



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

GREEN FOOTPRINTS

Material udvikling af genbrugsglas og belysning

Miljøprojekt nr. 1910

Januar 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Green Solution House v/Trine Richter

Grafiker/bureau:

SLA

Fotos:

SLA

DOB

ISBN: 978-87-93529-50-2

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	5
Konklusion og sammenfatning	6
Summary and Conclusion	7
1. Indledning	8
1.1 Baggrund	8
1.2 Pilotprojekt.....	8
2. Kredsløbsdesign	10
2.1 Lokalt kredsløbsdesign	10
2.2 Glasworkshop.....	10
3. Forarbejdning	12
3.1 Indledende test	12
3.2 Studietur til Reiling og Ardagh Group, Næstved.....	13
3.3 Produktion	14
4. Glasbelægning I	16
4.1 Indstøbt glas.....	16
4.2 Test af binder og fiberlys	16
4.3 Glasflisen – et skitseprojekt	18
5. Glasbelægning II	20
5.1 Glastilslag i vegetabilsk asfalt.....	20
5.2 Belægningens opbygning og forudsætninger	21
5.3 Test af glassets trykstyrke.....	21
5.4 Test af glassets vedhæftning.....	22
5.5 Test af belysning af tilslag	23
5.6 Demonstration af belægning	23

Forord

Projektets fulde titel er ”Green Footprint i symbiose med Green Solution House”. Hovedansøger er Green Solution House i samarbejde med SLA og GXN. Projektet består af følgende 3 delprojekter:

1. Plantevægge & anlæg – implementering af fuldt udbygget ’Living Machine’
2. Nyttehaver & anlæg – implementering af pyrolyse anlæg
3. Materialeudvikling af genbrugsglas og belysning

Denne rapport er en selvstændig beskrivelse af projektet ”Materialeudvikling af genbrugsglas og belysning” og vil frem over omtales som ’glasprojektet’.

Rapporten er en gennemgang af projektforsøget fra glaspilotprojektet i april 2013 til den endelige demonstration af glasbelægninger udført i maj 2015.

Glasprojektet er et eksempel på et kredsløbsdesign, hvor såvel materialets cyklus og materialeforarbejdning er en integreret del af det endelige design, der i dag kan opleves demonstreret på Green Solution House.

Glasprojektet er støttet af Miljøstyrelsens Program for Grøn Teknologi (MUDP) og gennemført af en gruppe af virksomheder bestående af:

Green Solution House
SLA landskabsarkitekter
Bornholms Mørtel og Transport
Pernille Bülow Aps
Bornholms Affaldsbehandling (BOFA)
Dansk Overflade Behandling (DOB)
NCC Bornholm
Hasle Refractories
PL Entreprise

Projektet er fulgt af en følgegruppe bestående af:

Signe Kromann-Rasmussen, Miljøstyrelsen
Ib Johansen, Landsforeningen Økologisk Byggeri
Søren Lyngsgaard, Vugge til vugge
Heidi Belinda Bugge, Ecolabel

Konklusion og sammenfatning

Baggrund

Der indsamles årligt 800 ton glas til genanvendelse på Bornholm. Glasset er primært flaskeglas og vinduesglas og indeholder ingen toxider. Glasset indsamles på BOFA's seks lokale genbrugspladser og bliver fragtet videre til omsmelting på Sjælland. Denne praksis koster årligt BOFA 400.000 kr.

Projektets mål

Projektet mål er at se på de 800 ton glas som en ressource og ikke som affald. En ressource der kan anvendes alternativt og dermed generer værdi til Bornholm. Glasset er projektets råstof og indgår i den fælles materialebank som projektets initiativer udgår fra.

Glassets potentialer

Glasset er som materiale et produkt af en højt specialiseret forarbejdning. Samtidig er glas et materiale med egenskaber, der har ligheder med granit. Et solidt og stærkt materiale, som kan knuses, slibes og bearbejdes. Et materiale, der indgår i naturens kredsløb med samme blivende karakter som granit og andre stenarter. Men glasset har et lavere smeltepunkt end granit og det kan lede lys. Egenskaber som er blevet udnyttet og udfordret til perfektion af lokale glaspustere.

Lokale ressourcer

Bornholm har siden etablering af det første granitbrud oparbejdet en stærk kompetence inden for udvinding, forarbejdning og salg af undergrundens ressourcer. NCC Bornholm, Bornholms Mørtel og Transport samt Hasle Refractories er eksempler på lokale kapaciteter indenfor området, som har bidraget til projektet med dedikation.

Kredsløbsdesign

Et lokalt kredsløbsdesign for glas udvikles i samarbejde med lokale aktører. Med udgangspunkt i dette kredsløbsdiagram udvikles to forskellige glas elægninger. En indstøbt glasbelægning og en vegetabilsk asfalt med glastilslag.

