

BOUW WERELD

03

BOUWTECHNIEK OP Z'N BEST

03/2024



PARKEERHUIS HART VAN DE WAALSPRONG
Nijmeegse blikvanger met goudkleurige gevels

DANIËL VAN DEN BERG EN VINCENT KETTING
Over de hoogpunten uit het EGM-oeuvre

NATIONAAL HOLOCAUSTMUSEUM
Beladen geschiedenis voelbaar
na restauratie en transformatie



DEMONTAGE EN HERGEBRUIK VEELBELOVEND VOOR GROOTSCHALIGE TOEPASSING CIRCULAIR ISOLATIEGLAS

DE HOGESCHOOL VAN AMSTERDAM (HVA) ONDERZOCHT SAMEN MET EEN GROOT AANTAL PARTIJEN WELKE MOGELIJKHEDEN ER ZIJN VOOR HET HERGEBRUIK VAN BESTAAND ISOLATIEGLAS. CONCLUSIE: DEMONTAGE VAN DE GLASPLATEN EN HERGEBRUIK IN EEN NIEUW GLASPAKKET LIJKEN DE MEEST KANSRIJKE STRATEGIEËN VOOR GROOTSCHALIGE TOEPASSING. OPDRACHTGEVERS EN DE GLASBRANCHE LIJKEN BEREID TE ZIJN DIE STAP TE ZETTEN.

TEKST DANIËL VAN CAPELLEVEEN

In 2020 startte de Hogeschool van Amsterdam onder leiding van *associate lector* Ed Melet in samenwerking met bijna 25 partijen uit de bouwsector een onderzoek naar het hergebruiken van isolatieglas¹, samen met bijna 25 partijen in de bouwsector. Het onderzoek is medegefinancierd door Regieorgaan SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Op 7 december 2023 presenteerden het onderzoeksteam en partners onder grote belangstelling de resultaten en inzichten van het onderzoek. Er zijn vijf strategieën en ruim vijftien verschillende varianten van hergebruik onderzocht. Demontage van het isolatieglaspakket en hergebruik van het vlakglas lijken het meest kansrijk.

WAAROM BESTAAND ISOLATIEGLAS HERGEBRUIKEN?

De productie van glas is een energie-intensief proces waarbij veel CO₂ vrijkomt. Bovendien blijkt zand dat geschikt is voor de productie van vlakglas schaars te worden. De mogelijkheden om glas te hergebruiken en zo de uitstoot en het verbruik van grondstoffen te verminderen, worden nog maar beperkt benut. Glas dat tijdens de productie beschadigt of om een andere reden wordt afgekeurd, kan nog wel worden omgesmolten en

gerecycled tot vlakglas (*pre-consumer* vlakglas). Door een percentage van dit vormalen *pre-consumer* vlakglas aan de grondstoffen toe te voegen, kan de temperatuur van de oven een paar honderd graden verlaagd worden tot circa 1.100 tot 1.200°C. Sommige vlakglasproducenten recyclen naast afgekeurd glas ook restglas van de assemblagelocaties (daar waar van vlakglas een eindproduct wordt gemaakt). Of ze vullen de fossiele brandstof aan met elektrische boosters op basis van groene stroom voor de glasovens. Met deze maatregelen kan de CO₂-uitstoot verder worden verlaagd. Dergelijk glas vertegenwoordigt echter slechts een deel van het assortiment. Dat is volledig afhankelijk van *pre-consumer*glas dat op de reguliere, CO₂-intensieve wijze geproduceerd is met nieuwe (*virgin*) materialen.

