

# **Indicatoren voor Duurzame Ontwikkeling (D.O.) in de Belgische industrie**

*Dominiek Deconinck, Universiteit Antwerpen, STEM*

*Lieven Capon, Universiteit Antwerpen, STEM*

*Bart Clerinx, Universiteit Antwerpen, STEM*

*Johan Couder, Universiteit Antwerpen, STEM*

Oktober 2001

## **Hefbomen voor een beleid gericht op Duurzame Ontwikkeling**

### **Plan voor wetenschappelijke ondersteuning van een beleid gericht op Duurzame Ontwikkeling**

DWTC Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele  
Aangelegenheden

## **Inhoudstafel**

<b>Inhoudstafel.....</b>	<b>2</b>
<b>INLEIDING.....</b>	<b>5</b>
<b>INDICATOREN .....</b>	<b>5</b>
<b>HET PROJECT.....</b>	<b>6</b>
SECTORSTUDIE .....	6
ONTWIKKELING INDICATOREN .....	6
VOORTGANG NAAR DO .....	7
<b>MOUTEN.....</b>	<b>8</b>
BESCHRIJVING .....	8
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	9
LUCHTEMISSIES, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL .....	9
MAATREGELEN .....	10
<b>BROUWEN.....</b>	<b>11</b>
BESCHRIJVING .....	11
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	12
LUCHTEMISSIES, WATERROZINGEN EN AFVAL .....	14
MAATREGELEN .....	16
<b>SCHROTEN.....</b>	<b>16</b>
BESCHRIJVING .....	16
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	17
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	17
MAATREGELEN .....	18
<b>MAÏSCHEN .....</b>	<b>18</b>
BESCHRIJVING .....	18
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	19
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	19
MAATREGELEN .....	19
<b>FILTRATIE - KLAREN.....</b>	<b>20</b>
BESCHRIJVING .....	20
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	20
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	20
MAATREGELEN .....	21
WORTKOKEN .....	22
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	23
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	23
MAATREGELEN .....	23

<b>CENTRIFUGATIE EN KOELING.....</b>	<b>25</b>
BESCHRIJVING .....	25
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	25
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	26
MAATREGELEN .....	26
<b>FERMENTATIE.....</b>	<b>27</b>
BESCHRIJVING .....	27
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	28
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	28
MAATREGELEN .....	29
<b>NAGISTING/LAGERING.....</b>	<b>30</b>
BESCHRIJVING .....	30
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	30
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	31
MAATREGELEN .....	31
<b>EINDFILTRATIE.....</b>	<b>31</b>
BESCHRIJVING .....	31
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	32
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	32
MAATREGELEN .....	32
<b>AFWERKING.....</b>	<b>33</b>
BESCHRIJVING .....	33
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	34
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	34
MAATREGELEN .....	34
<b>BOTTELING .....</b>	<b>34</b>
BESCHRIJVING .....	34
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	35
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	36
MAATREGELEN .....	37
<b>REINIGING.....</b>	<b>40</b>
BESCHRIJVING .....	40
INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE .....	40
LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL.....	40
MAATREGELEN .....	40
<b>CODES VAN GOEDE PRAKTIJK – GOOD HOUSEKEEPING .....</b>	<b>42</b>
Onderhoud.....	42
Efficiëntie van de productielijn.....	42
Algemene voorzorgsmaatregelen.....	43

<b>INDICATORSET .....</b>	<b>44</b>
<b>VOORTGANG NAAR D.O. ....</b>	<b>47</b>
ALGEMENE VRAGEN .....	48
HOUDING T.O.V. MILIEU .....	51
OPTIES UIT DE SECTORSTUDIE.....	58
<b>Besluiten.....</b>	<b>70</b>
<b>Referenties.....</b>	<b>72</b>

## **INLEIDING**

WBCSD definieert eco-efficiëntie als volgt: “Eco-efficiëntie wordt bereikt door het leveren van goederen en diensten om te voldoen aan de menselijke behoeften, en terzelfdertijd geleidelijk de ecologische impact en het materiaal gebruik doorheen de life-cycle te verminderen tot een niveau dat tenminste gelijk ligt aan het draagvermogen van de aarde”

Het is een concept dat bedrijven, overheden en individuen kan helpen duurzamer te worden. Het vraagt aan de bedrijven meer opbrengst te bekomen met minder inputs van materiaal en energie en bijgevolg met gereduceerde emissies.

Om deze doelen vast te leggen en evoluties te registreren kunnen indicatoren gebruikt worden. In het geval van dit project wordt er een doorlichting gemaakt van de brouwerijsector, aan de hand hiervan een indicatorenset opgesteld en met deze set wordt de evolutie van de sector naar DO opgevolgd.

## **INDICATOREN**

Een indicator geeft de sleutel aan tot zaken van groter betekenis of dat een trend of fenomeen, die niet onmiddellijk detecteerbaar is, begrijpbaar maakt. Indicatoren verschaffen informatie op een meer kwantitatieve manier dan woorden en prenten alleen.

Het OECD definieert een indicator als een parameter of waarde afgeleid van parameters, die informatie verschaft over een fenomeen. Eveneens heeft de indicator groter betekenis dan enkel de eigenschappen verbonden aan de parameterwaarden. Indicatoren worden gebruikt voor verschillende doeleinden en hebben twee belangrijke functies. Ten eerste reduceren ze het aantal parameters die normaal noodzakelijk waren om een juiste presentatie van de situatie te geven. Ten tweede vereenvoudigen ze het communicatieproces waarin de informatie in verband met de meetresultaten wordt doorspeeld aan de gebruiker. De selectie van indicatoren berust op drie criteria: relevantie voor het beleid, analytical soundness en meetbaarheid.

Volgens de UN, zijn indicatoren bakens die de route kunnen wijzen naar duurzame ontwikkeling. De indicatoren kunnen ons helpen te tonen of we in de goede richting evolueren. Zij stippen trends en verbanden aan en leveren een bindmiddel tussen gedetailleerde data en geïnterpreteerde informatie.

Er zijn verschillende kaders waarrond indicatoren ontwikkeld en georganiseerd worden. Desondanks bestaat er geen enkel kader dat indicatoren levert voor alle doeleinden. Een kader kan in de loop van de tijd veranderen, dit door verandering in wetenschappelijk inzicht, een stijging van de milieuproblemen of een verandering van de maatschappelijke waarden.

Het meest gebruikte kader om een evaluatie te maken van de interactie tussen menselijke activiteit en de omgeving, is het pressure-state-respons-model (PSR) gebruikt door het OECD. Dit kader is opgebouwd uitgaande van het causaliteitsbeginsel: “Menselijke activiteit veroorzaakt druk (pressure) op de omgeving en verandert de kwaliteit en de kwantiteit van

natuurlijke bronnen (state). De maatschappij beantwoordt deze veranderingen door een milieu-, algemeen economisch- en politiek beleid (respons). Deze maatschappelijke reactie zorgt voor feed-back voor de druk uitgeoefend door de menselijke activiteiten. De respons indicatoren meten de actie ondernomen als gevolg van de opgemerkte veranderingen in het milieu. Ideaal zou het zijn als responsindicatoren een reflectie gaven van de inspanningen van de maatschappij in verband met de bestrijding en voorkoming van specifieke milieuproblemen.

## **HET PROJECT**

Het hoofddoel van het project is het meten van de milieudruk van de brouwerijssector en van haar respons om deze druk te verminderen, en het meten van de voortgang van de sector naar Duurzame Ontwikkeling.

De volgende stappen werden hierbij gevolgd:

- Sectorstudie
- Opstellen indicatorenset
- Meten van voortgang naar DO

## **SECTORSTUDIE**

Vooreerst wordt er een grondige beschrijving gemaakt van de brouwerijsector. Een belangrijk aandachtspunt bij deze sectorstudie is om duidelijk de verschillende processtappen af te bakenen en deze als black boxes te beschouwen. Daardoor kan per processtap duidelijk aangegeven worden welke de benodigde grond- en hulpstoffen zijn, en waar emissies en afval vrijkomen. Er worden ook steeds bij elke stap de mogelijke maatregelen vermeld die kunnen toegepast worden om de milieudruk te verminderen, dit zowel preventieopties als beperkingen voor de uitstoot. Hierdoor wordt het in het volgende stadium mogelijk om in te spelen op de verschillende stappen in het productieproces en om aldus op dit niveau responsindicatoren te ontwikkelen. Hierbij moet er gestreefd worden naar een beschrijving die geldt voor alle bedrijven in de sector. De keuze voor de brouwerijsector werd gemaakt vermits de processen die plaatsgrijpen homogeen zijn over heel de sector zodat de indicatoren gelden voor alle bedrijven, en vermits de federatie reeds vertrouwd is met dergelijke studies.

## **ONTWIKKELING INDICATOREN**

Vooreerst wordt een set van drukindicatoren ontwikkeld. Drukindicatoren voor de verschillende vormen van milieudruk waren eenvoudig op te stellen.

Wat betreft responsindicatoren wordt in de eerste plaats gedacht aan preventie. Via de sectorstudie werd inzicht verkregen in de parameters die de procesvoering sturen en controleren. Deze parameters treden bijgevolg op als aangrijpingspunten voor het bijstellen

van de procesvoering, waardoor input en / of output kan verminderd worden. Essentieel voor een algemeen gebruik en een kwantitatieve benadering van deze indicatoren is de vergelijkingsbasis waaraan alle gegevens kunnen gerelateerd worden. Het gaat immers niet op om te spreken over afvalpreventie indien de hoeveelheid afval afgenomen is enkel en alleen omdat het productievolume afgenomen is. Om iets te zeggen over de procesoptimalisatie dient de input en de output gerelateerd te worden aan het productievolume. Hoewel bij de responsindicatoren preventie boven aan de lijst staat, wordt ook aandacht geschonken aan maatregelen met betrekking tot hergebruik en recuperatie.

Zowel kwalitatieve als kwantitatieve indicatoren worden uitgewerkt. Hierbij dienen de kwalitatieve indicatoren als onderbouw voor de kwantitatieve. Kwantitatieve geven de te verwachten resultaten weer de kwalitatieve geven de wegen aan waarlangs die resultaten te bereiken zijn. Kwalitatieve indicatoren zijn enkel niet voldoende. Ondernemingen zijn vaak enkel te overtuigen met harde getallen, waarmee de ondernemer zijn bedrijfssituatie kan vergelijken met een betrouwbaar referentiebeeld.

## **VOORTGANG NAAR DO**

De voortgang naar DO in de brouwerijsector wordt bepaald. Er wordt nagegaan in welke mate de sector actief is inzake mogelijkheden voor DO. Hiertoe dienen de kwalitatieve indicatoren om te bepalen in hoeverre de verschillende preventieopties werden onderzocht en / of uitgevoerd. De evaluatie met de kwantitatieve indicatoren dient vervolgens om te bepalen of de procesvoering efficiënt is. De combinatie van de beide types geeft aldus een betrouwbaar beeld van de nog openstaande preventiemogelijkheden binnen elk bedrijf apart en binnen de sector.

De voortgang naar DO wordt gemeten aan de hand van een enquête bij de bedrijven van de sector.

De vragenlijst van de ze enquête bestaat uit vier delen.

1. De eerste bevat een aantal vragen over het bedrijf zoals het aantal werknemers en de voornaamste activiteiten.
2. Het tweede deel bevat een aantal vragen over het milieubeleid van het bedrijf, over de inhoud t.o.v. milieuzorg en over het contact met de overheid. De informatie hieruit bekomen kan behulpzaam zijn bij het opstellen van een milieubeleid voor de sector.
3. Het derde deel heeft betrekking op de opties uit de bedrijfstakverkenning. Om de penetratiegraad van de opties te meten, worden ze geoperationaliseerd in concrete vragen. Hierbij is zoveel mogelijk gewerkt met vooraf bepaalde antwoordcategorieën zodat de antwoorden goed onderling vergelijkbaar zijn en met de computer kunnen verwerkt worden. Niet alle opties uit de bedrijfstakverkenning zijn meetbaar in de vragenlijst. Sommige opties zijn zo complex en/of afhankelijk van specifieke eigenschappen van het productieproces dat meting ervan in een schriftelijke vragenlijst onmogelijk is.
4. Een vierde deel geeft dan de vragen voor kwantitatieve waarden.

# PROCESSTAPPEN BROUWERIJEN

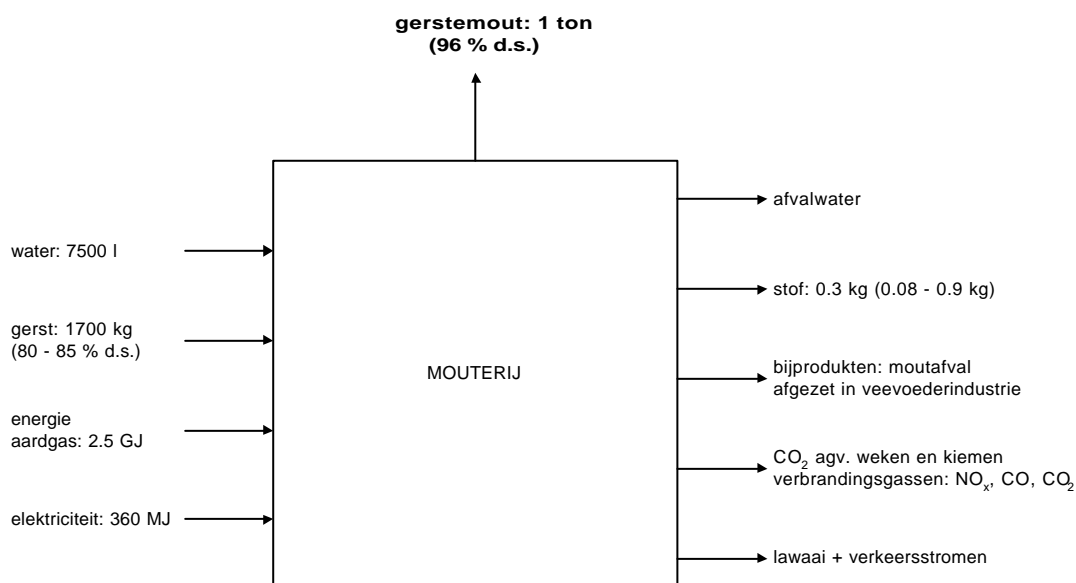
## MOUTEN

### BESCHRIJVING

Bij de productie van mout wordt het graan tot kiemen gebracht waarbij enzymen worden gevormd en geactiveerd. Hiertoe worden verschillende stappen doorlopen, waarbij de belangrijkste hulpstof water is. Allereerst wordt het aangevoerde graan gereinigd waarbij onder andere stenen, aarde, stro en stof worden verwijderd. Indien nodig wordt het graan gedroogd en vervolgens opgeslagen tot het een optimaal kiemvermogen bereikt heeft (= kiemrust). De granen worden nog een laatste maal mechanisch gereinigd vooraleer ze gesorteerd worden. Het gesorteerde graan wordt vervolgens gedurende een drietal dagen overgebracht in weebakken totdat het begint te kiemen. Het kiemende graan wordt onmiddellijk overgebracht in kiemtrommels en met water besproeid. Het kiemende graan wordt geëest waardoor de kieming stopt. Tenslotte worden de kiemen van de moutkorrels afgeborsteld, afgezeefd en gepoetst en zijn ze klaar om naar de brouwunit getransporteerd te worden.

In onderstaand schema wordt een overzicht gegeven van de beschikbare input- en outputfactoren voor mouterijen. De waarden zijn berekend op basis van een moutproductie van 225.000 ton. Voorts dient opgemerkt te worden dat in onderstaand schema de voorbehandeling van het gebruikte water evenals de voorafgaande reiniging van de gerstkorrels niet tot de activiteiten beschouwd worden van de mouterij.

*Figuur 1: Overzicht van de input- en outputstromen in een mouterij*



BRON: SPIN



## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

### graan

Het meest gebruikte graangewas bij het mouten is gerst, en meerbepaald de tweerijige zomergerst. Het is een gewas dat een vegetatieperiode van 150 dagen behoeft voor het kan geoogst worden eind juli, begin augustus. Vaak wordt het reeds voorgereinigd vooraleer het wordt afgeleverd aan mouterijen. Hierbij worden onder meer stenen, kluiten aarde, stof en stro verwijderd. Indien de gerst te nat wordt aangevoerd, dient deze gedroogd te worden tot een vochtgehalte van 11 – 17 %, om verrotting tijdens het opslaan tegen te gaan.

Algemeen kan beschouwd worden dat voor de productie van 1000 kg gerstemout (96 % droge stof) 1700 kg gerst met een droge stof gehalte van 80 –85 % nodig is.

### water

De belangrijkste hulpstof is water. Het totale waterverbruik in het moutproces bedraagt circa 7500 liter per ton mout (SPIN). Aan het water (bron- of leidingwater) dat voor het mouten wordt gebruikt, worden hoge eisen gesteld wat betreft zuiverheid en samenstelling. Indien de mouterijen over eigen bronwater beschikken, wordt dit meestal nog voorbehandeld. Mogelijke handelingen zijn filtratie, decarbonatie, ontharding, ontijzering en/of desinfectie. Hierbij ontstaat afvalwater en (ijzerhoudend) slib. Mouterijen die niet over eigen waterbronnen beschikken, betrekken drinkwater van het leidingnet. Indien nodig wordt dit ook nog voorbehandeld.

### energie

Het grootste deel van de in de mouterij gebruikte energie wordt aangewend voor het verdampen van water tijdens het eesten. Het vochtgehalte van de kiemende gerst bedraagt 45 %, terwijl het uiteindelijke vochtgehalte van de mout 4.5 % moet bedragen. Energifactoren voor het moutproces afzonderlijk zijn niet beschikbaar in de literatuur, vermits het mout- en brouwproces vaak gekoppeld zijn aan elkaar en in dezelfde instelling uitgevoerd worden. Een exacte opsplitsing van het energieverbruik voor beide processen afzonderlijk, is praktisch niet haalbaar. De beschikbare energiefactoren zijn veelal indicatief.

*Tabel 1: Indicatieve energiefactoren voor mouterijen*

elektriciteit	0.36 GJ/ton mout
aardgas	2.5 GJ/ton mout

## LUCHTEMISSIES, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### luchtemissie

De belangrijkste emissies naar lucht zijn stof en verbrandingsgassen. Het stof is afkomstig van de aanvoer, reiniging, sorteren en eesten van het graan. De hoeveelheid stof die vrijkomt bij de moutproductie bedraagt 0.3 kg/ton mout (moutproductie = 225.000 ton).

NO<sub>x</sub>, CO en CO<sub>2</sub> ontstaan als gevolg van de energieopwekking (hoofdzakelijk verbranding van aardgas).

CO<sub>2</sub> ontstaat ook bij het weken en kiemen van de gerstkorrels (ademhaling). Dit koolzuurgas wordt in grotendeels opgevangen en gerecupereerd.

#### **afvalwater**

De lozingen van afvalwater bij het mouten zijn in grote mate afkomstig van het wassen en inweken van het gerst. Het afvalwater bevat voornamelijk organische verbindingen en stikstofverbindingen. Eenduidige emissiefactoren zijn vooralsnog niet beschikbaar.

#### **afval**

Het vaste afval is in hoofdzaak organisch materiaal. Het betreft kleine gerstkorrels afkomstig van de sortering, gebroken graan en zaden van de hoofdreiniging, kaf, drijfgerst en moutkiemen. Deze organisch afvalstroom wordt nuttig toegepast en afgezet in de veevoederindustrie. Een individuele afvalfactor voor het moutafval is niet beschikbaar. Het moutafval wordt vaak toegevoegd aan het brouwerijafval en samen verwerkt.

## **MAATREGELEN**

#### **luchtemissies**

Door toepassing van cyclonen en stoffilters kan de hoeveelheid stof die op verschillende plaatsen in het moutproces vrijkomt, aanzienlijk verminderd worden. Door optimalisatie en modernisering van de stof emissiereducerende technieken is een verdere emissiereductie mogelijk. Een mogelijke emissiefactor voor stof in mouterijen bedraagt 0.07 kg stof per ton mout, uitgaande van een zelfde productie (225.000 ton mout).

De uitstoot van NO<sub>x</sub> kan met minimaal 50 % worden gereduceerd door optimalisatie van de verbrandingsprocessen met behulp van lage NO<sub>x</sub> branders. Dit is zowel technisch als financieel een ingrijpende handeling, welke per bedrijf moet worden onderzocht.

Het koolzuurgas dat ontstaat bij het weken en kiemen van de gerst kan worden opgevangen en (nuttig) toegepast worden in het brouwproces.

#### **afvalwater**

De afvalwatervrachten zijn afhankelijk van de verontreiniging van de gerst en liggen in grote mate vast. De mogelijkheid kan evenwel onderzocht worden om dit water te gebruiken bij de reiniging van retourverpakking.