Summary and Conclusion

Background

Annually 800 tons glass is collected for recycling on the island. The glass is primarily bottle glass and window glass and contains no toxic. The glass is collected on BOFA's six local recycling centers and it is transported to Zealand where it is melted and reused. This practice costs annually BOFA 400,000 kr.

The project's goal

The project goal is to look at the 800 tons of glass as a resource instead of waste. A resource which can be valuable to Bornholm. The glass is the project's mineral resource and is the common material bank as project initiatives emanating from.

Potentials

The glass is a material of a highly specialized process. At the same time the glass material have many similarities with granite. A solid and strong material that can be crushed, grounded and processed. A material which is part of the natural cycle and which has the same permanence as granite and other stones. However, the glass has a lower melting point than the granite and it can also be penetrated by the light. These properties have been utilized and challenged to perfection by local glassblowers.

Local resources

Bornholm has since the first granite quarry established a strong expertise in the extraction, processing and sale of subsurface resources. NCC Bornholm, Bornholm Mortar and Transport and Hasle Refractories are examples of local capacities in the field who have contributed to the project with dedication.

Circuit Design

The local circuit design of glass has been developed in cooperation with local actors. The results are a molded glass coating and a organic asphalt with glass aggregate.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Da Green Solution House endnu var på tegnebrættet valgte Trine Richter, i foråret 2013, at få udviklet og realiseret et pilotprojekt i landskabet, der skulle undersøge potentialet for en innovativ brug af lokalt affaldsglas i samarbejde med SLA landskabsarkitekter. Det lokale glaspusteri Pernille Bülow donerede 12 tons restglas til projektet som blev udviklet i samarbejde med Bornholms Mørtel og Transport og Milford, der er leverandør af plante- og belægningsløsninger.

Projektets havde til formål at vise et eksempel på, hvordan det fremtidige Green Solution House kunne udgøre omdrejningspunktet for udvikling og demonstration af nye bæredygtige løsninger.

1.2 Pilotprojekt

I projektet upcycles restglasset til et belægningsprodukt i to tilstandsformer: En løs og en fast.

At bruge glasset i løs tilstand forudsætter en bearbejdning. Derfor nedknuses glasset til en fraktion der afrundes for at fjerne glassets skarpe kanter.



FIGUR 1

I samarbejde med Milford blev det forarbejdede glas testet som en permabel og lysledende belægning. Glasset blandes med speciel epoxy, arboresin, der binder glasset sammen i en porøs struktur. Herved muliggøres nedsivning af regnvand.



FIGUR 2

Glas består hovedsageligt af kvartssand der blandes med soda og kalk. Sand har derfor været et bærende parameter for udvikling af designet bag pilotprojektet.

Æstetisk og funktionelt rummer glasbelægningen et unikt potentiale ved at kombinere en fast belægning med permeable og lysledende egenskaber. Fra et bæredygtigt perspektiv er det interessant at tilføre et affaldsprodukt merværdi ved at indarbejde det i et innovativt belægningsprodukt.