GESTANDAARDISEERD DEMONTAGE- EN REINIGINGSPROCES

Gebruikt isolatieglas kan vooralsnog niet gerecycled worden tot nieuw vlakglas. Aan beglazing worden hoge visuele eisen gesteld en de kleinste verontreiniging in de glasoven kan een hele productielijn verstoren. Om isolatieglas te kunnen recyclen moet daarom eerst een betrouwbaar gestandaardiseerd demontage- en reinigingsproces ontwikkeld worden. Dat is er nog niet. Daarom worden scherven iso-



Demontage van beglazing (foto: Erik Boschman).

latieglas in Nederland nu vaak omgesmolten tot laagwaardigere producten als isolatiemateriaal en verpakkingsglas. Volgens Elke van Nieuwenhuizen, onderzoeker bij de HvA, is dat vergeleken met de rest van de wereld al een hele mooie stap. "Maar feit is: als glas eenmaal verwerkt is tot een potje, komt het nooit meer in een raam terecht. In het buitenland wordt oud isolatieglas vaak überhaupt niet gerecycled. Daar eindigt het dan op de vuilstort of als opvulmateriaal, bijvoorbeeld onder wegen."

STRATEGIEËN VOOR HERGEBRUIK

Reden genoeg dus voor het onderzoeksteam van de HvA om te onderzoeken of en hoe bestaand isolatieglas hergebruikt kan worden. Daarvoor is samen met de consortiumpartners een vijftal hoofdstrategieën bepaald (zie afbeelding 'Waar staan we nu met hergebruikt isolatieglas?'):

1. een-op-een hergebruik van het isolatieglas;
2. upgraden van het pakket door bijvoorbeeld een folie of een derde laag toe te voegen;
3. het isolatieglaspakket demonteren om vlakglas te gebruiken in een nieuw samengesteld isolatieglaspakket;
4. het glaspakket demonteren en upgraden naar speciaal vlak-

glas (gehard en gelaagd glas, beiden een vorm van veiligheidsglas);

5. hergebruik van speciaal vlakglas.

Hierbinnen zijn ruim vijftien verschillende upgradeprincipes vastgesteld die kansrijk kunnen zijn. Daarvan zijn acht principes uitgewerkt tot concrete prototypes (zie afbeelding 'prototypes hergebruikt isolatieglas') In het vervolgproject worden strategie 4 en 5 nader onderzocht.

MEESTE KANSEN BIJ DEMONTAGE

Volgens het onderzoek lijkt van alle strategieën het demonteren van het glaspakket en het vlakglas hergebruiken in een nieuw glaspakket (3) het meest kansrijk. Onderzoekspartner GSF Glasgroep ontwikkelde bijvoorbeeld Isomax, een beglazingspakket dat voor 50 procent circulair is. De producent bedacht daarvoor een methode om bestaand glas te demonteren en de glasplaten te hergebruiken in een nieuwe beglazing met daarin een bestaande glasplaat en een nieuwe gecoate glasplaat². Sinds 2022 is het product verkrijgbaar op de markt. In de nieuwe fabriek in Almere gaat GSF dit jaar zelfs een volledig geautomatiseerde demontagelijijn opzetten. Dat betekent dat de



**Gedemonteerde be-
glazing op weg naar
hergebruik (foto:
Steven Koolman).**

glasfabrikant er commercieel brood in ziet, ondanks de meerkosten van ongeveer 10 procent ten opzichte van nieuw glas. “We kregen van onder andere aannemers en woningcorporaties steeds vaker de vraag of we oud glas niet direct konden hergebruiken”, verklaart GSF-directeur Maarten Rood de ontwikkeling. Ook glasbedrijven en onderzoekspartners Glasindustrie Ben Evers, Glasindustrie La Paloma en Hermans Glas/Jargo Glas zijn begonnen met de ontwikkeling van een circulair glasproduct.

Hermans Glas/Jargo Glas maakte prototypes met zowel hergebruikt vlakglas als hergebruikt low-e gecoat glas. De gemeten U-waarden van de prototypes zijn gelijk aan die van HR++ glas. GSF maakte ook prototypes van basisvlakglas en met een low-e folie op een van de glasplaten, maar dit biedt weinig perspectief. De kwaliteit van de folie en de isolatie was onvoldoende, bleek uit tests in de HvA klimaatkamer. Een volledig doodlopend spoor is deze strategie nog niet, benadrukt Jolanda Tetteroo, projectleider bij de HvA: “Het gaat hier om twee specifieke soorten low e-folie. Dat neemt niet weg dat er misschien andere low e-folies zijn die je zou kunnen gebruiken. Dat zou nog onderzocht kunnen worden. Wij zien dit echter niet als kansrijke strategie voor grootschalige toepassing.”