#### **afval**

De vaste afvalstoffen zijn in hoofdzaak organisch van aard en kunnen worden afgezet in de veevoederindustrie. De (vaste) afvalstoffenproblematiek is gering.

## BROUWEN

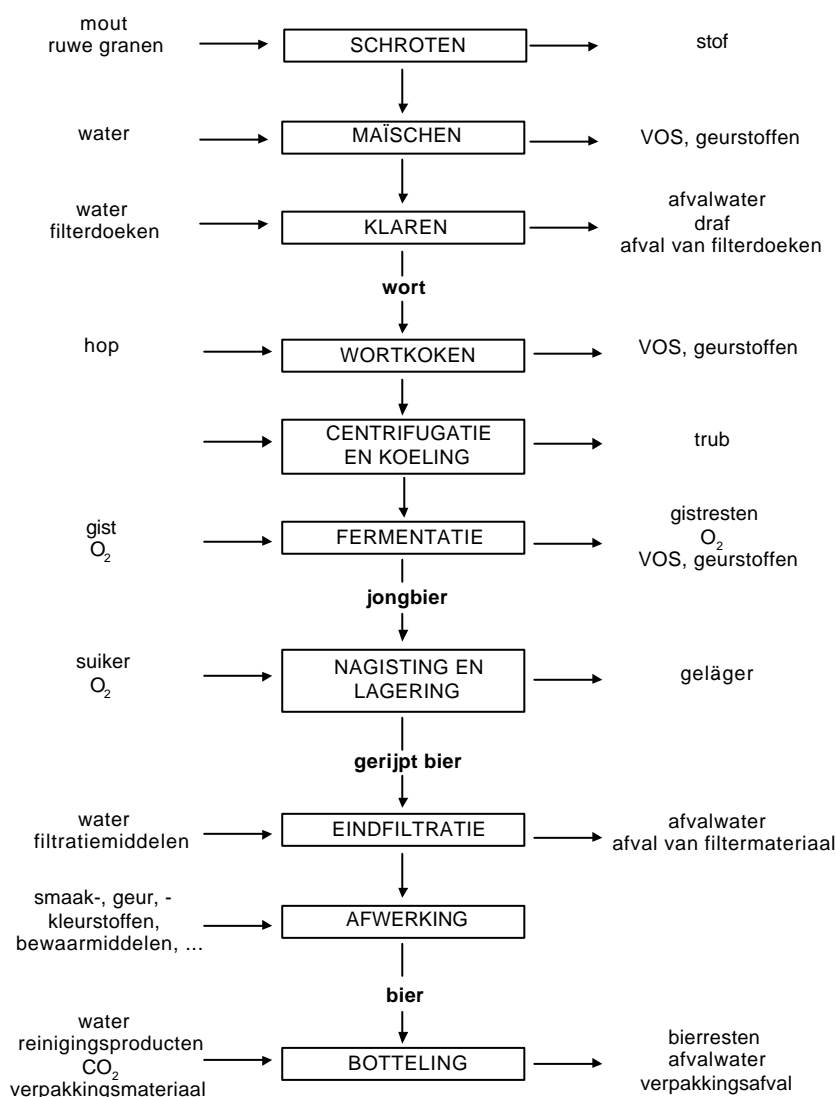
In eerste instantie wordt een algemeen overzicht gegeven van het volledige brouwproces. Dit houdt een korte technische beschrijving van het volledige proces in gevolgd door de milieudruk die dit proces teweegbrengt en mogelijke maatregelen om hieraan te verhelpen.

In een tweede stap worden dan bovenvermelde aspecten voor elke processtap afzonderlijk bestudeerd, hetgeen een diepgaandere en meer detaillistische beschrijving mogelijk maakt.

## BESCHRIJVING

Een schematische voorstelling van het brouwproces met de belangrijkste in- en outputstromen wordt in figuur 2 weergegeven.

*Figuur 2: Schematische voorstelling van het brouwproces*



De eerste stap in het brouwproces is de bereiding van de wort. De mout (en eventueel ongemoute granen) wordt hiertoe eerst vermalen tot grof meel en gemengd met water. Het mengsel, beslag genaamd, wordt verhit via een strikt tijd-temperatuur programma. Tijdens deze maisch- of brouwstap wordt het zetmeel in suikers omgezet. Het ontstane mengsel wordt door middel van filtratie in een vloeibare (wort) en een vaste fase (draf) gescheiden. De wort wordt dan onder toevoeging van hop of hopextracten gekookt, waardoor coagulatie van eiwitten aan looizuren plaatsvindt. Dit coagulaat (trub) wordt na het koken gescheiden van de wort. De wort wordt gekoeld en gist en steriele lucht worden toegevoegd om het gistingsproces te bewerkstelligen. Tijdens de fermentatie worden de in de wort aanwezige suikers omgezet tot alcohol, CO<sub>2</sub> en aromacomponenten. Na verwijdering van het surplus gist wordt het zogenaamde jongbier naar de lagertanks gepompt voor de nagisting. Een laatste filtratie zorgt voor de verwijdering van gistresten en van stoffen die de houdbaarheid en helderheid van het bier beïnvloeden. Het bier wordt afgevoerd naar de bottelarij waar het wordt afgewerkt en gebotteld.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van het grondstoffenverbruik en de emissies in een normaal werkende brouwerij.

*Tabel 2: In- en outputfactoren per hl bier geproduceerd in een brouwerij*

INPUT		OUTPUT	
stof	Hoeveelheid	stof	hoeveelheid
mout + ruwe granen	15 kg	bijproducten	6 kg (droge stof)
hop	200 – 600 g	restafval	1.5 – 3 kg
gist	150 – 235 g	afvalwater	input – 1.5 à 2 hl
water	4 – 7.5 hl	stof	n. g.
energie	150 – 250 MJ	VOS (2)	0.4 g
elektriciteit	28 – 43 MJ	verbrandingsgassen	n. g.
hulpstoffen	3 kg	lawaai	-
Verpakkingsmateriaal	n. g. (1)	verkeersstromen	-

(1) n. g.= niet gekend; (2) VOS= vluchtige organische stoffen

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

De grondstoffen van het brouwproces zijn mout, ongemoute granen, hop, gist en water. De hoeveelheid verbruikte grondstoffen en energie hangt af van het type bier, van (extract)verliezen in het productieproces en van de productiecapaciteit van de brouwerij. Eensluitende waarden betreffend inputfactoren zijn bijgevolg niet altijd voorhanden.

### **mout en ongemoute granen**

De hoeveelheid mout nodig om 1 hl bier te produceren bedraagt ongeveer 15 kg. Tegenwoordig wordt een deel van de mout vervangen door ongemoute of ruwe granen zoals tarwe, maïs of zelfs rijst. Dit wordt gedaan om de kostprijs te drukken, een goede samenstelling van het wort te bewerkstelligen (minder eiwitten) en eventueel om een “light” bier te produceren. Een nadeel is evenwel dat een te hoge hoeveelheid aan ruwe granen

leidt tot kwaliteitsverlies van het bier. Gemiddeld kunnen voor 10 à 15 % van de storting ruwe granen gebruikt worden, hoewel deze waarden ook weer afhankelijk zijn van biersoort tot biersoort. De storting is de hoeveelheid mout en ongemoute granen dat gebruikt wordt in het maï shproces.

### **hop**

Hop wordt toegevoegd om het bier een bittere smaak te geven evenals een aangenaam aroma. Het wordt toegevoegd onder de vorm van natuurlijke hop (= de vrouwelijke bloemen van de hopplant; *Humulus lupulus*), hopextracten of hoppoeder. De hoeveelheid hop toegevoegd hangt af van de hopsoort en de gewenste bitterheid van het bier. Algemeen kan echter gesteld worden dat Belgische bieren tussen de 200 en 600 g hop per hl bier bevatten.

Tijdens het kookproces en de fermentatie gaat ongeveer 70 % van de toegevoegde hop verloren en komt terecht in de lucht.

### **gist**

Gist is niet echt een grondstof, maar dient enkel als veroorzaker van de gisting. De soort en hoeveelheid gist is één van de best bewaarde geheimen van de brouwerij. Algemeen wordt aangenomen dat de gist tot het geslacht 'Saccharomyces' behoort en dat hiervan 150 à 235 g in 100 l te vergisten wort wordt geënt.

### **water**

Het gemiddeld waterverbruik in brouwerijen schommelt tussen de 400 en 750 l/hl bier. Deze hoeveelheid is veelal afhankelijk van de ouderdom van het gebruikte materiaal van de brouwerij. Een brouwerij met verouderd materiaal kan verschillende malen meer water verbruiken dan een brouwerij die gebruik maakt van nieuwere en efficiëntere technieken. Binnen de brouwerij wordt het meeste water verbruikt in de bottelafdeling (reiniging en pasteurisatie van verpakkingen) en voor de reiniging van materieel en werkruimtes. Vermits water vaak als koelmiddel wordt gebruikt speelt de temperatuur van dit koelwater eveneens een rol in het waterverbruik..

Het totale proceswatergebruik kan grosso modo opgesplitst worden in brouwwater (zie processtappen brouwen en wortkoken) en in het overige water dat gebruikt wordt voor het bottelen en voor reiniging en desinfectie. Het brouwwater neemt 20 tot 35 % in van het totale waterverbruik.

### **energiegebruik (inclusief elektriciteit)**

Het warmtegebruik in een goeddraaiende brouwerij bedraagt 150 tot 250 MJ/hl bier. De meeste brouwerijen gebruiken hiervoor aardgas. Deze waarden gelden voor brouwerijen die over de meest essentiële warmterecupererende en -conserverende technieken beschikken (afdoende isolatie, stoomcondensatie, goed onderhoud, ...). Het warmtegebruik van brouwerijen wordt beïnvloed door het proces en de

productiekenmerken zoals de verpakkingsmethode, pasteurisatietechniek, behandeling van de nevenproducten en de uitrusting.

Een aanzienlijk deel van het energiegebruik van brouwerijen is toe te schrijven aan het koken van de wort. Gedurende dit kookproces wordt circa 10 % van het water verdampt. Andere energieverslindende processen zijn het mältschen, de pasteurisatie, de reiniging en desinfectie van retourflessen. Ongeveer de helft van het energieverbruik komt op rekening van de brouwzaal.

Het elektriciteitsverbruik in een brouwerij schommelt tussen 30 en 40 MJ/hl bier. Dit is afhankelijk van de processen en productiekenmerken. Het is niet altijd duidelijk of de vermelde waarden betrekking hebben op het brouwproces afzonderlijk of op een combinatie van het brouw- en moutproces. De gegeven energiefactoren dienen dan ook als indicaties geïnterpreteerd te worden.

De totale hoeveelheid verbruikte energie (inclusief elektriciteit) is het grootst bij kleinere brouwerijen. Dit is te verklaren doordat brouwerijen met een grote productiecapaciteit veelal over de nodige infrastructuur beschikken om de beschikbare energie beter te gebruiken. Zo kunnen zij biogas –wat ontstaat in de anaërobe zuivering– als energiedrager aanwenden. Andere verklaringen zijn de benutting van restwarmte en de aanwezigheid van warmtekracht koppeling in grote brouwerijen.

### **hulpstoffen**

Naast grondstoffen en energie zijn er ook een aantal hulpstoffen onmisbaar in de brouwerij. Het betreft hier onder andere kieselguur en filterdoeken (filtratie), detergenten, NaOH in oplossing (natronloog) en zuren (reiniging), CO<sub>2</sub> (botteling) en eventuele additieven zoals suiker, smaakbepalers, geurstoffen, schuimstabilisatoren en dergelijke. De hoeveelheid hulpstoffen bedraagt zo'n 3 kg per hl bier (PRESTI).

### **verpakkingsmateriaal**

Tenslotte wordt een grote hoeveelheid materiaal aangewend voor de verpakking van het bier. Dit omvat niet enkel de recipiënten (vat, glas, blik, ...) waarin het bier wordt verpakt, maar ook hulpmateriaal, zoals kratten, papier en karton, plastics, kroonkurkjes en lijm. Een deel hiervan is retourverpakking en komt verschillende malen terug in het circuit. De rest is wegwerpverpakking en kan eventueel gerecycleerd worden.

## **LUCHTEMISSIES, WATERRLOZINGEN EN AFVAL**

### **luchtemissies**

De belangrijkste emissies naar de lucht veroorzaakt in brouwerijen zijn afkomstig van verbrandingsprocessen voor energieopwekking (vooral aardgas). Hierbij komen CO, CO<sub>2</sub> en stikstofoxides vrij.

CO<sub>2</sub> wordt eveneens geproduceerd tijdens de fermentatie. De productie hiervan is afhankelijk van de wortsterkte en bedraagt zo'n 3 à 4 kg CO<sub>2</sub> per hl wort. Indien

brouwerijen niet beschikken over faciliteiten om deze CO<sub>2</sub> terug te winnen, komt het gewoon in de lucht terecht.

Tijdens de kookprocessen komen er vluchtige organische stoffen vrij welke in de lucht geëmitteerd worden. Tussen 6 en 15 % van de wort verdampt, wat neerkomt op een emissie van ongeveer 0.4 g VOS per hl bier (produktie = 2000 mln l). Voorts wordt ook NH<sub>3</sub> geëmitteerd, afkomstig van de koelinstallaties. Indien de waterzuiveringsinstallatie niet optimaal werkt, komt hier ook een gamma aan geurcomponenten vrij.

In tegenstelling tot bij mouterijen zijn stofemissies vrij gering.

### **afvalwater**

Enkel het water dat terecht komt in het bier, alsook het verdampte water en het water in de gebruikte granen, gist en kiezelguhr (filtratiemiddel) eindigt niet als afvalwater. Dit gedeelte bedraagt slechts 1.5 hl/hl bier. Het afvalwater bevat:

- organische componenten afkomstig van de grondstoffen die niet in het bier vervat zitten of die niet gerecupereerd of gerecycleerd worden. Concreet komt dit neer op fracties van draf-, trub- en gist suspensies.
- bierresten afkomstig van het ledigen en reinigen van leidingen en procesketels, evenals gemorst bier bij het bottelen en afgekeurd en niet verkocht bier. Ongeveer 5 % van het geproduceerde bier komt in het afvalwater terecht.
- detergenten en desinfectanten zoals oplossingen van NaOH en zuren, afkomstig van de bottelarij en van de reiniging van de verschillende onderdelen van de brouwerij.
- papier- en lijmrresten en andere verpakkingsmaterialen afkomstig van de bottelarij.
- fracties van kiezelguhr nodig voor de eindfiltratie van het bier.

De samenstelling van het (niet-gezuiverd) afvalwater wordt in onderstaande tabel gegeven. De bierresten nemen de BOD-vracht voor hun rekening. De stikstof bevindt zich vooral in de uitgewassen gistresten en de fosfor is grotendeels afkomstig van de reinigingsproducten.

*Tabel 3: Samenstelling van het brouwerijafvalwater*

Verontreiniging	Concentratie (in ppm)
COD	2000 – 4000
BOD	1000 – 2500
zwevende stof	100 – 500
N	20 – 40
P	10 – 60

BRON gebaseerd op vertrouwelijke informatie

## **afval**

De gebruikte grondstoffen die niet in het eindproduct terecht komen, ontstaan als nevenproduct en geven aanleiding tot de volgende bijproducten: draf, trub en gist welke nog aanzienlijke hoeveelheden water en extract bevatten. Het extract wordt meestal uitgewassen en gerecupereerd. De overblijvende suspensies worden ten dele afgezet in de veevoeder- (draf en trub) en de farmaceutische industrie (gist). Het overblijvend gedeelte evenals een deel van het waswater komt in het afvalwater terecht. De totale hoeveelheid van deze bijproducten bedraagt 6 kg per l bier (100 % d.s.)

Benevens deze organische afvalstroom ontstaat er ook een hoeveelheid restafval afkomstig van de bottelarij (glas, plastic, metaal en papier), filtratieproces (kieselguhr). Andere afvalstoffen zijn huishoudelijk afval, afvalolie, asresten afkomstig van de verbrandingsprocessen evenals slib van de waterzuivering. De totale hoeveelheid restafval bedraagt 1.5 à 3 kg per hl bier. Een deel hiervan kan gerecupereerd en hergebruikt worden of eventueel afgezet worden in diverse industrieën (glasindustrie, papierindustrie, ...).

## **geluid**

De grootste geluidsbron in brouwerijen is afkomstig van de bottelarij. Het geluidsniveau overstijgt regelmatig 85 decibel, vooral wanneer met verouderd materiaal gewerkt wordt. Andere lawaaibronnen zijn te vinden in ruimtes waar compressoren aanwezig zijn evenals koeltorens en condensoren. Deze laatste zijn vaak tot buiten de brouwerij te horen. Voorts is ook het biertransport oorzaak van veel geluidshinder, en dit zowel binnen (vorkheftrucks) als buiten de brouwerij.

## **MAATREGELEN**

Brouwerijen worden gekarakteriseerd door een groot verbruik van water, energie en grondstoffen enerzijds en een hoge productie van afvalwater anderzijds. Maatregelen om de milieulasten van brouwerijen te verminderen, hebben bijgevolg hoofdzakelijk betrekking op grondstofverbruik, productsubstitutie en een efficiënte procesvoering. Deze maatregelen worden per processtap afzonderlijk behandeld.

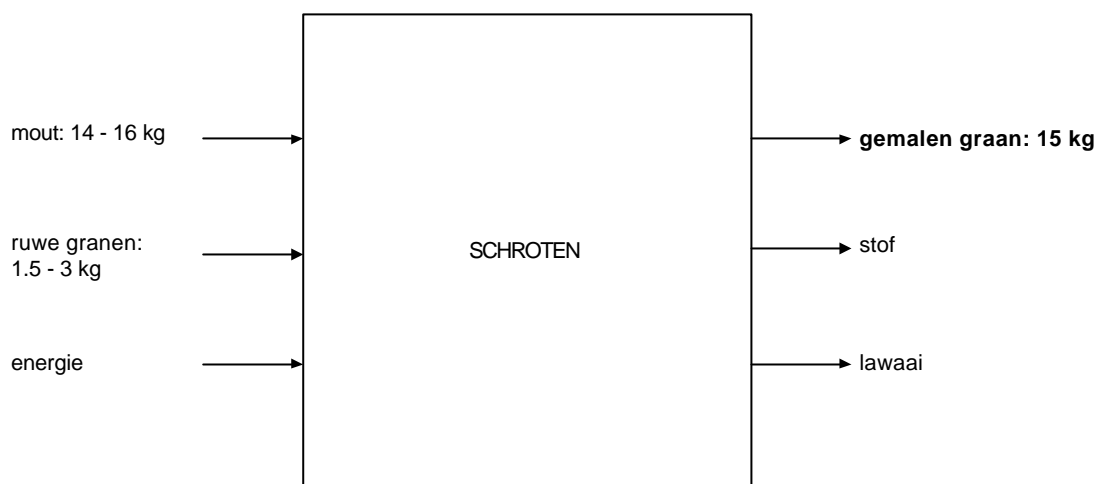
## **SCHROTEN**

### **BESCHRIJVING**

De mout en de ongemoute granen worden in schrootmolens geplet of vermalen tot grof meel.

*Figuur 3: Overzicht van de input- en outputstromen van het schrootproces*





vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

### **mout + ongemoute granen**

Voor de productie van 100 l bier zijn ongeveer 15 kg ongemoute en gemoute granen nodig. Het gehalte aan ongemoute granen is afhankelijk van het soort bier en de gewenste kwaliteit en bedraagt 10 tot 20 %. Bij sommige bieren kan dit percentage evenwel oplopen tot 40 %.

### **water**

Water wordt tijdens het schrootproces enkel verbruikt indien de mout vooraf bevochtigd wordt. De mout neemt dan 0.5 tot 1 % water op. Voor 15 kg mout komt dit neer op 0.075 tot 0.15 kg water oftewel 75 tot 150 g water per 100 l geproduceerd bier.

### **energie**

De hoeveelheid verbruikte elektriciteit en energie is beperkt. Naast elektriciteit nodig voor de schrootmolens, wordt een kleine hoeveelheid energie aangewend om stoom te produceren (indien men het mout eerst wil bevochtigen). Cijfers hieromtrent zijn niet beschikbaar

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### **luchtemissie: stof**

De enige emissie (naast lawaai) die voorkomt bij het schroten is stofemissie. Emissiefactoren zijn niet bekend, maar de hoeveelheid stof is gering in vergelijking met mouterijen.

Voorts is er ook een hoeveelheid geluidshinder als gevolg van het draaien van de schrootmolens.

## MAATREGELEN

### **luchtemissie: stof**

De stofvorming kan aanzienlijk beperkt worden door het mout eerst te bevochtigen met stoom. Bijkomende voordelen zijn dat de pellen minder broos worden waardoor deze minder beschadigd worden en dat het rendement 0.5 % hoger ligt. Voor dezelfde hoeveelheid extract heeft men bijgevolg minder grondstoffen nodig, waardoor er dus ook minder afval wordt geproduceerd. Een nadeel is wel dat er een geringe hoeveelheid water (zie hoger) en energie (om water op te warmen tot stoom) nodig is. De hoeveelheid stoom kan echter gehaald worden uit de warmterecuperatie van de beslag- of kookketel (zie 2.2.2. of 2.2.4.).

