

CHALMERS



Konceptframtagning av produkt gjord av produktionsspill - "From Industrial Waste to Product Design"

Examensarbete inom Designingenjörsprogrammet 180hp, VT 2013

Klara Balkhammar & Moa Parsland

Examinator: Oskar Rexfelt
Handledare: Isabel Ordonez Pizarro

Institutionen för Design and Human Factors
Chalmers Tekniska Högskola
Göteborg, Sverige, 2013

Förord

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och har genomförts under våren 2013 på institutionen för Design and Human Factors vid Chalmers Tekniska Högskola på Designingenjörsprogrammet.

Vi vill rikta ett stort tack till Ulf Torgersen, Håkan Jönsson och Magdalena Sandström på företaget DIAB som under hela vår process visat stort engagemang och delaktighet. Era idéer och tankar har varit mycket givande och det har varit väldigt intressant att få inblick i er verksamhet. Vi hoppas nu att ert arbete i frågan utvecklas vidare och att ni finner den bästa lösningen.

Vi vill också tacka vår handledare Isabel Ordonez Pizarro och vår examinator Oskar Rexfelt som bistått med oerhört många intressanta och vägledande kommentarer och frågeställningar. Detta har gjort det möjligt för oss att nå dit vi ville med projektet.

Slutligen vill vi säga tack till varandra för gott samarbete och för att det blir så bra det vi gör tillsammans. Hemligheten är att vi kompletterar varandra!



Moa Parsland



Klara Balkhammar

Sammanfattning

Det här examensarbetet är en del i det större projektet "From Industrial Waste to Product Design" som är ett samarbete mellan Chalmers, Stena Recycling och Semcon och finansieras av Mistra Closing the Loop.

Syftet är att hitta en produkt att tillverka av DIAB's produktionsspill av Divinycell, på grund av komplikationer med förbränning av materialet, kostnad för deponi och en materialmängd av 1000 ton om året. Divinycell är ett cellplastmaterial innehållandes PVC, Polyeten och Polyuria och spillet finns i form av spån, bricketter, tunna skivor samt gjuthud.

Projektet delades in i tre faser. I den första fasen, Analysfasen, studerades materialet, DIAB besöktes samt tillverkningsmöjligheter undersöktes. Initialt gjordes en oberoende brainstorming, vilken utvärderades i fasens slutskede. Analysfasen mynnade ut i de för materialet viktigaste egenskaperna isolerande förmåga, renhet i materialet och väderbeständighet samt en kravpresentation. Materialet fastslogs kunna pressas.

I den andra fasen, produktvalsfasen, undersöktes lämpliga produktalternativ genom en kombination av marknadsstudie och idégenerering. Artificiellt trä, byggplattor, kompost och växtvägg uppkom bland annat. Efter utvärdering mot kravspecifikationen kvarstod kompost och växtvägg. De ansågs uppfylla kriterier så som möjliga att demontera, lång livslängd, samt anpassning till mängd material. I samråd med DIAB valdes växtväggen, med motiveringen att den känns aktuell i tiden och har en tilltalande miljöaspekt. Det pressade materialet ansågs även lämpligt för en statiskt bärande applikation med något lägre krav på ytfinish.

I konceptframtagningsfasen genomfördes en utförligare förstudie, funktionsanalys, idégenerering, sammanställning och utvärdering. Förstudien belyste växtens behov, liknande lösningar på marknaden och kritiska egenskaper hos dessa, så som dålig lukt, otymplig form samt bristande demonterbarhet. Funktionsanalysen åskådliggjorde behov som erbjuda växtlighet, inneha cirkulation och uppsamling av vatten, medge erforderligt underhåll samt utstråla estetik. Idégenereringen med fokus på att tillgodose växtligheten, estetik, monteringslösningar och bevattningssystem gav förslag som byggde på skivor av pressad divinycell på vilka växtamplar i olika utföranden hängs.

Slutkonceptet är en hydroponisk växtvägg med en stomme av diaboard (skivor av pressad Divinycell). Skivorna sammanfogas med en skena på vilken växtamplar i form av nätkapslar hängs. Konceptet är både vägghängt och som fristående modul.

Att använda Diaboards i en växtväggsapplikation anses mycket lämpligt med tanke på att materialet är återvunnet, klarar att utsättas för konstant väta samt går att tillverka som plattor till stommen. Vad som behöver utredas närmare är bevattningssystemet och hur växterna skulle trivas i nätkapslarna på sikt.

Abstract

The thesis concerning product development with Divinycell sawdust is a part of a greater project called "From Industrial Waste to Product Design" which is a collaboration between Chalmers, Stena Recycling and Semcon and financed by the Mistra Closing the Loop initiative.

The aim is thereby to develop a product made from the company DIAB's production waste of the material Divinycell. As for today, their problem with waste streams linger due to complications with the combustion of the material, large costs of landfill and the huge amount of material at approximately 1000 tons a year. Divinycell is a cellular plastic material consisting of PVC, Polyethylene and Polyuria and occur as waste in the shape of granules, briquettes, thin slices and waste from the casting process.

The project was divided into three different phases. In the first phase, referred to as the analysis phase, the material where examined. The company DIAB were visited early for examination of their production facilities and procedures and before that an independent brainstorming where conducted which later where evaluated. Overall the analysis phase resulted in the discovery of the materials key characteristics such as insulating ability, purity of the material and weather durability. Also, a specification where created for the material specifically. A great discovery in the examination of the material was the possibility to reprocess it by thermoforming.

In the second phase, the product selection phase, appropriate product alternatives where investigated through a combination of market analysis and idea generation. Artificial wood, construction panels, composts and plant walls where then identified amongst others. After evaluating the products with use of the material-specification, the compost and plant wall remained. They were considered to meet the criteria as possible to disassembly, have long life, and being applicable to the amount of material. In consultation with DIAB , the plant wall where then selected for further product development due to high innovative value and appealing environmental aspects. The thermoformed material was also considered appropriate for a static load-bearing application with lower demands on finish.

The concept development phase was carried out by a detailed feasibility study, a function analysis, an idea generation and a compiling evaluation. The feasibility study focused on the plant's needs, similar solutions on the market, and key characteristics of these such as odors, unwieldy shapes and difficult to disassembly. The function analysis pointed out the need for the wall to offer vegetation, possess circulation and collect water, allowing maintenance and communicate aesthetics. The idea generation where then performed with focus on live up to the need of vegetation, aesthetics, mounting solutions and irrigation system. These different areas resulted in design suggestions

which were based on the use of sheeted thermoformed Divinycell on which hanging baskets for the plants could be placed with different shapes.

The final concept is a hydroponic plant wall with a protective back of these sheets named Diaboard. The Diaboards are joined with a notched profile on which hanging baskets in shapes of capsules are attached as well. In every capsule, a plant and root medium is placed. The concept is both applied for wall-mount and as stand-alone module. Using the Diaboards in a plant wall application is considered very appropriate given that the material is recycled and that the product can be exposed to constant moisture in the use of sheeting material covering the wall for protection. What needs to be investigated further are the irrigation system and how the plants would thrive in the capsules over time.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Uppdrag.....	2
1.3	Syfte, mål och frågeställningar.....	2
1.4	Process.....	2
2.	Teori.....	4
2.1	Divinycell.....	4
2.2	PVC.....	4
2.3	PVC med fokus på brandrisk och förbränning.....	5
2.4	PVC med fokus på miljön.....	6
2.5	PVC i debatten.....	7
2.6	Avslutande reflektion.....	7
3.	Analysfas.....	8
3.1	Metod.....	8
3.2	Resultat av analysfas.....	9
3.3	Slutsats av analysfas.....	17
4.	Produktvalsfas.....	19
4.1	Metod.....	19
4.2	Resultat av produktvalsfas.....	22
4.3	Slutsats av produktvalsfas.....	33
5.	Konceptframtagningsfas.....	38
5.1	Metod.....	38
5.2	Resultat av konceptframtagningsfas.....	41
6.	Slutkoncept - DiaSphere.....	62
7.	Diskussion.....	66
7.1	Analysfasen.....	66
7.2	Produktvalsfasen.....	67
7.3	Konceptframtagningsfasen.....	67
8.	Slutsats.....	69
	Referenser	
	Bilagor	

1. Inledning

Att konsumera och nyproducera är inte hållbart på sikt, det kommer det tydligare och tydligare indikationer om. Den stora utmaningen är att behålla en essentiell levnadsstandard som går hand i hand med naturens resurser. Lösningen kan vara ett ökat kretsloppstänk, vilket bland annat syftar till att ta om hand och återföra. På så sätt kan resurser utnyttjas på ett hållbart sätt. Detta kräver en förändring i samhällets uppbyggnad i stort. Det här projektet är ett sätt att visa på hur ett av alla ofullständiga materialflöden kan träs tillbaka in i det stora kretsloppet.

1.1 Bakgrund

Dagens hantering av avfall ifrån industrin innebär att det omhändertagna materialet omvandlas via förbränning, återvinning eller alternativt förvaras på deponi. Då materialet inte har ett uppenbart kommersiellt värde eller då processer för återinförande av materialet saknas, resulterar detta ofta i deponering eller förbränning för att generera fjärrvärmare.

Stena Recycling arbetar bland annat med att i sin verksamhet hitta nya områden där det återvunna materialet kan ges ett nytt värde. Med hänsyn till att deponering är en kostsam och knappast särskild långsiktig lösning, så är återinförandet av materialet tillbaka in i livscykeln av stort intresse. Utifrån denna önskan har idén till projektet "From industrial waste to product design" vuxit fram, där syftet är att hitta sätt att återskapa produkter med återvunnet material, och på så sätt återinföra materialet i industriell produktion igen. Genom finanser från initiativprojektet Mistra Closing the Loop och ett samarbete mellan Stena Recycling, Semcon och Chalmers Tekniska Högskola har på så sätt projektet initierats. Därmed ges möjlighet för studenter att genomföra ett examensarbete inom området industridesign och produktutveckling med fokus på ett material som ska kunna återinföras i industriell produktion.

Genom Stena har sedan kontakt med företaget DIAB förmedlats, i hopp om att kunna skapa värde i det produktionsspill som bildas vid tillverkandet av företagets huvudprodukt Divinycell. DIAB är internationellt representerat med tillverkning i fem länder och försäljningsrepresentanter i ytterligare ytterligare åtta. Huvudprodukten som produceras i företagets fabriker är lättviktskompositer där materialet Divinycell har störst försäljningsandel. I Sverige ligger företagets moderfabrik i Laholm där man främst producerar Divinycell för att sedan frakta materialet till olika kunder inom marin-, transport-, vindkrafts-, luftfarts-, byggnads-, och submarina industrin exempelvis.

Divinycell är ett cellplastmaterial som tillverkas för att användas i sandwichkonstruktioner. Detta innebär att Divinycell används som ett skiljemedium mellan två styvare material för att uppnå en ännu starkare konstruktion men med bibehållen lätthet. Detta är önskvärt i exemplevis applikationer så som båtskrov eller

rotorblad i vindkraftverk. Divinycell tillverkas i olika varianter med olika densitet, benämnda såsom H30 på 30kg/m^3 , H250 på 250kg/m^3 samt den mest säljande produkten H60 på 60kg/m^3 som idag representerar 40 procent av den totala Divinycellmarknaden. De olika densiteterna beror på hur materialet skall användas och i vilken produkt.

1.2 Uppdrag

DIAB har tagit hjälp av Stena Recycling för att finna en lösning på deras problem med produktionsspill av Divinycell. Då samarbete mellan Chalmers och Stena Recycling redan var knutet, vidareförmedlades kontakt och behovet av en lösning, vilket blev upptakten till det här examensarbetet.

1.3 Syfte, mål och frågeställningar

Examensarbetet syftar till att finna ett användningsområde i vilket produktionsspill ifrån materialet Divinycell är tillämpningsbart för kommersiellt och industriellt bruk. På så sätt är förhoppningen att materialet ska kunna återinföras i livscykel, samt skapa ett värde större än den kostnad som finns idag.

Det genomförda projektet skall komma att resultera i ett antal konceptförslag, i vilka det anses mest gynnsamt att använda restmaterial av Divinycell. Konceptet skall härröra en produkt som är eftertraktad av marknaden och industrin, med förhoppningen att generera en lönsam produktion. Konceptet kommer att presenteras i form av överskådliga skisser för respektive delfunktion. Den slutliga produkten skall vara realiserbar och möjlig att introducera på marknaden inom de närmaste åren med hänsyn till efterfrågan och aktuell teknisk nivå.

I projektet har följande frågeställningar ställts:

- Hur kan spillmaterialet tas till vara och återinföras i en ny applikation?
- Vilken applikation är materialet bäst lämpad för och varför?
- Varför är materialet mer lämpat än alternativet i applikationen?

1.4 Process

I det här projektet var det materialet som var utgångspunkten, vilket gav en annan angreppspunkt än i den mer traditionella produktutvecklingsprocessen. Detta ställde andra villkor på projektet och dess process. I den traditionella produktutvecklingsprocessen är utgångspunkten ett behov eller problem, det kan vara ett behov av en ny typ av produkt eller ett problem med en befintlig som skall lösas. I projektets inledande skede undersöks användningsområdet eller den befintliga

produkten och funktioner och krav på den fastställs för att ge underlag att jobba vidare ifrån.

I detta projekt fanns ingen specificerad produkt eller ens ett marknadssegment. Själva utgångspunkten var istället ett material som det för närvarande inte fanns något givet användningsområde för. Projektets mål var istället att finna en produkt som passade marknaden och samtidigt var lämplig att tillverka i det givna materialet. I och med det innebar den inledande fasen till största delen att bekanta sig med materialet för att därigenom finna det mest lämpliga appliceringsområdet.

Projektet delades in i tre faser, den inledande analysfasen som följdes av en produktvalsfas och avslutningsvis en konceptframtagningsfas. I den initiala analysfasen var fokus att skaffa så mycket information om materialet och dess förutsättningar som möjligt för att i de senare faserna kunna använda det som riktvärden och beslutsunderlag. Inledningsvis valdes även att göra en fri och obegränsad brainstorming som sedan följdes upp i den inledande analysfasen varefter kunskapen i ämnet ökade.

Analysfasen bestod bland annat av materialstudier, både genom egna efterforskningar och i samråd med företaget. Det innebar bland annat studiebesök på företaget och därtill utredningar av dagens problem och företagets miljöarbete. I denna fas gjordes även analyser av möjliga tillverkningsprocesser och en utredning kring spillmaterialets flöden. Som avslutande del sammanställdes en kravspecifikation baserad på de kunskaper som införskaffats.

Den andra fasen innebar att en typ av produkt arbetades fram, som ansågs adekvat och som det fanns goda argument för att tillverka i det givna materialet. Detta gjordes genom något som i projektet valts att kalla kreativ marknadsanalys, där marknaden undersöktes i kombination med kompletterande brainstorming med efterföljande utvärdering och eliminering.

Till den sista fasen togs den produkt projektet ansåg bäst lämpad vidare för att utvecklas och mynna ut i ett slutligt koncept. Detta innebar ytterligare brainstorming och utvärdering samt visualisering av konceptet.

2. Teori

2.1 Divinycell

I Divinycell ingår PVC, polyeten och polyurea. PVC och polyeten är termoplastiska komponenter och polyurea står för tvärbindingar i materialet, som en slags matris. Alla tre materialen är plaster, som kommer från det grekiska ordet *plastikos*, vilket används för att beteckna ting som är form- eller gjutbara. Plaster består av polymerer som står för flera (*poly*) byggstenar (*merer*) (Greenpeace, 2013).

Polyeten består endast av de organiska ämnena kol och väte. Tack vare den termoplastiska uppbyggnaden innebär polyeten inga svårigheter att materialåtervinna genom nedsmältning och omformning. Vid deponi av polyeten är den i stort sett opåverkad under en lång tid. Den utsöndrar inga lakrester som kan påverka vattendrag och grundvatten. Förbränning av polyeten är inte kopplat till några komplikationer, vid fullständig förbränning bildas endast koldioxid, vatten och en mindre betydande mängd aska (Rullpack, 2004).

Polyurea är den del i Divinycell som innebär störst begränsningar för materialåtervinning. På grund av dess struktur med tvärbindingar är den en hårdplast vilken inte är möjlig att smälta ner och omforma. När tvärbindingar väl etablerats i materialet är de inte möjliga att bryta upp.

Hela 75 procent av Divinycell består dock av PVC, med den fullständiga benämningen polyvinylklorid. Plasten är en sammansättning av kol, klor och väte. Kloreten utvinns vanligen genom elektrolys ur en saltlösning av bergssalt (*natriumklorid*) till vilken man tillsätter en stark elektrisk ström. Detta separerar natriumkloriden genom att natriumjonerna dras till en negativt laddade katod och kloreten dras till den positivt laddade anoden. Resultatet blir klorgas och lut. Lutet används i pappersindustrin eller för att tillverka tvål. Korgasen blandas därpå med eten och bildar 1,2-dikloreten (*EDC*), som därefter genomgår en omvandling till vinylklorid eller VCM (vinylkloridmonomer). VCM är i gasform vid rumstemperatur och atmosfärstryck. Vinylkloriden polymeriseras sedan och plasten polyvinylklorid (PVC) har tagits fram (BuildingGreen, 1994).

2.2 PVC

Tack vare PVC's mycket varierande egenskaper används det inom vitt skilda områden. Dels som konstruktionsmaterial inom byggsektorn, som vatten och avloppsrör, fönsterkarmar och kabelkanaler tack vare sin hållfasthet, dels som mjuka produkter som slangar och blodpåsar inom sjukvården. De olika egenskaperna kan skapas genom olika typer av tillsatser, den är mycket tålig för inblandningar av olika slag (PVC Forum, 2013).

Det var 1827 som PVC för första gången framställdes i ett laboratorium. Under andra världskriget när materialbrist rådde arbetade tyska kemister fram metoder för att tillverka vattenrör av PVC och under 50- och 60-talet tog industrin fart på allvar (BuildingGreen, 1994).

PVC är för många starkt förknippat med brandrisk och farliga tillsatser. Debatten kring PVC har varit intensiv och bytt skepnad flertalet gånger under åren. Nya rön har höjts, förkastats eller slagits fast, diskussionen har och är fortfarande mycket laddad. När industrin kring PVC tog fart i slutet av 60-talet riktades stor kritik mot de hälsovådliga arbetsförhållandena i processen kring framtagningen. Vidare har skepsis kring giftiga tillsatser och saltsyrabildningen vid brand varit stora källor till diskussion. De senaste åren har debatten allt mer berört frågor som deponering och återvinning av plasten (Protan, 2013).

Vad gäller arbetsförhållandena i PVC-tillverkningen genomfördes på 70-talet drastiska åtgärder som ett resultat av de studier som visade på samband mellan att utsättas för höga halter VCM och en viss typ av levercancer. Efter ombyggnation av industrin var halterna av VCM som arbetarna kom i kontakt med kraftigt reducerade och ansågs inte längre hälsovådliga. Gällande sambandet mellan utsläpp av VCM och nedbrytning av ozonlagret, så har vidare forskning kartlagt att VCM är en så pass ostabil gas att den hinner brytas ner innan den når stratosfären (Protan, 2013).

2.3 PVC med fokus på brandrisk och förbränning

När ett organiskt material brinner avges giftiga gaser som även kan vara korrosiva, det bildas även koldioxid, koloxid och vattenånga. Ett organiskt material kan vara allt från trä eller bomull till ett syntetiskt tillverkat så som plast. När PVC förbränns bildas förutom det samma som för alla organiska material även väteklorid. Löses detta med vatten bildas saltsyra. Saltsyra är skadligt att inandas och det har även negativ effekt på omgivning i form av korrosion. Att det bildas syror när rökgas blandas med vatten gäller i allmänhet, oavsett vad som brinner, och detta kan även komma att leda till att omgivningen korroderas. Vid förbränning av organiska material är det även möjligt att giftiga dioxingaser bildas vid särskilda förhållanden, bland annat vid en viss temperatur. Koppar kan även vara en pådrivare av processen (Protan, 2013).

Att utesluta att använda PVC som exempelvis konstruktionsmaterial i byggnader, fönsterramar eller golv har genom långtgående studier konstaterats vara obefogat. Särskilt med tanke på materialets goda egenskaper och hållbarhet för dessa tillämpningsområden. Med tanke på brandrisken har PVC till skillnad från flera andra material den fördelen att det är självsläckande på grund av dess klorhalt, de kommer med andra ord sluta brinna om eldkällan upphör. Vid en stor brand kommer dock PVC'n att brinna och giftiga gaser kommer bildas liknande alla organiska material. I händelse av brand är den farligaste brandorsakade substansen koloxid. Det är en luktfri gas, vilket innebär att det är en förädlad dödsfälla om den utsatta personen exempelvis sover. Vad gäller bildandet av saltsyra från brinnande PVC och vissa andra material leder detta till en stickande och irriterande lukt som snarare kan fungera som en alarmerande påvisare om att det brinner. Inga kända fall finns rapporterade som uppger att inandning av saltsyra varit upphovet till att en människa omkommit i en brand. Inte heller att dioxingaserna, som bildas när PVC brinner, skulle påverka människor som utsätts för brand negativt har kunnat påvisas. Studier som gjorts har snarare visat på att andra

ämnen som polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och fina partiklar, som utvecklas i eldhärdar, är betydligt mer cancerframkallande än dioxiner (PVC, 2013).

Problem med saltsyra kan uppstå när PVC energiåtervinns genom förbränning. Bildas för mycket saltsyra innebär detta att värmeverkets utrustning skadas. Släpps klorvätgas ut kan detta även leda till försurning. Dagens värmeverk är dock utrustade att klara detta genom goda reningsfilter mot utsläpp och kalkning som neutraliserar för att skydda utrustningen. PVC kan därmed utan vidare problem portioneras ut i övriga sopor och förbrännas. Vad gäller dioxiner förekommer det i vanliga vardagsopor oberoende av PVC-innehållet en tillräckligt hög halt av klor för att dioxingaser skall kunna bildas. Studier visar på att det inte finns något samband mellan bildandet av dioxiner och förekomst av PVC i avfallet (Protan, 2013). Den största källan till utsläpp av dioxiner är vulkanutbrott samt järn- och stålindustrin (The British Plastics Federation, 1998).

2.4 PVC med fokus på miljön

PVC är en klimatsmart plast på så vis att den är bland de tre plasterna med minst utsläpp av koldioxid, det bildas två kilogram CO₂ per kilogram producerad PVC. Vad gäller förbrukning av energi är PVC den plast med lägst siffra, 56,7 MJ/kg. Jämfört med PE och PP som förbrukar 76,8 MJ/kg och 73,4 MJ/kg. På grund av detta och dess goda egenskaper är PVC en av de tre mest använda plasterna. I takt med att utvecklingen går framåt förbättras även PVC's miljöpåverkan ytterligare. Användningen av energi från biobaserade råvaror i tillverkningen ökar och de fossila minskar. Detta bidrar till minskade CO₂-utsläpp. Moderniseringen av tillverkningsteknikerna har även bidragit till att energikonsumtionen minskat med 20 procent och ju fler europeiska tillverkare som börjar använda sig av tekniken desto mindre ekologiskt fotavtryck innebär PVC (PVC Forum, 2013).

PVC har även en lång livslängd, vilket inte minst syns inom byggindustrin där 80 procent av all PVC används. Produkter så som avloppsrör, fönsterkarmar, kabelkanaler, plastgolv och takduk har alla en livslängd på över 60 år (PVC Forum, 2013).

PVC är även en termoplast vilket innebär att den kan smältas ner och bli till nya produkter flera gånger utan att egenskaperna försämras. Ren PVC är heller inte allergiframkallande eller giftigt och används i flera applikationer inom sjukvården, så som stomipåsar och näringssonder (PVC Forum, 2013).

I PVC-industrin i Sverige och runt om i Europa jobbar man på att bli ännu bättre och har gått samman och skapat gemensamma riktlinjer. I och med detta har projektet VinylPlus skapats som är en fortsättning på Vinyl 2010-programmet, där olika aktörer runt om i Europa tillsammans jobbar för en hållbarare PVC-industri. Programmet har bland annat lett till att materialåtervinningen av PVC 2011 var uppe i 260 000 ton, vilket kan jämföras med 2003 då 20 000 ton återvanns. Målet till 2020 är att 800 000 ton PVC skall materialåtervinnas. Exempel på andra åtaganden inom branchen är utvecklingen av nya

metoder för att även kunna återvinna material som är mer uppblandade, så som PVC-belagd väv (PVC Forum, 2013).

2011 tillverkades PVC till 57 procent av förnyelsebara råvaror i form av vanligt koksalt. Resterande procent är eten som utvinns ur olja och naturgas. På sikt anses även resterande del tillverkas av återvunna eller förnyelsebara råvaror, så som biobaserad eten eller etanol (PVC Forum, 2013).

2.5 PVC i debatten

Den ständigt pågående debatten som i olika form förts kring PVC har lett till att materialet blivit mer undersökt än de flesta andra på marknaden. Framtagning, användning och återtagning av PVC-material har därför kommit långt i utvecklingen (Protan, 2013).

På grund av den rådande och stundtals stormiga debatten kring PVC kopplades organisationen The Natural Step in för att agera opartisk aktör och reda ut de många missförstånden och frågetecknena. The Natural Step är ett globalt erkänt företag som representerar ett nätverk av ideella organisationer och partners med över två decenniers erfarenhet av att rådgiva i ämnet hållbarhet. De anser att det finns andra alternativ på marknaden att tillgå istället för PVC men att dessa inte automatiskt är bättre lämpade. De utesluter dessutom inte att PVC skulle kunna innebära ett mer hållbart alternativ på lång sikt. Med detta i åtanke rekommenderar de att PVC väljs för tillämpningar där det anses vara eller har möjlighet att bli, ett hållbart alternativ under hela livscykeln i allt från produktion och användning till omhändertagande, med andra ord i produkter med en längre livslängd (The Natural Step, 2013).

I en artikel publicerad 1999 varnar skribenten för att byta ut PVC mot andra alternativ på grunden att vi vet mer om PVC och därmed även känner till fler nackdelar. Detta innebär inte automatiskt att det mer okända alternativet skulle vara bättre. Ersättning av PVC-produkter har dessutom lett till ökade kostnader och negativa effekter. Ett exempel som belyses är bytet från operationshandskar i PVC till latexhandskar som gav allergiska reaktioner, hade en sämre kapacitet och var dyrare. Det är med andra ord viktigt att väga in alla aspekter i valet av material (Folket, 2013).

2.6 Avslutande reflektion

Sammanfattningsvis anses Divinycell med sin sammansättning lämplig att använda i en produktapplikation. Vid val bör dock alltid de yttre omständigheterna och den miljöprodukten skall placeras i tas i beaktande. Vad gäller Divinycell bör aspekter så som brandrisk, produktens livslängd, möjlighet till förbränning av uttjänt produkt, samt ny teknik för omhändertagning vägas in. Med tanke på dessa aspekter anses det även viktigt att alltid sträva efter att i så lång utsträckning som möjligt materialåtervinna Divinycell framför att energiåtervinna det.

3. Analysfas

I den del av projektet som valt att kallas analysfasen studerades materialet och dess beståndsdelar för att skapa inblick i vilka egenskaper hos materialet som är utmärkande. På så sätt skapas möjligheten att matcha dessa egenskaper med lämpliga applikationer. Även processer för att bearbeta och använda materialet examinerades för att på så sätt skapa grundförutsättningar för vad som är möjligt att producera. Vidare definierades också krav på materialet för att i en applicering skapa så goda förutsättningar för långt liv och återingföringsmöjligheter som möjligt.

3.1 Metod

Flertalet metoder användes under analysfasens genomförande i syfte att utreda och karaktärisera materialet inför fortsatt arbete med att söka applikationsområden. Dessa var av utredande karaktär, huvudsakligen för att skapa en tydlig uppfattning kring materialmöjligheter och begränsningar.

3.1.1 Inledande brainstorming och SWOT-analys

För att ge projektet ett avstamp samt för att generera lösningsförslag utan att vara för färgad av materialets utförande, valdes att göra en inledande brainstorming. Med endast mycket liten information om materialets egenskaper och nuvarande appliceringsområden genomfördes en idétömmande metod med utgångspunkt i olika triggers. Idéerna som kom fram dokumenterades för att kunna utvärderas då mer information skaffats rörande materialet. Frågor som ställdes under metoden var bland annat vilka drivkrafter som finns i projektet, både motverkande och pådrivande samt andra motsättningar. De motverkande drivkrafterna och motsättningarna togs i beaktande och förslag på lösningar och alternativa betraktelsesätt togs fram. Frågor som flöden och förmåga att producera den tilltänkta produkten som modul eller i serie togs också upp till diskussion. Avslutningsvis gjordes även en SWOT-analys för att tidigt skapa referensramar för projektet. Genom att skapa en SWOT listas styrkor (S), svagheter (W), möjligheter (O) och hot (T) som berör projektet och dess relevans (Entreprenörcentrum, 2013).

3.1.2 DIAB och deras processer

Besök bokades in på DIAB's fabrik i Laholm där projektet diskuterades. Detta för att underlätta en nära dialog mellan uppdragsgivare och examensstudenter och även för att ha möjlighet att utföra experiment och undersökningar ihop och utbyta erfarenheter. Dessutom fås möjlighet att närmare bekanta sig med fabrikslokalerna och processen i vilken det aktuella produktionsspillet uppstår.

Vid besöket på DIAB och genom vidare konversation skaffas en bild av dagens situation gällande materialspillet av Divinycell. Detta gav svar på frågor som materialets karaktär, svårigheter med återvinning, samt DIAB's eget arbete med att lösa spillfrågan.

3.1.3 Materialstudier

Nu påbörjades en mer omfattande materialstudie, där restmaterialet från produktionen av Divinycell undersöktes och testades. Försök gjordes även att testa processer att bearbeta materialet genom, så som pressning, prägling, formpressning och extrudering. I materialstudien utforskades även resultatet av att blanda Divinycell av olika densiteter, för att sedan exempelvis göra försök att pressa materialet. Dessutom gjordes vattenprov av olika slag för att se hur materialet reagerar, om det absorberar vätska och hur mycket det i så fall sväller.

För att skaffa kunskap om vilka möjligheter som finns med materialet gällande processmetoder kontaktades SWEREA IVF. På mötet med dem diskuterades bland annat möjligheten att extrudera eller formspruta materialet samt karaktärisering av de pressade material som DIAB själva tagit fram av spillmaterialet.

3.1.4 Kravspecifikation

Som ett resultat av analysfasen togs en kravspecifikation fram. För att på så sätt ge utrymme för alla parter att sammanföra sina åsikter och önskemål och för att ge ett gemensamt beslutsunderlag (Chalmers, 2013). Den utformades genom att lista de olika kraven i kategorier och klassificera dem som bör- eller skallkrav. Skallkraven skall vara uppfyllda för att det slutliga konceptet skall anses vara fullgott utfört.

3.1.5 Utvärdering av inledande brainstorming

När en bredare kunskap ansågs ha införskaffats om materialet, genom materialstudier och besök på DIAB, gjordes en utvärdering av de idéer som kom fram under den inledande brainstormingen. Förslag som bedömdes som orimliga sorterades bort och de kvarvarande ställdes upp i en matris där de jämfördes mot varandra utifrån uppställda kriterier på produkten. Bland annat hur många processteg en tillverkning skulle innebära, om den är demonterbar och hur enkelt det är att återta produkten vid uttjäning. Varje kriterie gav en poäng mellan noll och fem för varje produkttyp.

3.2 Resultat av analysfas

Varje delmetod i den undersökande analysfasen resulterade i ett antal slutsatser kring hur materialet är uppbyggt, dess bra och dåliga egenskaper, samt vad som faktiskt är genomförbart i fråga om bearbetning för att återinföra materialet tillbaka in i industin.

3.2.1 Inledande brainstorming

Den initiella brainstormingen resulterade i en stor mängd produktförslag av mycket varierande sort. En fullständig förteckning över alla framkomna förslag finns i BILAGA 1. Exempel på applikationer som kom upp var paneler, mattor, bojar och flytande mätutrustning samt möbeltassar och verktygsväska. Delen av brainstormingen som ägnades åt en SWOT-analys pekade främst ut bristande kunskap i området. Detta ansågs dock vara av liten betydelse då goda möjligheter sågs att införskaffa detta, mycket tack vare DIAB's egen höga ambition att finna en lösning på problemet och för att en tät kommunikation med företaget planerades att hållas.

3.2.2 DIAB och deras processer

DIAB's fabrik besöktes tidigt för att ge en klarare bild av problematiken kring materialet och dess tillverkningsprocess idag. Företagets representanter Magdalena Sandström som är utvecklingschef och Ulf Torgersen som är kemiingenjör var med under hela dagen för att berätta om såväl företaget som materialet, samt de problem som uppstår vid omhändertagande av det spillmaterial som idag bildas i industrin vid bearbetning.



Figur 3.1 - Gjuhud och tunn bortsågad skiva av Divinycell

Vid besökstillfället konkretiserades huvudproblemet som DIAB har vid hanteringen av det spillmaterial som bildas vid bearbetning och som årligen uppgår till mellan 1500-2000 ton. Spillet bildas under de olika bearbetningsprocesserna och består av kutterspån från sågning, överblivna tunna spillskivor, bitar, gjuhud och spån ifrån modellsågning samt vid perforerings- och spårningsprocessen. Dessa kan ses i *figur 3.1-3.2*. Mängden spån uppgår till 60 procent av denna volym vilket därmed får ses som det mest akuta problemet.



Figur 3.2 - Spån av Divinycell

En rundvandring genomfördes i fabriken där alla processteg visades och förklarades. Även hur spillmaterialet omhändertas idag gick igenom och följdes från

bearbetningsprocessen via utsugskanaler i taket till stora uppsamlingspåsar på DIAB's utegård. Där även bricketering skedde i en komprimeringsmaskin med de olika batcherna av spill åtskiljda. Nedan kan en sådan brikett ses i *figur 3.3*.



Figur 3.3 - Brikett av Divinycellspån

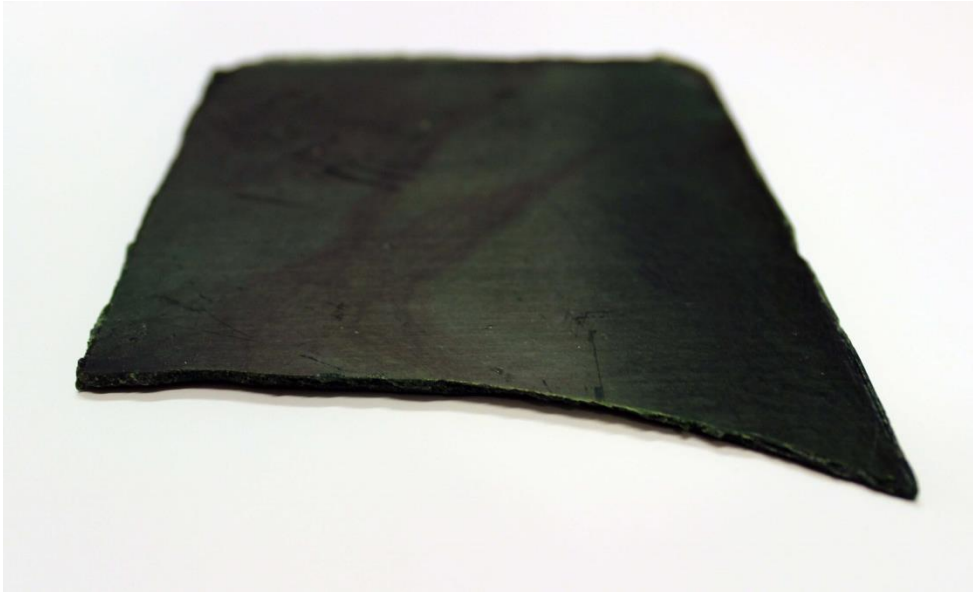
De frågor som uppkommit innan mötet besvarades och utreddes och en gemensam målbild för projektet sattes upp för att hitta ett tillämpningsområde för det spån som bildas vid de olika bearbetningsprocesserna.

3.2.2.1 Utredning av materialegenskaper och DIAB's miljöarbete

Problematiken med förbränning av Divinycellspill ansågs enligt DIAB's kemiingenjörer bero på den reaktion som sker när man bränner PVC. Det höga energiinnehållet i Divinycell som motsvarar råolja gör att Divinycellbriketterna som bränns är effektiva att använda som bränsle till fjärrvärme, men måste pytsas ut i små mängder för att inte skada förbränningsugnarna. Klorhalten i PVC gör nämligen att saltsyra bildas vid hög värmeförsel och risk för bildande av dioxiner uppstår vilka är mycket giftiga. Därav är deponi en oundviklig lösning idag eftersom mängden spillmaterial som uppstår övergår mängden som tillåts skickas till förbränning. Utarbetade metoder för att återinföra materialet finns därmed inte.

Omsmältning av materialsplet är ett alternativ som DIAB själva tidigare undersökt. Vid försök genomförda av DIAB's miljöchef Håkan Jönsson och forskningsingenjör Ulf Torgenssen har såväl spån som briketter undersökts i en press. Briketterna har den klara fördelen att ha mindre luftinnehåll efter komprimering eftersom Divinycellens inneslutna celler annars till viss del kan kvarvara i spånet. Detta tros också bidra till att briketterna gett helt andra resultat vid tester av pressning i DIAB's egna pressmaskiner. Genom påfört högt tryck och en temperatur på 160-170°C har omsmältning kunnat ske

med bitar av H60-briketter i en form av 10 x 20 centimeter med en halv centimeters tjocklek. Den termoplastiska PVC:n blir vid upphettning mjuk och går att omforma och den tvärbundna polyurean samt polyetenen kvarstår i materialet. Resultatet blir därmed ett helt nytt konstruktionsmaterial med nya egenskaper, vilket kan ses i *figur 3.4*.

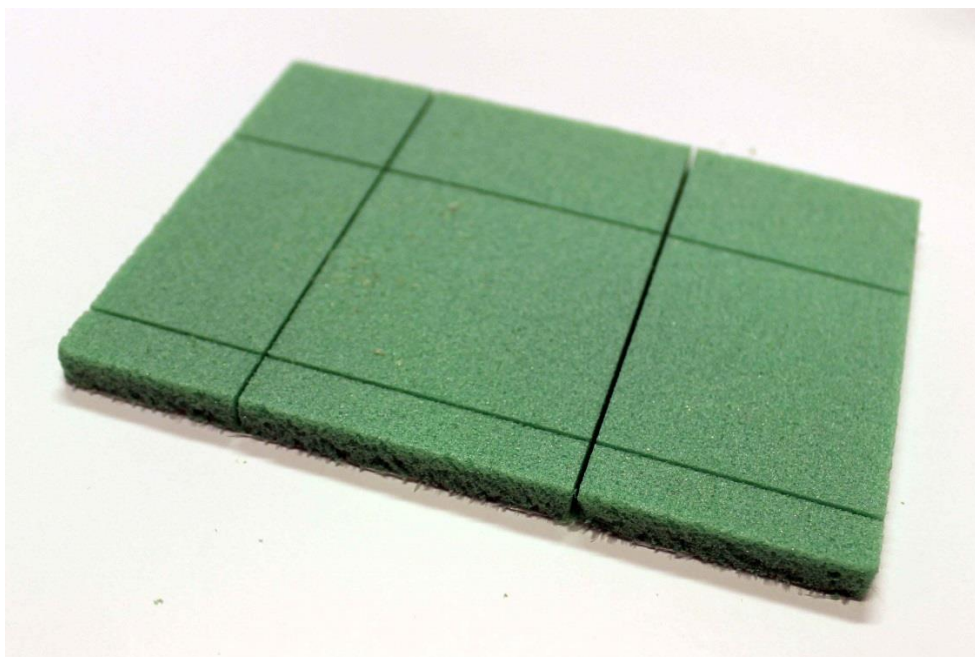


Figur 3.4 - Pressad Divinycell (marmorerad till utseendet)

Liknande tester på spånet har dock inte gett samma resultat, vilket tros bero på luftinnehållet då det nya materialet blir poröst och sprött utan någon direkt hållfasthet (Diabgroup, 2013). Vidare studier av spillmaterial har därmed beslutats genomföras av en extern part för att kunna karaktärisera det pressade materialet av briketterna, samt undersöka möjliga bearbetningsmetoder såsom extrudering och formsprutning med H60-briketter. Det är även omhändertagandet av H60 som får anses mest prioriterat i denna process på grund av sin marginella volym och de tester som kunnat utföras på materialet.

3.2.3 Materialstudier

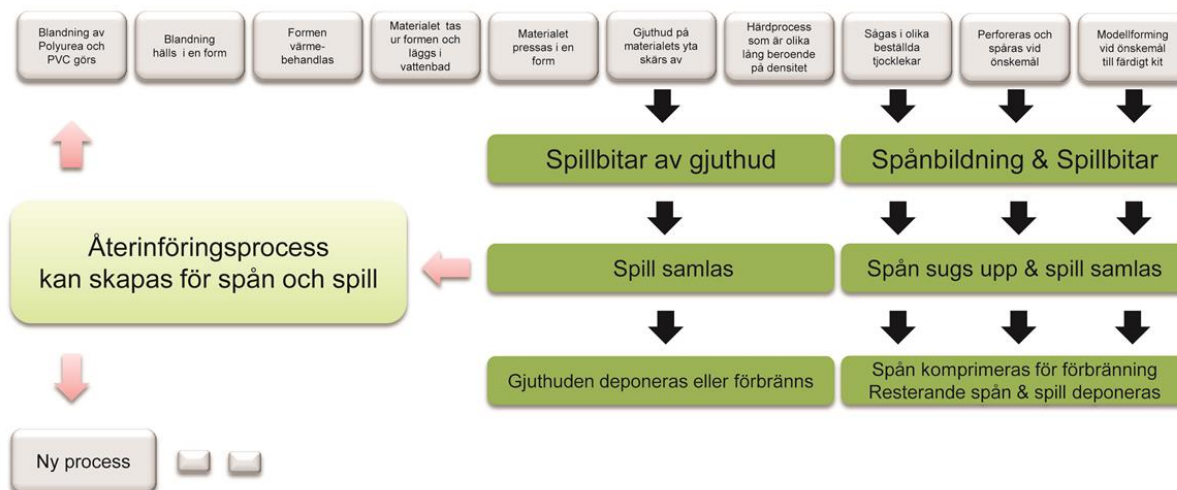
Divinycell är ett kompositmaterial med inneslutna celler och tillverkas av termoplastisk PVC och tvärbunden polyurea samt polyeten. Själva blandningen genomgår flertalet steg för att få just de egenskaper som gör Divinycell fördelaktigt i form av styrka kombinerat med lätthet (Diabgroup, 2013).



Figur 3.5 - Spårad Divinycellskiva av typ H60 (densitet 60kg/m³)

Bland lättviktskompositier står materialet ut med sin låga vikt i kombination med styrka, vilket gör att materialet kan användas för att skapa beståndskraftiga kompositioner i såväl båtar som flygplan, vindkraftverk och i flertalet andra industrier. Att materialet består av tvärbundna polyureamolekyler, polyeten och PVC skapar styrka och seghet i kombination med god vatten och väderbeständighet. Inga övriga tillsatser finns i materialet vilket gör att materialet rent i sitt innehåll (Diabgroup, 2013). Materialet återfinns illustrerat i *figur 3.5* ovan.

All tillverkning och bearbetning av huvudprodukten sker i DIAB's fabrik genom ett antal processteg för att skapa den speciella cellstrukturen. Efter att materialet gjutits och ytbearbetats till färdiga block sker utsågning i olika dimensioner, spårning, perforering samt eventuellt skapandet av färdiga modellsatser via CNC-system. Detta kan också ses tydligare i form av spår i *figur 3.5*. Det är i dessa processer som spillmaterial uppkommer, samt i såpass stora kvantiteter att de inte bara kan skickas till förbränning utan måste deponeras (Diabgroup, 2013).



Figur 3.6 - Process, spillmaterialsflöpp

Spånet förekommer i olika utföranden, beroende på vilken variant av Divinycell som sågats har det exempelvis olika densitet. Sågning, fräsning och perforering sker i olika batcher, varvid spån från olika Divinycellvarianter aldrig blandas internt utan behålls separerade. Av den totala spånbildningen går 40 procent att häröra till H60. Spånet tas upp med stora insugsmaskiner som i sin tur transporterar det direkt från uppkomstplatsen via rör i taket till en uppsamlingspåse. DIAB väljer sedan att antingen komprimera spånet till briketter för att optimera transporten från fabriken och för förbränning, alternativt skicka det tillsammans med övrigt spill direkt till deponi.

Då materialet idag innehåller PVC är det avsevärt mycket svårare att omhänderta och återinföra eftersom klorinnehållet i PVC gör att salsyra bildas vid förbränning. Detta motsätter att stora mängder kan förbrännas och materialet packeteras därför till briketter för att brännas i mindre mängder tillsammans med annat avfall. Det material som inte kan brännas deponeras istället på Laholms soptipp. Båda metoderna är mycket kostsamma för företaget, och varje år måste mellan 1000-1500 ton spill deponeras och brännas. Anledningen till att frågan med spillmaterial nu väckts beror på att DIAB önskar finna en mer hållbar lösning. Kombinationen av höga kostnader i miljonbelopp per år för omhändertagande av spillmaterial i form av förbränning och deponering, samt allt jämt ökande miljökrav bidrar till ett intresse att finna ett möjligt applikationsområde för Divinycellspån. Det innebär även höga kostnader för miljön på sikt att lägga stora mängder spill på hög.

3.2.3.1 Processanalys och studiebesök på Swerea IVF

Under det inledande mötet med Swerea IVF beslutades att företaget skulle skicka en offert för att testa de pressade plattorna som DIAB tagit fram med hänsyn till materialets hållfasthets-, termiska och kemiska egenskaper. De skulle dessutom undersöka möjligheten att ta fram ett compound av Divinycell-spånet utblandat med annan PVC för att försöka formspruta det eller extrudera det, alternativt ta fram ett granulat vilket är en kornformig råvara, i det här fallet i plast (Nationalencyklopedin, 2013). Diskussioner

som fördes handlade mycket om Divinycells komplexa uppbyggnad med både härdplast i form av polyuretan och inblandad termoplast i form av PVC. Med tanke på kvarstående luft och tvärbunden polyurea, är en omformning tillbaka till skum inte möjlig. Divinycell innehåller även minimalt med tillsatser, så även mjukgörare, som spelar en avgörande roll för resultatet vid extrudering eller formsprutning av materialet. Detta gäller särskilt formsprutning, då det skulle innebära för högt motstånd för verktygets skruv, att pressa fram det icke mjukgjorda materialet. Ytterligare en komplikation som ansågs nödvändig att ta i beaktning är utvecklingen av saltsyra som är ett resultat vid uppvärmning av Divinycell. Uppstår saltsyra i verktygen innebär detta korrision som är direkt skadligt för dem. Därmed finns behovet att framställa ett compound av Divinycell utblandat med ett annat material med mjukgörare och som kan tillsättas i lämplig mängd utan att försämra materialegenskaperna. Möjligheten för DIAB att granulera i sin fabrik för vidare transport, diskuterades även då problemet med materialets låga densitet i spånform återkom. Efter avslutat möte genomfördes en rundvandring i labbet.

Efter besöket och offert erlagts beslutade dock DIAB att låta ett annat företag genomföra samma typ av tester. INEOS i Stenungsund, som DIAB tidigare varit i kontakt med kring plattorna och spånet valdes att fortsätta samarbeta med.

3.2.4 Kravspecifikation

I samråd med DIAB sammanställdes en kravspecifikation. Krav som ansågs vara av betydande vikt för projektet var att produkten som planeras att tas fram är möjlig att återanvända, återvinna eller på annat sätt återinföras i livscykeln efter uttjäning. Den skall dessutom produceras enligt DIAB's tidigare formulerade krav enligt ISO 14001 och uppfylla för produktkategorin gällande standard och lagstiftning. Vidare skall den inte användas i miljöer där det föreligger risk för brand samt ha jämförelsevis höga kvalitetskrav och tillverkas för lång hållbarhet. En aspekt som ansågs mindre viktig och inte nödvändigtvis behövde specificeras ytterligare var krav på att produkten skall vara möjlig att producera *in house* hos DIAB. I förekommande fall kan det snarare vara önskvärt att outsourca tillverkningen av en tillämplig produkt. I övrigt framhöll DIAB vikten i att kravställa och specificera så lite som möjligt i den mån det är realiserbart för att inte utestänga eventuella lösningsförslag. Tabellen kan ses i sin helhet nedan i *tabell 3.1*.

Tabell 3.1 – Kravspecifikation över spillmaterialet

Kravspecifikation
<i>Tekniska krav</i>
Skall uppfylla de tekniska krav som sedan tidigare finns på produkten enligt standard och gällande lagstiftning
Skall vara möjlig att demontera
Bör minimeras i antalet delar
Bör minimeras i antalet materialvarianser i komponenterna
<i>Miljömässiga krav</i>
Skall gå att återvinna, återanvända eller på annat sätt gå att återinföra i livscykeln efter uttjäning
Skall produceras med avseende på ISO 14001 och de 55-skallkrav som DIAB formulerat
<i>Sociala krav</i>
Skall inte användas i miljöer där det föreligger risk för brandfara
<i>Estetiska krav</i>
Bör ha lämplig grad av estetik för tillämpningsområdet
<i>Underhåll och reparationskrav</i>
Skall bestå av utbytbara delar
Skall medge reparationsmöjlighet för att skapa så lång livstid som möjligt
Bör vara mycket lätt att reparera och underhålla för brukaren
<i>Kvalitetskrav</i>
Skall produceras mot så lång livslängd som möjligt
Skall ha höga kvalitetskrav gentemot gällande branschstandard och i jämförelse med liknande produkter
<i>Produktionskrav</i>
Bör tillverkas med så få processteg som möjligt
Skall dokumenteras i en slutgiltig rapport för examensarbetet
Skall dokumenteras under eventuella tester och prototypbygganden för att underlätta för fortsatt produktion
<i>Volymkrav</i>
Skall fokusera på att innefatta så stor del som möjligt av det produktionsspill som finns att tillgå
<i>Kostnadskrav</i>
Kostnad för tillverkning och process gällande energi- och resurstillgångar skall vara lägre än ursprungligen
Kostnad för tillverkning och process gällande energi- och resurstillgångar skall vara lägre än för deponi
<i>Tidskrav</i>
Bör leverera det färdiga konceptet i slutet av maj
<i>Bör-krav: En bedömning är möjlig av hur väl utvärderingskraven uppfylls</i>
<i>Skall-krav: Realistiskt, absolut och mätbart. Utelämnar utrymme för tolkning i den mån det är möjligt</i>

3.2.5 Utvärdering av inledande brainstorming

Efter att på nära håll varit i kontakt med materialet kunde konstateras att flera av de förslagna applikationsområdena är orimliga, bland annat skosulor, tält och hjälmar. De förslag som ansågs applicerbara togs vidare till en för projektet eget utformad matris, vilken återfinns i BILAGA 3. Genom att förslagen ställdes mot varandra med utgångspunkt ur de krav som listats i kravspecifikationen framkom att olika typer av mattor samt väggpaneler lämpade sig extra bra. Anledningen till detta var främst att få processteg krävs för tillverkning samt för att de är demonterbara, enkla att vid behov byta ut uttjänta delar och relativt lätta att återinföra i livscykeln då de förbrukats. Sämst lämpade ansågs förslag så som kyl, frys och andra elkomponenter. Detta berodde i stor utsträckning på att de innehåller många processteg och är svåra att föra tillbaka in i livscykeln efter uttjäning i sin tur.

3.3 Slutsats av analysfas

Under materialanalysen framkom att problematiken med spillmaterial kan häröras till bearbetningsmetoder som förekommer efter att materialet har tillverkats och när formning skall ske. Spillet förekommer i bitar, som gjuthud samt som spån vilket också är det största problemet. Av spånet är det framförallt spån av H60 som förekommer, och det är även briketter gjorda på det spånet som gett bäst resultat vid tester av pressning i DIAB's pressar. Därmed finns möjligheten att använda H60 i en återinföringsprocess, antingen genom att ta tillvara på spånet och använda det som det är i en ny applikation eller genom att bearbeta spånet och på så sätt skapa en ny typ av material såsom i de pressade plattorna. De pressade plattorna i sin tur har nackdelen att vara tillverkningsmässigt energiineffektiva som det är idag, och därmed skall andra produktionsmöjligheter undersökas av INEOS i Stenungssund. Även karaktärisering av plattorna skall ske för att se hur dess egenskaper förhåller sig till liknande material på marknaden.

Utifrån den fakta som getts kring materialet kunde de egenskaper som ansågs vara viktigast för materialets användning och produktionsmöjligheter listas. Det är dessa egenskaper som fokus kommer ligga på i det fortsatta arbetet med att hitta en passande produkt för materialet. Dessa kan ses nedan i *tabell 3.2*.

Tabell 3.2 - De viktigaste materialegenskaperna

Viktigaste materialegenskaper	Kort beskrivning
Isolerande förmåga	Divinycell har utmärkt isolerande förmåga likt PVC, vilket är huvudbeståndsdelen (75%)
Renhetsgraden i spånet	Spånet samlas direkt i fabriken i påsar och komprimeras även där till briketter, inga tillsatser finns i Divinycell såsom mjukgörare
Väderbeständighet	Materialet tål vatten och vind bra, bleknar dock i solljus likt ren PVC
Produktionsmöjlighet	Möjligheten att pressa plattor med H60 vilket gjorts med goda resultat

Isoleringsförmågan tros vara något högre i spånet än i plattorna eftersom det fortfarande innehåller inneslutna celler (Diabgroup, 2013). Dock bör plattorna isolera bra på grund av PVC-innehållet på 75 procent.

Att väderbeständighet ansågs så viktig är för att PVC-innehållande material länge varit omdiskuterat i inomhusmiljöer på grund av saltsyrebildningsrisken vid eventuell brand. Därmed var väderbeständighet en egenskap som motiverade att en produkt istället skulle kunna tillverkas för utomhusbruk trots att materialet möjligen bleknar något.

Renhetsgraden var väldigt viktig, eftersom många material som tillverkas idag innehåller mjukgörare och stabilisatorer som kan vara hälso- och miljöskadliga. Även att spånet aldrig behöver lämna fabriken eller blir förorenat på något sätt i uppsamlingsprocessen motiverade att det är rent att använda till återvinning.

Produktionsmöjligheten att kunna pressa materialet till plattor ansågs väldigt viktig, dels för att det var det test som gjorts med gott resultat utav flertalet metoder och dels för att det öppnade möjligheten att kunna använda såväl spån som plattor för flertalet olika applikationer. Fler produktionsmöjligheter planeras att vidare undersökas.

Slutsatsen ifrån dessa definierade egenskaper blev att de talar för att hitta en produkt som kan användas i en miljö där det inte föreligger förhöjd brandrisk med tanke på att saltsyrebildningsrisken förekommer, samt där den isolerande förmågan är viktig. Vidare ansågs materialet också behöva leva upp till de krav som definierats i kravspecifikationen för att skapa en så långsiktigt effektiv produkt som möjligt ur miljö-/ekonomisk-/resursförbrukning-/samt produktionsmässig synpunkt.

4. Produktvalsfas

Efter att materialet definierats utifrån dess egenskaper och förutsättningar kunde på så sätt en studie av möjliga tillämpningsområden ske. Eftersom tillverkningsmöjligheterna är begränsade, utgår därmed produktvalsfasen ifrån materialets viktigaste egenskaper och kravspecifikationen som skapats kring materialet med branscher som är relaterade till originalprodukten Divinycell likväl som passande branscher för PVC-innehållande material.

4.1 Metod

Utifrån de förutsättningar som kom fram under analysfasen påbörjades en produkttypsevaluering. Flertalet av de förslag som framkom under den inledande brainstormingen kunde med ökad kunskap om materialet elimineras vilket medförde att nya produktförslag behövde genereras fram. Det ansågs viktigt att det under produktvalsfasen användes både kreativa och undersökande metoder och att de i kombination med varandra skulle ge bäst resultat. Därmed beslutades att göra en idégenerering tillsammans med en marknadsundersökning.

4.1.1 Kreativ marknadsanalys

För att finna lämpliga produkter att tillverka i materialet produktionsspill av Divinycell genomfördes något som valdes att kallas kreativ marknadsanalys. Inledningsvis identifierades fem områden som ansågs befinna sig i det segment där materialet visat sig passande vad gäller materialegenskaper, allra främst väderbeständighet. De områden som valdes ut var byggnadsindustrin, marinindustrin, sport och friluftsliv, det offentliga rummet samt trädgård. Flera av dessa är även industrier som DIAB redan är etablerade inom vilket också ansågs passande.

Inom respektive område gjordes en marknadsanalys. Denna gick till så att produkter på marknaden som tillverkas i material med egenskaper liknande de som pressat Divinycellspill förväntas inneha identifierades och studerades. Särskilt fokus lades på produkter som ansågs fördelaktiga att tillverka i återvunnet Divinycellspill. Detta kunde till exempel vara genom att produkterna adderades ett mervärde i form av den karaktär av miljömedvetenhet de skulle få om de tillverkades i återvunnet Divinycell istället för alternativet. Det var även viktigt att kartlägga om produktförslagen och deras marknad ansågs passande för den volym av material i form av produktionsspill som årligen finns att tillgå. Detta för att det vore orimligt att ta fram en produkt vars marknad är för stor eller för liten för antalet produkter som är möjliga att tillverka. Det är överlag även viktigt att ha en god kännedom om marknaden för den produkt som slutligen väljs att konceptutveckla. Bland annat studerades vilka konkurrenter som finns och hur de jobbar, vilka kunder som attraheras av produkten och hur de betar sig samt hur de befintliga produkterna är tillverkade och utformade.

Parallellt med den undersökande marknadsanalysen utgjordes även arbetet i den här fasen av idégenerering kopplad till det resultat som framkom genom undersökningen. Detta yttrade sig till exempel så att produktförslag som framkom genererade idéer på

andra produkter som skulle kunna anses lämpliga och detta medförde även att marknadsanalysen tog nya riktningar.

4.1.2 Utvärdering av möjliga produkttyper

Slutligen, då flera produkttypsförslag tagits fram och beskrivits, genomfördes en utförlig utvärdering. Liksom vid utvärderingen av den inledande idégenereringen togs här fram en anpassad utvärderingsmatris med de förutsättningar projektet ansåg viktiga, bland annat punkter ur kravspecifikationen och de viktigaste materialegenskaperna hos Divinycell.

4.1.2.1 Viktigaste materialegenskaperna

Eliminering av produkter som inte hade de viktigaste materialegenskaperna i tillräcklig utsträckning ansågs vara av stor vikt. Egenskaperna är essentiella eftersom de får anses vara huvudargument till varför materialet kan tillämpas i en produkt jämfört med ett annat material. De motiverar på så sätt materialets relevans för produkten.

4.1.2.2 Återvinningsmöjligheter

Återvinning av materialet var en mycket viktig punkt som formulerats på flera olika sätt i kravspecifikationen. Viktigast var generellt skallkraven, vilka produkten måste leva upp till och med fokus på att också leverera enligt börkraven. Om en produkt inte lever upp till börkraven eller bara gör det delvis, är det bättre att satsa på den eller de som håller måttet i flertalet av kraven rimligtvis.

4.1.2.3 Volym material

Produkter eliminerades också mot den volym material som finns årligen att tillgå. Här låg fokus på att skapa sig en uppfattning kring hur marknaden för produkterna ser ut idag, hur mycket material de omfattar för produktion, hur framtiden ser ut för produkten och om det är behov av att blanda in annat material i den volym som finns att tillgå. Flertalet produkter eliminerades därigenom, eftersom de krävde inblandning av andra material som gjorde att råmaterialets renhet äventyrades, att produktens marknad ansågs vara för stor-/småskalig samt att dess framtid inte var i enighet med volymen material som finns att tillgå per år ifrån DIAB.

4.1.2.4 Produktens livscykel

För att nå en ökad hållbarhet ställdes en fråga genomgående i projektet. Nämligen, hur kan produkten ges lång livstid och dessutom återinföras i en ny livscykel, som en ny applikation, efter att den blivit uttjänt? Genom den frågeställningen eliminerades produkter som inte ansågs möjliga att återinföra på ett effektivt sätt. Skulle en sådan materialåtervinning inte vara möjlig skulle den nya applikationen endast fördröja det problem som idag råder för spillmaterialet, vilket inte var önskvärt.

Vidare så är livslängden ett säljargument i flertalet hållbara applikationer, och att maximera den i jämförelse eller enighet med konkurrerande produkter motiverar till varför kunden väljer en produkt gjord i Divinycellspill istället för alternativet.

4.1.2.5 Ny spillbildning

Fortsättningsvis sattes krav på att det inte får bildas en stor del nytt spillmaterial vid produktion av produkten. Hur man förebygger detta är såklart något som är av stor vikt eftersom om samma mängd spill fortfarande åstadkoms i mängder om 40 procent av råmaterialvolymen löses ett problem genom att skapa ett annat. Projektets mål är att skapa hållbarhet i alla led av produkten, och därmed uteslöts produkter som fortsätter generera spillmaterial.

4.1.2.6 Möjlig produktionsmetod

Också den produktionsmetod som används i produkten var ett kriterie för att ytterligare smalna av produktomfånget. Som utgångspunkt har projektet haft förutsättningarna att arbeta med pressade plattor, briketter och spån. Plattor är egentligen den enda bearbetningsmetod idag som gett fullgott resultat i experiment i DIAB's egna pressar även om fler metoder tros kunna tas i bruk med materialet (Diabgroup, 2013). Andra metoder för att bearbeta materialet har diskuterats under hela projekts gång, framförallt extrudering och formsprutning har ansetts vara intressant, men på grund av att dessa ännu inte kunnat testas med gott resultat utesluter det i det här läget den typen av produktion. Huvudargumentet är här att produkten skall vara realiserbar, därmed väljs en beprövad produktionsmetod. Efter att det beslutet tagits kvarstår produkter som kan produceras med pressat eller icke-bearbetat material.

4.1.2.7 Sammanfattande utvärderingsmatris

De olika produkterna sammanställdes därefter i en tabell för att utreda vilka produkter som återstod, hur de stod sig gentemot varandra gällande uppfyllda krav, samt hur allvarligt det var för material och produkt i kombination att just det kravet inte uppfylldes. Återvinningskategorin delades här upp för att specificeras som demonteringsbarhet och regleringar för materialet. Även kravet på ytfinish inkluderades.

Ett röd-gul-grön system sattes upp för att symbolisera hur väl produkten lever upp till varje specifikt krav. Röd symboliserade här att produkten knapp/inte lever upp till kravet, gult att kravet delvis är uppfyllt och grönt att produkten anses kunna leva upp till kravet i hög grad.

4.1.3 Val av produkttyp

Två typer av produkter kunde identifieras vara mer lämpliga än de andra utifrån utvärderingen. Dessa utreddes och formulerades ytterligare för att skapa en starkare helhetsbild för att DIAB därmed skulle kunna välja den typ av produkt som de ansåg lämpade sig bäst. Väl på återbesök i Laholm kunde därmed en slutgiltig produkttyp väljas med hjälp av tre representanter ifrån företaget inom områdena miljö, försäljning och kemi för att skapa en så god och omfattande evaluering som möjligt.

4.2 Resultat av produktvalsfas

Möjligheten att applicera materialet finns i många produkter, men initiiellt avsmalnades marknaden genom att välja ut fem branscher som utmärkte sig lite extra ur materialsynpunkt. I dessa kan produkter med goda isolerande egenskaper och beständighet återfinnas där renheten i materialet är ett extra plus. De är även relaterade till de branscher där DIAB idag har sin verksamhet. De produktkategorier som framkom viktades mot kravspecifikationen för att se huruvida de mötte kravbilderna som skapats för materialet tills endast en produktkategori kvarstod.

4.2.1 Kreativ marknadsanalys

En marknadsanalys med tillhörande idégenerering genomfördes med flertalet goda produktidéer inom fem individuella kategorier som skapats utifrån DIABS befintliga segment samt var passande ur materialsynpunkt.

4.2.1.1 Byggnadsindustrin

Man kan se en tydlig trend av att använda PVC-innehållande material inom flertalet byggnadsindustriområden. Dock har återanvänd PVC diskuterats. Bristande termisk stabilitet har gjort att exempelvis PVC från återvunna kreditkort inte kunnat användas enligt rådande EU-standarder eftersom det är känsligare än jungfruerligt material (Garcia, et al. 2007). Därmed har försök gjorts där man gjort inblandningar med ABS och SAN-plast i PVC:n. ABS i kombination med PVC ger hög slagstyrka och termisk stabilitet, medan SAN och PVC ger bättre vädertålighet och brandsäkerhet (Garcia, et al. 2007). Även gummiinblandningar med PVC ger en god slagstyrka, såkallad PVC-U. Dessa kan användas i såväl byggnadsindustrin som möbler (Hassan, Haworth, 2006).

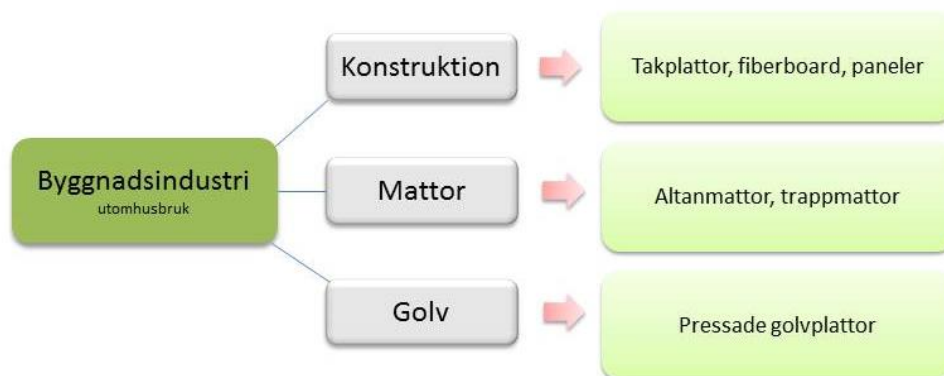
Därmed skulle byggnadsprodukter eventuellt kunna tillverkas med inblandningar av Divinycellspån, för att på så sätt förstärka materialet och modifiera fram önskvärda egenskaper. Då PVC-innehållande produkter har en benägenhet att tappa färg och sprödnas efter tid i utomhusmiljöer är det möjligt att blanda in andra material för att skapa den egenskap som produkten kräver. Upp till 50 procent av plastinnehållet kan bytas ut mot annan termoplast i kombination med PVC (Hegberg, Brenniman, Hallenbeck, 1992). Därmed kan färgriktighet, tålighet och värmotålighet modifieras.

Då man gärna gör inblandningar med PVC i flertalet produkter kan man tänka sig många tillämpningar där Divinycellspån kan utnyttjas. Inom konstruktionsmaterial som byggnadsplattor, paneler, fiberboard, samt i artificiellt trä skulle Divinycellspånet kunna agera som isolator och tillföra styrka. Idag tar Europeiska företag återvunnen PVC och blandar ut upp till 10 procent i nya takpaneler, vilket därmed skulle kunna testas (Chanda, Salil K. 2009). Dock med potentiellt andra egenskaper än rena PVC-inblandningar på grund av kvarstående polyurea och polyamid i Divinycellspillet. I fiberboard skulle inblandning med Divinycell och träfiber vara en möjlighet, och på så sätt förstärka träfibret med Divinycellen. Detta skulle därmed bli en ny typ av konstruktionsmaterial som skulle kunna användas i såväl byggnader som möbler.

Även i golv och skyddsmattor såsom på lekplatser skulle inblandningar med Divinycellspån möjligen kunna ske. Undersöker man exempelvis företaget Kilands mattor's hemsida kan flera olika mattyper identifieras, bland annat altanmattor och halkskydd för trappor. Dessa är i sin tur idag tillverkade i syntet eller polypropen (Kilandsmattor, 2013). Ser man istället till utbudet hos företaget "RUUGS" som också tillverkar mattor kan man urskilja att de istället valt att tillverka liknande mattor med polypropen samt med en undersida i PVC vilket därmed skulle kunna vara en möjlighet (Ruugs 2013). Antingen skulle rent Divinycellspill eller en inblandning tillsammans med jungfruerlig PVC kunna vara aktuellt.

Vanligtvis består mattor av ett underlag mot golvet, en mellanyta och som sedan fästs mot en överyta (Bieser et al. 1998). Vanligtvis tillverkas mattan genom tvättning av fiber, extrudering i flera steg för att vidhäfta fibrer mot underlaget vilket därmed skapar en tuftad yta med en underyta som skapar högre friktion.

Byggnadsindustrin kartlades mer överskådligt genom att nedan i *figur 4.1* dela in varje produkt i produkttyp såsom konstruktionsmaterial, mattor och golv, för att sedan som kan ses till höger precisera hur materialet skulle kunna användas.



Figur 4.1 - Kartläggning över potentiella byggnadsindustriprodukter

4.2.1.2 Marinindustrin

Ett problem inom båtindustrin har sedan länge varit användandet av regnskogsträ i däck och detaljer såsom lister, vilket man använder då andra träslag inte är motståndskraftiga mot skeppsmask (Sivrikaya, H. et al, 2012). Användandet av träslag så som teak och mahogny leder till fortsatt regnskogsskövling vilket är ett hot mot ekosystemet. Ett alternativ är därmed att byta ut regnskogsträ mot artificiellt trä, vilket därmed blir såväl underhållsfritt som motståndskraftigt mot skadeinsekter (Sivrikaya, H. et al, 2012). Dessutom läcker materialet inte skadliga kemikalier så som de som kan användas idag för att skydda trädäck.

Den här typen av material tillverkas idag bland annat med PVC, för att på så sätt skapa ett beständigt och motståndskraftigt material. Ofta är det också återvunnet material som ytnyttjas idag, vilket talar för en marknad som har intresse i reuse-material. Detta anses vara goda förutsättningar för att kunna tillämpa Divinycell i en sådan applikation.

En typ av artificiellt trä som idag finns på marknaden är "Better Than Wood" som tillverkas av företaget BTW Industries Inc i USA. Med enbart återvunnen plast har de lyckats åstadkomma samma effekt som med trä i fråga om sågbarhet, skruvbarhet och formbarhet. Artificiellt trä absorberar inte heller vatten och produkten "Better Than Wood" har en beräknad livslängd på 50 år (Baker, 1994). Infärgning kan vidare ske i ton med regnskogsträ så att effekten blir likvärdig för ögat. På företagets hemsida kan man läsa om de olika varianterna och där visas det artificella träet i räcken, golv och utomhusdetaljer (Betterthanwood, 2013).

Ett annat företag som idag säljer artificiellt trä är TREX. De tillverkar PVC-inblandat artificiellt trä med 25 års garanti samt med minimumkrav på 94 procent återvunnet materialinnehåll. Varje år kan därmed 180 miljoner kilogram med spån och använd PVC undvikas att hamna på deponi i USA (Trex, 2013).

Marknaden för artificiellt trä har haft en tillväxt på 200 procent mellan 2002 och 2010 och det finns flertalet återvunna materialkombinationer att återfinna. Bland annat kan blandningen PVC och träfiber återfinnas som ett segment vilket år 2004 motsvarade tio till tretton procent av totala marknaden för artificiellt trä. (Manolis Sherman, 2004; Muralisrinivasan, 2010).

Inblandningar med trä och PVC går i sin tur under samlingsnamnet WPC och består vanligen av 40-80 procent träfillers. Fördelen med WPC är dess låga densitet, fuktbeständighet och låga sönderfallsförmåga. Även det kan bearbetas som ett vanligt trämaterial.

Extrudering är den vanligaste processmetoden för att ta fram produkter i WPC såsom brädor i olika dimensioner (Muralisrinivasan, 2010). Nackdelen är flertalet tillsatser i form av termiska stabilisatorer, flammskyddsmedel samt att vidhäftningsökande medel tillsätts. PVCs goda flamskyddande egenskaper minskar nämligen på grund av träinblandningen och därför adderas flammskyddande medel för att minska risken för brand (Muralisrinivasan, 2010). Vidare finns det även en risk för att syra bildas i träspånet vilket angriper PVC:n, och att PVC:n utvecklar saltsyra som i sin tur angriper trä. Detta kan dock motverkas med hjälp av dimensioneringsstabilisatorer innan compounding (Manolis Sherman, 2004).

En överskådlig figur skapades för att på sätt illustrera produktmöjligheterna som identifierats inom marinindustrin. Denna kan ses i i *figur 4.2*.



Figur 4.2 - Kartläggning över potentiella marinindustriprodukter

4.2.1.3 Sport & Friluftsliv

Något som man använt PVC i som kanske inte är så självklart är som konstgjort underlag i skidbackar. Detta tillverkas av träpanel täckt med ett ytskikt som skall motsvara 90 procent av den glidfaktor som snö och is har, med polyolefin och polyakrylplast (Akovali, 2007). Här kan man tänka sig att testa hurvida pressad Divinycell skulle kunna vara tillräckligt hårt och hållbart som material för att användas i en sådan applikation.

Beläggningar på funktionskläder är en möjlig tillämpning med PVC-innehållande material. Idag används ren PVC som skydd på till exempel skidhandskar (Jula, 2013). Även i vadarbyxor som används inom fiske är PVC tillämpat i kombination med gummi. Kan man här skapa beständiga inblandningar med Divinycellspån så kan också egenskaper modifieras så att dessa produkter blir tillämpliga.

Vidare tillverkas flertalet olika skor med termoplastiska kombinationer där bland annat PVC ingår (Akovali, 2007). Framförallt som tygbeläggning även där. Anledningen att PVC-innehållande material är funktionellt i denna typ av applikationer är pågrund av sin isolerande förmåga; dels för att hålla ute väder och vind men också för att innesluta värme i funktionskläder, skor och andra applikationer. Med 75 procent PVC-innehåll anses därmed Divinycell kunna vara applicerbart för att uppnå goda isolerande egenskaper i sådana produkter.

Vanligtvis när man talar om kläder delas dessa upp i kläder som andas och kläder som isolerar. Kläder som isolerar tillverkas för att vara vindtåliga, vattentåliga och värmande. Där fungerar PVC-material idag som ett skyddande ytterlager likt i regnkläder (Ashish, 2007). PVC kan dock vara känslig mot extrem kyla i sådana applikationer och är lösningsmedelkänsligt.

Sammanfattningsvis kunde därmed två olika produktvarianter identifieras utifrån Sport/fritid, vilka preciseras ytterligare till höger nedan i *figur 4.3*. Att dessa anses lämpliga är pågrund av en bred marknad med många möjligheter.



Figur 4.3 - Kartläggning över potentiella sport och fritidsprodukter

4.2.1.4 Offentliga rummet

Det ställs höga krav på material som används i det offentliga rummet för att människor kommer i kontak med det där. En möjlig applikation för återvunnet Divinycell i den offentliga miljön är som konstruktionsmaterial i lekplatser. Det kan vara allt från klätterställningar till gungor och markläggning. Det är dock av yttersta vikt att

materialet inte innehåller några farliga tillsatser och kemikalier som tas upp av barnen som leker på lekplatsen och som sprids till omgivningen. Det är extra viktigt att materialet inte innehåller några ftalater som är förbjudet i leksaker och barnavårdsartiklar och omskrivet i Reach, förordning (EG) nr 1907/2006, BILAGA 4, punkterna 51 och 52 (Kemikalieinspektionen, 2011).

Enligt Big Toys Green Playground Solutions™ är det även utan ftalater inte lämpligt att använda sig av PVC i lekplatsapplikationer. Detta till största del på grund av de konsekvenser det innebär vad gäller saltsyrabildning då en lekplats eldhärjas, vilket tyvärr kan förekomma bland annat på grund av vandaler som ser det som ett attraktivt mål (Big Toys, 2013).

I Laholms kommun jobbar man med att utveckla och skapa enhetlighet i stadens miljö. I deras centrum-program jobbar de bland annat med att långsiktigt förändra och byta belysning, bänkar, papperskorgar och skyltar. Särskilt de två senare förslagen skulle kunna vara tänkbara applikationer för det återvunna materialet Divinycell. Papperskorgar särskilt framtagna för Laholms kommun skulle vara ett exempel, liksom pressad Divinycell som konstruktionsmaterial vid tillverkning av nya skyltar (Laholms Kommun, 2011).

Strax utanför Laholm flyter ån Lagan, var företaget Sydkraft (idag Eon) började bygga kraftstationer för att underhålla staden med vattenproducerad el i början på 1900-talet (Laholms Kommun nr2, 2011). Detta innebar att laxen som tidigare haft sina lekplatser där slogs ut. Istället anlade företaget en laxodling. Ett sätt att i mindre skala kontrollera vatten utan att påverka den omgivande faunan är med hjälp av så kallade flytväggar. En sådan produkt har bland annat tagits fram av företaget Järven Ecotech (Järven Ecotech, 2013). Flytväggen används i en stor variation av olika applikationer så som lakvattendammar, dagvattenrening, sjörestaurering och processvatten. Produkten flytvägg beskrivs bäst som en ridå med flytkraft upptill och sänke nedtill och används för att skapa olika typer av barriärer i vattnet och för att möjliggöra olika uppehållstider i dammar (Aktietorget, 2012). Ursprungligen tillverkas flytväggarna i PVC men ett samarbete mellan det Svenska miljöföretaget Sorubin och Ecorub AB har resulterat i att en ekologisk flytvägg av återvunna bildäck tagits fram (Uminovainnovation, 2012).

Vad som talar emot användandet av återvunnen Divinycell är att höga krav ställs på materialet och dess egenskaper då de utsätts för mycket högt mekaniskt tryck, bland annat högt tryck, samt extrema väderförhållanden och UV-strålning (Sorubin, 2011).

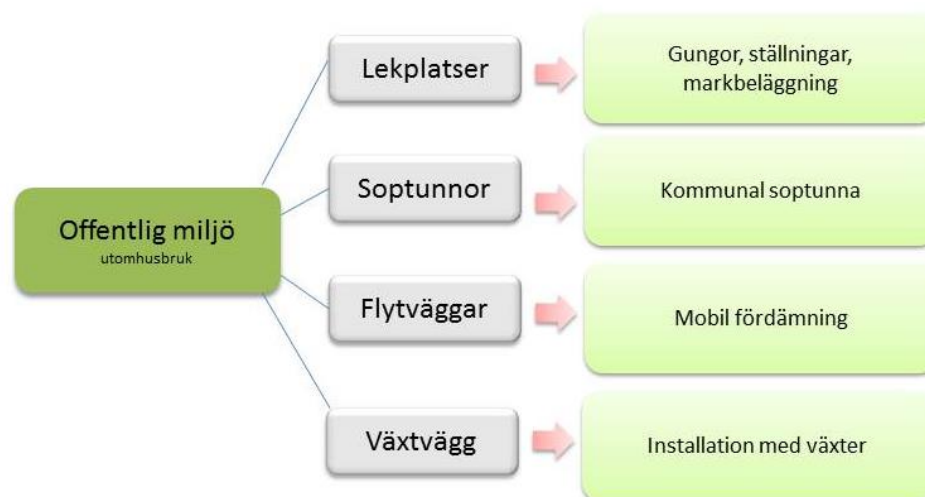
Produkten växtvägg finns idag på marknaden i lite olika varianter, och en av dem är den så kallade Hydroponiska växtväggen. Den består av tio millimeter tjocka PVC-plattor på vilka ett bevattningssystem fästs. Därpå kläs plattorna och bevattningen med tre lager fuktabsorberande väv som häftas fast. I väven skärs snitt och med hjälp av ytterligare häftklamrar bildas fickor i väven där plantor kan placeras. Detta är plantor som inte behöver något ytterligare substrat att leva i förutom väven, till exempel växter som är vana vid att leva i klippskrevor. Med tiden slår växterna rot i väven och de olika växterna

lever som i naturen sida vid sida, vilket tillåts av den öppna strukturen och att filtväven hålls konstant fuktig och fördelar vattnet jämt över ytan. I vattnet blandas näringlösning och nederst samlas vattnet upp i en ränna varpå bevattningssystemet pumpar upp det till toppen igen. Väggen kan antingen konstrueras så att den är fristående och mobil på golvet eller tillverkad med en upphängningsanordning så att den går att fästa upp på väggen. Det som talar för en växtvägg av den Hydroponiska varianten är att den väger minimalt. Total vikt för PVC-plattor, filtväv, vatten, samt plantor, beräknas bli ungefär 15 kg/kvadratmeter. Adderas även ställningen för upphängning kan vikten uppkomma till 50 kg/kvadratmeter men kan även hållas så låg som 20 kg/kvadratmeter (Höglund, S. 2010).

Det finns många andra fördelar med en växtvägg. Så som att växtväggen bidrar till en ökad luftfuktighet vilken i sig gynnar mikroorganismer som renar luften kring väggen. En halv meter från väggen kan luftfuktigheten vara så hög som 60 procent.

Placeras väggen utomhus bidrar den till att motverka urbana värmeöar och indirekt växthuseffekten. Vegetation omvandlar solinstrålning till vatten och kyler sin omgivning, motsatt fasader som tar till sig strålningen och avger värme. En gata kantad av vegetation har även femton procent lägre halt av föroreningspartiklar än en motsvarande gata utan vegetation. Väggar med växter fungerar dessutom ljuddämpande med sitt bladverk och ljudnivån kan sänkas med upp till fem decibel. Vegetationen fungerar också i sig som ett isolerande skikt för byggnaden och skyddar även fasaden mot UV-strålning (Höglund, S. 2010).

I *figur 4.4* kan en kartläggning urskiljas där produktområdena identifierats, samt med tillhörande underkategorier med hur områdena specificerats.



Figur 4.4 - Kartläggning över potentiella produkter för offentlig miljö

4.2.1.5 Trädgård

En produkt som kräver utomhusbeständighet och i vissa fall god isolationsförmåga är komposten. Såväl varm som kallkomposter finns idag att tillgå på marknaden, vanligen

med lite olika funktion, storlek, pris och användningsområde. Gemensamt är dock att samtliga är avsedda för en nedbrytningsprocess av biologiskt avfall som uppstår antingen i trädgård eller i hushållet. En genomsnittlig familj på fyra personer producerar cirka tolv liter kompost/vecka. Med den volymen är det rekommenderat att ha en kompost på minst 200 liter (Viivilla, 2005). Ju större desto bättre, eftersom värmen blir högre i en större kompost.

Att komposten kan ses som en produkt i tiden motiveras starkt av ett beslut som sedan 2005 gör det förbjudet att deponera organiskt avfall i Sverige. Många kommuner arbetar aktivt för att förbättra och utveckla komposteringsmöjligheterna runt om i landet, bland annat genom att erbjuda sänkt sophämtningstaxa för de som komposterar (Riksförbundet Svensk trädgård, 2013).

Tillverkas en kompost för trädgårdsavfall som i det nordiska klimatet lämpar sig för sommarbruk refereras denna vanligen till som kallkompost. Detta eftersom den inte isoleras ifrån kyla under vinterhalvåret, och därmed avstannar nedbrytningsprocessen när temperaturen understiger tio till tolv grader (Sörab, 2013). En vanligt förekommande lösning för kallkomposter är såkallade pallkragar. Bland annat rekommenderas denna lösning av företaget Bokashi som tillverkar kompostspannar som fungerar likt en mellanstation mellan de insamlade köksavfallet och själva komposten. Dessa spannar töms sedan i pallkragen, för att kunna fyllas på nytt (Bokashi, 2013). Kallkomposten bör vidare ha maximalt en halv centimeter luftinsläpp på sidorna för syretillförsel, samt kontakt med marken under för att maskar skall kunna ta sig in och hjälpa till med nedbrytningsprocessen (Dagens Nyheter, 2003).

I en varmkompost kan det bli så mycket som 78 grader året runt beroende på vilka mikroorganismer som befinner sig i avfallet, detta tack vare god isolation. Denna har vanligen både botten och lock med god lufttillförsel. Är komposten tillverkad av plast finns risk att värme stiger uppåt och bildar kondens i locket, vilket sedan rinner av på sidorna och gör mittdelen i komposten torr. Detta kan motverkas genom att röra om kontinuerligt, eftersom vattentillförsel är viktigt och den fukt som uppstår i avfallet bör kvarstå (Dagens Nyheter, 2003).

Det är rekommenderat att inte använda material så som tryckimpregnerat trä och icke-korrosionsbehandlad plåt i närhet av kompostavfallet, eftersom dessa material kan reagera och fälla kemikalier. Viktigt är därmed att materialet i komposten är resistent mot yttre påverkan (Dagens Nyheter, 2003).

Flera företag tillverkar idag komposter i återvunnet material, bland annat "Greenline" som säljer sina produkter till företag såsom Bauhaus. I företagets komposter och ibland deras konkurrenter är det vanligen material såsom polyeten, polypropen, trä, återvunnen termoplast och galvaniserad plåt som används som skyddande ytterhölje. Isoleringar förekommer med material såsom polyuretan, skummad polyeten, cellplast samt såkallad termoisolering (Viivilla, 2005). Termoisolering innebär i sin tur att man innesluter luft i kompostväggarna, vilket agerar som isolator.

Ett annat appliceringsområde som idag tillverkas i PVC är dukar för trädgårdsdammar, lastbils- och båtkapell, presningar, dynor, tält, grillskydd och lekkojor bara för att nämna några. Med PVC's goda UV-beständighet och formfrihet lämpar det sig bra och detta skulle även kunna innebära att Divinycell har goda förutsättningar. Vidare antas tillsatser behöva tillsättas. Med en PVC-duk ges användaren stora möjligheter att anpassa duken efter eget önskemål samt applikation och de som finns på marknaden idag förväntas hålla i minst tio år (Jabo, 2013).

Även inom detta område skapades en överskådlig figur för att ge inblick i vad som framkommit ifrån just trädgårdsindustrin, och vilka produkter som skulle kunna vara aktuella med materialet Divinycell. Se nedan i *figur 4.5*



Figur 4.5 - Kartläggning över potentiella produkter för trädgård

4.2.2 Utvärdering av möjliga produkttyper

Marknadsanalysen resulterade i att flera olika marknader kartlades med produkter som ansågs relevanta för projektets omfattning. Därmed sattes en matris samman över produkterna med fokus på att identifiera hur väl de mötte olika kriterier som ansågs vara av stor vikt för produkten vilken kan ses i BILAGA 6. De kriterier som ansågs viktigast där var att möta de viktigaste materialegenskaperna, maximera återvinningsmöjligheterna, maximera volymen material, maximera produktens livscykel, minimera fortsatt spillbildning samt med fokus på de produktionsmöjligheter som finns med materialet.

4.2.2.1 Materialegenskaper

De produkter som inte ansågs gå att uppfylla med Divinycells viktigaste materialegenskaper var:

- Mattor
- Tygbeläggning
- PVC-duk
- Lekplats

Samtliga produkter ansågs kräva för mycket tillsatser för att skapa egenskaper som var bra nog i de applikationer de skulle användas. Att tillsätta stora mängder stabilisatorer och mjukgörare i materialet anses onödigt, eftersom produktionsmetoden pressning är

fullt genomförbar utan några tillsatser. Renheten i materialet skulle därmed äventyras vilket är en av de viktigaste egenskaperna som listats.

Även att blanda upp materialet med ren råvara såsom PVC var en trolig utgång för framförallt byggplattor och lekplatser vilket gjorde att produkterna sågs som mindre lämpliga (Harper, Charles A. 2001). Inblandningar har inte testats med spillmaterialet och kan därmed inte styrkas att ge gott resultat i detta skede.

4.2.2.2 Återvinningsmöjligheter

De produkter som inte sågs som fullt återvinningsbara var:

- Artificiellt trä
- Byggplattor
- Mattor
- Tygbeläggning
- Lekplatser

Artificiellt trä faller på att det är svårt att råvaruåtervinna efter dess livstid (Harper, Charles. A. 2001). Metoder finns för att separera plast ifrån trä men är väldigt energikrävande, och troligen skulle materialet skickas till förbränning efter sin livstid. Skulle artificiellt trä istället tillverkas enbart med plastnehåll skulle det visserligen vara återvinningsbart, men istället skulle problem med att återproducera foam av spillmaterialet uppstå eftersom det enligt DIAB's materialexperten är en svår process för spillmaterialet att genomgå på grund av kvarvarande luft och tvärbindingar i materialet (Diabgroup, 2013).

Byggplattor som enbart tillverkas av materialet förväntas inte leva upp till gällande EU-standarder. Exempelvis är tio procent återvunnet material maxvärdet vid tillverkning av takplattor (Chanda, Salil K. 2009). Inblandning skulle därmed behöva ske i ett annat material, och testas eftersom Divinycellspånet innehåller polyurea och polyamidrester. Det ansågs påverka materialets återinföringsvärde som råvara, särskilt om ett material som inte var PVC användes i inblandningen.

Mattor i sig är vanligen tillverkade av flera lager med olika material, vilket gör dem svåra att återvinna (Harper, Charles A. 2001). Vet man vilken typ av plast som använts och den är ren kan mattorna malas ner till pellets och återinförs genom att uppblandas. Dock är lagren ofta gjorda i olika sorters plast. En matta av enbart spillmaterialet skulle dock kunna tillverkas, men falerar på estetiken eftersom det förekommer varianter i materialets utseende i pressat tillstånd och med viss ojämnhet i ytfinishen. Att belägga tyg ansågs ha liknande förutsättningar, men utan möjligheten att tillverka tyg enbart av materialet. Troligen skulle de röra sig om deponi eller förbränning efter produktens livscykel. Alternativt som utfyllnad i ett annat material (Harper, Charles. A 2001).

Lekplatser har höga krav på sig gällande tillsatser, estetik och säkerhet. Det pressade materialets ytfinish är inte helt jämförbar med ett rent PVC-material, samt med varianter i

färgsättning (Diabgroup, 2013). Materialet är dessutom väldigt styvt, och hade behövt blandas med ett annat material för att göra det mer flexibelt i en sådan applikation och på så sätt öka töjningsförmågan vilket därmed kompromissar med återvinningsmöjligheten. Därmed anses det inte lämpligt att applicera materialet i denna applikation.

4.2.2.3 Volym material

De produkter som ansågs ha för väletablerad marknad eller för dålig marknadspotential för att kunna uppfylla volymen av Divinycellspån per år var:

- Byggplattor
- Mattor
- Tygbeläggning
- Kommunal soptunna
- Flytväggar

Volymen material motsvarar uppskattningsvis 50 000 kvadratmeter pressade plattor med 1 centimeter tjocklek årligen (Diabgroup, 2013). Det är tillräckligt för att tillgodose byggnadsbranschen med material, men det är å andra sidan en väldigt svår marknad med stor konkurrens. Troligen skulle volymen Divinycell behöva blandas ut i annat material för att regleringarna är hårda.

Mattor finns det otaliga varianter av och det är en väldigt stor marknad för såväl offentlig som privat sektor. Den anses dock svårpenetrerad med just detta material. Tygbeläggning är också en tuff branch där det finns flertalet billiga och effektiva material att tillgå idag, och konkurrensen är hög internationellt.

Kommunala soptunnor är en intressant idé, men det är en begränsad marknad och begränsas ytterligare av materialets formbarhet. Likväl flytväggar är intressant, men är också ett smalt segment. Denna produkt skulle också troligen kräva förstärkning av andra material.

4.2.2.4 Produktens livscykel

De produkter som inte ansågs maximera produktens livscykel var:

- Artificiellt trä
- Mattor
- Tygbeläggning

Produkterna brister i möjligheten att separeras ifrån övrigt material på ett effektivt sätt, och därmed kunna återinföras i industrin återigen. De är troligt att de hamnar antingen på deponi eller ännu mer troligt förbränns vilket bara vore att fördröja det öde som Divinycellspånet redan möter.

Vidare så anses tyg och mattor ha en relativt kort livslängd, framförallt tyg.

Artificiellt trä kan ges väldigt lång livstid, men det finns stor risk att det används i applikationer där det används i en konsumtionsprodukt som slängs efter några år; till exempel golvtrall eller trädgårdsmöbler där materialet används idag och återfinns hos bland annat återförsäljaren Clas Ohlson (Clasohlson, 2013).

4.2.2.5 Fortsatt spillbildning

De produkter som ansågs bidra till fortsatt spillbildning var:

- Byggplattor

Det är väldigt svårt att uppskatta hur spillmaterial skulle kunna uppstå i de olika produkterna. Egentligen skulle det kräva mer ingående studier av varje produkt i sig. Dock kan slutsatsen dras att för att forma byggplattor ute i industrin skulle bearbetning behöva ske, vilket skulle resultera i fortsatt spillbildning. Visst spill kan dock räknas med i alla produkterna ifrån att man till exempel jämnar till kanter och former efter att de processerats.

4.2.2.6 Möjlig produktionsmetod

De produkter som ansågs ha produktionsmetoder som var svåra att applicera på materialet i ren form var:

- Artificiellt trä
- Mattor
- Tygbeläggning
- Lekplats
- Kommunal soptunna

Produkterna får anmärkning på grund utav att de sällan eller aldrig produceras med metoden pressning, och inte heller förväntas kunna tillämpas med enbart spån. Visseligen skulle spånet säkert kunna användas i många av dessa applikationer i inblandning med annat material eller tillsatser, men det är något som måste testas (Diabgroup, 2013).

4.2.2.7 Sammanfattande utvärderingsmatris

Produkter som skulle kunna tillverkas av pressat material såsom kommunal soptunna, gjutblock och mattor är dock troligen billigare, attraktivare och enklare att tillverka med extrudering och formsprutning som vald metod.

I utvärderingsmatrisen nedan i *tabell 4.1* kan ses hur de olika produkterna förhåller sig till materialegenskaperna, kravspecifikationen samt volymen material och där grön illustrerar att produkten matchar kriteriet, gul att den matchar något samt röd att kriteriet inte uppnås. Vidare information om varför varje produkt fick just den färgen kan läsas i BILAGA 6.

Tabell 4.1 - Utvärdering av produkter mot materialparametrar

Material-egenskaper	Demontering	Krav på hög ytfinish	Regleringar	Volym material	Livscykel	Fortsatt spillbildning	Produktionsmetod
Artificellt trä	Artificellt trä	Artificellt trä	Artificellt trä	Artificellt trä	Artificellt trä	Artificellt trä	Artificellt trä
Bygg-plattor	Bygg-plattor	Bygg-plattor	Bygg-plattor	Bygg-plattor	Bygg-plattor	Bygg-plattor	Bygg-plattor
Mattor	Mattor	Mattor	Mattor	Mattor	Mattor	Mattor	Mattor
Tygbeläggning	Tygbeläggning	Tygbeläggning	Tygbeläggning	Tygbeläggning	Tygbeläggning	Tygbeläggning	Tygbeläggning
Lekplats	Lekplats	Lekplats	Lekplats	Lekplats	Lekplats	Lekplats	Lekplats
Soptunna	Soptunna	Soptunna	Soptunna	Soptunna	Soptunna	Soptunna	Soptunna
Flytvägg	Flytvägg	Flytvägg	Flytvägg	Flytvägg	Flytvägg	Flytvägg	Flytvägg
Växtvägg	Växtvägg	Växtvägg	Växtvägg	Växtvägg	Växtvägg	Växtvägg	Växtvägg
Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost
PVC-duk	PVC-duk	PVC-duk	PVC-duk	PVC-duk	PVC-duk	PVC-duk	PVC-duk

4.3 Slutsats av produktvalsfas

De produkter som återstod efter elimineringen var kompost och växtvägg. De var de som levde upp till de krav och förutsättningar som givits under projektets gång, och som ansågs realiserbara efter att utvärderingen genomförts. Dessa produkter ansågs vidare ha bäst förutsättningar ur materialsynpunkt och inneha en attraktiv och långlivad marknad.

4.3.1 Kompost

Komposter används i en miljö där väderbeständighet, isolationsförmåga och renhet i råmaterialet är viktigt för dess funktion. Framförallt är det viktigt i varmkomposter med den isolerande förmågan, eftersom komposten på vintern bör hålla en temperatur på cirka 20 grader. Materialet är också rent och innehåller inga onödiga tillsatssämnen såsom mjukgörare och ftalater som det diskuteras mycket kring i PVC-innehållande produkter. Det läcker inte heller kemikalier eller tar åt sig av andra kemikalier eller processer omkring sig vilket är viktigt för att komposteringsprocessen ska kunna ske opåverkad. Materialet anses inte heller kunna påverkas av den temperatur som blir i komposten som kan uppgå till 70 grader. Divinycell har termisk stabilitet upp till 100

grader, och rekommenderas inte för användning över 150 grader vilket därmed anses vara en obefintlig risk för komposten att uppnå i sig självt. Se BILAGA 2 – Safety Data Sheet.

Vidare så kan komposten jämföras mot kravspecifikationen där den också ger gott resultat. Materialet tillämpat i produkten skulle inte utsöndra något som kan påverka biosfären negativt, under förutsättning att komposten inte hamnar i en eldsvåda. Brandrisken för komposter får dock anses vara väldigt liten och chansen att människan påverkas därmed likaså.

Tanken med komposten är också att tillverka den enligt ett modulliknande system, där delar lätt kan separeras, bytas ut, rengöras, lagas samt förvaras. Detta för att underlätta för brukaren och för att också lätt kunna omhändeta delarna efter kompostens livstid. Minimering av materialvarianser är något som kan uppnås genom att man bygger exempelvis ett ramverk för de pressade plattorna i metall där de enkelt kan placeras i för att skapa en skyddande miljö för komposteringsprocessen.

Gällande estetiken är denna av vikt, men anses inte vara av stor relevans för hur produkten är tänkt att användas. Tvärtemot kan det tänkas tilltala de redan miljömedvetna hushållen som komposterar med en isolerande kompost i återvunnet material där inte massa tillsatser adderats för att skapa färgriktighet. Att PVC bleknar vid utomhusanvändning anses också som mindre anmärkningsvärt av den anledningen.

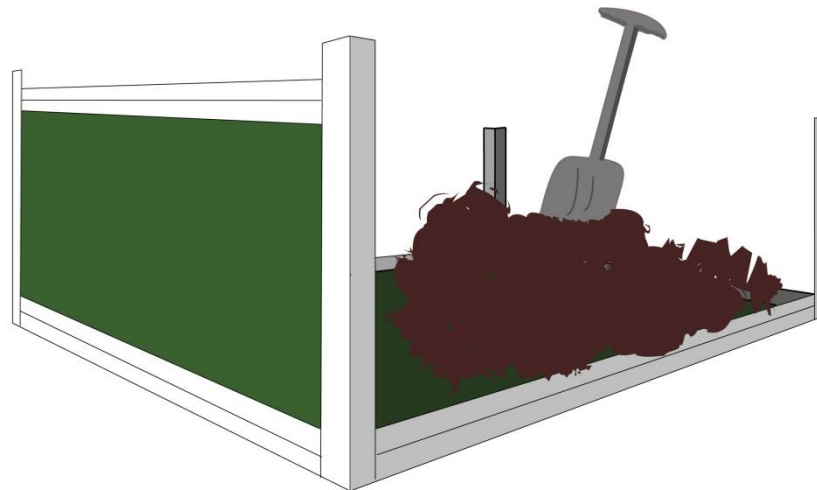
Hur få processsteg som används beror på vilket ramverk som utnyttjas för att fästa de pressade plattorna samt om extra material behövs adderas för att öka den isolerande förmågan om en varmkompost tillverkas. Lämpligen är extrudering av ramverket den process som behöver tas i bruk om inget övrigt material behöver adderas (Harper, Charles. A, 2001). Detta måste dock utredas och diskuteras med DIAB's materialexperter först. Levereras sedan delarna omonterade eller liknande är hopmonteringen en process som kan anpassas vid designen av det slutgiltiga konceptet för att kunna genomföras för hand av kunden. Därav minskar processtegen likväl eftersom inte produkten behöver monteras i fabrik.

Volymen material uppgår idag till tillverkningspotential på 50 000 kvadratmeter pressade plattor med en centimeter tjocklek per år (Diabgroup, 2013). Med en halv kubikmeter kompost på 500 liter skulle det räcka till 16 660 stycken komposter årligen. Då är även lock och botten inräknat samt fyra stycken sidor på en kvadratmeter per sida. Detta anses rimligt, då marknadsanalysen visat att en kompost brukar ligga på som minst 200 liter.

Produkten anses kunna hålla minst fem till tio år i den miljön den används i med kyla, vind, sol och regn. Om en platta går sönder i komposten, är tanken att den lätt skall kunna bytas ut och den gamla skall kunna materialåtervinnas för att bli till nya plattor. Möjligen skulle detta kunna sättas i någon typ av pantsystem för att erhålla den nya plattan till ett lägre pris.

Vid produktionsmetoden pressning används bara så mycket material som formen fyller, dock kan det bli kanter på det pressade materialet som har en något avvikande form och måste tas bort. Det är dock ett minimalt problem med förhoppning om att också det spillmaterialet kan blandas upp med det andra för att på så sätt aldrig generera spill som behöver förbrännas eller deponeras.

Produkten skulle kunna komma att se ut som i *figur 4.6* nedan om en modullösning tillämpas för att skapa en kompost.

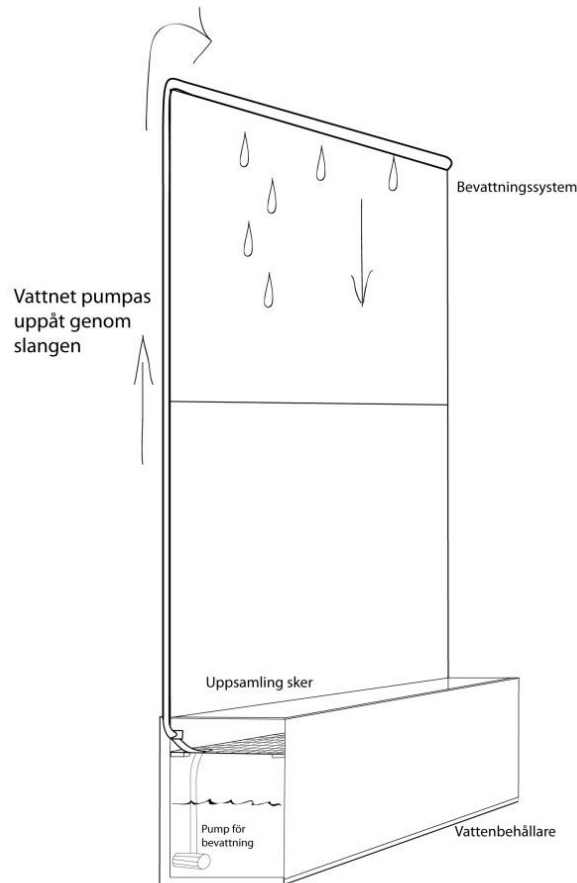


Figur 4.6 - Modulkompost

4.3.2 Växtvägg

Vertikala trädgårdar anses kunna tillverkas med de pressade Divinycellspill-plattorna som material istället för de PVC-plattor som förekommer idag. I produkten skulle materialets goda isolerande egenskaper i kombination med väderbeständighet och renhet vara en utomordentlig kombination för att skapa ett skydd mot väven där växterna placeras i. Materialets styrka och vattenbeständighet förväntas klara de 15-20 kilogram per kvadratmeter som en växtvägg uppmäts väga vid total montering (Diabgroup, 2013).

Produkten förväntas också leva upp till de krav som satts i kravspecifikationen. Produceras den likt de vertikala trädgårdar som finns på marknaden anses den vara relativt lätt att demontera men med möjligheten att förbättra detta. Antalet delar varierar beroende på om bevattningssystemet kopplas till ett centralt inlopp och avlopp eller har egen pump med tank, men de är delar som är lätta att separera ifrån varandra, se *figur 4.7*. Ramverket byggs lämpligen i metall idag där PVC-plattor sedan fästs. Ovanpå monteras bevattningssystemet. Sedan täcks detta med filt som fästs mot plattorna med häftpistol. I filten placeras därefter plantorna i rader.



Figur 4.7 - Växtvägg med tillhörande bevattningssystem

I dagens växtväggar behöver inte PVC-plattorna ha någon hög grad av ytfinish eller färgriktighet då de inte kommer att synas bakom växtligheten. Det viktiga är att de fyller sin funktion i själva produkten som isolator mellan växtlighet och vägg, samt bibehåller sin styrka och väderbeständighet över tid.

Produkten kan tänkas gå att använda i såväl inomhus som utomhusmiljöer med olika växttyper för olika ändamål. Brandrisken och därmed risken för saltsyrabildning får dock anses vara väldigt liten med tanke på bevattningssystemet men skall undersökas närmare.

Efter produktens livscykel separeras väven från ställningen och materialåtervinns. Precis som med komposten består processstegen av pressning för väggplattorna samt troligen av extrudering av ramverket i metall. Bevattningssystemet måste analyseras separat och tas därmed ingen större hänsyn till i detta skede. Djupare analys kan därmed komma att ske om DIAB väljer idén med vertikala trädgårdar för vidare konceptutveckling.

Volymen material som uppgår till 50 000 kvadratmeter plattor á en centimeters tjocklek är här beroende av växtväggens storlek, vilken kan alterneras efter kundönskemål.

Ponera att en vägg i modell mindre tillverkas på 3x3 meter. Då skulle uppskattningsvis 5 550 växtväggar kunna tillverkas per år.

Som beskrivet under avsnittet om kompost så förväntas inte pressning av materialet generera någon större spillmängd, och förhoppningsvis kan det lilla spill som bildas när man jämnar ut kanterna på det pressade materialet direkt återinföras i samma process.

4.3.3 Presentation av produkterna för DIAB

En presentation över de två olika produktförslagen växtvägg och kompost hölls för DIAB. Det framkom att komposten anses vara en produkt som visserligen skulle vara isolerande, men skulle kräva ytterligare isolationsmaterial som varmkompost. Ett alternativ skulle kunna vara att isolera produkten med företagets Divinycellskivor, men det ansågs trots detta vara en svår produkt. Mycket på grund av att de pressade Divinycellplattorna är starka men spröda, vilket gör dem känsliga i en produkt som måste vara robust. Skulle till exempel en spade råka sättas oavsiktligt in i materialet är det tveksamt huruvida det skulle hålla. Ett elastiskt material skulle hantera en sådan aktion betydligt bättre och ändå kunna vara starkt och tåligt.

Växtväggar ansågs därmed av DIAB vara den produkt som hade störst marknadspotential. Dels för att materialet i en sådan typ av applikation är det skyddande lagret mellan vägg och växtlighet, vilket därmed gör att chansen för att utsättas för oväntade skador likt komposten är minimal. Materialet isolerar och skyddar istället ifrån baksidan. Växtväggar är en produkt man ser allt mer i Europa och flertalet projekt i Sverige har hittats där man vill öka växtligheten i det offentliga rummet för att öka mervärdeskänslan likväl som erhålla de hälsofrämjande egenskaper som produkten faktiskt bidrar med.

Fortsättningsvis vid beskrivning av pressade plattor av Divinycell kommer dessa att refereras till som Diaboard, vilket är ett namn som beskriver den nya produkt som bildas.

5. Konceptframtagningsfas

Slutligen, när en produktkategori valts för vidareutveckling, kunde en mer traditionell produktutveckling ta vid i form av att skapa ett koncept med en attraktiv produkt som möter marknad, krav och behov samt uppfyller de funktioner som en produkt av den typen bör innehålla. Alltjämt med materialets kravbild i åtanke och fokus.

5.1 Metod

Produktutvecklingsprocessen kan antingen ha som mål att förbättra och omkonstruera en existerande produkt som löser ett givet problem, eller bestå i nyutveckling av en produkt som eftersöks för att lösa ett befintligt problem. I det här projektet fanns från början varken en given produkt eller ett givet problemområde, problemet låg snarare i att det fanns ett material utan appliceringsområde. I de tidigare faserna har därför projektets fokus varit att finna en produkt eller ett problemområde för vilket det givna materialet anses lämpligt. I den avslutande fasen, konceptframtagningsfasen, började den verkliga produktutvecklingsprocessen av det mer traditionella slaget då en produkt funnits och blivit fokus för ett förbättrande och omkonstruerande arbete (Johannesson, et al., 2004).

5.1.1 Studier av växtlighet och växtväggar på marknaden

Inledningsvis brukar en produktutvecklingsprocess innebära en förstudie, där bakgrundsmaterial tas fram rörande marknad, design och teknik (Johannesson, et al., 2004). I det här projektet var den redan påbörjad då detta gjordes i marknadsstudien kring den valda produkten växtvägg.

5.1.1.1 Växter och deras behov

För en attraktiv växtvägg är det mycket viktigt att växerna trivs. Därmed valdes att studera växter som skulle kunna vara lämpliga i den här typen av produkt, samt hur deras naturliga habitat ser ut utifrån kriterierna växtlighet, belysning, bevattning, näringstillförsel, luftfuktighet, temperatur och rotmedium i syfte att skapa bästa möjliga förutsättningar för växterna. Detta gjordes genom studiebesök på Botaniska trädgården, samt genom att läsa beskrivningar av områdeskunniga för att på så sätt skapa en uppfattning kring hur man skapar bästa möjliga förhållanden för växten.

5.1.1.2 Växtväggar på marknaden

Inför utvecklingen av produkten fördjupades kunskapen genom att studera liknande befintliga produkter på marknaden och deras tillverkare. Detta gjordes genom att kontakta de olika aktörerna Green Fortune, Ambius och Veg Tech vilka anses vara de största i Sverige i skrivande stund. De gav viktig input kring hur de arbetar idag med sina produkter, hur de ser på framtiden, konkurrens, växtlighet och bevattning.

Ett antal egenskaper som i dagens växtväggar ansågs bristfälliga och som skulle kunna lösas på ett bättre sätt identifierades, för att på så sätt ge underlag till en starkare produkt. Dessa egenskaper sattes samman i en tabell och baserades på vad som uppkommit under förstudien, branschanalysen samt tidigare i produktvalsfasen. De

vanligaste växtväggarna, kassettsystemet och den hydroponiska växtväggen, var de som här utvärderades mot varandra.

5.1.2 Funktionsanalys

Efter att växtens behov identifierats och bristfälliga egenskaper evaluerats hos dagens utbud av växtväggar var det dags att ta reda på vad produkten växtvägg innebär och vilket behov den täcker för att tydligöra uppgiftens fokus och minimera missuppfattning. Detta gjordes genom att genomföra en funktionsanalys. På så sätt listades alla funktioner som en växtvägg kan tänkas behöva innebära. En funktionsanalys syfte är att så öppet och oprecist som möjligt beskriva produktens tänkta funktioner. Detta på ett sätt som inte utesluter eller antar någon specifik lösning. Funktionerna som kommer fram under metoden listas och kategoriseras. Produkten har en huvudfunktion (HF), samt stödfunktioner (SF) som kan sägas underlätta användningen av produkten och ge den mervärde. Till både huvudfunktionen och stödfunktionerna finns delfunktioner (DF) som är nödvändiga för att funktionen skall vara uppfylld (Johannesson, et al., 2004).

5.1.3 Idégenerering

Med funktionsanalysen som underlag samt kravbilden som ställts för en växtvägg utifrån den information som insamlats, påbörjades idégenereringen för att söka lösningar till de olika delfunktionerna som tagits fram. Detta gjordes främst genom brainstorming, där funktion för funktion tänktes igenom och skisser användes som kompletterande kommunikationsmedel. En brainstormings syfte är att okritiskt komma fram till så många lösningsförslag som möjligt och bygger på att gruppen inspireras av varandras idéer. Det är viktigt att ingen kritik framförs till förslagen som kommer upp, varken de egna eller andras, metoden ska generera så många förslag som möjligt och de får gärna vara orimliga idéer, dessa kan ge upphov till andra förslag och det är även eftersträvänsvärt att kombinera och komplettera idéer som förs fram (Johannesson, et al., 2004).

För att angripa problemet från lite olika vinklar valdes att utgå från de olika områdena 'växters naturliga habitat', 'mönster i naturen', 'liknande produkter eller branscher', 'hur konkurrenterna löser de olika funktionerna', 'olika typer av arkitektur med intressanta fasader', samt 'mässanordningar och deras konstruktion'. Om idétorra infann sig lades Osborns idésporrar till för att tvinga tankarna i nya riktningar. Frågor som ställdes var bland annat: Kan något omplaceras?, Kan något göras tvärtom?, Kan något ersättas av något annat? och Kan något förstoras eller förminska? (Johannesson, et al., 2004).

Då de olika delfunktionerna i växtväggen bygger på varandra och även skapar förutsättningar för varandra valdes en itererande idégenerering, där en kravbild formulerades, idéer togs fram, utvärderades och valdes för en del i taget. Den uppdelning av delar som gjordes var 'stomme', 'växtupphängning', 'bevattning', 'upphängning på väggen' samt 'modullösning'.

5.1.4 Morfologisk matris

De olika förslagen sammanställdes i en Morfologisk matris där de presenterades som lösning för varje enskild funktion. Med lösningarna mer överskådliga kunde arbetet börja med att kombinera dem med varandra och avgöra vilka som skulle kunna kombineras. Den morfologiska matrisen är bra för att den förhindrar att lösningsförslag tappas bort och ger en schematisk lättöverskådlig bild. De uppkomna totallösningarna jämfördes sedan med kravspecifikationen och analyserades utifrån rimlighet vad gäller fysikalisk och geometrisk sammansättning. Varpå osannolika totallösningar sorterades bort (Johannesson, et al., 2004).

5.1.5 Konceptförslag

De bästa förslagen från den morfologiska matrisen utvecklades vidare och konceptuella skisser togs fram. Dessa skall visa hur på bästa sätt konceptet löser alla delfunktioner, krav samt brister ur såväl produkthänseende som materialsynpunkt.

5.1.6 Slutkoncept

Slutligen valdes ett koncept som ansågs vara det mest applicerbara. Det var detta koncept som levde upp till alla kriterier angående materialkrav, kritiska egenskaper, behov samt marknad. Genom förtydligande skisser kan på så sätt detta skapa en tydligare inblick i produktens delfunktioner och dellösningar.

5.2 Resultat av konceptframtagningsfas

Varje metod som användes under konceptframtagningsfasen valdes i syfte att mynna ut i ett eller flera konceptförslag som skulle kunna lösa de problem och funktioner som produkten löser. Detta görs genom att först studera produkten ur olika vinklar för att på så sätt skapa sig en djupgående bild kring problem och funktioner. Projektet har tidigare kartlagt produkten växtvägg i viss mån i den marknadsanalys som genomförts under produktvalsfasen, varvid studien fortlöper utifrån det som framgått där.

5.2.1 Studier av växtlighet och växtväggar på marknaden

När en stor del av projektet tidigare inriktats på att göra en kartläggning av marknaden för produkten växtvägg inleddes därmed denna del ifrån en lite annorlunda vinkel. Inriktning skedde initialt mot att studera hur växtens behov uppfylls på bästa sätt, för att tydligt utreda hur man skapar ett utrymme där den kan frodas och må bra samtidigt som produkten är estetiskt tilltalande.

5.2.1.1 Växtens behov

I en applikation som en växtvägg är det viktigt att efterlikna växtens naturliga habitat i så stor utsträckning som möjligt för att på så sätt skapa vackra kompositioner som trivs och frodas. Att växten får växa naturligt utan att stressas i sin tillväxt är därmed viktigt, eftersom det annars kan leda till att denna dör (Dahl, L 2008).

Viktigt är också att återskapa de förutsättningar som växten är van vid i form av ljus, näring, bevattning, rotmedium, luftfuktighet och temperatur. De växter som lämpar sig extra bra i en sådan applikation är enligt personalen i Botaniska Trädgården i Göteborg bland annat ormbunkar, hoya, ananasväxter, orkidéer och bladkaktus. Detta för att de är tåliga växter i behov av lite substrat och klarar att leva i en miljö som efterliknar deras naturliga habitat på klippskrevor och små utrymmen. Många av dessa växter måste också kontinuerligt underhållas med gallring och beskärning, men det finns även arter såsom växten "hemtrevnad" och ormbunksväxter som är underhållsfria. Att kombinera olika växter på väggen ger den ett mysigt mosaikaktigt utseende, samt skapar vackra kontraster med mönster och färger.

Ljussättning

De växter som ofta används i växtväggar är vana vid mindre ljus eftersom de ofta växer i regnskogens underskikt där de istället utvecklar stora lummiga blad med mycket klorofyll som därav kan ta upp mer solenergi (Dahl, L 2008). Beroende på vilken växt som används och var den placeras behövs olika mycket ljus. I ett söderläge bör till exempel vissa typer av växter placeras som klarar av högre värme som bildas ifrån ljuset utifrån, medan en mer skuggbelagd yta kräver mer artificiellt ljus och blir något svalare. Att placera växter i närhet av drag såsom fläktsystem och ventilation är vanligen ingen god idé eftersom de kan vara känsligt för växten (Dahl, L 2008).

Vidare bör ljusnivån ligga på iallafall 700 LUX inomhus oberoende vilken växt som används, vilket motsvarar tolv till tretton timmars solljus om dagen (Kollega, 2008).

Detta kan åstadommas med hjälp av så kallade metallhalogenlampor och högtrycksnatriumlampor, som ger ifrån sig ljus av rätt våglängd för att växten skall kunna omhändeta ljusenergin (Dahl, L. 2008). Dessa är kostsamma, ungefär 400 kronor styck, men är väldigt hållbara (Lysman, 2013).

Näring

På en växtvägg där inget substrat används är det extra viktigt att utnyttja växtnäring för att växten skall frodas och trivas. Det finns många olika sorters näring på marknaden, men samtliga syftar till att tillgodose växtens behov av mineraler och vitaminer. Beroende på vilken typ av växt det är kan givetvis detta anpassas, till exempel finns det speciell orkidénäring. När man applicerar näringen bör man också ta hänsyn till pH-nivån i vattnet, vilket varierar beroende på var i landet man befinner sig. Detta görs genom en speciell doserare som doserar näringslösningen in i vattnet. Generellt kan man också säga att en högre nivå av näring när man precis planterar växten kan vara en god idé, eftersom den då får den kickstart som behövs (Dahl, L. 2008).

Bevattning

Hur man tillför vatten till växterna kan ske på olika sätt. Antingen kopplas bevattningssystemet direkt till ett kommunalt vatteninlopp som regleras med magnetlås. Detta används bland annat av företaget Green Fortune (Green Fortune, 2013). Alternativt kan man låta systemet vara fristående med en tank som fylls på vid behov, och där vattnet sedan pumpas upp igenom en slang. Pumpsystemet är beroende av att man fyller på vatten i systemet kontinuerligt beroende på tankens storlek samt typ av växtlighet. Förslagsvis pumpas vattnet runt i systemet med hjälp av en dränkbar pump som har färdig nivåvakt och tillkopplad timer. Dränkbara pumpar finns på marknaden från 255 kronor och då klarar de att pumpa vatten upp till fem meters höjd (Lego Elektronik, 2011). Även solcellsdrivna pumpar får anses kunna vara ett alternativ, eftersom växterna ändå behöver ha konstant tillgång till solljus. Dessa är dock något dyrare, runt 1 950 kronor för en som klarar av att pumpa upp till 2,3 meters vattenhöjd samt med uppladdningsbart batteri. Det är något att ta i beaktelse när man installerar systemet. Denna typ av pump klarar inte högre höjder och därmed bör valet falla på en elektrisk pump om en högre höjd skall nås.

Vattnet skall med fördel låtas droppa över väggen kontinuerligt, eftersom rötterna annars kan bli grova och sprida sig över väggen i jakt på mer vatten (Dahl, L 2008). Detta kan i sin tur orsaka skador på väggar och material.

Slangen som vatten och näringslösning färdas igenom behöver vanligen inte rengöras. Detta för att vattnet neutraliseras av näringslösningen som är något sur vilket därmed motverkar kalkbildning. Normalt sett håller en bevattning av denna typ för 20 års användande, och näringslösningdoseren är beräknad att hålla i ungefär tio år (Dahl, L 2008).

Rotmedium

Växter behöver inte ha ett substrat såsom jord för att kunna växa, vilket är en vanlig föreställning. Däremot behöver de ha stöd så att de får något att greppa kring. Alltså behöver växten något som rötterna kan greppa kring snarare än att det är ett substrat såsom jord. (Dahl, L. 2008). Näring kan växten tillgodose sig ändå genom näringslösning och vatten, alternativt kan rotmedium väljas med god uppsugningsförmåga för att bibehålla fuktighet för rötterna. Om ett droppande bevattningssystem installerats så behövs dock inte någon uppsugningsförmåga i mediumet alls, rötterna hålls konstant fuktiga.

Olika typer av rotmedium som finns på marknaden är bland annat lekakulor, lavasten, perlit, polystyrenkulor och plastremsor. Samtliga medium kan uppehålla näring och vätska för växten, samtidigt som de tillför en struktur för rötterna att slingra sig i. Alla material är också lätta, vilket underlättar på en växtvägg som skall vara så lätt som möjligt.

Luftfuktighet

En relativ fuktighet inomhus brukar ligga på 30-40 procent, vilket normalt sett inte ökar för att man sätter in en växtvägg. Dock ökar syresättningen i rummet vilket har en positiv effekt. Att ha för hög luftfuktighet inomhus är dessutom förknippat med att bana väg för bakterier, svampar, mögel och virus vilket leder till högre risk för hälsoproblem och problem med skador på miljön väggen placeras i (Dahl, L. 2008). Därför kan det räcka gott och väl med den luftfuktighet som råder, under förutsättning att man valt en växt som klarar leva i det förhållande som råder utöver luftfuktigheten såsom lagom temperatur och dragfritt.

Temperatur

Där växten placeras bör man ta hänsyn till vilken temperatur som råder. Om den är växlande, säsongsbetonad, stabil, varm eller kall. Vissa växter går i ide på vintern och vilar för att skjuta i höjden på våren med nya skott, medan andra föredrar en jämn hög temperatur vilket är fallet för till exempel många tropiska växter. Beroende på var växtväggen placeras kan därmed slutsatsen dras att växtligheten måste anpassas därefter.

5.2.1.2 Växtväggar på marknaden

Kontakt inleddes med företagen Ambius, Veg Tech och Green Fortune som är de största på marknaden i Sverige med växtväggar. Detta i syfte att identifiera vad de såg som för- och nackdelar med branschen, hur de såg på framtiden för produkten och dess potential samt konkurrensen på marknaden. Enligt en intervju gjord med anställd på Veg Tech ser de ljus på framtiden, men produkten har ännu inte riktigt rotat sig i allmänhetens medvetanden. De pekar på en tydlig utveckling vad gäller de kunder som efterfrågar växtväggar. När de lanserade växtväggen som produkt i sitt sortiment hörde beställare av sig som ville ha något spektakulärt, ofta en tillfällig installation. Idag är beställarna snarare de som ser den rekreativa effekten av installationen av växtlighet, så som inom

den offentliga sektorn till sjukhus och äldreboenden. Även Ambius ser att framtiden innebär en mer utvecklad marknad, samt att det är nu som produkten är i uppsving. Många företag ringer dem och undrar över produkten och de blir fler hela tiden.

Utifrån tidigare iakttagelser och det som delgets ifrån företagen och liknande branscher listades ett antal områden som dagens växtväggar ansågs bristfälliga inom samt med tillhörande typ av växtvägg.

Därmed identifierades ett antal kritiska egenskaper som i de växtväggar som finns på marknaden anses gå att åtgärda för att skapa en produkt som i större utsträckning möter marknaden. Dagens växtväggar anses vara dyrt med upp emot 10 000 kronor per kvadratmeter. Kassettsystemet som säljs av bland annat företaget Veg Tech är en intressant lösning men kräver substrat i form av jord, samt gör att växtväggen tar onödigt stor plats ut ifrån väggen den monteras mot. Företagets växtväggar går inte heller att monteras av extern part utan installeras av företaget.

Så kallade hydroponiska växtväggar med droppande bevattningssystem kan efter en tid börja lukta på grund av den filt man klär in växtens rötter i. Filten häftas fast i väggen, vilket gör att den blir onödigt svår att byta ut. Rengöring av filten är inte troligt, utan denna byts ut mot en ny efter en tid vilket skapar avfall som inte hade behövt uppstå. Även här är formfriheten begränsad och monteringen sker via företaget själva.

Genom denna studie identifierades problemen och relaterades till den typ av produkt den berör, vilket kan ses nedan i *tabell 5.1*.

Tabell 5.1 - Identifiering av brister i dagens växtväggar

Brister i dagens växtväggar			
Rengörings- möjligheter		Hydroponisk växtvägg	
Demonter- barhet		Hydroponisk växtvägg	
Lukt		Hydroponisk växtvägg	
Höjd av estetik	Samtliga växtväggar		
Behov av substrat			Kassett- växtvägg
Enkel montering	Samtliga växtväggar		
Formfrihet på väggen	Samtliga växtväggar		
Otymplig form			Kassett- växtvägg
Priset	Samtliga växtväggar		

Generellt kan man säga att fokus i dagens växtväggar ligger på att skapa en hållbar konstruktion utan krav på estetik när den är oklädd med växtlighet. Konstruktionen kräver att den är tålig, stabil och att den är ständigt grönskande. Montering av växter gör att den underliggande konstruktionen aldrig egentligen behöver synas om inte växter dör, vilket också är ett motiv till varför företag inte satsat mer på denna del i produkten utan snarare på att ha beständig växtlighet.

Den hydroponiska växtväggen har som skrivet en tendens till att lukta, vilket går att häröra till filten. Montering med häftpistol motsätter dock möjligheten att rengöra filten, och troligen blir det därmed också svårt att demontera filten ifrån väggen utan att också skapa hål och märken på ytan som den fäster i. Problemet beror på att organiskt material fångas upp i filten där det sedan byts ner och låts reagera vilket ger ifrån sig en sur lukt.

Kassettsystemet får anses ha ett problem i behovet av substrat, som i sin tur tar plats eftersom krukans måste föras in i en modul som är något bredare än krukans höjd. Växtens behov är därmed uppfyllda, men väggen upplevs som klumpig och inte så nätt som den skulle kunna vara.

Samtliga växtväggar är inte tänkta att monteras av utomstående part utan monteras av företaget självt. Mobiliteten är dock en egenskap som återfinns i andra branscher såsom inom möbelslag och butiksinredning där man snabbt och lätt kan sätta samman

en bärande vägg i flertalet former. Den hydroponiska växtväggen är inte modulariserad alls utan byggs i en form på plats. Ingen av produkterna anses enkelt kunna skapa fria och nytänkande former som också tar hänsyn till den estetiska sidan av väggen utan växtbeklädnad.

5.2.2 Funktionsanalys

En produkt som syftar lösa de problem som identifierats började ta form och detta först genom att hitta de funktioner hos växtväggen som ansågs vara essentiella för dess befintlighet. Detta gjordes i tabellform i en funktionsanalys (se figur 5.2) över produktens huvudfunktioner, delfunktioner och stödfunktioner som beskrivet i avsnitt 5.1.2.

Tabell 5.2 - Funktionsanalys för växtvägg

Funktionsanalys	
Erbjuda växtlighet	HF
<i>Inneha uppsamling av vatten</i>	<i>DF</i>
<i>Inneha cirkulering av vatten</i>	<i>DF</i>
Innebära trivsamt miljö	SF
<i>Utstråla tilltalande estetik</i>	<i>DF</i>
Medge underhåll	SF
<i>Medge byte av delar</i>	<i>DF</i>
<i>Medge påfyllning av vatten</i>	<i>DF</i>
<i>Medge byte av vatten</i>	<i>DF</i>
<i>Medge påfyllning av växter</i>	<i>DF</i>
<i>Medge byte av växter</i>	<i>DF</i>
<i>Medge påfyllning av näring</i>	<i>DF</i>
Medge monterbarhet (enkel)	SF
Erbjuda kontrollerad mobilitet	SF
Erbjuda upphängning	SF
<i>Inneha lätthet</i>	<i>DF</i>
<i>Inneha stabilitet</i>	<i>DF</i>
Innebära avskiljning	SF
Erbjuda bättre luftkvalitet	SF
Erbjuda ljuddämpning	SF
<i>Medge växten sina krav</i>	<i>DF</i>

HF: Produktens huvudfunktion
DF: Produktens delfunktion
SF: Produktens stödfunktion

Utöver de problem som identifierats i förstudien gav funktionsanalysen också en överskådlig blick på vad som produkten egentligen bör ha för att skapa mervärde utöver grundläggande funktioner som finns i dagens växtväggar. Även dessa finns därmed med i funktionsanalysen. Att medge byte av delar, utstråla tilltalande estetik och erbjuda enkel montering var framförallt de som utmärkte sig eftersom de funktionerna talar för att skapa en mobil och lättflyttad växtvägg som kan monteras enkelt utan speciell kompetens likväl som att delar lätt kan bytas ut och uppgraderas. Detta spelar också an

på liknande branscher som till exempel i mässmöbler. Detta talar för att också kunna ge produkten en bredare kundkrets då den skulle kunna användas i en sådan applikation.

5.2.3 Idégenerering

Denna del av konceptvalsfasen utgår ifrån hur man kan lösa varje funktion på olika sätt genom att titta på olika delösningar av produkten. Sammanfogade skapar dessa sedan ett helt koncept, vilket därmed ges stor frihet att kombinera.

5.2.3.1 Vad kräver växten

De växter som anses kunna användas i denna typ av växtvägg är familjerna ananas, ormbunke, hoy, bladkaktus och orkidéer efter det besök som gjorts på Botaniska trädgården i Göteborg där personalen gav råd kring att sådana växter passar extra bra i denna applikation.

Växterna behöver ha konstant tillförsel av solljus, näring, vatten samt tillgång till rotmedium. Då dessa växter som beskrivits behöver lite eller inget substrat kan de tänkas gå att plantera i medium såsom lekakulor, styrenkulor och plastremсор. Även bitar av Divinycellbriketter är en möjlighet, men med modifikationen att de är väldigt finkorniga eftersom de pressats av spån och därmed har en tendens att kunna spridas till bevattningen. Ett test genomfördes löpande i projektet där Divinycellbriketter användes som rotmedium samt med planterad murgröna. Detta ansågs kunna fungera aldeles utmärkt från växtens sida, men dock med problemet att risken för att spånet kan spridas kvarstår. Under förutsättning att man kan skapa ett kulliknande rotmedium för växten av briketterna som inte avger något spån eller kemikalier till växten är detta dock en möjlighet.

Växtens tillförsel och näring bör ske via ett droppande bevattningssystem på väggens högsta punkt, vilket låter vattnet sedan flöda fritt imellan plantorna så att det alltid finns fullgod tillförsel. Kommunalt vatten ska vara tillräckligt PH-neutralt för att näringslösningen ska se till att ingen förkalkning uppstår i slangar och pumpsystem.

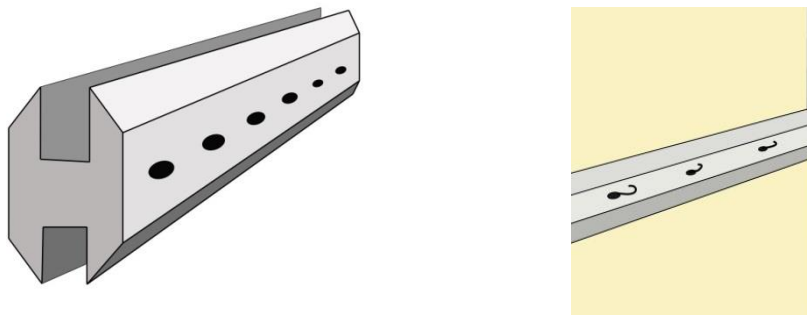
Gällande ljuset så bör det som beskrivet avge minst 700 LUX per dag vilket motsvarar tolv till tretton timmars solljus om dagen. Detta måste justeras i varje enskilt fall, vilket kan mätas med en såkallad LUX-mätare för att få en uppfattning om hur kraftig belysning som bör riktas mot växtligheten. Metallhalogenlampor är att föredra i detta fall, då de avger en trevligare rumsbelysning (Dahl, L 2008).

5.2.3.2 Kravbild för stomme

En stomme till en växtvägg behöver vara stabil, lätt och tåla vatten. Det är även av stort intresse att ta fram en som är lätt att montera själv samt är demonterbar. I stommen skall bevattning och växter kunna fästas, samt stommen skall kunna fästas på väggen. Grundförutsättningen var även att den skulle vara tillverkad i Divinycell.

5.2.3.3 Idégenerering stomme

Då Divinycell är ett sprött material togs tidigt beslutet att låta materialet utgöra så stora enheter som möjligt med en enkel form. Förslaget blev skivor i Divinycell med storleken 1x0,5 meter. För att underlätta demontering och montering skissades på olika lösningsförslag. De starkaste gällde ihopfästning genom att trä in Divinycell-skivorna i en form av list så att de fäster i varandra eller att ihopfästningen sker på baksidan av väggen i mötet mellan skivorna. Att trä in skivorna i en list ansågs starkast då det ger en bättre tätning mot vattnet som rinner längs väggen, det skyddar de spröda kanterna om de träns in i något samt skulle kunna innebära något att fästa in bevattning och växter i. Nedan i *figur 5.1* illustreras just denna procedur. Vad som talade för infästning på baksidan var att den skulle kunna göras osynlig. Efter vidare skissning på ihopfästning med list, togs I-balken fram i vilken plattorna fästs samman samt upphängning av bevattning och växter sker.



Figur 5.1 - I-balk och infäst i vägg med krokar för växtupphängning

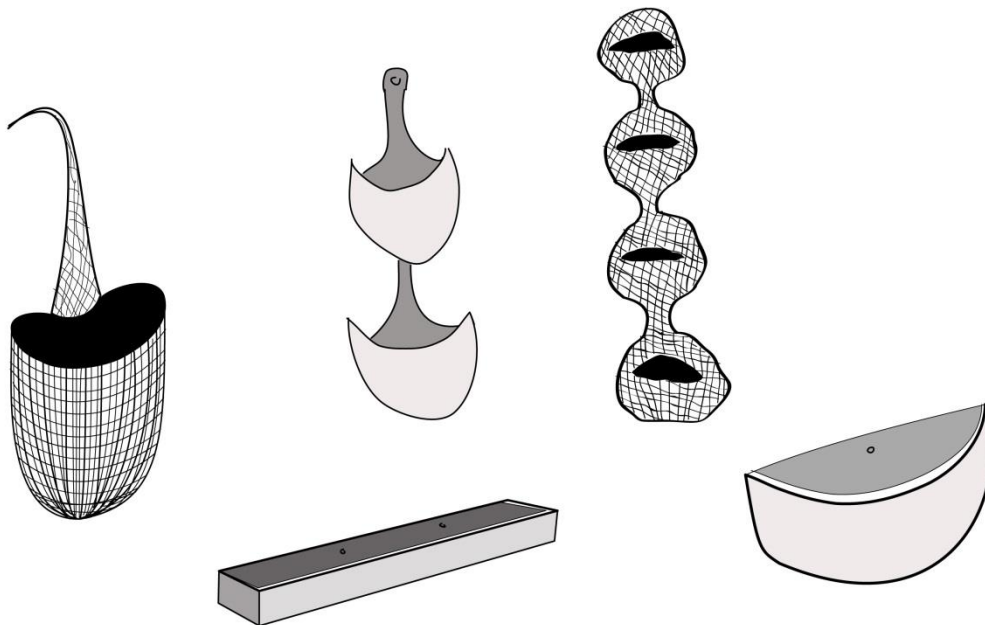
5.2.3.4 Kravbild för växtupphängning

Vad gäller växtupphängning ansågs den i så lång utsträckning som möjligt efterlikna växternas naturliga habitat. Den borde även tåla växters tyngd samt den vätska som kontinuerligt kommer tillföras. Efter att ha kartlagt de växtväggar som finns på marknaden idag fanns en målsättning att exkludera allt organiskt material som inte är livsnödvändigt för växtligheten. Växtupphängningen ansågs även behöva vara lätt till sin vikt och enkel att montera, underhålla samt demontera. Den måste även vara så öppen så att vatten tillåts rinna igenom och växter måste kunna tas ur den för att bytas. Dessutom fanns de förutsättningar som framkom i valet av stomme och motering, vilket betydde att växtupphängningen måste gå att integrera med dessa. Slutligen för att tillgodose växternas behov av rotstöd bedömdes att ett icke organiskt material antingen skulle vara en del av växtupphängningen för rötterna att rotasig i eller tillföras till den.

5.2.3.5 Idégenerering växtupphängning

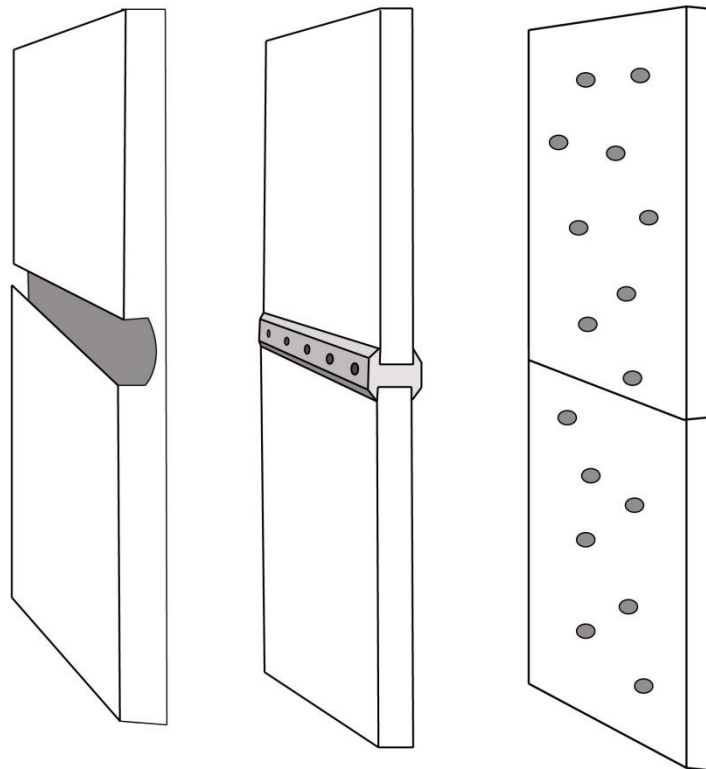
Genom att studera naturen gavs många relevanta idéer kring hur växter växer i klippskrevor, hur de kan leva med nästintill inget substrat samt ändå uppnå full grönska. Dessa idéer banade väg för koncept som ifrågasätter hur formen kan utnyttjas för att utstråla styrka och stabilitet, vilket kan hittas inom många områden i naturen såsom hexagonformade honungskakor och insektspuppor.

Många lösningsförslag skissades fram kring hur växtupphängningen skulle kunna se ut för att skapa struktur på väggen av Divinycell. Flera av dem var ampelliknande eller liknade hyllor att fästa in i väggen. Enskild ampel med krok eller en enhet med amplar för enkel uppfästning ansågs utgöra en god lösning. Rörande material för ampelmodeller kom metallnät upp till diskussion eller en icke organisk väv. Vad som ansågs tala för metallnät förutom de fördelar båda alternativen innehar så som, lätthet, att de släpper igenom vatten och tål vatten, ansågs metallnätet vara starkare och mer formbart. Flera skisser gjordes varav en med idén att forma en tub av metallnät till flera kapselformade fickor genom att dra ihop nättuben till midjor med jämna mellanrum. På detta sätt fås en växtupphängning med bra täckning över väggen. Ett annat alternativ som diskuterades var att fästa metallnätet över hela väggen liknande hur väven fästs i dagens hydroponiska växtväggar. Detta skulle innebära en god täckning över väggen men innebära mindre möjlighet att variera utseendet på väggen, samt vara mindre lämpligt ur demonteringssynpunkt. Samtliga lösningsförslag kan ses nedan i *figur 5.2*.



Figur 5.2 - Skisser för växtupphängning

Hur själva infästningen av de olika växtupphängningarna skulle fästas upp på väggen framkom flera olika lösningar. Bland annat att fräsa en skåra i Diabord-slivorna för att däri kunna hänga en ampel med anpassad krok. Ett annat förslag var att en nätampel hakas upp på väggen i krokar som är fästa på väggen med jämna mellanrum. Ett tredje var att perforera skivorna och däri kunna trycka in olika amplar eller hyllor och lådor med särskilda infästningspluggar för detta endamål. Infästningsförslag finns illustrerade i *figur 5.3*.



Figur 5.3 - Skisser för uppfästning av växtupphängning

Något som även diskuterades var att anlägga växterna i någon form av rotmedium i upphängningen. I det här fallet ansågs lekakulor, perlit, lavasten, polystyrenkulor och polystyrenremmar vara bra förslag, med tanke på materialens lätthet och att de ger rötterna tillräckligt mycket luft och vatten.

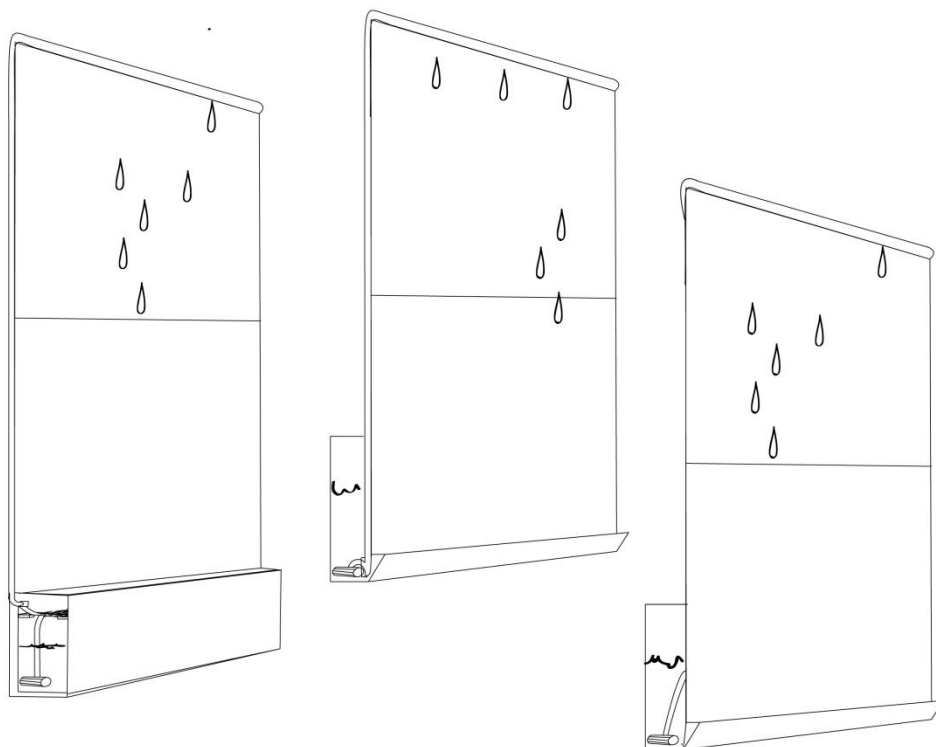
5.2.3.6 Kravbild för bevattningssystem

För att bevattningssystemet skall vara väl fungerande krävs att det innehåller den vattenmängd som växtligheten kräver för att förbli frodiga. Detta ansågs kunna lösas på två sätt. Antingen att koppla systemet till ett befintligt avloppssystem i byggnaden eller låta växtväggen ha en vattentank. Vidare måste systemet hållas cirkulerande med någon typ av pump eller liknande anordning, samt näring tillsättas. Med tanke på att det är genom vattnet växterna förses med vad de behöver bör det även i bevattningssystemet ingå en näringsdoserare. Som för enheten i stort bör även bevattningen vara lätt, enkel att montera och demontera samt ha funktioner som underlättar underhåll. Med underhåll räknades påfyllning och byte av vatten, tillsyn av pump samt näringsdoserare och möjlighet att rengöra vattenuppsamlare.

5.2.3.7 Idégenerering bevattningssystem

Att koppla växtväggen till ett avloppssystem skulle ha en något begränsande inverkan i fråga om placering av växtväggen, men skulle samtidigt innebära att en stor vattentank skulle slippa att utgöra en del av växtinstallationen. Detta har två stora fördelar, dels så kan en vattentank bli skrymmande och svår att dölja, samtidigt innebär den en betydande

extra vikt för anläggningen som skall hängas på väggen. Med i beräkningen bör dock tas att inkoppling till lokalt avloppssystem kräver extern part och detta begränsar förmågan att göra det själv, samt innebär en extra kostnad. Vad gäller cirkulation av vattnet diskuterades om någon form av kapilläreffekt skulle vara möjlig att utnyttja, samt om en eventuell pump skulle vara möjlig att driva med alternativ energikälla. Detta förslag ansågs mycket intressant men beslut togs att mer undersökande efterforskningar och test föreslås göras och att detta skulle kunna vara något att vidareutveckla. En dränkbar pump valdes därför att utgå ifrån i fortsatta idégenereringar. För inblandning av näring valdes även att titta på näringsdoserare som finns på marknaden idag med avkännare och därtill kopplad doserare. Vad gäller montering och demontering skissades på uphängning av olika slag och främst i anslutning till I-balken. Vad gäller underhåll av bevattningssystemet lades förslag fram på att placera pump och näringsdoserare så att de är lätt åtkomliga och vidare genomfördes en idégenerering för hur vattenuppsamlingen skulle medge så god skötsel som möjligt. Den idé som ansågs mest fördelaktig var att tillföra vattenrännan ett filtrerande skyddsnät i vilket växtdelar som följer med vattnet ner ansamlas. Detta skyddsnät föreslogs kunna avlägsnas för rengöring. Vidare skissades på placeringen av vattenrännan, storleken på den och därmed hur mycket vatten den skulle kunna rymma samt hur och var vattnet skulle återföras till växtväggens topp. Nedan ses möjliga lösningsförslag i *figur 5.4*.



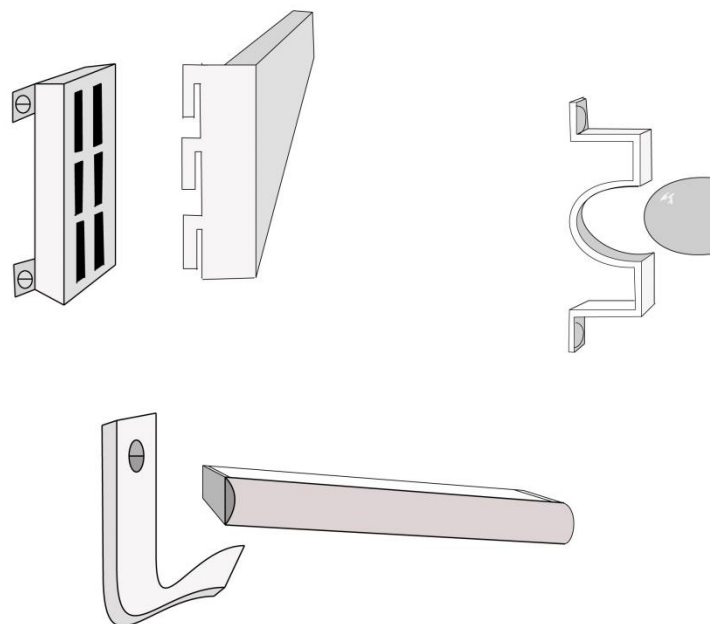
Figur 5.4 - Möjliga bevattningssystem: behållare, framsida/baksida, slang, sidan/baksida

5.2.3.8 Kravbild för väggupphängning

Väggupphängningen bör som den övriga installationen kunna göras av kunden själv. Detta ställer en del krav på upphängningsanordningen, så som att den skall vara möjlig att anpassa till alla typer av väggar, inte vara för tung samt ha en konstruktion som är lätt att förstå med om möjligt igenkännighetsfaktor från liknande appliceringar. Den skall även tåla växtväggens tyngd som kan uppgå till cirka 15 kg/m² samt vara demonterbar. För högsta estetik bör upphängningssystemet integreras så att det görs så osynligt som möjligt samtidigt som det medger utrymme för bevattningssystemet med pump, näringsdoserare och slangar mot väggen.

5.2.3.9 Idégenerering väggupphängning

I idégenereringen av väggupphängningen studerades liknande exempel på marknaden, så som montermonteringar och butiksinredning. Inom butiksinredning påträffades hängskenorna som ansågs väl lämpade till konceptet med tanke på deras standardiserade lösning, samt flexibla väggupphängning som även möjliggör montering i alla typer väggar. Hängskenor är också ett stabilt och hållbart lösningsalternativ som har goda demonteringsmöjligheter. Den största nackdelen ansågs vara att systemet innebär främst konstruktion före estetik. Därför idégenererades vidare om hur upphängningssystemet skulle kunna döljas med hjälp av olika typer av sidostycken anpassade till stommens utförande i övrigt. Förslagen som togs fram integrerades exempelvis med "I-balken" för att sedan hakas i hängskenan på väggen eller passades ihop med den utfrästa skenan för ampelupphängning. Andra förslag som också genererades fram för att fästa upp installationen på väggen var någon form av krog eller en klicklösning, så som kan ses i *figur 5.5*.



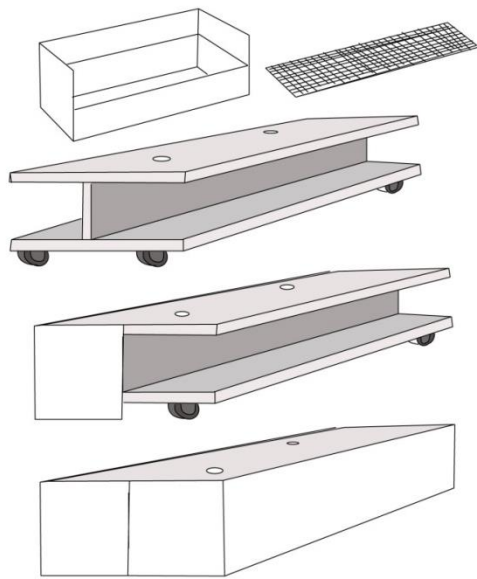
Figur 5.5 - Möjliga monteringar: väggskena, krok, klicksystem

5.2.3.10 Kravbild för mobil lösning

För en mobil lösning krävs att den är flyttbar, relativt lätt och stabil. Lösningen önskades kunna placeras både fritt i rummet eller mot en vägg och skulle således ha möjlighet att ha både en och två sidor. För att anordningen skall vara flyttbar diskuterades att den inte enbart skulle kunna flyttas fysiskt utan det skulle även innebära att den innehar den vattenmängd som krävs för att på så sätt slippa vara kopplad till ett avlopp. Att installationen består av någon slags vattentank ansågs bidra till att den behöver döljas på ett estetiskt tilltalande sätt samt optimeras för att inte bli för tung. Står anordningen fritt i rummet är det viktigt att den är stabil och att stommen har en god förankring som dessutom är lätt att montera själv. Den mobila lösningen ansågs även som i de andra fallen med växtväggen inte motsätta sig underhåll och demontering utan snarare underlätta detta. På det hela taget betraktades den mobila lösningen som en mycket mångsidig produkt som kan placeras på många olika ställen och där den placeras uppfylla vitt skilda funktioner, konstruktionen skulle med tanke på detta understödja en så flexibel användning som möjligt.

5.2.3.11 Idégenerering mobil lösning

Många av idéerna för den mobila lösningen ansågs kunna plockas från den vägghängda installationen. Särskilt vad gäller hopfästning av Diaboard-plattorna samt växt- och bevattningsupphängningen. Lösningen för väggupphängningen hämtades även den till en liknande lösning i den mobila anordningen genom att skissa på längre stag av väggfästen som föreslogs kunna monteras i bottenredet av den mobila väggen. Bottenredet skissades för att fästa hjul i på undersidan samt rymma en vattenbehållare, samt pump och näringsdoserare. Uppsamlingen av vattnet togs fram som en lösning liknande en byrålåda som är möjlig att lösgöra från anordningen och på så sätt kunna diska ur den och avlägsna växtdelar som fastnat, se *figur 5.6*. Detta skulle även underlätta tillsyn av pump och näringsdoserare. För att medge en så elegant och estetiskt tilltalande anordning som möjligt, och då med särskild vikt vid bottenredet som är svårt att helt dölja med växter, genererades lösningar för detta. Den lösning som ansågs lösa detta på bästa sätt innebar att den utdragbara vattenbehållaren förseddes med sidostycken som när den är på sin plats skapar ett enhetlig hölje.



Figur 5.6 - Förslag på bottenrede med tillhörande vattenuppsamling

5.2.4 Morfologisk matris

Olika individuella egenskaper och dellösningar för växtväggens funktioner sammanfogades därefter i en morfologisk matris (se *tabell 5.3*). Detta för att skapa en överskådlig bild kring hur man kan lösa en sammansättning av dellösningarna på bästa sätt, och därmed skapa inbördes korrelationer mellan passande funktioner. Detta i syfte att skapa starka konceptförslag genom att passa ihop de bästa av de uppkomna lösningsförslagen. Dessa kan ses inringade med rött i tabellen.

Tabell 5.3 - Morfologisk matris över växtväggens möjliga lösningar för varje funktion

Morfologisk matris				
Erbjuda växtlighet	På en vägg	Mobilt	Fristående	Hängande
Inneha uppsamling av vatten	Baksidan	Under	Ovanför	Framsidan
Inneha cirkulering av vatten	Pump	Osmos, växtens egen kraft	Uppsugningssvamp	Vattenledning Med magnetlås
Innebära trivsamt miljö	Ingen doft	Alltid gröna växter		
Utstråla tilltalande estetik	Frodiga växter	nygg estetisk form	Ljuseffekter	Vattenspel
Medge underhåll	enkel att demontera	enkel att rengöra		
Medge byte av delar	Designad för deassembly	Återinföringssystem för uttjänta delar	Standardiserad form	
Medge påfyllning av vatten	Påfyllning i en punkt ovan	Påfyllning i en punkt nedanför	Påfyllning mitt på	
Medge byte av vatten	Utdragbar bottenlåda	Lossbar låda på baksidan		
Medge byte av växter	Öppen form i växtfack	Byte av hela modulen som växten sitter i		
Medge påfyllning av näring	Genom vattenblandning	Genom pulver	Genom substrat	
Medge monterbarhet (enkel)	Hakas i	Skrivas fast	Magnetfäste	
Erbjuda kontrollerad mobilitet	Hjul på undersidan	Skenor i golvet/taket	Lätt och lyftbar	Få fästpunkter
Erbjuda upphängning	Skena på väggen	Fristående ställning	Hängande från taket	
Inneha lätthet	Få delar i produkten	Inget substrat som tynger	Ingen onödig uppsamling av vatten	
Inneha stabilitet	Stabil ställning som plattor monteras i	Förstärkt konstruktion för materialet så att det klarar större belastning	Stabil bas för den mobila lösningen	Rätt mängd infästningspunkter för produktens höjd
Innebära avskiljning	Genom mobilitet	Genom fristående placering		
Medge växten sina krav	Genom näringslösning	Genom rätt ljusmängd	Genom lämplig bevattning för arten	Genom rotstöd

5.2.5 Konceptförslag

Materialet i form av det briketterade produktionsspillet Divinycell bedömdes bäst lämpat för att utgöra stommen i konceptet. Därför utgicks ifrån den produktionsmetod som med goda resultat visat sig tillämpningsbar på materialet, nämligen pressning, för att tillverka plattor i dimensionen en gång en halv meter med en centimeters tjocklek. Dessa plattor, som har getts namnet Diaboards, är något gulbeiga till färgen då det är den som naturligt blir vid användandet av ofärgat Divinycellspill.

Genom att sammanfoga de delösningar som visualiserats i idégenereringen till olika koncept skapades två förslag som kändes mer realistiska än de andra: Koncept A och Koncept B. En av anledningarna till den avvägningen var att upphängningen i dessa byggde på en redan standardiserad konstruktion såsom i garderober och i butiksinredning, vilket motiverar att det kommer hålla även i en växtvägg och göra denna stabil. Det ansågs viktigt att själva monteringen var stabil, eftersom Diaboards elastiska egenskaper gör det känsligt att ha materialet som det är i en bärande konstruktion enbart gjord av materialet.

Vidare ansågs standardiserade hängen också göra växtväggen mer prisvärd och på så sätt kunna attrahera en bredare marknad med tanken på det höga priset hos konkurrenterna. De delar i konceptförslagen som därmed måste tillverkas specifikt för detta system är en skena där Diaboarden kan placeras för väggburet system och som amplar kan infästas i, en bevattningsmodul som förser systemet med vatten ovanifrån, samt en ampel som innesluter växten och hängs på skenan. Övriga delar anses kunna köpas in från redan befintliga lösningar såsom standardiserad väggskena, vattenuppsamlare, näringslösningdoserare, metallhalogenbelysning, magnetvattenlås, vattenslang, dränkbar pump, rotmedium och växter.

En mobil lösning har också undersökts vilket är önskvärt att ha med som en sidolösning till det koncept som väljs. Genom att skapa ett fundament som vald vägglösning kan fästa i ges mobilitet för konceptet. Inuti fundamentet är tanken att en vattenbehållare innesluts, för att på så sätt kunna pumpa vatten på plats utan att behöva tillgång till in- och utlopp. Detta sköts automatiskt med en dränkbar pump som också förser systemet med näringslösning.

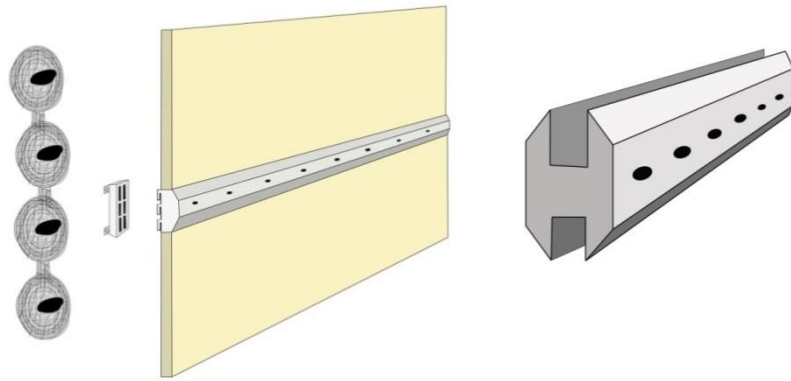
Vattenbehållaren är tänkt att vara utdragbar för att lätt kunna rengöras. Under fundamentet sätts hjul för att kunna förflytta växtväggen dit man så önskar. Beroende på vilket koncept som väljs i utvärderingen kommer den mobila lösningen att utvecklas vidare, men med förutsättningar som beskrivet.

5.2.5.1 Koncept A

Det första konceptet bygger på att en hållbar konstruktion fästs mot väggen med hjälp av väggskenor. Dessa är härdade och starka, samt håller för större belastning än vad som kommer krävas av växtväggen á 15-20 kilogram per kvadratmeter. Det gör konstruktionen stabil. Dessa fästs med skruv och plugg i vanlig betongvägg samt träregel, och med gipsexpander för gipsvägg. Hängskenorna är inte bärande utan gör att växtväggen hålls upprät genom att skapa stöd bakåt.

Mellan varje Diaboard finns sedan en sammanfogande skena som specialdesignats för att placera plattan i vilket gör att kanter skyddas mot påfrestning. Detta anses vara en mycket god idé eftersom materialet är sprött och framförallt kan utsättas för sprödbrott i kanter. Detta har också konsulterats med lärare på material och konstruktionsavdelningen på Chalmers, och torde vara en mycket användbar lösning. Varje skena kan innesluta en Diaboard på 1x0,5x0,01meter både upp och nertill.

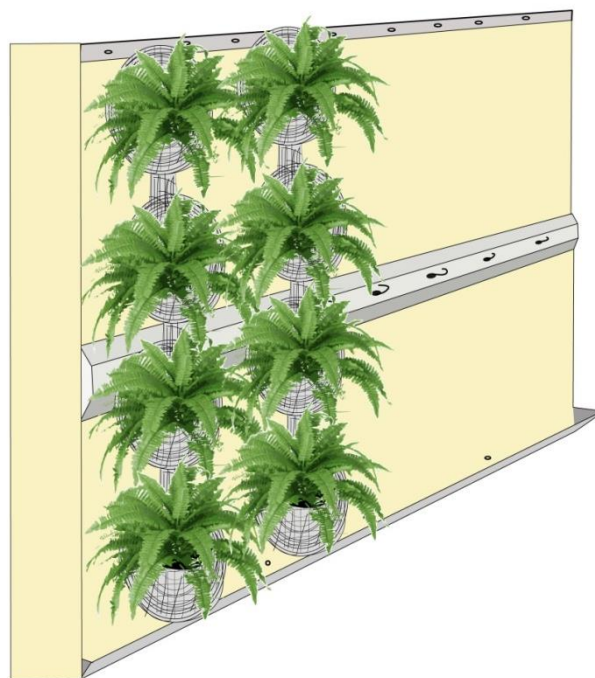
I skenans framsida fästs sedan infästningsskruv för att kunna montera växtamplarna. Skenan bör ha vanliga standardiserade hål för rostfri galvaniserad skruv där även rostfri infästningsskruv med ett krokavslut fästs. Detta för att kroken ska haka i amplarna och bära upp dem. Amplarna som valts i detta koncept är de kapselliknande nätamplarna, där ett hål kan ses på framsidan (se *figur 5.7*). I hålet placeras rotmedium såsom vulkansten, perlit samt lecakulor för att växten skall trivas och få den näring och vätska den behöver. Nätet i sin tur är såpass finmaskigt att det ger rötterna såväl stöd som ser till att mediumet inte kan läcka ut i bevattningen.



Figur 5.7 - Plattor monterade i skenan för upphängning av hängampel, skenan till höger



Figur 5.8 - Bevattningsystem överst, avslutningslist för dold konstruktion till höger på bilden



Figur 5.9 - Monterat väggburet system för växtlighet

Vidare skall bevattningen monteras i överkant på systemet, såsom kan ses i *figur 5.7*. Genom att tillverka en överlist som fördelar vattnet över systemet blir det såväl mer estetiskt tilltalande som funktionellt, eftersom ingen slang behövs monteras direkt på ovansidan. Därmed riktas också allt vatten direkt framåt. På baksidan av överlisten finns en slangkoppling som slangen fästs rakt in i likt en traditionell vattenspridare. Slangen är sedan kopplad till det vanliga bevattningssystemet där ett tidsinställt magnetlås automatiskt bevattnar väggen kontinuerligt med droppeteknik. Detta har visat sig vara en väl fungerade metod vilket genom utredning visat sig användas av företaget Green Fortune med gott resultat. Till bevattningssystemet kopplas även en näringsdoserare som förser växterna med den näring de behöver.

Uppsamligen av vattnet sker sedan på framsidan av väggen i en ränna, och rinner in på baksidan där det går en slang till avlopp. Delarna där vattnet ansamlas går att demontera och rengöra vid behov, men det är mest för att ge möjligheten då systemet bygger på att de skall vara i monterat tillstånd.

Från kanten sett kommer hela systemet att sticka ut några centimeter på grund av behållaren på baksidan, se *figur 5.8* på föregående sida. Därmed måste den delen döljas, vilket också skyddar plattorna och väggen bakom ytterligare. Detta görs i konceptet genom att en kantbit tillverkas med samma standardiserade infästning som till skenan, vilken sätts i ytterhålen på den väggmonterade infästningen. Om man önskar bygga ut systemet kan man istället använda ytterhålen i infästningen för att montera nästa väggskena som på så sätt bygger ut väggen och gör den bredare. Eftersom kantbiten är löstagbar, så går det att göra i efterhand också om så önskas (se *figur 5.9*).

När allting är monterat kommer systemet att ha automatisk bevattning, växtlighet som går att montera och demontera efter önskemål, uppsamling för vatten, tillförsel av näringslösning, tillförsel av solljus, skydd för Diaboard-kanterna, samt insynsskydd för de synliga kanterna för att systemet skall vara mer estetiskt tilltalande samt att växtrötter inte skall skjuta in bakom väggen. Ljuskälla tillförs och monteras efter behovet på plats, vilket måste undersökas i varje enskild installation beroende på vilken typ av växt som används för att växtens behov skall tillgodoses. Den slutgiltiga monteringen kan ses tydligare illustrerad på föregående sida i *figur 5.10*.

5.2.5.2 Koncept B

I det andra konceptet s fräses spår i Diaboards för att däri kunna trä en skena i metall. Skenan agerar sedan som upphängningsanordning för växtamplor. Dessa träs i skenan genom att haka i ampeln i det spår som bildas, och hängs därmed på plats, vilket kan ses på nästa sida i *figur 5.11*.

Varje skena installeras med 25 centimeter avstånd i höjddled, lämpligen kan detta göras i en skarv mellan två Diaboards som isåfall tillverkas á 1*0,25*0,02m. De anses behöva vara något tjockare för att inte bli alltför känsliga i kanterna, därav tjockleken på 2 centimeter. Skenan fästes förslagsvis genom att skruvas in i materialet och kräver att ett spår kan fräsas ut i Diaboardsen för att skapa den rätta anpassningsprofilen.

Vidare är konceptet tänkt att för väggmontering kunna fästas med en ihakande anordning på baksidan för att hålla växtväggen stabilt placerad. I övrigt byggs delarna på varandra genom att sammanfoga materialet med skenan och på så sätt skapa höjd.

Bevattningen sker ovanifrån likt föregående koncept med en specialtillverkad anordning som ansluts med slangkoppling på baksidan och distribuerar vattnet på framsidan över väggen. Denna ansluts också till vanligt kommunalt vatteninlopp samt avlopp. Vattnet samlas sedan upp på framsidan i en ränna, och skickas sedan till avloppet. I vattnet doseras också näringslösningen direkt i vatteninloppet, precis som i konceptet Koncept A.

Amplorna har vattenhål på undersidan, så att vattnet alltid rinner nära väggen och inte stänker eller hamnar utanför rännan.

På sidan om monteringen så uppstår ett litet glapp mellan växtväggen och den vanliga väggen som den placerats mot. Detta för att monteringen mot väggen, pumpen samt slangen tar lite plats. För att dölja detta tillverkas kantbitar som går att trä in på sidan in i skenan där de klickas fast. På så sätt skapas en dold konstruktion. Samtliga dellösningar visualiseras i *figur 5.12* på nästföljande sida.

Fördelen med Koncept B är att individualitet skapas genom att man antingen kan täcka väggen helt med flertalet amplor, eller helt enkelt sprida ut dessa och skapa en växtlig vägg där amplorna syns och är estetiskt tilltalande. Dessa kan förslagsvis färgas i olika färger, och rekommenderas att kombineras ihop med olika växtlighet för olika rumstyper.

När systemet slutligen monterats är systemet självförsörjande i sin växtlighet (se *figur 5.13*). Det förses kontinuerligt med näring, solljus och vätska. Amplorna kan hängas hur man vill, samt innesluta den typ av växtlighet man vill, om det så är dekorativ växtlighet för att täcka en vägg eller mer praktisk växtlighet såsom en örtodling eller liknande.



Figur 5.11 - En skena skapas direkt i materialet för att kunna trä i växtamplar



Figur 5.12 - Bevattningssystem samt infästning för dold konstruktion sedd till höger

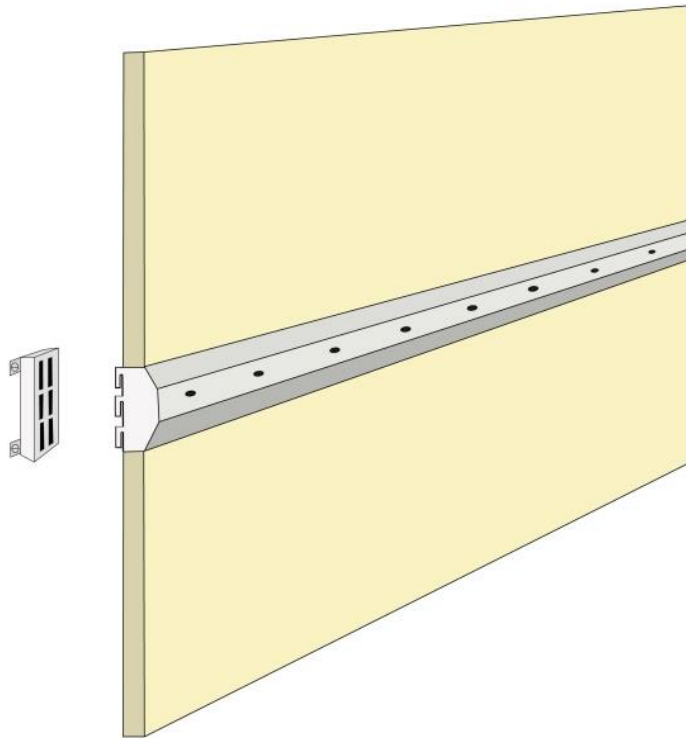


Figur 5.13 - Färdigmonterat väggburet system

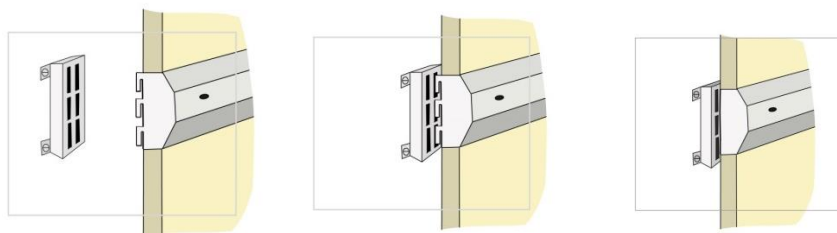
6. Slutkoncept - DiaSphere

Diaboard är ett material som tagits tillvara och gets möjlighet att bli något annat, något hållbart. Växter påminner oss om det levande i en allt mer materialiserad värld och de innebär rekreation och avkoppling när den urbaniserade verkligheten tränger sig allt närmare på. Dessa element är därmed en mycket lyckad kombination som tillsammans utstrålar omvårdnad och liv.

Konceptet i ett material som finns tillgängligt, är tänkt att skapa mervärde på en plats där växtlighet inte har ett självklart utrymme eller där efterfrågan finns att exponera växtlighet på ett inte lika förutsägbart sätt som i en kruka. Det faktum att diaboard är ett material som tagits om hand och valts att materialåtervinnas, adderar bara ytterligare till detta mervärde. Till majoriteten av växtväggen behöver inget nytt material produceras och däri belasta naturens resurser. I fallet med Diaboard formpressas spillmaterial från tillverkningen av Divinycell-skivor till plattor som fästs samman och bildar stommen i växtväggen, vilket ses tydligt illustrerat nedan i *figur 5.14-5.15*.

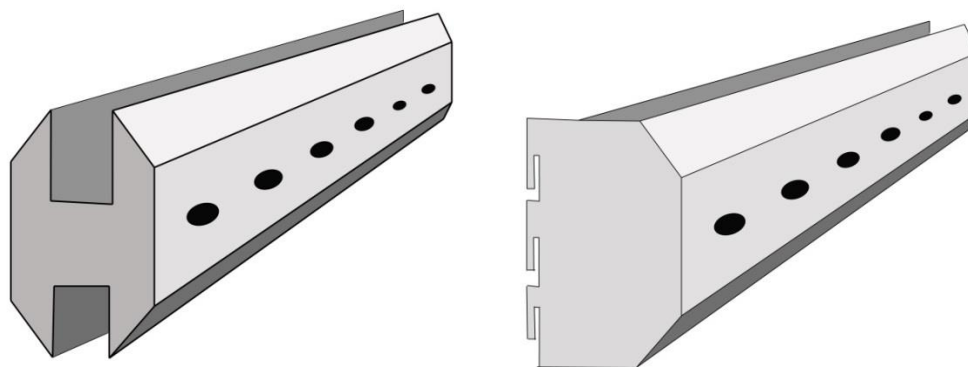


Figur 6.1 - Stomme av Diaboard



Figur 6.2 - Infästning i väggen

Stommen är enkel att foga ihop till den höjd och bredd som önskas med "I-balkar". De ser även till att vattnet rinner längs framsidan av väggen. I skenorna finns fästeanordning för upphängning på väggen eller i den fristående mobulen (se figur 5.16). På framsidan sitter krokar i skenorna som gör det möjligt att fästa växter och vattenanordning.



Figur 6.3 - "I-balken" som fäster ihop Diaboard-skivorna

Det är lätt att fästa upp växterna på väggen tack vare nätkapslarna. En tub av nät har dragits åt på olika nivåer för att på så sätt skapa utrymme där emellan att placera växterna direkt i ett icke organiskt rotmedium. Nätet bidrar till att konstruktionens vikt reduceras i kombination med att det är ett starkt och flexibelt material. I växtväggen blir växterna den enda levande materialen och detta förhindrar dålig lukt och innebär ett lägre underhållsbehov.

Rotmediumet väljs för att ge växten den stadga den behöver för rotsystemet, för att ge syre åt rötterna och absorbera tillräcklig mängd vätska. På marknaden idag finns flera olika icke organiska material att tillgå för just denna applikation och som lämpar sig i denna produkt.

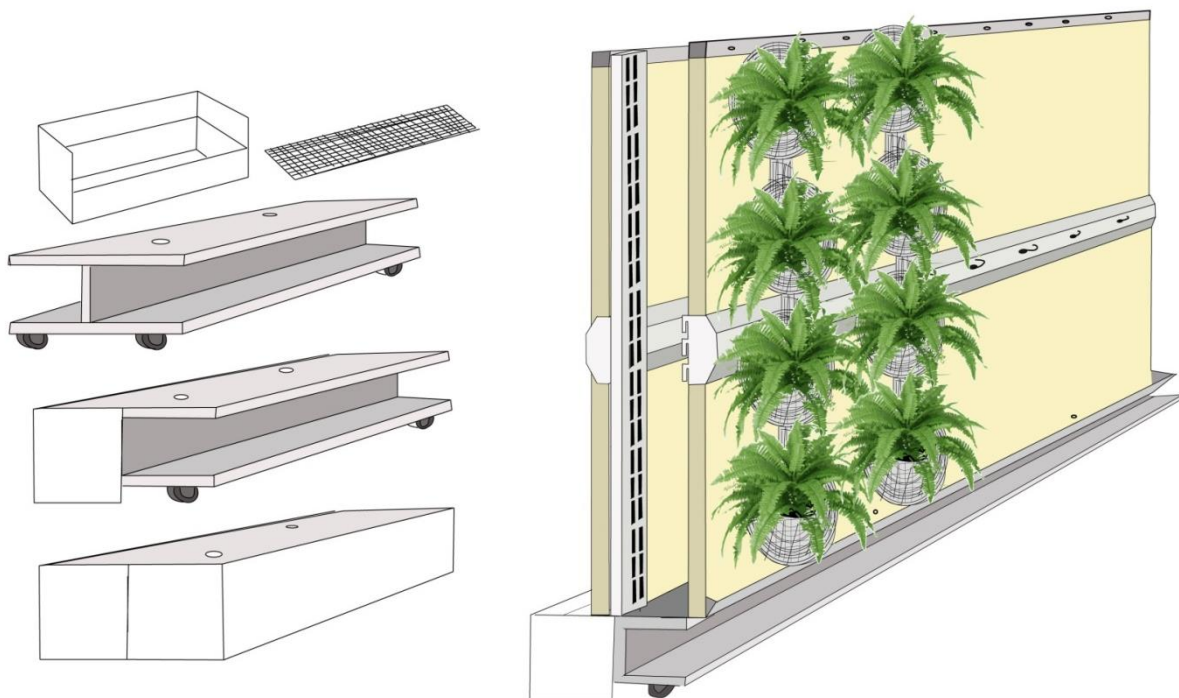
De växter som väljs att placera i en växtvägg är växter som i sitt naturliga habitat växer i skuggigare miljöer, exempelvis under regnskogens täta trädkronor. Detta är vanligen växter med stora blad och tät växtlighet med djup grön färg, vilket även kan vara önskvärt i en växtkonstellation.

För att förse växterna med den vattenmängd och näring de behöver och hålla växtväggen så grönskande som möjligt kopplas installationen till en vattenanordning. I vattnet tillsätts växtnäringen. Systemet hålls cirkulerande genom att en pump återför vattnet till högsta punkten från vattenuppsamlingen i nedre botten. Vattnet förs upp längs baksidan av växtväggen och samlas upp i en liten vattenbehållare undertill.

I vattenbehållaren samlas förståeligt även visst spill från växterna och för att detta inte ska täppa igen pumpen rinner vattnet först genom ett filtrerande nät. Vattenbehållaren med filter har gjorts uttagbar i konceptet, för att på så sätt underlätta underhåll och

möjliggöra rengöring. På detta sätt blir även pumpen lätt att komma åt. Vattenuppsamling integreras i bottenmodulen och täcks av en sockel. Den finns där men tar inte fokus från växtväggen i övrigt.

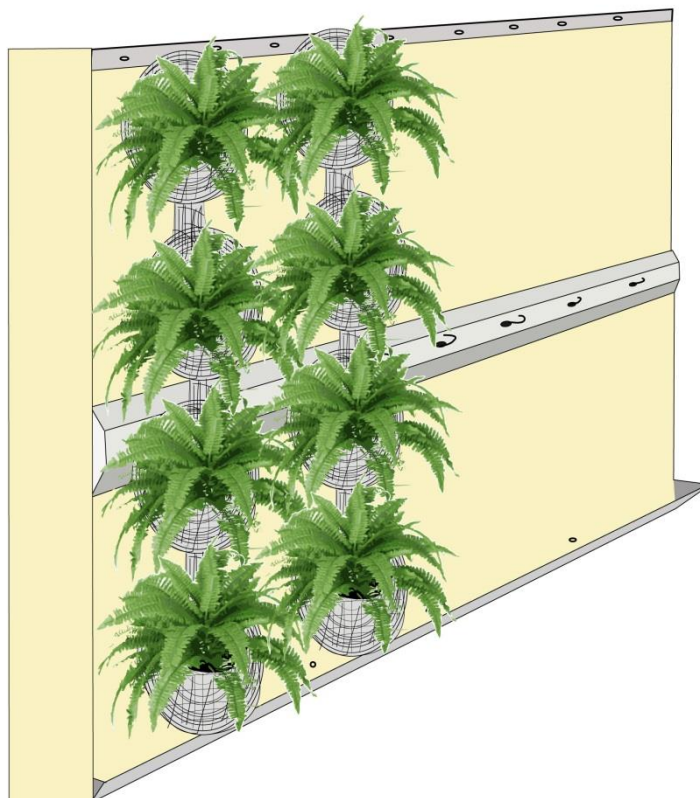
Konceptet finns i två varianter, dels en vägghängd och dels en fristående (se figur 5.17 och 5.18). fristående kan placeras mot en vägg eller fritt i rummet och har gjorts möjlig att flytta genom att hjul monterats under vattenuppsamlingen, för högsta flexibilitet. Den vägghängda växtväggen hängs upp med fästen i en väggskena. I den mobila bildar vattenbehållaren ett fundament undertill i vilket hjul monterats. Fundamentet är i stål och väggskenor skruvas fast med vinkeljärn för att bilda en stomme att fästa växtväggen i och stärka upp.



Figur 6.4 - Den mobila lösningen med vattenuppsamling samt stomme

Konceptet skulle kunna ingå i en verksamhet med en form av cirkulär affärsmodell, där växtväggsföretaget hyr ut växtväggskonceptet, anses ha flera fördelar. Särskilt vid installationer i den offentliga sektorn, där det redan är väldigt vanligt med avtal på produkter. Detta skulle innebära att tillsyn av väggen säkras från växtväggsföretaget, med allt från underhåll av pump, skötsel av växter och byte av moduler. På så sätt skulle väggen även kunna göras än mer föränderlig genom att inneha möjligheten att beställa nya eller återlämna delar. Den största fördelen är att då väggen är uttjänt tas den tillbaka av företaget för att på så sätt leda till att den återvinns på det mest fördelaktiga sättet. Delar som fortfarande ej är förbrukade, kan dessutom ges en andrahandsmarknad. Det innebär ett minskat bekymmer för kunden och materialets fortlevnad eller omhändertagande säkras.

Tack vare den stora variationen och möjligheten att placera växterna på olika ställen i rummet passar konceptet i de flesta miljöer. Växtväggen skulle exempelvis vara ett mycket välkomnande element i en reception, utgöra en inspirerande fondvägg i styrelserummet, bidra till ökad trivsel och rekreation i dagrummet på sjukhuset eller ålderdomshemmet, fungera rogivande i ett väntrum, öka den trivsamma atmosfären i en butik, skilja av ett kontorslandskap och samtidigt bidra till att dämpa ljudnivån, placeras som en egen kryddodling i köket eller dela av sovalkoven i den lilla ettan. Oavsett var växtäggen placeras bidrar den till ökad trivsel och skapar mervärde i alla sammanhang.



Figur 6.5 – Slutkonceptet: DiaSphere

7. Diskussion

7.1 Analysfasen

Det spill som bildas i produktionen av Divinycell får anses ha en klar fördel i att det är uppsamlat direkt i processen vilket gör det mer attraktivt ur återvinnings synpunkt. I och med att materialet därmed inte förorenats eller uppblandats med andra material torde det vara synnerligen attraktivt att använda i en ny process. Det är något som talar för materialet i stort, och som gör det lättare att bearbeta i en återinföringsprocess eftersom alla dess materialkomponenter kan lokaliseras.

Att hitta en applikation där materialet kan komma till användning där graden av renhet är eftertraktad har därmed en stor del i själva återinföringsprocessen. Denna applikation bör se till att utnyttja materialets egenskaper på bästa sätt och på samma sätt bör materialet förse applikationen med det den behöver för att dess funktion skall vara tillgodosedd.

Så frågan ställdes tidigt i vilken applikation som de pressade plattorna som benämns Diaboard skulle komma till sin rätt. Varför skall kunden välja Diaboard? Där finns det såklart både för och nackdelar.

Nackdelarna består mycket i materialets sprödhet, vilket talar för att ren PVC trots allt har högre slagtlighet. Diaboards PVC-innehåll gör också att saltsyrabildningsrisken kvarstår. Självklart kan säkert denna spröda egenskap hos materialet modifierats, vilket också varit en diskussion som löpt under hela projektets gång. Blandas spillmaterialet ut i ren PVC kan säkerligen slagtligheten öka, och därmed skulle det problemet minska. Dock under förutsättning att också ett återvunnet PVC-material med samma renhetsgrad utnyttjas, eftersom det är det som gör materialet unikt, rent och därmed ökar acceptansen för PVC-innehållande produkter. Grundinställningen bör vara till produkten att ju renare material desto bättre, vilket också gör att en ytterligare återinföringsprocess underlättas när väl växtväggen är uttjänt.

Att denna debatt om PVC så länge varit pågående får på något sätt anses ligga till grund i den skambeläggning som skett av materialet. Det pågår ständiga materialdebatter, och om och om igen kastas PVC in i debatten trots att såväl biologiskt nedbrytbar PVC som PVC-innehållande material utan tillsatser idag finns på marknaden. Kanske bör debatten istället cirkulera kring varför och hur man använder tillsatser i material, vilka i sig är farliga för hälsan snarare än materialet? Varje enskild användningssituation måste dock analyseras innan materialet appliceras, eftersom vissa PVC-inblandningar uppenbarligen inte passar i vissa miljöer.

När det gäller saltsyrabildningsrisken är det något som varit mycket på tal, men trots detta används flertalet PVC-innehållande produkter i många av de vardagsprodukter man ser i hem och offentliga miljöer. Kablar, fönsterlistor och golv är bara ett fåtal exempel på detta vanligen förekommande material. När det dessutom förekommer som

i en växtvägg med ständig genomströmning av vatten är det ytterligare skyddat mot brandrisk.

7.2 Produktvalsfasen

Stora fördelar ses med Diaboard som ger ett mervärde i sig till produkten. Materialet är återvunnet vilket talar för en marknad som också har intresse för att produkter och material återinförs tillbaka in i industrin. Det är något som lätt kan väljas att betonas, vilket gör att också produktens miljövärde ökar.

I Divinycell finns inte heller tillsatser såsom ftalater, mjukgörare eller stabilisatorer som så väl diskuteras idag huruvida de är hälsofarliga. Det talar också för att materialet är skonsamt och inte bidrar med någon påverkan på sin omgivning.

Materialets goda egenskaper tillsammans med de krav som definierats i kravspecifikationen var förutsättningar för att hitta lämpliga produkter, och produkterna i sig som hittades utgick ifrån såväl DIAB's befintliga segment som dessa viktiga kriterier. När väl valet föll hos DIAB på växtväggar så kändes det som en välgrundad produkt som mötte dessa viktiga egenskaper. Anledningen till att många produkter eliminerades var just på grund utav att de krävde för miljöåverkande processer i form av inblandning med andra material och tillsatser, processeringsmetoder som inte visat sig genomförbara med enbart spillmaterialet, att produkten som undersöktes i sig var svår att demontera, montera och inte levde upp till den volym material som finns att tillgå exempelvis. Växtväggen ansågs vara den produkt som hade de allra bästa förutsättningarna för just detta material av de produkter som undersöktes, och ansågs kunna ges långt liv med hållbarhet i fokus.

7.3 Konceptframtagningsfasen

Plattorna som används i en växtvägg idag är i den hydroponiska varianten tillverkade i PVC, och det är även där som Diaboard kommer in i bilden. Att ersätta PVC-plattorna med Diaboard kan ses ur flera perspektiv.

Diaboard-plattan i vårt koncept är placerad så att den med all sannolikhet skyddas och skonas från slag, eftersom den fäster mot väggen och på så sätt har både vägg och växtlighet på båda sidor. Även kanterna har skyddats med en I-balksprofil som Diaboarden träs i, och med avslutande lister för att såväl ge snygga avslut som skydda materialet. Med andra ord kan design här bidra till att skydda materialet från dess brister och istället se till de styrkor som faktiskt finns i materialet, vilket gör att den låga slagtåligheten faktiskt inte bli kritiskt för produktens funktion. Istället är isolerande förmåga, vätskebeständighet, hållbarhet, styrka och renhet största fokus.

Man kan även tänka att kostnaden för Diaboards bör vara ett gott konkurrensmedel mot vanliga PVC-plattor, eftersom spillmaterialet idag kostar att göra sig av med och för en lägre kostnad för konsument istället skulle kunna bli mer attraktivt och lättillgängligt som material. Detta skulle i sin tur bidra med att växtväggar blir billigare att köpa för konsument, vilket troligen skulle öka användningen då det höga priset identifierats som

en negativ faktor på marknaden idag likt många andra nya produkter på marknaden. Därmed har också enkla men smarta tekniska lösningar använts för att sammanfoga växtväggen, vilka skulle kunna köpas in istället för att helt och hållet tas fram ifrån CAD-underlag. Därmed blir också konstnaderna lägre för slutprodukten.

Att skapa mer priseffektiva växtväggar ses vidare som något som skulle öppna upp för marknaden och skapa ett större intresse, samt på lång sikt också kunna bidra till att den privata marknaden skulle nås. 10 000 – 150 000 kronor per kvadratmeter får trots allt ses som en väldigt stor investering, något som till och med den offentliga sektorn kan ha svårt och möta stundtals. Med ett lägre pris skulle också företag med mindre kapital att investera i mervärdesprodukter ges möjlighet att införskaffa en växtvägg.

Att poängtera vid marknadsföring av denna produkt är att den inte bara adderar mervärde visuellt utan också faktiskt bidrar med hälsofrämjande egenskaper på den plats den installeras. Det är i tiden att inte bara se till produkters hela livscykel utan faktiskt också fundera kring vad de tillför rent pratiskt i ett sammanhang, och där är växtväggen i framkant. Det är en innovation som banar väg för livligare och hälsosammare arbetsmiljöer, långt ifrån de gråa och tråkiga kontorslandskap vi är vana vid. Att vi har växter, färger och ljus i våra hem är inte bara för det rent visuella utan har faktiskt en trivsel och hälsofrämjande egenskap som har en mycket viktig del i hur vi som människor mår.

Möjligheten finns också att härnäst utveckla en såkallad cirkulär affärsmodell kring konceptet DiaSphere. Det är en ekonomisk modell som passar bra i den offentliga sektorn eftersom den bygger på leasing och därmed hjälp med underhåll, vilket i en produkt som växtvägg får anses som något positivt då den ofta används i miljöer där det är enkelt att ta in ett externt företag som hjälper till med sådant. Detta kan ses vara vanligt även idag när det gäller växtlighet i offentliga miljöer.

Privatpersoner skulle också ges fördelar av att allt som behövs till växtväggen, både vad gäller produkter, kunskap och support finns samlat på samma ställe. Samt den stora fördelen med att ett företag är ansvarigt för att återta produkten. Minskat bekymmer för kunden och materialets fortlevnad eller omhändertagande säkras. Därmed kan återinföring alltid säkerhetsställas av produkten efter att den blivit uttjänt.

8. Slutsats

Avslutningsvis, en återblick till de frågeställningar som ställdes vid projektets början för att se hur väl de uppfylldes.

Hur kan spillmaterialet tas till vara och återinföras i en ny applikation?

Produktionsspill av Divinycell som bildas idag anses ha goda förutsättningar för att återigen kunna processeras, vilket till mångt och mycket beror på renheten i materialet. Detta kan vidare häröras till att det aldrig lämnat fabriken när det omhändetas, det är rent i batcher, samt att materialet inte har tillsatser såsom mjukgörare och ftalater. Pressning har visat sig kunna genomföras med goda resultat och därmed är det en beprövad metod för att återinföra materialet tillbaka in i produktion. Därmed kan återinföringsprocessen garanteras vara genomförbar med spillmaterial av Divinycell.

Vilken applikation är materialet bäst lämpad för och varför?

Det pressade materialet är en grundförutsättning för att kunna skapa en produkt så som det är idag, eftersom andra produktionsmetoder såsom extrudering och formsprutning inte kunnat genomföras med fullgott resultat. Därmed är det den typen av process för spillmaterialet som användts i sökandet efter en applikation. Den pressade plattan refereras till i projektet som Diaboard; ett isolerande, beständigt samt rent konstruktionsmaterial.

Vidare var kravet på användandet av Diaboards i en applikation att det i framtida bruk skall möta kravspecifikationen genom att exempelvis skapa demonterbarhet, att minimera antalet delar och materialvarianser samt att välja en produkt vars användningsområde inte föreligger brandrisk. Diaboards anses därmed mycket lämpligt i en växtväggsapplikation eftersom det i sig är en produkt som innehar goda förutsättningar för en framtida marknad, det är en ny produkt som kan alterneras med olika material och utseenden samt att den anses möta den volym material som finns att tillgå. Brandrisken minimeras genom att vatten låts strömma längs med väggen, design kan skapa god demonterbarhet och enkel monterbarhet med få varianser och produkten i sig förhöjer mervärdet på en arbetsplats. Detta anses också kunna kompletteras med en miljöprofilering på produkten, vilken på så sätt andas miljömedvetenhet eftersom materialet är återvunnet.

Varför är materialet mer lämpat än alternativet i applikationen?

Diaboard till skillnad från jungfruerligt utvunna PVC-plattor är 100 kilo lättare per kubikmeter, men har i övrigt liknande egenskaper eftersom spillmaterialet har så hög PVC-andel. Därmed kan många materialegenskaper direkt hänvisas vara lika oavsett vilket material som används.

Skillnanden blir i en växtväggsapplikation att ett återvunnet rent material såsom Diaboard talar till en marknad som är miljömedveten, och där också växtväggen är en del i det hela. Hela produkten andas därmed miljöprofilering, vilket kan förhöjas i marknadsföringen av en sådan produkt.

Vidare så kan alla materialkomponenter redovisas för, vilket det inte alltid kan i återvunna material. Framförallt inte den typ som varit ute hos kunder och gått igenom flera system av sortering och återvinningsprocesser för att på så sätt tas om hand om och återinföras. Vikten ligger därmed i materialets renhet trots att det är återvunnet, och denna kan alltid säkerhetställas oavsett vilken kund som köper en växtvägg tillverkad i Diaboard. Växtväggar tillverkade av Diaboard får därmed anses vara en mycket trygg produkt för marknaden.

Kostnaden för att använda Diaboards kontra kostnaden för PVC-plattor kan vara något som blir ett starkt konkurrensmedel, och som kan minska det idag skyhöga priset på produkten. Därmed kan denna produkt också tala för en bredare marknad som möter fler kunder och i fler segment. Offentliga sektorn är där den största förtjänstmöjligheten finns idag, men på sikt finns goda förutsättningar för att den privata sektorn skall kunna köpa och montera växtväggar hemma. Särskilt om tekniken är lätt att förstå, vilket konceptet DiaSphere också syftar till att skapa.

Referenser

Böcker

Harper, C. (2001) Handbook of materials for product design, New York: McGraw-Hill.

Johannesson et al. (2004) Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design, Bulls House of Graphics

Tidskrifter

Baker, N. (1994) Recycled plastic lumber overcoming bias for wood, Environment Today vol. 5.5nr 1

Garcia D. et al. (2007) Journals of material science, Characterization of blends of poly(vinyl chloride) waste for building applications vol 42 nr 24

Manolis Sherman, L. (2004) Wood-Filled Plastics: They Need the Right Additives for Strength, Good Looks & Long Life, Plastics Technology vol 50. 7 nr 52

Hassan, Haworth (2006) Impact properties of acrylate rubber-modified PVC: Influence of temperature. Journal of Materials Processing Technology, vol. 172 nr 3

Sivrikaya, H. et al (2012) Evaluation of wooden materials deteriorated by marine-wood boring organisms in the black sea. Maderas: Ciencia y Technology vol 14 nr 1

Patent

Bieser, et al. (1998) Homogenously branched ethylene polymer carpet, carpet backing and method for making same, United states Patent.

Personer

Diabgroup (2013) Torgersen, U. Sandström, M. Jönsson, H. Muntlig referens på företaget

E-bok

Muralisrinivasan, N.S (2010) Update on troubleshooting the PVC extrusion process, Smithers Rapra Technology limited, Shawbury

Akovali, G. (2007) Plastics, rubber and health, Smithers Rapra Technology limited, Shawbury

Ashish, K (2007) Coated Textiles Principles and Applications, Second Edition, CRC Press, Boca Raton

Hegberg, B.A, Brenniman, G.R, Hallenbeck, W.H,(1992) *Mixed Plastics Recycling Technology* William Andrew Publishing, Noyes

Manas Chanda, Salil K. Roy (2009) *Plastics Fabrication And Recycling*, CRC press, Boca Raton

Smithers Rapra Technology,(2010) *6. Poly(Vinyl Chloride)-Wood Composites*; Smithers Rapra Technology, Shawbury

Hemsidor

Aktietorget (2012) *EcoRub: Miljöteknikföretagen Sorubin och Ecorub gör ekologiska flytväggar tillsammans*. <http://www.aktietorget.se> (29 April. 2013)

Better than wood (2013) *Artificellt trä* <http://www.betterthanwood.com/> (April 28, 2013)

Big Toys (2013) *Under construction*. <http://www.bigtoys.com> (29 April. 2013)

Bokashi (2013) *Gör jord på sommaren*. <http://www.bokashi.se> (29 April. 2013)

BuildingGreen (1994) *Should We Phase Out PVC?*. <http://www.buildinggreen.com> (26 Maj. 2013)

Chalmers (2013) *Kravspecifikation tips* www.chalmers.se/insidan (Juni 13, 2013)

Clasohlson (2013) *Kompost, artificiellt trä* www.clasohlson.se (April 28, 2013)

Dagens Nyheter (2003) *Starta en kompost i sommar*. <http://www.dn.se> (29 April. 2013)

Dahl, L (2008) *Växtväggar*. http://epsilon.slu.se:8080/archive/00002967/01/dahl_l_081212.pdf (Maj 20, 2013)

Entreprenörcentrum (2013) *SWOT-analys* www.entreprenorcentrum.se (Juni 13, 2013)

Folket (2013) *Nyanserad syn på PVC*. <http://www.folket.se> (26 Maj. 2013)

Greenpeace (2013) *Plaster*. <http://www.greenpeace.se> (26 Maj. 2013)

Höglund, S. (2010) *Vertikala trädgårdar – Ett grönt verktyg i planeringen av framtida urbana miljöer*. Alnarp: SLU, Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, LTJ Landskapsarkitektprogrammet. (Kandidatuppsats inom ämnet Landskaparkitektur)

Jabo (2013) *Trädgårdsinredning - Produktkatalog*. <http://flash.jabo.se> (29 April. 2013)

Julia (2013) *PVC-innehållande produkter* <http://www.jula.se/> (April 28, 2013)

Järven Ecotech (2013) *Sjörestaurering*. <http://www.jarven.se> (29 April. 2013)

Kemikalieinspektionen (2011) *Ftalater i leksaker*. <http://www.kemi.se> (29 April. 2013)

Kilandsmattor (2013) *Mattor* <http://www.kilandsmattor.se/> (April 28, 2013)

Kollega (2008) *Grönt rensar luften* www.kollega.se/ (26 Maj. 2013)

Laholms Kommun (2011) *Stadens gestaltning*. <http://www.laholm.se> (29 April. 2013)

Laholms Kommun nr 2 (2011) *Lokal elhistoria*. <http://www.laholm.se> (29 April. 2013)

Lego Elektronik (2011) *Dränkbar pump* <http://www.legoelektronik.se> (26 Maj. 2013)

Lysman (2011) *Metallhalogenlampor* <http://www.lysman.com/sv/products/> (26 Maj. 2013)

Nationalencyklopedin (2013) *Granulat definition* www.ne.se (Juni 13, 2013)

Protan (2013) *Protan, miljö och PVC*. <http://www.protan.se> (26 Maj. 2013)

PVC (2013) *Why use PVC in buildings if fire can result in the emission of toxins, including dioxins?*. <http://www.pvc.org> (26 Maj. 2013)

PVC Forum (2013) *PVC är en klimatsmart plast*. <http://www.plastkemiforetagen.se> (26 Maj. 2013)

Rullpack (2004) *Produktinformation - Nyråvaruprodukter*. <http://www.rullpack.se> (26 Maj. 2013)

Ruugs (2013) *Mattor* <http://www.ruugs.se> (April 28, 2013)

Sorubin (2011) *Sorubin vinner snabb marknadsacceptans för sina flytväggar*. <http://www.sorubin.se> (29 April. 2013)

Sörab (2013) *Råd för kompostering av hushållsavfall*. <http://www.lessebo.se> (29 April. 2013)

The British Plastics Federation (1998) *Dioxins and PVC, exploding the myths*. <http://www.sidey.co.uk> (26 Maj. 2013)

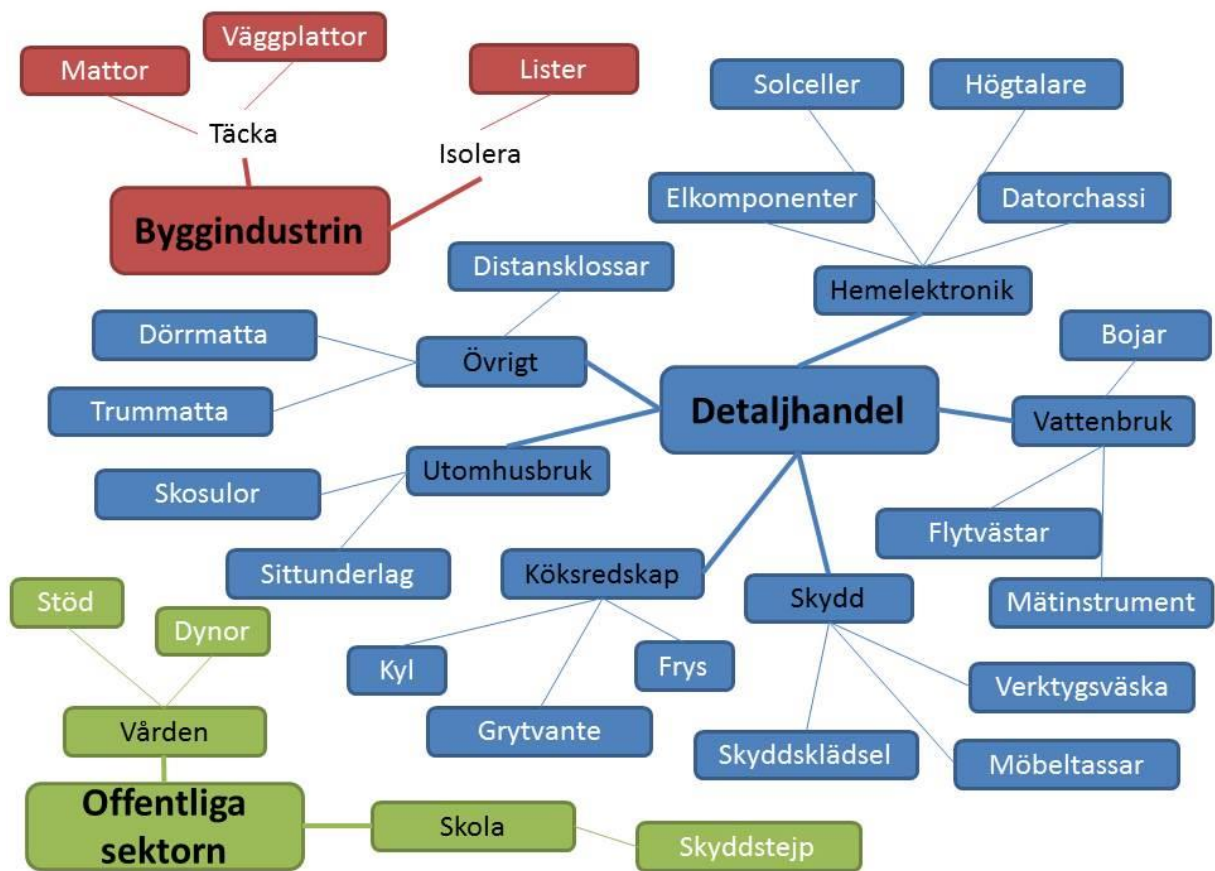
The Natural Step (2013) *Views on PVC*. <http://www.thenaturalstep.org> (26 Maj. 2013)

Trex (2013) *Artificellt trä* <http://www.trex.com/> (April 28, 2013)

Viivilla (2005) *Kompostera mera!*. <http://www.viivilla.se> (29 April. 2013)

Uminova Innovation (2012) *Miljöteknikföretagen Sorubin och Ecorub gör ekologiska flytväggar tillsammans*. <http://www.uminovainnovation.se> (29 April. 2013)

BILAGA 1



SAFETY DATA SHEET

Divinycell H / HP / HT / Matrix Issue date: 2009-06-15 Revised: 2012-02-16 Revision: 4 Page 1(4)

1. PRODUCT IDENTIFICATION

Product name: **DIVINYCELL H**
DIVINYCELL HP
DIVINYCELL HT
DIVINYCELL MATRIX

Supplier: **DIAB Inc**
 315 Seahawk Drive
 Desoto, TX 75115

Contact: **Infotrac**
 1-800-535-5053

2. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

CHEMICAL NAME	CAS NO	CONTENT	SYMBOLS	R-PHRASES
PVC	9002-86-2	30-75 %	--	--
Aromatic polyurea	--	15-50 %	--	--
Polyamide	--	3-10 %	--	--

These materials are rigid polymeric foams made of alloys of PVC, aromatic polyurea and polyamide.

3. PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS

Form	Chemically inert rigid polymer foam sheet
Boiling Point	N/A
Vapor Pressure (mm Hg)	N/A
Vapor Density (Air = 1)	N/A
Solubility in Water	None
Appearance and Odor	Foam slabs or sheets / no odor
Specific Gravity (H ₂ O = 1)	0.03 - 0.3
Melting Point	N/A
Evaporation Rate	N/A



Tel +1 (972) 228-7600
 Fax +1 (972) 228-2667
 E-mail: info@us.diabgroup.com
 Web Site: www.diabgroup.com

SAFETY DATA SHEET

Divynycell H / HP / HT

Issue date: 2009-06-15

Revised: 2009-06-22

Revision: 2

Page 2(4)

4. FIRST-AID MEASURES

Inhalation: Fresh air.

Skin contact: No special measures.

Eye contact: By direct contact with shavings or dust, irrigate with flowing water. Consult medical personnel if irritation persists.

Ingestion: Consult medical personnel if large amounts have been swallowed.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Oxygen Index > 24% by ASTM D2863

Self Extinguishing by ASTM 1692

Flammable by direct flame only

Hazardous combustion products:

Hydrogen chloride (HCl) and hydrogen cyanide (HCN) can be developed.

Extinguishing media:

Use foam, carbon dioxide, dry chemical, water fog, earth or sand.

Use breathing apparatus against combustion products.

6. MEASURES TO TAKE IN THE EVENT OF ACCIDENTAL LEAKAGE

Spills Not Applicable (Solid Foam form)

7. HANDLING AND STORAGE

Dust can be produced during mechanical process. Use local dust collection system.

Long term storage should be in a cool < 104°F (<40°C) and dry place, away from combustible material. Avoid exposure to temperatures in excess of 122 °F (50°C) during transportation or short term storage.

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Exhaust ventilation may be required for sawing or other processing generating dust.

Grinding and hot work, which could release decomposition products, must not be performed without proper precautions against exposure.

Personnel allergic to isocyanates are recommended not to work with processing the product.



Tel +1 (972) 228-7600
Fax +1 (972) 228-2667
E-mail: info@us.diabgroup.com
Web Site: www.diabgroup.com

SAFETY DATA SHEET

Divinycell H / HP / HT

Issue date: 2009-06-15

Revised: 2009-06-22

Revision: 2

Page 3(4)

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance: Colored blocks or sheets of solid foam with visible cell structure.

Solubility in water: Not soluble.

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability Can be used at temperatures of 170 – 189 °F (77 – 87 °C)
Thermally stable to 210 °F (100 °C)
Avoid exposure to temperatures exceeding 300 °F (150°C)

Decomposition by Products HCl, CO, CO₂, HCN, NO_x during fire conditions

Polymerization N/A – Will not occur

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

No known hazards by handling the product at normal temperatures.

By sawing and during other processes the temperature rises due to friction, traces of hydrochloric acid and isocyanates may be released. Irritation of the upper respiratory tract is possible by insufficient ventilation and personnel already sensitized to isocyanates may respond.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Limited test results to assess environmental hazard are available, but due to its form, Divinycell is considered not to be harmful. The product is not soluble in water.

This product is manufactured without CFC's or any other products which act in an ozone depletion manner

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Non-flammable organic waste.

Not environmentally hazardous waste (SFS 2001:1063).

Waste class: Not hazardous waste (NFS 2004:10). Waste code (EWC): 070213.

Consult local authorities when handling larger quantities of waste.



Tel +1 (972) 228-7600
Fax +1 (972) 228-2667
E-mail: info@us.diabgroup.com
Web Site: www.diabgroup.com

SAFETY DATA SHEET

Divinycell H / HP / HT

Issue date: 2009-06-15

Revised: 2009-06-22

Revision: 2

Page 4(4)

14. TRANSPORT INFORMATION

No known restrictions for Air, Sea, Rail or Ground transportation.

15. REGULATORY INFORMATION

Not hazardous according to DOT label regulations.

TSCA 8(b): Inventory Status:

All non-polymer ingredients of these materials are listed in the EPA Toxic Substance Control Act Inventory.

HMIS Rating:

Health:	0
Flammability:	0
Reactivity:	0

16. OTHER INFORMATION

The information contained in this safety data sheet corresponds with our actual knowledge and experience. It is the user's responsibility to determine the conditions for safe use of this product and consider laws and regulations.

REACH (Registration, Evaluation, and Authorization of Chemicals) regulation for chemical substances entered into force in the European Union, on 1 June 2007 (EG 1907/2006). Products are only affected by REACH regulation if they contain dangerous substances or contain substances intended to be released from the product during normal use.

DIVINYCELL is a product that does not contain dangerous substances and have no substance intended to be released during normal use and is consequently not regulated by REACH.

THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS BASED ON DATA CONSIDERED TO BE ACCURATE. WHILE THE INFORMATION IS BELIEVED TO BE RELIABLE, NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED REGARDING THE ACCURACY OF THIS DATA OR THE RESULTS TO BE OBTAINED FROM THE USE THEREOF. SINCE THE USE OF THIS INFORMATION AND THE CONDITIONS AND USE OF THIS PRODUCT ARE CONTROLLED BY THE USER, IT IS THE USER'S OBLIGATION TO DETERMINE THE CONDITIONS FOR SAFE USE OF THIS PRODUCT.



Tel +1 (972) 228-7600
Fax +1 (972) 228-2667
E-mail: info@us.diabgroup.com
Web Site: www.diabgroup.com

BILAGA 3

Jämföringstabell														
Produkter	Lister	Mattor	Väggplattor	Elkomponenter	Datorchassi	Högtalare	Solceller	Dörrmatta	Bojar	Trummatta	Sittunderlag	Skoskolor	Flytvästar	Processsteg
Processsteg	2	4	4	2	2	2	2	3	3	4	4	3	2	förbehandling
demonterbart	3	4	4	2	4	3	2	5	5	5	5	4	4	tillsatser
modulsystem	4	5	5	1	4	2	3	4	5	5	5	5	3	omforma
återföra till livscykeln	2	4	4	2	4	2	2	5	5	5	5	5	4	efterbehandla
brandfara	3	1	1	2	3	2	2	3	4	3	3	4	3	
utbytbara delar	2	4	5	2	5	2	2	5	5	5	5	5	4	Krav på
produktion in house	0	5	5	0	0	0	0	5	3	5	5	5	3	lätthet
livslängd	4	4	5	3	3	3	4	2	4	4	3	3	4	elasticitet
SUMMA:	20	31	33	14	25	16	17	32	34	36	35	34	27	bärighet
Produkter	Kyl	Frys	Grytvantar	Mätinstrument	Skyddstejp	Dynor	Distansklossar	Värdstöd	Tyg	Skyddsväst	Verktygsväska	Möbellassar		termisk konduktivitet
Processsteg	1	1	3	4	3	4	4	4		2	3	3		densitet
demonterbart	1	1	5	5	3	5	5	4		3	4	3		flytbarhet
modulsystem	4	4	5	5	5	5	5	4		3	3	4		kostnad
återföra till livscykeln	1	1	5	5	3	5	5	4		4	4	4		kundsegment
brandfara	2	2	2	3	4	3	3	3		3	4	4		inga tillsatser
utbytbara delar	4	4	2	5	3	5	5	4		3	3	3		
produktion in house	0	0	5	3	4	5	5	5		4	5	4		
SUMMA:	13	13	27	30	25	32	32	28		22	26	25		

Ftalater i leksaker

Ftalater är en grupp kemiska ämnen som bland annat används som mjukgörare i plast. Tre ftalater misstänks vara så skadliga att de är förbjudna i alla leksaker och barnavårdsartiklar. Tre andra är förbjudna i sådana leksaker och barnavårdsartiklar som kan stoppas i munnen.

Ftalaterna DEHP, DBP och BBP kan påverka balansen av vissa hormoner i kroppen och skada fortplantningsförmågan. Eftersom de klassificeras som reproduktionsstörande (det vill säga skadar fortplantningsförmågan) är de sedan januari 2007 förbjudna i alla leksaker och barnavårdsartiklar i en halt över 0,1 procent.

Begränsning av ytterligare tre ftalater

Av försiktighetsskäl är DINP, DIDP och DNOP förbjudna i leksaker och barnavårdsartiklar som kan stoppas i munnen. Eftersom barn är extra känsliga för skadliga ämnen bör de tre ftalaterna undvikas i så stor utsträckning som möjligt.

Ftalater finns i PVC-plast

Ftalater förekommer i ett flertal olika varor av mjukplast men finns huvudsakligen i PVC-plast. Plasten kan innehålla upp till femtio procent mjukgörare.

Kort om reglerna för ftalater i leksaker och barnavårdsartiklar

EU:s regler om ftalater i leksaker och barnavårdsartiklar för de sex utpekade ftalaterna finns i Reach, förordning (EG) nr 1907/2006, bilaga XVII, punkterna 51 och 52.

<ul style="list-style-type: none"> ■ DEHP – Di(etylhexylftalat) CAS-nummer: 117-81-7 EINECS-nummer: 204-211-0 	<p>Ftalaterna DEHP, DBP och BBP får inte användas som ämne eller som beståndsdelar i blandningar i koncentrationer som överstiger 0,1 procent (avser sammanlagd halt DEHP, DBP och BBP) uttryckt i massa av det mjukgjorda materialet i leksaker och barnavårdsartiklar.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ DBP – Dibutylftalat CAS-nummer: 84-74-2 EINECS-nummer: 201-557-4 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ BBP – Butylbensylftalat CAS-nummer: 85-68-7 EINECS-nummer: 201-622-7 	<p>Leksaker eller barnavårdsartiklar som innehåller ftalaterna i en koncentration som överstiger ovan nämnda gränsvärde får inte släppas ut på marknaden.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ DINP – Diisononylftalat CAS-nummer: 28553-12-0 och 68515-48-0 EINECS-nummer: 249-079-5 och 271-090-9 	<p>Ftalaterna DINP, DIDP och DNOP får inte användas som ämne eller som beståndsdel i blandningar i koncentrationer som överstiger 0,1 procent (avser sammanlagd halt DINP, DIDP och DNOP) uttryckt i massa av det mjukgjorda materialet i leksaker och barnavårdsartiklar som barn kan stoppa i munnen.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ DIDP – Diisodecylftalat CAS-nummer 26761-40-0 och 68515-49-1 EINECS-nummer 247-977-1 och 271-091-4 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ DNOP – Di-n-oktylftalat CAS-nummer: 117-84-0 EINECS-nummer: 204-214-7 	<p>Leksaker eller barnavårdsartiklar som innehåller ftalaterna i en koncentration som överstiger ovan nämnda gränsvärde får inte släppas ut på marknaden.</p>

BILAGA 5

	Fördelar	Nackdelar	Möjligheter	Hot	Processsteg	Livs-längd	Återvinningsmöjlighet	Konkurrens	Målgupp/efterfrågan
Artificiellt trä	Regraskog slipper avverkas, annat spillmaterial kan användas, samma egenskaper som trä, lätt styvt, angräps inte av skeppsmask, behöver inte behandlas med kemikalier som läcker ut i vattnet, absorberar ej vatten, underhållsfritt, UV-beständigt, behåller sitt attraktiva utseende, fläckas inte, behöver inte slipas eller målas	Saltsyra angräper trä och syra ifrån trät angräper pvc:n. Kan motverkas mha "sizing stabilisator" (dimensioneringssta bilisator) innan man compounderar, ett exempel på det är markw15. Har inte exakt samma egenskaper som trä. Materialet är dyrt, väger ofta mer än trä. Det kan uppstå problem med missfärgning/fläckar i yterstrå till vilket det kan finnas regleringar för hur mycket återvunnet material som får användas i plattorna	Liknande kundsegment redan etablerat, samarbete med annat företag är möjligt, kan använda minst 94% återvunnet material enligt företaget Trex	Största marknadsandelen innefattar att man polyetylen (80%) vilket skulle kunna vara ett fördra jämfört med PVC	Compound, blanda med träflis, extruderas	Trex har 25 års garantitid	Återvinningsmöjlighet ej separera, för förbränning blir pvc:n mer utblandad	Flera internationella företag tillverkar produkten	Redan etablerade kunder, tillväxt 200% mellan 2002 Och 2010, möjligt att anpassa till liten skala
Byggeplattor	Billigt material, enkel idé, många tillämpningsområden, möjlighet att modifiera med andra material beroende på applikation	Byggeplattor som tillverkas av flera olika varianter av byggeplattor, olika tjocklekar och dimensioner beroende på behov	Tillverkning av flera olika varianter av byggeplattor, olika tjocklekar och dimensioner beroende på behov	Byggeplattor som tillverkas av flera olika varianter av byggeplattor, olika tjocklekar och dimensioner beroende på behov	Likt pressning eller extrudering	Beroende på applikation och om andra material inblandas.	Smalts om eller bränns	Stor konkurrens	Ständig efterfrågan men ingen trend med den här typen av plattor har snöppats upp
Mattor (altan, trappor)	Spånet skulle kunna användas istället för syntetfibrer i mattorna, billigt, goda egenskaper som halkskydd	PVC kan tappa färg/bekna beroende på stabilisatorer. Vanligen sker detta ändå men tar längre tid om stabilisatorer tillsätts	Tillverka prisvärda mattor för utomhusbruk, inblandningar med jungfrulig eller återvunnen ren PVC skulle kunna ske, Divinycell skulle eventuellt kunna användas istället för syntetfibrerna	Andra matt-tillverkare har bättre priser, mer etablerad kundkrets, renare råvaror	Mattornas fiber rengörs, materialet extruderas i olika steg, vidhäftning sker	Beroende på tillverkare, men troiligen minst 5 år beroende på var den används	Troiligen förbränns mattorna (källa?)	Många tillverkare och återförsäljare	Ingen tydlig trend i mattor av detta slag finns att hitta just nu
Tygbeläggning	Väldigt brett, kan användas inom flera marknader i tex ytterkläder, bätkspel, partytält, pressningar, skor osv. Isolerar, gör tyget vattenbeständigt	kan bli problematiskt att få Divinycell att agera så som PVC:n gör i till exempel regnkläder, kan fortfarande vara känsligt och tappa färg	Väldigt många marknader skulle vara möjliga att välja ifrån	Andra tillverkare med redan etablerad verksamhet, bättre material egenskaper ifrån jungfrulig PVC	Beroende på tillverkare, en regnjacka kan hålla i alla fall 5-10år beroende på hur man använder den	Förbränns eller blir till lump	Många företag konkurrerar	Efterfrågan är stor efter den här typen av material i länder där man vill skydda sig mot väder och vind	
Lekplats	Stor formföret kan använda flaklar och andra mjukgörare vilket är skadligt för barnen som använder lekplatsen.	Fins behov av att använda flaklar och andra mjukgörare vilket är skadligt för barnen som använder lekplatsen.	Att tillverka miljövänliga lekplatser	Lagsättning mot tillsatser i materialet, brandrisken i materialet, bättre tillsatser behövs	Komplicerade processsteg och flera tillägg till applikation i lekplatsen, tillsatser behövs förmodligen också tillsätts	Lekplatser är en utsatt miljö, förmodligen skulle tillsatser behövas tillsätts för att förlänga livslängden, annars har materialet en lång	Stor blandning av olika material, vilket försvårar återvinningsmöjligheter	Konkurrens är medelstor. En möjlig konkurrensfördel skulle kunna vara att profilera sig som miljövänlig lekplatstillverkare	Relativt liten

BILAGA 5

Fördelar	Nackdelar	Möjligheter	Hot	Processsteg	Livsångd	Återvinningsmöjligheter	Konkurrens	Målgrupp/efterfrågan
Kommunal soptunna	Passar att använda ett återvunnet material till något man återvinner i	Liten och specifik marknad	Kommunen har inte råa, kommunen har redan skaffat sig vad de behöver	Pressning eller annan omformning	Med tanke på materiallets väderbeständighet anses den lång	Bör inte behöva blandas med något annat material, lätt att hålla reda på produkten och få den omhändertagen vid utjäring	Relativt liten, men det gäller att få kontakt med uppdragsgivare så som kommuner	Målgrupp/efterfrågan alla fall lokalt.
Flyväggar	Kan tillverkas i återvunnet material, tillverkas ursprungligen i junifullt PVC så egenskaperna är motsvarande,	Ny teknik att tillverka med återvunnet material	Att materialet inte är styvt nog	Tillverkning av själva väggen, montering av flydel och sänke	Lång livslängd avseende vattenbeständigheten i materialet. Kortare på grund av stora krafter som påfrestar på produkten	Få material, vägg, sänke och flöte. Tillverkas de för demontering blir återvinningsmöjlighet en god.	Finns andra tillverkare av detta	Används inom många applikationsområden, så som lekvattdammar, dagvattenrening, sjörestaurering och processvattnen.
Kompost	Återvinning i något återvunnet, relativt enkla former, pvc är utomhusbeständigt och håller för kompostering	Innebär flera begränsande aspekter för att den skall inha sin funktion, så som att rätt material måste hållas ventilation, rätt innehåll	Sveriges klimat, sprödhets i materialet	Pressa plattor, montera plattor, eventuellt isolera	Relativt lång om materialet är tillräckligt styvt	Få material, om även isolering kan ske med Divinycell ökar det återvinningsmöjligheterna kunna hitta en egen nisch	Relativt många komposttillverkare på marknaden, men de flesta är ganska likartade. Anser kunna hitta en egen nisch	Det är trendigt att kompostera nu och fler och fler inser även nytan med det. På så sätt kan målgruppen komma att öka
PVC-duk	Flexibel sen formbarhet, passande med tanke på Divinycells goda UV-beständighet	Tillsatser måste tilläggas för att materialet mjukt	Enkel produkt i sitt utbud vilket kan göra den svår att särskilja	Mjuka upp materialet och extrudera det till tjockare film	Med god utomhusbeständighet anses livslängden vara lång, relativt litet slitage beroende på applikation	Sämré än ursprungsmaterialet Divinycell med tanke på att mjukgörare bland annat måste tillföras	Små konkurrensvariationer med tanke på den 'enklia' produktformningen	Målgrupp/efterfrågan Marknaden anses relativt mattad
Väntvägg	Förtydlig så väl utomhusmiljöer som get grönska, ställer inga krav på estetisk av pvc-produkten (plattor), lättare än PVC Plattomas densitet 1300/kubik Vanlig PVC densitet 1400/kubik Billigt material Materialmängden är överensstämmande med efterfrågan	Risik för saltsyrabildning vid brand inomhus, å andra sidan är öne kontinuerligt under användningen	Att målgruppen är för smal, ny produkt	Pressning, montering av de olika delarna	Den näringsdosering som behövs för att tillföra det växterna behöver är den del med korrastr hållbarhet, 10 år. Pumpar förväntas hålla 20 år. Växterna kan komma att behövas bytas	Behövs inga tillsatser, materialet kan användas som det är	Idag finns få etablerade växtväggsleverantörer på marknaden, det är dessutom inte deras fokusprodukt. Växtväggen som den nya produkten den är har även många utvecklingsmöjligheter som kan skapa konkurrensfördelar	Eventuellt låg efterfrågan, kommuner, affärer, butiker, hotell, vårdtrum, restauranger och även privatpersoner på sikt

BILAGA 6

Eliminering mot:	Viktigaste materialegenskaper	Kravspecifikation	Volym material	Produktens livscykel	Fortsatt spillbildning	Möjlig produktionsmetod (press/spån)
artificiellt trä		Går ej att råvaruåtervinna, estetik		Går ej råvaruåtervinna		Extruderas
byggplattor	Tillsatskrävande, uppblandas	Estetik, regler för återvunnet mtrl.	Stor marknad		Vid bearbetning	
mattor	Tillsatskrävande, uppblandas?	Svåra att demontera, estetik	Stor marknad	Svår att återinföra (ofta flera material)		Extruderas
tygbeläggning	Tillsatskrävande, uppblandas?	Estetik	Stor marknad	Svår att återinföra (ofta flera material)		Extruderas
gjutblock					Vid bearbetning	Energiineffektivt för den storleken
lekplats	Tillsatskrävande, uppblandas?	Många processsteg, estetik				Inga former kan skapas mer än platta
kommunal soptunna			Liten marknad			Inga former kan skapas mer än platta
flytväggar			Liten marknad			
kompost						
Pvc-duk	Tillsatskrävande, uppblandas?					Extruderas
växtvägg						