SPECIAAL VLAKGLAS

Het upgraden van normaal vlakglas naar speciaal vlakglas (4) en het hergebruik van speciaal vlakglas (5) bieden ook mogelijkheden. Velux onderzocht of normaal glas hergebruikt kan worden als gehard glas. “Standaard bestaan onze dakramen uit gehard glas aan de buitenzijde en gelaagd glas aan de binnenzijde”, vertelt Marcel Vreeken van Velux. “Voor het harden van het bestaande glas hebben we de normale hardingsprocedure doorlopen en dat ging wonderbaarlijk goed.” Vreeken waarschuwt wel dat het belangrijk is dat de consument straks duidelijk weet wat hij of zij mag verwachten. “Eventueel aanwezige krassen in het bestaande glas kunnen zichtbaar blijven en dat is toch een andere standaard dan bij nieuw glas. Er zullen nieuwe (interne) kwaliteitstandaarden ontwikkeld moeten worden waarin staat hoeveel en op welke plek eventuele imperfecties toelaatbaar zijn. In een bovenlicht is een kleine kras minder hinderlijk dan in een raam met uitzicht.”

Verder heeft Velux onderzocht of bestaand glas gelamineerd kan worden. Die procedure verliep vrijwel probleemloos. Wel liep de producent aan tegen het feit dat in de praktijk vooral 4 mm glas is toegepast, terwijl Velux voor gelamineerd glas tweemaal 3 mm glas gebruikt. “Twee keer een millimeter aan het glaspakket toevoegen, betekent vijf kilo per vierkante meter extra gewicht. Dat is voor dakramen wel een punt”, aldus Vreeken.

Een ander aandachtspunt is dat er bij de randen van het gelaagde glas veel meer luchtbelletjes ontstonden. Vreeken: “De universiteit van Darmstadt doet nieuw onderzoek naar de delaminatie van post-consumer glas. Want hoe lang gaat het glas eigenlijk mee? Wij twijfelen daar een beetje aan. Het gaat om veiligheid, dus wil je niet alleen uitgaan van aannames en verwachtingen.” Ed Melet bevestigt: “In het vervolgproject gaan we verder onderzoek doen naar het ontwikkelen van gebruikt basis vlakglas tot circulair gehard en/of gelamineerd vlakglas.”

EEN-OP-EEN HERGEBRUIK VAN ISOLATIEGLAS

Isolatieglas direct hergebruiken lijkt weinig tot geen mogelijkheden te bieden. Belangrijke voorwaarden hiervoor zijn dat het glaspakket nog voldoende isolatiewaarde én voldoende levensduur heeft, en aan de combinatie van beide lijkt het in de praktijk te schorten.

De HvA onderzocht 965 ruiten in 45 gebouwen en beoordeelde ze op basis van leeftijd en argonpercentage. Het argonpercentage is op locatie gemeten met een speciaal meetapparaat (Sparklike) en is indicatief voor de mate van isolatie en de verwachte levensduur. “Volgens de NEN-EN 1279 moet nieuw isolatieglas voor minstens 85 procent gevuld zijn met argon-