Een andere manier om de emissie van stof te beperken is gebruik te maken van cyclonen en stoffilters. Wanneer de stoffilters verstopt zijn, moeten ze wel gereinigd worden waarbij het stof wordt afgevoerd naar het afvalwater.

## MAÏ SCHEN

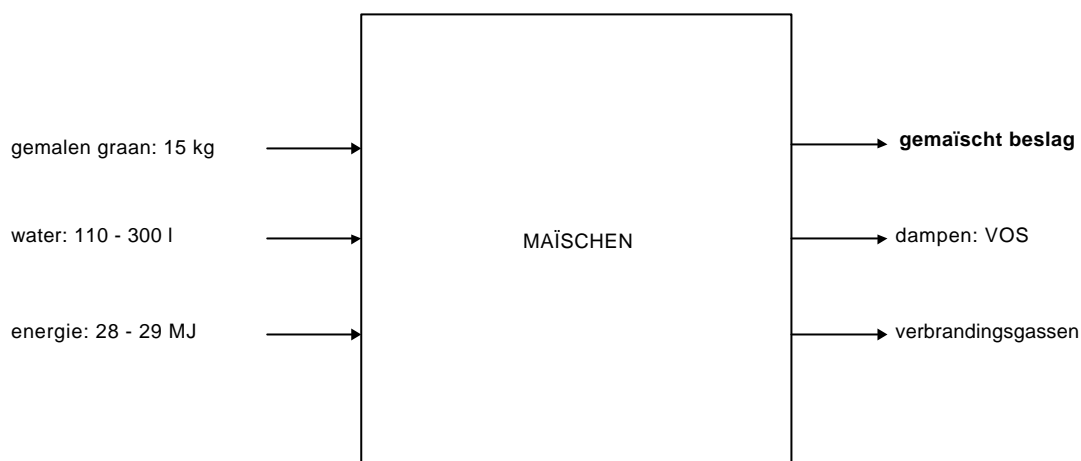
### BESCHRIJVING

Het moutmeel en de gemalen granen worden gemengd met lauw water. Dit mengsel, beslag genoemd, wordt vervolgens gebrouwen (gemaï scht) waarbij de temperatuur oploopt tot 85 °C. Dit kan op verschillende manieren gebeuren:

- infusiemethode: Hierbij heeft men een ketel nodig die men door middel van stoom geleidelijk aan opwarmt;
- decoctiemethode: 2 ketels zijn nodig, het beslag wordt trapsgewijs opgewarmd tot de gewenste temperatuur bereikt wordt;
- combinatie van infusie- en decoctiemethode.

Het resultaat van het maï schproces is dat het zetmeel en de eiwitten worden afgebroken tot onder andere suikers en aminozuren.

*Figuur 4: Overzicht van de input- en outputstromen van het maï schproces*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

### gemalen graan

Ongeveer 15 kg/hl bier.

### water

De hoeveelheid water verbruikt tijdens het maï schen varieert van 110 - 300 l/hl bier (SPIN, UNEPIE). Dit is 20 tot 35 % van de totale hoeveelheid water die in brouwerijen wordt verbruikt.

### energie

Het maï schen is één van de meest energieverbruikende processen in het feitelijke brouwproces. Voor de opwarming van het beslag is 28 – 29 MJ/hl bier vereist.

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### luchtemissie

Bij het brouwen komen organische stoffen vrij welke ten dele geurstoffen zijn. Het gaat hier om een mengsel van vele verbindingen die afkomstig zijn van de grondstoffen. Voorts komen ook verbrandingsgassen vrij bij de opwekking van energie.

## MAATREGELEN

Schonere technieken richten zich in hoofdzaak op het energieverbruik en de emissie van VOS. Beide vormen van milieudruk kunnen samen worden aangepakt indien de ontstane dampen worden opgevangen en gecondenseerd. Hierdoor kan 90 – 95 % van de organische geurstoffen worden opgevangen en afgevoerd via het afvalwater. De restemissie kan dan verder beperkt worden via een bijkomende gaswasser. Bovendien kan door de

stoom te condenseren en door warmte aan het condensaat te onttrekken energie worden teruggewonnen.

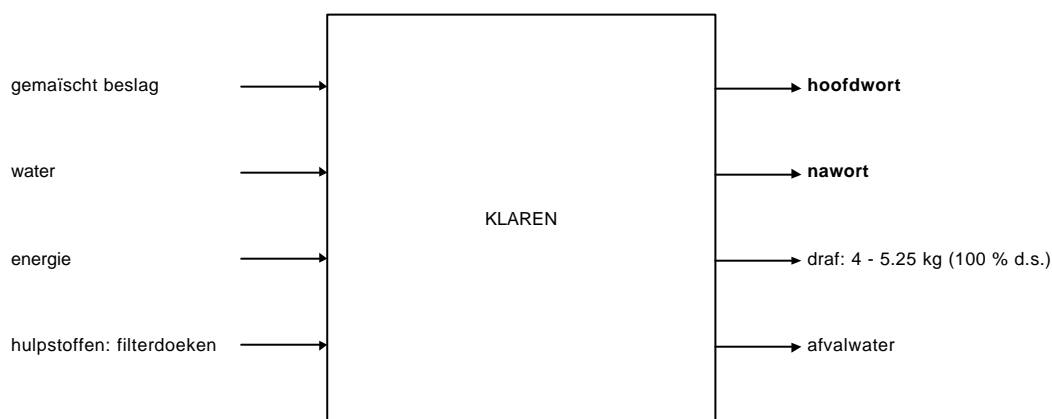
Via ingrijpendere technieken kan de uitstoot van geurstoffen met 98 – 99 % verminderd worden. Hierop wordt verder ingegaan bij de bespreking van het wortkoken (zie 2.2.4.).

## FILTRATIE - KLAREN

### BESCHRIJVING

Het ontstane mengsel wordt door middel van filtratie in een vloeibare fase (hoofdwort) en een vaste fase (bostel) gescheiden. De bostel –bestaande uit moutomhulsels, kiemen, ...- kan hierbij als filtermateriaal dienen (in filterkuip), maar ook filterdoeken kunnen gebruikt worden (wortfilter). Na de filtratie bevat de bostel nog veel waardevol extract wat er wordt uitgewassen met water. Het aldus ontstane nawort wordt aan het hoofdwort toegevoegd. 2 tot 6 % van het totale wortvolume is nawort, welke voor 1 – 1.5 % uit extract bestaat. Tijdens het klaren bedraagt de temperatuur van het wort 75 –78 °C.

*Figuur 5: Overzicht van de input- en outputstromen van het klaarproces*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

De enige input aan grondstoffen is water welke nodig is om het nog aanwezige extract uit het filtermateriaal -hetzij de bostel hetzij de filterdoeken- te wassen.

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### afvalwater

Het waswater bevat nog een hoeveelheid extract en bestaat dus hoofdzakelijk uit organisch materiaal (looïstoffen). Dit wordt afgevoerd naar het afvalwater.

## **afval**

Na filtratie en spoeling blijven graanresten of draf over welke naast water eveneens nog een hoeveelheid extract bevatten. De totale hoeveelheid van deze draf bedraagt 14 – 20 kg/hl bier en heeft een droge stof gehalte van 20 tot 25 %. Omgerekend naar een droge stof gehalte van 100 % komt dit neer op 4 à 5.25 kg draf per 100 l geproduceerd bier.

De productie van pilsbieren brengt (relatief) minder draf (en trub) voort dan de productie van zwaardere bieren. De reden hiervoor is dat voor het brouwen van pilsbieren minder materiaal gebruikt wordt dan bij speciale of zwaardere bieren. Toevallig produceren groter brouwerijen meer pilsbier en kleinere brouwerijen vooral zware bieren.

Indien de klaring van het beslag wordt uitgevoerd met een wortfilter dienen de filterdoeken (bestaande uit kunstvezel) op regelmatige tijdstippen vervangen te worden. Dit zorgt voor een bijkomende afvalstroom (opgewerkte filterdoeken).

## **MAATREGELEN**

### **grondstoffenverbruik**

In een goed werkende brouwerij mag het verschil tussen de actuele extractopbrengst en de opbrengst behaalt in het labo niet meer bedragen dan 1 %. Een groter verschil wijst erop dat te veel extract verloren is gegaan met de draf of het waswater. Dit impliceert niet enkel een hogere BOD van het afvalwater, maar ook dat er minder eindproduct wordt gevormd. Of voor eenzelfde hoeveelheid eindproduct zullen er meer grond- en hulpstoffen nodig zijn en zal er meer afval geproduceerd worden. Redenen voor een minder goede extractopbrengst zijn:

- slechte kwaliteit van het mout
- onvoldoende schroten van de mout en de granen
- onvolledige filtratie door slechte werking van de filterkuip (indien bostel als filtermateriaal)

Mogelijke oplossingen variëren van procesveranderingen en aanpassingen van de schrootmolen tot een vernieuwing van de filterkuip of het gebruik van filterdoeken voor de filtratie. Het resultaat is een vermindering in het verbruik van grondstoffen. Zo wordt bv. 0.2 kg mout per 100 l bier bespaard indien het extractverlies met 1 % gereduceerd wordt (UNEPIE). Dit heeft gevolgen voor het water- en energiegebruik, evenals op de emissies en afvalproductie.

### **afvalwater**

De hoeveelheid afvalwater kan aanzienlijk verminderd worden door:

- het eerste waswater als nawort bij de hoofdwort te voegen;

- de volgende fracties van het spoelwater te recupereren als beslagwater voor een volgende storting.

Voor dit laatste is een verwijdering van de vaste gesuspendeerde deeltjes vereist. Dit kan gebeuren d. m. v. een decantor. De vaste restfractie wordt dan bij de draf gevoegd en het water wordt naar de m<sup>a</sup>i schkuip gebracht. Een benutting van het spoelwater houdt niet enkel een verminderde hoeveelheid afvalwater in, maar leidt eveneens tot een geringer waterverbruik. Bovendien gaat het weinige extract (0.4 – 0.6 %) dat nog in het spoelwater aanwezig is, niet verloren. Tenslotte is het beslagwater reeds op temperatuur wat een bijkomende energiebesparing met zich meebrengt.

Enkel het spoelwater met een bepaalde wortsterkte (extractconcentratie) mag toegevoegd worden aan de hoofdwort. Indien alle spoelwater in de wort zou terecht komen, zou de wort te veel water bevatten. Vermits dit water tijdens het kookproces allemaal moet uitdampen teneinde het vooropgestelde extract te bekomen, zou dit een enorm energieverbruik met zich meebrengen.

### **afval**

Wat betreft de draf zijn er weinig problemen. De draf wordt onder natte toestand (20 – 25 % d.s.) afgevoerd en verwerkt in de veevoederindustrie. Vermits natte draf snel bederft, moet deze binnen enkele dagen afgevoerd worden. Indien dit niet haalbaar is, moet deze gedroogd worden, hetgeen bijkomende warmte vergt (4000 MJ/ton droge draf). Indien deze warmte niet kan gerecupereerd worden van andere processen (wortkoken bv.) kunnen de kosten voor deze drafbehandeling hoog oplopen.

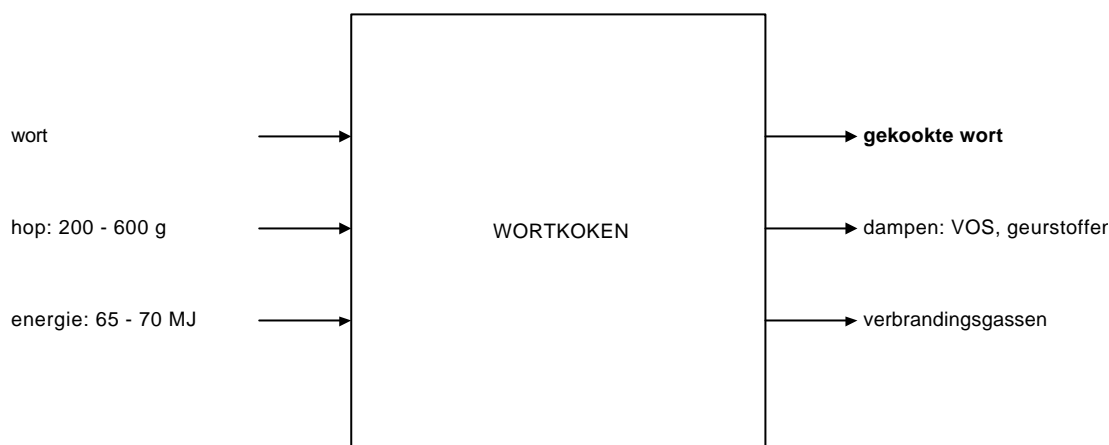
Het gebruik van kunstvezel filterdoeken heeft als nadeel dat er bijkomende afvalstroom ontstaat. Voordelen zijn echter wel een hoger rendement (0.5 %), een lagere hoeveelheid water nodig om graanresten uit te wassen en een lagere belasting van het afvalwater.

## **WORTKOKEN**

### **BESCHRIJVING**

Onder toevoeging van hop wordt de wort gekookt. Hierdoor coaguleren de eiwitten aan de looizuren (afkomstig van de hop) waardoor de eiwitten uitzakken en verwijderd kunnen worden. Tijdens het kookproces, dat ongeveer twee uur duurt, worden de enzymen en bacteriën vernietigd. Andere neveneffecten van het proces zijn het oplossen van hopbestanddelen en het gedeeltelijk verdampen van de wort waardoor deze geconcentreerder wordt.

*Figuur 6: Overzicht van de input- en outputstromen bij het wortkoken*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

### hop

Ongeveer 200 tot 600 g/hl bier wordt toegevoegd aan het wort. Door verliezen (tijdens wortkoken, filtratie en gisten) komt slecht 20 tot 40 % hiervan in het bier terecht.

### energie

Het wortkoken is het meest energieverwendende proces in de brouwzaal. Het totale energieverbruik bedraagt 65 – 70 MJ per hl bier.

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### luchtemissie

Een deel van de wort (6 – 15 %) verdampt tijdens het koken. Hierdoor komen vluchtige organische componenten vrij welke in grote mate afkomstig van de hop. Ongeveer de helft van de toegevoegde hoeveelheid hop verdampt immers tijdens het koken. Deze vluchtige organische stoffen bestaan in hoofdzaak uit terpenen, welke een enorme geurhinder veroorzaken.

## MAATREGELEN

### luchtemissie

De uitstoot van geurstoffen en vluchtige organische stoffen in het algemeen kan verminderd worden door over te schakelen op hopextracten in plaats van hop of gebruik te maken van oliearme hopssoorten.

### energieverbruik en luchtemissie

Net zoals bij het m<sup>a</sup>i schen hebben het merendeel van de preventiemaatregelen betrekking op het grote energieverbruik en de emissie naar de lucht. Het betreft in hoofdzaak het

recupereren van warmte uit de stoom die ontstaat tijdens het wortkoken. Hierdoor wordt niet enkel energie gewonnen, maar wordt ook de uitstoot van de ontstane dampen en gassen gereduceerd.

De eenvoudigste manier om warmte te recupereren is door water te verwarmen. Hierbij worden de ontstane dampen gecondenseerd onder atmosferische druk. De warmte die vrijkomt, wordt gebruikt om water te verwarmen. Dit warme (hete) water kan ingezet worden in verschillende processen en voor onderhoud. Op deze manier kan de geuremissie met 90 tot 95 % verminderd worden. De restemissie kan dan verder beperkt worden via een bijkomende gaswasser.

Andere technieken zijn ingrijpender.

1. De ontstane dampen kunnen worden gebruikt om de wort te koken. Hierbij worden de dampen verder opgewarmd door stoominjectie of door mechanische samendrukking -de zogenaamde dampstroomrecompressie. In een warmte-uitwisselbaar gebeurt vervolgens de overdracht van warmte tussen de hete dampen en de wort. Warmte wordt hierbij onttrokken van de dampen welke zullen condenseren en deze warmte wordt gebruikt om de wort te koken. De warmte van het ontstane condensaat kan dan nog gerecupereerd worden door water te verwarmen en op te slaan

Het nadeel bij dampstroomrecompressie is echter wel dat de omstandigheden van het kookproces veranderen, wat nadelige gevolgen kan hebben voor de kwaliteit van het eindproduct. De damp wordt immers mechanisch samengedrukt waardoor druk en temperatuur stijgen. Zowel de coagulatie van de eiwitten aan looistoffen als het vervluchtigingspatroon van de hopolie componenten worden hierdoor negatief beïnvloed. Dit komt de smaak van het bier niet ten goede.

2. Een andere techniek is om de warmte van de dampen aan te wenden bij de voorverwarming van de wort. Hiervoor is de aanwezigheid vereist van een geïsoleerde warm watercollector welke fungeert als een warmteopslagplaats. Warm water afkomstig van deze collector wordt verder opgewarmd met behulp van de warmte van de vrijgekomen dampen. Hierdoor ontstaat heet water (circa 98 °C) en condensaat. Met behulp van het hete water kan de geklaarde wort (75 °C) verder opgewarmd worden tot 90 - 95 °C, waarna het gekookt kan worden. Het afgekoelde water (75 °C) wordt opgeslagen in de collector totdat het weer kan worden verhit. Ook hier kan de warmte van het condensaat gerecupereerd worden.

Bovenstaande technieken zijn gesofisticeerd en duur, maar het verkregen rendement is hoger. Zo wordt meer energie bespaard en kan de geuremissie met 99 % verminderd worden. Hun toepasbaarheid kan pas overwogen worden indien andere, eenvoudige energiebesparende technieken reeds toegepast zijn.

### **energieverbruik**

Bijkomende maatregelen om op een eenvoudige, goedkope en efficiënte manier het energieverbruik te reduceren hebben betrekking op een goed onderhoud en 'good housekeeping' in het algemeen. Zo moeten lekverliezen van stoom en warm



condensatiewater direct worden opgespoord en verholpen. Het verlies van 1 kg stoom per uur komt overeen met een energieverlies ter waarde van 200 hl bier per jaar.

Ook door het isoleren van warme en koude oppervlakken kan veel energie bespaard worden. Speciale aandacht moet gaan naar de isolatie van volgende uitrustingen:

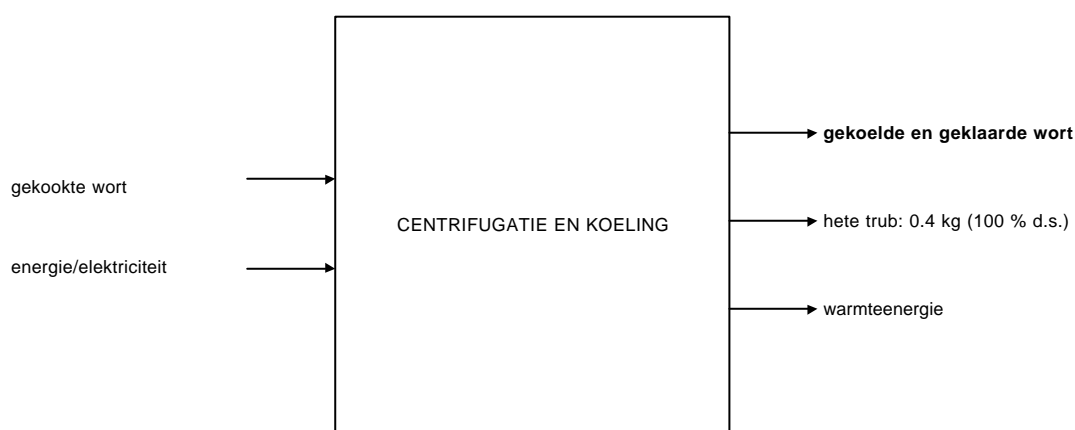
- (delen van) brouwketels;
- flessenwasser;
- tunnelpasteurisatie;
- (delen van) het koelsysteem;
- kleppen en verbindingstukken in bv. machinekamers.

## CENTRIFUGATIE EN KOELING

### BESCHRIJVING

De vaste deeltjes die gevormd worden bij het koken van de mout worden in een whirlpool d. m. v. centrifugatie verwijderd. De afgecentrifugeerde vaste fractie wordt als hete trub afgezet. Vervolgens wordt de geklaarde wort gekoeld tot een temperatuur waarbij gist kan toegevoegd worden (15 à 20 °C).

*Figuur 7: Overzicht van de input- en outputstromen bij de centrifugatie en koeling*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

Energie (elektriciteit) is nodig om de centrifuge te laten draaien. Een energiefactor is niet beschikbaar.

## **LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL**

### **afval**

Na centrifugatie blijft een vaste fractie over, trub genaamd. Deze trub bevat naast een hoeveelheid wort ook hoppartikels en onstabiele colloïdale proteïnen welke gecoaguleerd werden tijdens het kookproces. Bij een goedwerkende whirlpool bedraagt de hoeveelheid trub ongeveer 2 kg/hl bier (0.2 – 0.4 % van het wortvolume) en heeft het een droge stofgehalte van 15 tot 20 %.

Indien tijdens het koken bladhop werd toegevoegd, wordt deze met een hopzeef eerst verwijderd. Bij het gebruik van hoppellets of hopextracten is dergelijke voorafgaande filtratie niet nodig.

## **MAATREGELEN**

### **afval**

De trubsuspensie kan op verschillende manieren behandeld worden.

- Het kan toegevoegd worden aan de draf en vervolgens verwerkt worden in de veevoederindustrie. Dit heeft echter wel een nadelig invloed op de kwaliteit en houdbaarheid van het draf.
- Een andere mogelijkheid is het trub af te voeren naar het afvalwater. De hopresten in de trub bevatten een significante hoeveelheid N welke de zuivering ten goede komt. De trub bevat echter ook veel organisch materiaal (BOD = 110.000 mg/kg natte trub) waardoor de organische belasting van het afvalwater enorm groot wordt.
- Tenslotte kan de trub eveneens als grondstof heringezet worden in het maïschproces. Een deel van het extract kan gerecupereerd worden en bij de geklaarde wort gevoegd worden.

Veel hangt af van de efficiënte werking van de whirlpool. Een goedwerkende whirlpool levert trub met een hoog droge stofgehalte waardoor de verliezen klein zullen zijn. Een slechte werking van de whirlpool leidt niet alleen tot extractverliezen, maar ook tot een onvolledige filtratie waardoor een bijkomende zuivering noodzakelijk wordt. Dit kan gebeuren door middel van sedimentatie en overpompen, flotatie of filtratie met kiezelguhr. De vaste fractie die overblijft wordt koude trub genoemd en kan op dezelfde manier behandeld worden als de hete trub.

### **opstellen warm waterbalans**

Bij het koelen van de geklaarde wort van circa 100 tot 15 °C komt zeer veel warmte vrij. Deze warmte kan gebruikt worden om water op te warmen. Het warme water (85 °C) wordt dan best opgeslagen in geïsoleerde tanks en kan gebruikt worden als beslagwater in een volgende brouwprocedure. Indien echter dit water enkel gebruikt wordt bij het

maï schen, blijft er een hoeveelheid heet water over. Deze resterende water- en energiestroom wordt dikwijls niet gebruikt.

Het volledige warm watersysteem kan geoptimaliseerd worden indien een warm waterbalans wordt opgesteld voor de hele brouwerij. Er dient nauwkeurig bepaald te worden waar, wanneer en hoeveel warm water nodig is. Voorts moet ook nagegaan worden of het mogelijk is om dit hete water te gebruiken in plaats van koud water te verwarmen voor functies zoals het wassen en steriliseren van de verpakkingen evenals het onderhoud van de infrastructuur (Cleaning In Place, zie hoofdstuk reiniging). Hierbij dient opgemerkt te worden dat een juist dimensioneren van de tank waarin het hete water wordt opgeslagen belangrijk is. Men moet vermijden dat er warm water moet aangemaakt worden tengevolge van een inactiviteit van de brouwerij (tijdens WE 's bv.).

In ieder geval moet dit heet water systeem ervoor zorgen dat al het benodigde warm water wordt geproduceerd uitgaande van gerecupereerde warmte en dat geen heet water wordt afgevoerd naar het afvalwater. Dit heeft een verlies van zowel water als energie tot gevolg. Een optimalisatie van het warm watersysteem binnen de brouwerij kan leiden tot een reductie van het waterverbruik met 40 l/hl bier en van het energieverbruik met 14.28 MJ/hl bier (productiecapaciteit = 1 mln hl/jaar)(UNEPIE).

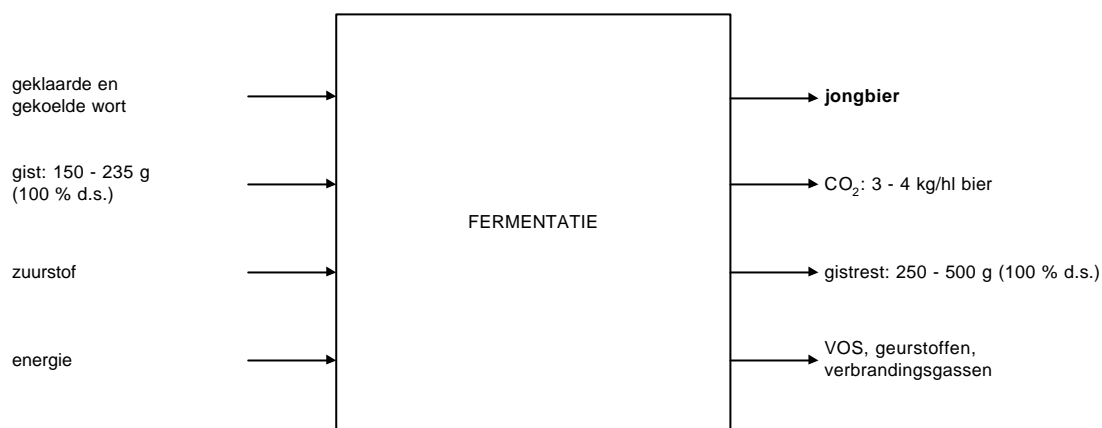
## **FERMENTATIE**

### **BESCHRIJVING**

De gekoelde wort wordt onder toevoeging van gist en steriele lucht in gistingstanks overgebracht. Zuurstof is nodig voor de vermenigvuldiging en ontwikkeling van de gist, zodat deze geschikt wordt om het wort te fermenteren. Tijdens het gistproces worden suikers omgezet in alcohol, CO<sub>2</sub> en aromacomponenten. Hierbij komt warmte vrij.

In België kunnen 3 soorten gistingen onderscheiden worden al naargelang de gistsoort: lage gisting, hoge gisting en spontane gisting. Het uitgegiste bier verlaat de gistingstuiven en vloeit vervolgens naar de lagertanks. Het bier dat ontstaat bij deze eerste gisting (hoofdgisting) wordt jongbier genoemd.

*Figuur 8: Overzicht van de input- en outputstromen van het gistproces*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

### **gist**

Gist is een eencellig organisme welke de fermentatie bewerkstelligt, maar niet wordt opgenomen in het eindproduct. Afhankelijk van het gewenste bier wordt 150 à 235 g gist (100 % droge stof) geënt in de wort. Tijdens de fermentatie groeit de gist aan en vermenigvuldigt ze zich, waardoor een surplus aan gist ontstaat.

### **energie**

Energie is nodig om de gistingstanks op de juiste temperatuur te houden. Vermits warmte wordt geproduceerd tijdens de fermentatie moeten de gistingstanks continu gekoeld worden. Dit gebeurt hoofdzakelijk met koelwater.

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### **luchtemissie**

Tijdens de fermentatie komt ongeveer 3 à 4 kg CO<sub>2</sub> per hl bier vrij, afhankelijk van de wortsterkte. Indien de brouwerij niet beschikt over de nodige infrastructuur om CO<sub>2</sub> te recupereren wordt dit geëmitteerd in de lucht, samen met de verbrandingsgassen. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die ontstaat als gevolg van verbrandingsprocessen voor energieopwekking is weliswaar veel groter.

Voorts worden ook aromacomponenten (o. a. afkomstig van hop) geëmitteerd.

### **afval**

Ongeveer 2 tot 4 kg gist (10 tot 15 % droge stof) per hl bier wordt tijdens de fermentatie gevormd. Deze suspensie bevat ook nog een hoeveelheid bier en heeft een BOD van 120000 tot 140000 mg/l.

Bij brouwerijen die pilsbieren vervaardigen, ontstaat relatief meer gist dan bij brouwerijen die zwaardere of hoge gistingbieren brouwen. Dit is te verklaren uit het feit dat er in pils geen of nauwelijks gisten mogen overblijven moeten er dus gemiddeld meer gistresten worden weggewerkt. Daarentegen heeft men bij sommige hoge gistingbieren een bijkomende gisting op de fles en wordt het gist bijgevolg niet verwijderd. Deze speciale bieren worden veelal geproduceerd in kleinere brouwerijen.

## **MAATREGELEN**

### **CO<sub>2</sub>-recuperatie**

De geproduceerde hoeveelheid CO<sub>2</sub> kan worden opgevangen en na zuivering hergebruikt worden in het productieproces. Het betreft hier enkel koolzuurgas geproduceerd tijdens de gisting. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die ontstaat bij de energieopwekking als gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen wordt nauwelijks gerecupereerd. In principe kan een brouwerij zelfvoorzienend zijn voor wat betreft CO<sub>2</sub> indien een efficiënt recuperatiesysteem aanwezig is. Voor de productie van 1 hl bier is slechts 1.5 à 2 kg CO<sub>2</sub> nodig, terwijl 2 tot 4 kg CO<sub>2</sub> per hl bier wordt geproduceerd. Indien meer CO<sub>2</sub> wordt gerecupereerd dan nodig is, kan de overmaat aan CO<sub>2</sub> verkocht worden of ingezet worden voor de productie van frisdranken. Enkel bij brouwerijen die een te hoog CO<sub>2</sub>-verbruik of een onvoldoende recuperatiesysteem hebben, zal koolzuurgas moeten aangekocht worden. Verschillende factoren hebben een invloed op het verbruik van CO<sub>2</sub>:

- gewenste koolzuurgehalte van het bier;
- type van vulinstallatie evenals manier van bottelen zelf: het vullen van blikjes vereist meer CO<sub>2</sub> dan flesjes, hetgeen op zijn beurt meer CO<sub>2</sub> vergt dan vaten vullen;
- mate waarin CO<sub>2</sub> wordt aangewend om ketels onder hoge druk te brengen en in transport van het bier;
- lekken van kleppen en leidingen.

### **luchtemissie**

De aromacomponenten die tijdens de fermentatie ontstaan kunnen worden opgevangen. Nadat ze uit de lucht gewassen worden kunnen ze worden afgevoerd naar het afvalwater.

### **afval**

Net zoals bij de hete trub is het van belang om het surplus aan gist zo veel mogelijk te verzamelen ten einde een grote organische belasting van het afvalwater te vermijden. Het grootste deel van de gist wordt extern afgezet in de veevoeder- of farmaceutische industrie. Indien de vraag naar gist te klein is, en niet snel afgezet kan worden moet deze gedroogd worden. In natte toestand is gist beperkt houdbaar. De droge gist kan dan voor langere tijd opgeslagen worden om dan als droog veevoeder of voor menselijke consumptie verkocht te worden. Het drogen van gist vereist veel warmte.

Een deel van de gist kan na zuivering hergebruikt worden bij de fermentatie. Ook het bier dat in de gistsuspensie aanwezig is, kan gerecupereerd worden. Met behulp van een centrifuge, een drukfilter of door ultrafiltratie wordt het bier gescheiden van de gist. Het gewonnen bier kan aan de wort worden toegevoegd of na pasteurisatie gemengd worden met het bier in de gistingstanks. Op deze manier kan 1 tot 2 % van de bierproductie gerecycleerd worden.

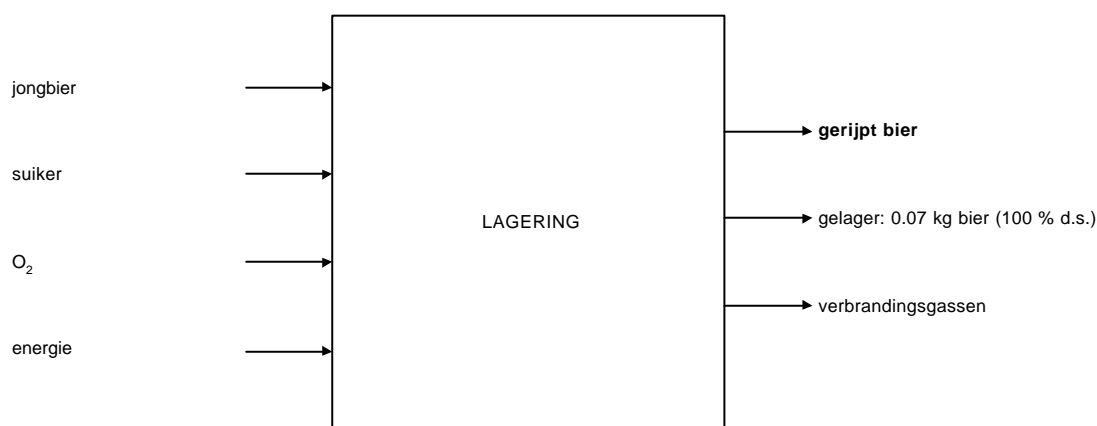
Afvalwater dat vrijkomt bij de behandeling van de gist wordt afgevoerd naar het afvalwater. Door het hoge N-gehalte van de gist, komt dit de afvalwaterzuivering ten goede. Het nadeel is dat dit gepaard gaat met een grote organische belasting van het te behandelen water.

## NAGISTING/LAGERING

### BESCHRIJVING

Na de hoofdgisting wordt het jongbier van de gistingstanks naar de lagertanks gepompt. Het doel van het lageren is het restextract te vergisten, de gistrestanten te laten bezinken, koolzuur op te lossen, de colloïdale stabiliteit te verhogen en het bier te laten rijpen. De lagering gebeurt op lage temperatuur (-1 tot 1 °C) en kan tot enkele maanden in beslag nemen. Hoewel het proces zich voornamelijk in de lagertanks afspeelt, kan de nagisting ook in de fles gebeuren, waar het minder controleerbaar is.

*Figuur 9: Overzicht van de input- en outputstromen van de lagering*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

### INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

Net zoals bij de hoofdgisting is er energie nodig voor de koeling van de lagertanks.

Voorts wordt er in sommige gevallen een extra hoeveelheid suiker en zuurstof toegevoegd.

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### afval

Bij het ledigen van de lagertanks blijft een bezinksel van gist- en eiwitrestanten achter dat men geläger noemt. Per hl geproduceerd bier ontstaat ongeveer 0.7 kg van deze gist-bier suspensie, met een droge stof gehalte van circa 12 %.

## MAATREGELEN

### afval

Voor het geläger kunnen dezelfde maatregelen genomen worden als voor de gistresten, zoals beschreven in 2.2.6.

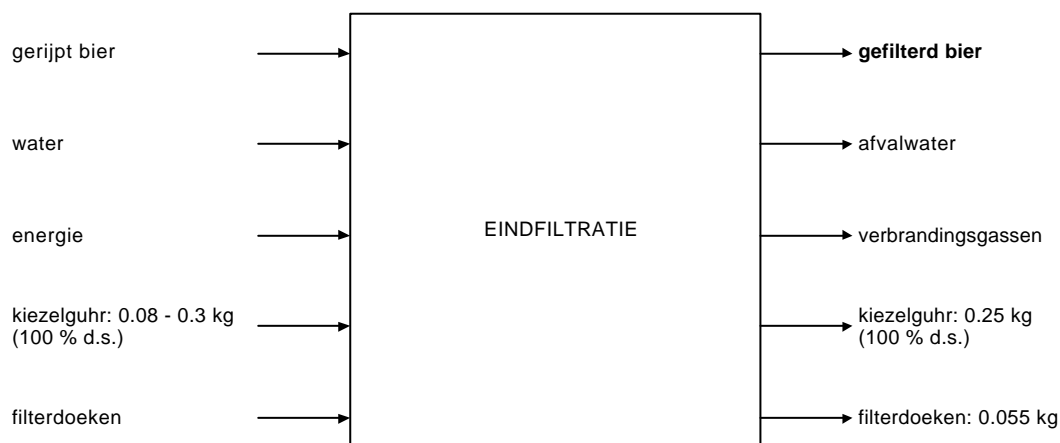
## EINDFILTRATIE

### BESCHRIJVING

Bij de eindfiltratie worden de gist en andere stoffen die de houdbaarheid en helderheid beïnvloeden uit het bier verwijderd. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van kiezelguhr (diatomeeënaarde) of filterdoeken. De ongewenste stoffen worden door middel van zeefwerking en adsorptie verwijderd. De temperatuur van het te filteren bier is hierbij heel belangrijk en bedraagt -1 à -1.5 °C.

Sommige hoge gistingsbieren worden niet gefilterd zodat het bier nog kan narijpen in de fles of op het vat.

*Figuur 10: Overzicht van de input- en outputstromen bij de eindfiltratie*



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## **INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE**

### **energie/grondstoffen**

De eindfiltratie gebeurt bij lage temperatuur. Bijgevolg is koelwater nodig om het bier te koelen.

Voorts wordt een hoeveelheid water aangewend voor de reiniging en/of behandeling van de filtratiehulpmiddel.

filtratiehulpmiddel

De filtratie wordt uitgevoerd met kiezelguhr of filterdoeken. Het kiezelguhr wordt op een drager aangebracht en in het te filtreren bier gesuspenderd. De hoeveelheid ervan bedraagt ongeveer 0.1 tot 0.3 kg per hl bier (100 % droge stof) en hangt af van de initiële helderheid van het bier, het aantal gistcellen nog aanwezig in het bier en het biertype.

## **LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL**

### **afvalwater**

Het waswater dat gebruikt wordt bij de reiniging van de filterdoeken en/of de behandeling van het kiezelguhr bevat organisch materiaal en reinigingsmiddelen en wordt afgevoerd naar het afvalwater.

### **afval**

Ingeval van filtratie met kiezelguhr blijft een kiezelguhrkoek over. Gemiddeld bedraagt de hoeveelheid hiervan 1 kg/hl bier en heeft het een droge stofgehalte van 25 %.

Het gebruik van filterdoeken geeft aanleiding tot een afvalstroom van opgewerkte filterdoeken van gemiddeld 0.055 kg/hl bier.

## **MAATREGELEN**

### **afval**

Indien kiezelguhr wordt aangewend als filtratiemiddel, kan een voorafgaande centrifugatie de hoeveelheid afval aanzienlijk verminderen. Zo kan een efficiënt werkende centrifuge 98 tot 99 % van de overblijvende gistcellen verwijderen. De gevolgen hiervan zijn:

- vermindering van de benodigde hoeveelheid kiezelguhr;
- langere filtratietijden;
- betere benutting van de kiezelguhrfilter;
- reductie van het waterverbruik voor het wassen van de filter;



- vermindering van de problemen die gepaard gaan met behandelen van kiezelguhrkoek;
- mogelijkheid om meer surplus gist te recupereren en te recycleren.

De installatie van een (bijkomende) centrifuge is echter duur en de werking ervan vergt een aanzienlijk hoeveelheid elektriciteit. Het is daarom aangewezen om eerst andere technieken te overwegen die een vermindering of zelfs een vervanging van kiezelguhr te weeg brengen. Deze technieken en maatregelen hebben betrekking op:

- moutselectie;
- optimale brouwprocedures;
- selectie van volkvormende gistkolonies waardoor de gist beter uitzakt;
- betere design van lagertanks en afvoeruitrusting;
- lagere opslagperiode;
- vervanging door andere filtratiemiddelen zoals filterdoeken.

De fractie kiezelguhrkoek die uiteindelijk overblijft kan op verschillende manieren aangewend worden:

- bodemverbeteraar in land- en tuinbouw, al dan niet verwerkt met GFT-afval;
- filtratiemiddel in de waterzuivering;
- intern opgewerkt (thermisch of chemisch) en hergebruikt bij de eindfiltratie.

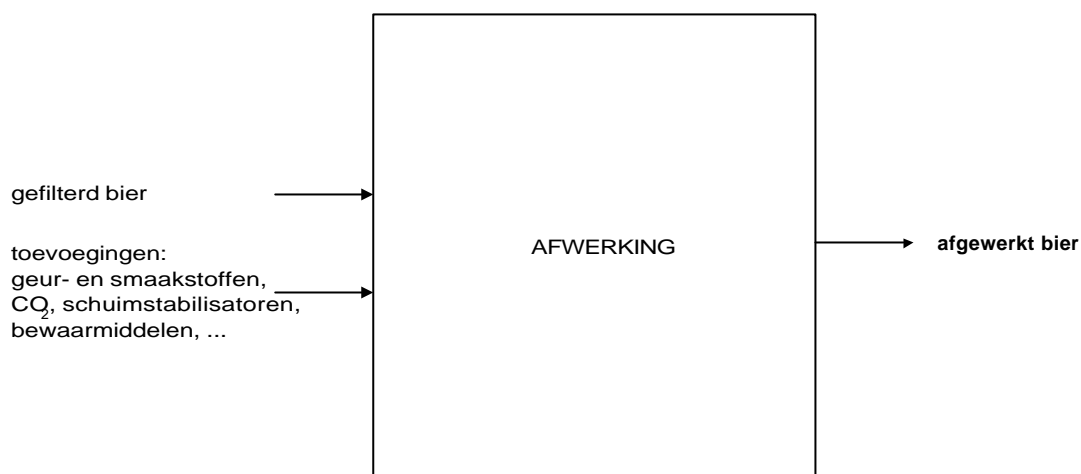
## **AFWERKING**

### **BESCHRIJVING**

Bij de afwerking van het bier kunnen nog allerlei stoffen worden toegevoegd zoals:

- smaakstoffen: fruit, kruiden;
- suikers en gist indien men een hergisting op de fles wil bewerkstelligen;
- kleurstoffen: karamel, gebrande mout;
- schuimstabilisatoren: zeewierextract en ijzerverbindingen;
- bewaarmiddelen: anti oxidanten zoals sulfieten ;
- hop, melkzuur, CO<sub>2</sub>, ...

