

DE VNCI BESTAAT DIT JAAR 100 JAAR. CHEMIE MAGAZINE VIERT DIT MET EEN SERIE ARTIKELLEN OVER CHEMISCHE INNOVATIES DIE DE AFGELOPEN 100 JAAR GROTE MAATSCHAPPELIJKE IMPACT HADDEN.

ANTICONCEPTIEPIL

KUNSTMEST

SYNTHETISCHE VEZELS

VOEDINGSADDITIEVEN

PENICILLINE

VERF EN COATINGS

2<sup>e</sup> helft  
20<sup>e</sup> eeuw

PLASTIC

GENEESMIDDELEN

DESINFECTIE

GEWASBESCHERMING

(volgorde is willekeurig)

KUNSTSTOFINNOVATIES HEBBEN LEVENS  
BURGERS IN POSITIEVE ZIN BEÏNVLOED

## ‘VINYL GAF MUZIEKINDUSTRIE ENORME BOOST’

Het gebruik van kunststoffen nam de afgelopen vijftig jaar een hoge vlucht. Het maakte producten mogelijk die vroeger ondenkbaar waren en bijdragen aan veiligheid, houdbaarheid, hygiëne, energie-efficiëntie en comfort. ‘Popprofessor’ Leo Blokhuis kan zich zijn eerste vinylplaat nog herinneren: *The Very Best of ABBA*.

Tekst: Marloes Hooimeijer en Igor Znidarsic

**L**ibelle wijdde in 1946 een artikel aan ‘Plastic. Het wonderproduct’, vol enthousiasme over plastic boodschappen-tassen, kinderspeelgoed en schoenen, die toen in Londen al verkrijgbaar waren. ‘Grandioos, deze synthetische wereld’, aldus de Londense Libelle-correspondente. Zeker de afgelopen vijftig jaar heeft het gebruik van kunststoffen een enorme vlucht genomen. Sinds de tweede helft vorige eeuw zijn kunststoffen niet meer weg te denken uit het dagelijks leven. Ze zijn sterk, stijf, flexibel, vormvast of juist vormvrij en dragen zo bij aan comfort, veiligheid, houdbaarheid, hygiëne en energie-efficiëntie. Denk bijvoorbeeld aan kunststof verpakkingen die bederf of verspilling van voedsel en de beschadiging van producten tegengaan of aan kunststof isolatiemateriaal. “Kunststofinnovaties hebben de afgelopen honderd jaar de levens van burgers ontzettend in positieve zin beïnvloed”, zegt ook Jacques Joosten, directeur Dutch Polymer Institute (DPI). “Niet alleen voor leuke hebbe-

dingetjes maar ook voor meer wezenlijke zaken. In het transportwezen – auto’s, vliegtuigen, andere vervoersmiddelen – kwamen producten beschikbaar die vroeger gewoon ondenkbaar waren. De vormgevingsprocessen van kunststoffen bleken geweldig flexibel te zijn. Vroeger bestond de voorkant van een auto uit tientallen stukken staal die met schroeven aan elkaar gedraaid waren, nu kun je die netjes uit één stuk maken door te spuitgieten. Dit is zowel voor het gewicht van de auto als de efficiëntie van het productieproces essentieel. Of kijk naar hygiëne, je kunt je niet meer voorstellen dat baby’s en ouderen ouderwetse luiers moeten dragen, en naar medische zaken als implantaten of bloedzakken. We vergeten de voordelen van kunststof, nemen ze *for granted*, zoals de enorme hoeveelheid voedsel die dankzij plastic niet in de vuilnisbak belandt.”