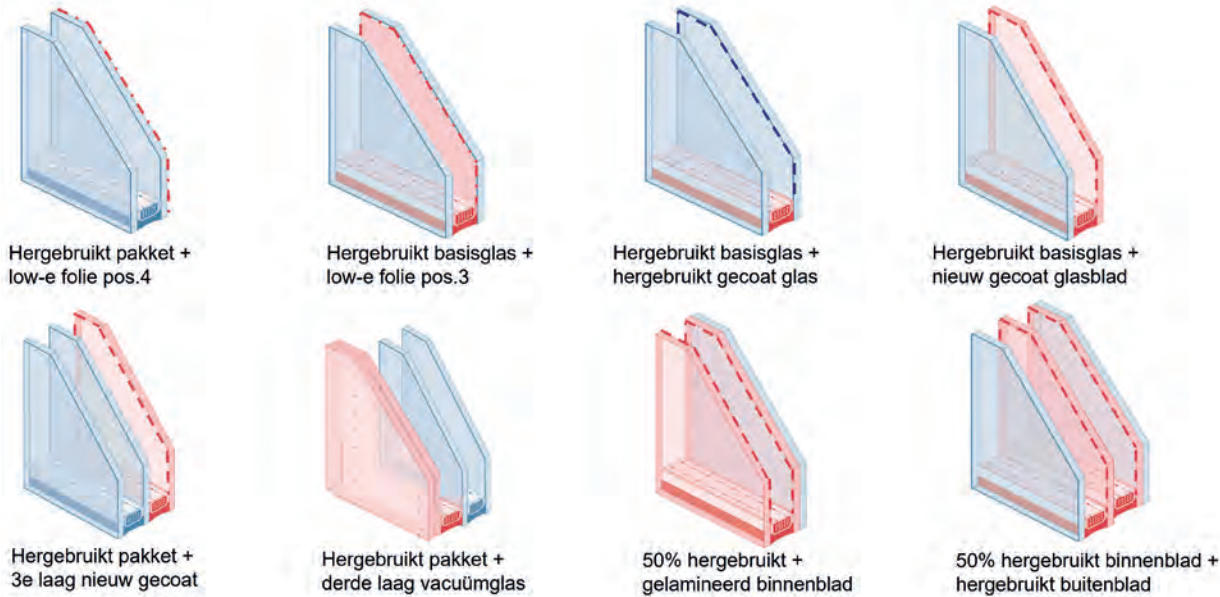
Prototypes

Legenda
■ Circulair
■ Nieuw

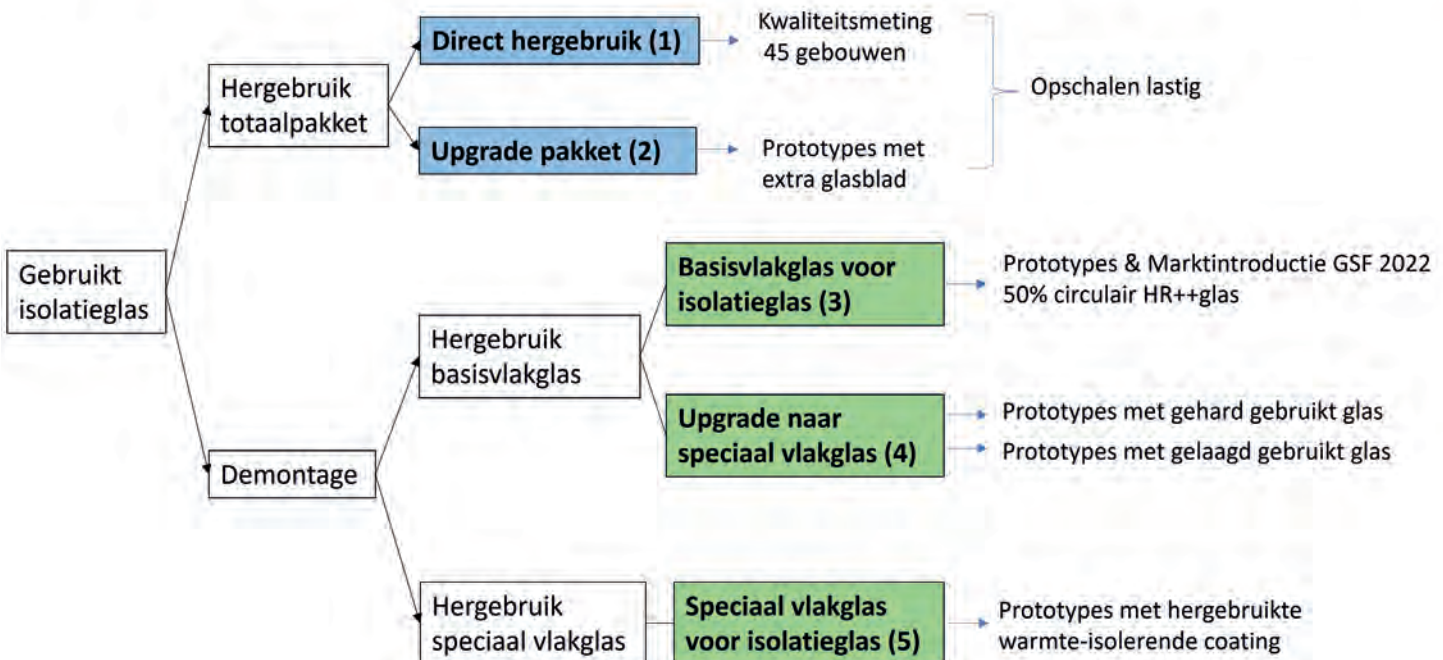
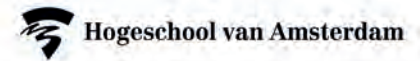
© Hogeschool van Amsterdam RAAK-project Hergebruikt isolatieglas, bewerking E. Geboes

