



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

GREEN FOOTPRINTS

**Plantevægge & anlæg –
implementering af fuldt
udbygget 'Levende maskine'**

Miljøprojekt nr. 1909

Januar 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Green Solution House v/Trine Richter

Grafiker/bureau:

SLA, GXN

Tryk:

SLA, GXN

Fotos:

SLA, GXN, Ove Loland, Stammers kontor

ISBN: 978-87-93529-49-6

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	4
Konklusion og sammenfatning	5
Summary and conclusion	6
1. Vandkredsløb	7
2. Jordlunger	10
2.1 Jordlungens funktion og opbygning	10
2.2 Jordlungernes placering og opholdsfunktion.....	11
2.3 Jordlungernes beplantning og lugtesansen	12
2.4 Realiseret projekt.....	13
Referencer	15

Forord

Nærværende rapport beskriver i ord og billeder det fuldt udbyggede og bygningsintegrerede vandrensningssystem på Hotel og konferencecenteret Green Solution House på Bornholm. Green Solution House er, som navnet antyder, grundlagt på ideen om at demonstrere bæredygtige løsninger som en del af de besøgenes oplevelse. Den biologiske vandrensning indgår således i byggeriets overordnede ambition om at etablere kredsløb der understøtter både bæredygtighed og oplevelser.

Det biologiske vandrensningssystem, også kaldet en levende maskine, består principielt af tre overordnede dele: 1: En sedimenteringsproces, der primært foregår under jorden, 2: En biologisk rensning af det klarede spildevand med alger, 3: En landskabsintegreret jordlunge der sørger for at anlægget er lugtfrit.

Projektet introduceres som det første i Danmark, og et af de første i verden, integreret vandrensning som en del af bygningens facade, hvor alger har en dobbeltfunktion som vandrensere og solafskærmning.

Vandrensningssystemet blev udviklet i et integreret samarbejde imellem ingeniører, landskabsarkitekter og bæredygtighedsrådgivere og eksemplificere hvordan et byggeris funktionelle behov kan sammentænkes med arkitekturen og landskabet. Projektet blev støttet af Miljøstyrelsens Program for Grøn Teknologi (MUDP), Økologisk Byggeri i 2013



FIGUR 1: FOTO AF ALGEREAKTOR
ALGER INDGÅR SOM DEN AKTIVT RENSENDE ORGANISME I DET BIOLOGISKE VANDRENSNINGSSYSTEM

Konklusion og sammenfatning

Vand er måske den mest værdifulde og skrøbelige ressource i verden. Ydermere vil rent drikkevand pga. af klimaforandringer og forurening desværre i stigende grad blive en sjælden og svært tilgængelig ressource.

Projektet havde til formål at udbygge det integrerede vandrensningsskema i Green Solution House med en såkaldt Levende Maskine, et biologisk vandrensningssystem der anvender naturlige organismer til at oprense spildevand til drikkevandskvalitet. Det oprensede vand anvendes i Green Solution House til vanding af landskabet, drypvanding af en integreret grøn væg, og skal godkendes til toiletskyl, når det er muligt. Dialog igangsættes, når de tekniske prøver viser den ønskede renhed.

Fordi der her er tale om ny teknologi og løsninger der ikke er afprøvet før, har projektet undervejs mødt flere udfordringer i forhold til realisering. Eksempelvis har bygherre og rådgiverholdet skulle samarbejde på nye måder, for at sikre at viden fra græsrods miljøer om biologi og vandrensning har kunnet bearbejdes til myndighedsgodkendelse og udbud i tråd med markedets praksis.

Herudover har de forskellige grænseflader i forhold til bygnings og landskabsentreprise været en udfordring, da disse oftest er separate siloer i byggebranchen. I dette projekt er de en del af det samme integrerede kredsløb, og dette har givet koordinerings og byggepraktiske udfordringer.

Konklusionen er dog, at det biologiske vandkredsløb i dag er færdigt og i skrivende stund er i en indkøringsfase hvor det skal testes og indkøres.