FIGUR 3

2. Kredsløbsdesign

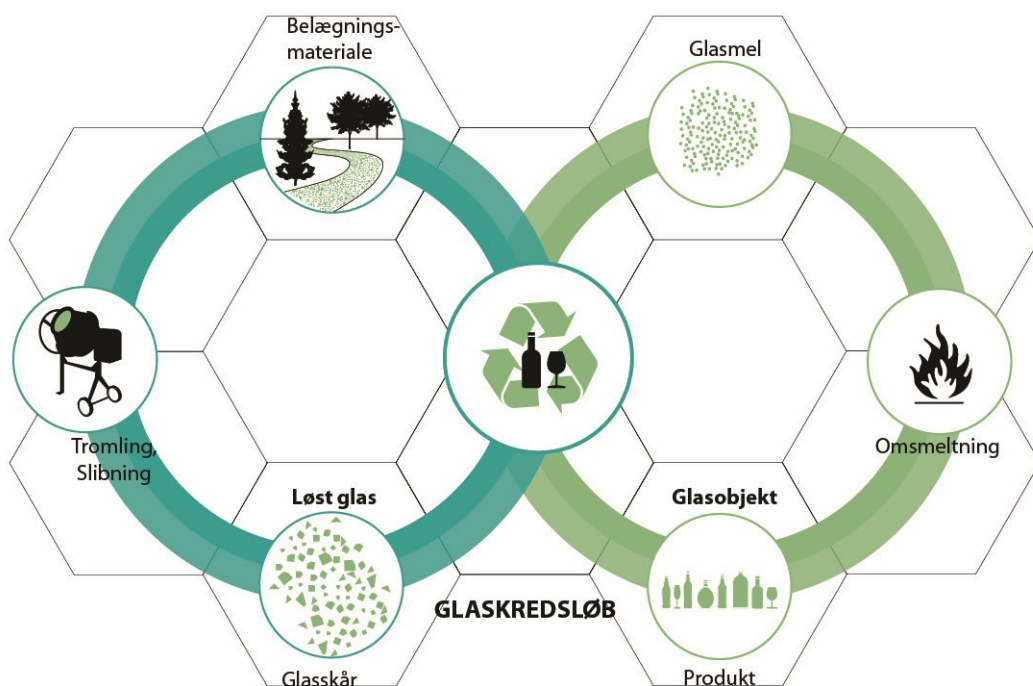
2.1 Lokalt kredsløbsdesign

Projektet bygger på kredsløbsdesign. En af forudsætningerne for at praktisere kredsløbsdesign er at oparbejde en forståelse materialets kredsløb. Her tænkes såvel på de kredsløb i naturen, der har dannet materialet, som på de forarbejdningsprocesser materialet efterfølgende indgår i.

Et materiales kredsløb som forarbejdet produkt er ofte kompleks og inkluderer en række aktører – såvel offentlige som private virksomheder.

2.2 Glasworkshop

Glasprojektet blev startet op med en workshop på Green Solution House i foråret 2014, hvor en række lokale aktører deltog. Aktører, der på hver deres måde var en del af kredsløbsdesignet: Bornholms Affaldssortering (BOFA), Bornholms Mørtel og Transport, Pernille Bülow, Glas og Designskolen, Green Solution House og SLA.



FIGUR 4

Workshoppens output kan illustreres med ovenstående diagram af et kredsløb. Det blev besluttet, at glas fra BOFA's glasindsamling skulle være projektets primære råmateriale. Hvert år fragter BOFA 800 tons glas væk fra øen til knusning, sortering og omsmelting. Dette koster ca. kr. 400.000 årligt. På baggrund af denne kendsgerning blev det centralt for projektet at undersøge potentialet for en lokal forarbejdning af BOFA glasset der kunne transformere glasset fra at være en udgift til at være en ressource.

Kredsløbsdesignet udstikker en række potentialer for forarbejdningsmetoder og produktudvikling. I det videre rapport beskrives de elementer i kredsløbsdesignet, der igennem arbejdsprocessen viste sig at have størst potentiale. Disse dele af kredsløbsdesignet kan opsummeres i 3 dele og uddybes nedenfor:

- Forarbejdning af BOFA glas,
- Glasbelægning I, indstøbt glasbelægning
- Glasbelægning II, glastilslag i vegetabilsk asfalt



FIGUR 5

3. Forarbejdning

3.1 Indledende test

Bornholms Mørtel og Transport forestod de indledende tests af forarbejdningen af BOFA glas. Kriterierne for glasforarbejdningen var at sortere og knuse glasset ned til en fraktion med kornstørrelse på 6-12 mm. Forarbejdningen foregik ved manuel frasortering af plastikposer, låg og andre uønskede fraktioner efterfulgt af en knusning af glasset i cementblender. Under knusning blev glassets skarpe kanter afrundet ved at glasset 'sleb' sig selv under påvirkning af enkelte granitblokke der var tilsat under knusningen.



FIGUR 6

Ved at køre glasset igennem forskellige solde blev udfaldet følgende: Den ønskede fraktion 6/12 udgjorde 1/3 af den samlede mængde glas. En fin fraktion på 0/6 samt en grov fraktion på 12/25 udgjorde hver 1/3 af den samlede mængde glas.

Konklusionen var, at det ikke var muligt at nedknuse den grove fraktion yderligere med denne forarbejdningsmetode. Der ud over var det nødvendigt at effektivisere forarbejdningen, da denne var manuel og enorm tidskrævende. Selve kvaliteten af glasfraktionerne var tilfredsstillende, men en optimering i form af en farve sortering af glasset inden knusning kunne forventeligt højne det æstetiske udtryk



FIGUR 7

3.2 Studietur til Reiling og Ardagh Group, Næstved

I den konventionelle forarbejdning bliver BOFA glasset fragtet til Reiling Glasrecycling (RG) ved det gamle Holmegård glasværk beliggende uden for Næstved. RG i Næstved aftager omkring halvdelen af Danmarks samlede mængde genbrugsglas til omsmeltnng, hvilke løber op i omkring 100.000 tons årligt.

Forarbejdningsprocessen er højt specialiseret og kvaliteten af glassets slutfraktion er nøje udspecificeret af Ardagh Group. Ardagh Group ejer det gamle Holmegård Glasværk og omsmelter glasset de køber fra Reiling til nye glasprodukter som sælges videre ud på et globalt marked.