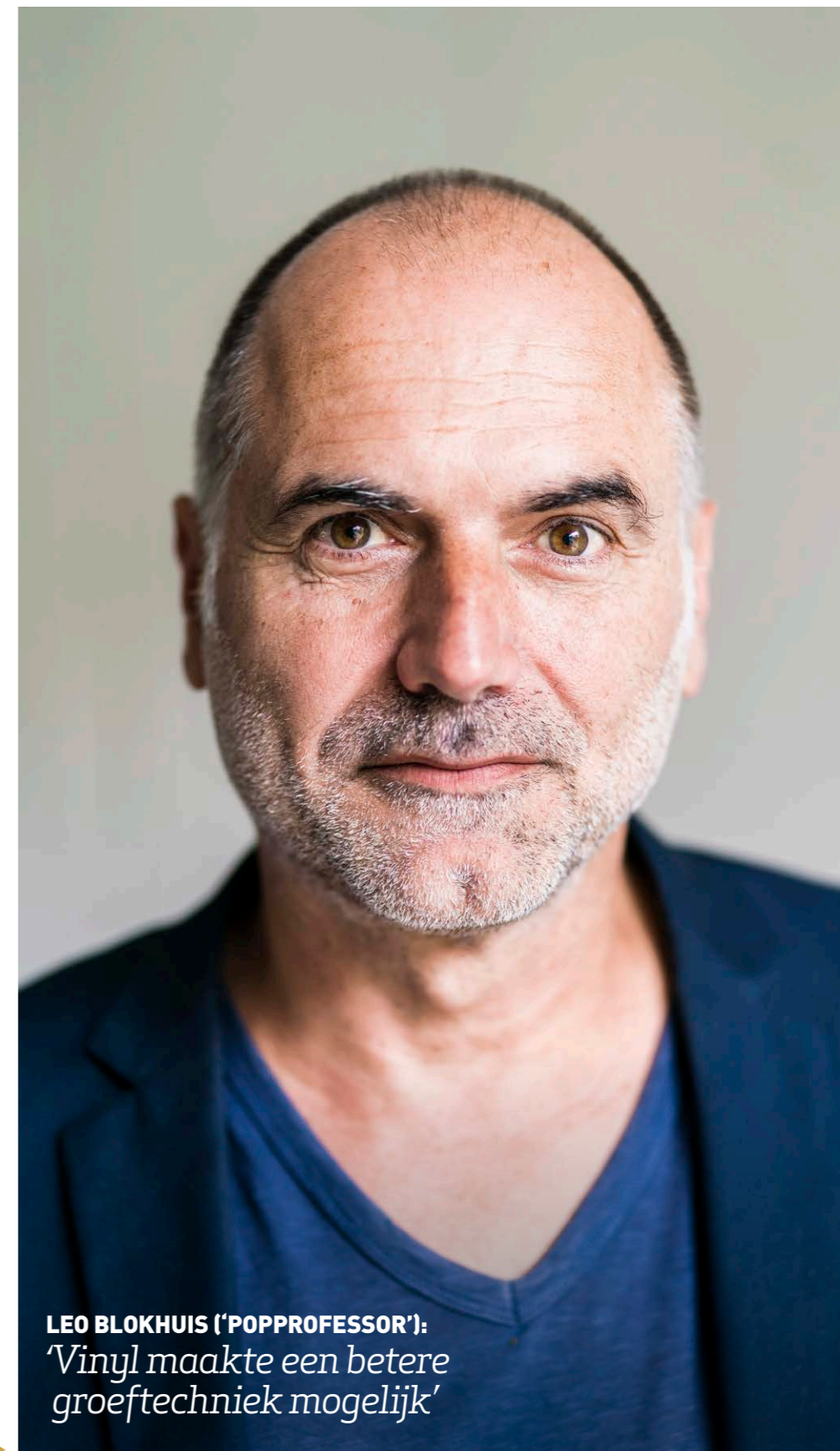
### Rol industrie

De switch van steenkool naar olie en gas als grondstof had volgens Joosten

## DE WERELDWIJDE TOEPASSING VAN KUNSTSTOFFEN IS DE AFGELOPEN VIJFTIG JAAR 20 KEER ZO GROOT GEWORDEN

(TRANSITIEAGENDA KUNSTSTOFFEN)