Med støtte fra Miljøstyrelsen og Realdania har det i nærværende projekt været muligt at udvikle et system, som i det kommende år forhåbentlig vil tjene til inspiration til bygningsintegreret vandrensning, både på Bornholm og internationalt. Vandkredsløbet er således et eksempel på hvordan et byggeri kan være inspireret af naturen og indgå i symbioser med levende organismer, og derigennem have positive miljømæssige fodaftryk.

Projektet har således globale potentialer, som et muligt svar på de udfordringer verden står over for med stigende globalisering og svigtende vandkvalitet. Hvis bygninger i fremtiden kan oprense og recirkulere deres eget spildevand, vil der, især i tørre egne af verden, være et kæmpe potentiale for langt mere sunde og bæredygtige byggerier.

Summary and conclusion

Water is perhaps the most valuable and fragile resource in the world. Furthermore, due to climate change and pollution clean drinking water will unfortunately become increasingly rare and difficult to access.

The project aimed to develop an integrated water purification circuit in Green Solution House with a so-called Living Machine, a biological water purification system that uses natural organisms to purify wastewater to drinking water quality. The purified water is used for irrigation of the landscape, drip irrigation of an integrated green wall and should eventually be approved it for toilet flushing.

Because this project deals with new technologies and solutions that have not been tested before, the project met several challenges in terms of accomplishment along the way. For example, the client and the consultant team had to work together in new ways to ensure that information from grassroots communities on biology and water purification was processed to regulatory approval and tendering in line with market practice.

In addition, the various interfaces between building and landscape was a challenge, as these are usually separate silos in the construction industry. In this project, they are part of the same integrated circuit, and this required coordination and posed practical building challenges.

The conclusion is that the biological water circuit is now finished and at the time of writing is in its initial phase where it must be tested and calibrated.

With support from the Miljøstyrelsen and Realdania it has been possible to develop a system that in the coming year will hopefully serve as inspiration for how to achieve building integrated water treatment, both on the island and internationally. The water cycle is thus an example of how a building can be inspired by nature and enter into symbiosis with living organisms, and thereby have positive environmental footprint.

The project has global potential as a possible response to the challenges facing the world regarding increasing urbanization and declining water quality. If the buildings in the future can purify and recycle their own wastewater, especially in dry areas of the world, an enormous potential for much more healthy and sustainable buildings is present.