FIGUR 8

I forhold til kredsløbsdesign og bæredygtighed ligger der en række overvejelser her. Det er tydeligt at etablering af et lokalt kredsløbsdesign af glas på Bornholm aldrig vil kunne konkurrere med den konventionelle glasforarbejdning på hverken effektivitet eller kvalitet.

Potentialet for et lokalt og bornholmsk kredsløbsdesign ligger i udnyttelsen af eksisterende og lokale faciliteter, kombineret med projektets mulighed for selv at definere kriterierne til glasforarbejdning inden for det lokale kredsløbsdesign.

3.3 Produktion

Med hjælp fra NCC Bornholm og Bornholm Mørtel og Transport fandt projektgruppen frem til et produktionsanlæg med slyngeknuser og sorteringsanlæg, der kunne håndtere de 75 tons glas som det var muligt for BOFA at levere inden for projektets stramme tidsramme. Anlægget er en del af Hasle Refractories, som producerer ildfaste overflader til industrien globalt.

Produktionsanlægget var sjældent i brug, men de nødvendige udbedringer blev foretaget af Hasle Refractories, der ligeledes stod for produktionen af den lokale glasforarbejdning.



FIGUR 9



FIGUR 10

Opskalering af glasforarbejdningen har både haft positive effekter og negative effekter. Slyngeknuseren knuser glasset hårdere til sammenligning med cementblanderen fra de tidligere manuelle test. Det betyder at 50 % af glasset frasorteres, 25 % af glasset ender som fraktion 3/6, mens 25% nedknuses til fraktion 0/3. Igennem forarbejdningsprocessen gennemgår glasset en sortering af uønskede fraktioner, farvesortering, knusning, tromling og til sidst vaskning.

Det vil sige en langt mere omfattende forarbejdning, men også en proces der giver en højere kvalitet af slutproduktet. Samtidig genereres dog også et stort spild i frasortering og en stor andel af den fine fraktion 0/3 har efterfølgende været vanskelig at indarbejde i kredsløbsdesignets produkter. Materialet er dog forsøgt anvendt som alternativ til stabil grus.



FIGUR 11

4. Glasbelægning I

4.1 Indstøbt glas

Bornholm har en stærk historie, der knytter sig til granitten som et direkte forarbejdet produkt af øens geologiske ressource. Ligeledes er glasset en håndværksmæssig og kunstnerisk bearbejdet ressource, som også er tæt forbundet med Bornholm. Disse to fortællinger smelter sammen i konceptet om glasløkken i Green Footprints.

Med inspiration fra klippeløkken som en karakteristisk lokal naturtype, rummer glasløkken det bornholmske landskabs blotlagte grundfjeld og kombinerer det med glassets reflekterende og lysledende egenskaber.

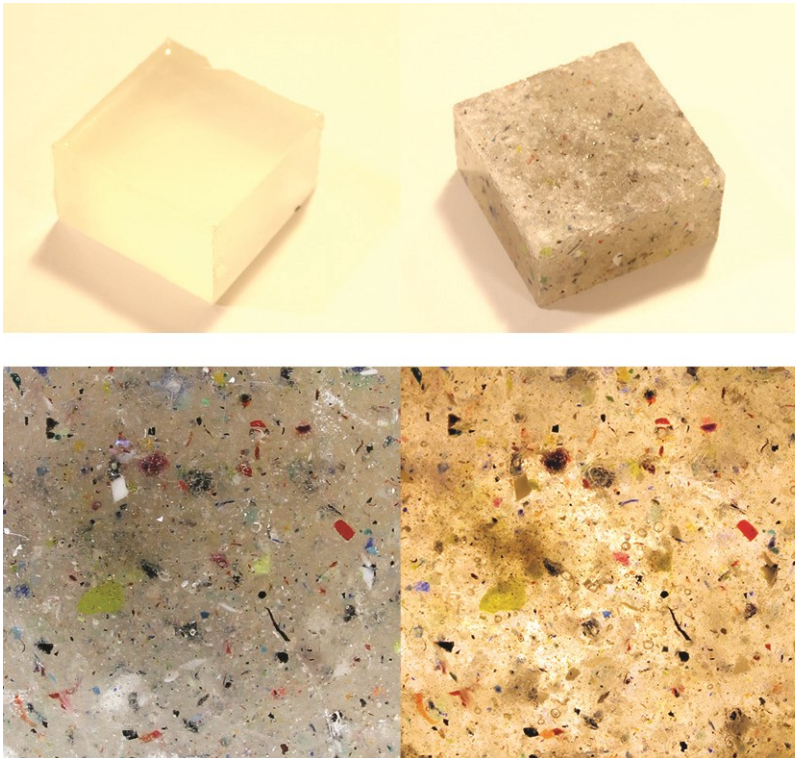


FIGUR 12: GLASLØKKEN SAMMENSÆTTER TO KVALITETER DER KNYTTER SIG TIL BORNHOLM: GRUNDFJELDET DER BRYDER FREM OG ETABLERER STEDER I LANDSKABET SAMT ØENS STÆRKE TRADITION FOR AT ARBEJDE MED GLAS SOM MATERIALE.