grote impact op de chemie, dus ook op de kunststofproductie. “Dit begon in Amerika; Europa en Nederland volgden in de jaren 20/30. Het bracht flexibiliteit in de productie van kunststoffen, zodat er meer diverse materialen mee gemaakt konden worden, en maakte schaalvergrotingen mogelijk. Kunststof werd hierdoor als nieuw materiaal steeds aantrekkelijker. Ook het ontwikkelen van katalysatoren, waarvoor Ziegler en Natta in de zestiger jaren de Nobelprijs kregen, zorgde voor nieuwe doorbraken in kunststofflexibiliteit, kunststofeigenschappen en voor een lagere prijs van het materiaal.” Na de Tweede Wereldoorlog kwam de kunststofproductie in een stroomversnelling. Bedrijven als Shell, DSM en AkzoNobel speelden daarin een heel belangrijke rol, aldus Joosten. “Uitgaande van een paar grondmaterialen wisten ze die zodanig te modificeren dat kunststoffen de benodigde eigenschappen voor specifieke toepassingen kregen. Als je kunststof tuinstoeltjes vroeger drie jaar in de zon liet staan, was er niets meer van over, waren ze helemaal bros geworden. Dit werd opgelost door de kunststof uv-stabiliteit mee te geven. Voor Nederland kan natuurlijk niet onvermeld blijven dat er zeer hoogwaardige technische kunststofvezels werden ontwikkeld, Twaron door AkzoNobel en Dyneema door DSM.” Er was weliswaar al kort na de Tweede Wereldoorlog sprake van publiek-private samenwerking met een partij als TNO, vanuit de universiteiten hoefde de industrie in de



LEO BLOKHUIS (‘POPPROFESSOR’):  
*‘Vinyl maakte een betere  
groeftechniek mogelijk’*

FOTO: PAUL TOLENAAR

## IN EUROPA WORDT KUNSTSTOF HET MEEST GEBRUIKT VOOR VERPAKKINGEN, 39,5%, BOUW/INFRASTRUCTUUR, 20,1%, EN VERVOERSMIDDELEN, 8,6% (RETHINK)

### WIST U DAT?

De eerste kunststof, celluloid, werd in 1850 uitgevonden, in 1908 gevolgd door bakeliet (fenolhars, de eerste volledig synthetische kunststof) en in 1937 nylon (een polyamide). De meeste andere kunststoffen, ook wel plastics of polymeren genoemd, werden pas in de tweede helft van de 20e eeuw ontwikkeld. Er worden vijf grote 'families' van bulkpolymeren onderscheiden, met ieder hun eigen toepassingen en markten.



- 1 Polyethyleen (PE) is de grootste plasticfamilie, gebruikt voor bijvoorbeeld plastic zakken, bekertjes, flessen, *shrink-wrapping film* (zoals gebruikt om een pak frisdrankflessen bijeen te houden), speelgoed en flexibele tubes.
- 2 Polypropyleen (PP) heeft een hoger smeltpunt en is sterker dan PE, waardoor het geschikt is voor niche verpakkingsmarkten, bijvoorbeeld voor vaten en containers. Auto's zitten er ook vol mee: stoffering, behuizing, dashboard, bumper, etc.
- 3 Polystyreen (PS) is een goede warmte-isolator en daarmee bijvoorbeeld goed geschikt voor wegwerpbekertjes.



Het wordt ook als hard, sterk plastic toegepast in wegwerpbestek, cartridges, kledinghangers en testbuisjes. Geëxpandeerd polystyreen (EPS, in de volksmond piepschuim genoemd) zit veel in isolatiemateriaal en verpakkingen.

4 De bekendste toepassing van polyethyleentereftalaat, PET, zijn de onbreekbare lichtgewicht PET-flessen. Het vindt ook toepassing in industriële vezels, textielvezels als fleece en in kookgerei.