1. Vandkredsløb

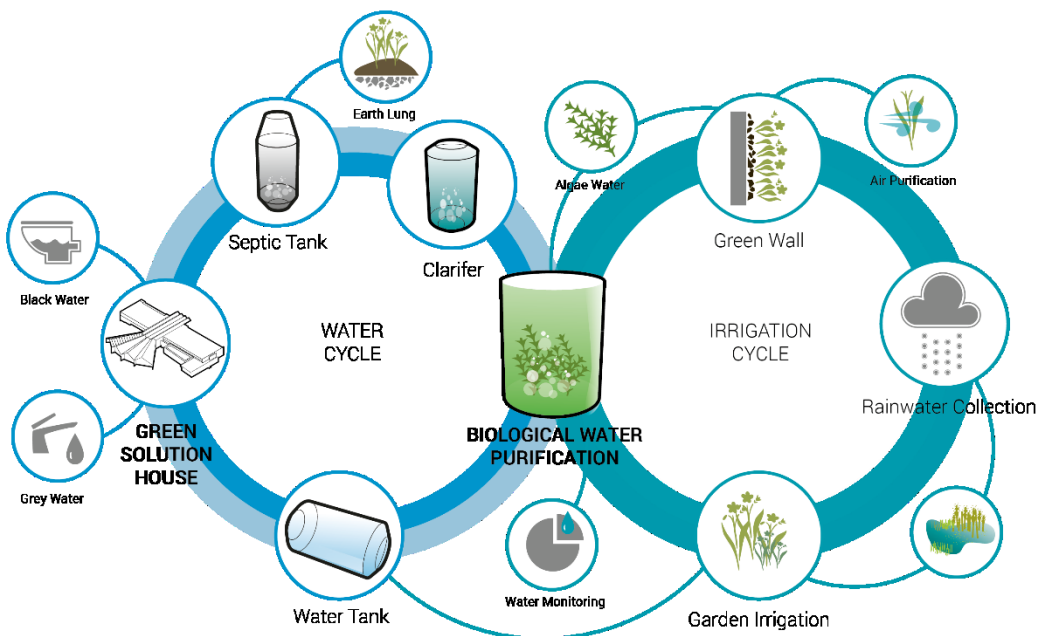
1.1 Et lukket kredsløb

Formålet med det biologiske vandrensningssystem er blandt andet, at fremvise løsninger, der minimerer afledning af vand fra bygning og grund til kloak. Tanken er, at bygninger i fremtiden skal være i stand til i lang større grad at løse deres miljømæssige udfordringer, såsom spildevand, lokalt i en symbiose imellem bygning og natur.

Spildevand fra toiletter og køkken ledes til en række septiktanke, hvor solidt affald sorteres fra. Dette kan senere anvendes som gødning. Uddunstningen fra septiktanken behandles i en jordlunge, hvilket beskrives i næste afsnit.

Det nu klarede vand ledes til algerør, der er placeret i byggeriets glasfacade. Algerne lever af at konsumere bakterier, og de oprenser således aktivt spildevandet. Algerne er mest aktive når solens stråler rammer dem. Dette medvirker at de bliver mere grønne og vandet bliver mindre gennemsigtigt, hvilket reducerer solinstrålingen i glashuset. På den måde har algerørerne en dobbeltfunktion som henholdsvis spildevandsrensning og intelligent solafskærmning.

Efter processen er vandet rent, og kan ledes til en beholder. Herfra kan det recirkuleres som henholdsvis landskabsvanding og til brug i bygningen.

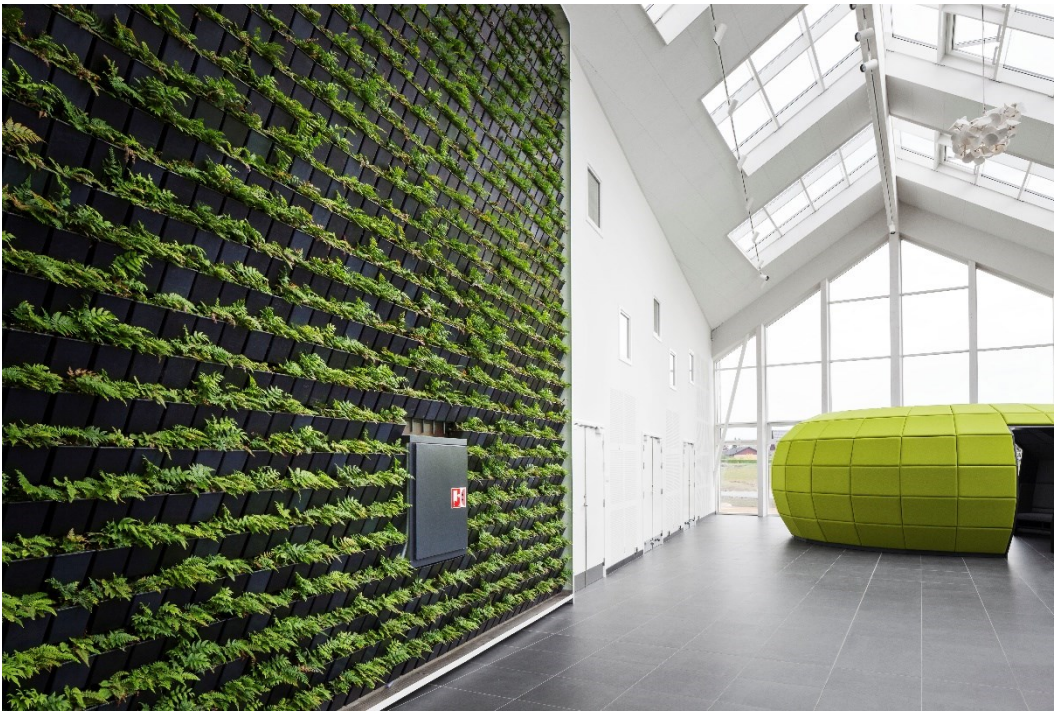


FIGUR 2: PRINCIPDIAGRAM AF DET SAMLEDE BIOLOGISKE VANDKREDSLØB

DE SEKS ALGERREAKTORER UNDERSTØTTER TO KREDSLØB I BYGNINGEN, ET TIL GENANVENDELSE AF SPILDEVAND SOM TOILETSKYL, OG ET TIL BRUG SOM VANDING AF LANDSKAB OG INDVENDIG GRØN VÆG. KREDSLØBET HAR SÅLEDES INDFLYDELSE PÅ BÅDE INDEKLIMA, VANDFORBRUG OG LANDSKAB.



FIGUR 3: FOTO AF ALGERØR VED ÅBNINGSDAG

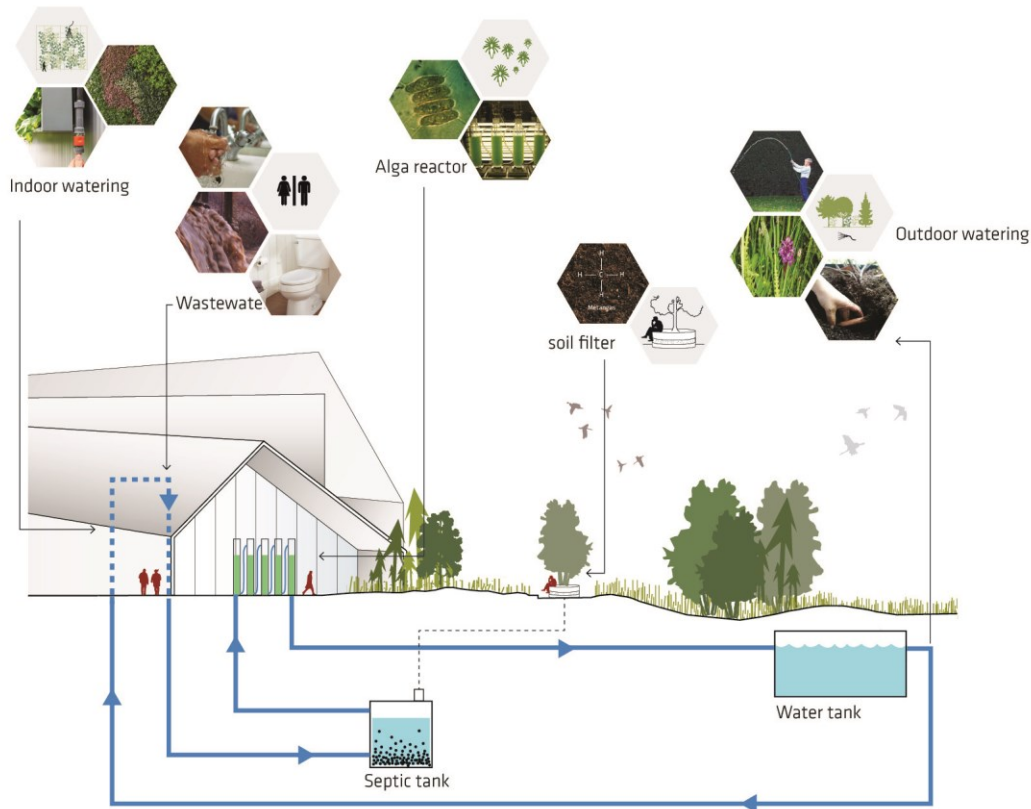


FIGUR 4: FOTO AF GRØN VÆG VED ÅBNINGSDAG

1.2 Synlig synergi mellem bygning og landskab

Den biologiske vandrensings proces af spildevandet på Green Solution House nedbryder grænsen mellem bygning og landskab. En stor del af processen er skjult under landskabets terræn og bygningens gulv i tanke, rørføringer og teknikbrønde. To vitale dele af processen er dog visuelt integreret i bygning og landskab. Det drejer sig om de 6 vertikale algegeneratorer placeret i bygningens sydøst vendte konferenceseal samt 2 jordlunger der er placeret i tilknytning til stiforløbet i det bygningsnære landskab. Processens synlige elementer er vitale ift. rensning af spildevandet. Men de er også centrale for en oplevelsesbaseret formidling af den levende teknologi.

Succeskriteriet for jordlungerne har derfor været, at de både skal opfylde deres funktion og samtidig være et attraktivt landskabelement, der har en værdi i sig selv.



FIGUR 5: PRINCIPSNIT AF BIOLOGISK VANDRENSNINGSPROCES, SLA DIAGRAM

BEGREBET "LEVENDE MASKINE" DÆKKER OVER EN TYPE MASKINE, SOM ER BYGGET OP OMKRING LEVENDE MATERIALE. MASKINEN ER – LIGESOM EN KONVENTIONEL MASKINE - SAMMENSAT AF INDBYRDES AFHÆNGIGE ENKELTDELE MED HVER SIN FUNKTION, MEN I STEDET FOR AT BRUGE BENZIN ELLER ELEKTRICITET, BRUGER DEN SOLLYS OG FOTOSYNTSE.

SPILDEVANDET RENSES I FEM TRIN: 1: SPILDEVAND FRA HÅNDVASK OG TOILET LEDES TIL SEPTIKTANK, 2: SLAM BUNDFÆLDER, VAND SENDES VIDERE OG ILDELUGTENDE GAS FILTRERES GENNEM JORDLUNGE, 3: ALGEREAKTOR RENSER VANDET VHA. SOLLYS I ILTFRI FORHOLD, 4: VANDET LØBER TIL TANK OG KAN BRUGES TIL VANDING, BÅDE UDENDØRS OG TIL GREEN SOLUTIONS HOUSE' GRØNNE VÆG, 5. VANDET KAN GENBRUGES TIL AT SKYLLE UD I TOILET

2. Jordlunger

2.1 Jordlungens funktion og opbygning

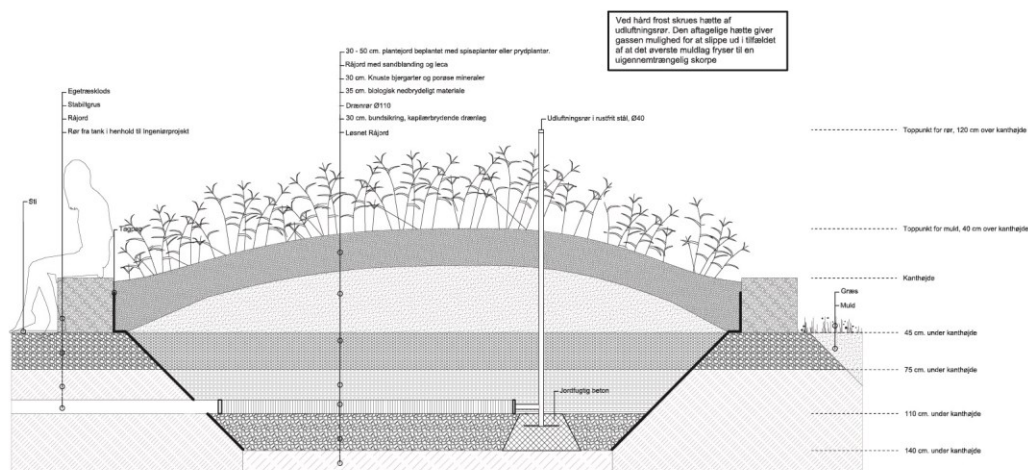
Jordlungen fungerer som et jordfilter, der frafiltrerer den ildelugtende gas fra septitanke og vandtanke. Jordlungen har ganske enkelt til formål at gøre de biologiske processer lugtfri.