*Figuur 11: Overzicht van de input- en outputstromen bij de afwerking*



BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## **INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE**

De inputs zijn de additieven.

## **LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL**

niet aanwezig

## **MAATREGELEN**

De afwerking van het bier is een weinig tot geen milieubelastende stap.

Maatregelen die van toepassing zijn, hebben betrekking op algemeen geldende principes van onderhoud en 'good housekeeping'.

## **BOTTELING**

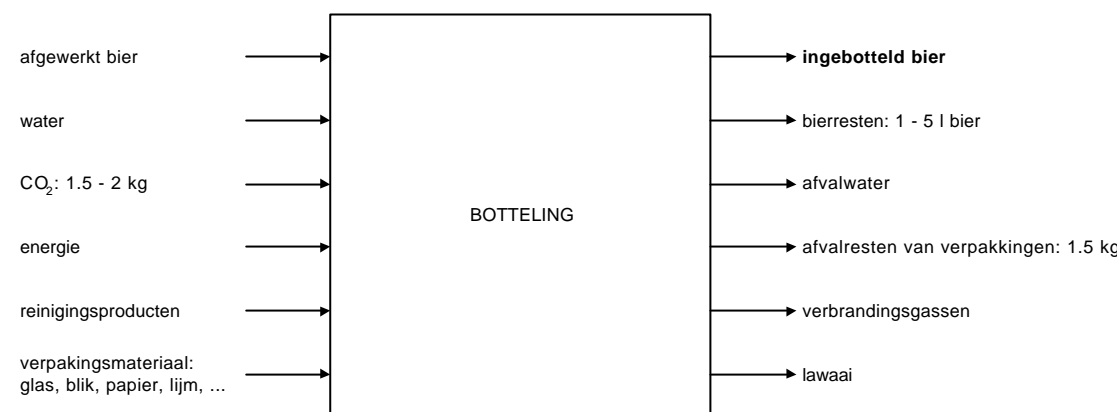
### **BESCHRIJVING**

Tot slot wordt het bier gebotteld in vaten, flesjes of blikjes. Dit proces gebeurt volautomatisch in de bottelarij in verschillende stappen.

- Eerst worden de recipiënten gereinigd. Alle onzuiverheden langs binnen- en buitenkant worden verwijderd. De flessen en vaten worden achtereenvolgens gespoeld, gesteriliseerd en nogmaals gereinigd. Sterilisatie gebeurt met een combinatie van heet water en chemicaliën zoals NaOH.
- De verschillende verpakkingen worden vervolgens gevuld tot een welbepaalde hoogte. Dit gebeurt onder een tegendruk van CO<sub>2</sub>, om schuimvorming, verlies aan CO<sub>2</sub> en contact met de lucht te vermijden. De flessen, vaten en blikken worden dan afgesloten en geëtiketteerd waarna inspectie plaatsvindt op afvulhoogte, sluiting en etikettering.

- Afhankelijk van het brouwproces wordt het bier, al dan niet in de verpakking, gepasteuriseerd. Het doel hiervan is de smaakconstantheid en de houdbaarheid te bevorderen. Het is belangrijk dat alle micro-organismen die in het bier kunnen groeien, worden vernietigd. De pasteurisatie kan zowel voor als na het vullen gebeuren. In het eerste geval spreekt men van flashpasteurisatie, in het andere geval van tunnelpasteurisatie. De temperatuur bij het pasteuriseren bedraagt 60 – 80 °C.

Figuur 12: Overzicht van de input- en outputstromen bij het bottelen



vermelde hoeveelheden: uitgaande van een productie van 1 hl bier (afgewerkt product)

BRON: UNEPIE, SPIN, PRESTI, DSS, EPA

## INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

### water

Ongeveer twee derden van de totale hoeveelheid water verbruikt in de brouwerij wordt aangewend voor de reiniging van het materieel en de verpakking. De exacte hoeveelheid water die verbruikt wordt in de bottelarij hangt onder andere af van de verpakkingswijze. Zo is er heel wat minder water nodig om een vat te reinigen in vergelijking met flesjes, waar het waterverbruik gemakkelijk kan oplopen tot 3 à 4 hl water per hl gebotteld bier. Niet alleen de verpakking, maar ook het type vulinstallatie zelf heeft een belangrijke invloed op het waterverbruik in de bottelarij.

Bij de tunnelpasteurisatie kunnen eveneens aanzienlijke hoeveelheden water verbruikt worden. Water wordt hier immers aangewend om de verhitte flessen en bier (circa 80 °C) af te koelen tot 30 - 35 °C. Het koelwater wordt hierbij veelal afgevoerd naar de waterzuiveringsinstallatie of riool (open circuit).

### energie

Het energieverbruik in de bottelarij is zeer groot en bedraagt ongeveer de helft van het totale energieverbruik in de brouwerij. Vooral de reiniging en desinfectie van de verpakkingen evenals de pasteurisatie vergen heel wat energie, hoofdzakelijk onder de vorm van heet water en stoom.

Een globale energiefactor voor de ganse bottelafdeling is niet weer te geven, vermits het energieverbruik afhankelijk is van de verpakkingwijze en de pasteurisatietechniek. Voor enkele processen zelf zijn wel energiefactoren beschikbaar:

*Tabel 4: Energieverbruik van enkele processen in de bottelarij*

Proces	Energieverbruik
flessenwasser	50 à 80 kJ/fles
kistenwasser	120 – 130 kJ/kist
flashpasteurisatie	30620 kJ/hl
tunnelpasteurisatie	4000 kJ/hl

BRON: DSS

## CO<sub>2</sub>

De verschillende verpakkingen worden gevuld onder een tegendruk van CO<sub>2</sub>. Redenen hiervoor zijn om schuimvorming, verlies aan CO<sub>2</sub> en contact met de lucht te vermijden. Afhankelijk van de bottelwijze is 1.5 tot 2 kg CO<sub>2</sub> nodig per hl geproduceerd bier. Blikjes vullen vergt meer CO<sub>2</sub> dan flesjes, hetgeen zijn beurt meer CO<sub>2</sub> vereist dan vaten.

## reinigingsproducten

Voor de reiniging van flessen en vaten wordt behalve heet water en stoom, hoofdzakelijk gebruik gemaakt van een NaOH-oplossing (natronloog). De totale hoeveelheid van deze oplossing die verbruikt wordt in een brouwerij bedraagt 0.5 tot 1 kg/hl bier. Hierin is ook de hoeveelheid NaOH inbegrepen die gebruikt wordt voor de reiniging van het materiaal (leidingen, ketels en dergelijke).

## verpakkingsmateriaal

Afhankelijk van hoe het materiaal verpakt wordt, worden verschillende verpakkingsmaterialen gebruikt: vaten, glazen flesjes (al dan niet retourverpakking), blikjes in de eerste plaats, maar ook kroonkurken, karton en papier, kratten, plastics, lijm en dergelijke. Gezien de grote variatie aan verpakkingen (soort en inhoud), zijn inputfactoren niet of nauwelijks beschikbaar.

## LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL

### afvalwater

Tijdens het afvullen ontstaan afvulverliezen als gevolg van:

- bier dat overstroomt of overschuimt;
- exploderen van flessen;
- afgekeurde verpakkingen als gevolg van verkeerde vulhoogte, foutieve etikettering, onvoldoende kwaliteit;

- bier dat teruggehaald werd omdat het niet verkocht geraakt is of omdat de kwaliteit niet afdoende bleek te zijn.

De hoeveelheid bier dat hierdoor verloren gaat, kan oplopen tot 5 % van de totale productie en komt –indien het niet geïncollateerd wordt- in het afvalwater terecht.

Naast restbier als gevolg van vulverliezen en spoeling van de recipiënten bevat het afvalwater van de bottelarij organische componenten van etiketten en lijm. De totale hoeveelheid en de vuilvracht ervan hangen af van de wijze van procesvoering mbt. recuperatie van de waterstroom en beperking van de afvoer van de concentraten.

### **afval**

De vaste afvalstroom in de bottelarij komt volledig op rekening van de verpakking. In onderstaande tabel wordt een schatting weergegeven van de vaste afvalstromen van een normaal werkende brouwerij die gedeeltelijk gebruik maakt van retourflessen.

*Tabel 5: Synthese van de hoeveelheid verpakkingsafval in brouwerijen*

Afvalstof	Hoeveelheid (in kg/1000 hl bier)
glasscherven	850 (1), 900 (2), 1000 (3)
etiketten en papier	290 (1), 359 (incl. karton) (3)
karton	40 (1)
plastic	50 (1)
metaal	20 (1)
kratten	113 (3)

bron: (1)UNEPIE, (2)SPIN, (3)PRESTI

Al deze afvalstoffen worden grotendeels gerecycleerd en hergebruikt.

### **lawaai**

Het lawaai in de bottelarij is grotendeels te wijten aan de werking van de verschillende machines: vulinstallatie, pasteurisatie-eenheden, transportbanden en dergelijke. Het geluidsniveau kan oplopen tot 85 decibel en meer.

## **MAATREGELEN**

Het inbottelen is één van de meest (zometer het meeste) milieubelastende processtappen in het ganse brouwproces. Het wordt niet alleen gekenmerkt door een groot water- en energieverbruik, maar tevens komt er veel afvalwater en vast afval vrij. Het beheersen van deze input- en outputstromen is onontbeerlijk. Een efficiënte procesvoering in de bottelarij leidt niet alleen tot een verlaagde milieudruk, maar op termijn eveneens tot een aanzienlijke kostenbesparing.

## **CO<sub>2</sub>**

Het koolzuurgas dat ontstaat bij de fermentatie kan opgevangen worden en na eventuele zuivering hergebruikt worden bij andere processtappen, zoals bv. in de bottelarij.

## **restbier**

De hoeveelheid restbier die ontstaat bij het afvullen kan gereduceerd worden door een optimale afstelling van de vulinstallatie.

Restbier dat toch vrijkomt bij het afvullen kan na zuivering (behandeling actief kool, filtratie) en sterilisatie weer in het proces worden gevoerd. Het nadeel is wel dat extra afval van actief kool ontstaat. Het hergebruik van de bierresten moet nauwkeurig opgevolgd en gecontroleerd worden om kwaliteitsverlies van het bier te vermijden.

## **water**

Om het waterverbruik te reduceren zijn verschillende opties mogelijk.

- recuperatie van het spoelwater: Het spoelwater -hete loog genoemd- wordt naar een geïsoleerde recuperatietank gepompt waar sedimentatie van afvalresten en onzuiverheden kan plaatsvinden. Nadat de vaste fractie afgescheiden is kan het waswater -eventueel na desinfectie met chemicaliën- hergebruikt worden voor reiniging. Op deze manier kan het waswater verscheidene malen hergebruikt worden, hetgeen een vermindering impliceert van zowel het waterverbruik als de geproduceerde hoeveelheid afvalwater. Bovendien kan hierdoor het verbruik van NaOH en andere desinfectanten aanzienlijk (tot 75 %, UNEPIE) worden verminderd. Het loog dat uiteindelijk toch naar het afvalwater wordt afgevoerd dient eerst geneutraliseerd te worden indien de brouwerij niet over een eigen afvalwaterzuiveringsinstallatie beschikt. Deze neutralisatie (van NaOH) kan uitgevoerd worden met behulp van het koolzuurgas dat gerecupereerd werd tijdens de fermentatie. Vermits de werking van de zuiveringsinstallatie positief wordt beïnvloed door de aanwezigheid van NaOH in het afvalwater, hoeft deze neutralisatie niet te geschieden gebeuren bij brouwerijen die over een eigen AWZI beschikken.
- aanpassen van verouderd en inefficiënt werkend materiaal. Vooral bij flessenwassers kan hierdoor veel water en energie bespaard worden. Volgende verbeteringen kunnen overwogen worden:
- installatie van een automatische klep die watertoevoer stopt indien tijdelijk geen flessen meer worden aangevoerd;
- controle van het debiet van het waswater, dat vaak te groot of niet constant is als gevolg van drukfluctuaties in het wateraanvoersysteem;
- installatie van efficiëntere leidingen welke minder water behoeven;
- hergebruik van het laatste waswater voor de eerste reiniging.

- Vermits het niet eenvoudig is om een bestaande flessenwasser aan te passen en dus het waterverbruik te verminderen, kan een vervanging een meer aangewezen oplossing zijn. Een nieuw type flessenwasser verbruikt ongeveer 0.5 hl/hl flesvolume terwijl dit bij verouderde types kan oplopen tot 3 à 4 hl water.
- De hoeveelheid water die nodig is voor de goede werking van de vacuümpompen kan met de helft verminderd worden met behulp van een recirculatietank. Vacuümpompen worden in de bottelarij ingezet om de zuurstof aanwezig in de recipiënten te evacueren. Hierbij gaat steeds een hoeveelheid water verloren, welke vervangen dient te worden.
- Voorts kan het spoelwater afkomstig van de flessenwasser ingezet worden voor het reinigen van de kratten. Zowel de hygiënenormen als de benodigde temperatuur (circa 40 °C) van het spoelwater laten dit toe.
- Bij de tunnelpasteurisatie kan tot 80 % van de benodigde hoeveelheid water bespaard worden. Hiervoor is de installatie van een gesloten watersysteem vereist. Het (verwarmde) koelwater wordt dan via een koeltoren terug afgekoeld en teruggepompt naar de pasteurisatie-eenheid. Op deze manier kan er in een brouwerij met een productiecapaciteit van 500.000 hl/jaar ongeveer 1 hl water per hl geproduceerd bier bespaard worden (UNEPIE).

### **afvalwater**

Zoals voor de andere processtappen het geval is, moet belet worden dat geconcentreerde waterstromen uit de bottelarij in het afvalwater terecht komen. Deze maatregel heeft niet enkel een invloed op het niveau van de input van grondstoffen, maar tevens op de werking van de afvalwaterzuivering. Een goede werking van de afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) wordt bevorderd door de afvalwatervrachten zo klein en zo constant mogelijk te houden. Dit betekent voor de bottelarij dat het restbier dat ontstaat bij het afvullen (schuimverliezen, uitgewassen bierresten en dergelijke) wordt gerecupereerd in plaats van afgevoerd naar het afvalwater. Voorts kan overgeschakeld worden op een ander soort etiketten en/of lijm, welke een geringer gewichtsverlies bij het losweken van de etiketten veroorzaakt.

### **afval**

Veel problemen levert het geproduceerde afval van de bottelarij niet op. In principe kan al het verpakkingsafval hergebruikt, gerecycleerd of eventueel afgezet worden in verschillende industrieën. Een vereiste voor de verwerking van het afval is evenwel dat de verschillende afvalstromen zo nauwkeurig mogelijk gescheiden dienen te worden.

Men dient te streven naar milieuvriendelijkere verpakkingsmaterialen. Dit kan gebeuren op het niveau van zowel de samenstelling als het gewicht van de verpakking. Zo kunnen bijvoorbeeld cadmiumvrije kratten worden gebruikt evenals PVC-vrije kroonkurkjes. Bij de etikettering kunnen milieuvriendelijkere producten (papier en lijm) worden aangewend. Het gebruik van lichter verpakkingsmateriaal leidt niet enkel tot een vermindering van de totale hoeveelheid afval, maar tevens tot een lager energieverbruik bij het transport.

Een vervanging van wegwerpverpakking door herbruikbare verpakking dringt zich eveneens op. Dit heeft weliswaar slechts een beperkte invloed op de afvalproductie in de brouwerij zelf, vermits deze verpakkingen bij de consument terechtkomen en door hem verwijderd worden.

## **REINIGING**

### **BESCHRIJVING**

Naast de verschillende stappen van het productieproces zelf, speelt het gebruikte materieel een belangrijke rol in de goede werking van brouwerijen en mouterijen. Een besmetting met micro-organismen beïnvloedt de productie nadelig en moet vermeden worden. Daarom dienen weebakken en kiemkasten, procesketels en –tanks, koelers en leidingen, maar ook werkruimtes, vloeren en materieel regelmatig gereinigd en ontsmet te worden.

### **INPUT VAN GRONDSTOFFEN EN ENERGIE**

#### **water**

Ongeveer twee derden van de totale hoeveelheid water verbruikt in de brouwerij wordt aangewend voor de reiniging van proces tanks, leidingen en werkruimtes en de verpakking.

#### **reiniging- en ontsmettingsmiddelen**

De meest gebruikte reinigingsproducten zijn oplossingen van NaOH, zuren zoals zwavelzuur, fosforzuur en salpeterzuur en polyfosfaten. Voor de desinfectie worden halogeencarbonzuren, chloorhoudende verbindingen en peroxiden aangewend. De gebruikte hoeveelheid is afhankelijk van de reinigingsprocedures en vertoont grote verschillen tussen de brouwerijen.

### **LUCHTEMISSIE, LOZINGEN VAN AFVALWATER EN AFVAL**

#### **afvalwater**

Het geloosde afvalwater bevat bierresten en reinigingsmiddelen. Het gebruik van natronloog (NaOH-oplossing) bij de reiniging zorgt voor een verhoging van de pH van het afwaswater. Dit heeft een invloed op de werking van de waterzuiveringsinstallatie.

### **MAATREGELEN**

#### **cleaning in place(CIP)**

CIP-apparatuur kan op verschillende plaatsen in de brouwerij geïnstalleerd worden en is gericht op de directe reiniging van procesapparatuur, zoals ketels en tanken. Deze apparatuur zorgt voor een automatische reiniging en leidt tot een verminderd verbruik van zowel water als reinigingsmiddelen en desinfectanten. De werking berust op de aanwezigheid van een recirculatietank waardoor spoelwater gerecupereerd en hergebruikt kan worden. Het laatste spoelwater dient als eerste spoelwater voor een volgende



reinigingsbeurt. Eenmaal de CIP-installatie aanwezig is, moet deze na verloop van tijd verder geoptimaliseerd te worden ten einde verliezen van water en reinigingsproducten te vermijden.

Om een bijkomende waterbesparing te realiseren kunnen vloeren onder hoge druk gekuist worden. Het kuisen zal hierdoor efficiënter verlopen vermits kleinere hoeveelheden water onder hoge druk een beter reinigende werking hebben dan grote hoeveelheden water onder lage druk.

### **keuze reiniging- en ontsmettingsmiddelen**

Gezien de hoge milieubelasting (eutrofiëring, toxiciteit, ...) die sommige onderhoudsproducten zoals P- en halogeenvverbindingen teweeg brengen, moeten deze vervangen te worden door milieuvriendelijkere producten. Een mogelijkheid is om oxidatiemiddelen op basis van zuurstof te gebruiken zoals peroxide. Deze zijn even doeltreffend, maar wel duurder. Een bijkomend nadeel is dat sommige apparatuur niet bestand zijn tegen de werking van dergelijke oxidatiemiddelen.

Sterilisatie kan in sommige gevallen worden uitgevoerd zonder desinfectanten, maar met behulp van stoom of heet water (thermische sterilisatie).

### **afvalwater**

Om de hoeveelheid en de belasting van het afvalwater zo laag en constant mogelijk te houden, moet voorkomen worden dat concentraten uit diverse plaatsen in de brouwerij in het afvalwater terecht komen. Bij de reiniging en desinfectie van de verschillende procesonderdelen moet gezorgd worden dat de procestanks en leidingen leeg zijn vooraleer ze gespoeld worden. Door codes van goede praktijk en een efficiënt monitoring systeem zal enkel een minimale hoeveelheid bier overblijven.

De afvoer van bierresten heeft niet enkel gevolgen voor de organische belasting van het afvalwater, maar zorgt ook voor een verlies aan eindproduct en grondstoffen. Dit bier dient opgevangen en gerecycleerd te worden, net zoals de restfracties bier afkomstig van de verschillende filtraties en de bottelarij. Afhankelijk van de kwaliteit worden deze bierresten op een welbepaalde plaats in het proces heringezet. Voor bierresidu 's met een hoge kwaliteit is dat ter hoogte van de eindfiltratie, ingeval van lage kwaliteit (bottelarij) wordt het bier teruggepompt naar de whirlpool of de fermentatietanks (na pasteurisatie).

## **CODES VAN GOEDE PRAKTIJK – GOOD HOUSEKEEPING**

Zoals ook voor andere industrieën het geval is, hoeft schonere productie niet noodzakelijk gepaard te gaan met ingrijpende technologische veranderingen. Vaak volstaan eenvoudige maatregelen om een schoner resultaat te bekomen. Naast toepassing van de know-how en een verbeterde technologie speelt de houding van verantwoordelijken en personeel ten aanzien van de relatie industrie/milieu een belangrijke rol in het proces van schonere productie. Een degelijk milieumanagement moet aanwezig zijn in de brouwerij. Dit impliceert een beleid van ‘good housekeeping’, wat onder andere de volgende aspecten inhoudt:

### **Onderhoud**

Een systematisch onderhoud van werkruimtes en materieel is noodzakelijk om een efficiënte werking van de brouwerij te garanderen en het water- en energieverbruik laag te houden. Een systematisch onderhoud omvat de volgende acties:

- preventief en regelmatig onderhoud;
- continue controle;
- volledige inspectie en revisie op regelmatige tijdstippen;
- onmiddellijke herstelling van defecten;
- eventuele renovaties en veranderingen;
- aanpassingen en hercalibratie (bv. bij vulinstallatie).

De hoeveelheid water en energie die op deze manier bespaard kan worden is afhankelijk van de intensiviteit en de timing van het onderhoud. Belangrijke resultaten kunnen reeds behaald worden door beperkte onderhoudswerken uit te voeren. Bovendien is de terugbetaalperiode voor dergelijke investeringen kort.

### **Efficiëntie van de productielijn**

De mate waarin het productieproces efficiënt wordt uitgevoerd, beïnvloedt in belangrijke mate het verbruik van grondstoffen, energie en water. Inefficiënte productie resulteert in een hogere consumptie als gevolg van bijvoorbeeld verliezen wanneer machines niet werken. Het is belangrijk dat productielijnen geoptimaliseerd worden tijdens de ontwerpfase en dat regelmatig prestatietests worden uitgevoerd om een hoge efficiëntie te verzekeren. Dit is vooral van toepassing in de bottelarij. Door een onvoldoende op elkaar afstellen van de verschillende stappen worden nodeloos grote hoeveelheden warmte, water en elektriciteit verbruikt.

## **Algemene voorzorgsmaatregelen**

Dergelijke principes werden reeds uitvoerig behandeld bij de beschrijving van de processtappen. Het betreft hier onder andere isolatie van koude en warme oppervlakken, opstellen van een (warm) waterbalans, benutting van restwarmte, maar ook de opleiding en training van personeel.

## INDICATORSET

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillende maatregelen en het domein waarin zij een milieubesparing teweeg brengen. Met behulp van deze indicatorenset kan een kwalitatieve evaluatie uitgevoerd worden (zie de derde reeks van vragen in de enquête).

*Tabel 6a: Overzicht preventie-indicatoren voor de verschillende eenheden van de brouwerij - brouwerijzaal*

BROUWZAAL	grond- stoffen- verbruik	water- verbruik	energie- gebruik	emissies, lozingen en afval
gedeeltelijke vervanging mout door ruwe granen	x			
bevochtiging van de mout				x
gebruik van stoffilters				x
opvangen warme dampen		X	x	x
recuperatie warmte			x	
installatie gaswasser				x
controle extractopbrengst (reeel vs. labo)	x	X	x	x
recuperatie nawort	x			
recuperatie spoelwater als beslagwater		X	x	x
vervanging van hop door hopextracten of oliearme hopsoorten	x			x
hergebruik trub	x			x

*Tabel 6b: Overzicht preventie-indicatoren voor de verschillende eenheden van de brouwerij – fermentatie-eenheid*

FERMENTATIE-EENHEID	grond- stoffen- verbruik	water- verbruik	energie- gebruik	emissies, lozingen en afval
CO <sub>2</sub> -recuperatie	x			x
opvangen en wassen van dampen				x
vervanging van kiezelgühr door minder belastende filtratiemiddelen (bv. filterdoeken)				x

maatregelen om betere uitzakking of verwijdering van de gist te creëren: andere gistkolonies, beter design van de lagertanks, langere opslagperiode, ...		x
centrifuge voor scheiding van gistsuspensie	x	x
recyclage van gist en geläger	x	x

*Tabel 6c: Overzicht preventie-indicatoren voor de verschillende eenheden van de brouwerij - bottelarij*

BOTTELARIJ	grond- stoffen- verbruik	water- verbruik	energie- gebruik	emissies, lozingen en afval
behandeling en hergebruik van restbier	x	x	x	x
recuperatie van spoelwater van de wasinstallatie		x		x
optimalisatie van flessenwasser		x	x	
recirculatie water afkomstig van tunnelpasteurisatie		x		x
recirculatie water afkomstig van vacuümpomp		x		x
gebruik van herbruikbare en milieuvriendelijke verpakkingen	X			x

*Tabel 6d: Overzicht preventie-indicatoren voor de verschillende eenheden van de brouwerij - algemeen*

ALGEMEEN	grond- stoffen- verbruik	water- verbruik	energie- gebruik	emissies, lozingen en afval
opstellen warm waterbalans		x	x	
opstellen CO <sub>2</sub> -balans	x			x
scheiden van afvalstromen				x
hergebruik of afzet van afvalfracties naar industrie	x			x
scheiden van geconcentreerde	x			x

## DWTC Indicatoren voor Duurzame Ontwikkeling in de Belgische Industrie

---

afvalwaterstromen				
isolatie van warme en koude oppervlakken		x		
controle op efficiënte werking van apparatuur	x	x	x	x
systematisch onderhoud van materieel en werkruimtes		x	x	x
productielijn efficiëntie	x	x	x	
gesloten watersysteem		x	x	x
gebruik van CIP-apparatuur			x	x
gebruik van milieuvriendelijke reinigings- en ontsmettingsmiddelen				x

---

## **VOORTGANG NAAR D.O.**

De voortgang naar DO in de brouwerijsector wordt bepaald. Er wordt nagegaan in welke mate de sector actief is inzake mogelijkheden voor DO. Hiertoe dienen de kwalitatieve indicatoren om te bepalen in hoeverre de verschillende preventieopties werden onderzocht en / of uitgevoerd. De evaluatie met de kwantitatieve indicatoren dient vervolgens om te bepalen of de procesvoering efficiënt is. De combinatie van de beide types geeft aldus een betrouwbaar beeld van de nog openstaande preventiemogelijkheden binnen elk bedrijf apart en binnen de sector.

De voortgang naar DO wordt gemeten aan de hand van een enquête bij de bedrijven van de sector.

De vragenlijst van de ze enquête bestaat uit vier delen.

1. De eerste bevat een aantal vragen over het bedrijf zoals het aantal werknemers en de voornaamste activiteiten.
2. Het tweede deel bevat een aantal vragen over het milieubeleid van het bedrijf, over de inhoud t.o.v. milieuzorg en over het contact met de overheid. De informatie hieruit bekomen kan behulpzaam zijn bij het opstellen van een milieubeleid voor de sector.
3. Het derde deel heeft betrekking op de opties uit de bedrijfstakverkenning. Om de penetratiegraad van de opties te meten, worden ze geoperationaliseerd in concrete vragen. Hierbij is zoveel mogelijk gewerkt met vooraf bepaalde antwoordcategorieën zodat de antwoorden goed onderling vergelijkbaar zijn en met de computer kunnen verwerkt worden. Niet alle opties uit de bedrijfstakverkenning zijn meetbaar in de vragenlijst. Sommige opties zijn zo complex en/of afhankelijk van specifieke eigenschappen van het productieproces dat meting ervan in een schriftelijke vragenlijst onmogelijk is.
4. Een vierde deel geeft dan de vragen voor kwantitatieve waarden.

We geven een beknopt verslag van de resultaten van de enquête.

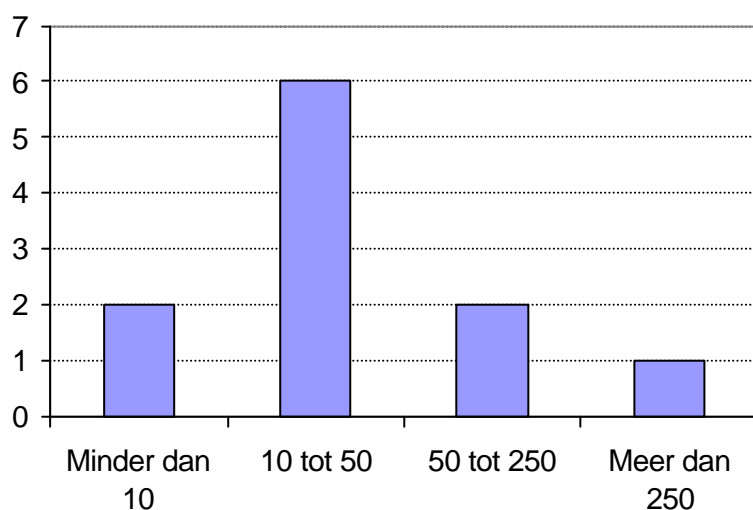
## ALGEMENE VRAGEN

### Aantal werknemers in de bedrijven

Zes van de 11 brouwerijen die op onze enquête hebben geantwoord, hebben een werknemersaantal tussen 10 en 50 werknemers. Twee brouwerijen die ons een formulier hebben terugbezorgd, zijn kleine bedrijven, met minder dan 10 werknemers. Van de overige drie brouwerijen die hebben gereageerd, zijn er twee met 50 tot 250 werknemers, en eentje met meer dan 250 werknemers.

Onze steekproef kan niet als voldoende representatief worden beschouwd voor het totaal der brouwerijen in België. De twee grootste brouwerijgroepen (Interbrew en Alken Maes) ontbreken. Van de middelgrote brouwerijen (100.000 hl – 1.000.000 hl/jaar productie) hebben slechts enkele ge-antwoord. De kleine brouwerijen uit onze steekproef zijn wellicht niet voldoende om een voldoende representatief beeld te kunnen geven van de meer dan 100 kleine brouwerijen in België.

*Figuur13: Grootte van de geënquêteerde bedrijven, volgens aantal werknemers*



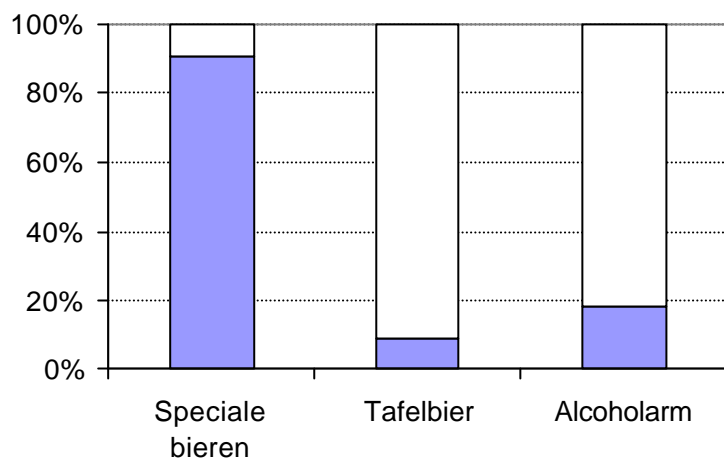
De resultaten die we in wat volgt zullen bespreken, zullen daarom enkel van toepassing zijn op onze steekproef, en mogen zeker niet worden doorgetrokken naar het geheel der Belgische brouwerijen.

### Activiteiten

Meer dan 90% van de respondenten brouwt speciaal bier, minder dan 10% tafelbier en bijna 20% alcoholvrij bier. We merken op dat 1 brouwerij meer dan 1 soort bier kan brouwen.



*Figuur 14: aantal bedrijven, volgens soorten geproduceer bier*

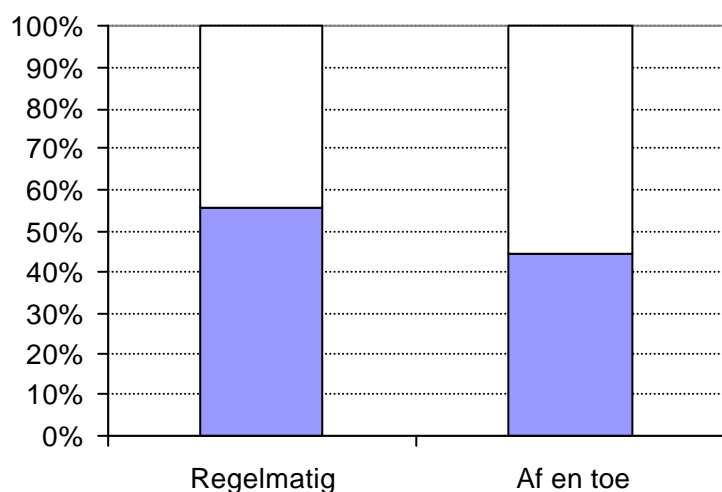


Het zijn vooral de producenten van speciale bieren, die op onze enquête hebben gereageerd. Dit bevestigt nogmaals dat onze enquête niet mag worden gebruikt om algemene conclusies te trekken voor de hele Belgische brouwerijsector.

### **Raadplegen van vakbladen**

Iets meer dan de helft van de respondenten die vakbladen raadplegen, doen dit regelmatig, de overige kleine helft slechts 'af en toe'.

*Figuur 15 : Frequentie van raadplegen van vakbladen*



Tot de geciteerde publicaties behoren:

- CBB Info (Confederatie der Belgische brouwerijen) (4x)
- Bourse belge des déchets

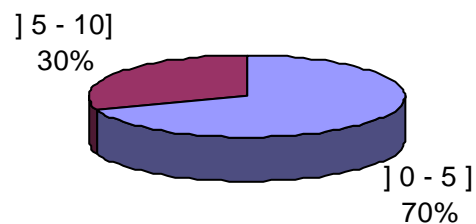
## DWTC Indicatoren voor Duurzame Ontwikkeling in de Belgische Industrie

- Brauwelt (7x)
- Brau-industrie (4x)
- Cerevisiae (5x)
- Brauwissenschaft (2x)
- FEVIA (3x)
- Vmt
- Brewing and Beverage Industry
- Food Industry
- Eco Tips (2x)
- Packaging 2000
- All About Beer, Il Mondo Dalla Birra, enz.

De meest geciteerde informatiebron is het vakblad Brauwelt. De federaties, CBB en FEVIA, doen het evenmin slecht als aangehaalde informatiebron.

Een derde van de respondenten die vakbladen lezen, besteden tussen 0 en 5 uren per maand hieraan, de overige tweederde tussen de 5 en 10 uren per maand.

*Figuur 16: aantal uren besteed aan het lezen van vakbladen*

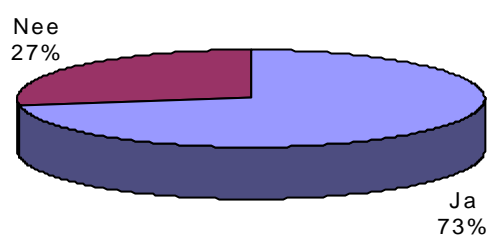


## HOUDING T.O.V. MILIEU

### Iemand expliciet belast met het opvolgen van milieu-aspecten?

*Figuur 17: aantal brouwerijen waar iemand expliciet belast is met het opvolgen van milieu-aspecten, in %*

Bij driekwart van de respondenten is iemand expliciet belast met het opvolgen van de

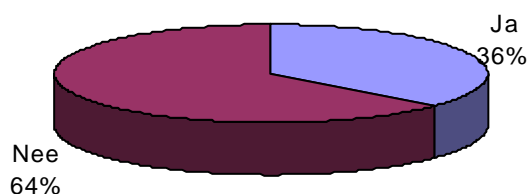


milieu-aspecten.

Deze persoon kan de milieucoördinator / klaarmeester zijn, de milieuverantwoordelijke, de verantwoordelijke voor kwaliteit, milieu en veiligheid, de brouwingenieur, de productieverantwoordelijke, of zoals iemand het gevat uitdrukte “la personne qui répond à ce questionnaire”.

### Heeft uw bedrijf een milieuzorgsysteem?

*Figuur 18: aantal respondenten met een milieuzorgsysteem*



Eén derde van de respondenten heeft geen milieuzorgsysteem. Het feit dat iemand expliciet belast is met het opvolgen van de milieu-aspecten betekent niet dat er automatisch een milieuzorgsysteem is, het omgekeerde is natuurlijk wel het geval.

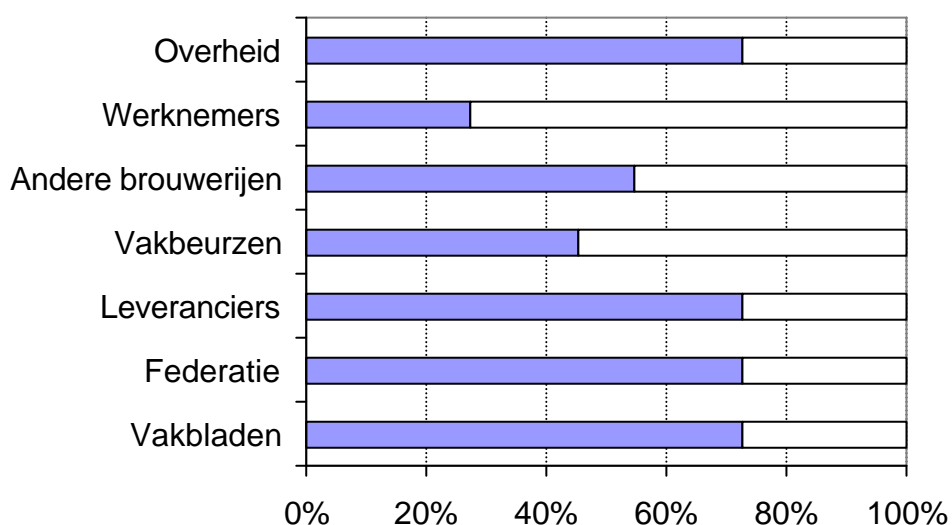
De respondenten met een milieuzorgsysteem melden als acties uitgevoerd in het kader van dit milieuzorgsysteem of onderdelen van het milieuzorgsysteem o.a.

- een eigen waterzuiveringsstation, HACCP;
- Het opvolgen van de waterzuivering als voornaamste aspect;
- Het recupereren en hergebruiken van afval, en van de CIP producten om ze te behandelen in een zuiveringstation;
- Bescherming van de oppervlaktewateren, vermindering van de geluidshinder, van het fossiel energiegebruik en van het watergebruik.

Eén respondent zegt geen milieuzorgsysteem in de nabije toekomst te implementeren omdat ze “hiervoor te klein zijn”. Een andere brouwerij zonder milieuzorgsysteem zegt het milieu systematisch te respecteren omdat de brouwerij zich in een zeer beschermd gebied bevindt.

### **Bron van informatie voor nieuwe ideeën over milieumaatregelen?**

*Figuur 19: bronnen van informatie voor nieuwe ideeën over milieumaatregelen*

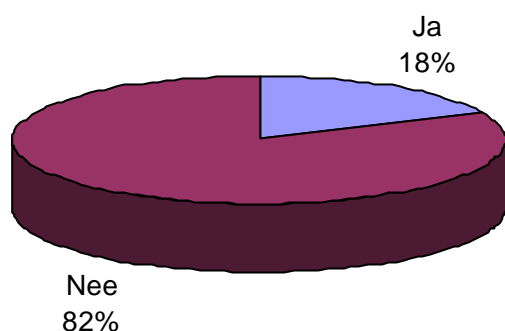


Zeventig procent van de respondenten geven als belangrijkste informatiebronnen aan de overheid, de leveranciers, de federatie en de vakbladen. Vakbeurzen zijn slechts voor de helft van de respondenten een belangrijke bron van informatie, en de eigen werknemers voor nog geen kwart van de brouwerijen die op onze rondvraag hebben gereageerd.

### **Problemen bij het vinden van informatie over milieumaatregelen?**

Eén vijfde van de respondenten ondervindt problemen bij het vinden van informatie over milieumaatregelen.

*Figuur 20: aantal respondenten met problemen bij het vinden van informatie*



Eén (kleine) brouwerij klaagt erover dat het moeilijk is om de juiste contactpersoon te vinden. De meeste brouwerijen, en zeker de grotere brouwerijen, schijnen op dit vlak geen problemen te ondervinden.

#### **Aandacht aan milieu-onderwerpen bij overleg tussen leidinggevenden?**

Slechts 1 van de 11 respondenten beweert dat er geen aandacht wordt besteed aan milieu-onderwerpen bij overleg tussen leidinggevenden.

Dit gebeurt o.a. op de volgende wijzen:

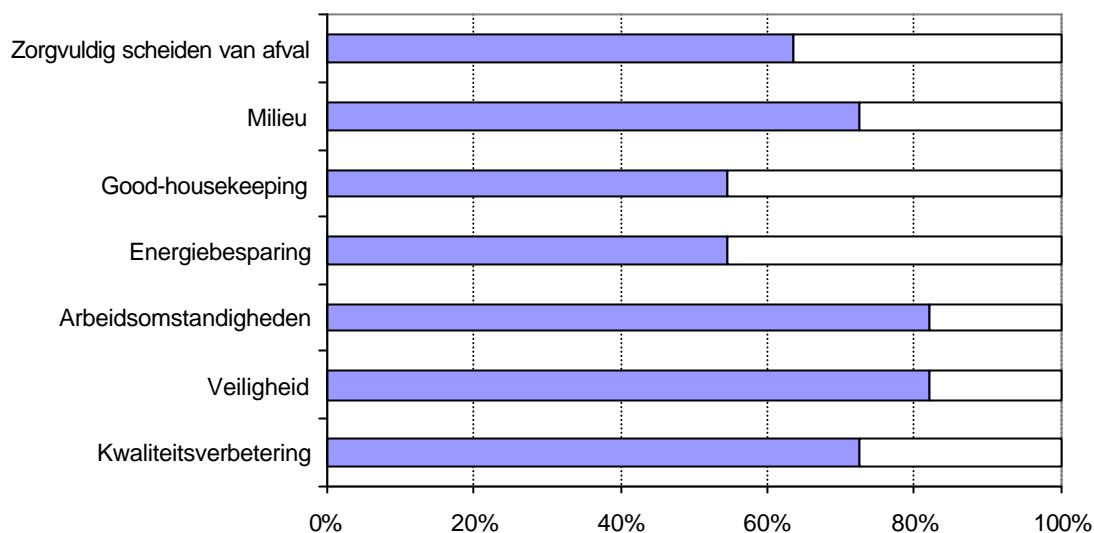
- in hoofde van het Directiecomité (2x)
- tijdens technische vergaderingen
- bij het bespreken van analyseresultaten
- vooral dan wanneer er maatregelen moeten worden genomen om conform te zijn met bepaalde regelgeving / wetgeving
- tijdens de wekelijkse vergadering

#### **Regelmatig overleg tussen chefs en ondergeschikten over uitvoering van het werk**

Slechts 1 van de 11 respondenten beweert dat er niet regelmatig overleg wordt gepleegd tussen chefs en ondergeschikten over de uitvoering van het werk. Eén respondent merkt op dat dit een vrij stomme vraag is, wat we achteraf bekeken alleen maar kunnen beamen.

*Figuur 21: onderwerpen waarover regelmatig overleg wordt gepleegd tussen chefs en ondergeschikten*

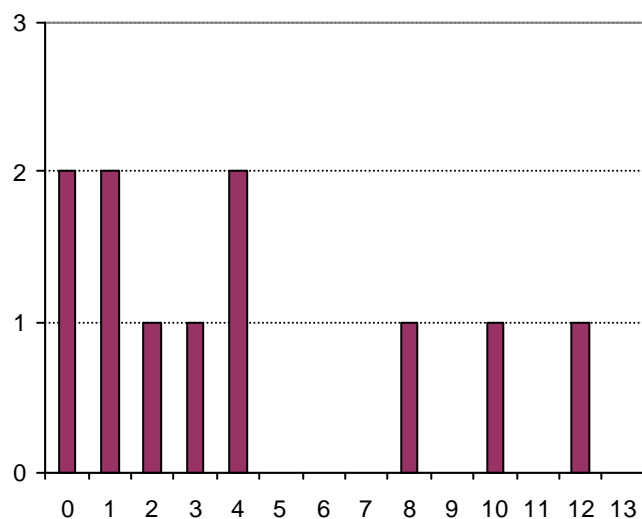
## DWTC Indicatoren voor Duurzame Ontwikkeling in de Belgische Industrie



Bij meer dan 80% van de respondenten wordt vooral overleg gepleegd over de arbeidsomstandigheden en de veiligheid, bij meer dan 60% over milieu, verbetering van de kwaliteit en het zorgvuldig scheiden van het afval. Slechts bij iets meer dan de helft van de respondenten wordt ook regelmatig overleg gepleegd over good-housekeeping en energiebesparing.

### Bezoek van milieuambtenaar

*Figuur 22: aantal bezoeken van milieu-ambtenaren*



Twee respondenten ontvingen in het voorbije jaar geen milieu-ambtenaar. Bij 6 van de 11 respondenten kwam een milieu-ambtenaar 1 tot 4 keer het afgelopen jaar op bezoek. Uitschieters zijn 1 respondent waarbij een milieu-ambtenaar 8 keer op bezoek kwam, een andere brouwerij met 10 visitaties van een milieu-ambtenaar, en helemaal bovenaan een

brouwerij die het afgelopen jaar maar liefst 12 keer een milieu-ambtenaar mocht verwelkomen.

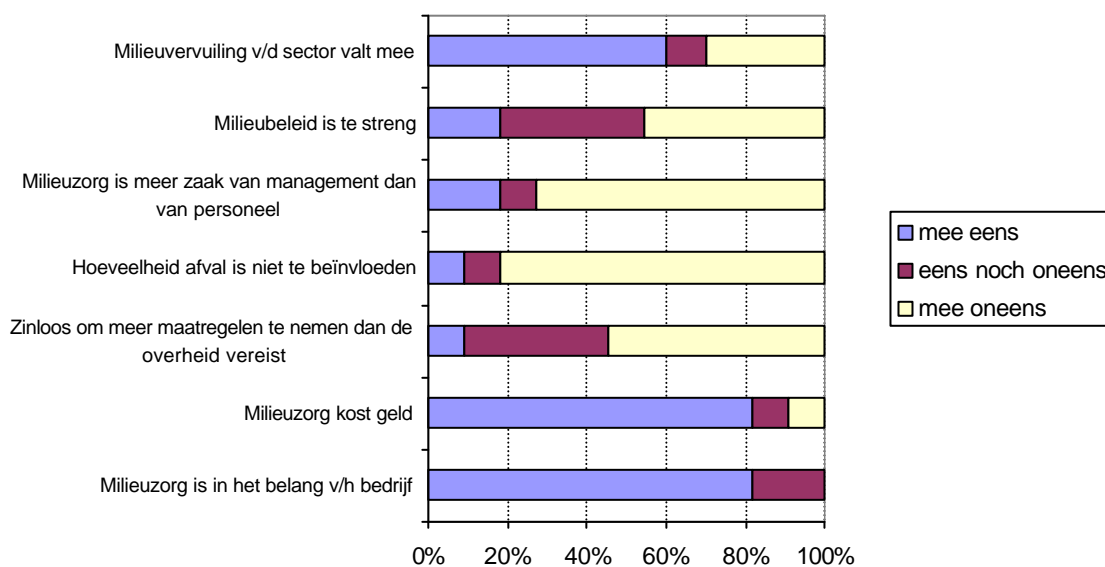
Slechts 2 brouwerijen op 11 melden expliciet dat er problemen waren. Enkele uitspraken rond de bezoeken van ambtenaren zijn:

- ambtenaren voeren enkel controles uit (geen problemen);
- staalname waterzuivering (geen problemen), controle op slibdossier (geen problemen, slechts kleine bijstellingen);
- bij een AMINAL-inspectie bleek één keer een staal van het effluent een te hoge waarde voor een parameter te bevatten, een tegenstaal werd genomen | bij een VMM inspectie was een brouwerij ongewild / ongeweten in overtreding met de huidige wetgeving;
- (problemen?) Ja, die zijn er altijd

Al bij al lijken de controles / inspecties voor de meeste brouwerijen nog mee te vallen, maar we moeten erop wijzen dat onze “steekproef” mogelijk sterk vertekend kan zijn, vermits brouwerijen die het afgelopen jaar veel problemen hebben gehad met milieu-ambtenaren misschien minder geneigd zullen zijn geweest om op onze enquête te antwoorden.

### Uitspraken in verband met het milieubeleid?

*Figuur 23: aantal respondenten eens of oneens met een aantal uitspraken i.v.m. milieubeleid*



Meer dan 80% van de respondenten zijn het erover eens dat milieuzorg in het belang is van het bedrijf, maar er bestaat ook grote eensgezindheid over het feit dat deze milieuzorg geld kost.

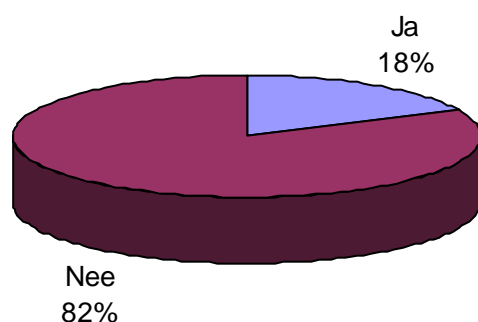
Opvallende resultaten zijn dat slechts een (kleine) minderheid van de respondenten vindt dat het zinloos is om meer maatregelen te nemen dan de overheid vereist, of dat het milieubeleid te streng is. Dit wijst op een grote bezorgdheid voor het milieu vanwege de brouwerijen.

Bemoedigend is ook dat slechts een zeer klein percentage ervan overtuigd is dat de hoeveelheid afval niet te beïnvloeden is. Afvalpreventie is dus ook voor de brouwerijen meer dan een loze kreet.

Eén respondent laat zich wel vrij cynisch uit over het gevoerde milieubeleid in Vlaanderen, dat volgens hem geen steek houdt, niet consequent en onpraktisch is. Volgens hem is het een afwentelingsbeleid op wie kan betalen.

### **Samenwerking met andere brouwerijen**

*Figuur 24: aantal respondenten dat samen werkt met andere brouwerijen*



Een vijfde van de respondenten beweert samen te werken met andere brouwerijen op het vlak van milieu.

Dit gebeurt o.a. door uitwisseling van informatie. Eén respondent beweert dat er tussen brouwerijen in het algemeen een goede verstandhouding bestaat. Uit onze enquête zou nochtans moeten blijken dat er niet echt veel wordt samengewerkt op het vlak van milieu.

### **Recente projecten op milieugebied**

Driekwart van de respondenten heeft recent projecten op milieugebied afgerond.

Het gaat dan om projecten zoals:

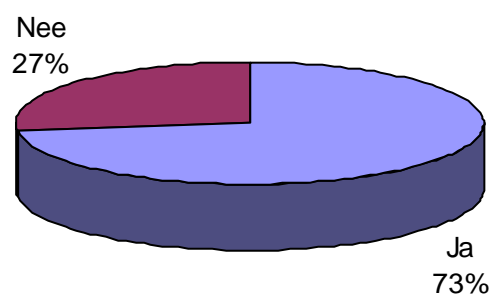
- verbetering STEP;
- scheiding van de gebruikte waters en het hemelwater;
- koeling;



- afvalwaterzuivering (5x), o.a. optimalisatie, uitbreiding bufferbekken | aanpassing automatisatie, zelf afvalwater zuiveren of voorbehandelen om vooral geurhinder te voorkomen | bouw van een waterzuiveringsstation;
- bodemsanering;
- ruimen van slotgracht en aanbrengen van schanskorven voor oever-verstevinging;
- Lifeproject: watermanagement | vermindering van het watergebruik (2x);
- Scheiding van het afval | recuperatie van de verpakkingen;
- Nieuwe stoomketels op gas i.p.v. op stookolie

Het valt op dat het merendeel der projecten te maken hebben met water, hoofdzakelijk met afvalwater, en in mindere mate ook met het watergebruik. Eén respondent merkt hierbij op: “De milieuvervuiling van de brouwerijsector bestaat uit water. Dit water is een perfecte voeding voor de waterzuiveringsinstallaties van Aquafin, doch deze mogen het niet aankopen.”

*Figuur 25: aantal brouwerijen die recent projecten op milieugebied hebben afgerond*



Een respondent die recent geen projecten op milieugebied heeft afgerond verzekert wel dat bij nieuwe projecten expliciet rekening zal worden gehouden met de impact op het milieu.

## OPTIES UIT DE SECTORSTUDIE

In de bedrijfstakverkenning is een aantal opties beschreven die bedrijven uit de sector kunnen toepassen om hun milieubelasting te verminderen. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de mate waarin bedrijven reeds aan preventie en recuperatie doen en de opties toepassen.

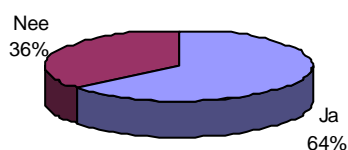
De brouwerijen worden gekarakteriseerd door een groot verbruik van water, energie en grondstoffen enerzijds en een hoge productie van afvalwater anderzijds. Maatregelen om de milieulasten van brouwerijen te verminderen, hebben bijgevolg hoofdzakelijk betrekking op grondstofverbruik, productsubstitutie en een efficiënte procesvoering. De vragen zullen per processtap afzonderlijk worden behandeld.

### Schroten

#### *Beperking van stofvorming*

Twee derde van de respondenten beperkt de stofvorming bij het schroten. Al deze brouwerijen gebruiken hiervoor cyclonen of stoffilters.

*Figuur 26: aantal respondenten dat stofvorming beperkt*

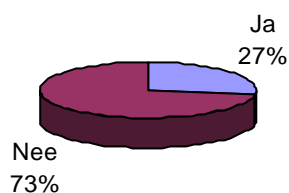


Eén respondent die de stofvorming niet beperkt zegt dat er geen stof is, omdat die in de mout valt.

### Maï schen

#### *Opvangen en condenseren van de ontstane dampen*

*Figuur 27: aantal respondenten dat ontstane dampen opvangt en condenseert*

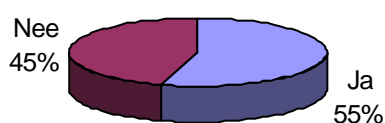


Slechts één kwart van de respondenten vangt de ontstane dampen op en condenseert ze. Geen enkele van de respondenten heeft een bijkomende gaswasser geplaatst.

### **Filtratie – Klaren**

#### ***Procesveranderingen om het extractverlies te beperken***

*Figuur 28: aantal respondenten dat procesveranderingen heeft aangebracht*



Iets meer dan de helft van de respondenten heeft procesveranderingen aangebracht om het extractverlies te beperken.

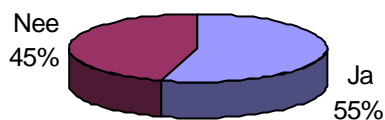
Deze procesveranderingen bestaan o.a. uit:

- automatisering van de fasescheiding (en automatisering in het algemeen) + verbetering van de scheiding van het gist;
- installatie van een wortfilter Meura 2001 (3x);
- het in hoge mate uitwassen van de draf zodat er slechts een minimale concentratie is op het einde in het extract;
- het vervangen van een Kieselguhr filter door een centrifuge;

De meest populaire optie is het plaatsen van een wortfilter Meura 2001.

***Eerste waswater als nawort bij de hoofdwort voegen***

*Figuur 29: aantal respondenten dat eerste waswater als nawort bij hoofdwort voegt*



Iets meer dan de helft van de respondenten voegt het eerste waswater als nawort bij de hoofdwort.

***Volgende fracties gebruikt als beslagwater***

Geen enkele van de respondenten gebruikt de volgende fracties als beslagwater.

**Wortkoken**

***Overschakeling van hop naar hopextracten***

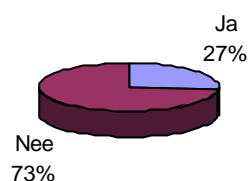
*Figuur 30: aantal respondenten dat is overgeschakeld van hop naar hopextracten*



Ongeveer een derde van de respondenten is overgeschakeld van hop naar hopextracten.

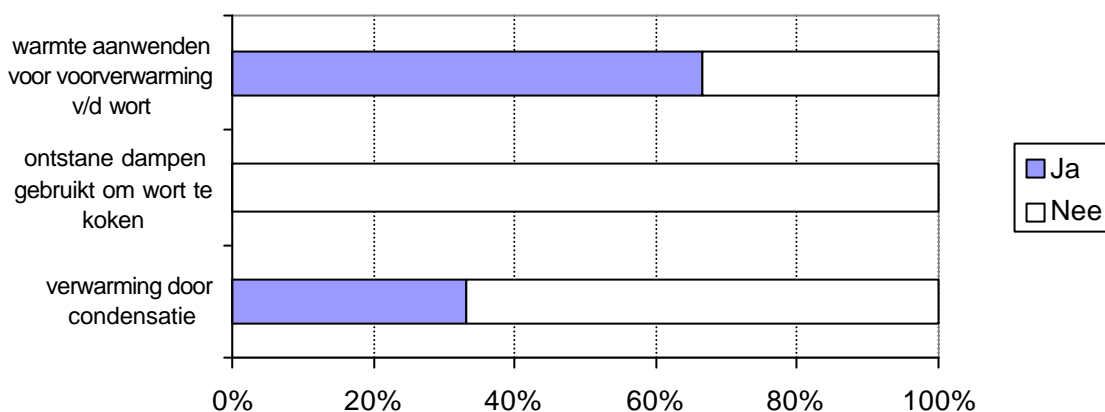
***Recuperatie van de warmte***

*Figuur 31: aantal respondenten dat de warmte recupereert*



Slechts één kwart van de respondenten recupereert de warmte.

*Figuur 32: wijzen waarop de warmte wordt gerecupereerd*

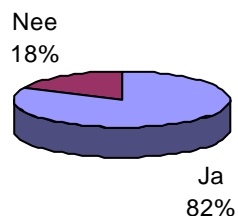


Geen enkel van de respondenten die warmte recupereren gebruikt de ontstane dampen om de wort te koken (stoominjectie).

De meest populaire vorm van warmterecuperatie is het aanwenden van de warmte voor de voorverwarming van de wort (meer dan 60% van de respondenten). De verwarming van water door condensatie is maar half zo populair (iets meer dan 30%).

### ***Opsporen en verhelpen van de lekverliezen***

*Figuur 33: aantal respondenten dat lekverliezen opspoort en verhelpt*

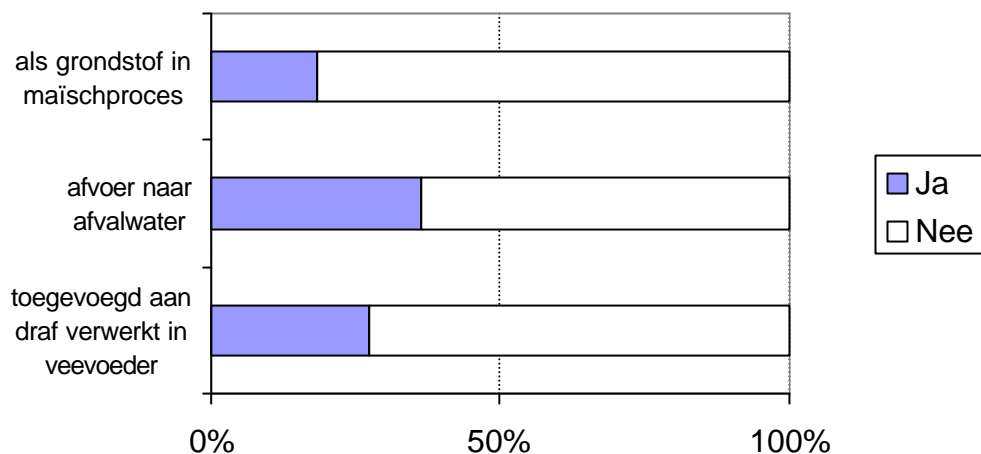


Meer dan vier vijfde van de respondenten spoort lekverliezen op en verhelpt ze.

## Centrifugatie en koeling

### *Behandelen van de trubsuspensie*

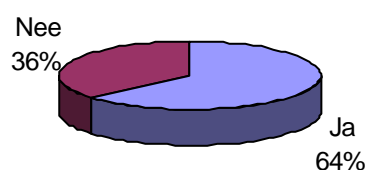
*Figuur 34: hoe de trubsuspensie wordt behandeld door de respondenten*



Iets minder dan 40% van de respondenten voert de trubsuspensie af naar het afvalwater. Iets minder dan 30% voegt de trubsuspensie toe aan de draf, die verwerkt wordt in veevoeder. Iets minder dan 20% gebruikt de trubsuspensie als grondstof in het maï schproces.

### *Optimalisatie van de warmwaterbalans*

*Figuur 35: aantal respondenten dat de warmwaterbalans optimaliseert*



Het optimaliseren van de warmwaterbalans gebeurt o.a. op de volgende manieren:

- recuperatie van het koelwater | recuperatie van het koelwater als brouwwater voor de volgende dag of het volgend brouwsel;
- recuperatie van het ontstane warme water bij de wortkoeling, door het te gebruiken als beslagwater;

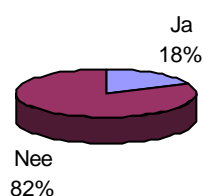
- het centraliseren van het warm water in één tank. Het gerecupereerde water wordt daar opgevangen, en de nodige bijkomende hoeveelheden aangemaakt | maximale recuperatie van het warme water.

Eén respondent geeft als antwoord hierop “Meten is weten”. Een andere respondent laat weten dat een studie in uitvoering is.

## Fermentatie

### *Recuperatie van de geproduceerde hoeveelheid CO<sub>2</sub>*

*Figuur 36: aantal respondenten dat de geproduceerde hoeveelheid CO<sub>2</sub> recupereert*



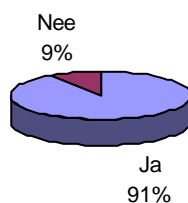
Slechts één vijfde van de respondenten recupereert de geproduceerde hoeveelheid CO<sub>2</sub>.

### *Uit de lucht wassen van de aromacomponenten*

Geen enkele van de respondenten wast de aromacomponenten uit de lucht.

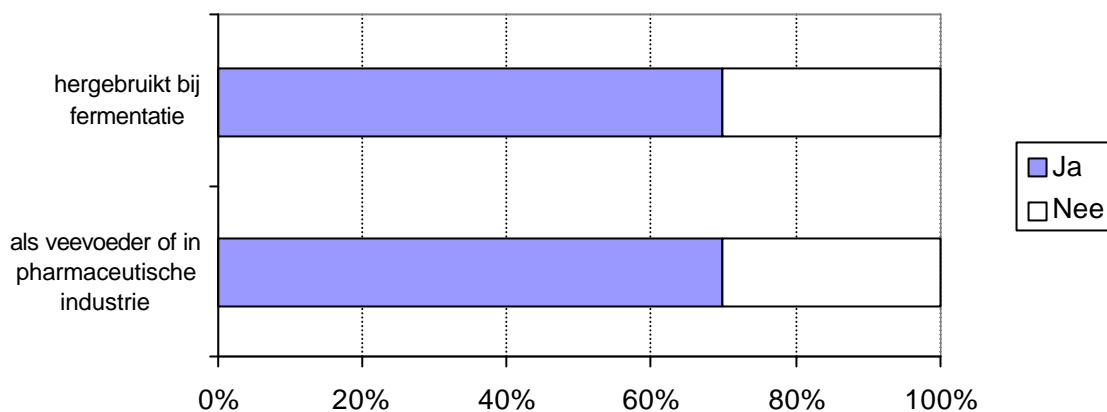
### *Verwerking van surplus aan gist*

*Figuur 37: aantal respondenten dat surplus aan gist verwerkt*



Meer dan 90% van de respondenten verwerkt het surplus aan gist.

*Figuur 38: wijzen waarop het surplus aan gist wordt verwerkt*



Ongeveer 70% van de respondenten geeft aan dat het surplus wordt gebruikt in veevoeder als voor de farmaceutische industrie, en evenveel % geeft aan dat het gist wordt hergebruikt bij de fermentatie. Hierbij moeten we opmerken dat een brouwerij beide opties *tegelijk* kan toepassen (vandaar  $70 + 70 = 140\%$ ).

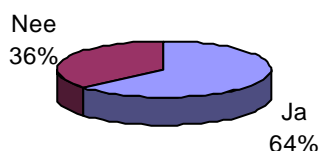
### ***Recuperatie van het bier in de gistsuspensie***

Geen enkele van de respondenten recupereert het bier in de gistsuspensie.

### **Nagisting – Lagering**

#### ***Verwerking van het geläger***

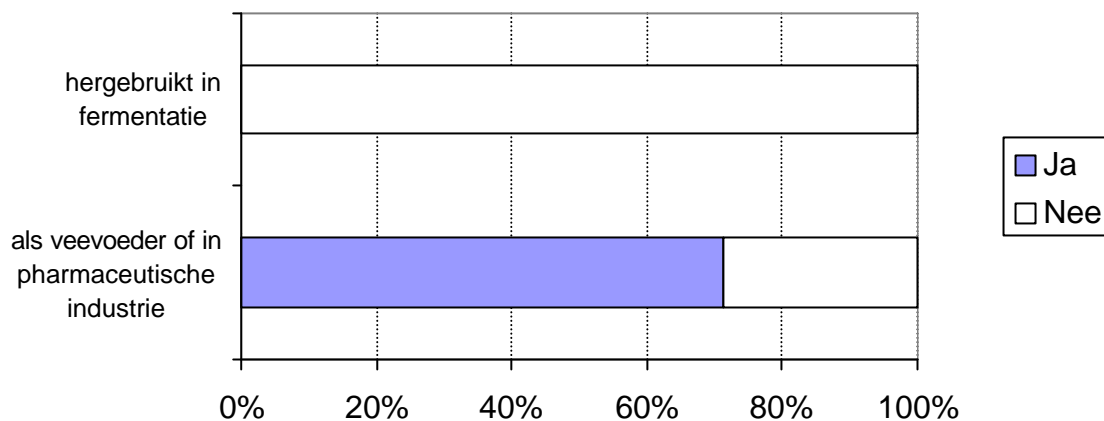
*Figuur 39: aantal respondenten dat het geläger verwerkt*



Twee derde van de respondenten verwerkt het geläger.

*Figuur 40: wijze van verwerking van het geläger*



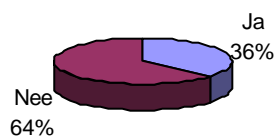


Geen enkele respondent meldt dat het geläger wordt hergebruikt in de fermentatie. Iets meer dan 70% van de respondenten die het geläger verwerken, melden dat het geläger wordt hergebruikt in veevoeder of in de farmaceutische industrie.

### Eindfiltratie

#### *Voorafgaand aan de filtratie centrifugereren*

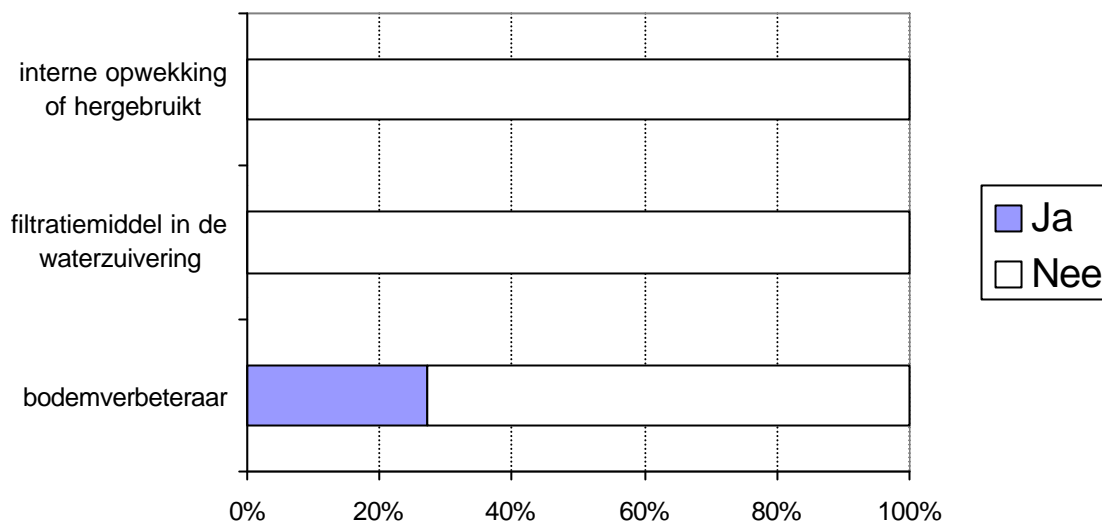
*Figuur 41: aantal respondenten dat voorafgaand aan de filtratie centrifugeert*



Een derde van de respondenten centrifugeert voorafgaand aan de filtratie.

#### *Aanwending van de fractie kiezelguhrkoek*

*Figuur 42: aanwending van de fractie kiezelguhrkoek*

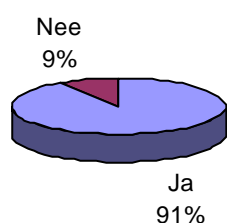


Geen enkele respondent wendt de fractie kiezelguhrkoek aan voor interne opwekking of hergebruik, of als filtratiemiddel in de waterzuivering. Bijna 30% van de respondenten meldt een aanwending als bodemverbeteraar.

### Afwerking - Botteling

#### *Afstelling van de vulinstallatie*

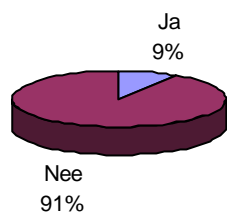
*Figuur 43: aantal respondenten volgens de welke de afstelling van de vulinstallatie goed is*



Voor meer dan 90% van de respondenten is de afstelling van de vulinstallatie goed zodat er zo min mogelijk restbier ontstaat.

#### *Hergebruik van het restbier*

*Figuur 44: aantal respondenten bij wie het restbier wordt herbruikt*



Bij slechts 10% van de respondenten wordt het restbier hergebruikt.

***Recuperatie van het spoelwater***

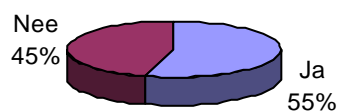
*Figuur 45: aantal respondenten die het spoelwater recupereren*



Iets minder dan de helft van de respondenten recupereert het spoelwater.

***Modernisering van de flessenwasser***

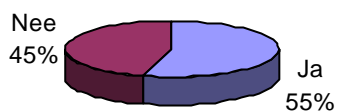
*Figuur 46: aantal respondenten dat de flessenwasser moderniseert*



Iets meer dan de helft van de respondenten moderniseert de flessenwasser.

***Gebruik spoelwater flessenwasser voor het reinigen van de kratten***

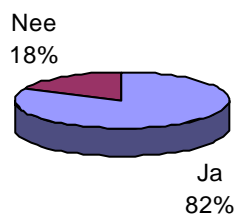
*Figuur 47: aantal respondenten dat spoelwater flessenwasser gebruikt voor het reinigen van de kratten*



Iets meer dan de helft van de respondenten gebruikt het spoelwater van de flessenwasser voor het reinigen van de kratten.

***Het behoorlijk scheiden van de afvalstromen***

*Figuur 48: aantal respondenten die de afvalstromen behoorlijk scheiden*

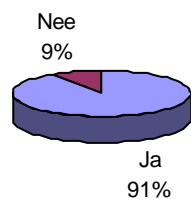


Meer dan 80% van de respondenten beweert de afvalstromen behoorlijk te scheiden.

**Reiniging**

***Aanwezigheid van CIP-installatie***

*Figuur 49: aantal respondenten dat CIP-installatie heeft*



Meer dan 90% van de respondenten beschikt over een CIP-installatie.

***Milieuvriendelijke onderhoudsproducten***

Voorbeelden van milieuvriendelijke onderhoudsproducten die worden gebruikt zijn:

- “verschillende” (niet nader gespecificeerd);
- “van diverse leveranciers” (niet nader gespecificeerd);
- “alle producten in gebruik hebben een attest”;
- “fosfaatvrije”;
- “alle”;
- “geen fosfaten – alleen loog en zuur “

Uit de diverse reacties blijkt dat de meeste brouwerijen wat problemen hadden met het beantwoorden van deze vraag, niet omdat ze geen milieuvriendelijke onderhoudsproducten zouden gebruiken, maar wellicht eerder omdat de lijst te lang zou worden, omdat ze geen merknamen willen noemen, omdat ze regelmatig van product veranderen, omdat ze niet goed weten wat precies ‘milieuvriendelijk’ is, of misschien nog om andere redenen.

## Besluiten

De mogelijkheid om verbeteringen te meten van om het even welke menselijke activiteit is sterk afhankelijk van het ontwikkelen van geldige methoden om de prestaties te meten. Het continu opvolgen van de voortgang naar vooraf opgelegde doelen dient om het gedrag te beïnvloeden door middel van continue feedback, en vereist betrouwbare en consistente indicatoren. Onder druk van regulering, mededinging, en de toenemende eisen van ‘derden’ (stakeholders zoals banken, verzekeraars, aandeelhouders, ...), zijn vele bedrijven begonnen met het onderzoeken van indicatoren die hen de mogelijkheid moeten bieden om beter hun prestaties op milieuvlak te meten.

De belangrijkste motivaties die de bedrijven zelf aanhalen voor het opvolgen van de milieuprestaties zijn:

- voldoen aan regelgeving;
- verstevigen van competitieve voordelen (methoden zoals ‘green accounting’ tonen aan dat milieukosten met de traditionele methoden vaak schromelijk worden onderschat);
- verbeteren van de eigen ‘milieureputatie’, vooral t.o.v. de lokale gemeenschap en de overheden.

De meeste indicatoren richten hun aandacht op milieudruk zoals grondstoffen-, water- en energiegebruik, watervervuiling, luchtmissies en voortbrenging van afvalstoffen. Weinig indicatoren leggen ook het verband met de eigenlijke impact (zoals toename van ziektes, vermindering van de leefbaarheid van oppervlaktewater, enz.). Dit komt vooral omdat de oorzakelijke verbanden tussen milieudruk enerzijds en milieu-impact anderzijds nog altijd zeer moeilijk te meten zijn. Indicatoren zouden dus meer rekening moeten houden met de synergieën tussen milieu-effecten en de impact op verschillende schalen (zowel ruimtelijk als tijdelijk).

De waarde van de bestaande indicatoren staat onder sterke druk, omwille van de grote variëteit in benaderingen voor het verzamelen en verwerken van data omtrent milieuprestaties. Deze verscheidenheid maakt het zeer moeilijk om de milieu-aspecten van verschillende activiteiten binnen één onderneming met elkaar te vergelijken, laat staan van verschillende ondernemingen binnen eenzelfde sector, of zelfs van verschillende naties met elkaar. Er is dringend nood aan een *standaardizatie* van indicatoren voor D.O. in de industrie.

Het zijn vooral de grote ondernemingen die tijd en geld investeren in het ontwikkelen, gebruiken en onderhouden van milieu-indicatoren. Kleine en middelgrote ondernemingen blijven meestal verstokken van de kennis en ervaring van hun grote broers. Maar zelfs voor grote ondernemingen is dat deel van de levenscyclus van een product waarop zij rechtstreeks invloed kunnen uitoefenen, vrij beperkt. Indicatoren D.O. industrie zouden dus meer rekening moeten houden met de wijze waarop de producent eventueel invloed zou kunnen uitoefenen op de andere schakels van de productketen, zoals leveranciers,

gebruikers van het product, en diegenen die uiteindelijk verantwoordelijk zijn voor het definitief verwijderen van het tot afval geworden product.

Tenslotte, indicatoren D.O. industrie mogen zich niet beperken tot de 'industrie' in de stricte zin van het woord, maar moeten ook worden toegepast op 'dienstverlenende sectoren' (tertiaire sector), en op bepaalde overheden (quartaire sector), zoals (grote) gemeenten of steden, of het leger, waarvan de activiteiten potentieel een belangrijke impact op het milieu kunnen hebben, en die tot dusver meestal niet onder een zo streng toezicht staan als de industrie.

Uit het bovenstaande kunnen we de volgende algemene aanbevelingen destilleren:

- verbeter de standaardizatie van de indicatoren, zowel binnen als tussen de verschillende industriële sectoren;
- zorg voor een betere disseminatie van informatie over het meten en opvolgen van de milieuprestaties;
- pas de indicatoren toe op de *hele productketen*;
- pas de indicatoren ook toe op sectoren die traditioneel onder minder streng toezicht staan, zoals de tertiaire sector, overheidsbedrijven of activiteiten van overheden

## Referenties

Moldan B. & Bilharz S. (ed.), *Sustainability Indicators*, SCOPE 58

van Berkel R. & Verspeek F., *Cleaner Production Concepts & Practices: Merging Productivity Improvements with Environmental Conservation*, IVAM

Maureen Hart, *Indicators of Sustainability*, Hart Environmental Data, 1996-1997

OECD, *Score Set of Indicators for Environmental Performance Reviews*, OECD, 1993, Environmental Monographs N° 83

Adriaanse A, *Environmental policy performance indicators*, 1993

van Berkel R. & Kortman J., *Waste prevention in small and medium sized enterprises*, in: Journal of Cleaner Production, vol. 1, nr. 1, 1993, p.21-28

OECD, *Indicators for the integration of environmental concerns into transport policies*, Environment Monographs N° 80, 1993

OECD, *Indicators for the integration of environmental concerns into energy policies*, Environment Monographs N° 79, 1993.

Verspeek F., Willems E. & van Berkel R., *Preventie-indicatoren: methode om bedrijven te motiveren tot afval- en emissiepreventie*, Ontwikkeling en praktijktest in de metaalindustrie, IVAM, 1994

Smeets E., Weterings R., Klein A., Pulles M.P.J., *Milieu-indexen voor het aggregeren van emissies van bedrijfstakken*, Publicatiereeks Emissieregistratie. Rapport nr. 23, VROM, 1995

Hammond A., Adriaanse A., Rodenburg E., Bryant D. & Woodward R., *Environmental Indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*, World Resources Institute, 1995

Verspeek F., Willems E. & Van Berkel R., *Preventie-indicatoren: methode om bedrijven te motiveren tot afval en emissiepreventie*, IVAM, 1995

Willems E., *Preventie-indicatoren bij galvanische bedrijven*, IVAM, in: O&C (tijdschrift voor oppervlakte-technieken en corrosiebestrijding), jg. 39, nr. 11, , 1995, p. 456-459

van Berkel R., *Introduction to cleaner production assessments with applications in the food processing industry*, IVAM, in: UNEP Industry and Environment, jan-mar '95, 1995, p. 8-15

Verspeek F. & van Berkel R., *Cleaner Production Indicators for the Metal Products Industry*, Second European Roundtable on Cleaner Production and Cleaner Products, IVAM, 1995



Rump P. C., *State of the Environment Reporting: Source Book of Methods and Approaches*, UNEP, 1996

Federaal Planbureau voor UN-CSD, *Launching the Testing of Indicators of Sustainable Development*, Report of the Second International Workshop, 1996

Government Statistical Service (UK), *Indicators of Sustainable Development for the UK*, Department of the Environment, 1996

Gouzee N., *Indicators for Sustainable Development. An Institutional Approach*, Working Paper 1-96, Federaal Plan Bureau, 1996

CEC & Eurostat, *Environmental Indicators and Green Accounting*, 1996

MINA-raad Vlaanderen, *Advies van 1 februari 1996 inzake indicatoren voor duurzame ontwikkeling*, 1996

Mac Gilliway a. & Hampton K., *Towards Guidelines for Response Indicators*, Final Discussion Paper EEA, reference 4182, EEA, 1997

Rennings K. & Wiggering H., *Steps towards indicators of sustainable development: Linking economic and ecological concepts*, in: Ecological Economics, 20, 1997, p. 25-36

Hinterberg F., Luks F & Schmidt-Bleek F., *Material flows vs. 'natural capital'. What makes an economy sustainable?*, in: Ecological Economics, 23, 1997, p. 1-14

Desimone L.D. & Popoff F., *Eco-Efficiency. The Business Link to Sustainable Development*, WBCSD, 1997

OECD, *The report on the high-level advisory group on the environment*, 1997

OECD, *OECD Environmental performance reviews. A practical introduction*, Environment monograph, 1997

OECD, *Towards Sustainable Development. Environmental Indicators*, 1998

Spangenberg J.H., Bonniot O., *Sustainability Indicators - A Compass on the Road Towards Sustainability*, Wuppertal Paper No. 81, Wuppertal Institute, 1998

Jochen Jesinghaus, *Tools for Sustainable Development: Towards a System of Societal Performance Indicators*, Fourth International Workshop of ISD, European Commission, 1998

UN, *Indicators of Sustainable Development*, 1998

van den Bergh J.C.J.M. & van Veen-Groot D.B., *Geaggregeerde indicatoren in de milieu-economie: een vergelijking van 12 OESO-landen*, in: Milieu. Tijdschrift voor Milieukunde, nr. 3, jg. 13, 1998, p. 144-157

Structural adjustment and the environment: the need for an analytical methodology, Kessler J.J. & Van Dorp M., *Ecological Economics* 27; 267-281, 1998

OECD, *A discussion paper on work to be undertaken over the period*, OECD work on sustainable development 1998-2001, 1998

Meadows D., *Indicators and Information Systems for Sustainable Development*, A report to the Balaton Group, The Sustainability Institute, 1998

Eurostat (for the EU), *Towards Environmental pressure indicators for the EU*, Panorama of the European Union, 1999

Jesinghaus J., *The Indicators. Part I: Introduction to the political and theoretical background A European System of Environmental Pressure Indices*, First volume of the environmental pressure indices Handbook, Eurostat, 1999

Carlos III de Madrid, *Joint final report of the sectoral infrastructure project. Industry*, University & Technical University of Vienna, 1999

Bossel H., *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*, A report to the Balaton Group, International Institute for Sustainable Development, 1999

Hodge R.A., Hardi P. & Bell D.V.J., *Seeing change through the lens of sustainability*, IISD, 1999

WWF & NEF, *Indicators for sustainable development*, Strategies for use of indicators in national reports to the CSD and in the EC Structural Funds Process, 1994

WWF & NEF, *Indicators for action*, CSD, 1994,

VROM, *Doelgroepindicatoren voor het milieubeleid*, Publicatierreeks milieustrategie nr. 1993/20, 1993