4.2 Test af binder og fiberlys

I pilotprojektet benyttes som tidligere nævnt en binder ved navn Arboresin. Men i projektets næste generation af forsøg med indstøbt glas benyttes en ny klar bioepoxy udviklet af Entropy Resin under navnet Super Sap. Produktet har ikke permeable egenskaber, til gengæld er den som binder mere bæredygtig, da binderen udelukkende er vegetabilsk baseret.

Lovende resultater blev opnået ved at binde en glas i fraktion 0/3 sammen med bioresinen.



FIGUR 13A

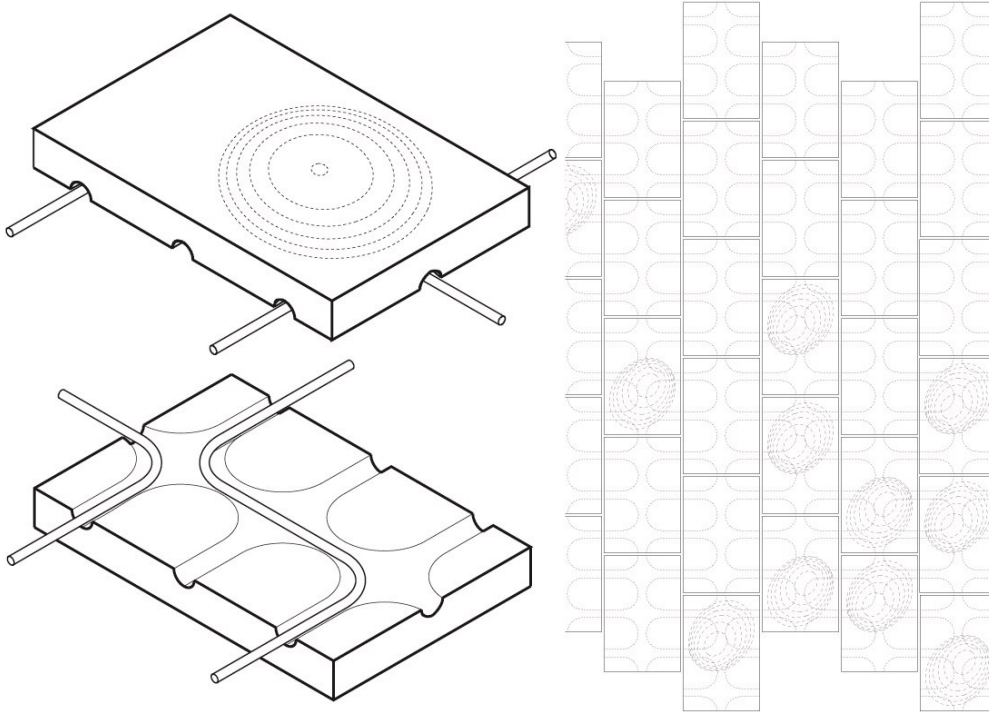
SLA inviterede Solar Danmark, der er leverandør af fiberlys, på en workshop. Her blev forskellige metoder til at lede lyset igennem de indstøbte 'glassten' undersøgt. Lyslederkablerne har den fordel at strømkilden kan adskilles fra lyskilden, hvilket gør belysningen meget robust mod fugt. Dette er relevant i forhold til en evt. underbelysning af en indstøbt glasbelægning.



FIGUR 13B

4.3 Glasflisen – et skitseprojekt

Konceptet omkring glasløkken er blevet bearbejdet til en glasflise. Glasflisen har en underside, som muliggør føring af lyslederkabler på undersiden. Overfladen er bearbejdet med en subtil lavning, der giver et sanseligt og varierende spil i belysningen, der trækkes op gennem flisen i forskellige intensiteter. Lavningen har også mulighed for at holde små vandspejle på flisens overflade og herved etablere små afgrænsede områder med refleksioner af himmel og skyer.



FIGUR 14



FIGUR 15



FIGUR 16

På baggrund af skitseforslaget blev der indhentet priser fra virksomheder, der kunne producere glasflisen samt afholdt skypemøde med Entropy Resin's europæiske forhandler, der var villig til at indgå i et samarbejde og sponsorerer test. Der ud over var der dialog med Teknologisk Institutet omkring test af flisens statiske egenskaber.

Da omstående blev præsenteret for landskabsentreprenøren samt den tilknyttede elektriker blev der påvist store risici ved konstruktionen omkring lyslederkablerne. Således ville elektrikerens ikke påtage sig ansvar for udførsel af opgaven, fordi lyslederkablerne ikke var resistente over for nedbør. Samtidig anførte såvel entreprenør som elektriker, at det foreliggende projektmateriale ikke var detaljeret nok til prisfastsættelse, og som det forelå, var det ikke foreneligt med de øvrige installationer i Green Footprints. Endvidere må det også konkluderes, at projektets formål - at anvende glasset fra Bornholm på Bornholm - ikke er foreneligt med fremstilling af glasfliser på en virksomhed på Sjælland.

Selve ideen med lysledende glasfliser er god, men - for at det giver mening i forhold til omstående forretningsmodel, så skal fliserne fremstilles på Bornholm. Dette vil eventuelt kunne ske i regi af Pernille Bülow's glaspusteri, og der vil til efteråret blive arbejdet videre med omstående konklusioner. Såfremt det lykkes at fremstille en lysledende glasflise og/eller chaussesten vil følgegruppen blive orienteret om resultaterne. Disse initiativer vil blive igangsat på eget initiativ og egen finansiering - men resultaterne vil blive delt på linje med de øvrige grønne løsninger i regi af Green Footprints og Green Solution House.

5. Glasbelægning II

5.1 Glastilslag i vegetabilsk asfalt

Parken omkring Green Solution House er et bitumenfrit landskab. Bitumen er et oliebaseret bindemiddel i konventionel asfalt, der normalt både bruges som opbygning og slidlag på stier og veje. Bitumen forurener vores opsamlede regnvand og det kan som udgangspunkt ikke upcycles.

Der er indgået samarbejde med Dansk Overflade Behandling DOB omkring udvikling af glastilslag til en vegetabilsk asfalt, som erstatter det konventionelle og oliebaseerede bindemiddel med et 100% vegetabilsk bindemiddel under navnet Vegecol.

Det plantemateriale der er anvendt til bindemidlet, har optaget en vis mængde CO₂ under væksten. Denne CO₂ vil være bundet i bindemidlet under hele dets funktionsperiode og dermed har man reelt bundet CO₂ i belægningen.



FIGUR 17

Bornholm forbindes med et særligt lys pga. det omgivende hav, med granitten og med den stærke glaspustertradition. I parken sammensættes disse lokalt forankrede fortællinger til en belægning gæsterne kan gå eller cykle på. Ovenstående billede viser belægnings-elementerne særskilt.

5.2 Belægningens opbygning og forudsætninger

Glasstierner er opbygget direkte på velafrettet grus. Først udlægges et lag 4/8 mm Rønne granitskærver som tromles, hvorefter det bliver afdækket med bindemidlet. Efterfølgende afsluttes med et lag Rønne granitskærver 4/8 og tilslag af glas materialet i fraktion 3/6 der dækker op til 50% af stiernes overflade.

Tromling af tilslaget stiller krav til glassets trykstyrke samtidig med at vedhæftning af glasset til vegecolen stiller krav til glassets fraktion og renhed. Disse forudsætninger har stillet krav som forarbejdningen af glasset har imødekommet.

5.3 Test af glassets trykstyrke

Bornholms Mørtel og Transport har testet glassets trykstyrke ved at tromle et prøvefelt af glas og granit i fraktion 8/11.

Enkelte glasstykker blev knust under tromling. Det anslås at der sker en knusning af omkring 5 % af glasset i tilslaget. Testen tyder på at knusningen sker i de tilfælde hvor glasset fanges oven på en granitskærve i stedet for at pakke sig mellem granitskærverne. Glasset er fraktion 6/12 i stedet for 5/8.

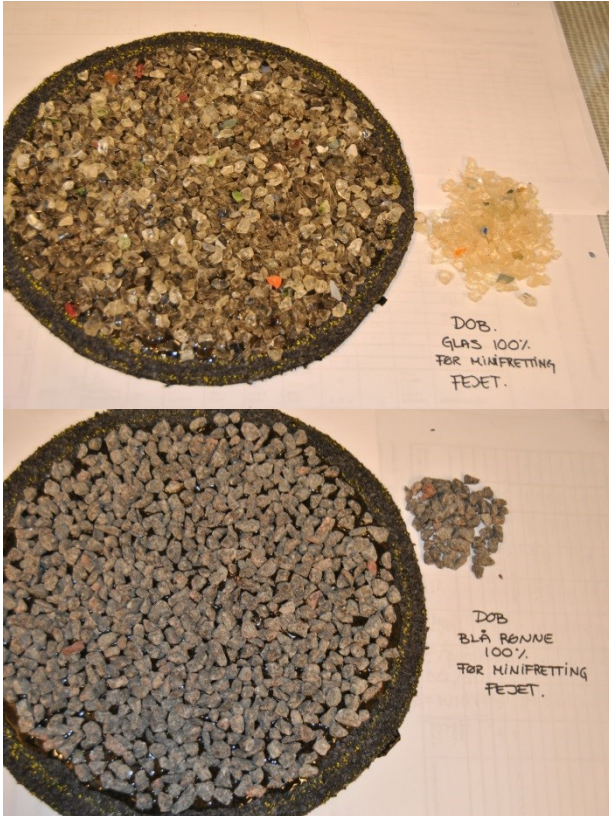
Konklusionen blev at knusningen kan reduceres væsentligt ved brug af DOB's foreskrevne fraktion 5/8 da denne vil pakke sig bedre mellem granit skærverne. Som beskrevet i ovenstående afsnit blev den endelige glasfraktion 3/6.



FIGUR 18

5.4 Test af glassets vedhæftning

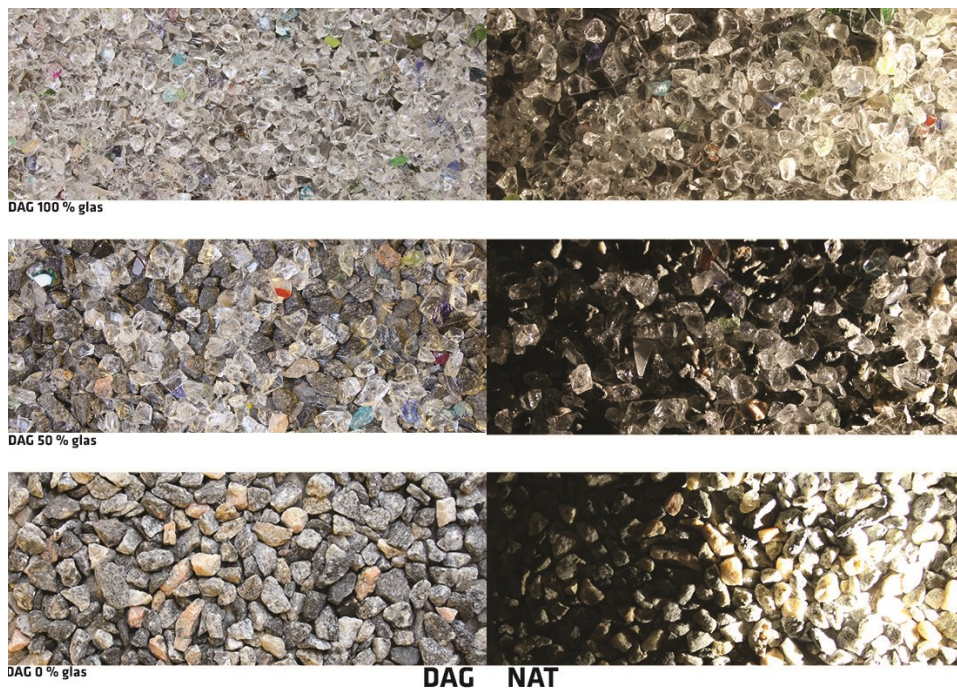
Vedhæftningstest er udarbejdet i DOB's laboratorium. Belægningen bliver testet ved 'minifretting'. Testenes konklusion er at glassets vedhæftningsevne er dårligere end granitskærverne. Dette betød at et tilslag med 100% glasbelægning ville være forbundet med en for stor risiko for at glastilslaget vil falde af belægningen. Granitskærver i kombination med glasset hjælper med at holde glasset på plads samtidig med at skærverne beskytter det mere skrøbelige glas under tromling af belægningen.



FIGUR 19:

5.5 Test af belysning af tilslag

SLA har undersøgt det æstetiske udtryk ved forskellige blandingsforhold mellem granit og glas i tilslaget. Nedenstående billedokumentation viser hvorledes glasset evner at lede lyset horisontalt igennem belægningen. Ved dagslys tilfører glasset refleksion og spil i overfladen. Det er forventningen at stierne særligt vil bidrage med et levende og reflekterende spil når man bevæger sig mod eller ad stierne i modlys.