5 Omdat polyvinylchloride (pvc) goedkoop en eenvoudig te bewerken is, is het aantal toepassingen legio. Om er, naast de elpee (zie hoofdartikel), een paar te noemen: buizen voor



elektrische bedrading, vloerbedekking zoals zeil, buizen voor waterleiding en riolering, verpakkingen, bloedinfuuszakken, beschermende kleding zoals chemische pakken en regenkleding, dashboards, speelgoed, kunst-



## WONINGISOLATIE, MET BIJVOORBEELD PIEPSCHUIM OF PURSCHUIM, BESPAART 40 TOT 400 KEER ZOVEEL ENERGIE ALS HET KOST OM HET MATERIAAL TE MAKEN (MILIEUCENTRAAL)

stofkozijnen en grond- en waterkeringen. In de jaren tachtig en negentig kreeg pvc een slechte naam, onder meer vanwege de loodhoudende stabilisatoren, de groeiende afvalberg en de gechlorideerde koolwaterstoffen die bij verbranding vrijkomen. Maar anno 2018 is het lood uitgefaseerd, vindt op grote schaal recycling plaats en gloort dankzij het vrijwillige EU-programma VinylPlus een duurzame toekomst (zie ook *Chemie Magazine* april).

Naast deze vijf grote families zijn er nog families als polyurethaan (PU, bijvoorbeeld schuimrubber en purschuim), polymethylmethacrylaat (PMMA, bijvoorbeeld plexiglas), polyester (versterkt met glasvezel toegepast voor zeiljachten en roeiboten) en polycarbonaat (PC, bijvoorbeeld cd's, veiligheidsbrillen, helmen en verpakking van voedingsmiddelen).

BRON: O.A. THE PLASTICS REVOLUTION (DPI)

### CHEMIE VAN KUNSTSTOF

Kunststoffen (plastics) zijn te onderscheiden in thermohardende plastics, thermoplasten en elastomeren. In thermohardende plastics zoals bakeliet zijn moleculen (monomeren) samengebonden tot ketens (polymeren) die op hun beurt weer krachtig zijn verbonden door crosslinking. Hierdoor smelten ze niet of worden ze niet vloeibaar bij verhitting. Ze worden tijdens het productieproces in vorm gegoten.

Bij thermoplasten zijn de verbindingen tussen de polymeerketens relatief zwak. Verhitting maakt ze zacht, waardoor ze in de juiste vorm kunnen worden gebracht (vaak spuitgieten). Voorbeelden zijn pvc en polystyreen.

Elastomeren liggen qua eigenschappen tussen thermohardende plastics en thermoplasten in. De polymeermoleculen krijgen elastische eigenschappen door de speciale manier waarop ze gelinkt zijn. Polyurethaan is zo'n elastomeer, bijvoorbeeld toegepast in schuimrubber, evenals Styreen Butadiene Rubber (SBR), toegepast in banden.

## 2<sup>e</sup> helft 20<sup>e</sup> eeuw

PLASTIC



Het eerste populaire album op vinyl was *The voice of Frank Sinatra*.

beginperiode geen onderzoek te verwachten. "Het vak polymeren werd aan de universiteiten toen nog niet onderzocht. De eerste impulsen voor onderzoek naar polymeerchemie kwamen uit de industrie zelf. Niet gek dus dat de eerste generatie hoogleraren polymeerchemie ook uit het bedrijfsleven kwam."

### Vinylplaat

Van Elvis Presley en de Beatles en van de Rolling Stones tot ABBA, zonder de uitvinding van vinyl waren deze artiesten waarschijnlijk nooit zo groot geworden. Want het was dit materiaal dat de distributie van muziek makkelijk en betaalbaar maakte, samen met de voortschrijdende afspeeltechniek. "Men was al in de jaren dertig bezig met het creëren van geluidsdragers op basis van vinyl", vertelt 'popprofessor' Leo Blokhuis. "Daar zat eerst de crisis tussen en daarna de oorlog, maar uiteindelijk kwam in 1948 de eerste elpee op de markt, en meteen daarna de 45-toerensingle. Maar het was allemaal nog vrij exclusief, de

geluidsdragers en de toen nog lompe afspeelapparatuur waren duur. Pas begin jaren vijftig zette vinyl als geluidsdrager echt door. Er kwam toen ook een betaalbare platen-speler, en die twee zaken bij elkaar hebben de muziekindustrie een enorme boost gegeven. Er was nu een goed verdienmodel." Vinyl (polyvinylchloride, pvc) was al in 1838 bij toeval ontdekt en in 1872 herontdekt. In beide gevallen ontstond er een witte vaste stof nadat een fles vinylchloride was blootgesteld aan zonlicht. In 1926 ontwikkelde Waldo Semon een methode om pvc te plasticeren door verschillende additieven toe te voegen, met als resultaat een flexibel en eenvoudig te bewerken materiaal, dat commercieel breed toepasbaar werd. Onder meer dus als geluidsdrager. Hiervoor werd het vermengd met koolstof om het steviger en slijtvaster te maken. "Aanvankelijk waren geluidsdragers van schellak en bakeliet en werden ze op 78 toeren per minuut afgespeeld", vertelt Blokhuis. Ze waren

nogal breekbaar. Vinyl bleek beter geschikt. "Vinyl maakte ook een betere groeftechniek mogelijk, waardoor de snelheid verlaagd kon worden. In 1931 kwam Columbia Records met de eerste vinylplaat op 33 1/3 toeren, wat later de elpee-standaard werd. RCA Victor kwam met een 7 inch-plaat, wat later de single-standaard werd. Uiteindelijk bleken beide formaten naast elkaar te kunnen bestaan en ontstonden de fenomenen album en single." De grote doorbraak voor de single kwam in de jaren 50, toen deze massaal werd toegepast in jukeboxes, en met de opkomst van de rock-'n-roll.

### 4 minuten

De standaardlengte van de nieuwe geluidsdragers was ook bepalend voor de manier waarop voortaan muziek werd gemaakt. Blokhuis: "Vroeger maakte de duur van een muziekstuk niet uit, want je beluisterde het live. Nu kon er maximaal een half uur op een elpeekant en een singeltje was maximaal 4 minuten per kant. De componist moest met



'Je kunt je niet meer voorstellen dat baby's en ouderen ouderwetse luiers moeten dragen.'

die beperkingen rekening houden." Vandaar dus dat de gemiddelde popsong tussen de 3 en 4 minuten duurt. De vinylteepee en de vinylsingle hebben volgens de popprofessor sterk bijgedragen aan de ontwikkeling van de muziekindustrie. "De impact was zo groot omdat deze geluidsdragers een handzame manier boden om muziek te distribueren. De Beatles bijvoorbeeld traden in de tweede helft van hun carrière niet meer live

op, toch bleven ze heel groot, op basis van wat ze op vinyl uitbrachten." De allereerste 33 1/3-longspeelplaat (1948) was *Nathan Milstein performing the Mendelssohn violin concerto*. Het eerste populaire album (ook 1948, wel vinyl, maar nog 78 toeren) was *The voice of Frank Sinatra*. De eerste elpee die Blokhuis zelf aanschafte ("Ik was 14 of 15") was een Franse (en daardoor 2 gulden goedkopere) persing van *The Very Best of ABBA*.

## DE PRODUCTIE VAN NIEUWE FOSSIELE PLASTICS KAN TOT 2030 AL MET 36 PROCENT AFNEMEN DOOR INVESTERINGEN IN MECHANISCHE EN CHEMISCHE RECYCLING EN BIOBASED PLASTICS (TRANSITIEAGENDA KUNSTSTOFFEN)

## CORBION MAAKT ALLE MONOMEREN VOOR PLASTICS 100 PROCENT UIT SUIKER

### VNCI-LEDEN STAAN AAN DE BASIS VAN KUNSTSTOF

Heel veel VNCI-leden houden zich bezig met de productie van (grondstoffen voor) kunststoffen, waaronder BASF, AkzoNobel, DuPont, DSM en Dow. Ook SABIC, Corbion en Huntsman hebben hierin ieder hun eigen specialismen.

In 2002 nam SABIC de petrochemische fabrieken van DSM in Geleen over. Hiermee zette het Saudische bedrijf de eerste stap op het Europese continent. Later komen daar in Nederland ook de productielocaties in Bergen op Zoom, Raamsdonkveer en Enkhuizen bij. "SABIC Geleen bestaat uit fabrieken waarmee zowel de grondstoffen voor als ook kunststoffen zelf worden gemaakt", zegt Jeroen Castelijin, *general manager* SABIC Site Geleen. "Het productportfolio bestaat hoofdzakelijk uit polyethyleen (PE) en polypropyleen (PP)."



Insulinepen.

De PP- en PE-materialen zijn van betekenis voor tal van producten. Castelijin: "Zo worden er folies van gemaakt die de houdbaarheid verbeteren van verse groenten en fruit. Daarmee wordt uiteindelijk de voedselverspilling verminderd. Onze producten zitten bijvoorbeeld ook in insulinepennen, die niet alleen het medicijn langer goedhouden maar ook het gebruik van insulinepennen veiliger maken. Maar ook in de recyclebare drankkartons van Elopak zijn onze producten terug te vinden. Dit duurzame 'lage dichtheid polyethyleen' (LDPE) heeft een 15 tot 20 procent lagere CO2-footprint vergeleken met standaard verpakkingen." Plastics hebben een belangrijke toegevoegde waarde in de samenleving, maar ze vormen volgens Castelijin ook een 'complexe uitdaging' voor een duurzame toekomst. "Als SABIC zijn we ons bewust van deze uitdaging en om tot oplossingen te komen zoeken we de samenwerking met partners in de industrie. Zo onderzoeken we op dit moment of we ingezameld plastic kunnen inzetten als grondstof voor onze krakers."

Corbion is ruim 85 jaar wereldmarktleider in melkzuur, dat via een lactide dimeer als grondstof omgezet wordt in polymelkzuur (PLA). Marc den Hartog, *executive vice president Innovation Platforms*: "In 1989 werden we actief in bioplastics door de productie van afbreekbaar PLA voor medische toepassingen, zoals oplosbaar hecht draad en orthopedische schroeven. Deze kennis is uitgewerkt tot PLA voor markten met grote volumes, zoals verpakkingen. Na de zomer nemen we een PLA-fabriek van 75 kiloton in Thailand in gebruik." Inmiddels heeft Corbion productieroutes ontwikkeld om ook andere organische zuren te produceren uit suikers, toegepast als monomeer bouwstenen in plastics. Zo wordt barnsteenzuur geproduceerd in de joint venture Succinity met BASF, onder meer toegepast in het polymeer PBS, geschikt voor compostbare plastics. Daarnaast werkt het bedrijf aan het opschalen van de productie van 2,5-furaandicarbonzuur (FDCA), een organisch di-zuur dat de kritische bouwsteen van PEF-bioplastie vormt.

"Al deze monomeren voor plastics worden 100 procent uit suiker gemaakt, waarmee de ontkoppeling van fossiele grondstoffen gerealiseerd wordt. Bioplastics zijn een essentieel onderdeel van onze toekomstige economie", zegt Den Hartog. "De biologisch afbreekbare plastics PLA en PBS zijn met name in voedselverpakkingstoepassingen van hoge toegevoegde waarde. PEF biedt een biobased alternatief voor het veelgebruikte PET, waarbij PEF de houdbaarheid van de verpakte producten verlengt door de betere barrière-eigenschappen van het materiaal. Daarmee helpt het voedselverspilling verder te reduceren."

PLA wordt toegepast voor onder meer oplosbaar hecht draad en orthopedische schroeven.

Huntsman Holland produceert sinds 1961, toen nog ICI, grondstoffen voor polyurethaan (PU) in Botlek-Rotterdam. De twee vloeistoffen (MDI en polyol) worden gemengd om hard of zacht polyurethaanschuim te maken. Hard polyurethaanschuim wordt toegepast in isolatiepanelen en -blokken. "Dat zorgt voor de beste isolatie ter wereld", zei Max van der Meer, *vice president Global Operations & Technology* Huntsman Polyurethanes, al eerder in *Chemie Magazine*. "Purschuim is verwerkt in koelkasten en vriezers. Zacht schuim vind je in matrassen, maar ook in stoelen en vloeren. Wij leveren bijna exclusief aan BMW." Huntsman heeft veel kennis van PU-technologie en zet die in om, samen met zijn klanten, innovatieve oplossingen te vinden. Zoals met het Duitse veiligheidsschoenenmerk Steitz Secura, dat PU-technologie van Huntsman benut om polyurethaan tussenzolen te maken met geïndividualiseerde kenmerken. Samen met HP (Hewlett Packard), machineleverancier Desma en RSScan hebben zij een zogenoemd 'FitStation' gecreëerd voor in de winkel. Dit station combineert 3D-voetscans met dynamische loopanalyse om kant-en-klare schoenaanbevelingen, op maat gemaakte 3D-geprinte inlegzolen en volledig aangepaste schoenen met variabele polyurethaan spuitgietzolen te leveren. Dit wordt onder andere bereikt door een op maat gemaakte vermenging van de belangrijkste componenten van PU (polyol, isocyaanaten en additieven). De juiste mix maakt verschillende gradaties van hardheid, dichtheid en elasticiteit voor verschillende delen van de schoen mogelijk. En zo ontstaat een schoen helemaal aangepast aan de klant, niet alleen qua kleur, maar ook qua maat en loopeigenschappen, aldus Huntsman.



Hard polyurethaanschuim, toegepast in isolatiepanelen en -blokken, zorgt voor 'de beste isolatie ter wereld'.

### TOEKOMST: 'BIOMASSA EN RECYCLAAT ZIJN STRAKS DE BASIS'

'Behalve een groot aantal voordelen, brengt de grootschalige toepassing van kunststof ook nadelen met zich mee. Het gebruik van (veelal) fossiele grondstoffen en energie oefent druk uit op het milieu. De verspreiding van plastic zwerfvuil en microplastics op land en in zee resulteert in een groeiende vervuiling van de ecosystemen. Dus ondanks alle voordelen, zien wij ons gesteld voor een aantal belangrijke uitdagingen', zo staat te lezen in de transitieagenda Kunststoffen, waaraan de vereniging van rubber- en kunststoffabrikanten NRK heeft bijgedragen. Erik de Ruijter, directeur beleid bij de NRK: "De bedrijven en NRK zetten al jarenlang in op duurzame producten. Dat zijn producten die een maximale gebruikswaarde hebben. Om dat te bereiken is samenwerking nodig tussen fabrikant, gebruiker en recycler. Het vraagt een gedragsverandering. Op die manier waarborgen we recycling en voorkomen we samen zwerfafval en *marine litter*. En door het materiaal in de kringloop te houden ontstaan geen degradatie en microplastics."

In 2050 hebben kunststoffen volgens de transitieagenda een geringe voetafdruk en zijn ze gemaakt van gerecyclede of hernieuwbare - biobased - kunststoffen en van een gegarandeerde kwaliteit. Er is dan niet langer sprake van verbranding van plastics en er worden geen zorgwekkende stoffen in kunststoffen meer verwerkt die een gevaar kunnen opleveren voor de volksgezondheid en het ecosysteem. De Ruijter: "Zoals de CEO's stelden tijdens het VNCI-congres afgelopen juni zijn biomassa en recycelaat de basis voor de kunststoffen van straks. Die ombouw vraagt grote investeringen. Naast inzamel-, sorteer- en recyclingcapaciteit is ook nieuwe technologie nodig. Chemische recycling en standaarden voor recycelaat moeten opgeschaald worden. Vele succesvolle ketenprojecten die de NRK initieerde helpen merkeigenaren en gebruikers om actief te vragen om producten van hernieuwbare grondstoffen. Bedrijven als Philips, Unilever, Van der Lande en Ikea geven het goede voorbeeld."

Ook Jacques Joosten van DPI is ervan overtuigd dat er uiteindelijk een oplossing komt voor het afvalprobleem en dat het model van 'maken, gebruiken en weggoien' plaatsmaakt voor een circulair model waarin gebruikte kunststoffen weer opgewerkt worden tot kunststof die kan wedijveren met nieuwe kunststof. Het vraagt om een nieuw economisch model. "Misschien wel een soort leaseconcept: bedrijven die kunststof een tijdje uitlenen, weer innemen, opwerken en weer uitlenen. Niets doen is geen optie: industrie, wetenschap en overheid moeten samenwerken en naar de lange termijn kijken, met bijbehorende risico's en investeringen."

2<sup>e</sup> helft  
20<sup>e</sup> eeuw

PLASTIC