Jordlungen består af forskellige lag af organiske og uorganiske elementer fra naturen. Disse elementer giver et kulstofrigt medium, som mikroorganismer kan leve i. Når biogassen stiger op gennem de organiske og uorganiske materialer i jordlungen, omsætter mikroorganismene de bestanddele, der er årsag til lugtgenerne.

Nederst i jordlungen ledes biogassen ind gennem et perforeret rør, hvorefter den stiger op gennem 3 forskellige lag. Nederste lag består af grene og bark. Midterste lag består af lige dele zeolit, bentonit og lecanødder. Toplaget udgøres af muld.

Jordlungens organiske lag er nedgravet i frostfri dybde og et udluftningsrør sørger for at gassen kan sive ud selv om de øvre lag i jordlungen fryser til. Dette muliggøres ved manuelt at afmontere en hætte på udluftningsrøret.

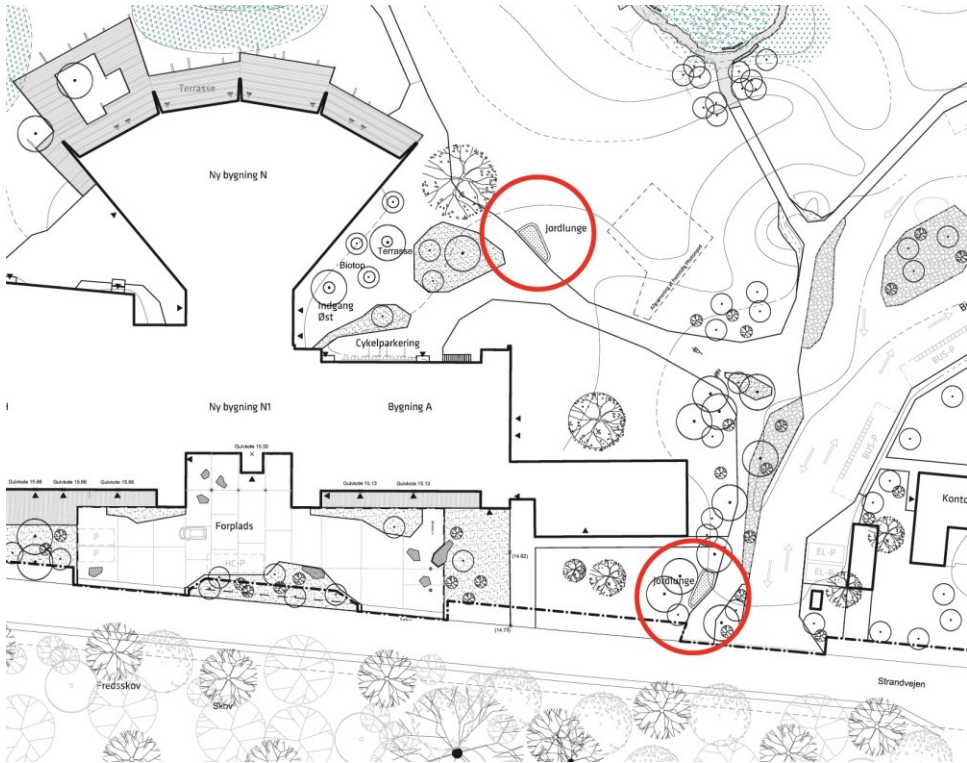
Opbygning og dimensionering er anvist og kvalitetssikret af Ove Loland, der er projektets rådgiver.



