een grootte van ongeveer 1 nm. De zoutretentie voor een typisch nanofiltratiemembraan is beduidend lager dan bijvoorbeeld voor omgekeerde osmose, terwijl de zoutretentie naar nul gaat voor ultrafiltratie.

Een nanofiltratiemembraan kent ook een ion-selectiviteit. Dit is het vermogen om verschillende ionen van elkaar te onderscheiden. Doordat een nanofiltratiemembraan vaste geladen groepen in zijn membraanstructuur herbergt, kunnen er elektrostatische repulsie- / aantrekkingskrachten optreden tussen de componenten in de vloeistof en het (nanofiltratie)membraanoppervlak waardoor een zekere ion-selectiviteit ontstaat.

Een nanofiltratiemembraan kan bestaan in tubulaire, spiraalgewonden, of vlakke plaat vorm. Een spiraalgewonden module (zie onderstaande figuur) is opgebouwd uit spiraal gewonden polyamide membraanlagen. Aan het uiteinde van het membraan worden de spiraal gewonden lagen afgedicht door een eind cap. Middenin de spiraal gewonden module bevindt zich de permeaat verzamelbuis. Al het zuiver water wordt doorheen de spiraal windingen afgeleid en verzameld in deze buis

11.1.14 Zandfiltratie/Actief kool adsorptie

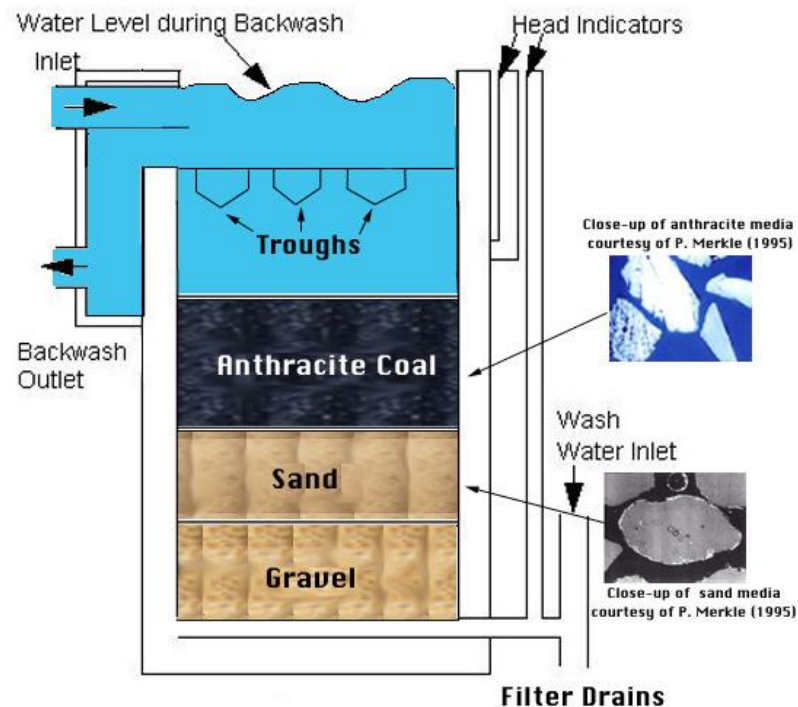
Zandfiltratie wordt toegepast voor het verwijderen van zwevend stoffen, alsook drijvende en bezinkbare deeltjes. Het afvalwater stroomt verticaal doorheen een bed van fijn zand en/of grind. Aanwezige deeltjes worden verwijderd door middel van adsorptie of fysische inkapseling. Als de drukval over de filter te groot wordt, moet teruggespoeld worden.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen continue en discontinue filters. Bij continue filters (vaak opwaarts stromende filters) wordt voortdurend het vervuild zand verwijderd, gewassen en hergebruikt zonder onderbreking van het filtratieproces. Discontinue filters (vaak neerwaarts stromende filters) onderbreken hun werking en voeren een tegenstroomspoeling uit. Er worden luchtballen in het zandbed geblazen zodat dit losgewoeld wordt. Vervolgens stroomt gefilterd water in tegenstroom doorheen het filterbed. De vervuilde materie komen vrij en stroomt mee met het spoelwater. Het filtratieproces kan vervolgens hervat worden.

Het rendement van een zandfilter wordt bepaald door een tweetal manieren van werken van zandfilters, namelijk oppervlaktefiltratie en dieptefiltratie. Bij

oppervaktesfiltratie worden de af te vangen deeltjes reeds boven op het filterbed afgevangen. Deze deeltjes vormen samen een macroporeuze koek die nieuwe deeltjes op een zeer effectieve wijze kunnen afvangen. Bij dieptefiltratie gaat het in het algemeen om kleinere deeltjes die moeilijker af te vangen zijn en die door adsorptie aan de zanddeeltjes hechten. Vuil afkomstig van oppervaktesfiltratie is gemakkelijker te verwijderen tijdens het terugspoelen ten opzichte van vuil afkomstig van dieptefiltratie.

Zandfiltratie kan gecombineerd worden met actief kool om zo organische componenten uit het water te kunnen adsorberen. Actief kool kent een zeer groot intern oppervlak en kan hierdoor een zeer goede verwijdering bewerkstelligen. Een aandachtspunt hierbij is wel dat het actief kool door het grote oppervlak en de aanwezigheid van afgevangen organisch materiaal een goede voedingsbodem kan vormen voor bacteriële groei.



11.1.15 Oxidatie met H₂O₂ (waterstofperoxide)

Geavanceerde oxidatie processen (of advanced oxidation processes, AOP) worden gebruikt voor het oxideren van complexe organische constituenten (die moeilijk biologisch afbreekbaar zijn) naar simpelere eindproducten. Een AOP is een sterke versnelde oxidatie reactie waarbij doorgaans gebruik wordt gemaakt van een vrij hydroxyl radicaal (OH \cdot) welke fungeert als een sterke oxidant. Het radicaal vernietigt stoffen die niet met conventionele oxidanten (zoals zuurstof, ozon en chloor) kunnen worden geoxideert. De vrije radicalen kunnen verkregen worden uit ozon (O₃) of waterstofperoxide (H₂O₂) door directe reactie met elkaar of door reaction met UV-licht (photolysis). [7] Tot nu toe vormen UV/O₃, O₃/H₂O₂ en UV/H₂O₂ de meest toegepaste systemen voor waterbehandeling.

De vrije radicalen reageren met verontreinigingen en initiëren een reeks van oxidatieve degradatie reacties. Wanneer UV-licht wordt gebruikt vindt een groot deel van de organische afbraak plaats als gevolg van photolyse van organische componenten. AOP's zijn tot nu toe met name toegepast voor drinkwater en specifieke industriële afvalwaterstromen (bijv. textiel). Het hoofddoel van deze techniek is het verwijderen van synthetische organische chemicaliën, pesticiden en geur componenten. De chemie van AOP is complex vanwege de grote verscheidenheid aan reacties die op kan treden. Nadeel van AOP is dat de toxiciteit van mogelijke bijproducten niet altijd lager ligt dan van de originele stoffen in het water. Ook kan de chemicaliën consumptie hoog liggen vanwege het niet-specifieke karakter van de techniek. Een aantal andere nadeel is de verlaagde effectiviteit wanneer er componenten aanwezig zijn die radicalen wegvangen. Een groot voordeel van AOP is dat een complete oxidatie tot CO₂ en water mogelijk is en dat er geen slib/concentraat wordt geproduceerd.