Boven: prototypes hergebruikt isolatieglas (beeld: HvA).

Onder: schema hergebruik glas (beeld: HvA).



Waar staan we nu met hergebruikt isolatieglas?



Het argongehalte in de bestaande beglazing werd in de praktijk gemeten met een speciaal meetapparaat (foto: HvA).



gas”, legt onderzoeker Elke van Nieuwenhuijzen van de HvA uit. “Daarmee zou het glas minstens 25 jaar goed moeten isoleren. Wil je bestaand glas hergebruiken, dan zou het minimaal nog wel een aantal jaar mee moeten gaan, dus stelden wij de grenswaarde op maximaal vijftien jaar oud glas. Er zijn studies die aangeven dat het tot wel veertig jaar mee kan gaan. Dus als het glas vijftien jaar oud is, dan weet je dat het minimaal nog een levensduur heeft van tien jaar, en misschien wel 25 jaar of langer.” Van alle onderzochte beglazing met een maximale leeftijd van vijftien jaar, bleek dat het merendeel niet geschikt was voor hergebruik vanwege een te laag argongehalte in combinatie met de gewenste garantieperiode van tien jaar. Hiervan had bijna een kwart een dusdanig laag argongehalte dat er zeer waarschijnlijk sprake is van een slecht functionerende glasdichting. Best schokkende resultaten volgens Van Nieuwenhuijzen, die aangeeft dat de slechte resultaten niet per se aan een specifiek glasmerk te koppelen zijn. Waar het dan wel aan ligt, weet ze niet zeker. “Mogelijk een combinatie van het vulproces met het gas, de afdichting van de glasspouw, de detaillering van het glas in het kozijn en onzorgvuldigheid op de bouwplaats. Misschien verdient dat meer onderzoek.”

DEMONTEREN EN DEELS HERGEBRUIKEN

Het is volgens Melet overigens niet zo dat bestaande beglazing helemaal niet direct te hergebruiken is. “Maar dan zou je

elke ruit apart moeten meten en beoordelen. Dat is natuurlijk arbeidsintensief en kostbaar.” Bovendien zijn er vraagtekens bij de kwaliteit van oude low-e coating. De algemene conclusie is dan ook dat beglazing direct hergebruiken geen goede optie is. “Iedere keer wordt dit idee achter de tekentafel opnieuw bedacht, want het gaat om de meest hoogwaardige vorm van hergebruik: *re-use*. Nu hebben we concrete data waaruit blijkt dat het vrij ingewikkeld is om dit op grote schaal te doen (al is de proef van 965 ruiten natuurlijk relatief klein op de totale hoeveelheid glas in Nederland). Het is voornamelijk dus beter om te demonteren en deels hergebruiken.”

Ook strategie 2 is minder kansrijk gebleken: het upgraden van het totaalpakket. La Paloma Glasindustrie en Glasindustrie Ben Evers maakten een aantal prototypes door een derde glasplaat aan bestaand isolatieglas toe te voegen en deze te vullen met argon. Dit werkte wat de isolatiewaarde betreft prima, zo bleek uit tests bij de HvA. De totale levensduur was vanwege de oude randafdichting van het bestaande glas wel lastig in te schatten. “Daarnaast krijg je als fabrikant ook niet zomaar een CE-markering voor deze strategie, omdat de kwaliteitsborging op het hergebruikte deel moeilijk is”, stelt Van Nieuwenhuijzen.

STERKTE HERGEBRUIKT GLAS

Ongeacht de gekozen strategie is het van belang dat het gebruikte glas voldoende sterk is. Beglazing wordt blootgesteld aan belastingen, zoals thermische of windbelasting. Het glas heeft dus een bepaalde minimale sterkte nodig. Tegelijkertijd kan glas beschadigen tijdens het gebruik. Bijvoorbeeld door krassen die ontstaan tijdens het schoonmaken of schilderen. Die schade kan invloed hebben op de sterkte van het glas. Professor Christian Louter (TU Delft) is daarom een onderzoek gestart naar dit onderwerp. Dat is nog niet afgerond, maar de huidige stand van zaken is dat gebruikt glas in het algemeen voldoende sterk lijkt te zijn voor hergebruik. Er wordt nog gewerkt aan de ontwikkeling van een methode waarbij de schades met een glasscanner in beeld worden gebracht. Daarmee kan in de praktijk eenvoudig een inschatting van de resterende glassterkte worden gemaakt.

POSITIEVE TOEKOMST

De algemene conclusie van het onderzoeksteam is dat er zeker een positieve toekomst is voor het hergebruik van beglazing. Niet alleen technisch zijn er mogelijkheden, ook economisch zien bedrijven er toekomst in. Al is het proces nog lang niet uitontwikkeld. Melet: “Circulair glas heeft daarom voorlopig weliswaar een meerprijs, maar druk je het uit in CO₂-uitstoot of

materiaalschaarste in plaats van alleen euro's, dan ontstaat er een ander beeld van wat waardevol is."

Het team hoopt dat het onderzoek voor bedrijven in de hele glasketen een eerste aanzet is om met dit onderwerp aan de slag te gaan. Ze zien ook dat er gedurende het onderzoek steeds meer enthousiasme is ontstaan. Tetteroo: "In het begin deden glasverwerkende bedrijven vooral mee omdat Cor Wittekoek (directeur Vlakglasrecycling Nederland, red.) het vroeg. We merkten echter dat ze zelf steeds enthousiaster werden omdat zij, door de publicaties en de ruchtbaarheid, zelf benaderd werden door met name overheden en woningcorporaties. Zelfs de glasverwerkers die in het begin dachten dat hergebruik niets zou worden, maken nu ruimte vrij in de fabriek om toch wat met hergebruikt glas te gaan doen."

De onderzoekers zijn zeer positief over de samenwerking met bedrijven die deelnamen aan het onderzoek. "Aan de hoeveelheid mensen die er bij de presentatie op 7 december waren, zagen we hoe groot die community eigenlijk is, maar ook hoe open de bedrijven onderling communiceren en informatie uitwisselden. Niet alleen tijdens zo'n presentatie maar ook tijdens het onderzoekstraject. Het gaat hier namelijk niet alleen om bedrij-



Boven: op 7 december 2023 werden de onderzoeksresultaten gepresenteerd tijdens de netwerkbijeenkomst Circulair Glas (foto: Martin Boomkamp).

Onder: tijdens een panelgesprek deelden een aantal betrokken partijen hun ervaringen in de praktijk met het hergebruik van vlakglas (foto: Martin Boomkamp).

ven uit verschillende schakels in de keten, maar ook om directe concurrenten. Dat was mooi om te zien", besluit Tetteroo. ■

¹ Voor meer informatie over de onderzoeksopzet zie artikel 'Upgradeprincipes voor hergebruik isolatieglas' op bit.ly/upgradeprincipes-hergebruik-isolatieglas

² Zie ook het artikel 'GSF Glasgroep geeft oud isolatieglas nieuw leven' op bit.ly/oud-isolatieglas-nieuw-leven