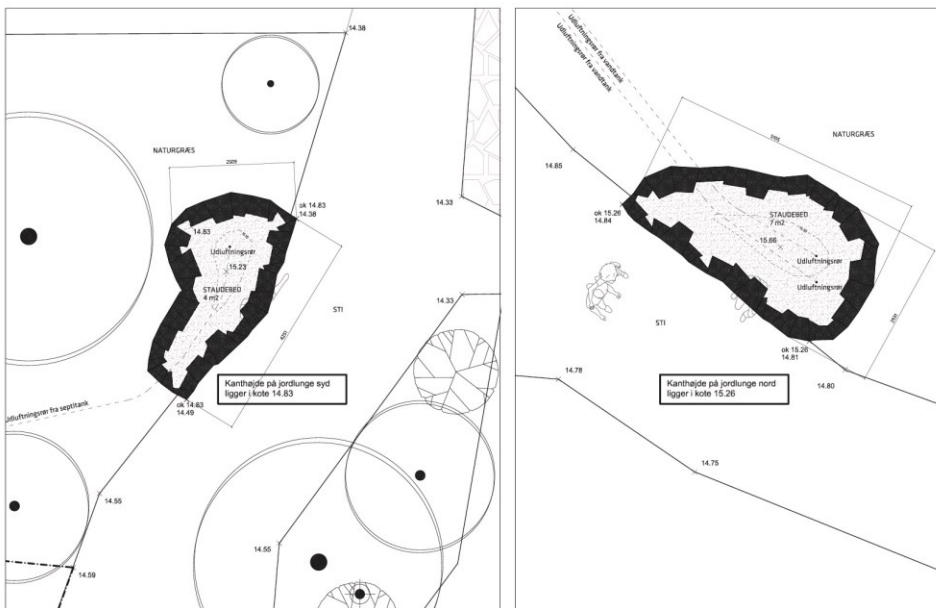
FIGUR 6: PRINCIPSNIT JORDLUNGENS OPBYGNING, SLA TEGNING

2.2 Jordlungeres placering og opholdsfunktion

De to jordlunger er placeret i tilknytning til stiforløbet, som er den primære adgangsvej for blød trafik fra Strandvejen til den østlige hovedindgang. Jordlungerne er hævet 30 cm. over terrænen for at tydeliggøre jordlungerne som et element i landskabet og for samtidig at tilbyde den forbigående et uformelt ophold på kanten af jordlungerne



FIGUR 7: UDSNIT AF SITUATIONSPLAN MED MARKERING AF JORDLUNGERNES PLACERING I TILKNYTNING TIL STIFORLØBET, SLA TEGNING









FIGUR 8: PLANUDSNIT AF DE TO JORDLUNGER, 1. UDKAST, SLA TEGNING

2.3 Jordlungernes beplantning og lugtesansen

Beplantningen i jordlungens øverste muldlag bidrager både med en nytteværdi og en sanselig værdi. På planternes rødder lever mikroorganismer, som omsætter de bestanddele i gassen, der kan forvolde lugtgener. Den sanselige værdi tilføjes ved nøje at udvælge og sammensætte stauder, der udmærker sig ved deres særligt gode duftende egenskaber.

Herved filtrerer jordlungerne ikke blot biogassens mulige lugtgener fra. Den konceptuelle ide er at jordlungens som landskabselement bidrager med et velduftende mikroklima, der tilfører en merværdi for den forbipasserendes umiddelbare oplevelse af jordlungens.

<p>Akeleje "Aquilegia virdiflora"</p> 	<p>højde: 40 cm. vilkår: sol, halvskygge blomstringstid: forsommer duft: duftende blomster</p>	<p>Måneskulpte "Lunaria rediviva"</p> 	<p>højde: 80 cm. vilkår: sol, skygge, halvskygge. blomstringstid: forsommer sommer duft: duftende blomster ikke spiselig Anvendelse: hvid, violet</p>
<p>Fennikel "Foeniculum vulgare"</p> 	<p>højde: 80 cm. vilkår: sol, halvskygge blomstringstid: sommer duft: aromatiske blade</p>	<p>Sødskeerm "Myrrhis odorata"</p> 	<p>højde: 80 cm. vilkår: sol, skygge, halvskygge blomstringstid: forsommer duft: dufter af anis Anvendelse: krydderurt</p>
<p>Pudenelike "Dianthus gratianopolitanus"</p> 	<p>højde: 10 cm. vilkår: sol blomstringstid: forsommer duft: duftende blade Farver: Blå, rød, hvid</p>	<p>Kvan "Angelica archangelica"</p> 	<p>højde: 120-230 cm. vilkår: halvskygge, skygge blomstringstid: forsommer, sommer duft: Aromatiske blade Anvendelse: grøn spiselig rød ikke spiselig</p>
<p>Mjødurt "Filipendula ulmaria"</p> 	<p>højde: 150 cm. vilkår: sol, halvskygge blomstringstid: sommer duft: duftende blomster Anvendelse: krydderurt</p>	<p>Skovmærke "Galium odoratum"</p> 	<p>højde: 20 cm. vilkår: skygge, halvskygge blomstringstid: forsommer duft: aromatiske blade Anvendelse: krydderurt til snaps</p>
<p>Indianermynte "Agastache foeniculum"</p> 	<p>højde: 80 cm. vilkår: sol blomstringstid: sommer, eftersommer duft: aromatiske blade Anvendelse: spiselig Farver: hvid, blå</p>	<p>Storrodet storke næb "Geranium macrorrhizum"</p> 	<p>højde: 30 cm. vilkår: skygge, halvskygge blomstringstid: forsommer, sommer duft: aromatiske blade Anvendelse: Ikke spiselig Farve: rosa, violet, NB: flotte høstfarver</p>

FIGUR 9: DUFTENDE STAUDER TIL JORDLUNGER OPDELT I SKYGGE- OG SOL TOLERANTE STAUDER, 1. UDKAST, SLA DIAGRAM

2.4 Realiseret projekt

Jordlungerne blev etableret i april 2015 med mindre revideringer af jordlungernes kant samt endelig valg af de rette stauder leveret fra Overdam Planteskole. Nu følger en kalibrering af den biologiske vandrensningsproces og stauderne vækst har brug for tid. Først her efter vil det vise sig om jordlungens succeskriterier omkring en kombineret nytteværdi med herlighedsværdi for ophold og duft vil blive fuldt indfriet.



FIGUR 10: FOTO AF JORDLUNGE, APRIL 2015, SLA FOTO



FIGUR 11: DOKUMENTATION AF UDFØRELSE AF JORDLUNGENS OPBYGNING, APRIL 2015, OVE LOLAND FOTO

Referencer

Loland, Ove "Grøn teknologi i praksis", udgivet af Last Straw, 2014

GREEN FOOTPRINTS. Plantevægge & anlæg – implementering af fuldt udbygget 'Levende maskine'

Nærværende rapport beskriver i ord og billeder det fuldt udbyggede og bygningsintegrerede vandrensningssystem på Hotel og konferencecenteret Green Solution House på Bornholm. Green Solution House er, som navnet antyder, grundlagt på ideen om at demonstrere bæredygtige løsninger som en del af de besøgenes oplevelse. Den biologiske vandrensning indgår således i byggeriets overordnede ambition om at etablere kredsløb der understøtter både bæredygtighed og oplevelser.

Det biologiske vandrensningssystem, også kaldet en levende maskine, består principielt af tre overordnede dele: 1: En sedimenteringsproces, der primært foregår under jorden, 2: En biologisk rensning af det klarede spildevand med alger, 3: En landskabsintegreret jordlunge der sørger for at anlægget er lugtfrit.

Projektet introducerer som det første i Danmark, og et af de første i verden, integreret vandrensning som en del af bygningens facade, hvor alger har en dobbeltfunktion som vandrensere og solafskærmning.

Vandrensningssystemet blev udviklet i et integreret samarbejde imellem ingeniører, landskabsarkitekter og bæredygtighedsrådgivere og eksemplificere hvordan et byggeris funktionelle behov kan sammentænkes med arkitekturen og landskabet. Projektet blev støttet af Miljøstyrelsens Program for Grøn Teknologi (MUDP), Økologisk Byggeri i 2013.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk