

MENS:  
een indringende  
en educatieve  
visie op het  
leefmilieu

Dossiers en rubrieken  
didactisch gewikt  
en gewogen door  
eminente specialisten

76

Jul-Aug-Sep 10

MENS

Driemaandelijks populairwetenschappelijk tijdschrift

## Pvc: harmonie van duurzaamheid en design

Milieu-  
Educatie,  
Natuur &  
Samenleving

 Universiteit  
Antwerpen

Nationale Loterij  
creëert kansen 



**Bio-**  
**MENS**

© 2010 Bio-MENS - voor duiding van het copyright-concept, zie [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)

MENS is een uitgave van Bio-MENS vzw. In het licht van het huidige maatschappijmodel ziet zij objectieve wetenschappelijke voorlichting als één van de basisdoelstellingen.

[www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)

**Academische begeleiding:**

Prof. Dr. Roland Caubergs, Universiteit Antwerpen  
[roland.caubergs@ua.ac.be](mailto:roland.caubergs@ua.ac.be)

**Hoofredactie:**

Dr. Ing. Joeri Horvath, Universiteit Antwerpen  
[joeri.horvath@ua.ac.be](mailto:joeri.horvath@ua.ac.be)

**Eindredactie:**

Jan T'Sas, Klasse

**Kernredactie:**

Lic. Karel Bruggemans, VRT  
Prof. Dr. Roland Caubergs, Universiteit Antwerpen  
Dr. Guido François, Universiteit Antwerpen  
Dr. Geert Potters, Universiteit Antwerpen  
Lic. Liesbeth Hens, Ministerie van Onderwijs en Vorming  
Dr. Lieve Maesele, Hogeschool Gent  
Lic. Els Grieten, Universiteit Antwerpen  
Lic. Chris Thoen, middelbaar onderwijs  
Dr. vet. Mark Lauwers  
Dr. Sonja De Nollin, Universiteit Antwerpen

**Abonnementen en info:**

Corry De Buysscher  
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen  
Tel.: +32 (0)486 93 57 97 - Fax: +32 (0)3 309 95 59  
[corry.mens@telenet.be](mailto:corry.mens@telenet.be)

**Abonnement:**

22 € op nr. 777-5921345-56

**Educatief abonnement:** 14 €

of losse nummers: 4 €  
(mits vermelding instellingsnummer)

**Communicatiecoördinator Bio-MENS:**

Kaat Vervoort  
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen  
Tel.: +32 (0)3 609 52 30 - Fax +32 (0)3 609 52 37  
[contact@biomens.eu](mailto:contact@biomens.eu)

**Algemene coördinatie:**

Dr. Sonja De Nollin  
Tel.: +32 (0)495 23 99 45  
e-mail: [sonja.denollin@ua.ac.be](mailto:sonja.denollin@ua.ac.be)

**Illustraties:**

Mens, Wikipedia Commons, iStockphoto, Dreamstime, Google, PvcDesign, SolVin, Nitto, Federplast.be, Matus Prochaczka, Deceuninck, Designboom, Seaman Corporation, Hexas AMR racing team, Photobucket, De Morgen.

**Verantwoordelijke uitgever:**

Prof. Dr. Roland Valcke, Universiteit Hasselt  
Reimenhof 30, 3530 Houthalen  
[roland.valcke@uhasselt.be](mailto:roland.valcke@uhasselt.be)

ISSN 0778-1547



SolVin Lillo viert dit jaar 40 jaar bestaan en is fier de wetenschappelijke berichtgeving te steunen, zoals het tijdschrift MENS.

# Inhoud

Op zoek naar gepast materiaal	3
Kunststoffen	4
De industriële bereiding van pvc	6
Additieven toevoegen	9
Composietmateriaal met pvc	9
Spuiten, kneden, persen en andere technieken	10
Waar is pvc goed voor?	11
Veiligheid voor mens en milieu	13
En al dat afval?	13
Mooi en vindingrijk: design	15

# Voorwoord

Beste lezer,

Mag ik je eerst en vooral proficiat wensen. Jazeker, je hebt opnieuw een editie van MENS voor je liggen. Een boeiende, mooi geïllustreerde en vooral leerrijke editie die je opnieuw heel wat zal bijbrengen.

Jij bent ongetwijfeld één van die jongeren met een hart voor wetenschap, techniek en technologische innovatie. Iemand die weet dat wetenschap bepalend zal zijn voor onze leefstijl, voor de internationale verhoudingen, voor de samenleving. Je hebt het waarschijnlijk zelf al gemerkt. We staan aan de vooravond van een technologische revolutie. Er kunnen nog honderden boeiende edities van MENS worden gevuld met nieuwe uitdagingen voor het milieu, de geneeskunde, de ruimtevaart en energie.

Die revolutie is ook cruciaal voor de weg die Vlaanderen zal inslaan. Tegen 2020 willen we tot de top 5 van de Europese regio's behoren. Dat is een zeer ambitieuze, maar ook noodzakelijke doelstelling. We kunnen het ons niet veroorloven om achteraan in het Europese peloton te geraken. Daarom moeten we gebruik maken van alle troeven die we hebben: onze uitstekende ligging binnen Europa, onze kennis, onze bedrijven, en het allerbelangrijkste: onze talenten. Ons onderwijs heeft een uitstekende reputatie. Vooral in wiskunde en wetenschappen scoren we traditiegetrouw hoog.

Binnen Vlaanderen in Actie hebben we al een aantal boeiende projecten uitgewerkt die jou vast en zeker ook zullen interesseren. Ik denk bijvoorbeeld aan het project Vlaamse Baaien 2100, waar we een sterke toekomstgerichte en innovatieve langetermijnvisie op het duurzaam kustbeheer hebben uitgewerkt. Onze Vlaamse kust is zonder meer een ideale plaats waar economische mogelijkheden, recreatie en natuur samengaan. Maar tegelijk is de kustlijn ook kwetsbaar, met het risico op overstromingen. Statistisch gezien kan er eens om de 100 jaar een stormvloed optreden. Met het project Vlaamse Baaien, willen we de beveiliging van de kust verzekeren en tegelijk ook haar economische, toeristische en recreatieve functies verzekeren.

Een tweede project is Flanders' Care, waar we investeren in een innovatieve gezondheidszorg. Onderzoekers, ondernemers en de Vlaamse overheid werken actief samen om die technologische revolutie in de gezondheidszorg mee te maken. Ik denk maar aan stamceltherapie, preventie van ziekten op basis van een genetische aanleg... Het verhogen van de levenskwaliteit, vooral voor de toenemende groep ouderen, staat hierbij centraal.



We zullen die kennis ook internationaal op de markt brengen, ook naar de ontwikkelingslanden toe, zodat iedereen er beter van wordt.

Beste lezer, binnen 10 jaar sta jij ongetwijfeld een grote stap verder. Zal jij stilaan ook bij de groep van mensen horen die mee zullen richting geven aan Vlaanderen. We hopen dat jij dan ook zal pleiten voor kennis, voor innovatie, voor nieuwe toepassingen en strategieën. Dat jij ook jongeren zal warm maken voor wetenschap. Want zonder de wetenschap, kunnen wij niet tot de top behoren. Dat staat vast. Kan ik ook op jou rekenen?

Kris Peeters  
Vlaams minister-president





## Pvc: harmonie van duurzaamheid en design

*Dit nummer van Mens werd samengesteld en geschreven door Karel Bruggemans met medewerking van Xavier van Kesteren: SolVin, Marina Goeyvaerts: SolVin, Jean-Marc Chamberland: SolVin Petri Ven: Federplast.be, Geert Scheys: Federplast.be, Sabine Van Dael: Vlaams Kunststofcentrum*

### Op zoek naar gepast materiaal

In de lente kunnen we vertederd worden door de aanblik van een merel met een takje in de bek: hij verzamelt materiaal om een nestje te bouwen. Daar komen ook grassprietjes, droge wortelfragmenten, toefjes mos en spatjes modder bij te pas. De vogel, in dit geval vooral het merelwifje, construeert een broedkommetje door diverse onderdelen uit de natuur te combineren.

Bevers zijn bijzonder zeldzaam geworden in onze streken, maar we weten dat ze uitzonderlijke dambouwers zijn. Met op maat geknaagde takken, uit de aarde gerukte planten en losliggende stenen maken ze een dam in traag stromende riviertjes. Als het water daarachter hoog genoeg staat bouwen ze er hun burcht, de woonruimte waarin hun jongen een tijdje verborgen en verzorgd worden. Aan de binnenkant wordt de takkenconstructie dichtgemetseld met modder.

Op een of andere manier maken alle dieren gebruik van natuur-elementen om het voortbestaan van hun soort te vrijwaren.

Mensen doen dat ook, maar steunen hierbij vooral op het menselijke vernuft, want, onze soort is in de loop van de evolutie heel wat instinct kwijtgeraakt. Onze behoeften zijn veel omvangrijker en gevarieerder dan die van dieren. Wij zijn van nature immers minder beschermd tegen de omgeving (wisselende temperaturen, vijandige organismen, specifieke voedselproblemen...) en we streven onophoudelijk naar meer comfort. Het tekort aan instinct hebben we stilaan vervangen door technologie. We zouden ook kunnen zeggen dat het restje instinct ons ertoe aanzet om gebruik te maken van technologische kennis.

De mens maakt gebruik van plantaardige, dierlijke en minerale materie om er nuttige 'materialen' van te maken. Van katoenpluis maken we katoenvezels, van dierenhuiden maken we leder, uit ertsen halen we metalen. De omzetting van grondstof tot bruikbaar product kan relatief eenvoudig zijn: marmer wordt in de juiste vorm gekapt, wol wordt geweven en gekleurd, diamant wordt tot specifieke vormen geslepen. Maar tussen basismaterie en gebruiksmateriaal wordt vaak een lange en inge-



*Een vogelnestje heeft verschillende opeenvolgende functies, nl. eitjes opvangen, het uitbroeden mogelijk maken, bescherming bieden aan de jongen.*



*Een bezige bever sleept op maat geknaagde boomstronkjes aan voor een dam of een burcht.*



*Eén van de weinige overgebleven oerbossen, een stukje natuur waar de mens nooit heeft ingegrepen.*



wikkelde weg afgelegd. Treffende voorbeelden daarvan zijn de zogenaamde kunststoffen.

In dit dossier willen we je graag nader laten kennismaken met kunststoffen en dan vooral met de veel gebruikte en veelzijdige variant: polyvinylchloride of pvc.

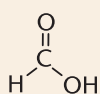
## Kunststoffen

In de chemie maakt men op historische gronden een onderscheid tussen organische en anorganische stoffen. Organische stoffen zijn het resultaat van biologische activiteiten, bv. mierenzuur (in mieren en brandnetels), alcohol (gevormd door gisting van suiker), azijnzuur (ontstaan door bacteriële oxidatie van alcohol). Anorganische stoffen zijn mineralen of kunnen worden bereid uit mineralen. Ondertussen is evenwel gebleken dat het onderscheid tussen organische stoffen en

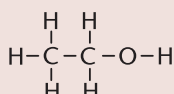
anorganische stoffen niet fundamenteel is. Alle organische stoffen kunnen, alleszins op laboratoriumschaal, worden gemaakt uit puur minerale materie. Een stof die van nature alleen voorkomt in planten of dieren, maar die door chemische manipulaties is nagemaakt uit minerale bestanddelen, noemen we een **natuuridentieke kunststof**.

We kunnen insuline, vitamine C of vanilline halen uit resp. bloed, citroenen of vanillevruchten, maar we kunnen ze ook in het laboratorium samenstellen. Men spreekt dan van kunststoffen of synthetische stoffen, zelfs al verschillen ze in niets van de natuurproducten. Synthetische hormonen, vitaminen en smaakstoffen zijn daar voorbeelden van.

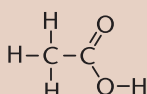
Daarom wordt de term kunststof meestal voorbehouden voor polymeren die niet van dierlijke of plantaardige herkomst zijn. Het zijn **plastics**.



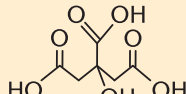
mierenzuur



ethanol



azijnzuur



citroenzuur

### Het verschil tussen 'materie', 'stof' en 'materiaal'

Alles wat een massa heeft kunnen we materie noemen. Stoffen en mengsels van stoffen zijn dus materie.

Chemie is de studie van **stoffen**, in het bijzonder de omzetting van stoffen in andere stoffen.

Niet met alle stoffen worden voorwerpen gemaakt. Heel wat stoffen zijn bij kamertemperatuur vloeibaar of gasvormig. Dan kunnen er geen voorwerpen uit gemaakt worden. Maar vloeistoffen en gassen zijn ook materie, want ze hebben een massa.

Het begrip 'stof' is in de chemie beperkter dan in de dagelijkse omgangstaal. Het slaat uitsluitend op zuivere stoffen, met name materie die beantwoordt aan één chemische formule. Een mengsel is voor de chemie dus strikt genomen geen stof: lucht, aardolie, melk, klei, beton en bloed zijn wel stoffen in de omgangstaal maar niet in de chemie.

Ivoor, hoorn, hout, been, wol, katoen en papier hebben (oorspronkelijk althans) een biologische structuur waardoor ze niet als chemische 'stof' beschouwd worden. Ze beantwoorden niet aan een eenduidige 'formule'.

Materie waarmee voorwerpen kunnen gemaakt worden noemen we **materialen**.



Leo Hendrik Baekeland

**Polymeren** (van het Griekse 'poly' voor veel en 'meros' voor deel) zijn stoffen die bestaan uit lange moleculen (macromoleculen), opgebouwd door een aaneenschakeling van een groot aantal eenvoudiger moleculen: **monomeren**. Een polymeer is samengesteld uit één of een paar verschillende soorten monomeren. Zetmeel, rubber, wol en haar zijn hoofdzakelijk opgebouwd uit natuurlijke polymeren. De celwand van planten bestaat vooral uit cellulose, het meest voorkomende natuurlijke polymeer, waaruit we onder meer papier en karton maken.

We maken dus nog altijd gebruik van natuurlijke polymeren, maar we gebruiken ook massaal kunstpolymeren. Dat hebben we onder meer te danken aan de Vlaming Leo Hendrik Baekeland die uitweek naar de Verenigde Staten en daar met zijn uitvinding van 'bakeliet' de aftrap gaf voor een stormachtige groei van een nieuwe industrietaak: de (kunst)polymeertechnologie. Niet toevallig heeft Bio-MENS de jongerenprijs voor innovaties op wetenschappelijk en technisch gebied de naam 'De jonge Baekeland' gegeven. (Zie ook Dossier MENS 72: Jongeren durven innoveren)

Bakeliet® is de eerste kunststof die op industriële schaal bereid werd en die nu nog altijd wordt geproduceerd. Dit polymeer



Diamant



Katoen



Iljzererts



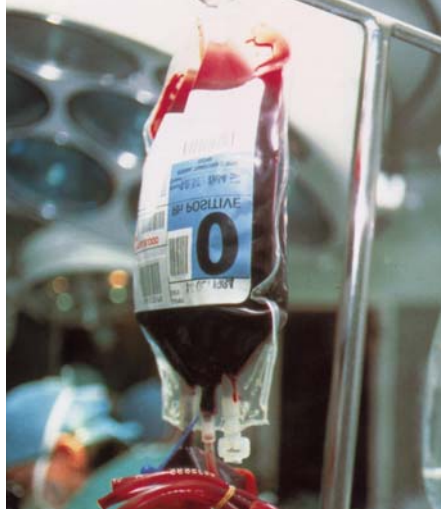
Marmer



Leder



Pvc-tape voor elektrische isolatie



Doorzichtige baxter en leidingen



Expermiteel vliegtuig met zonne-energie

(een fenoplast omdat de moleculen zezingen bevatten zoals de stof 'fenol') ontstaat door reactie van grote aantallen moleculen fenol en methanal (= formaldehyde). Bij die reactie komen kleine moleculen vrij, in dit geval 'water'. We noemen die reactie daarom een polycondensatie.


Ondertussen is het aantal kunstpolymeren spectaculair toegenomen. Polyvinylchloride (pvc) neemt daarbij een prominente plaats in. Zoals blijkt uit de naam is pvc een aaneenschakeling van vinylchloride-eenheden of -monomeren. De wetenschappelijke naam van vinylchloride is chlooretheen. Het is dus een alkeenderivaat. Door de aanwezigheid van een dubbele binding tussen twee koolstofatomen is een alkeen of een alkeenderivaat, geschikt om lange ketens te vormen, d.w.z. te polymeriseren. Een vinylmonomeer vertoont een grote reactiviteit door de aanwezigheid van een dubbele binding.

Een monomeer etheenderivaat (een vinylmonomeer) kunnen we algemeen voorstellen als  $YCH=CH_2$ .

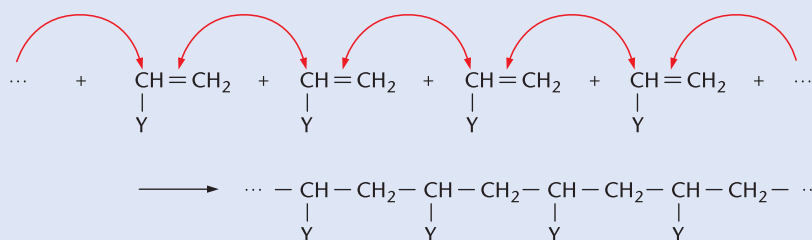
Het breken van bindingen en het ontstaan van nieuwe bindingen, waardoor polyvinylmoleculen uit vinylmonomeren gevormd worden, kunnen we als volgt voorstellen.

In vinylchloride is  $Y=Cl$ .

Enkele concrete voorbeelden van dergelijke polymeren:

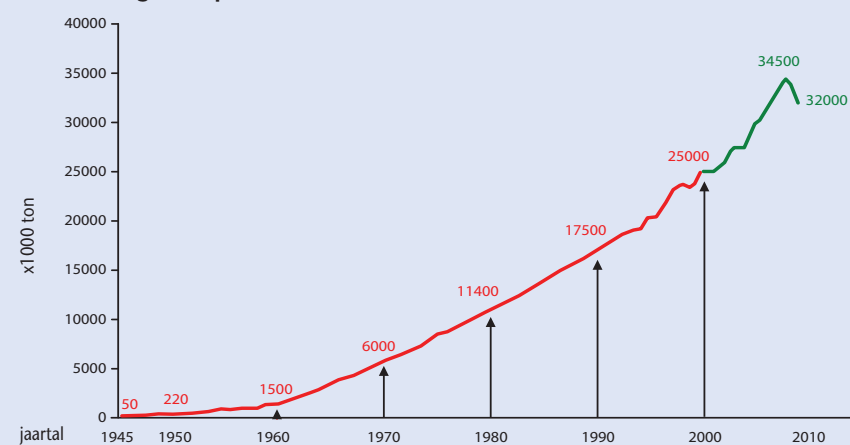
Y in het vinylmonomeer	formule	naam
H	$(-CH_2-CH_2)_n$	polyetheen (ook polyethyleen of polytheen genoemd)
Cl	$(-CH_2-CHCl)_n$	polyvinylchloride (pvc)
$CH_3$	$(-CH_2-CH(CH_3))_n$	polypropeen (of polypropyleen)
$C_6H_5$ of 	$(-CH_2-CH(C_6H_5))_n$	polystyreen
CN	$(-CH_2-CHCN)_n$	polyacrylonitril

#### Algemeen schema van een polymerisatie

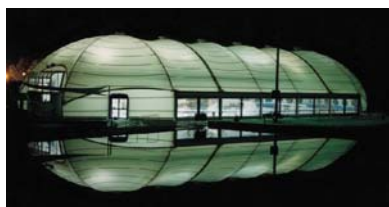


Kortweg  $nYCH=CH_2 \longrightarrow (-YCH-CH_2)_n$  met  $n$  = polymerisatiegraad

#### Wereldvraag naar pvc



Na polyetheen en polypropeen is pvc de meest gebruikte kunststof met een wereldwijde productie van ruim over de 30 miljoen ton per jaar.



Voorbeelden van het gebruik van pvc.





## De industriële bereiding van pvc

De grondstoffen voor het maken van pvc zijn van heel uiteenlopende aard. Enerzijds heb je een minerale, anorganische verbinding: natriumchloride of keukenzout. Anderzijds heb je een mengsel van organische verbindingen, aardolie. Uiteindelijk komt meer dan de helft van de pvc massa uit het zout. Van het wereldwijde aardolie- en aardgasverbruik gaat slechts een klein deel (ongeveer 4%) naar de productie van plastics.

Hieronder beschrijven we bondig de verschillende stappen in het productieproces van pvc. Je zult merken dat er nogal wat verbanden bestaan met andere nijverheidstakken.

### Maak eens wat chloorgas

In het laboratorium heb je waarschijnlijk al chloorgas (dichloride) gemaakt door een chloride (bv. NaCl) te oxideren met mangaandioxide in aanwezigheid van een geconcentreerde zwavelzuuroplossing.



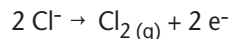
Op industriële schaal wordt dichloor bereid door elektrolyse van een oplossing van keukenzout (pekkel). Naast chloorgas ontstaat daarbij ook metallisch natrium.

Bij het oplossen van natriumchloride, keukenzout, in water komen natrium- en chloride-ionen vrij door dissociatie:

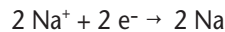


Onder invloed van een elektrische spanning heeft een elektrolyse plaats:

Aan de anode (verbonden met de positieve pool van de stroombron):



Aan de kathode (verbonden met de negatieve pool van de stroombron):

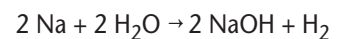


In de praktijk bestaan hiervoor drie technieken.

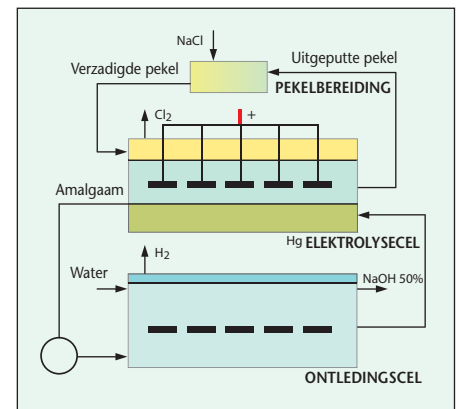
### Het kwikelektrolyseproces

De elektrolysecel bevat anoden uit titaan en op de bodem stroomt kwik. In de cel wordt continu verzadigde pekkel aangevoerd. Tussen anode en kathode wordt een spanning aangelegd van 4 tot 4,5 V. Er gaat dan een stroom van ongeveer 250.000 A door de oplossing. Het (warme en vochtige) chloorgas wordt opgevangen, afgekoeld en gedroogd, daarna nogmaals onder druk gekoeld tot het een vloeistof geworden is en in tanks of via pijpleidingen getransporteerd kan worden.

Natrium vormt met kwik een amalgaam dat naar de ontledingscel wordt overgebracht. Daar reageert natrium met water tot natriumhydroxide en waterstofgas:



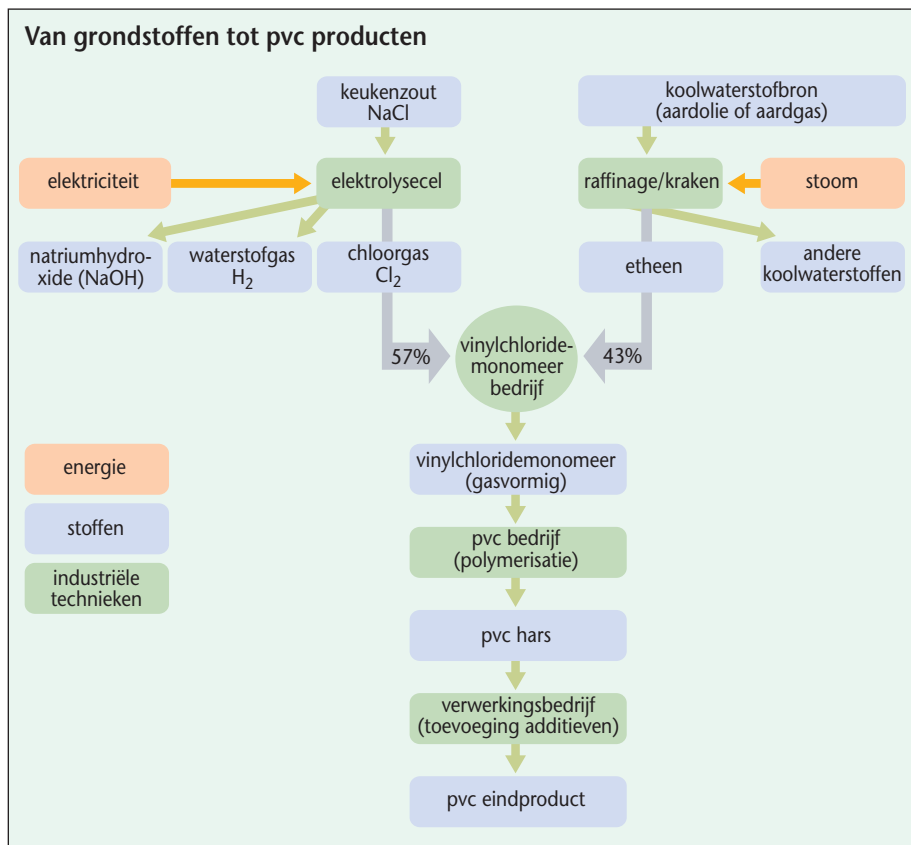
Deze methode levert zuivere eindproducten.

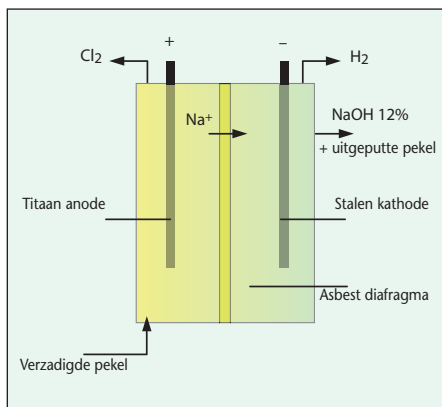


Uit vrees voor eventuele bezoedeling door kwikverbindingen heeft de industrie besloten om het kwikprocedé op termijn te vervangen door alternatieve methoden.

### Het diafragmaproces

In dit procedé wordt het chloorgas gescheiden gehouden van de natriumhydroxide-oplossing door een diafragma uit asbestvezels of synthetisch materiaal. Aan de kant van de kathode, een stalen netwerk, wordt een mengsel van natriumhydroxide en keukenzout opgevangen.





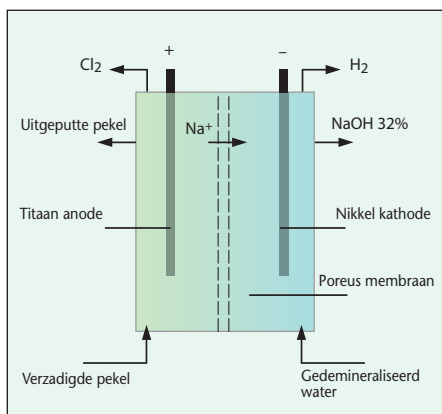
Het natriumhydroxide wordt dan geconcentreerd en uit de pekkel wordt opnieuw kristallijn zout gewonnen.

Aan de anode uit titaan komt chloorgas vrij.

Het grote voordeel van deze methode is het lage energieverbruik. Toch wordt dit procedé weinig toegepast.

### Het membraanproces

Dit is een variant op het diafragma proces. Tussen beide compartimenten wordt een poreus membraan aangebracht dat bestaat uit een polymeerskelet waaraan



ionenwisselaars zijn vastgehecht. Het anodecompartiment wordt gevoed met pekkel, het kathodegedeelte met gedemineraliseerd water.

Het bijproduct natriumhydroxide is in dit geval heel zuiver.

Deze methode wordt veruit het meest toegepast en neemt nog uitbreiding.

### Bijproducten van de chloorbereiding

De bereiding van chloorgas is een eerste, belangrijke stap in het pvc productiepro-

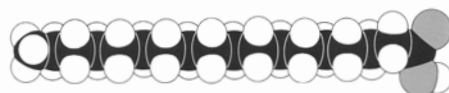
ces, maar de elektrolyse levert dus ook natriumhydroxide en waterstofgas. Dit zijn waardevolle nevenproducten.

Met **natriumhydroxide** worden papierpulp, zeep en textielvezels gemaakt. Het wordt in waterzuiveringsinstallaties gebruikt om zure oplossingen te neutraliseren. NaOH is ook nuttig voor het reinigen van flessen en tanks, het verwijderen van kleurstoffen bij recyclage van papier, het wassen van rookgassen in thermische centrales en de productie van aluminium.

**Waterstofgas** wordt gebruikt om plantaardige olie te harden (tot margarine), voor de synthese van ammoniak, aniline, waterstofperoxide, om aardoliederivaten of plantaardige oliën te hydrogenen enz. (Door hydrogenatie nemen moleculen met meervoudige bindingen - onverzadigde moleculen zoals bovengenoemde vinylderivaten - waterstofatomen op, zodat ze omgezet worden in verzadigde moleculen. De oliezuren in plantaardige olie bevatten meestal dubbele bindingen: ze zijn onverzadigd. Daardoor is olie vloeibaar in tegenstelling tot dierlijke vetten: deze laatste bevatten verzadigde moleculen. Door het harden d.w.z. het hydrogenen van plantaardige olie, wordt een smeerbaar mengsel verkregen: plantaardige margarine.)

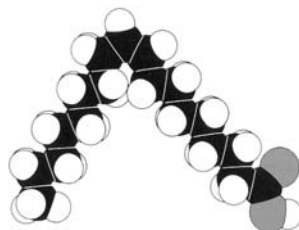
Voorbeeld van een verzadigd en een onverzadigd vetzuur:

stearinezuur



Verzadigd vetzuur: geen dubbele koolstofbindingen (octadecaanzuur) in boter, runds- en varkensvet

oliezuur



Onverzadigd vetzuur: dubbele C=C binding (Cis-9-octadecenzuur)

Palmolie, olijfolie, arachideolie...

Aangezien waterstof zich bijzonder goed verbindt met zuurstof en daarbij heel wat



energie vrijkomt, is het een uitstekend middel om chemische energie om te zetten in elektriciteit.

Dat gebeurt door het gas te verbranden en de gevormde warmte via turbines of motoren en generatoren om te zetten in elektriciteit. Bij een meer recente techniek komt geen vuur te pas. In brandstofcellen wordt elektriciteit opgewekt door rechtstreekse oxidatie van waterstof met zuurstofgas uit de lucht, met behulp van een katalysator.

Chloorgas zelf wordt niet alleen gebruikt voor de productie van pvc. Er worden diverse chloorderivaten uit gemaakt, zoals:

**Waterstofchloride** (HCl) is een gas dat goed oplost in water en dan zoutzuur genoemd wordt. Die oplossing is erg bijtend en wordt gebruikt om kalkaanslag te verwijderen, om basische oplossingen te neutraliseren en om harsen in ionenwisselaars te regenereren.

**Natriumhypochloriet** (NaClO) is ontsmettend en blekend. Het is het actieve bestanddeel van javelwater (bleekwater).

**(Mono)chloormethaan** (CH<sub>3</sub>Cl) is een goed oplosmiddel voor organische stoffen. Het is een vluchtige vloeistof. Dit maakt ze geschikt voor de extractie van organische stoffen die zouden ontbinden bij hoge temperatuur.

**Chloroform** (trichloormethaan CHCl<sub>3</sub>) wordt al lang niet meer gebruikt als verdovingsmiddel bij chirurgische ingrepen maar is een belangrijk oplosmiddel in industriële bereidingen. Dit geldt voor nog tal van andere organische chloorverbindingen, die onder meer bij 'droogkuis' gebruikt worden.



## Etheen bereiden

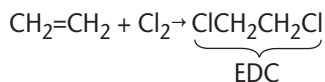
Het organische luik van de pvc productie vertrekt bij de winning van aardolie.

Een mengsel van koolwaterstoffen afkomstig uit de destillatie van aardolie en met een kookpunt tussen 30°C en 200°C (nafa's) wordt in een stoomkraker (steam cracker) gemengd met stoom en gedurende een fractie van een seconde blootgesteld aan een hoge temperatuur (tot 875°C). Daardoor worden de koolwaterstofmoleculen omgezet in kleinere moleculen, vaak met dubbele bindingen. Deze onverzadigde koolwaterstoffen worden van elkaar gescheiden door opeenvolgende destillaties. Etheen is hiervan een van de eindproducten.

## Dichloorethaan bereiden en kraken tot vinylchloride

Etheen wordt op twee manieren omgezet in 1,2-dichloorethaan (EDC – naar de oude benaming ethyleendichloride).

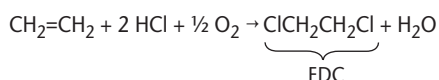
Bij de directe chlorering worden chloor en etheen onder invloed van ijzertrichloride (katalysator) omgezet in EDC. Dit is een exotherme reactie, d.w.z. dat daarbij energie vrijkomt.



Bij dit proces moet de waterdamp en de opgeloste katalysator uit het eindproduct worden verwijderd.

Hedendaagse vinylchloridebedrijven maken 1,2-dichloorethaan met gerecycleerd waterstofchloride via het oxychlorinatieproces (geen paniek: dit wijst er alleen op dat zowel zuurstof als een chloreermiddel toegevoegd worden) met koperdichloride als katalysator:

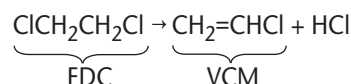
Dit is ook een exotherme reactie.



Nu moeten deze dichloorethaanmoleculen nog in twee delen worden gesplitst. Het scheiden van moleculen in kleinere eenheden bij hoge temperatuur en druk noemt men 'kraken'.

Het gezuiverde 1,2-dichloorethaan wordt thermisch gekraakt (bij 500°C en 1,5 tot 3 MPa) tot vinylchloride, met HCl als bijproduct. Er wordt gewerkt in een afgesloten gecontroleerde omgeving zodat uiterste zorg kan worden besteed aan het niet vrijkomen van vinylchloride in de lucht om arbeiders en milieu te beschermen.

Deze reactie is erg endotherm en wordt dus uitgevoerd bij hoge temperatuur, waardoor nogal wat nevenproducten ontstaan. De opbrengst is slechts 50 tot 60%.



## Polymerisatie tot pvc

We hebben nu het gewenste monomeer vinylchloride. Bij de volgende stap wordt dit in een reactorvat in een waterig milieu in suspensie gebracht en vervolgens tot pvc gepolymeriseerd. Dit gebeurt bij relatief lage druk en temperatuur.

Na drogen en zeven is het zuivere pvc een wit, inert poeder. Afhankelijk van de eindbestemming van pvc moeten aan het ruwe materiaal nog verschillende additieven worden toegevoegd. Op zichzelf is het polymeer pvc een zuivere stof. Dit betekent dat ze bestaat uit een bepaalde soort moleculen. Maar gebruiksklaar pvc is altijd een mengsel van het polymeer met verschillende concentraties aan bijvoorbeeld stabilisatoren, smeermiddelen, weekmakers, pigmenten, vlamvertragers en vulmiddelen. Vooral de stabilisatoren en de weekmakers bepalen de eigenschappen van het eindproduct.

## Additieven toevoegen

**Stabilisatoren** worden aan het pvc toegevoegd om afbraak onder invloed van warmte en licht (UV stralen) te voorkomen. Loodstabilisatoren, vooral loodsulfaat en loodfosfiet werden vroeger het meest gebruikt, vooral in buizen, profielen en kabels. Aan loodhoudende plastics is op zich geen risico verbonden bij gebruik omdat er geen lood uit vrij komt. Alleen bij de behandeling van de loodzouten tijdens de productie en in de

## Waterstoftechnologie

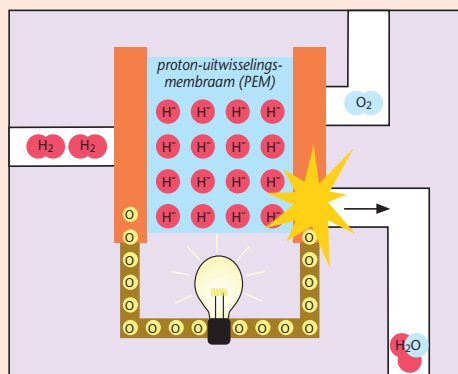
### Straks in Antwerpen: de megabrandstofcel

De maatschappij Solvay investeert meer dan 5 miljoen euro in de bouw van een brandstofcel die een vermogen zal hebben van ruim 1 megawatt. Door het nuttige gebruik van het nevenproduct 'waterstof' zal de energie-efficiëntie van de elektrolyse van keukenzout verhogen. De experimentele brandstofcel met polymere membranen zal aantonen dat de brandstofceltechnologie kan worden opgeschaald tot een piekvermogen van 1,7 MW.

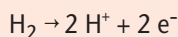
De polymere membraan-brandstofcel bestaat uit een groot aantal opeenvolgende eenheden van assemblages van membranen waarin uitwisseling van protonen mogelijk is.

Verwacht wordt dat de testeenheid van 1MW in Lillo (Antwerpen) een belangrijke bijdrage zal leveren tot de verdere ontwikkeling van de brandstoftechnologie.

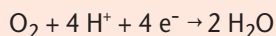
Op bijgaand schema wordt de werking van een brandstofcel toegelicht.



Links: Diwaterstofmoleculen ( $\text{H}_2$ ) worden door een katalysator gesplitst in protonen ( $\text{H}^+$ ) en elektronen ( $\text{e}^-$ ):



Rechts: Dizuurstofmoleculen worden door een katalysator gebonden aan protonen uit de cel en elektronen uit het extern circuit.:

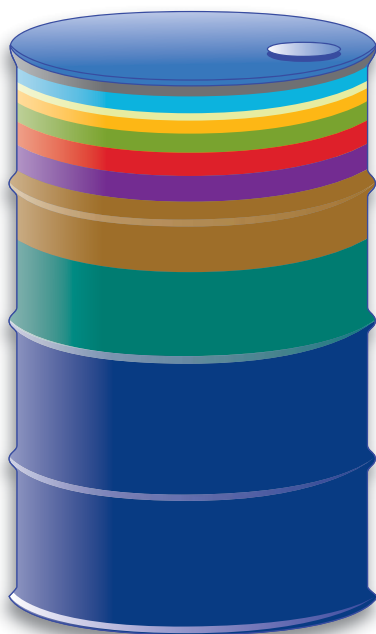


Daarbij komt dus elektrische energie vrij en water.

Het hierbij horende animatiefilmpje is te zien op [www.sepuplhs.org/hytec](http://www.sepuplhs.org/hytec)







	liter	%	
andere	3	2	
grondstoffen voor kunststoffen (pvc<1%)	5	4	
smeermiddelen	2	1	
asfalt	3	2	
bunkerbrandstof	6	3	
coques	8	5	
gas	9	5	
kerosine	21	12	
diesel	25	15	
benzine	85	50	



Wat gebeurt er nu met zo een begeerd vat ruwe olie? Het overgrote deel gaat naar transport in alle vormen, verwarming en industrie. Het vat hierboven is een "oil barrel", dat zijn 42 US gallons. Omdat wij niet rekenen met US gallons is er omgezet in liter, let op oliehandelaren gebruiken die eenheid niet. Reken maar na, met de juiste fractie uit één vat rijd je 500 km

met een Ferrari, 80 km met een zware vrachtwagen, vlieg je 1 km met een airbus (maar opstijgen, zal niet lukken) en verplaats je een containerschip 15 meter. Minder dan 4% gaat naar de productie van kunststoffen, een kwart hiervan naar pvc. Ook voor de kunststoffensector is het dus van het grootste belang dat met elke druppel olie zeer zuinig wordt omgesprongen.



Zelfklevende pvc-folies frissen tram op

afvalfase bestaat een kans op blootstelling of verontreiniging. Daarom heeft de sector kunststoffen besloten om tegen 2015 de loodhoudende stabilisatoren uit te faseren en niet meer te gebruiken. Sinds 2000 is het gebruik ervan al met 60% verminderd. Om dezelfde reden worden cadmiumstabilisatoren niet meer toegevoegd aan pvc sinds 2001. Op basis van een Europese risicoanalyse wordt ook het gebruik van organische tinstabilisatoren in bepaalde pvc producten beperkt. Calcium- en zinkverbindingen lijken geschikt en minder risicodragend, maar technische en economische redenen staan de onmiddellijke en algemene vervanging van loodstabilisatoren in de weg.

**Weekmakers** zijn nodig om soepele en veerkrachtige producten in kunststof te

vervaardigen. Het zijn relatief kleine moleculen die zich tussen de polymeerketens vestigen en die enigszins van elkaar wegduwen. Ze glijden daardoor gemakkelijker over elkaar heen, wat voor meer soepelheid zorgt. De weekmaker zorgt er dus voor dat de kunststof bij kamertemperatuur hetzelfde gedrag vertoont als bij lichte verwarming. Afhankelijk van het eindgebruik varieert de hoeveelheid toegevoegde weekmakers van 15% tot 60% van de massa.

Meer dan 90% van de gebruikte weekmakers zijn ftalaten. De belangrijkste ftalaten zijn: diisodocyftalaat – DIDP-, en diisononylftalaat – DINP. Deze weekmakers zijn niet toxisch. Het gebruik van diethylhexylftalaat – DEHP – is sterk verminderd wegens zijn reprotoxische eigenschap-

pen. Andere weekmakers vertegenwoordigen een klein deel van het gebruik: adipaten, trimellitaten, citraten en organische fosfaatverbindingen. Een strenge wetgeving bepaalt de toegestane types weekmakers.

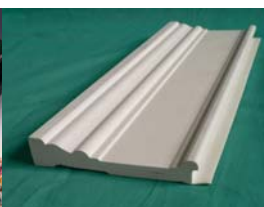
Lees meer over de wisselwerking tussen voedsel en verpakkingsmateriaal, inzonderheid over ftalaten, in MENS 56: Schoon verpakt, lekker gegeten.

## Composietmateriaal met pvc

Als twee of meer materialen op een of andere manier met elkaar gecombineerd worden om een nieuw materiaal te verkrijgen, spreekt men van composietmateriaal. Pvc is heel geschikt om dergelijke combinaties te realiseren.

Zo worden houtvezels met pvc gemengd, niet alleen om het uitzicht te veranderen, maar ook met het oog op specifieke eigenschappen zoals weerbestendigheid en behandelbaarheid.

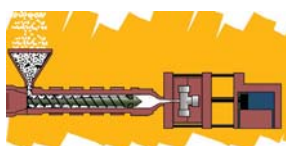
'Twinson®' is een nieuw composietmateriaal uit hout en pvc, dat wordt gebruikt in terrasplanken en gevelpanelen. De houtvezels zijn gewonnen uit het zaagafval van Europees loofhout. Dankzij de grote stijfheid van het materiaal kunnen de wanddiktes van de profielen dunner worden gemaakt. Dit materiaal hoeft



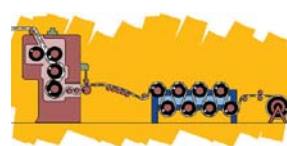




Extruderen



Spuitsieten



Kalanderen



Rotatiegieten  
(roto moulding)

bovendien niet verder te worden behandeld om de duurzaamheid ervan te behouden of te vergroten. Alle profielen kunnen, evenals zuiver pvc, na gebruik, als afval geheel worden vermalen tot de oorspronkelijke grondstof.

Met glasvezels versterkt hard pvc maakt de aanmaak van dunner wanden ook mogelijk, en dat is goed voor de economie en het milieu.

Dakgoten uit composieten weerstaan aanzuren, basen, zure regen en corrosieve vloeistoffen.

De composiet heeft een kleine uitzettingscoëfficiënt zodat temperatuurswisselingen de stevigheid niet bedreigen.

In de bouwsector worden ook metalen platen gebruikt waarin pvc-lagen verwerkt zijn. Deuren en ramen uit pvc en aluminium zijn erg populair.

## Spuiten, kneden, persen en andere technieken

Om pvc-materiaal in bruikbare voorwerpen om te zetten worden diverse technieken gebruikt. Enkele voorbeelden:

### Extruderen

De extrusietechniek wordt hoofdzakelijk gebruikt voor de verwerking van harde pvc-toepassingen zoals buizen en profielen voor ramen en deuren. Ook gegraneleerd compound-pvc (mengsel met de gewenste additieven) wordt op die manier gemaakt. De trechter wordt gevuld met het te extruderen pvc-mengsel. Terwijl het mengsel door een schroef van Archimedes wordt voortgestuwd, wordt het verhit tot een plastische massa en door een matrijs geleid. Het product wordt dan gekoeld en op maat gezaagd.

### Spuitsieten

Met de schroef van Archimedes wordt het vloeibare pvc-mengsel rechtstreeks in een matrijs gespoten. Zodra het product voldoende afgekoeld is wordt het uit de matrijs gehaald.

### Kalanderen

Een zachte massa pvc wordt door opeenvolgende, steeds dichter bij mekaar staande verwarmde metalen cilinders geperst. Het verkregen vel wordt dan tussen andere kalenders afgekoeld, op maat gesneden en opgerold.

### Rotatiegieten (roto moulding)

Poedervormige pvc-compound wordt in een verwarmde matrijs gebracht. Door hier snel mee te draaien hecht de pvc zich vast aan de binnenkant van de matrijs. Op die manier vervaardigt men bijvoorbeeld dashboardbekledingen



In België wordt meer dan 400.000 ton pvc hars geproduceerd, van grondstof tot hars, alsook grondstoffen voor nog eens evenveel pvc dat in buurlanden wordt geproduceerd. Een groot deel van de grondstoffen en de tussenproducten wordt verwerkt in de haven van Antwerpen, maar ook in Tessenderlo en Jemeppe. Een van deze producenten met een serieuze poot in België is SolVin, een samenwerking tussen Solvay (75%) en BASF (25%). SolVin is de derde grootste producent van pvc in de wereld, en heeft haar hoofdkwartier in Brussel. Het bedrijf geeft werk aan 1600 mensen.



Composiet vlinderplanken uit hout en kunststof

### Blaasvormen van hard materiaal (blow moulding)

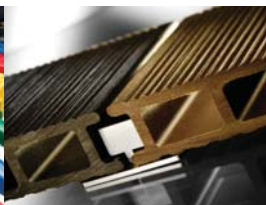
Een gas wordt onder druk in de verwarmde pvc geblazen. Dit zet uit en neemt de vorm aan van de matrijs.

### Folieblazen (blaasextrusie)

Het materiaal wordt opgeblazen tot een lange dunwandige ballon die daarna versneden wordt.

### Onderdompelen (Dipping)

Het met pvc te overdekken voorwerp wordt ondergedompeld in een vloeibare pvc-compound en daarna gedroogd.







Blaasvormen van hard materiaal (blow moulding)



Folieblazen (blaasextrusie)



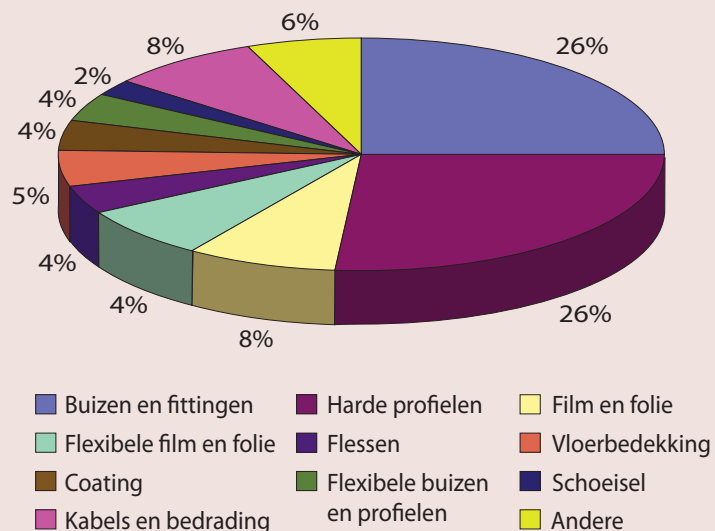
Onderdompelen (Dipping)

## Waar is pvc goed voor?

Pvc kan zacht of hard zijn, hitte- en weerbestendig, slag- en krasvast. Het is brandvertragend en – sinds de eerste commerciële productie in de jaren 30 van de vorige eeuw – een van de meest grondig onderzochte en beproefde thermoplastische stoffen.

Omdat pvc zoveel eigenschappen heeft, kan men er de meest uiteenlopende producten mee maken. Men kan pvc op zo'n manier samenstellen dat het voldoet aan de specifieke eisen van bijvoorbeeld de gezondheidszorg, de verpakking van eetwaren, het transport van drinkwater, de bouwsector, de autoconstructie. In elk van deze gevallen zou men voor een pvc-variant die het best voldoet aan de kwaliteitseisen kunnen kiezen.

### Gebruik van pvc in Europa



## Pvc in het ziekenhuis en daarbuiten

Pvc is van onschatbare waarde voor de gezondheidszorg, en wel onder zeer uiteenlopende gedaanten. Meer dan 25% van het medisch materiaal gemaakt uit kunststof, bestaat uit pvc.

De hoge transparantie van pvc-producten laat het nauwkeurig volgen van een infuus toe, zowel in de infuushouder als in de leidingen. Luchtbellen of verstoppingen kunnen onmiddellijk worden opgemerkt, waardoor complicaties worden vermeden.

Omdat pvc een perfect gesloten systeem mogelijk maakt is het de ideale kunststof voor de verpakking van bloed. Lekkende leidingen zijn zo goed als uitgesloten. De houdbaarheid van pvc bloedzakjes is hoger dan deze in andere materialen. Dat

### SolVin-prijzen voor nieuwe toepassingen van pvc in de gezondheidszorg

Elke drie jaar looft SolVin op internationaal niveau prijzen uit voor vernieuwingen in de aanmaak en de toepassingen van pvc. Enkele voorbeelden van ingezonden projecten tonen aan hoe groot de verscheidenheid en de inventiviteit op dit terrein is.

Een firma uit Noorwegen ontwikkelde een goedkope waterfilter waarmee gevaarlijke guinea-wormen uit het drinkwater van Soedan en andere Afrikaanse landen kunnen worden geweerd.

In Duitsland kwam een kussen uit pvc op de markt om oudere mensen te helpen bij het verlaten van de badkuip. Na het

baden wordt dit kussen onder de persoon gevuld met water zodat het kussen als een hefboom werkt.

Eveneens in Duitsland werd een methode op punt gesteld om blisterverpakkingen te maken die bestand zijn tegen vocht en lucht, die heel doorzichtig zijn en gemakkelijk hanteerbaar zowel bij het verpakken van de pillen als bij het gebruik.

De Fransen ontwikkelden een nieuwe verpakkingfolie voor voedsel die zowel stand houdt in de diepvriezer als in de microgolfoven en die zo dun is dat er weinig grondstof voor vereist is (en er weinig restafval overblijft).

Een Italiaanse firma maakt buisjes voor chirurgische ingrepen in pvc materiaal dat soepel blijft na sterilisatie in autoclaven.



komt door het gebruik van di-(2-ethylhexyl)-ftalaat (DEHP) als weekmaker (Zie ook Dossier MENS 56: Schoon verpakt, lekker gegeten). Het is de enige kunststof die de Europese farmacopee (het officiële handboek met voorschriften voor de analyse van geneesmiddelen.) toestaat voor de verpakking van bloed. Bij bloedzakken en steriele katheters is pvc voorlopig nog onvervangbaar. Bij levensreddende operaties zoals openhartchirurgie of de behandeling van baby's, doet men een beroep op pvc katheters en buisjes die niet dichtknikken, waardoor de doorstroming is verzekerd.

Als medische producten in pvc kunnen we o.a. nog vermelden: blisterverpakkingen, chirurgische handschoenen, inhalatiemas- kers en verpakking van steriel materiaal.

### De verpakking van eetwaren

Een biefstuk, een klomp boter of een al of niet gebraden kip neem je zomaar niet mee uit de winkel. Er hoort een verpak-



king bij. Eetwaren en drank wens je te transporteren in aangepaste omhulsels. Daarvan verwacht je dat ze het voedsel beschermen tegen vreemde stoffen, vooral giften of besmettinghaarden. De verpakking zelf mag ook geen schadelijke stoffen afstaan aan de verpakte inhoud. Na een relatief lang contact tussen de ingrediënten en de verpakking zouden ongewenste moleculen kunnen naar binnen migreren. De verpakking moet dus worden aangepast aan het voedsel.

Plastics zijn bij uitstek geschikt om die rol te vervullen. Het kunnen flessen zijn, potjes of folies. Meestal worden voor verpakkingen andere kunststoffen gebruikt, maar in sommige gevallen is een variant van pvc de beste oplossing. Groenten en vlees zijn immers langer houdbaar in pvc verpakkingen. (Zie ook Dossier MENS 56: Schoon verpakt, lekker gegeten)



### Waarom de loodgieter geen lood meer giet

Hoe noem je de man of vrouw die gespecialiseerd is in het leggen van waterleidingen en het aansluiten van water op de keukenapparatuur, het toilet, de badkamer, de verwarmingsinstallatie enz.? Een loodgieter! We staan er niet meer bij stil, maar lood gieten doet die vakman of vrouw zelden of nooit. Ze gebruiken buizen en verbindingstukken in andere metalen (meestal koper) of in kunststof (vaak pvc).

De Oude Romeinen zijn begonnen met het transport van water in loden buizen. Maar na enkele eeuwen werd vastgesteld dat ze zichzelf daarmee langzaam vergiftigd hebben. In oude gebouwen treffen we nu nog loden waterleidingsbuizen aan, maar dit is in nieuwbouw nu verboden wegens het risico op loodvergiftiging (saturnisme).

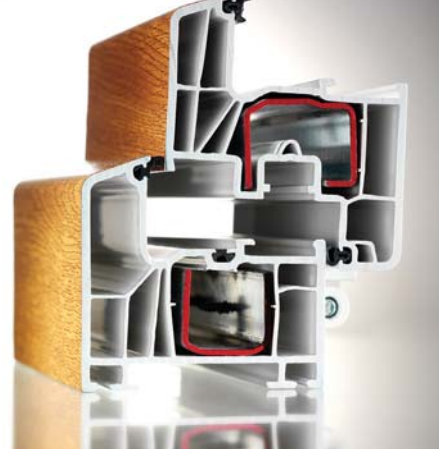
Voor sanitaire installaties heeft pvc een aantal voordelen, het roest niet, is soepel te behandelen (bochten maken), is een slechte warmtegeleider, is leverbaar in diverse kleuren...

Ook voor ondergrondse hoge druk waterleidingen maakt men gebruik van pvc.

### Bouw

Pvc wordt meestal gebruikt in duurzame toepassingen zoals vensterramen, rioolbuizen, afvoerleidingen en -goten, vijfverfolie, dakmembranen, vloerbedekkingen en isolatie van elektriciteitskabels en de al genoemde waterleidingen. Pvc-ramen gaan zeker langer dan 40 jaar mee, rioolbuizen zelfs 100 jaar. Buitenschrijnwerk vervangen gebeurt dan om esthetische redenen, bijna nooit om technische redenen.

Meer dan de helft van het in Europa geproduceerde pvc is bestemd voor de



bouwsector. Dat heeft te maken met de weerbestendigheid en thermische isolatie van pvc (en dus CO<sub>2</sub> besparing). Het is bestand tegen chemische invloeden (corrosie) en is bovendien erg schokbestendig en slijtvast. Deze extreme duurzaamheid en een uitstekende prijs/kwaliteitverhouding maken van pvc dé kunststof voor de bouwsector en voor aanverwante sectoren.

### De auto en de plastic rat

Pvc beschermt de onderkant van de auto tegen steenslag en slijtage en maakt het interieur aantrekkelijker en comfortabeler. De schokabsorberende en brandwerende eigenschappen verhogen de veiligheid.

### Innovaties in de bouwsector

De door SolVin bekroonde vernieuwingen op het terrein van de bouw in de brede zin, zijn zo verscheiden als talrijk.

Duraskin® is een pvc gecoate polyester die sterk vlamvertragend is (Verseidag Indutex GmbH)

Er zijn afvoersystemen voor regenwater ontworpen die duurzamer en gemakkelijker op te hangen zijn dan de zinken en koperen dakgoten. Er zijn lichtgevende omhulsels van elektrische geleiders gemaakt, die in geval van nood snel kunnen worden geïdentificeerd, ook in de duisternis.

Er bestaan antislip vinylvloeren en afvoerpijpen waarin een vloeistof zo goed als geruisloos kan stromen. Wellicht is er ook een grote toekomst voor dakpannen met ingebouwde zonnecellen. (Zie ook Dossier MENS 48: Nanotechnologie)







Ook alledaagse producten bevatten pvc: bankkaarten, opblaasbaar speelgoed, tuinslangen en waterdichte afdekzeilen... Je vindt pvc terug in heel wat kantoor-, sport- en vrijetijdsartikelen. Er zijn zelfs schoenen, ook met hoge hakken, in pvc-uitvoering te koop. Ze zijn elegant, comfortabel en 'droog' (ze laten zweetdampen door).

Waar veel slachtoffers van (natuur)rampen tegelijk snel onderdak moeten krijgen, kunnen eenvoudige tenten uit 100% pvc helpen.

Een interessante toepassing is de pvc -rat. Dat is een levensechte kunststofrat met afneembare paneeltjes, waaronder realistisch nagebootste organen, weefsels en bloedvaten zitten. Onderzoekers kunnen er in totaal 25 operatietechnieken op oefenen, zodat veel minder levende dieren nodig zijn. (Zie ook Dossier MENS 22: Wees goed jegens proefdieren en Dossier MENS 50 Gelukkig dier, gelukkige mens en extra info op [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)).



## Veiligheid voor mens en milieu

Sleutelwoorden in de hedendaagse industrie in het algemeen en in de kunststofnijverheid in het bijzonder, zijn 'duurzaamheid' en 'innovatie'. De inleider tot dit dossier heeft daar al op gewezen. De productiemethoden worden afgestemd op de hedendaagse behoeften, maar zonder een bedreiging te vormen voor de ontwikkeling van de komende generaties. Dit betekent o.a. zuinig omgaan met

grondstoffen en met energie, geen (bij)producten verspreiden die schadelijk zijn voor de gezondheid van levende wezens of voor de instandhouding van het milieu en zorgvuldig waken over de afvalstoffen. (zie ook Dossier MENS 67: Duurzaam met kunststoffen en Dossier MENS 70: Groene chemie). De pvc-industrie heeft met de Europese Unie een eerste tienjarenplan voor duurzaamheid afgesproken (op [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu) is onder info een excerpt uit Vinyl 2010 te vinden). Een verlenging van dit tienjarenplan is al zo goed als zeker. De sector wacht niet op dwingende wetten, maar zorgt zelf voor een innovatieve aanpak en gaat vrijwillig verbintenissen in die zin aan.

## Productveiligheid

In 1974 ontdekte men dat het dagelijks en jarenlang inademen van een hoge dosis *vinylchloride* (VC) een zeldzame vorm van leverkanker kan veroorzaken. Daarop grepen wetenschap, overheid en industrie in. De blootstellingslimiet werd drastisch verlaagd van 500 ppm tot een gemiddelde concentratie van 3 ppm op jaarbasis. Nu gebeurt de polymerisatie van VC in een gesloten circuit. Sindsdien zijn er geen problemen meer van die aard.

Op het risico van stabilisatoren en weekmakers wezen we al eerder. Voor de gebruikers van pvc met stabilisatoren uit zware metalen zoals lood en cadmium is er geen beduidend gevaar, maar het milieu kan wel worden besmet tijdens de productie- en afvalfase. Specifieke preventie- en beschermingsmaatregelen moeten dat verhinderen. Er wordt ook steeds meer gewerkt met andere stabilisatoren, zoals die met calcium of zink

Het gebruik van een aantal laagmoleculaire ftalaten als weekmakers is verboden in bepaald speelgoed en in artikelen voor kinderverzorging die bedoeld zijn om in de mond te worden gestopt.



## Transportveiligheid

Het transport van VC heeft dezelfde risicograad als dat van andere ontvlambare stoffen zoals propaan, butaan of LPG. In 1996 gebeurde in Oost-Duitsland het zwaarste treinongeval in veertig jaar. De blootstelling aan VC die zich daarbij voordeed had, voor zover bekend, geen langetermijngevolgen. Het ongeval was overigens vermoedelijk te wijten aan defecte sporen en niet aan de wagons of aan het VC.

## Gezondheid en verpakking

Voor de verpakking van eetwaren en dranken gelden in België heel strikte normen die ruim aan de Europese normen voldoen. Vooral de beveiliging van het overgaan van stoffen uit de verpakking naar de inhoud (migratie) is bijzonder streng gereguleerd. (Zie ook Dossier MENS 56: Schoon verpakt, lekker gegeten)

## En al dat afval?

We hebben er al op gewezen dat aan het produceren van nieuwe materialen of het veranderen van procédés, een fase voorafgaat waarin men onderzoekt welk afval zal veroorzaakt worden door de productie en na gebruik, en hoe men daarmee omspringt. Aan pvc is op dit gebied veel aandacht besteed. (op [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu) is onder info een extra box met Levens-CyclusAnalyse, LCA te vinden)

Vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw heeft pvc een aanzienlijk marktaandeel verworven. Gezien de gemiddelde levensduur van het (toenmalige) pvc (ongeveer dertig jaar) begint de hoeveelheid afval ervan nu in belangrijke mate toe te nemen. Die hoeveelheid bedraagt wellicht meer dan een miljoen ton. Dit afval is meestal afkomstig van bouw- of afbraakwerken, wat minder van stedelijk afval uit huishoudelijk gebruik, en dan in nog mindere mate van commerciële of industriële activiteiten, verpakkingen, afgedankte voertuigen en elektrische of elektronische apparaten. Daarvan wordt nu al ongeveer 20% gerecycled. Dit percentage neemt voortdurend toe, onder meer omdat de economie dit vereist.

## Mechanisch recycleren

Bij mechanische recyclage wordt pvc-afval alleen mechanisch behandeld, vooral





door shredding (verkleining), zeven en malen. Het poedervormige eindproduct kan opnieuw in circulatie worden gebracht. 'Hoogwaardig' gerecycleerd pvc kan een tweede leven krijgen waarvan de kwaliteit vergelijkbaar is met die van het eerste gebruik. We denken daarbij aan buizen, profielen en vloerbedekking.

'Laagwaardige' recyclingproducten van gemengde afvalfracties kunnen alleen verwerkt met ander materiaal hergebruikt worden (*down-cycling*).

Er bestaan methodes om composietmaterialen die pvc bevatten selectief te ontbinden. Pvc en de andere componenten kunnen dan opnieuw worden gebruikt.

## Chemisch recycleren

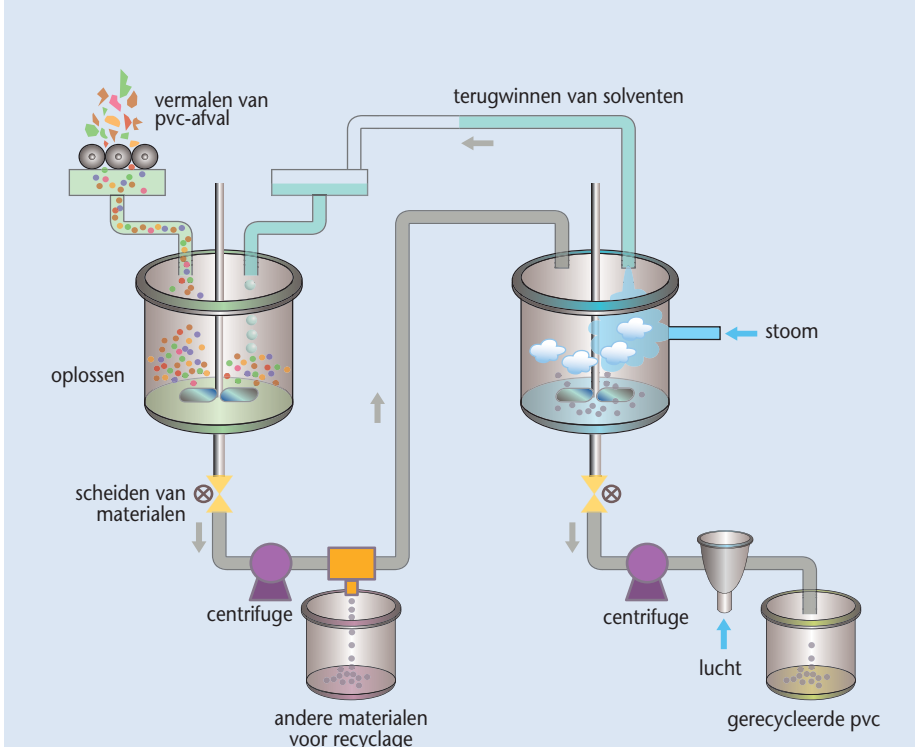
Er werden enkele procedés op punt gesteld om de polymere moleculen opnieuw af te breken tot kleinere moleculen. Dit zijn ofwel monomeren die als zodanig kunnen dienen om nieuwe polymeren te maken ofwel andere stoffen die elders kunnen worden gebruikt in de chemische basisindustrie. Daarnaast komen de chlooratomen die aan de molecuulketens gebonden zijn vrij als waterstofchloride. Dit kan na zuivering opnieuw worden gebruikt of onmiddellijk worden geneutraliseerd en omgezet in nuttige chloorderivaten. Om economische redenen wordt dit nog niet op grote schaal toegepast.

Ook de weekmakers worden bij chemische recyclage omgezet in nuttig basismateriaal.

Stabilisatoren met zware metalen eindigen als vast residu dat moet gestort worden op gecontroleerde sites.

## Verbranden

Als hergebruik en recyclage echt niet mogelijk zijn is 'meeverbranding' een manier om pvc na gebruik toch nog nuttig aan te wenden. Zo wordt gemengd kunststofafval bij de productie van ruw ijzer in hoogovens gebruikt als middel om



## Het 'Vinyloop®'-procedé: composietmaterialen recycleren

Na het strippen van oude elektrische kabels met pvc-mantel kan de pvc-fractie (met sporen koper of andere bezoedelingen) door middel van het Vinyloop®-procedé behandeld worden. Ook pvc-vezelcomposietmaterialen, zoals textiel, kunnen op deze manier worden behandeld. Het Vinyloop®-procedé maakt gebruik van de oplosbaarheid van pvc in bepaalde solventen. Na een voorbehandeling wordt het afval selectief opgelost in een solvent. De niet oplosbare fractie wordt afgescheiden en het oplosbare pvc neergeslagen. Het gebruikte solvent wordt herwonnen en opnieuw gebruikt.

het erts te reduceren. Ook in cementovens kan kunststofafval als brandstof dienen om een deel van de steenkool of het gas te vervangen. In beide gevallen is de ontwikkeling van waterstofchloride een beperkende factor.

Minder dan 1% van het totale afval dat in de Europese Gemeenschap verbrand wordt voor warmterecuperatie, bestaat uit pvc. Alle zure gassen die bij verbranding van vast stedelijk afval ontstaan (HCl, zwaveloxiden) moeten worden geneutraliseerd vóór het resterende gas in de atmosfeer geloosd wordt. Dit gebeurt

hoofdzakelijk door het injecteren van droge of natte kalk. In enkele gevallen recupereert men dan nog het hierbij gevormde calciumchloride. Calciumsulfaat wordt als gips gestort.

In de 'Neutrec®'-technologie spuit men droog natriumwatersofcarbonaat in de rookgassen.

Bij de verbranding van chloorhoudend afval kunnen er ook dioxines ontstaan. Dioxines is een verzamelnaam van een groep van 210 stoffen (die behoren tot de dibenzoparadioxines en dibenzofuranen)

## Het FISCH-platform

De IWT-haalbaarheidsstudie 'FISCH', onder leiding van Essenscia Vlaanderen en met medewerking van 185 organisaties actief in de Vlaamse chemiegebruikende industrie (chemiebedrijven, chemieprofessoren, kenniscentra, overheidsinstellingen en middenveldorganisaties) heeft aangetoond dat een strategisch platform voor duurzame chemie in Vlaanderen zowel zinvol als technisch-economisch haalbaar is. Het businessplan voor dit FISCH platform werd in februari 2010 aan IWT en de Vlaamse regering overhandigd. Het IWT is een Vlaams agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie

FISCH staat voor 'Flanders strategic Initiative for Sustainable Chemistry'. Het is een **strategisch initiatief voor duurzame chemie**, een forum waar kleine, middelgrote en grote bedrijven uit alle Vlaamse industriële sectoren door "open samenwerking" (zowel in het vlak van programma's, projecten als installaties) uitsluitend de duurzaamste chemieoplossingen realiseren die een positieve bijdrage leveren tot de huidige en toekomstige maatschappelijke uitdagingen. FISCH zal het eerste (chemie)kenniscentrum in Europa zijn dat 'duurzaamheid' als enige criterium hanteert/meet voor het beoordelen en realiseren van zijn projecten





## Biobased pvc

De kunststoffensector is druk bezig met de implementatie van duurzame ontwikkeling. Er worden inspanningen geleverd in het productieproces om de milieu-impact en energie-efficiënte continu te optimaliseren. Er wordt gewerkt aan materialen, zoals isolatieplaten in de bouw, die ongeëvenaarde kwaliteiten hebben en op die manier milieuvriendelijk toepassingen mogelijk maken. Er worden ook stappen gezet om de afhankelijkheid van kunststoffen van aardolie te verminderen. Een voorbeeld is bio-ethanol PVC, waarbij men in het productieproces vertrekt bio-ethanol die gekraakt wordt tot etheen. Vervolgens wordt de normale route gevolgd. Een productie-eenheid staat op stapel in Zuid-Amerika. De bron voor de bio-ethanol kan verschillen, gaande van suikerriet tot algen.

Verschillende studies hebben echter aangetoond dat er geen directe correlatie is tussen het aandeel pvc in het afval en de emissie van dioxines. Het temperatuursverloop en de verblijftijd van de gassen in de verbrandingoven zijn bepalende factoren voor het al of niet vrijkomen van dioxines. Bij een optimaal proces zal de uitstoot van dioxines onder de luchtemissienormen blijven.

Ftalaatweekmakers worden bij de verbranding vernietigd, ze worden omgezet in ongevaarlijke moleculen.

## Storten

Het storten is wettelijk verboden. Voor het niet bio-afbreekbaar pvc zijn er geen overtuigende bewijzen van natuurlijke

Een zonet verschenen rapport van IVAM over de milieuanalyse van pvc geeft als belangrijkste conclusie dat pvc in vele toepassingen een duurzaam karakter heeft mits recyclage in rekening wordt genomen. Bovendien wordt aangetoond dat vervanging van pvc door andere materialen, die als duurzaam gepercipieerd worden zoals hout, niet noodzakelijk een milieuwinst betekenen.



Zetels uit pvc die het uitzicht van geweven rotan hebben.



Pvc geeft de nieuwste wagens een mat uiterlijk.

degradatie van het polymeer. Dat betekent dat het eeuwig kan gestockeerd blijven in de bodem, zonder chemische schade aan het milieu te berokkenen.

Het verlies van ftalaten kan bijdragen tot de gasemissies in stortplaatsen. De migratie van stabilisatoren uit het pvc is uiterst gering. Zware metalen in stortplaatsen kunnen door infiltratie de bodem vergiftigen. Daar wordt dus streng op toegezien. Dat kunststoffen een nefaste impact hebben op de oceanen begint ondertussen duidelijk te worden (zie volgende MENS, nummer 77). Dit kunststofafval komt hoofdzakelijk van verpakkingen en van vissersgerief. Hoewel hierover nog onderzoek moet gebeuren, is het aandeel van pvc waarschijnlijk beperkt: meestal gebruikt men hiervoor andere kunststoffen.

## Mooi en vindingrijk: design

Duurzaamheid en innovatie, onze twee sleutelwoorden, veronderstellen ook een hoge graad van vindingrijkheid bij wetenschappers, technici, ontwerpers en investeerders. De technische revolutie waarvan sprake in het woord vooraf zal worden gedragen door de inspiratie van hedendaagse jeugd. En daarbij bestaan



De modeleerbare vaas, een innovatieproject uit de SolVin award. Bij de aankoop plat en na vullen met heet water in elke vorm te kneden, naar eigen inspiratie. Behandeling met koud water resulteert in een permanente vorm.



Zonder pvc geen droge tunnels, een pvc folie beschermt het beton.



Modern beelhouwwerk in pvc van Anish Kapoor in het Tate modern museum, Londen.

geen landsgrenzen: iedereen gaat de internationale toer op.

De grenzeloosheid van de mogelijkheden kunnen we hier slechts illustreren met enkele voorbeelden van geslaagd design.

Voor de decoratie van huizen en tuinen biedt pvc een brede waaier van mogelijkheden. De weerbestendigheid van het materiaal is daarbij een belangrijk element.

Voor renovaties grijpt men vaak naar kunststoffen om het hout of de stenen te vervangen, omdat ze soepeler hanteerbaar zijn en goedkoop. Vaak zijn de alternatieven uit kunststof met het oog niet te onderscheiden van het origineel.

De merel en de bever uit ons inleidend verhaal bouwen generaties lang volgens hetzelfde instinctieve stramien. Wij moeten het hebben van vindingrijkheid. Niet alleen in de bouwsector, maar op alle domeinen van onze samenleving. Pvc biedt nagenoeg oneindig veel mogelijkheden tot innovatie. De SolVin award is een innovatiewedstrijd die de ongebreidelde creatieve mogelijkheden met pvc nog verder wil stimuleren. Projecten met "vormbare" vazen (Herba-plastic, 2001), gerecycleerde geluidsisolierende platen (Loncar, 2007), rotaneffecten (Enitor, 2001), scheidsrechterfluitjes (Plastico Rototech), zachte opblaasbare paraplu's (Mario Scheichenbauer), binnenhuisboemerangs voor kinderen (Boomergy, ...) en nog velen meer passeerden de revue.

De vele illustraties in dit nummer zijn getuige van het potentieel dat pvc ontwerpers te bieden heeft.

## Belangrijkste Informatiebronnen

The SolVin Award for PVC Innovation 2001, 2004, 2007.

Duurzaam bouwen – Fedichem 2005

Groenboek, pvc en het milieu – Commissie van de Europese Gemeenschappen -2000

Witboek van chloor 3de editie (CD) Belgisch chloor  
[www.fisch-essenscia.be](http://www.fisch-essenscia.be)

Milieuanalyses pvc ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid, IVAM research and consultancy on sustainability, 2010, op [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu) is onder info dit document te vinden.





## Concept

De vrachtwagen doorkruist het hele land volgens een strakke planning en ontpopt zich tot een leuk laboratorium voor een hele klas.

De jongeren kunnen er 90 minuten lang echte experimenten uitvoeren. In groepjes van 2 of 3 kunnen ze observeren, experimenteren en afleiden; in biologie, chemie, fysica of technologie.

Met een gezamenlijke eindactiviteit wordt het bezoek aan de vrachtwagen voltooid.

## Doel

Het project XperiLAB.be wil jongeren warm maken voor wetenschap.

Daar is een persoonlijke, actieve aanpak voor nodig, want doen is begrijpen!

Daarenboven biedt XperiLAB.be de gelegenheid aan leerkrachten om middelen te gebruiken waarover ze in de klas vaak niet beschikken.

## Doelpubliek

Voor leerlingen, vóór ze hun studiekeuze maken (10 tot 14 jaar).

XperiLAB.be werd ontworpen voor kinderen in de twee laatste jaren lager en de twee eerste jaren secundair onderwijs.

De werkingsbasis is een klas of een lesgroep (maximaal 27 leerlingen). De activiteit duurt 90 minuten.

## Voor jongeren tussen 10 en 14 jaar Een didactisch middel dat het land doorkruist



XperiLAB.be kan voor beurzen, kermissen, evenementen, tentoonstellingen enz. worden aangepast naar een versie voor het "grote publiek".

## Principe

De leerkracht vergezelt de klas tijdens het hele proces. XperiLAB.be gebruikt verschillende methodes om wetenschappen bevattelijk te maken, die perfect binnen de gevolgde groepsdidactiek passen.

Zoals bij elke vorming wordt de ervaring in de vrachtwagen van XperiLAB.be voorbereid (voordien), beleefd (tijdens) en verwerkt (nadien). Daarom heeft het Museum een volledig, gratis te downloaden dossier samengesteld.

Dat dossier is een belangrijk onderdeel van het werk dat de leerkracht met de klas doet; zonder dit dossier zou XperiLAB.be immers een snel vergeten uitstapje zijn.

## Reservaties

Reserveren gebeurt online op [www.xperilab.be](http://www.xperilab.be)

## Contact

Animator van XperiLAB.be (NL):  
Saartje LINDERS  
Tel. 02 627 42 23  
[info@xperilab.be](mailto:info@xperilab.be)



## Humaniora Voorzienigheid Diest wint tweede 'De Jonge Baekeland'

Op vrijdag 30 april vond de tweede editie van De Jonge Baekeland plaats. De zes laureaten stelden hun werk rond "innovaties om te overleven" voor in het Vlaams Parlement.

Met een knappe presentatie en overtuigende argumenten in het debat sleepten Tatjana Geukens, Sebastiaan Maes en Bram Van Meldert van Humaniora Voorzienigheid Diest de hoofdprijs in de wacht! Die prijs was niet minder dan 5000 euro, geschenken door de Nationale Loterij.

Bio-MENS dankt alle enthousiaste deelnemers en sponsors die de organisatie van deze De Jonge Baekeland mogelijk maakten.

Nationale Loterij  
creëert kansen 6

essensci

Universiteit  
Antwerpen

vito  
where on technology

Bio-  
MENS

federplast.be

WVOK  
Kunststof

Solvay  
The Institute of Pure and Applied Chemistry

UNIVERSITEIT  
GENT

ExxonMobil

## Dossier op komst: 77

## Mariene biodiversiteit



Dossiers nrs 1 - 75 nog verkrijgbaar zolang de voorraad strekt,  
zie [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)

- |   |  |
|---|--|
| 34 Genetisch volmaakt?                            | 55 Muizenissen en knaagzangen              |
| 35 Pseudo-hormonen vruchtbaarheid                 | 56 Schoon verpakt, lekker gegeten          |
| 36 Duurzame Ontwikkeling                          | 57 Brein                                   |
| 37 Allergie in opmars!                            | 58 Illusies te koop                        |
| 38 Vrouwen in de wetenschap                       | 59 Je sigaret of je leven                  |
| 39 Gelabeld vlees, veilig vlees!?                 | 60 Luchtvervuiling                         |
| 40 Een tweede leven voor kunststoffen             | 61 Griep, een doder op de loer?            |
| 41 Stresssss                                      | 62 Vaccinatie, reddingslijn of dwaallicht? |
| 42 Voedselveiligheid, een complex verhaal         | 63 Boordevol energie                       |
| 43 Het klimaat in de knoei                        | 64 Een graadje warmer. Quo vadis, Aarde?   |
| 44 Voorbij de grenzen van het ZIEN                | 65 Energie in het zonnetje                 |
| 45 Biodiversiteit, de mens als onruststoker       | 66 ADHD, als chaos overheerst              |
| 46 Biomassa, de groene energie                    | 67 Duurzaam... met kunststoffen            |
| 47 Het voedsel van de goden chocolade             | 68 Aspecten van evolutie                   |
| 48 Nanotechnologie                                | 69 Seksueel overdraagbare aandoeningen     |
| 49 Zuiver water, een mensenrecht?                 | 70 Groene Chemie                           |
| 50 Dierenwelzijn als werkwoord                    | 71 Invasieve soorten                       |
| 51 De waarheid over varkensvlees                  | 72 Jongeren durven innoveren               |
| 52 Het ontstaan van de mens - deel 1              | 73 Op weg naar Mars                        |
| 53 Het ontstaan van de mens - deel 2              | 74 Waarheen leidt het spoor?               |
| 54 Biologische oorlogvoering in en om ons lichaam | 75 Als het bloed niet meer stroomt         |

Universiteit  
Antwerpen

Nationale Loterij  
creëert kansen 6