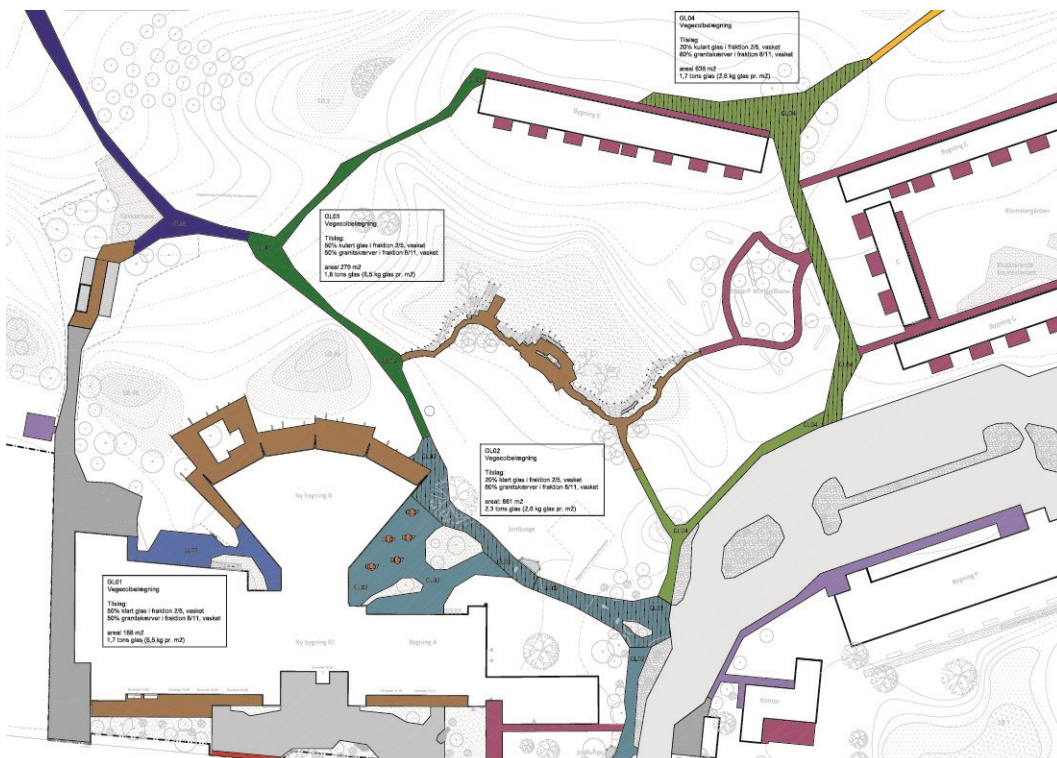


FIGUR 20

5.6 Demonstration af belægning

Et stisystem på godt 2000 m² demonstrerer denne type af glasbelægning i parken omkring Green Solution House. Stisystemet er inddelt i følgende 4 variationer af glastilslag:

- 50% kulørt glas i fraktion 3/6 med 50% Blå Rønne granitskærver i fraktion 8/11
- 20% kulørt glas i fraktion 3/6 med 80% Blå Rønne granitskærver i fraktion 8/11
- 50% klart glas i fraktion 3/6 med 50% Blå Rønne granitskærver i fraktion 8/11
- 20% klart glas i fraktion 3/6 med 80% Blå Rønne granitskærver i fraktion 8/11



FIGUR 20

Driftspersonalet på Green Solution House vil følge de udlagte demonstrationsfelter over tid. Det bliver spændende at følge hvordan de forskellige tilslag klare sig.

Følgende billeder viser den nyetablerede glasbelægning demonstreret på Green Solution House i foråret 2015.



FIGUR 21



FIGUR 22



FIGUR 23

GREEN FOOTPRINTS. Materialeudvikling af genbrugsglas og belysning

Denne rapport er en selvstændig beskrivelse af projektet "Materialeudvikling af genbrugsglas og belysning".

Glasprojektet er et eksempel på et kredsløbsdesign, hvor såvel materialets cyklus og materialeforarbejdning er en integreret del af det endelige design, der i dag kan opleves demonstreret på Green Solution House.

Der indsamles årligt 800 ton glas til genanvendelse på Bornholm. Glasset er primært flaskeglas og vinduesglas og indeholder ingen toxider. Glasset indsamles på BOFA's seks lokale genbrugspladser og bliver fragtet videre til omsmelting på Sjælland. Denne praksis koster årligt BOFA 400.000 kr. Projektet mål er at se på de 800 ton glas som en ressource og ikke som affald. En ressource der kan anvendes alternativt og dermed generer værdi til Bornholm med de muligheder glasset som materiale giver. Glasset er projektets råstof og indgår i den fælles materialebank som projektets initiativer udgår fra.

Bornholm har siden etablering af det første granitbrud oparbejdet en stærk kompetence inden for udvinding, forarbejdning og salg af undergrundens ressourcer. NCC Bornholm, Bornholms Mørtel og Transport samt Hasle Refractories er eksempler på lokale kapaciteter indenfor området, som har bidraget til projektet med dedikation. Rapporten gennemgår projektløbet fra april 2013 til den endelige demonstration af glasbelægninger udført i maj 2015.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk