



CHALMERS



Framtagning av en innovativ lösning för tillvaratagande av näring ur humanurin

En produkt som möjliggör en cirkulär ekonomi och ett hållbart samhälle i El Alto, Bolivia

Kandidatarbete inom Teknisk Design

ANNA EINARSSON
LOUISE ENBERG
MICHELLE FRANSSON
JAQULINE HULTMAN
VICTOR ÖBERG

KANDIDATARBETE 2018

Framtagning av en innovativ lösning för tillvaratagande av näring ur humanurin

En produkt som möjliggör en cirkulär ekonomi
och ett hållbart samhälle i El Alto, Bolivia

ANNA EINARSSON
LOUISE ENBERG
MICHELLE FRANSSON
JAQULINE HULTMAN
VICTOR ÖBERG

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2018

Framtagning av en innovativ lösning för tillvaratagande av näring ur humanurin
En produkt som möjliggör en cirkulär ekonomi och ett hållbart samhälle i El Alto, Bolivia

ANNA EINARSSON
LOUISE ENBERG
MICHELLE FRANSSON
JAQULINE HULTMAN
VICTOR ÖBERG

© ANNA EINARSSON, LOUISE ENBERG, MICHELLE FRANSSON, JAQULINE
HULTMAN, VICTOR ÖBERG, 2018.

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 10 00

Reproservice Chalmers
Göteborg, Sverige 2018

Förord

Rapporten behandlar ett kandidatarbete med omfattning på 15 högskolepoäng vid institutionen industri- och materialvetenskap, på uppdrag av Miljögiraff. Projektet utfördes av tre studenter från civilingenjörsprogrammet Maskinteknik samt två studenter från civilingenjörsprogrammet Teknisk Design på Chalmers tekniska högskola under vårterminen 2018.

Tack vill riktas till alla som bidragit med konsultation, feedback och annan värdefull information under projektets gång. Först och främst vill vi tacka Again AB som möjliggjort detta projekt och tillhandahållit information och fältbesök som varit avgörande för projektet. Tack även till Maja på Miljögiraff som under projektet bidragit till givande diskussioner och support. Vidare vill tack riktas till Adam Jareteg som vid upprepande gånger bidragit med värdefull kunskap inom sitt expertområde strömningsmekanik.

Vi vill också tacka vår handledare Johan Heinerud, som väglett oss under projektet. Även examinerator och kursansvarig Lars-Ola Bligård, samt mentorgruppen bestående av masterstudenter på Industrial Design Engineering vill vi tacka för stöd och råd under projektets gång. Slutligen vill tack riktas till Andreas Dagman, programansvarig för Teknisk Design, som möjliggjort projektet.

Göteborg 2018-05-14.

Anna Einarsson, Louise Enberg, Michelle Fransson, Jaquiline Hultman och Victor Öberg.

Sammanfattning

Projektet baseras på den innovativa uppfinningen ZeoPeat, patenterat av det forskningsinriktade företaget Again AB. ZeoPeat är ett pulver bestående av zeolit och magnesiumladdad torv. Vid reaktion med humanurin separeras näringsämnena kväve och fosfor med hjälp av ZeoPeat och efterlämnar kvävehaltigt vatten samt en näringsrik fällning Gainutri. Syftet med projektet är att utveckla en produkt som möjliggör denna reaktion och som kan utföras av maximalt två personer mekaniskt, utan att kräva elektricitet. Produktens funktioner är att blanda urin och ZeoPeat, sedimentera lösningen samt separera Gainutri och det kvävehaltiga vattnet. Projektet utgår från sanitetssituationen i staden El Alto, Bolivia, med dess befolkning som målgrupp.

Slutresultatet är produktkonceptet Makenutri som visualiseras med en CAD-modell. Konceptet är konstruerad som en cylindrisk behållare där nedre delen är konisk. Makenutri står med hjälp av en trebensställning och består av en omrörningsmekanism samt ett sedimenteringslock. Produkten möjliggör en god ergonomi samt användarvänlighet och är anpassad för att användas i Bolivia.

Avslutningsvis konstaterades det att produktkonceptet Makenutri bidrar till en cirkulär ekonomi och ett hållbart samhälle. Detta genom att den utvinnet det näringrika gödselmedlet Gainutri och på så vis kan bidra till en mer hållbar odlingskultur i El Alto, Bolivia.

Abstract

This project is established through the innovation of ZeoPeat, patented by the research focused company Again AB. ZeoPeat is a powder containing a mixture of zeolite and peat, which when in contact with human urine chemically binds the nutrients nitrogen and phosphorus. This reaction results in a nutritious fertilizer Gainutri and water containing high levels of nitrogen. The purpose of this project is to construct and design a product that enables this reaction. The product is supposed to be managed by at most two people and used without requiring electricity. The function of the product is to combine the mixture of urine and ZeoPeat, to allow sedimentation and also to separate the water and Gainutri. The sanitation situation in El Alto, Bolivia, has been the projects reference and starting point, and its population has been the main target group.

The final result is a concept of a product called Makenutri, which is visualized as a CAD model. The produced product has a cylindrical geometry with a conical lower part. Makenutri is held up with a tripod leg structure and includes a blender and lid for sedimentation.

The final conclusion of the project is that Makenutri contributes to a circular economy and a sustainable society. Since the product extracts the nutrients in the fertilizer Gainutri, this contributes to a more sustainable agriculture in El Alto, Bolivia.

Exekutiv Sammanfattning

Företaget Again AB har genom forskning tagit fram uppfinningen ZeoPeat som vid reaktion med lagrat urin möjliggör framtagning av kvävehaltigt vatten och det näringsrika gödselmedlet Gainutri. Genom uppdragsgivaren Mijlögiraff och företaget Again är syftet med denna rapport att möjliggöra en cirkulär ekonomi i El Alto, Bolivia, som är ett ruralt och fattigt område som saknar avloppssystem. Istället för avlopp finns ett system där urin samlas in via UDDT-toaletter och sedan förvaras i cisterner. En cirkulär ekonomi skall möjliggöras genom att ta tillvara på urinet som står och lagras i stora cisterner. Målet är att konstruera en produkt som blandar urin och ZeoPeat samt separerar Gainutri och kvävehaltigt vatten ut ur behållaren som på så vis tillvaratar urinets näringsfulla ämnen och skapar det näringsrika gödselmedlet Gainutri.

Projektet påbörjades genom att undersöka behov och krav för produkten där det snabbt konstateras att ingen liknande produkt existerar idag. En grundläggande insamlingsmetod blev därmed en viktig del av projektet. Mycket av informationen har tillhandahållits från Again samt genom internetsökningar om hur en Bolivian lever i samhället El Alto. Genom konsultation med experter inom diverse olika relevanta områden kunde behoven och kraven för produkten fastställas och utefter det påbörjades idégenereringsfasen.

I idégenereringsfasen togs inspiration från existerande produkter med liknande funktioner, det vill säga produkter som blandar flytande eller fasta ämnen. Ur dessa sökningar kunde flera olika innovativa idéer på lösningar tas fram, vilket resulterade i tre olika konceptgrupper. Genom att kombinera olika idéer med varandra och utveckla nya koncept, utvärderas sedan idéerna gentemot varandra med hjälp av flera olika metoder. Utifrån detta kunde sedan ett slutligt koncept tas fram som uppfyllde de behov och krav som ställts på produkten.

Projektet har resulterat i ett produktkoncept vid namn Makenutri, se figur 1. Produkten fungerar genom att ZeoPeat och urin tillsätts genom ett hål i locket och där brukaren med armkraft vevar en omrörare som rör om blandningen. Efter 20 minuters omrörning ska blandningen sedimentera. Efter sedimentationen kan det kvävehaltiga vattnet fås ut via en vattentapp och fällningen fås ut via en utloppslucka. Produkten ska fungera helt mekaniskt och om möjlighet till elektricitet finns kan detta med fördel användas.

Produkten är först inom området för tillvaratagning av näringsämnen från urin i rurala områden som saknar avloppssystem. Samtliga komponenter är utbytbara samt anpassade för smidig hantering av produkten. Produkten är utformad med intuitiva komponenter och tydliga indikatorer så att brukaren enkelt ska förstå hur produkten ska användas.



Figur 1: *Makenutri.*

Begreppslista

I rapporten förekommer viss terminologi. Nedan defineras denna terminologi för att underlätta för läsarens förståelse.

ZeoPeatTM: Again AB:s patenterade tillsatsmedel som är ett pulver bestående av magnesium-laddad torv och zeolit. Hädanefter kallad ZeoPeat.

GainutriTM: Ett näringsberikat odlingssubstrat i pulverform som släpper näringen långsamt. Hädanefter kallad Gainutri. Produceras genom att tillsatsmedlet ZeoPeat blandas med sorterad humanurin. Utöver fosfor innehåller Gainutri även makronäringsämnen som Kväve (N), Kalium (K), Magnesium (Mg) och Svavel (S), samt alla mikronäringsämnen som behövs: Kalcium (Ca), Mangan (Mn), Koppar (Cu), Bor (B), Zink (Zn), Järn (Fe), Kol (C).

Zeolit: Zeoliter är ett samlingsnamn för en grupp av silikatmineraler som har många ovanliga och viktiga egenskaper. Det är ett naturligt mineral som uppstår genom att vulkanisk aska eller vulkaniska stenar reagerar med alkaliskt grundvatten som bildar mjuka stenar, som sedan även kan malas till pulverform.

Fällning: Skiktet som bildas i botten då ZeoPeat adderats till humanurin, blandats om och fått stå och verka i minst 30 minuter. Detta kallas för fällning.

Cistern: Cistern kallas den tank där det lagrade humanurinet förvaras i El Alto, Bolivia. En cistern rymmer 5000 liter urin.

Urinsortande toalett: Toalett avsedd för att samla upp urin och fekalier separat. Förkortas UDDT.

Sanitet: Ett samlingsbegrepp för anordningar (toaletter, handfat, dusch, bad, vatten in och avlopp ut) och utrymmen som ger förutsättningar för att kunna sköta sin personliga hygien och

utföra sina behov på ett regelbundet och icke hälsofarligt sätt.

Newtonsk fluid: En Newtonsk fluid är en fluid som har en skjuvspänning som är linjärt proportionell mot hastighetsgradienten definierad rätvinkligt från skjuvplanet. Exempel på sådana fluider är vatten och luft.

Erosionskorrosion: Erosionskorrosion är en kombination av ett mekaniskt och kemiskt angrepp som oftast sker i områden med turbulent strömning av fluider. Förekommer oftast vid exempelvis kraftiga krökar eller försmalningar.

Kraftgrepp: Transversellt helhandsgrepp, när hela handen används för att greppa ett föremål.

Defekation: Medicinsk term för tarmtömning.

Latrin: Sammanfattad benämning av olika typer av tekniska system som tar hand om mänsklig avföring.

Rural: Synonym till lantlig, i motsats till urban, dvs. härrörande från stad, stadsbygd.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Avgränsningar	3
2	Slutresultat	4
3	Orientering	7
3.1	Grundfakta	7
3.1.1	Nuvarande situation i El Alto, Bolivia	7
3.1.2	Företagen Miljögiraff & Again	9
3.1.3	Etiska aspekter	9
3.1.4	Existerande lösningar	10
3.2	Teoretiskt ramverk	11
3.2.1	Uppfinningen ZeoPeat	11
3.2.2	Cirkulär ekonomi	12
3.2.3	De planetära gränserna	13
3.3	Process och metodbeskrivningar	14
3.3.1	Datainsamling	14
3.3.2	Funktionsstruktur	15
3.3.3	Kravspecifikation	16
3.3.4	Personas	16
3.3.5	Semantisk Ordskala	16
3.3.6	Idégenerering	17
3.3.7	Analys och utvärderingsmetoder	19
3.3.8	Ecodesign Strategy Wheel	20
3.3.9	Prototyper	21
3.3.10	Usability	21
4	Genomförande	23
4.1	Projektprocess	23
4.2	FAS I: Behovsidentifiering och informationssökning	25

4.2.1	Datainsamling	25
4.2.2	Usability	30
4.2.3	Resultat	31
4.3	FAS II: Konceptframtagning	36
4.3.1	Genomförande	36
4.3.2	Resultat	39
4.4	FAS III: Utveckling av slutkoncept	43
4.4.1	Genomförande	43
4.4.2	Resultat	52
5	Diskussion	66
5.1	Syfte och mål	66
5.2	Teori, process och metoder	66
5.3	Slutkoncept	67
5.4	Hållbarhet och etik	70
5.5	Vidareutveckling av koncept	71
6	Slutsats	72
7	Litteraturförteckning	73
8	Figurer	76
9	Tabeller	78
10	Bilagor	79

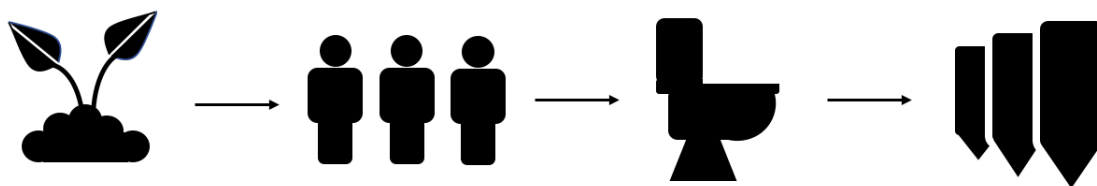
1. Inledning

Följande kapitel presenterar projektets ursprung samt bakgrundsfakta som behövs för att få en förståelse för varför projektet har initierats och dess innebörd. Vidare presenteras vad projektet levererar samt vilka åtaganden som projektet inte berör och begränsas av.

1.1 Bakgrund

Uppdraget har initieras av företaget Miljögiraff som är ett konsultbolag inom miljö och hållbar utveckling. Projektet har haft sitt fokus till staden El Alto i Bolivia. Uppdraget baseras på forskning från företaget Again AB inom hållbar sanitet för Göteborgs Universitet. Again AB bedriver utveckling och tester samt förädling av insatsmedlet ZeoPeat som används för att utvinna näringsämnen ur urin. ZeoPeat består av zeoliter samt tillsatt magnesium, som kan adderas i form av magnesiumsalt eller magnesiumladdad torv. Efter att ZeoPeat blandats med humanurin och fått verka en viss tid bildas antingen två eller tre skikt. Om torv användas i insatsmedlet bildas tre skikt, där det översta skiktet består av torv, däremellan kvävehaltigt vatten och det understa skiktet är en fällning. I Bolivia är tillgången av torv begränsad vilket har gjort att magnesiumsalt används som magnesiumkälla istället, vid denna tillämpning bildas det två skikt som består av kvävehaltigt vatten överst samt fällning längst ner. Torven eller saltet blir tillsammans med fällningen efter torkning och separation näringssubstratet Gainutri. Vattnet som utvinns har höga halter av kväve och kan används till bevattning men är inte lämpligt som dricksvatten. Det kvävehaltiga vattnet som fås ut ur processen är en positiv konsekvens där Gainutri är den vinstdrivande delen i uppfinningen för Again. Näringssubstratet som utvinns möjliggör att näringen återförs till kretsloppet, vilket kan göras genom att detta blandas med blommjord vid ny- och omplantering.

I fattiga och rurala områden som saknar avloppssystem kan hanteringen av humanurin vara ett stort problem. Genom att använda Agains uppfinning ZeoPeat skulle problemet med hur humanurin tas omhand lösas. Projektet har inriktat in sig mot staden El Alto som saknar avloppssystem, som är Bolivias näst största stad och är belägen 4 150 meter över havet, (*Suntura & Sandoval, 2012*). El Alto har under senare år infört ett system där urin från urinsorterande toaletter samlas in från hushållen i staden och förs till stora cisterner. Det finns i nuläget inget



Figur 1.1: *Linjärt kretslopp.*

system som hanterar urinet och återför detta till det naturliga kretsloppet, se figur 1.1. Det är alltså av stor vikt att cirkeln sluts istället för den existerande linjära processen vilket gör att cirkulär ekonomi är mycket relevant i detta projekt. Cirkulär ekonomi är ett koncept som strävar efter en hållbar utveckling och en ekonomi som bygger på kretslopp, (*EllenMacArthurFoundation, 2017*).

Växtligheten på jorden är beroende av kväve och fosfor för att kunna blomstra och utvecklas. Det är därför viktigt att dessa ämnen återförs till jorden och detta kommer vara desto viktigare i framtiden då dessa är ändliga resurser. Fosfor- och kvävecykeln är två av de planetära gränserna. Dessa gränser är redan i nuläget nästan överskriden respektive överskriden, (*WWF, 2017*). Gainutri består av höga halter fosfor och kväve och kan på så sätt hjälpa till att återföra dessa bristämnen till jorden. Att använda urinet direkt som ett näringsmedel är frätande för växter och kan i vissa kulturer inte anses som ett godtagbart sätt att återföra bristämnen till jorden på då det anses orent att hantera mänskligt avfall.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att konstruera och designa en miljövänlig och kostnadseffektiv produkt som separerar kvävehaltigt vatten och fällning från blandningen av humanurin och ZeoPeat. Projektet ska möjliggöra en cirkulär ekonomi och bidra till ett hållbart samhälle i El Alto, Bolivia. Projektet ska resultera i en informativ CAD-modell som utefter måttsatta ritningar ska kunna används för vidareutveckling.

1.3 Avgränsningar

Projektet utgår ifrån antagandet från uppdragsgivaren att cisternen är konstruerad för att kunna kopplas ihop med projektets produkt, det vill säga cisternens utformning kommer inte behandlas i projektet.

Vid framtagning av produkten kommer fokus enbart vara att utvinna fällning och kvävehaltigt vatten från lagrat humanurin. Resterande delar i processen så som exempelvis torkning av fällning kommer inte beröras. Projektet ska heller inte resultera i ett produktionssystem som täcker samhällets avfall av urin. Produkten är begränsad till att vara anpassad till Bolivia men ska om möjligt kunna användas i andra länder med liknande sanitära system, men fokus är en anpassning till El Alto, Bolivia. Projektet kommer heller inte resultera i en fullskalig prototyp utan i en konceptlösning med målet att visa upp funktion och vara en grund för vidareutveckling.

2. Slutresultat

Projektet resulterade i slutkonceptet Makenutri, med huvudfunktionen att utvinna Gainutri från lagrat urin med hjälp av ZeoPeat. Konceptnamnet, Makenutri, indikerar på produktens funktion, då den ska skapa näringsämnen, *make nutrients*, vid användningen. Konceptnamnet visar även på samhörighet med Agains uppfinning Gainutri. I figur 2.1 visas Makenutri i den avsedda miljön.



Figur 2.1: Slutkonceptet Makenutri.

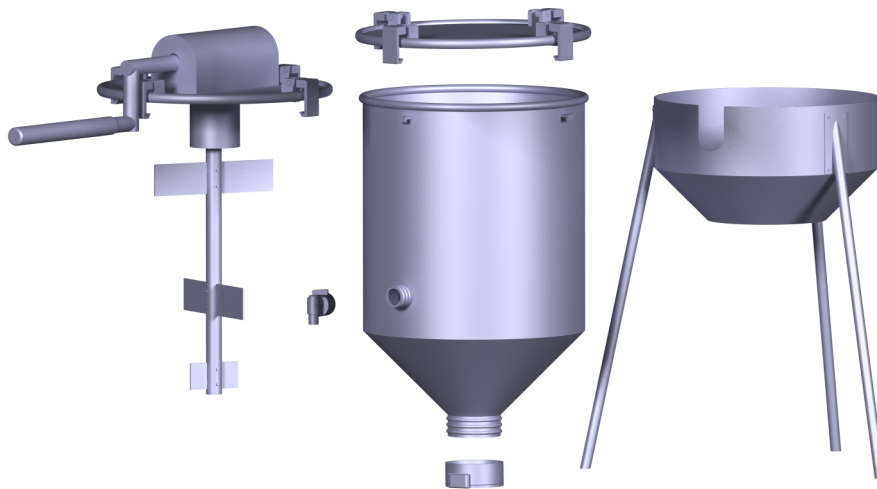
Makenutri är konstruerad som en cylindrisk behållare där nedre delen är konisk, med en utloppslucka för tömning av fällning i botten. Den koniska delen möjliggör ett naturligt flöde nedåt genom utloppsluckan för fällningen.

En vattenventil är placerad ovanför den koniska delen för att möjliggöra en smidig och ergonomisk tömning av kvävehaltigt vatten. Vattenventilen är placerad så att lite av vattnet stannar kvar i behållaren för att förenkla att fällningen kan flöda ut, detta genom att fällningen då blir något mindre trögflytande. Notera att detta vatten är inte den huvudsakliga vinsten i slutprodukten.

Det finns två olika lock till behållaren, se figur 2.2. Det ena locket har en integrerad omrörare och det andra locket, sedimenteringslocket, är endast till för att täcka behållaren för att förhindra lukt och stänk när omröraren inte används.

Omröraren är mekanisk, där rotation av axeln fås med en handvev via kugghjul. Vevens position på sidan av locket, som fungerar med hjälp av en kugghjulsprincip, bidrar till att omrörningen blir mindre ansträngande vilket leder till en bättre ergonomi för brukaren. Vevens axel får stöd av ett skydd som täcker kugghjulen så att händerna skyddas från eventuella skador. Bladen som sitter på omrörarens axel är placerade i tre nivåer för att skapa så stor turbulens som möjligt, se figur 2.2. Dessa blad är även utbytbara mot godtyckliga blad tack vare springorna de är fästa i. Utbytbarheten gör att omröraren kan användas även under tiden ett nytt blad inte hunnit komma om ett/flera blad skulle gå sönder.

Behållaren hålls på plats med hjälp av en benställning som består av tre stycken ben som skruvas fast i ett så kallat benbälte, 2.2. En ställning på tre ben ger behållaren en ökad stabilitet, vilket är viktigt då det finns en stor risk för att underlaget som produkten skall stå på inte är jämnt.



Figur 2.2: *Produktens delar.*

Makenutri presenteras i materialet stål, då detta material kommer att vara billigare vid tillverkning av endast någon eller några första prototyper. I större batcher, fler än 1000, är det billigare att tillverka behållaren i polyeten, med hjälp av rotationsgjutning. Eftersom investeringskostnaderna för denna tillverkningsmetod är högre är detta alltså inget som rekommenderas till en början.

I figur 2.3 illustreras följande delsteg som ingår i en användningscykel och är en förutsättning för att Makenutris huvudfunktion skall kunna genomföras:

A. Urin ska placeras i produkten från en cistern.

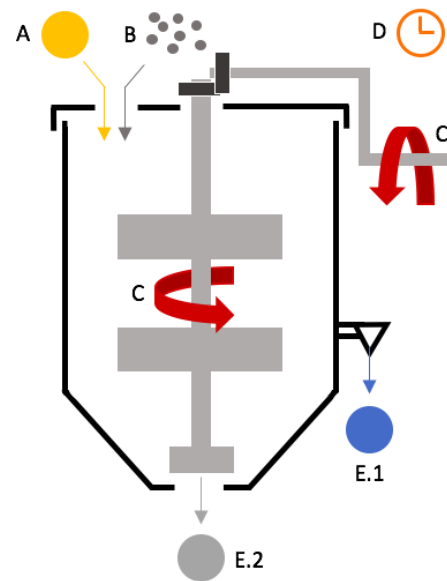
B. ZeoPeat ska adderas.

C. Urin och ZeoPeat ska blandas.

D. Verkningsstid.

E 1. Kvävehaltigt vatten ska separeras.

E 2. Fällning ska separera



Figur 2.3: Delsteg A-E.

3. Orientering

Följande kapitel innehåller grundfakta, teoretiskt ramverk samt process- och metodbeskrivningar. Syftet är att presentera information som läsaren behöver för att förstå de kommande delarna av rapporten och för att kunna sätta innehållet i sitt sammanhang.

3.1 Grundfakta

I detta avsnitt behandlas den fakta som ligger till grund för projektet, som den nuvarande situationen i El Alto, uppdragsgivare, etiska aspekter och existerande lösningar. Syftet med avsnittet är att ge läsaren en bra faktagrund för att förstå det fortsatta utvecklingsarbetet.

3.1.1 Nuvarande situation i El Alto, Bolivia

Bolivia är ett av Sydamerikas fattigaste länder. Den utbredda fattigdomen på landsbygden har bidragit till en stor urbanisering. Uppemot en tredjedel av alla barn i Bolivia arbetar, (*Barnbyar, 2018*).

El Alto är en stad i västra Bolivia som ligger 5 km från huvudstaden La Paz och har ett invånarantal på cirka 1,5 miljoner. Mellan åren 2008 till 2012 genomfördes ett projekt av den svenska biståndsorganisationen Sida och bolivianska *Federación Sumaj Huasi* med syfte att förbättra de sanitära förhållandena för människor i El Altos sjunde distrikt. Resultatet av projektet var att så kallade *Urine Diverting Dry Toilets* (UDDTs), handfat, duschar och system för rening av dagvatten installerades i hemmen samt att ett kollektivt system infördes för att hämta in och behandla hushållens avfall, (*Suntura & Sandoval, 2012*).

Sociala förhållanden

Av de 27 000 människor som bor i distrikt 7 i El Alto tillhör de flesta indianstammen Aymara och har invandrat till staden från rurala områden. Vanliga arbetsområden är inom handel, transport, byggnation och jordbruk där arbetena ofta är tillfälliga och varierar efter behov. Mycket kretsar

kring jordbruket, exempelvis säljs grödor som odlats eller tas säsongsjobb under exempelvis sådd och skörd. Jorden i området är mycket näringsfattig, därför är gödningsmedel viktigt. För att tillsätta näring till jorden används både gödsel från djur och konstgödsel, (*Suntura & Sandoval, 2012*).

Genomsnittsfamiljen består av föräldrar och fem barn. Rollerna mellan könen är att kvinnorna sköter hemmet och barnuppfostran medan männen arbetar. Vanligtvis är familjens inkomst ca € 20-30 per vecka, (*Suntura & Sandoval, 2012*). 2010 var dödligheten för barn under 5 år 36,9 per 1000 barn i Bolivia, (*UNICEF, 2016a*), att jämföra med Sverige där samma siffra är 3 per 1000 barn, (*UNICEF, 2016c*) och Etiopien där det är 58,4 per 1000 barn, (*UNICEF, 2016b*). Undernäring är en av de fem största orsakerna till dödsfall hos barn under fem år globalt. Det finns ett tydligt samband mellan barnadödlighet och fattigdom, brist på hygien och grundläggande sjukvård i ett samhälle, (*Globalis, 2018*).

Vatten- och sanitetsförhållanden

I El Alto har ungefär hälften av befolkningen tillgång till ett adekvat vatten- och sanitetssystem. I vissa delar, framförallt mer urbana, finns ett centraliserat vatten- och avloppssystem, men ekonomin och de politiska förhållandena förhindrar att detta byggs ut i takt med en ökande befolkning och därmed ökande efterfrågan på vatten, (*Suntura & Sandoval, 2012*).

I projektet som utfördes av Sida och *Federación Sumaj Huasi* installerades 897 sanitetsenheter till 4500 människor i El Altos distrikt 7. I och med detta fick hushållen en toalett som skiljer urin från avföring och samlar upp dem i separata kärl. Ett kollektivt system för insamling av avfallet har också initierats. Urinet samlas upp i 20-liters dunkar och hämtas upp regelbundet då de körs till en anläggning utanför staden. Där komposteras avföringen medan urinen samlas upp i 5000-liters cisterner och förvaras i 2-3 månader för att höja pH-värdet och därmed eliminera patogener. Sedan används även utspädd urin i begränsad utsträckning till gödning, (*Suntura & Sandoval, 2012*).

3.1.2 Företagen Miljögiraff & Again

Miljögiraff är ett konsultbolag, figur 3.1, som initierat detta projekt och arbetar med att skapa mätvärden för miljöarbete utifrån ett livscykelperspektiv samt arbetar med kunder för att minimera deras miljöpåverkan genom designprocesser.



Figur 3.1: *Miljögiraffs logotyp.*

Again AB, figur 3.2, är ett företag vars verksamhet är baserat på forskning i hållbar sanitet vid Göteborgs Universitet. Again AB bedriver utveckling och forskning samt förädling av insatsmedlet ZeoPeat som är vitalt för att ta fram det näringsrika gödselmedlet Gainutri. Deras forskning utgår från att lagrad urin reagerar och blandas med deras uppfinning ZeoPeat som startar en kemisk process vilken medför att vatten med höga halter av kväve samt Gainutri bildas. Både ZeoPeat samt Gainutri är patenterade av Again.



Figur 3.2: *Agains logotyp.*

I projektet är det Agains uppfinning som utgör projektet medan Miljögiraff innehar rollen att agera mellanhand mellan de olika parterna och bidrar även till en hållbar lösning genom sin verksamhet inom miljö.

3.1.3 Etiska aspekter

Globalt är det en stor andel av befolkningen som defekerar i naturen. Detta beror dels på avsaknaden av delegerade platser att uträtta sina behov på såsom toaletter, torrdass etc., dels på kulturella betingelser. Att initiera ett sanitetsprojekt, som det i El Alto, på nya platser är därför inte säkert att det kommer att fungera eftersom det är så beroende på om befolkningen är öppna för användandet av en toalett eller inte.

I exempelvis Indien är de kulturella problemen kring sanitet och toalettbestyr väldigt tydligt, men olika kulturella problem inom ämnet finns världen över. National Geographic skriver i en artikel från 2017 om hur öppen defekation är ett stort problem i Indien där många försök har gjorts för att lösa problemet, (*Elizabeth, 2017*). Flertalet groplatriner har installerats, vilka behöver tömmas av befolkningen själva. I Indien är det alltid de personer från de lägre kasterna som utför alla otrevliga arbeten, att hantera mänskliga avfall är ett sådant arbete. Genom att en

person tömmer sin egen latrin kan denna person anses stå lika lågt som de från de lägre kasterna vilket gör att personerna hellre uträttar sina behov i naturen än att göra det i latriner som de senare behöver tömma. Detta tillsammans med andra faktorer, så som okunskap om hur smittor sprids, leder till att de latriner som sätts upp riskerar att bli oanvända.

Förutsättningarna i Indien för att ett liknande projekt som det i El Alto ska lyckas är tuffa. Den planerade produkten utformas främst utefter de förutsättningar som finns i Bolivia där användandet av UDDT-toaletter inte är ett problem. Kontentan är dock att ett samhälles kultur kommer ha stor inverkan i vilka förutsättningar ett UDDT-projekt har och påverka svårigheter med samt resultat av ett sådant projekt. För att den planerade produkten ska ha bra förutsättningar för att kunna användas i så många länder som möjligt behöver hygien och trivseln vid dess användning vara god. Viktigt att poängtera är att produkten som tidigare nämnts, främst utformas för en användning i Bolivia men att hänsyn tas för en eventuell användning i andra länder. Produkten behöver vara sanitär då brukarna inte skall ta skada eller känna obehag vid hanteringen. Detta innefattar hela produktens process, från det att urinen lämnar cisternen till det att fällningen och vattnet är färdigproducerat och omhändertaget. Eftersom att produkten utvecklas för ett samhälle med begränsad tillgång till elektricitet behöver alla funktioner vara mekaniska. Detta innebär att produkten endast kommer att drivas av mänsklig kraft. Arbetsbördan som krävs av människorna skall inte vara inhumana och de skall inte heller ta mental eller fysisk skada vid arbete i samband med produkten.

Vid utveckling av en produkt som kan vara kulturellt känsloladdad, då produkten ska hanteras i samband med urin och avföring, är det viktigt att det går att hantera produkten på ett värdigt sätt. Det är viktigt att produkten i sig inte leder till ökande problem för de som kommer att hantera produkten samt att brukarna upplever att de utför ett respektabelt arbete och har sin värdighet i behåll. De kulturella problemen som finns i olika länder kring toaletter är svåra att påverka men den nya produkten ska inte bidra till en ökning av dessa problem.

3.1.4 Existerande lösningar

Det finns idag ingen existerande lösning på produkten som ska konstrueras i projektet. Produkten kommer vara helt nytänkande och först inom sitt användningsområde. Projektet har utgått från vad Miljögiraff haft för behov och krav för sin produkt för sina brukare och användare.

3.2 Teoretiskt ramverk

Följande avsnitt presenterar projektets teoretiska ramverk, vilket innehåller nödvändig fakta så att läsaren ska få en förståelse för problemet, användningen och produkten. Syftet med avsnitt är att läsaren ska få en djupare förståelse av utvecklingsarbetet inför kommande delar av rapporten.

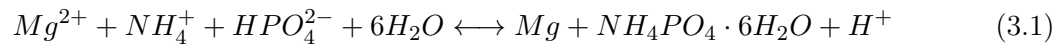
3.2.1 Uppfinningen ZeoPeat

I Agains uppfinning ZeoPeat är det zeolit och magnesiumladdad torv som startar den kemiska processen i urinet som gör att det kan omvandlas till Gainutri och kvävehaltigt vatten. Detta vatten är som tidigare nämnt inte det vinstdrivande för Again. Zeoliter är ett samlingsnamn för en grupp av silikatmineraler som har många ovanliga och viktiga egenskaper, (*MineralsEducationCoalition, 2008*). Det är ett naturligt mineral som uppstår genom att vulkanisk aska eller vulkaniska stenar reagerar med alkaliskt grundvatten som bildar mjuka stenar, som sedan även kan malas till pulverform. Zeolitens mjuka och porösa struktur rymmer många olika typer av positivt laddade joner så som Na^+ , K^+ , Ca^{2+} Mg^{2+} , vilket möjliggör att zeoliten kan användas till flera olika områden, (*Jha m. fl., 2016*). I dagens samhälle är zeoliten ett ämne som även börjat produceras i större skala på grund av dess unika egenskaper. Det finns över 200 olika varianter av zeoliter varav cirka 40 av dessa uppstår naturligt.

Zeolitens huvudsakliga uppgift är dess förmåga att kunna suga åt sig olika gaser och eller grundämnen vilket bidrar till att en jonbytningsprocess startar och zeoliten på så vis ändrar materialets eller gasens struktur och egenskaper. På grund av zeolitens flera olika strukturer har den många olika användningsområden så som bland annat inom jordbruk, odling, djurhållning, vattenmjukgörare, katalysatorer samt luktkontroll, (*MineralsEducationCoalition, 2008*).

Zeoliten som används i ZeoPeat liknar strukturen som vattenmjukgörare har genom att en filtreringsprocess påbörjas. Zeoliten suger åt sig ammoniumjoner från urinet vilket bidrar till ändrade egenskaper hos urinet och vatten med hög kvävehalt bildas. Den magnesiumladdade torven eller saltet har egenskaper som ger upphov till struvitfällning. Struvit är ett magnesiumammoniumfosfat i form av ett lösligt salt som vanligtvis används i jordbruk. När ammonium- och fosfatjoner från urinet reagerar med magnesiumjoner bildas en struvitfällning, (*Heldt, 2005*), se kemisk reaktion (3.1), (*Fransson m. fl., 2010*). På detta sätt tillvaratas fosfor ur urinet som

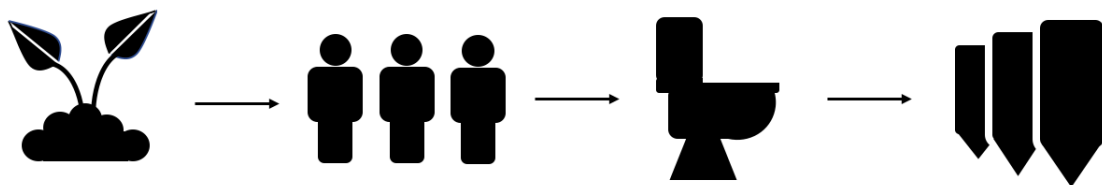
sedan används i Gainutri. När urinet, zeoliten samt magnesium reagerar bildas Gainutri vilket resulterar i ett mycket näringsrikt gödselmedel med höga halter av kväve och fosfor.



I en intervju med en expert inom sanitet framkom det att tillgången på torv i Bolivia är begränsad. Detta medför att magnesiumsalt används istället för magnesiumladdad torv, vilket påbörjar processen på samma sätt som torven gör. Magnesiumsalt, vilket är magnesiumsulfatheptahydrat, är vanligt förekommande och framställs ur havssalt och är väldigt billigt. Detta salt är även EKO-godkänt världen över vilket är positivt för gödselmedlet Gainutri. Saltet tillförs som antingen ett pulver eller en spray till urinet och skillnaden med att använda magnesiumsalt är att enbart två skikt bildas istället för tre.

3.2.2 Cirkulär ekonomi

Begreppet cirkulär ekonomi representerar ett ekonomiskt system som är designat för att återskapa resurser, om och om igen, (*EllenMacArthurFoundation, 2017*). Motsatsen är en linjär ekonomi, där något tillverkas, köps, förbrukas och slutligen deponeras. Utgångspunkten ligger i att biologiska material behöver vara så rena att det inte medför någon skada när dessa återvänder till biosfären och att tekniska material behöver vara designade på ett sådant sätt att de inte förlorar i kvalitet vid återvinning.



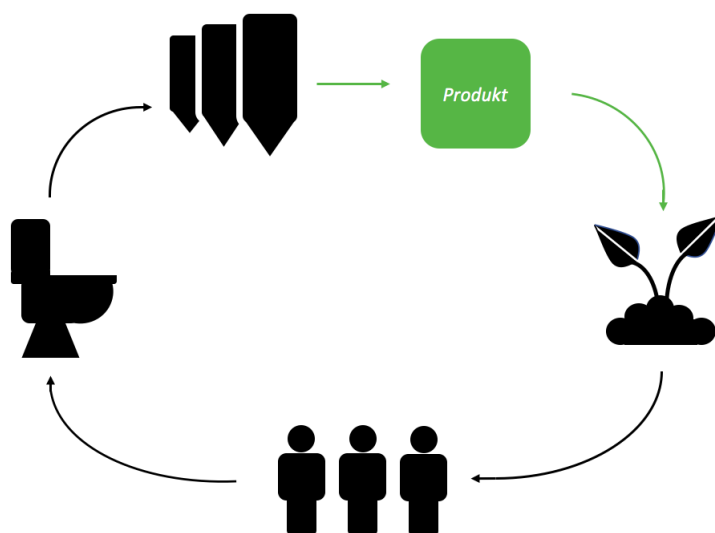
Figur 3.3: *Beskrivning av den nuvarande linjära processen i El ALto.*

Problemet i den nuvarande situationen i El Alto grundar sig i att det inte finns ett cirkulärt kretslopp för urinet. Det är en linjär process, där näringen som finns i urinet inte kan återföras till jorden och jordbruket vilket illustreras i figur 3.3. Även om införandet av urinsorterande

toaletter har bidragit till att komma ett steg närmare ett cirkulärt kretslopp har cirkeln ännu inte kunnat slutas.

Orsaken till problemet är att det insamlade urinet inte kan förädlas vidare. Detta beror, enligt expert inom sanitet, på att urinet inte utan vidare behandling kan användas för att ge näring till växter. Detta eftersom att vi äter salt som innehåller natrium- och kloridjoner, vilket kan vara frätande i höga koncentrationer. En lösning är att späda ut urinet med sötvatten med koncentrationen 1 till 10. Detta skulle dock innebära en stor negativ effekt i El Alto där det, enligt expert inom hållbar utveckling, råder brist på sötvatten.

Med hjälp av Agains framtagna patenterade pulver ZeoPeat skulle detta i en kemisk process med det lagrade urinet kunna återföra urinets näringsämnen till jorden och skapa ett cirkulärt kretslopp, se figur 3.4. Detta med förutsättning att en fungerande produkt som möjliggör denna process tas fram och implementeras i El Alto.



Figur 3.4: Cirkulärt kretslopp.

3.2.3 De planetära gränserna

De planetära gränserna syftar till miljöprocesser som är i direkt anknytning till jordens livskvalitet. Forskare arbetar aktivt med att sätta upp stabila gränsvärden för dessa miljöprocesser. Ett överstigande av dessa gränsvärden innebär negativa effekter och ett ohållbart samhälle, (WWF, 2017).

Kväve- och fosforcykeln är en av de planetära gränserna som anses ha överskridits, (*WWF, 2017*), detta dels på grund av konstgödsling, förbränning med mera. Att dessa värden överskridits innebär att användningen av kväve och fosfor är större än vad jorden klarar av att bearbeta, vilket i längden potentiellt kan innebära att ämnena blir en bristvara. Näringen som finns i urinen är redan med i kretsloppet och innebär därför ingen ytterligare påfrestning på kväve- och fosforcykeln. Gainutri däremot utsöndrar näringen långsamt till jorden och är ett näringsrikt gödselmedel, (*Caspersen & Ganrot, 2017*). Detta bidrar till att uppfylla FN:s globala mål för hållbar utveckling. Dessa förkortas *SDG* vilket står för *Sustainable Development Goals*. Rening av urinen och tillvaratagningen av näringen som finns i den, förväntas påverka *SDG11: Hållbara städer och samhällen* i positiv riktning. Den bättre gödslingseffekten ger ett bättre lantbruk vilket ger en bidragande effekt till *SDG 2: Ingen hunger*. Den förbättrade gödslingseffekten gör även att de lokala bönderna kommer behöva importera en mindre mängd konstgödsel och eftersom Gainutri är ekologisk, detta bidrar till *SDG 12: Hållbar produktion och konsumtion*.

3.3 Process och metodbeskrivningar

I detta avsnitt presenteras generella beskrivningar av de metoder, verktyg och processer som har använts under utvecklingsprojektet. Avsnittets syfte är att ge en övergripande förståelse för läsaren om valen av process och metod och hur dessa används.

3.3.1 Datainsamling

Datainsamlingsmetoder används för att få ett så informativt underlag som möjligt samt för att få en förståelse för problemet samt om dess bakgrund. I utvecklingsarbetet finns både primär- och sekundärdata. Primärdata är insamlad under själva utvecklingsarbetet i syfte att stödja arbetet. Sekundärdata är insamlad av någon annan person utanför projektet och kan vara insamlad i annat syfte än det som är tänkt i det aktuella utvecklingsarbetet, (*Bligård, 2017*).

Litteraturstudier

En typ av datainsamlingsmetod är litteraturstudier. En litteraturstudie är en systematisk, metodisk och kritisk granskning av litteratur utifrån ett vetenskapligt syfte. Litteraturen som granskas utgörs av vetenskaplig litteratur, det vill säga vetenskapliga publikationer, som avhandlingar och artiklar i vetenskapliga tidskrifter, (*Bligård, 2017*).

Observationer

Observationer används för att studera beteenden och hantering av produkter. Syftet med observationsstudier är att skapa en förståelse för hur brukaren använder produkten samt eventuella problem som uppstår vid hanteringen. Observationerna kan ske på olika sätt. Ett sätt är observationer av verkligheten i exempelvis fält, vilka ofta utförs i början av projektet för skapa en helhetsbild av produkten och användaren. Ett annat sätt är observationer i form av labbmiljö, som genomförs för att få mer detaljerad kunskap om exempelvis eventuella problem som uppstår eller jämförelse av olika principiella lösningar, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015, p. 147*).

Intervjuer

En annan metod för att samla in information är att genomföra intervjuer. Dessa kan vara strukturerade, semistrukturerade eller ostrukturerade. En strukturerad intervju innebär att frågorna som ställs formulerats i förväg, vilket är att föredra om det är kvantitativ data som är målet. En semistrukturerad intervju bygger istället en personen på förhand har en plan på exempelvis vilka områden som skall beröras eller vilka frågor som skall ställas, skillnaden är att det pratas mer fritt om dessa. I en ostrukturerad intervju sker en fri diskussion med personen som intervjuas, vilket är att föredra när kvalitativ data efterfrågas, (*Lantz, 2013*).

3.3.2 Funktionsstruktur

I en funktionsstruktur illustreras dels produktens in- och utflöde av material, information och energi, samt produktens olika delfunktioner och relationen mellan dessa. Genom att göra en funktionsstruktur fås en överblick av produktens funktioner, vilket ofta är fördelaktigt i ett utvecklingsarbete, (*Otto & Wood, 2001*).

3.3.3 Kravspecifikation

En Kravspecifikation används för att specificera de krav som en produkt skall uppfylla. Den kan även innehålla önskemål från beställaren. Under produktutvecklingsprocessen kontrolleras de framtagna förslagen gentemot Kravspecifikationen för att säkerställa att kraven uppfylls, (*Wikipedia, 2017*).

3.3.4 Personas

Ett sätt att involvera användaren eller intressenten i ett utvecklingsarbete är att skapa en så kallad persona. Efter att ha identifierat den aktuella målgruppen och tagit fram de behov som finns fortsätter man arbetet genom att göra en persona. En persona är en fiktiv typisk användare som utvecklarna själva skapar utifrån den målgrupps- och behovsanalys som gjorts. Syftet med att använda sig utav en persona är att göra användaren mer konkret och personlig och inte vara så abstrakt som i en användarprofil, i syfte att hjälpa utvecklarna att möta användarens behov och preferenser, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015, p. 95*).

3.3.5 Semantisk Ordskala

En Semantisk ordskala är en metod som används för att hitta rätt formspråk och uttryck för en produkt och som kan ligga till grund för det fortsatta designarbetet och leda arbetet i rätt riktning, (*Wikström, 2002*). I en Semantisk ordskala sammanställs det önskvärda budskapet som den framtida produkten ska förmedla. Detta görs genom att ett antal egenskaper och eller adjektiv formuleras. Orden ska vara kopplade till en användare. De valda orden skapar en helhet som tillsammans bildar ett underlag för produktens uttryck. En Semantisk ordskala kan användas i kombination med andra metoder för att identifiera uttryck som till exempel en Persona eller olika *boards*. En Semantisk ordskala är fördelaktig att använda under olika iterationer i ett designarbete för att inte förlora det önskade budskapet. Den är även en bra grund till form-, material- och färgval.

3.3.6 Idégenerering

En fas som har en viktig betydelse för utvecklingsarbetet är idégenereringen. Idégenerering är ett organiserat sätt att ta fram nya idéer på. I en idégenereringsprocess är det viktigt att tänka kreativt snarare än kritiskt och jobba med kvantitet istället för kvalitet. Följande avsnitt ger beskrivningar av de metoder som använts för att ta fram idéer eller lösningar på problem.

Brainstorming

Metoden utvecklades från början av Axel Osborn och publicerades i hans bok *Applied Imagination, Osborn (1953)*. Tanken med metoden är att den ska uppmuntra till idéer och tankar som till en början kan framstå som lite galna. En del av dessa idéer kan lägga grunden till originella och kreativa lösningar på problem. Det är därför av stor vikt att idéer under brainstormingen inte kritiseras eller avfärdas. Under brainstormingen är det viktigt att idéer dokumenteras på något sätt så att dessa ej glöms bort.

Brainwriting & Braindrawing

Brainwriting är en idégenereringsmetod som utgår från deltagarnas idéer och att bygga vidare på deras redan framtagna idéer. Metoden delas in i steg där det första steget innebär att definiera ett tema där idégenerering ska utmynnas i. Det ska tydligt framgå vad temat är och gärna skrivas upp på en tavla eller dylikt så att alla deltagare kan se temat under hela sessionen. Under en omgång, vilket är fem minuters total tystnad, ska vardera deltagare skriva ner tre idéer på tre olika papper, detta är steg två. I steg tre, vilket är då tiden tar slut, ska alla deltagarna skicka sina papper till höger och sedan påbörjas en ny omgång där en annan deltagare ska idégenerera på föregående deltagares idéer. Det är vanligt att denna process fortgår tills det att ett helt varv gått igenom, men detta är helt upp till deltagarna. Efter att alla omgångar är färdiga placeras deltagarnas idéer på en vägg och sedan ska en diskussion påbörjas. De olika idéerna delas in i olika områden, funktioner och teman som idéerna berör, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015, p. 127*).

Metoden Braindrawing utgår från Brainwriting och går ut på samma principer, skillnaden är att istället för att skriva så ska deltagarna rita sina idéer, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015, p. 129*). Under båda processer är det viktigt att dokumentera så att ingen idé blir förkommen.

Skisser

Skisser är en visuell manifestation av designerns tankeprocess, och används gärna tidigt i designarbetet. Det är ett medel både för designern själv och utomstående för att kommunicera och dokumentera hur en produkt ska se ut, fungera och upplevas, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015*).

Skisser kan ha olika kvalitet beroende på syfte, och kan vara allt ifrån enkla idéskisser inom projektgruppen till färg- och materialsatta renderingar att visa upp för uppdragsgivare och dylikt, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015*). Skisserna kan användas för att beskriva produkten på olika nivåer, från hela koncept ner till detaljnivå, (*Österlin, 2003*).

Osborns idésporrar

En metod som kan användas som hjälpmedel för att generera fram nya idéer är Osborns idésporrar. Metoden går ut på att bearbeta de idéer som redan framtagits. För att göra detta ställs ett antal frågor runt idéerna, dessa kan exempelvis vara några utav nedanstående.

- kombinera?
- förminska?
- förstora?
- eliminera?
- modifiera?
- göra tvärt om?

De nya idéer och tankar som frågorna genererar skall i sin tur dokumenteras för att senare utvärderas och se om dessa kan användas eller på något sätt bidra till framträdande av nya lösningsförslag, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015, p. 133*).

Morfologisk matris

När produktens funktion har framtagits kan olika delfunktioner forma en Morfologisk matris och användas för att generera olika dellösningar på dessa. För att generera så många lösningar som möjligt på de identifierade delfunktionerna används med fördel någon idégenereringsmetod såsom Brainstorming eller Braindrawing. När antalet olika dellösningar anses vara tillräckligt för utvecklingsarbetets fortskridande kombineras dessa till olika helhetskoncept. Fördelen med en Morfologisk matris är att den genererar en mycket stor mängd av olika koncept, (*Wikberg Nilsson m. fl., 2015, p. 147*).

3.3.7 Analys och utvärderingsmetoder

Efter att en mer öppen och friare idégenereringsfas varit, övergår projektet till en mer riktad fas där idéer för mer specifika funktioner och krav efterfrågas samt att ett mer kritiskt tänkande tillämpas. I detta avsnitt beskrivs de metoder som användes för att kunna göra en analys och utvärdering av framtagna idéer och koncept från idégenereringen.

Elimineringsmatris

En Elimineringsmatris kan användas för att säkerställa att koncepten uppfyller de framtagna kraven och behoven. De koncept som ej uppfyller kraven elimineras inför det kommande utvecklingsarbetet. Elimineringsmatrisen används med fördel innan Pugh-matrisen, (*Bligård, 2017*).

Pugh-matris

En Pugh-matris kan användas för att utvärdera vilket utav flera koncept som bäst uppfyller en Kravspeckfikation. Koncepten ställs gentemot en referens, som exempelvis kan vara ett av koncepten. Om ett koncept uppfyller ett krav bättre än referensen får det ett plus, är det lika bra får det en nolla och är det sämre ges ett minus. Slutligen beräknas den totala summan för respektive koncept och utifrån resultaten kan sedan lösningar väljas eller förkastas, (*Bligård, 2017*).

Kesselringmatris

En Kesselringmatris är en utvärderingsmetod där olika koncept jämförs med en referens, som i detta fallet är den ideala lösningen. Utvärderingen sker med hjälp av att varje kriterium tilldelas en viktningsfaktor. Sedan görs en bedömning av hur väl varje koncept uppfyller respektive kriterium. Slutligen summeras poängen för respektive koncept och en rangordning erhålls, (*Bligård, 2017*).

Bedömning för fysisk ergonomi

Vid bedömning för fysisk ergonomi utgår analysen från tanken att det finns en neutral kroppsställning, ett nolläge, där kroppen inte tar någon skada. Ju längre ifrån detta nolläge som en användare kommer desto skadligare anses rörelsen eller ställningen vara. Det finns olika metoder för fysisk ergonomi med olika inriktningar. En kroppställningsanalysmetod är REBA - *Rapid Entire Body Assessment*, som är en övergriplig metod som fokuserar på hela kroppen där en skaderisksbedömning kan göras utan mätutrustning, (*Abrahamsson m. fl., 2010*). Vid REBA tas hänsyn till om positionen tar hjälp av tyngdkraften eller greppet. Olika segment av kroppen analyseras åt gången, vilket ger en rankningspoäng, där högt tal visar på en hög risk. Denna poäng ger en indikation på om kroppsställningen är acceptabel eller bör åtgärdas och hur snabbt det bör ske.

3.3.8 Ecodesign Strategy Wheel

Ecodesign Strategy Wheel är en designapproach för att reducera en produkts påverkan på miljön. Metoden delar in produktens livscykel i åtta faser och beskriver de överväganden, frågeställningar och strategier som kan användas i varje fas för att minska produktens miljöpåverkan. Faserna är *innovation, reduced material impacts, manufacturing innovation, reduced distribution impacts, reduced behavior and use impacts, system longevity* och *transitional systems*.

För att motverka kontraproduktiv användning av metoden bör det bedömas hur väl en ekodesignstrategi uppfyller sitt ändamål genom att analysera hur den påverkar det system som produkten ger upphov till. Metoden är även ett verktyg för brainstorming som kan hjälpa till att se nya möjligheter för en produkt, (*White m. fl., 2013*).

3.3.9 Prototyper

Wikberg Nilsson, Ericsson och Törlind (2015) definierar begreppen prototyp och prototypande som “experimenterandet med material, modeller och metoder som genomförs för att utforska designrymden, dvs. olika alternativa och möjliga lösningar”.

Fysiska modeller och mock-ups är tredimensionella prototyper av produkter, där den förstnämnda typen har en enklare och mer skissartad utformning medan den sistnämnda har en högre grad av funktionalitet. Mock-ups är bra för att utforska människans interaktion med den aktuella produkten, (Wikberg Nilsson m. fl., 2015), medan fysiska modeller är ett bra kommunikationsmedel för projektet, samt som ett snabbt, enkelt och billigt sätt att testa och visualisera form, funktion eller uppbyggnad, (Österlin, 2003).

Med *virtual prototyping* menas modellering och simulering i dator, (Johannesson m. fl., 2013). Detta kan göras med hjälp av olika CAD/CAID-program, vilka används för att skapa virtuella modeller i 3D, (Wikberg Nilsson m. fl., 2015).

3.3.10 Usability

Usability kan grovt översättas till användarvänlighet. ISO, International Organization for Standardization, definierar *usability* på följande sätt: “*The extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use*”, (ISO DIS 9241-11, 1998, page 2). Denna definition förklarar *usability* som vilken nytta en användare kan åstadkomma med en produkt.

Patrick Jordan är en välkänd affärspsykolog som har arbetat fram fem olika aspekter på *usability* (Jordan, 2002), se nedanstående lista för aspekterna.

1. *Guessability* - Graden av *usability* som uppnås då en produkt används för första gången.
2. *Learnability* - Graden av *usability* som uppnås då en produkt används för andra gången.
3. *Experienced User Performance* - Graden av *usability* som kan uppnås då erfarna användare hanterar produkten.

4. *System Potential* - Den optimala graden av *usability* som det finns möjlighet att uppnå vid användningen av produkten.
5. *Re-usablity* - Graden av *usability* som kan uppnås då en uppgift ska upprepas efter ett lång tids uppehåll från uppgiften.

4. Genomförande

Följande kapitel beskriver projektets genomförande utifrån arbetsprocessen. Kapitlet beskriver även hur metoderna har använts och hur konceptidéer har utformats och utvärderats. Avslutningsvis presenteras slutkonceptet och dess ingående delar.

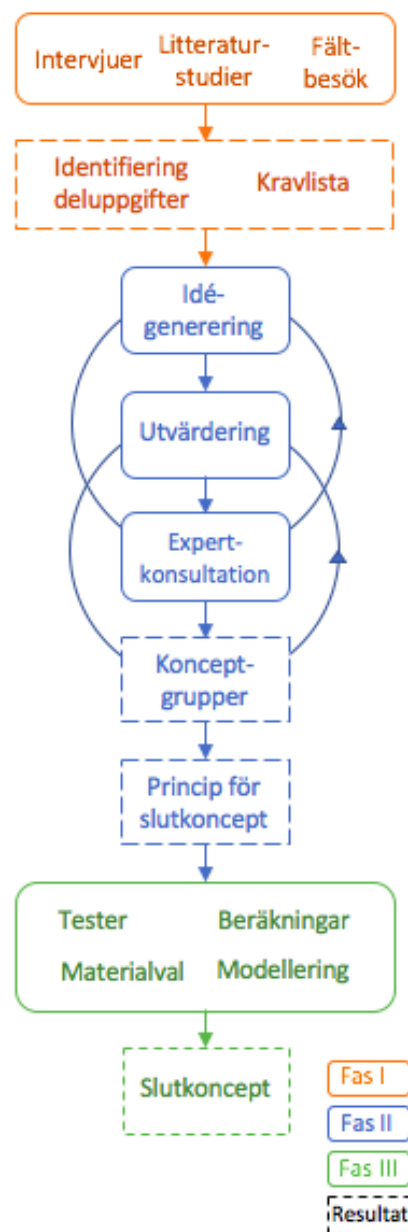
4.1 Projektprocess

Arbetsprocessen för projektet delades upp i tre faser för att på så vis skapa en tydlig struktur på arbetet. Projektets processtyp och vad som upplevdes som en naturlig uppdelning avgjorde vilka faser som togs med och hur de utformades. Inspiration togs från ACD³-processen vilket ofta används i samband med designarbeten, (Bligård, 2017).

Faserna genomfördes både enskilt och parallellt eftersom ny information och nya problem ständigt uppkom. Detta medförde att faserna påverkades genom iterationer mellan och omkring faserna. Projektprocessen illustreras i figur 4.1.

FAS I: Behovsidentifiering och informationssökning

Projektets första fas syftar till att lägga grunden för arbetet samt ge förståelse för vad som skulle göras och hur de ingående delarna skulle fungera. Eftersom ingen skriftlig information fanns tillgänglig var det uppdragsmötet med Again och Miljögiraff som lade grunden till den information som erhöles. Via mailkonversationer samt intervjuer med Again och Miljögiraff samlades både information in och viktiga aspekter rörande produktens funktionalitet erhöles. En viktig del i arbetet var förståelse kring processen när ZeoPeat blandas med urin. Detta erhöles vid fältbesök hos företaget Again där en demonstration gavs, se sida 26.



Figur 4.1: Illustration av projektprocess.

Fasen behandlar förståelse för hur produkten skulle användas och av vilka människor. Eftersom att det inte var möjligt att ta kontakt med eventuella brukare och inte heller var möjligt att besöka användarplatsen, valdes fokus att läggas på rapporter som beskrev bolivianernas vardag samt visuell undersökning av bilder tagna från användarplatsen. Denna fas krävde många iterationer eftersom att ny information ständigt uppkom. Detta medförde att fasen tog lång tid eftersom informationen som erhöles i början av projektet var mycket begränsad.

FAS II: Konceptframtagning

I samband med att tillräcklig information tillhandahållits, påbörjades framtagningen av koncept. Genom idégenerering togs flera olika delkoncept fram, vilka utvärderades genom tester. Utifrån resultatet från testerna itererades det tills dess att koncepten var tillräckligt färdiga för att utvärderas i Pugh- och Kesselringmatriser. Under denna fas konsulterades flera experter inom olika områden för att få viktiga synpunkter över konceptens funktionsduglighet. Efter matriserna kunde ett slutkoncept beslutas. Denna fasen resulterade i flera iterationer då ny information uppkom även under denna fas, alltså skedde denna fas delvis parallellt med första fasen.

FAS III: Utveckling av slutkoncept

I denna fas preciserades det slutliga konceptet och resulterade i en klar bild av hur konceptet ser ut samt hur den fungerar. Genom tester och beräkningar bestämdes mått och vinklar på konceptets ingående delar. Tester som utfördes var exempelvis om fällningens densitet och trögflutenhet för att bestämma fallvinkeln i botten samt höjden för vattentappen. Utifrån ergonomiundersökningar bestämdes minimum- och maximumhöjder och utifrån detta kunde behållarens mått beräknas. Genom konsultation med expert inom strömningslära utformades omrörningsmekaniken och bladen där stor vikt lades vid utbytbarhet och reparation ifall ett blad skulle gå sönder.

Fasen resulterade i kostnads- och materialuppskattningar på behållaren och benställningen samt en komponentlista över övriga ingående delar. Dessutom gjordes en CAD-modell för att visualisera konceptet. För att få ett så välutformat slutkoncept som möjligt itererades denna fas fram tills att konceptet ansågs fullvärdigt.

4.2 FAS I: Behovsidentifiering och informationssökning

Detta avsnitt avser att beskriva den första fasen i projektet som handlade om att identifiera behoven för produkten samt att söka information om projektet. Syftet är att skapa grunden för arbetet och få förståelse för hur produkten ska användas och appliceras i El Alto samt få förståelse för hur liknande produkter fungerar. Fasen resulterade i en beskrivning av deluppgifterna för hur produkten ska fungera samt en Kravspecifikation för produkten. Dessutom resulterade fasen i en Persona samt en Semantisk ordskala för att få förståelse för produktens användningssituation.

4.2.1 Datainsamling

Datainsamlingen genomfördes i form av en litteraturstudie. Detta för att utreda målgrupp, användningssituation och yttre fysiska förhållanden i den miljö där produkten ska användas. Litteraturen är baserad på fältstudier från samhället El Alto i Bolivia och har legat till grund för brukar- och användningsreferens i projektets utvecklingsarbete. Information om vilka möjligheter och begränsningar som innovationen ZeoPeat skapar inhämtades genom intervjuer med upphovsgivaren Again samt skriftligt material om ZeoPeat via Agains hemsida. Datan som ansågs relevant för utvecklingsarbetet samlades in genom intervjuer med Again samt genom beräkningar som grundas på teori inom mekanik, strömningslära och hållfasthetslära.

Intervjuer

De intervjuer som gjorts i projektet har till största del varit semistrukturerade. Intervjuerna har mestadels utförts via mailkonversationer med olika experter, se lista 4.1 för de olika experter som kontaktats. Personliga intervjuer har även utförts, bland annat i samband med fältbesöket. Anledningen till att inga intervjuer har utförts med användare och brukare grundar sig i att de befinner sig i Bolivia och att det på grund av detta varit svårt att utföra. Dessutom har ingen brukare eller användare kunnat identifierats med anledning av att en produkt inte existerar i nuläget.

Tabell 4.1: *Lista över experter.*

Experter
Expert inom sanitet
Expert inom sanitetsexperiment
Expert inom polymera material
Expert inom strömningslära
Expert inom ventiler
Expert inom mekanik
Expert inom hållbar utveckling

Litteraturstudie

Den största delen av datainsamlingen har grundats i litteraturstudier i form av vetenskapliga artiklar för att på så vis få en större inblick i uppdragets olika delar. Studierna har mestadels utförts genom sökningar på internet på grund av att informationen i projektet har varit mycket begränsad och mycket grundfakta har behövts tas fram. Litteraturstudier har även använts för belägg till intervjuer för att kunna både förstå bakgrundsfakta och kunna stödja resonemang i aktuell data och litteratur.

Fältbesök

Ett fältbesök utfördes hos Again AB:s laboratorium i Högsbo industriområde, Göteborg. Detta för att kunna samla in mer information om hur processen ser ut idag samt se hur företaget experimenterar med deras egna uppfinningar ZeoPeat och Gainutri. Detta besök var väldigt givande då mycket relevant fakta framkom, exempelvis att vid experiment i Sverige används torv istället för magnesiumsalt vilket bidrar till ett extra skikt som flöt ovanpå det kvävehaltiga vattnet. Dessutom kunde en omfattande intervju utföras med en av upphovspersonerna till Gainutri.



(a) Hink med ZeoPeat och torv.. (b) Dunkar med lagrat urin.. (c) Blandningen av komponenterna..

Figur 4.2: Bilder från fältbesöket hos Again.

Experimenten utfördes genom att först hälla i ZeoPeat i lagrat urin i en svart 20-liters behållare och sedan blanda dessa två ämnen med en eldriven bormaskin med en tillhörande visp, se bildserie 4.2. Urin och ZeoPeat blandades sedan relativt kontinuerligt i cirka 10 till 20 minuter för att sedan sedimenteras. Efter att blandningen var färdigskiktad hölls den genom en stor sil med en tillhörande behållare som samlade upp vattnet, se figur 4.3b. Fällningen och torven fastnade i silen medan vattnet läckte till den undre behållaren. Se figur 4.3a för se torvens tjocklek efter reaktionen. Efter att vattnet var separerat hölls sedan fällningen från silen till en annan behållare för att separera de olika ämnena. Vid experimentet utfördes testerna helt öppet och inte med en sluten behållare. Det var även en stark lukt av svavel och ammonium som fyllde rummet under experimentet. Det konstaterades även att fällningen hade en konsistens liknande en tjock lera och att vattnet inte var drickbart på grund av det hade höga halter av kväve kvar. Detta för att i processen skiljs enbart 70 % av kvävet ur urinet.



(a) Flytande torv. (b) Stora silar med fällning.

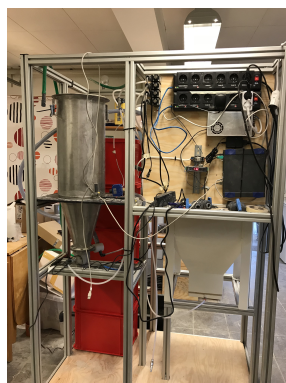
Figur 4.3: Bilder från fältbesök hos Again.

Viktigt att notera är att experimentet som beskrivs handlade om att utvinna Gainutri ur ZeoPeat och urin och inte om utformning av produkten projektet ska resultera i. Däremot erhöles god förståelse om arbetsmomenten som ingår i processen och miljön arbetet kommer att ske i, exempelvis vad gäller lukt, konsistens på fällning med mera. Again visade även hur torkningen av fällning till Gainutri gick till men då detta inte är relevant för projektet har det valt att inte behandlas i detta avsnitt.

Benchmarking

Genom att kartlägga redan existerande lösningar kan en tydlig bild av förutsättningarna för produkten fås fram. I projektet har detta inte helt och hållet kunnat fullföljas på grund av att inga existerande produkter finns. Fältbesöket gav däremot inspiration till lämpliga produkter och redskap, dels utifrån deras experiment och dels utifrån andra experiment som utfördes i laboratoriet. Vidare har utbudet av produkter med liknande funktioner undersökts genom Brainstorming och internetsökningar.

En av lösningarna som fanns i Agains experimentverkstad var en tryckluftstank, se figur 4.4a, som mestadels användes för utställningar för att visa principen ZeoPeat och Gainutri. Denna fungerar genom att urin och ZeoPeat blandas i en metalltank med hjälp av tryckluft. Sedimentationen sker i tanken och efter att blandningen är färdigsedimenterad hålls allt ner i en behållare med en sil så att det kvävehaltiga vattnet och fällningen kan separeras, se figur 4.4b.



(a) Tryckluftstanken.



(b) Behållare med sil.

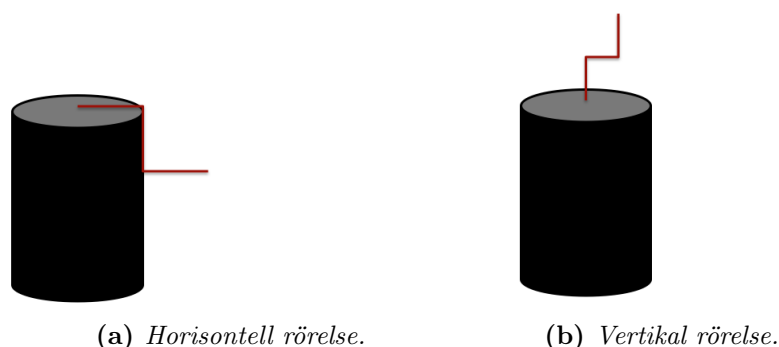
Figur 4.4: Bilder från fältbesök hos Again.

Andra liknande lösningar som projektet tagit inspiration från är cementblandare, tombolas, kemiska tankar, smörkärnor samt honungsslungor. Dessa inspirationskällor har tagits fram genom

internetsökningar och varit en stor del i produktens utformning. Det som lösningarna har gemensamt är att de är produkter som på olika sätt blandar fluider av olika konsistenser och densiteter. En cementblandare fungerar genom att en yttre behållare håller ihop konstruktionen medan en innerbehållare roterar med hjälp av en motor. Att använda en sådan här typ av lösning ansågs vara svårkonstruerad och skulle inte uppfylla flera av kraven på produkten som ska tas fram då den ska vara dels så billig som möjlig samt kunna användas mekaniskt. Dessutom konstaterades att cementblandarens blandningsmekanism inte skulle vara tillräcklig för att kunna blanda ZeoPeat och urinet så att reaktionen skulle kunna fortskrida. Idén om att en innerbehållare roterade inuti en annan behållare togs vidare för utveckling i processen.

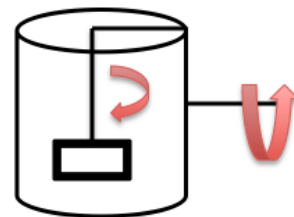
En tombola fungerar genom att en integrerad axel med en vev skapar en rotationsrörelse i behållaren i x-led och utnyttjar på detta sätt centrifugalkraften som uppstår i behållaren. Utifrån detta resonemang konstaterades att en tombolalösning skulle vara bra då detta medgav att produkten kan användas mekaniskt och skulle vara enkel att använda. Omrörningen skulle även fungera väldigt bra i denna typ av princip då ZeoPeatet naturligt skulle kunna rotera i behållaren och på så vis reagera med urinet.

Det finns flera olika varianter av honungslungor men de som fokuserats på är de som fungerar på samma sätt som en cementblandare, det vill säga två olika behållare varav en roterar. Skillnaden är att honungsslungan är enklare att göra mekanisk då det inte krävs lika stor rotationsrörelse för att slunga honung som att arbeta med tung cement. Rotationsrörelsen kan vara vertikal eller horisontell, se figur 4.5a-4.5b, och det är denna rörelse som gör att behållaren inuti roterar med hjälp av en utväxling. Denna rörelse valdes att arbeta vidare med då det konstaterades vara en intuitiv och ergonomisk rörelse för att även kunna vara mekanisk.



Figur 4.5: *Principer för att skapa rotationsrörelser.*

På samma sätt som att det finns flera varianter av honungsslungor finns även flera typer av smörkärnor. De smörkärnor som valts att fokusera på fungerar genom att det är en vevaxel som är en integrerad axel med en omrörare vilka integreras med utväxling. Det vill säga en horisontell rörelse som med hjälp av utväxling ändras till en vertikal rörelse inuti behållaren, se figur 4.6. Denna princip konstaterades vara en intuitiv och enkel lösning samt att rörelsen borde medge att en reaktion mellan ZeoPeat och urin ska kunna uppstå.



Figur 4.6: *Illustration av smörkärnarens rörelse.*

Med denna typ av benchmarking samt med hjälp av en expert inom strömningslära konstaterades att lösningarna som skulle arbetas vidare med var tombolan, smörkärnan samt honungsslungan, då dessa skulle kunna konstrueras på ett enkelt sätt och medge rätt rörelse så att fluiderna kan reagera på rätt sätt och kunna användas rent mekaniskt utan el och genom detta uppfylla kraven på produkten.

4.2.2 Usability

Vid utveckling av en produkt som ska användas i rurala områden i utvecklingsländer, där personer med olika kultur, utbildning och bakgrund ska använda produkten, är det viktigt att produkten har en hög *usability*.

Vid framtagningen av konceptet i detta projekt har därför *usability* haft ett stort fokus. Produktlösningen är inriktad för att anpassas för Bolivia men även för att kunna fungera i andra rurala områden med en liknande sanitetssituation som i El Alto. Därför är det viktigt att produkten i sitt uttryck är kommunikativ och instruerande för många olika användare i olika kulturer. Produktlösningen har på så sätt ett krav på sig att ha en hög *guessability*, alltså en hög användarvänlighet vid första interaktionen med produkten. Det är viktigt för att produkten ska hanteras på rätt sätt och i rätt situation, vilket kan undvika skador på produkten som uppstår på grund av felhantering.

Tanken är att detta produktkoncept inte ska användas av privatpersoner för privat bruk utan av anställda som får en viss utbildning kring hur produkten ska hanteras. Med utbildning menas enkla instruktioner kring hur produkten ska användas, det vill säga i vilken ordning som urin

och ZeoPeat ska adderas, blandas med mera. Eftersom instruktionerna är enkla är det viktigt att produkten är relativt lätt att förstå från början, har en hög *guessability*, så att felhantering kan undvikas. Produkten behöver dock inte vara helt och hållet självinstruerande då det inte är lekmän som ska hantera produkten. Det är därför ännu viktigare att produkten har en hög *learnability*, alltså att en hög grad av *usability* kan uppnås då man upprepar en uppgift. Detta eftersom det är viktigt att produkten är smidig och att det är enkelt att komma ihåg hur produkten fungerar så att produkten används flitigt och inte blir stående oanvänd på grund av att den upplevs som krånglig.

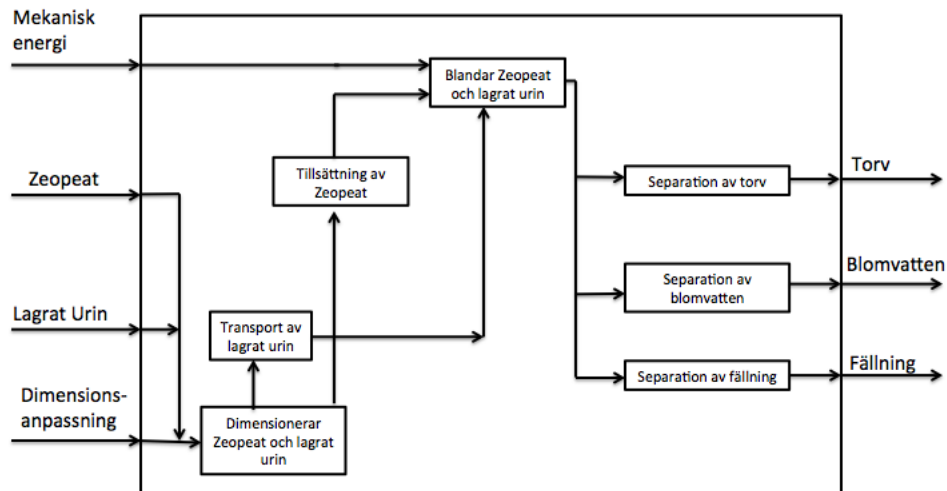
4.2.3 Resultat

Resultaten från datainsamlingsmetoderna resulterade i identifiering av deluppgifter och i ett utkast till en Kravspecifikation med uppdragsbeskrivningens fastställda krav. Resultatet från litteraturstudien sammanställdes i en Persona som har varit grunden till brukarstudien eftersom det inte har varit möjligt att prata med existerande brukare. Detta eftersom att produkten inte ännu existerar och att kontaktmöjligheterna med personer i El Alto varit obefintliga. I kombination med Personan togs även en Semantisk ordskala fram för att hitta önskvärt budskap för produktlösningen.

Funktionsstruktur

Efter att produktens huvudfunktion brutits ned i mindre delfunktioner kunde en funktionsstruktur utformas, se figur 4.7. Denna visar från vänster till höger hur in- och utflödet ur behållaren skulle för generell användning av ZeoPeat där torv inkluderas.

Funktionsstruktur



Figur 4.7: Funktionsstruktur.

Deluppgifter, steg A-E

Som ett resultat av datainsamlingen och funktionsstrukturen kunde den framtida produktens deluppgifter tas fram för att visa hur den ska fungera på ett korrekt sätt.

A. Urin ska tillföras i produkten från en cistern.

B. ZeoPeat ska adderas.

C. Urin och ZeoPeat ska blandas.

Det är viktigt att ZeoPeat får kontakt med kvävet i urinet för att kunna reagera. Eftersom ZeoPeat sjunker krävs det därför en omrörning i cirka 20 minuter.

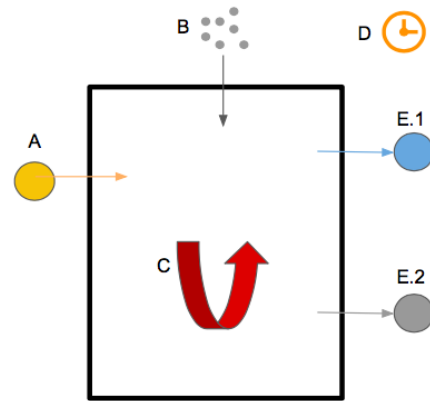
D. Verkningstid.

För att tydliga skikt av kvävehaltigt vatten och fällning ska bildas måste blandningen stå orörd i 20 minuter. Ju längre verkningstid desto mer tydlig blir separationen mellan skikten i samband med att fällningen blir mer kompakt.

E.1. Kvävehaltigt vatten ska separeras.

E.2. Fällning ska separeras.

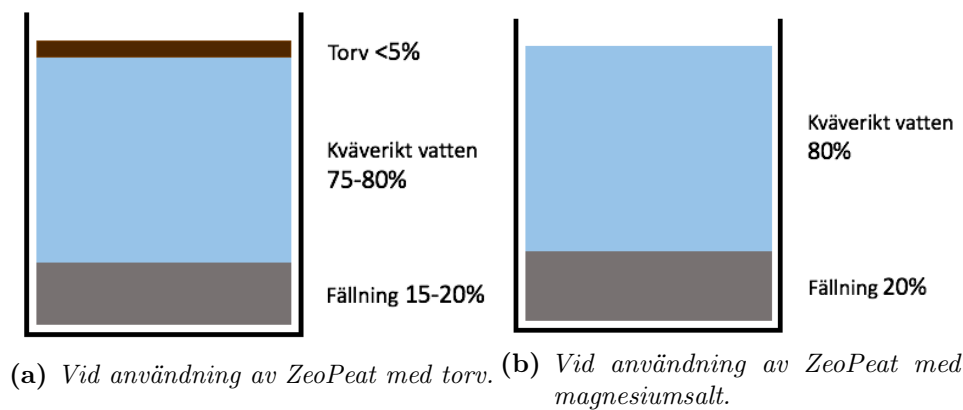
Under idégenereringsprocessen har stegen A-E som illustreras i figur 4.8 undersökts i olika kronologiska ordningar. Efter idégenerering konstaterades det att det är att föredra att steg A kommer före steg B eftersom det till större del förhindrar att det bildas klumpar och ansamling av ZeoPeat i botten av produkten. De resterande stegen C-E måste av naturliga skäl ske i kronologisk ordning. E.1 behöver inte ske före steg E.2 tidsmässigt, utan talen markerar endast olika delfunktioner.



Figur 4.8: Deluppgifter A-E.

Den procentuella fördelningen av komponenter efter separationen som sker under verkningstiden, steg D, vid en processcykel illustreras i figur 4.9.

Figur 4.9: Procentuell fördelning av komponenter efter separation.



Kravspecifikation

Från datainsamlingen sammanställdes de krav och önskemål som produkten bör uppfylla, se bilaga A för fullständig Kravspecifikation. Krav som handlar exempelvis om att produkten ska kunna hanteras av max två personer samt att verkningstiden för sedimenteringen inte ska understiga 20 minuter, ställdes av uppdragsgivaren. Krav som ställdes av projektgruppen var exempelvis att produkten ska medföra ergonomiska lyft och rörelser samt att den ska vara stabil och sanitär. Kravspecifikationen är ett dokument som ständigt har uppdaterats under projektets gång för att täcka de behov som framkommit under senare faser.

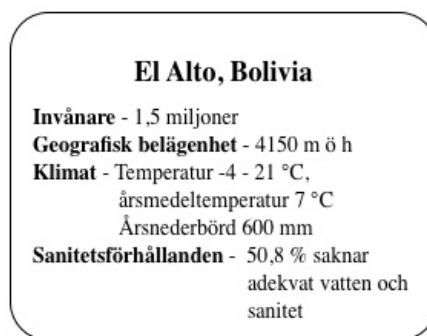
Persona

Jorge bor med sin fru och fem barn i ett ytterområde till staden El Alto som ligger nära La Paz i västra Bolivia. Familjen tillhör indianstammen Aymara som har sitt ursprung i områden runt Titicacasjön och ligger drygt 50 km från El Alto. Jorge jobbar med jordbruk, och har sin odlingsmark utanför El Alto, se figur 4.10. Marken är väldigt näringsfattig, därför finns ett stort behov av gödselmedel. Jorges fru sköter hemmet och barnen, men kan också hjälpa till med jordbruket när det behövs.

Familjen, se figur 4.11, får sin huvudsakliga inkomst från att sälja de grödor som Jorge odlar på den lokala marknaden. Detta ger omkring 30-40 US-dollar per vecka. Jorges familj bor i ett hus med två rum, som inte har rinnande vatten inomhus. Deras nyligen installerade urinseparerande toalett ligger separat på tomten i ett murat litet hus uppvärmt med solpaneler. På tomten odlas även en del grönsaker som vattnas med restvatten som familjen tidigare använt till att exempelvis tvättat sig med och diskat med. Det råder vattenbrist i El Alto, till exempel ransoneras vattnet på helgen, därför är det viktigt att ta tillvara på det som finns. Det som odlas i trädgården utgör en del av familjens matförsörjning, och blir det något över säljs det också på den lokala marknaden.

Semantisk ordskala

Produkten som framställts i detta projekt ska vara anpassad till ett ruralt område, vara kostnadseffektivt framställd samt om möjligt minimera eventuella stöldförsök. Det är också av största vikt att produkten som tas fram i detta projekt kommer att användas på plats i Bolivia av en användare som *Jorge* och att den inte blir ställd åt sidan när den väl är på plats.



Figur 4.10: Faktaruta om El Alto. Källa: (Suntura & Sandoval, 2012).



Figur 4.11: Familjen. Källa: (Suntura & Sandoval, 2012).

Med dessa utgångspunkter ska produkten uttrycka följande:

- Pålitlig
- Robust
- Funktionell
- Enkel
- Sanitär

Produkten ska uppmuntra till användning genom att den känns **pålitlig** och **funktionell**. Irritation som kan uppstå vid eventuella missförstånd ska förhindras genom att produkten är intuitiv och även **enkel** i sitt uttryck. Ett exklusivt uttryck är inte att föredra då detta skulle kunna uppmuntra till att delar av produkten stjäls eller anses som attraktiva för andra användningsområden, därför föredras enkelhet. För att en produkt med inriktning mot utvecklingsländer ska kunna introduceras och vara attraktiv att satsa på, är det viktigt att produkten utstrålar att den är gedigen och **robust** och kan användas under en längre tid. En slit och släng-produkt är inte av värde i ett utvecklingsprojekt och ett sådant intryck måste undvikas. Vid användning av en produkt där urin och avföring hanteras är det viktigt att produkten känns **sanitär** och att den kan hanteras med värdighet för brukaren.

4.3 FAS II: Konceptframtagning

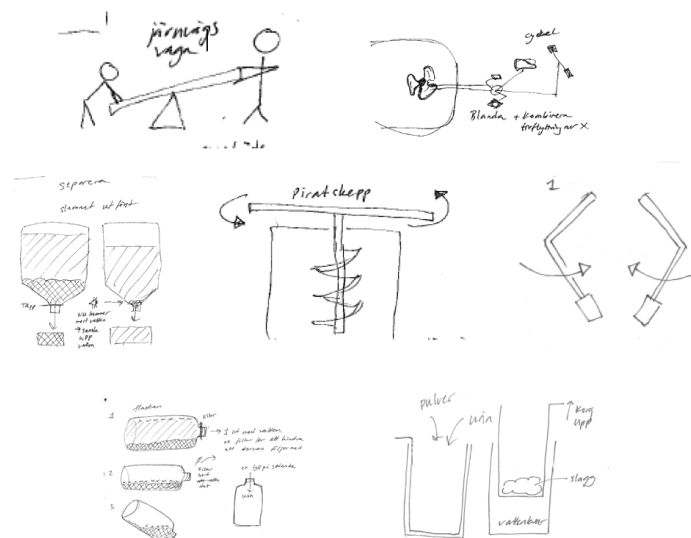
Följande avsnitt avser den andra fasen i projektet och presenterar tillvägagångssättet av konceptframtagningen och utvärderingen samt resultatet av detta. Syftet med konceptframtagningen är att idégenerera fram olika koncept som löser deluppgifterna A-E och som uppfyller de ställda kraven från både Miljögiraff och Again.

4.3.1 Genomförande

Detta avsnitt avser att presentera framtagningen av olika koncept utifrån behovsidentifieringen och informationssökningen.

Idégenerering

Inledningsvis utgick idégenereringen från delstegen A-E som togs fram efter datainsamlingen. Delstegen dokumenterades som delfunktioner i en Morfologisk matris, se bilaga B. Med hjälp av metoderna Brainstorming, Brainwriting och Braindrawing togs flera olika lösningar fram för samtliga delfunktioner, se figur 4.12.



Figur 4.12: Utkast från Braindrawing.

I den här fasen av idégenereringen låg stort fokus på att tänka kreativt och brett utan att kritisera varandras idéer. Eftersom att produkten inte existerar på marknaden idag har inspiration från nuvarande lösningar inte kunnat fås. Därför har istället inspiration från produkter med liknande funktioner eftersökts genom benchmarking. Exempelvis har många dellösningar på blandtekniker uppkommit med inspiration från cementblandare, honoungsslungor och tombolas.

Efter att flera brainstorming- och brainwritingssessioner utförts, användes Osborns idésporrar för att vidareutveckla och hitta nya varianter på de framtagna lösningarna på delfunktionerna. Detta ledde till att ytterligare dellösningar togs fram. Under idégenereringsprocessen testades funktionen hos flera av de olika lösningarna genom att göra fysiska modeller. Exempelvis testades olika omrörningstekniker och sätt att få ut fällningen och vattnet på. De material som användes vid framtagning av de fysiska modellerna var bland annat plastmuggar, hinkar, kaffepress och PET-flaskor, se figur 4.13. Resultaten från de fysiska modellerna låg till grund för vidareutvecklingen genom att lösningarna utvärderades och dåliga koncept kunde elimineras.



(a) *ZeoPeat & Vatten.*



(b) *Efter sedimentering.*



(c) *Efter press.*

Figur 4.13: *Kaffepress.*

Avslutningsvis i idégenereringsfasen kombinerades de olika dellösningarna till hela koncept som granskades kritiskt och resulterade i att de lösningar som inte ansågs vara realiserbara eliminerades.

Utvärdering

Som första steg i utvärderingsprocessen användes en Elimineringssmatris för att säkerställa att de framtagna koncepten uppfyllde kraven enligt Kravspecifikationen. Här identifierades även

osäkerheter kring några av kraven för en del av koncepten, se bilaga C. Dessa osäkerheter markerades med ett frågetecken. De koncept som beslutades för vidareutveckling i Elimineringmatrisen togs vidare till Pugh-matriser.

En Pugh-matris gjordes för respektive konceptgrupp, se bilaga D. Från de olika Pugh-matriserna fördes vinnarna in i den slutliga och avgörande utvärderingsmatrisen, Kesselringmatrisen.

Kriterierna i Kesselringmatrisen, se bilaga E, utformades utifrån de krav, önskemål och behov som ansågs viktiga för produktens utformning och användning, utifrån de som återfinns i Kravspecifikationen, se bilaga A. Då produktens fokus ligger i att den ska möjliggöra smidig hantering, vara billig att tillverka och att använda samt att den skall vara ergonomisk, värderades dessa kriterier högst och erhöll den högsta viktningen. Kriterier som ansågs vara som en bonus och inte har någon större betydande roll för produkten värderades lägst så som exempelvis möjlighet att få ut torv och fyllnadsgrad vid frakt. Efter att varje kriterium betygsatts för vardera koncept erhöles en totalsumma för respektive koncept, vilket resulterade i en vinnare.

Expertkonsultation

För att få råd och inspiration konsulterades experter inom områdena strömninglära och materialteknik som ansågs relevanta för produkten. Detta för att även kunna få en mer övergripande förståelse för områdena.

Eftersom att produkten hanterar en strömmande fluid är det av stor vikt att ta hänsyn till de eventuella problem som denna skulle kunna medföra produkten. Det är även av stort intresse för produktens utformning att förstå hur fluiden, som i detta fall är urin, bör blandas för att uppnå största möjliga rörelse tillsammans med ZeoPeat. För att få kunskap om detta kontaktades en expert inom strömninglära. Enligt experten skulle omrörningen behöva ske med turbulens, vilket skapas genom störningar i flödet. Desto fler störningar, desto bättre. För att få till turbulens skulle exempelvis hål i omrörningsmekanismen eller flänsar inuti behållaren som stör flödet vara lämpligt. Vinklade propellerblad som stör flödet skulle också vara ett bra alternativ. Vid frågan vad som absolut skall undvikas vid konstruktion av produkten gavs svaret att böjda krökar är något som ej bör ingå i konstruktionen, då detta dels stör flödet men även kan leda till erosionskorrosion.

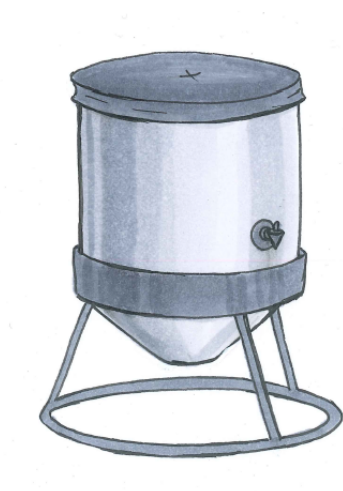
Eftersom det är av stor vikt att produkten ska vara billig att tillverka är materialval en viktig del i processen. Då polymerer oftast är ett billigt materialval kontaktades en expert inom polymerer för att få råd och vägledning. Från samtalet med experten konstaterades det att polymerer är billiga, kemikalieresistenta och tål höga pH-värden. Nackdelen med polymerer är att de är känsliga mot UV-strålar och på en sådan hög höjd som El Alto ligger på, finns stor risk att produkten kommer försprödas inom ett fåtal år. Eftersom produkten ska vara placerad utomhus och dagligen kommer att utsättas för solexponering är detta faktum något som bör undersökas noggrant. Ett annat förslag var att stål kan vara ett bra alternativ, då stål är okänsligt mot UV-strålar. Nackdelen med stål är att det är dyrare, mer stöldbegärligt och känsligare mot kemikalier.

4.3.2 Resultat

I följande avsnitt beskrivs de leverabler som erhållits till följd av genomförandet av metoderna ur den andra fasen, konceptframtagningen.

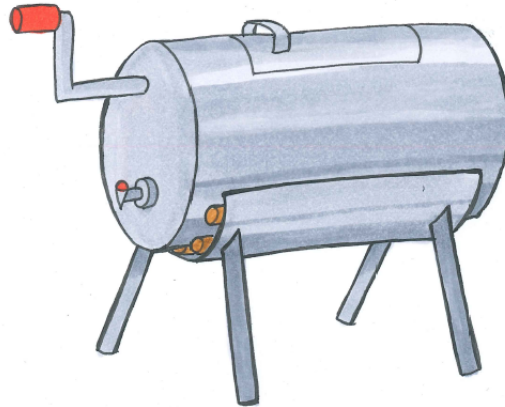
Framtagna konceptgrupper

De koncept som togs fram med hjälp av en Morfologisk matris delades in i tre olika konceptgrupper. Konceptgrupperna baserades på likheter mellan koncepten. Den första samlingsgruppen av koncept tilldelades namnet Konisk, se figur 4.14, till denna konceptgruppen hör koncepten Konisk 1-Konisk 5, se bilaga F. Gemensamt för dessa koncepten är att fällningen och vattnet antingen tippas ut eller fås ut genom ventiler.



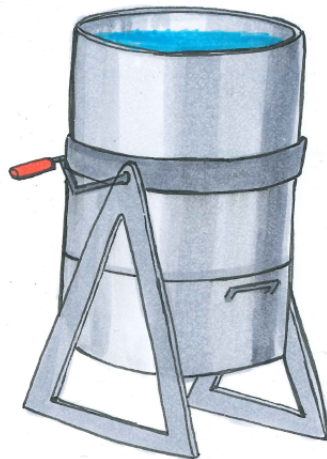
Figur 4.14: *Konceptgrupp Konisk.*

Nästa konceptgrupp namngavs till Tombola, se figur 4.15, till denna hör koncepten Tombola 1-Tombola 4, se bilaga F. Gemensamt för dessa är att formen på koncepten liknar en tombola och även blandningsmekanismen fungerar på liknande sätt, där blandning sker med hjälp av en vev på sidan som på så vis roterar tombolan.



Figur 4.15: *Konceptgrupp Tombola.*

Den sista konceptgruppen namngavs Avtagbar, se figur 4.16, denna grupp består av koncepten Avtagbar 1-Avtagbar 3, se bilaga F. Likheten mellan koncepten är att fällningen separeras med hjälp av att underdelen är avtagbar, på så sätt att denna antingen kan skruvas eller knäppas av.



Figur 4.16: *Konceptgrupp Avtagbar.*

Elimineringsmatris

Resultatet av Elimineringsmatrisen var att samtliga koncept uppfyllde de uppsatta kriterierna. Detta resulterade i beslutet att koncepten skulle fullföljas, se bilaga C. Anledningen till att alla koncept fullföljdes var för att koncepten som var framtagna hade gått igenom en eliminering sedan tidigare.

Pugh-matris

I de första Pugh-matriserna jämfördes koncepten ur gruppen Konisk mot varandra, se bilaga D. Referensen byttes sedan ut vid varje ny Pugh-matris, så att samtliga koncept skulle ha varit referens en gång. Detta resulterade alltså i totalt fyra Pugh-matriser för Konisk. Konisk 1 och Konisk 2 var de koncept som totalt sett fick den bästa rankningen efter genomförandet av samtliga matriser, vilket i sin tur resulterade i att dessa två koncept togs vidare till Kesselringmatrisen.

På samma sätt gjordes Pugh-matriser för Tombola. Då samma koncept fick rangordning 1 och 2 i de första tre matriserna som gjordes beslutades att det inte behövdes göras ytterligare en matris. De vinnande koncepten efter dessa matriser blev Tombola 2 och Tombola 3, se bilaga D. Dessa koncept togs med till Kesselringmatrisen.

Slutligen jämfördes de olika koncepten ur gruppen Avtagbar mot varandra, vilket resulterade i totalt tre matriser, se bilaga D. De koncept som stod sig bäst efter genomförandet av samtliga matriser blev Avtagbar 2 och Avtagbar 3. Dessa koncept togs därför vidare till Kesselringmatrisen.

Kesselringmatris

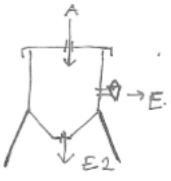
Det ideala konceptet, alltså det koncept som skulle fått full poäng på samtliga kriterier om detta existerat, resulterade i en totalpoäng på 290. Det koncept som erhöll högst totalpoäng av de koncept som utvärderades i matrisen var Konisk 1, med en totalpoäng på 240, se figur 4.17. Konisk 1 tog alltså första platsen i rankingen och blev därmed det vinnande konceptet som beslutades att tas vidare till sista fasen, utveckling av slutkoncept.

Chalmers				Kesselringmatris											
Utfärdare		Anna, Jaquiline		Skapad		2018-03-27									
		Louise, Michelle och Victor		Modifierad		2018-03-27									
				Alternativ											
Kriterier		Ideal		K1		K2		K2		T3		A2		A3	
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Möjlighet att koppla in el	3	5	15	5	15	5	15	3	9	5	15	5	15	5	15
Intuitiv användning, lätt att göra rätt	4	5	20	5	20	4	16	3	12	4	16	2	8	3	12
Visuell intuitiv	3	5	15	4	12	4	12	3	9	4	12	1	3	2	6
Smidig hantering vid tömning av fällning	5	5	25	5	25	1	5	2	10	3	15	1	5	1	5
Smidig hantering vid tömning av vatten	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	2	10	5	25
Smidig hantering vid tillsättning av Zeopeat och urin	1	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
Design for assembly/deassembly	3	5	15	3	9	5	15	1	3	3	9	4	12	3	9
Enkel rengöring	2	5	10	5	10	4	8	2	4	2	4	4	8	4	8
Möjlighet till få kritiska delar (laga och byta ut)	4	5	20	3	12	4	16	2	8	2	8	5	20	4	16
Minimal risk för läckage (få hål/öppningar)	5	5	25	3	15	4	20	2	10	2	10	4	20	3	15
Minimal risk för skvätt vid användning	3	5	15	5	15	3	9	2	6	2	6	1	3	3	9
Få rörliga delar (friktion och förslitning)	3	5	15	4	12	5	15	1	3	4	12	2	6	3	9
Ergonomiskt	5	5	25	5	25	2	10	3	15	4	20	1	5	3	15
Låg fyllnadsgrad/Smidig att frakta	1	5	5	4	4	5	5	1	1	2	2	3	3	3	3
Få olika material	2	5	10	4	8	5	10	1	2	3	6	3	6	3	6
Möjlighet att få ut torv	1	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5	5	5	5
Minimal stöldrisk av vitala delar	1	5	5	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	2	2
Få delar - enkelhet	3	5	15	3	9	5	15	1	3	4	12	5	15	4	12
Låg totalkostnad	4	5	20	3	12	5	20	3	12	2	8	4	16	4	16
Totalt		95.00	290.00	78.00	240.00	79.00	229.00	46.00	143.00	63.00	192.00	62.00	170.00	65.00	193.00
Rel Total		0.33	1.00	0.27	0.83	0.27	0.79	0.16	0.49	0.22	0.66	0.21	0.59	0.22	0.67
Rangordning					1				6		4		5		3
Beslut		Det valda konceptet blev: K1													

Figur 4.17: Kesselringmatris.

Vinnande konceptet: Konisk 1

I figur 4.18 presenteras lösningarna för de olika delfunktionerna hos det vinnande konceptet.

	Konisk
Funktioner	K1: Konisk m ställning
Blandning	Extern
Tömma vatten	Tapp
Tömma fällning	Ventil/Lucka
Stativ	Ben
Bild	

Figur 4.18: Vinnande konceptet Konisk 1.

4.4 FAS III: Utveckling av slutkoncept

Detta avsnitt behandlar fas tre i projektet och handlar om att presentera utvecklingen och resultatet av slutkonceptet med fullständiga mått på produkten, materialval samt en kort beskrivning om hur produkten är tänkt att användas. Syftet är att utveckla slutprodukten och se till att kraven och behoven uppfylls samt en utvärdering av slutprodukten.

4.4.1 Genomförande

Detta avsnitt avser att presentera genomförandet av utvecklingen av slutkonceptet samt beslut och avvägningar som lett fram till det.

Storlek

Produktens storlek var från början inte specificerad från varken företaget eller uppdragsgivaren. Anledningen till detta grundas i att uppdragsgivaren inte ville begränsa projektet genom att specificera storleken, utan att detta hellre skulle bestämmas utefter projektets behov och krav. Genom konsultation med en expert inom strömningslära konstaterades att en behållare omkring 50 till 100 liter skulle vara stor nog för att två personer skulle kunna manövrera produkten vid full behållare. För att kunna bestämma storleken på produkten behövdes det även konstateras hur stor mängd fällning och kvävehaltigt vatten som skulle kunna fås ut ur produkten.

Det bestämdes att produkten skulle vara en första prototyp där det viktiga var att storleken skulle vara hanterbar av maximalt två personer. Arbetet om huruvida produkten tar hand om tillräckligt mycket med urin per dag ansågs vara oväsentligt eftersom att det viktiga var att skapa en produkt som löser deluppgifterna A-E. Utifrån detta resonemang valdes en behållare med volymen 70 liter, där maximala volym urin och ZeoPeat skulle vara 60 liter totalt. Denna marginal ansågs nödvändig för att undvika ytspänning samt eventuellt skvätt på brukaren från produkten.

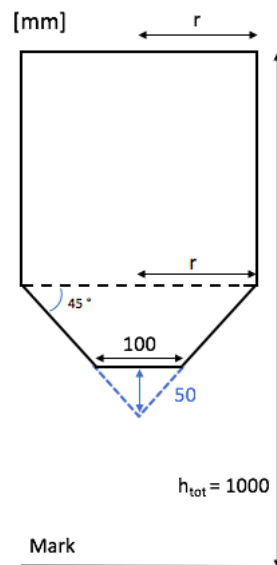
Höjden på produkten baserades utifrån en medelbolivans längd, vilket är 155 cm, samt utifrån vad som är en acceptabel arbetshöjd att arbeta med en vev. Denna bestämdes till 100 cm från marknivå och ansågs rimligt utifrån REBA-undersökningar.

Beräkningar

Genom att få mer information om ZeoPeat och fällningen samt lagrat urinens data från Again kunde beräkning av produkten utföras, se tabell 4.2 för denna data. Vid utformningen av slutprodukten konstaterades enligt expert inom strömningsmekanik att det inte fanns en optimal lutning för ett koniskt utlopp. Utifrån konsultationen bestämdes vinkeln därför till 45° , se figur 4.19. Detta anses vara rimligt eftersom om vinkeln är mindre än 45° finns det en risk att inte all fällning kommer ut smidigt och fastnar på sidan, och om vinkeln är större finns risk för stort tryck vid utloppet så att ingen fällning kommer ut. Vinkeln kontrollerades även via tester.

Tabell 4.2: Data för beräkning.

Data	Enhet
Torr ZeoPeat	0.756 kg/dm^3
Blöt Fällning	1.500 kg/dm^3
Lagrat Urin	1.00 kg/dm^3



Figur 4.19: Mått för beräkning.

Enligt expert inom ventiler konstaterades att en utloppsdiameter på 100 mm i diameter var optimal för volymen, vilket medförde att den koniska formen på produkten kunde beräknas till en höjd på 50 mm, se figur 4.19. Detta ansågs rimligt för att kunna beräkna på resterande behållarens mått.

Eftersom att slutprodukten innehåller flera olika delar som beror på varandra, började beräkningarna med att räkna ut fällningsmängden från 60 liter urin och ZeoPeat-blandning. Anledningen till detta beror på att uppsamlingsbehållarens storlek beror på mängden fällning som kommer ut ur produkten, vilket i sin tur beror på hur högt upp utloppet på produkten kan vara. Uppsamlingsbehållaren är en behållare placerad under utloppet och samlar ihop fällningen i en hink. Dessutom beror uppsamlingsbehållarens storlek på hur benen kan placeras, så att de inte står i vägen för brukaren.

Fällningsmängden

Fällningsmängden beräknades med hjälp av programmering i *Matlab* samt information från Again om förhållandet tillsatt lagrat urin till ZeoPeat, vilket var givet till 3.3 kg ZeoPeat till 20 liter urin. Med hjälp av detta kunde sedan andelen ZeoPeat som krävdes för 50 liter urin beräknas, enligt ekvation (4.1). Genom att undersöka hur mycket fällning som bildas när ZeoPeat blötläggs med vatten kunde det konstateras att 20 liter urin bör producera cirka 6 kg fällning. Dessa proportioner möjliggjorde att mängden fällning kunde beräknas enligt ekvation (4.2).

$$m_{ZeoPeat} = \frac{3,3}{20} V_{urin} = \frac{3,3}{20} 50 = 8,25 \text{ kg} \quad (4.1)$$

$$m_{fällning} = \frac{6}{20} V_{urin} = \frac{6}{20} 50 = 15 \text{ kg} \quad (4.2)$$

Genom beräkningar av mängden fällning kunde det konstateras att 15 kg fällning bildades vilket motsvarar cirka 11 liter fällning. För att fällningen inte ska riskeras att bli för tjock bestämdes det att det vore bra med extra vatten i fällningen för att den på så sätt skulle bli mer lättflytande. Utifrån detta resonemang och för att ha en god marginal och en mer lätthanterlig fällning valdes en 15-liters hink som uppsamlingsbehållare. En 15-liters hink har en snittdiameter på cirka 300-350 mm samt en snitthöjd på max 300 mm. Genom beräkningar av fällningsmängden och uppsamlingsbehållaren kunde sedan höjden från marken till utloppet utan utloppsluckan beräknas till 400 mm. Vid denna höjd kan en 15-liters hink samt en 50 mm hög utloppslucka rymmas under behållaren. Om en större marginal önskas kan även en 20-liters hink med en maxhöjd på 340 mm också kunna användas som uppsamlingsbehållare vid denna höjd.

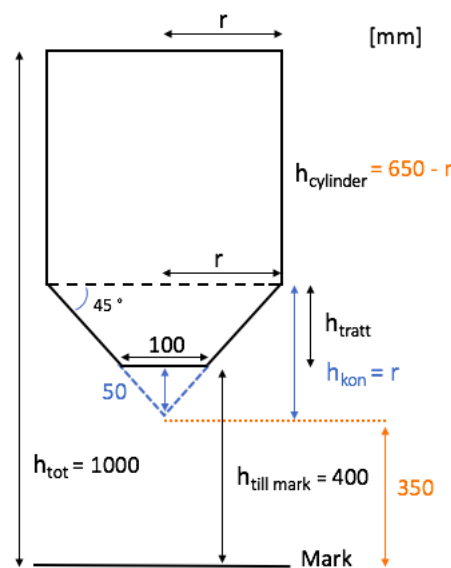
Behållarens volym

Efter att storleken på uppsamlingsbehållaren tagits fram kunde sedan produktens volym beräknas. Eftersom att produkten är uppdelad i två olika geometrier, en cylinder och en tratt, krävdes det att volymerna beräknades med olika formler, se ekvation (4.3 - 4.5).

$$V_{cylinder} = \pi r^2 h_{cylinder} \quad (4.3)$$

$$V_{kon} = \frac{\pi r^2 h_{kon}}{3} \quad (4.4)$$

$$V_{tratt} = V_{kon} - V_{litenkon} \quad (4.5)$$



Figur 4.20: Hjälpmedel vid beräkning av slutprodukt.

Med vetskap om utloppsluckans höjd samt trattens lutning kunde volymen från den lilla del av konen som inte ska vara med i slutprodukten beräknas enligt ekvation (4.6), se den blå streckade biten på figur 4.20. Eftersom höjden för de olika geometrierna var okända och även behållarens radie var okänd krävdes en iterationsberäkning. Genom att produktens totala volym var känd till 70 liter kunde både radier, höjder samt volymer beräknas ett matematiskt uttryck samt en iterativ loop i *Matlab*, se ekvation 4.7 samt bilaga G för kod i *Matlab*. Figur 4.20 visar tillvägagångssättet för beräkningarna av slutprodukten mått.

$$V_{litenkon} = \frac{0.5^2 \pi 1}{3} \quad (4.6)$$

$$V_{total} = 70 = V_{cylinder} + V_{tratt} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{70 + V_{litenkon}}{(5.5\pi - \frac{2\pi r}{3})}} \quad (4.7)$$

Utformning av komponenter

Nedanstående texter handlar om hur komponententerna utformats utifrån ovanstående kapitel om beräkningar. Resultat av utformandet presenteras i resultatkapitlet 4.4.2.

Vattenventilen

Utefter att behållarens volym beräknats behövdes höjden för vattenventilen tas fram, eftersom att detta påverkade placeringen av benställningen. Först behövdes mängden vatten som skulle följa med fällningen beräknas fram eftersom det skulle medge lättare hantering av fällningen. Detta utfördes med hjälp av ett experiment genom att se hur lätt eller svårhanterlig fällningen var att få ut ur en tratt. Utifrån experimentet visade det sig att för en 70-liters behållare skulle det räcka med två extra liter vatten för att fällningen skulle vara lätthanterlig. Genom att beräkna volymökningen samt höjdoökningen av två liter vatten kunde sedan fällningens höjd samt höjden av den extra andelen vatten summeras och en höjd för tappen kunde beräknas, se bilaga G för beräkningar.

Benställning

Utifrån att höjden på vattentappen beräknats kunde benställningens olika mått och vinklar tas fram. Det konstaterades att en trebensstruktur skulle vara mer stabil än en fyrbensstruktur, framför allt med tanke på att ingen information finns om underlaget i El Alto. Genom konsultation med en expert inom mekanik konstaterades att det inte fanns en generell lutning för benen till en trefot. Experten påstod att om vinkeln är större än 45° kommer tyngpunkten hamna längre ut på benen vilket medför att produkten då blir felbelastad och risk för knäckning finns. Om vinkeln är omkring 0° fanns det även risk för att produkten skulle bli alldeles för instabil. Genom att beräkna produktens tyngdpunkt för en fylld behållare testades olika vinklar och längder på

ben för vad som passade produkten. Anledningen till att detta experimenterades med var för att benen inte skulle hamna för långt ut från behållaren så att brukaren kan använda produkten utan att benen står i vägen. Utefter många tester konstaterades en längd samt vinkel som skulle passa bra för brukaren och som inte skulle störa arbetet av deluppgifterna A-E.

Utløppslucka

Tanken med produktens koniska nedåtriktade form är att fällningen smidigt ska kunna flöda ut i botten via en utløppslucka där hjälp kan fås från gravitationen. Fällningen är tjock och blir mer kompakt ju längre tid blandningen sedimenterar. Det är därför viktigt att utløppet inte är för smalt eftersom fällningens partiklar kan fastna i varandra och på kanten av utløppet vid sedimentering, vilket kan bilda blockage i en smal öppning. Om blockage skulle ske i utløppet är det viktigt att brukaren kan, med enkla medel och utan att skada utløppet, ta bort detta och skapa ett flöde. Detta kan exempelvis göras genom att röra runt i utløppet med något som finns nära till hands, exempelvis en pinne. För att fällningen inte ska fastna behöver utløppet utformas med en rak öppning så att inte delar av utløppet kan ta skada vid en rensning. Eftersom fällningen när den torkar bildar en hård skorpa, likt torkad lera, är det viktigt att kunna rengöra utløppet smidigt för att underhålla utløppet och förhindra att utløppet slits i onödan eller att det inte håller tätt på grund av smuts. Då utløppet är en kritisk del av produkten, blir den obrukbar om det är fel på luckan. Om det exempelvis skulle bli läckage är det att föredra att delen går att byta ut eller laga så att inte hela produkten måste kasseras.

För att produkten ska vara fräsch och kännas värdig att hantera är det viktigt att utløppet kan hanteras på ett smidigt sätt som förhindrar kontakt med fällningen. Olika ventilmodeller har undersökt och ventiler så som skjutspjällsventil och membranventiler har en funktion som skulle fungera bra för slam.

Vev och lock

För att göra produkten hygienisk bör produkten vara skapad för att innesluta urin och fällning i så stor utsträckning som möjligt. Öppna behållare bör undvikas och därför beslutades det att behållaren skulle ha ett lock. För att få i urin och ZeoPeat kommer det krävas ett hål i locket vilket gör att den inte är helt sluten men minimerar skvätt jämfört med att hålla i en öppen behållare.

Inspiration till omrörningsmekanismen togs från befintliga produkter med andra ändamål såsom honungsslunga och smörkärna. Det är att föredra att använda en befintlig lösning för omrörningsmekanismen eftersom produkten ska vara intuitiv att använda. Dessutom ökar lösningens trovärdighet i och med användandet av en beprövad princip. Handtaget bör erbjuda användaren ett kraftgrepp och möjliggöra att det går att veva med två händer för en mer ergonomisk användning och för att få mer kraft. För att ge stöd åt omrörarens axel är det en fördel om den är kopplad till ett lock och har ett tydligt stöd för att erbjuda en stabil och lätthanterlig omrörning. För att uppmuntra till rätt hantering är det att föredra att locket, som är integrerad med omröraren, även har ett hål där urin och ZeoPeat kan tillsättas. Detta eftersom dessa delsteg sker i kronologisk ordning och det skulle undvika skvätt om omröraren inte förs ner i en full behållare.

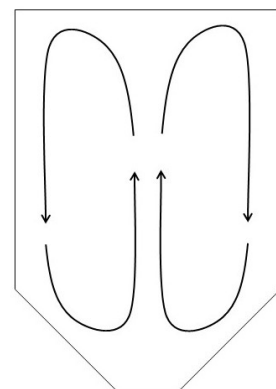
I projektet har en avgränsning varit att inte skapa ett produktionssystem där samhällets avfall av urin täcks men det är en fördel om flera produkter kan användas i kombination med varandra om detta är ett alternativ och att det finns flera produkter på plats. Om detta är fallet skulle det vara en fördel att omröraren skulle kunna flyttas runt mellan olika produkter, då denna inte används under alla delsteg i en användningscykel. Detta eftersom det skulle spara material och pengar för en brukare att kunna köpa in en omrörare till flera behållare. Om blandaren är bortkopplad bör det finnas något annat som kan placeras över behållaren för att hålla den täckt.

Utformning av blad till omrörare

Under omrörningen är det av stor vikt att ZeoPeat kommer i kontakt med urinet i så stor utsträckning som möjligt. Genom konsultation med en expert inom strömningslära kunde konstateras att mycket turbulens under omrörningen gav mycket kontaktutbyte. Vidare konstaterades att blandningen var en icke-newtonsk fluid vilket skulle vara problematiskt vid eventuella beräkningar.

Eftersom ZeoPeat har högre densitet än urin sjunker denna till botten och blandas därmed inte med urinen som befinner sig i toppen av behållaren. En rörelse enligt

figur 4.21 rör upp fällningen från botten av behållaren och tvingar ner urinen från toppen. Detta hade möjliggjorts via två propellerformade blad.

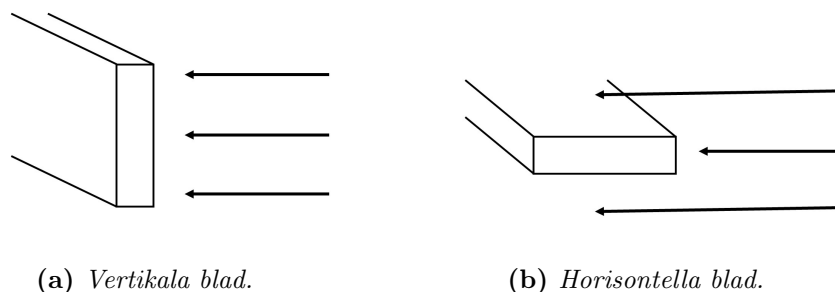


Figur 4.21: *Optimal omrörning.*

att eftersom storleken på behållaren kunde anses relativt liten var även skillnaden mellan optimal omrörning och omrörning med tillfredställande resultat liten.

När omröraren plockas ur behållaren kan det inte säkerställas att varsamhet beaktas. Bladen är en kritisk del i produkten och skulle dessa gå sönder och inte gå att ersätta på ett enkelt sätt förlorar omröraren sin brukbarhet. Specialtillverkade blad skulle vara tvungna att beställas från leverantör och skulle innebära en eventuellt obrukbar produkt tills det att nya bladet levererats. En enklare utformning på bladet innebär sämre omrörning men möjliggör eventuell utbytbarhet på plats. Eftersom skillnaden i resultat mellan optimal omrörning och tillfredställande omrörning är relativt liten ansågs det viktigare att så mycket som möjligt skulle vara möjligt att kunna ersätta och reparera på plats.

Småskaliga tester gav en uppfattning av hur väl blandningsmetoderna fungerade och hur fällningen betedde sig under omrörningen. Vertikala blad fick en stor tvärsnittsarea mot fällningen, se figur 4.22a, vilket skapade relativt stort motstånd. Ett helt horisontellt blad skapade mindre motstånd, se figur 4.22b. Omrörningen var dock sämre då denna skapade mindre turbulens i blandningen. De bägge bladtyperna jämfördes med varandra och eftersom att den verkliga kraftansträngningen inte ansågs för stor för någon av bladen, föll beslutet på de vertikala bladen.



Figur 4.22: *Simpla bladtyper.*

Materialval & Tillverkningsmetod

Programvaran *CES Selector* användes för att undersöka vilka material som passar för de givna parametrarna på produkten. I programmet är det även möjligt att få rekommendationer och fakta om olika tillverkningsmetoder beroende på hur produkten skall utformas och i vilket antal. Gemensamt för de delar som materialvalet gjordes för var att den maximala temperaturen materialet riskerade att utsättas för var 40°C. Detta ansågs vara en god marginal då den högsta

utomhustemperaturen under ett år brukar ligga runt 21°C.

När materialet undersöktes för behållaren sattes värden enligt tabell 4.3. Dessa värden baserades på behållarens utformning samt vad som ansågs rimligt för att göra produkten realiserbar. Materialen jämfördes mot varandra genom att göra grafer baserat på olika materialegenskaper, se bilaga I.

Tabell 4.3: *Insättningsparametrar för CES Selector.*

Efterfrågat värde	Insatt värde
Form	Circular prismatic; Disched sheet, Hollow 3D
Batchstorlek	1 till 10 samt 1000
Relative tooling cost	Low; Medium
Materialkompatibilitet	Metals: Ferrous & Non-ferrous

Utifrån graferna kunde lämpliga material enligt tabell 4.4, noteras vilka låg till grund för uppskattning av tillverkningskostnaderna. Boken *Process Selection* användes för att beräkna den ungefärliga kostnaden på behållaren och på benbältet, (*Swift & Booker, 2003*). Viktiga begrepp för dessa beräkningar ses i bilaga J tillsammans med beräkningarnas resultat. För en småskalig produktion för testning antogs en produktionsinvestering orealiserbar då varje produkt skulle få en stor prissumma. Det valdes därmed att göra beräkningarna på en storskalig produktion vilket ansågs vara minst 1000 batcher.

Tabell 4.4: *Materialval.*

Material ur CES
Hög-kolhaltigt stål
Medium-kolhaltigt stål
Låglegerat stål
Rostfritt stål
Aluminiumlegeringar
Polyeten

Kostnader för behållaren beräknades för tre olika material: aluminium, stål samt polyeten. Efter konsultation med Miljögiraff beslöts att ställningen till behållaren skulle konstrueras i metall,

vilket uteslöt polymera material. Utifrån undersökningen av lämpliga material ansågs att även aluminium kunde vara en lämplig kandidat varför kostnadsuppskattningen för benbältet gjordes för aluminium och stål.

Materialvalet och tillverkningsmetoderna utfärdades enbart för behållaren samt för benbältet som sitter runt behållaren där benen fästes. För att veta vilken kraft som bladen utsätts för vid användning skulle bladen behövs analyseras i ett beräkningsprogram. Detta innebär mycket stor problematik då blandningen, som tidigare nämnts, är en icke-newtonsk fluid. Beräkningsprogrammet är därför inte lämpligt att använda i detta fallet, då mycket större kunskaper i programmet krävs för att hantera dessa beräkningar. Då inget specifikt material kunde bestämmas beslöts det även att det skulle vara för stor ovisshet i tillverkningskostnadens beräkningar för att de skulle vara pålitliga och ge rättvis data. Istället valdes det att göra en komponentlista över vilka delar som omröraren med blad och lock skulle kräva samt rekommendationer på vilka material som bör fungera. Detta gjordes även för produktens resterande komponenter.

Visuell framtagning

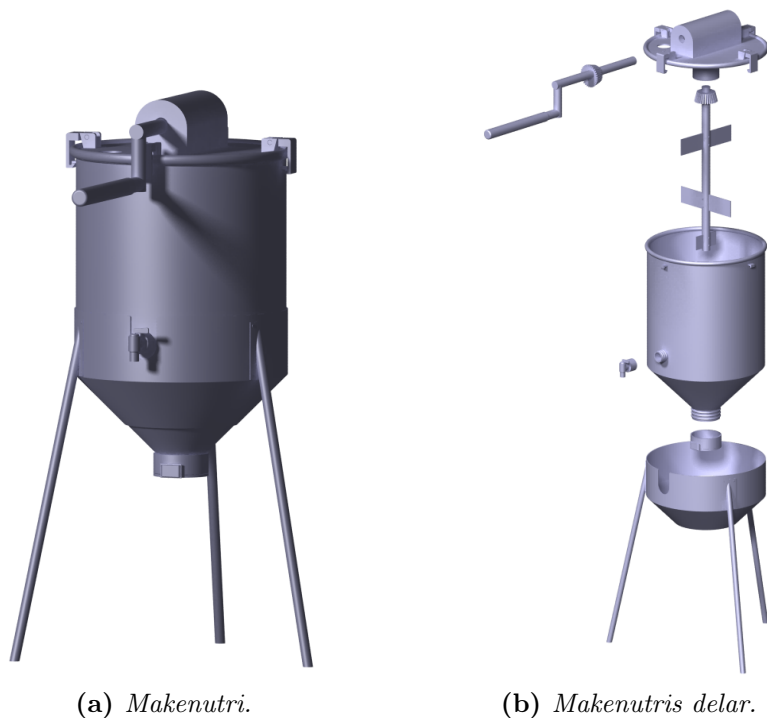
För att ta fram en visuell representation av produkten har CAD-programvaran *CATIA* använts. Arbetet inleddes med att göra en plan bestående av mått för de separata delar som skulle modelleras. Se fullständiga ritningar i Bilaga H. Denna plan utfördes och utefter den monterades delarna i programvarans monteringsmodul. Vidare gjordes datorrenderingar av produktmodellen i *CATIA*, *Alias Autostudio* och *Adobe Photoshop*.

4.4.2 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultatet av utvecklingen av det valda slutkonceptet. Syftet med avsnittet är att ge en inblick i utformningen av slutprodukten med tillhörande mått, vilket material och tillverkningsmetod som valdes samt hur slutprodukten är designad utifrån en eko-synpunkt. Dessutom innefattar resultatet CAD-bilder samt hur produkten har utformats ur användarvänlighetssynpunkt.

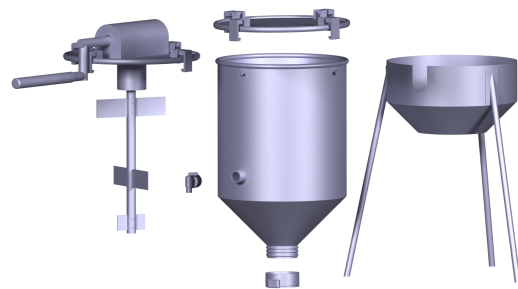
Konceptlösning Makenutri

Projektet resulterade i slutkonceptet Makenutri, med huvudfunktionen att utvinna Gainutri från lagrat urin med hjälp av ZeoPeat. Det kvävehaltiga vatten som fås ut är inte det som är vinstdrivande för Makenutri utan det är Gainutri som är värdefulla i produkten. Konzeptesnamnet, Makenutri, indikerar på produktens funktion, då den ska skapa näringsämnen, *make nutrients*, vid användningen. Konzeptnamnet visar även på samhörighet med Agains uppfinning Gainutri. I figur 4.23a visas slutkonceptet Makenutri i sin helhet. Samtliga mått för slutkonceptet finns i Bilaga H.



Figur 4.23: Konceptlösning Makenutri.

Konceptet Makenutri är konstruerad för att delar ska kunna kopplas isär från varandra, se figur 4.23b. Detta för att uppmuntra och möjliggöra reparation och återvinning. Detta är av stor vikt i ett utvecklingsprojekt där *Design for deassembly and repair* är viktigt för att inte bidra till ökande miljöproblem på plats. En uppsättning av Makenutri består av



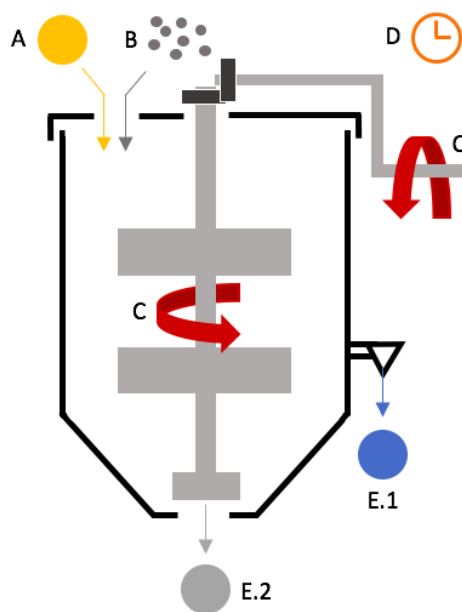
Figur 4.24: En uppsättning av Makenutri.

sex delar vilket illustreras i figur 4.24. Dessa är behållare, vattentapp, utloppslucka, benställning, sedimenteringslock samt omrörningslock med integrerad vev och omrörare. Omrörningslocket med tillbehör går att flytta mellan olika behållare och det behövs bara en sådan del om det finns flera Makenutri på plats. Omrörningslocket i sin tur består av flera mindre delar som går att koppla isär från varandra vid behov, se figur 4.23b.

Beskrivning av deluppgifterna för Makenutri

Deluppgifterna skall ske i följande kronologiska ordning, se figur 4.25.

- A. Urin ska placeras i produkten från en cistern via ett hål i locket till produkten, lämpligtvis via en slang från cisternen. Nuvarande lösning för att tappa ut urin från cisternerna på plats i Bolivia är okänd men det är rimligt att anta att det går att koppla ett utlopp från cisternen till en slang. Om en annan metod skulle vara mer lämplig kan även locket tas av och möjliggöra en stor öppning in till produkten. För att undvika skvätt och stänk skulle användning av locket vara att föredra.
- B. ZeoPeat ska adderas via ett hål i locket, där en tratt kan underlätta hanteringen. Denna metod förhindrar skvätt. Det går även att ta bort locket och hålla ner ZeoPeaten rakt ner i produkten. Det är inte klargjort hur ZeoPeaten ska fraktas till platsen där produkten ska befinna sig eller hur denna är förpackad. Förslagsvis kan ZeoPeaten vara förpackad i portionspåsar anpassade för en användningscykel av Makenutri. Ett annat alternativ är att ett lämpligt mått, likt ett litermått, medföljer produkten för att säkerhetsställa rätt dosering. Metoden kan därför behöva anpassas efter att förpacknings- och leveranssätt är klargjort.
- C. Urin och ZeoPeat ska blandas genom att en brukare vevar på en handvev som är kopplad till en axel med tre blad inuti produkten. Bladen är anpassade för att skapa ett bra flöde och möjliggöra att ZeoPeaten kommer i kontakt med och kan reagera med urinet.



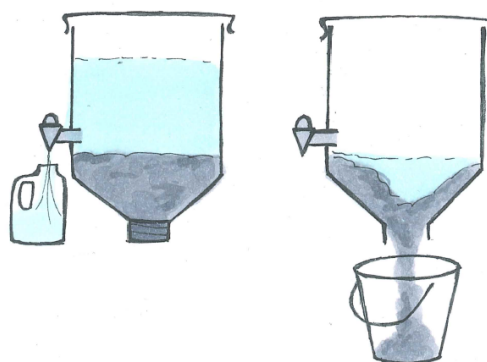
Figur 4.25: Steg A-E.

Bladens storlek är anpassade för att vara hanterbara av en normalstark person så att brukaren klarar att blanda i omgångar under 20 minuter. När omrörningstiden är slut kan locket med den integrerade omröraren kopplas av och ersättas med ett vanligt plastlock, sedimenteringlocket, utan hål så att omröraren kan användas till omrörning i en annan behållare. Om det inte finns behov för detta kan omröraren sitta kvar.

- D.** Produkten kan lämnas under 20 minuter då sedimentering sker. Eventuellt kan ytterligare en produkt förberedas med urin och ZeoPeat samt blandas under sedimenteringstiden.

- E 1.** Kvävehaltigt vatten hälls ut från produkten via

tappkranen ut i mindre behållare, förslagsvis dunkar, se figur 4.26. Kranen är lätt att öppna och stänga så att inget vatten går till spillo när byte av dunk sker. När vattenflödet i tappan tar slut återstår 2 liter vatten som skall användas för att underlätta tömning av fällning. Tappen visar tydligt om den är öppen eller stängd för att förhindra att tappan lämnas öppen till nästa cykel.



Figur 4.26: Steg E.1 och E.2.

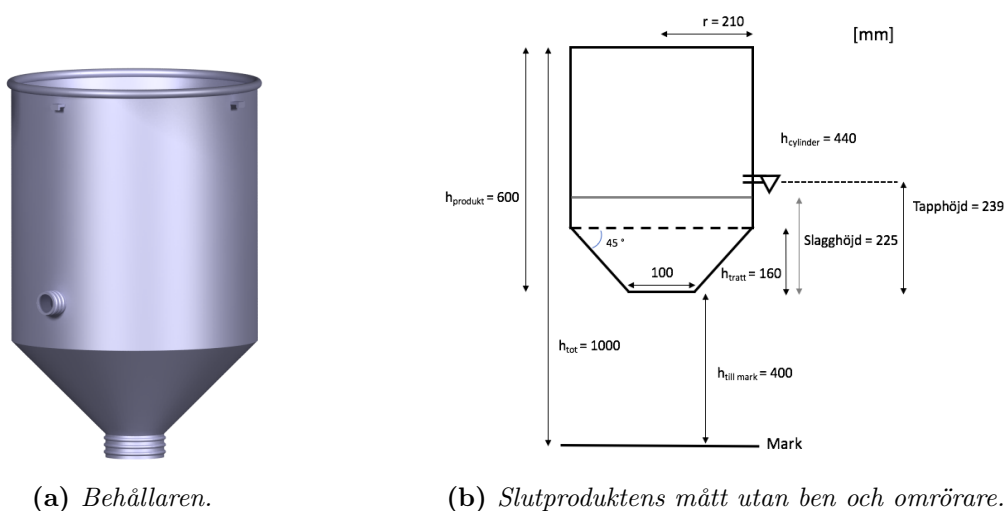
- E 2.** Fällning separeras via en utloppslucka i botten som öppnas manuellt med en spänne. I en cykel produceras 11 liter fällning. Under utloppet placeras en uppsamlingsbehållare. Detta fungerar smidigt genom utformningen av produktens ben. När utloppsluckan öppnas kan fällningen flödas ut på grund av utloppets utformning ner i uppsamlingshinken, enligt figur 4.26. Även behållarens koniska form hjälper till för att få ut all fällning. Om detta inte skulle vara fallet eller om fällningen är extra kompakt på grund av en för lång sedimenteringstid kan en brukare använda ett föremål, exempelvis en pinne, ovanifrån eller nedanifrån för att hjälpa flödet, utan att skada luckan.

Produkten är nu klar för en ny iterationscykel.

Behållaren, storlek och tillhörande mått

Behållaren kommer vara 1 meter hög från marknivå och innehå en volym på 70 liter. Produkten kommer kunna behandla en 60 liter volymblandning av ZeoPeat och urin. Detta resulterar i att produkten kommer kunna bearbeta och ta fram cirka 11 liter fällning per användning, där cirka 45 liter kvävehaltigt vatten även fås ut ur denna mängd.

Detta anses vara en rimlig mängd för en person att hantera trots att produkten inte kommer täcka samhällets avfall av urin med enbart en produkt. Däremot, beroende på produktens utveckling, finns möjligheter för att flera produkter används samtidigt vilket då skulle medge möjlighet att ta hand om en större mängd urin per dag. Det finns även möjligheter att skala upp produkten och skapa utrymme för att få ut större andel fällning. Detta kräver dock att omrörningsmekanismen är starkare och mer välutvecklad. Troligtvis bör den då också drivas av elektricitet på grund av fällningens konsistens som gör den svårarbetad.



Figur 4.27: Makenutris behållare.

I figur 4.27a visas en fullständig CAD-modell på hur behållaren kommer se ut. Piggarna som visas vid toppen av behållaren möjliggör att locket kan fästas och slutas till behållaren. Inuti behållaren finns en tydlig markering för att tydliggöra för brukaren mängden av urin som ska tillsättas. Denna markering kommer befinna sig vid en nivå som markerar 50 liter. Urinen tillsätts upp till markeringen via ett hål i omröringslocket. Efter att urinen doserats ska ZeoPeat tillsätts genom samma hål i locket. Resultatet av produktens slutgiltiga mått presenteras i figur 4.27. Samtliga beräkningar har gjorts i *Matlab*, se bilaga G.

Vattenventil

Tappen är en standardiserad ventil för vatten och kommer att köpas in externt, se bilaga K. Vattenventilen kommer vara gängad, så att den enkelt kan skruvas av och på behållaren för att medge enklare rengöring samt demontering. Dessutom kommerappen kunna indikera om den är öppen eller stängd. Detta visas genom en grön eller röd lapp som klistras på den standardiserade tappens manöverdon. Vattenventilen kommer placeras på en 239 mm höjd från botten av behållaren, detta mått exkluderar gängningen.

Benställning

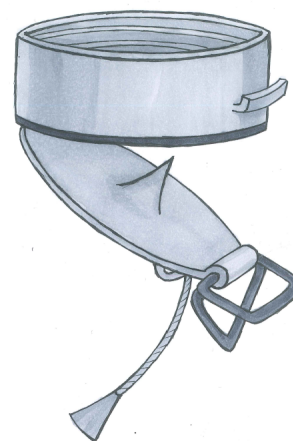
Den framtagna benställningen har en trefotstruktur med 653 mm långa ben och innehar en 78° lutning, utifrån marknivå, se figur 4.28. Benställningen valdes att utformas i samma form som behållarens koniska del för att på så vis göra produkten mer stabil. Detta för att kunna jämma ut benställningen samt behållarens tyngdpunkter för att öka stabiliteten. Detta innebär även att benen i benställningen inte blir lika belastade, vilket ökar livslängden på benen.



Figur 4.28: Benställningen.

Utløpslucka

Utløpsluckan är fäst med hjälp av gängor i behållarens koniska del. Detta för att möjliggöra underhåll och demontering. Gångorna medför även att luckan är avtagbar vilket underlättar rengöring och eventuell ersättning med en ny. Genom tester där fällning hålles ut genom olika öppningar fastställdes utløpsdiametern till 100 mm i diameter. Detta möjliggör en smidig hantering av utløppet då en brukare smidigt kan skruva på utløpsluckan och det skapas en öppning som är stor nog för att minimera blockage, se figur 4.29.



Figur 4.29: Illustration av utløpslucka.

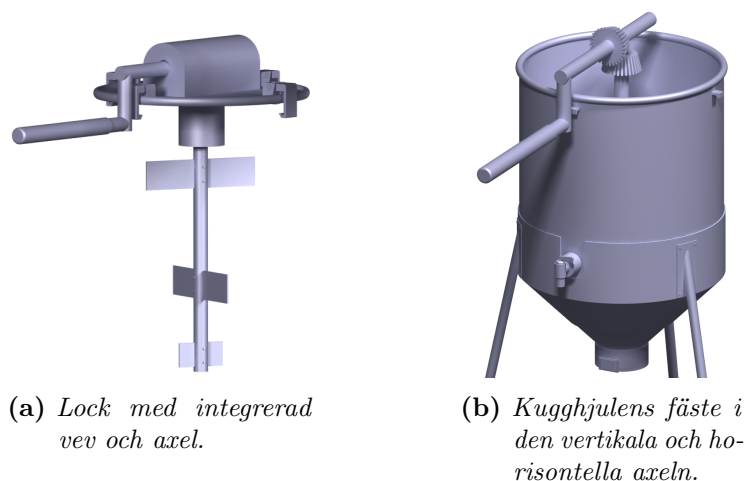
Genom konsultation med en expert inom ventiler konstaterades det att skjutspjällsventiler och membranventiler med en diameter på 100 mm är mycket dyra. Det lägsta priset är 2 500 kr per ventil, eftersom dessa på grund av önskad vridstyvhet tillverkas i metall och i allmänhet har höga krav på egenskaper

för att fylla sin funktion. En standardiserad ventil lämpar sig därför inte till detta projekt då inköpspriset för en produkt skulle bli för högt och stöldriskerna på ventilen skulle bli stora. Istället konstruerades en typ av utloppslucka med måtten 100 mm i diameter, höjd 40 mm på den gängade delen samt 5 mm på luckans tjocklek, se figur 4.29. Denna består av en del med gängor och ett lock, som sitter fast i varandra via ett spänne, med en packning emellan så att utloppet är tätt. Utloppsluckan öppnas med hjälp av spännet, vilket på grund av trycket från fällningens vikt skapar ett flöde där fällningen kan tömmas ut. Om luckan inte öppnar sig själv finns ett snöre som brukaren kan dra i för att öppna denna, utan risk för att ha handen i vägen för flödet. Utloppsluckan erbjuder inte en lika smidig hantering som en ventil men är ett effektivt och billigt alternativ som kan tillverkas i plast och som samtidigt erbjuder en värdig hantering för brukaren.

Luckan har ett helt öppet utlopp som inte skadas om ett föremål träs genom luckan för att skapa flöde vid ett eventuellt blockage. För att ytterligare förhindra att det bildas stopp i öppningen finns en liten tapp på insidan av locket till luckan som då den fälls ner flyttar på fällningens partiklar och rubbar dessa så att ett flöde skapas.

Vev och lock

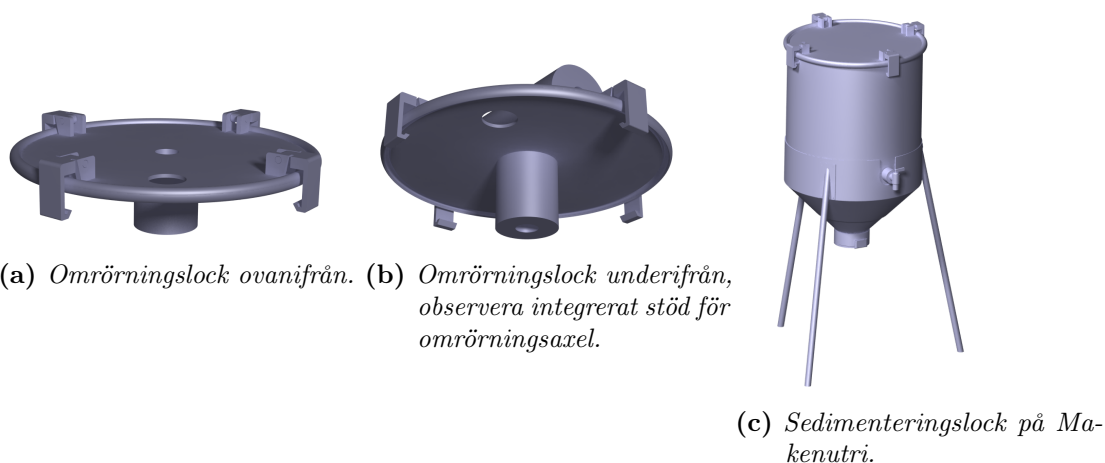
Den slutliga utformningen av omröraren består av en horisontell axel, en hävarm och ett handtag som användaren vevar med, se figur 4.30a. På den horisontella axeln sitter ett vertikalt vinklat kugghjul som är i kontakt med ett horisontellt kugghjul på den vertikala axeln som sitter i behållaren, se figur 4.30b.



Figur 4.30: Omrörningsmekanism.

Därmed translateras den horisontella axelns rotation som skapas vid vevning till rotation av den vertikala axeln, och på så sätt uppnås en blandning av urin och ZeoPeat. Kugghjulens storlek i förhållande till varandra är 1:1, det vill säga ingen utväxling sker. Valet att inte ha någon utväxling beslutades för att inte överbelasta brukarna och för att tillräcklig omrörning ändå uppnås tack vare produktens ringa storlek. Vevens längd uppskattades till 400 mm och hävarmen till 150 mm. På veven finns ett hantag som har ett greppvänligt material för bättre kraftöverföring och komfort.

Till Makenutri följer två typer av lock, ett omrörningslock och ett sedimenteringslock. Omrörningskomponenterna ovan sitter ihop med omrörningslocket som används vid tillsättning och omrörning av urin och ZeoPeat. På locket finns fyra spännen som säkerställer stabilitet under omrörningen genom att fästa locket vid behållaren. Dessutom fäster locket runt behållarens kant likt ett lock till en vanlig hink, vilket också hjälper till att hålla omrörningsmekanismen stabil. I locket finns även en 40 mm stor diameter som är en öppning för tillsättning av urin, via en slang, och ZeoPeat, med hjälp av en tratt, se figur 4.31a. I lockets centrum finns ett hål för den vertikala axeln. Axeln hålls stabil med hjälp av ett integrerat stöd som sticker ner i behållaren, se 4.31b. Då diametern på hålet i locket är större än själva axeln hålls axeln på plats med hjälp av klossar. Att omrörningslocket är utformat för både tillsättning och omrörning är för att undvika att byta lock efter att urin tillsatts och därmed minska risk för skvätt samt otymplig hantering.



Figur 4.31: Detaljerade illustrationer av lock.

Sedimenteringslocket är mycket enkelt och består bara av ett lock med spännen, se figur 4.31c. Locket är till för att täcka behållaren under sedimentering och uttappning. Detta för att förbättra hygien, förhindra lukt samt skydda användarna från att komma i kontakt med urinen under

arbetet. Sedimenteringslocket möjliggör att locket med den integrerade omröraren kan flyttas runt till en annan behållare om det finns flera på plats, vilket skulle möjliggöra att färre omrörare behövs.

Omrörningsmekanismen kontrollerades med REBA-undersökningar. Resultatet blev att rörelsen fick REBA-betyget 3, se bilaga L. Aktivitetsnivå 1 är den näst lägsta nivån i en betygsskala från 0-4 och står för en låg risk. Rörelsen bedöms utifrån detta som att den inte kräver någon direkt åtgärd för att förbättra den. Eftersom rörelsen som uppstår vid omrörningen kan vara påfrestande för kroppen är det rimligt att anta den också kan vara ergonomiskt slitsamt. Därför är rörelsen anpassad på olika sätt för att undvika att slita på kroppen. Rörelsen ska användas under arbetsprocessen och är utvecklad för att kunna varieras så att både höger och vänster arm kan användas lika effektivt. Veven är anpassad för tvåhandsfattning för att ge mer kraft vid behov och som möjliggör kraftgrepp. Tvåhandsfattning bidrar även till en bättre ergonomi. För att produkten ska kännas meningsfull att användas måste den kunna blanda en relativt stor mängd åt gången samtidigt som att omrörningen bör vara mekanisk.

Omrörare

Bladen har utformningen enligt figur 4.32 med tre vertikala blad. Bladen är placerade vinkelrät mot varandra vilket skapar en stabilitet vid omrörning. Två av bladen har en storlek på 250x60x2 mm och sitter på höjderna 190 mm respektive 420 mm från botten av behållaren. Dessa blad har syftet att skapa turbulens i flödet i behållaren och står för den stora majoriteten av omrörningen. Det tredje bladet är 100x50x2 mm och sitter 50 mm från botten av behållaren. Detta blad har främst uppgiften att hålla fällningen i botten av behållaren i rörelse under omrörningen samt att skapa turbulens i behållarens botten. Detta kommer eventuellt inte resultera i en optimal blandning, dock bör den totala turbulensen i behållaren vara tillräcklig för att skapa ett tillfredställande kontaktutbyte.

Den vertikala axeln som går ner i behållaren har en diameter på 30 mm och en höjd på cirka 650 mm. I toppen av axeln sitter ett kugghjul som fäster i den horisontella axeln som går till veven. Det är i denna axel som bladen sitter fast på, där bottenbladet sitter 10 mm från axelns botten.



Figur 4.32: *Bladens utformning.*

Via utskärningar i axeln förs samtliga blad igenom axeln och fästs sedan med två skruvar per blad. Bladen är platta och utformade på ett sådant sätt att de skall vara möjliga att ersätta på plats utan komplicerad specialtillverkning ifall något av bladen går sönder.

Materialval och Tillverkningsmetod

Materialvalet ur *CES*-analysen resulterade i att materialen som passade bäst till behållaren var aluminium, stål och polyeten, se bilaga I för grafer ur *CES* analys. De material som passade bäst till benbältet var aluminium och stål. Som nämnt tidigare konstaterades att det inte gick att uppskatta kostnaden för omröraren på grund av otillräcklig information och att uppskattningen inte skulle vara tillförlitlig. Tillverkningsmetoderna som uppskattades att användas för att tillverka produkten för de olika materialtyperna visas i tabell 4.5.

Tabell 4.5: *Tillverkningsmetoder.*

Tillverkningsmetod	Förkortning
Rullformning	CF
Svetsning	AM
Skärande Bearbetning	MM
Rotationsgjutning	AM

Utifrån att material samt tillverkningsmetoder var bestämt kunde en kostnadsuppskattning utföras. I kostnadsuppskattningen märktes att det blev en enorm skillnad i kostnad mellan en liten batch, under 50 stycken, respektive en stor batch, över 50 stycken. Anledningen till den stora skillnaden i kostnad handlar om att det är mycket mer kostsamt med en liten batch än för en stor batch. Detta eftersom att de fasta kostnader så som personal, lokal och maskin samt investeringskostnader är lika stora för en liten respektive stor batch. Resultatet av kostnadsuppskattningen för benbältet samt behållaren för en batch på 1000 stycken visas i tabell 4.6. Hela kostnadsuppskattningen visas i bilaga J.

Tabell 4.6: Resultat av kostnadsuppskattning för en batch på 1000 stycken.

Komponent	Material	Tillverkningsmetod	Kostnad
Benbälte	Aluminium	CF, AM, MM	571.03 kr/st
	Stål	CF, AM, MM	695.02 kr/st
Behållare	Aluminium	CF, AM, MM	1129.36 kr/st
	Stål	CF, AM, MM	1311.29 kr/st
	Polyeten	CF, AM, MM	931.09 kr/st

I tabell 4.6 kan det tydligt ses att av de olika metallerna är det billigare att använda aluminium än stål för benbältet. Detta för att aluminium har en lägre densitet än vad de olika ståltyperna har, vilket medför att kostnaden blir väsentligt mindre. Däremot konstaterades att stål är en mer fördelaktig metall att använda eftersom att stål har en högre hållfasthet, sträckgräns samt elasticitetsmodul. Stålets egenskaper är cirka tre gånger så stora som aluminiumets egenskaper, *Sundström (2014)*. Stålets nackdelar är att det har hög densitet, vilket gör att produkten kommer bli väldigt tung. Däremot behöver inte produktens tjocklek vara lika tjock som vid val av polyeten. Detta för att stålet har en högre sträckgräns, densitet samt elasticitetsmodul än polyeten. Valet av ståltyp bestämdes inte eftersom att det berodde på vilka ståltyper som fanns tillgängliga i Bolivia och att alla ståltyper som framkom ur *CES*-analysen skulle fungera lika bra.

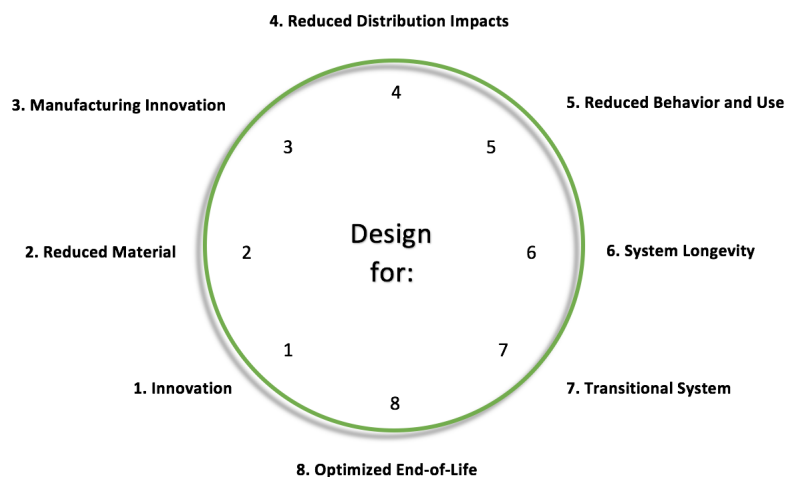
Utifrån kostnadsuppskattningen kan det konstateras att det i längden är billigare att tillverka produkten i polyeten genom rotationsgjutning och skärande bearbetning om produkten ska tillverkas i stora batcher. Detta för att dessa tillverkningsmetoder är billigare att använda samt att det är ett mer effektivt sätt att tillverka produkten på. Att använda polyeten med de valda tillverkningsmetoderna rekommenderas när produkten inte längre är en prototyp och är mer eller mindre färdigutvecklad där en stor batch ska tillverkas. Dessutom kan polyeten bli transparent vilket är en bra förutsättning för produkten då ett önskemål från uppdragsgivaren var att brukaren skulle kunna se skikten. De nackdelar som finns vid utformning av produkten i polyeten är att polyeten inte är lika beständigt mot UV-strålning som en metall är. El Alto är en stad som är belägen 4150 meter över havet vilket resulterar i mycket UV-strålning. Om ett polymert material utsätts för mycket UV-strålning kan materialet förspröda, vilket resulterar i att materialet kan gå sönder. Detta kan dock motverkas genom att färga materialet så att det är mer beständigt mot UV-strålning eller om materialet täcks av en mörkare färg av mjukplast, vilket är en tunn

plast med egenskaper liknande en soppåse.

Sammanfattningsvis är rekommendationen och resultatet av material -och tillverkningskostnaderna för detta projekt att använda stål. Detta för att Makenutri fortfarande är i tillväxtfas och att produkten är en första koncept till ett större projekt. Stål rekommenderas inte att användas storskaligt utan mer som prototypstillverkning så att de fasta kostnaderna inte blir för stora. För företaget är det mer ekonomiskt att tillverka styckvis och utnyttja andra företags kompetenser och utrustning för att på så sätt tillverka i små batcher. Genom att göra på detta sätt minimeras tillverkningskostnaderna enormt och på så vis kan små ändringar göras innan produkten kan utvecklas och tillverkas i större batcher.

Ecodesign Strategy Wheel

Under hela projektet, från idégenereringen till utvecklingen av slutkonceptet har stort fokus varit att skapa en produkt som går i linje med det som cirkulär ekonomi och ekodesign står för. En innovativ produkt med hållbara designlösningar, med så minimal miljöpåverkan som möjligt under hela produktens livscykel. För att göra detta möjligt har utgångspunkten varit att använda *The Ecodesign Strategy Wheel*, se figur 4.33.



Figur 4.33: *The Ecodesign Strategy Wheel.*

Från den första delen av cirkeln, *Design for Innovation*, har produkten bland annat konstruerats på sådant sätt att det ska, om förutsättningar finns, vara möjligt att koppla in el till produkten så att blandningen blir mindre ansträngande för brukaren. Vid utveckling av produkten har även principer som sammanfaller med naturens krafter använts, exempelvis gravitationskraft och centrifugalkraft. Gravitationskraft har utnyttjats vid placering av ventiler och är den främsta anledningen till att utloppsluckan placerats längst ned i botten av produkten.

Med utgångspunkt från den fjärde delen av cirkeln, *Design for Reduced Distribution Impacts*, designades produkten på sådant sätt att den skall vara enkel att transportera genom att den inte skall ta för mycket plats och därmed bidra till en låg fyllnadsgrad i en lastbil. Detta uppfylls genom att produkten kan fraktas omonterad, i flera olika komponenter, vilket gör att produktens totala volym kommer att ta upp en mindre yta än om hela hade transporterats färdigmonterad från fabriken. Ben, benbälte, omrörare, lock samt vattenventil och utloppslucka kommer istället att monteras på plats hos slutkund. Ytterligare en aspekt som tillhör denna delen av cirkeln är att tillverkning kommer att ske så nära El Alto som möjligt, helst i Bolivia. Det är också att föredra att använda globala material som finns att tillgå även i Bolivia.

Från den femte delen av cirkeln, *Design for Reduced Behavior and Use Impacts*, har produktens funktioner konstruerats på sådant sätt att brukaren inte behöver tillgå varken vatten eller el för att kunna använda produkten.

Produkten har huvudsakligen inte konstruerats för en livslängd på tiotals år, utan fokus snarare legat på att försöka få den billig med en inte alltför hög investeringskostnad, så har även delar av konstruktionen utgått från den sjätte delen av cirkeln, *Design for System Longevity*. För att göra detta kan exempelvis bladen på omröraren enkelt ersättas med godtyckliga bitar av material som passar in i springorna på omrörningsmekanismens axel. Detta för att omröraren ska kunna fortsätta att användas även om ett blad skulle gå sönder.

Ur den åttonde delen av cirkeln, *Design for Optimized End-of-Life*, har fokus legat på att använda material som går att återvinna. Både stål och polyeten är återvinningsbara. Produkten har i största möjliga mån även konstruerats på sådant sätt att ventil, utloppslucka och andra mindre komponenter skall gå att demontera för att underlätta vid sortering av material vid återvinning.

Usability

Makenutri är anpassad för utvecklingsländer och ska användas av brukare med olika nationaliteter och kulturer. Därför är produkten anpassad för att ha hög *usability* och vara intuitiv. Det finns ingen text på produkten som kan vara förvirrande eller diskriminerande för brukare som inte förstår språket. Inga symboler finns på produkten då symbolen kan ha olika betydelser inom olika kulturer och kan leda till felhantering. Istället är produkten i sig utformad för att vara instruerade och ge ledtrådar till brukaren om hur den ska hanteras. Produktens koniska form ger indikationer på att något ska hända och tömmas ut genom botten av produkten, vilket för tankarna till liknande produkter som hanterar vätskor, exempelvis en silo. Den standardiserade vattentappen tillämpas i olika sammanhang världen över och är på så sätt instruerade. Vevens klassiska form är en vanlig tillämpning för kraftöverföring och hantagets greppvänliga material uppmuntrar användaren till att hålla just där. Skruvar på produktens ben och omrörningsblad visar att dessa går att ta bort vid behov.

Arbetsprocessen med urin och ZeoPeat är inte helt intuitiv. Därför kommer det krävas vissa instruktioner utöver produkten. I och med detta kan produkten inte vara helt självinstruerande, ha fullständig *guessability*. Konceptet är därför tänkt att tillämpas i kombination med korta instruktioner alternativt en lättare utbildning om hur processen fungerar och hur produkten ska användas. När brukaren har fått instruktioner är det lätt att komma ihåg när vattentappen är öppen då den röda färgen visar detta vilket ger produkten bra *learnability*. Även i vilken ordning delstegen ska ske har en hög *learnability* då saker och ting sker uppifrån och ner. Urin och ZeoPeat hålls in i locket, blandas om uppe vid handtaget, tappas av med vattentappen och slutligen hålls fällning ut via botten. Felhantering kan förekomma om instruktionerna varit otydliga, exempelvis är det möjligt att utloppsluckan öppnas vid fel läge. Detta är dock inte något som kan skada produkten eller brukare utan är endast besvärligt och ett misstag som en brukare med största sannolikhet endast gör en gång. Genom att vattenventilen och utloppsluckan har olika diameter kan dessa inte monteras på fel ställe, vilket förhindrar felmontering.

5. Diskussion

I följande kapitel utvärderas resultatet med utgångspunkt från syftesformuleringen i inledningen. Vidare behandlas resultaten från utvecklingsarbetet i förhållande till teori, process och metod. Slutligen tar diskussionen upp en vidareutveckling av slutkonceptet. Syftet med kapitlet är att knyta ihop säcken som inledningen lyfter fram.

5.1 Syfte och mål

Syftet med projektet var att konstruera och designa en miljövänlig och kostnadseffektiv produkt som separerar kvävehaltigt vatten och fällning från blandningen av humanurin och ZeoPeat anpassad till staden El Alto, Bolivia. Genom att Makenutri har konstruerats i stål, med utbytbara komponenter och med en omrörningsteknik som inte kräver elektricitet kan den konstateras vara miljövänlig och kostnadseffektiv. Med tanke på att den dessutom separerar kvävehaltigt vatten och fällning genom delstegen A-E kan syftet anses uppnått. Genom att produkten återför näring från urin till jorden bidrar denna till en cirkulär ekonomi och ett hållbart samhälle i El Alto där grödor kan odlas på ett hållbart sätt med hjälp av Gainutri.

5.2 Teori, process och metoder

Eftersom ingen existerande produkt finns i nuläget har delen med att utvärdera och hämta inspiration av existerande lösningar i en produktutvecklingsprocess inte kunnat tillämpas. Det här har medfört att mer tid har arbetats med att försöka hitta nödvändig information för att försöka skapa en bild av hur produkten bör fungera. Svårigheter med informationssökningen har ibland uppstått då det funnits en ovisshet om huruvida den insamlade informationen kunde anses tillräcklig för projektet eller inte.

Fysiska modeller har haft en betydande roll i utvärderingen av olika dellösningar, då funktioner kunnat testats i mindre skala. Det har dock funnits osäkerheter kring modellerna, vilka grundar sig i att volymen på vätskorna som testats varit betydligt mindre men även att vatten använts istället för urin, vilket resulterat i att konsistensen inte varit densamma. Detta har exempelvis medfört

att det varit svårt att kunna konstatera ifall en viss omrörningsmetod skulle fungera bra eller inte. Skillnaderna mellan de verkliga förhållandena och förhållandena vid byggandet av fysiska modeller har alltså gjort att modellerna inte kunnat anses helt tillförlitliga. Hade produkten konstruerats under verkliga förhållanden hade troligtvis fler slutsatser gällande lösningarna på delfunktionerna konstaterats.

5.3 Slutkoncept

Slutkonceptet är en behållare som framställer kvävehaltigt vatten och näringsrikt gödselmedel Gainutri ur en blandning av urin och ZeoPeat. Eftersom produkten Makenutri är en första prototyp kommer den tillverkas i stål som är ett billigare alternativ än polyeten vid små tillverkningsvolymmer. Utefter att produkten blir mer färdigutvecklad och ska tillverkas i större batcher rekommenderas den att tillverkas i polyeten. Denna rekommendation grundar sig i att stål är ett mer värdefullt och gediget material medan polyeten inte anses vara lika lyxigt. Detta är intressant då ett av kraven på produkten är att den inte ska vara stöldbegärlig. Den ska heller inte vara utformad utifrån en västerländsk kultur utan istället vara anpassat efter ett utvecklingsland. En västerländsk kultur innebär i det här avseendet att produkten ska ha en lång livslängd och vara gjord i ett beständigt och robust material. I detta projekt var det viktigare att minimera stöldrisk samt att tröskeln för införande av produkten är låg vad gäller investeringskostnader.

En viktig aspekt i framtagningen av produkten var att den skulle ha en så enkel utformning som möjligt samtidigt som att den skulle uppnå de uppsatta kraven såsom att vara ergonomisk, användarvänlig och intuitiv. Egentligen hade en enkel lösning kunnat vara att enbart investera i en standardiserad hink och någon form av spade att blanda med för att lösa problemet på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt. Däremot är detta varken en ergonomisk eller användarvänlig lösning då både risk för skvätt på brukaren finns samt att omrörningen inte skulle vara fulländad eftersom att reaktionen mellan ZeoPeat och urin antagligen inte skulle bli optimal. Utifrån detta resonemang ansågs att denna typ av lösning inte skulle vara hållbar då den inte skulle uppnå de uppsatta kraven på projektet utöver det om låg kostnad. Detta är en av de stora anledningarna till att Makenutri är utformad på ett mer komplext sätt. Genom att Makenutri är utrustad med indikatorer och markeringar underlättar detta användarvänligheten för brukaren av produkten enormt.

En av produktens svagheter är att den inte är transparent då produktkonceptet valts att tillverkas i stål. Det medför att skiktningen inte tydligt kan ses av brukaren, utan kräver att brukaren behöver titta i behållaren för att se om komponenterna är färdigsedimenterade. Anledningen till att produkten inte tillverkats med en extra transparent del av polyeten i stålbehållaren är dels för att konstruktionen inte skulle bli lika hållfast eller tät slutet. Dessutom skulle det troligtvis bli mycket dyrare att tillverka eftersom skulle fler moment då skulle krävas. Detta skulle även strida mot kravet att produkten ska vara men däremot förbättra användarvänligheten och produktens intuitivitet. Detta resonemang utgör grunden till varför produkten rekommenderas att tillverkas i polyeten vid större batcher. Produktens material och tillverkningskostnader kan minimeras samt effektiviseras och dessutom kan brukaren se skiktningen i denna typ av konstruktion. Polyeten har i längden fler fördelar i ett utvecklingsland än stål trots påfrestningen av UV-strålning. Detta för att det dels inte är lika exklusivt, blir billigare att tillverka samt intuitivt att använda.

Produktens ena lock är enbart till för täcka blandningen under tiden som den sedimenterar. Detta lock är inte nödvändigt för produktens funktionsduglighet utan skulle kunna ersättas med något annat som ligger nära till hands exempelvis en plastpåse eller plankor. Den främsta anledningen till att locket utvecklades var att en helhetslösning ville presenteras som säkerställde att behållaren var hygienisk.

Användandet av 15–20 liters hinkar för att samla upp fällningen är rekommendationer då undersökningar av deras storlekar gav att de hade bra storlekar vad gällde höjd och bredd. Produkten utformades dock så att vilket passande behållare som helst skulle kunna användas med förutsättning att den var tillräckligt stor. Behållaren skulle kunna dimensioneras ned ifall en 10-liters hink skulle vilja användas då dessa är mer standardiserade. Skillnaden mellan nuvarande storlek som ger 11 liter fällning och en som skulle ge 7 liter är tillräckligt liten för att dessa storleksförändringar ska kunna ske utan komplikation över produkten funktionalitet.

En av projektets nackdelar är att produkten inte testats i verklig storlek och miljö och att det därför inte kan garanteras att den fungerar helt utan konsekvenser. Anledningen till detta handlar dels om att det inte ingick i projektets utgångspunkt samt att inte tillräckligt med material och underlag fanns för att kunna tillverka en realiserbar prototyp. Det går heller inte att säkerställa att produkten är lika användarvänlig som beskriven, eftersom att eventuella kulturkrockar kan uppstå mellan Bolivia och Sverige. Något som anses vara självklart för en svensk att förstå kanske inte alls är lika självklart för en bolivian. Dessutom går det inte att garantera att produkten

kommer att fungera i El Alto i nuläget på grund av att projektet enbart utgått från antaganden om hur området där produkten kommer befinna sig i är. Risken finns att det är extremt svårt att få ut urinet ur cisternerna, dock går detta inte att göra något åt på grund av den bristande informationen om området i El Alto. Det kan dock konstateras att genom expertis rådgivning samt väl genomförda beräkningar och tester att konceptet bör fungera utifrån de antaganden som gjorts och att den bör vara stabil och säker nog för att maximalt två personer ska kunna arbeta med den.

Med tanke på den bristande informationen finns det även en risk att produkten inte framställts på det mest optimala sättet. Ett exempel är att projektet har utmynnats i att produkten helst inte ska vara beroende av elektricitet, vilket mestadels grundar sig i att ingen information har funnits för att stödja att elektricitet finns i området. Om elektricitet hade varit garanterat hade produkten kunnat utformas för att kunna hantera en större mängd urin och en mer komplicerad lösning skulle tas fram och en mer effektiv produkt eftersom att omrörningen skulle kunna bli mer än dubbelt så snabb och på så vis inte enbart tillförlita sig på mekanisk kraft. En av anledningarna till att produkten utformades med en mekanisk kraft handlar om att uppdragsgivaren ansåg att det var relevant då det ibland förekommer elavbrott i området. Utifrån detta resonemang har produkten utformats så att den kan kopplas in med elektricitet då det kan bli väldigt tungt att använda enbart mekanisk kraft om två personer kommer arbeta med detta som heltidsjobb. Det ansågs vara en svag aspekt att helt utesluta användningen av elektricitet eftersom att detta inte kräver alls lika mycket av brukarna och deras jobb kan bli väsentligt enklare. Däremot om produkten ska skalas upp krävs att elektricitet införs då brukarna troligtvis inte kommer kunna behandla lika stor mängd ZeoPeat och urin utan el.

Produkten är utformad så att den inte hanterar samhällets avfall av urin eftersom att det viktiga i detta projekt var att utforma en produkt som skulle kunna fungera och inte ett fullt utvecklat produktionssystem. Det finns däremot potential att ett produktionssystem bestående av flera produkter skulle kunna utformas. Genom att kunna använda en eller två omrörare till förslagsvis fem eller sex behållare, kan omrörningen och sedimentering ske i omgångar. Detta skulle kunna fungera eftersom att produkternas arbetsmoment inte behöver utföras samtidigt. Det som däremot är viktigt är att sedimenteringen inte bör stå längre än 40-60 minuter, då den blir mer trögarbetad och börjar stelna ju längre tid den får stå. Utifrån detta resonemang finns stor utvecklingspotential så att samhället blir mer hållbart och att mer Gainutri kan fås ut vilket i sin tur bidrar till mer gödselmedel och näring och en cirkulär ekonomi i samhället.

Den framtagna produkten är först och främst anpassad efter Bolivia där magnesiumsalt ska användas istället för torv i ZeoPeat. Däremot finns det många möjligheter för produkten att anpassas utefter områden där torv är mer tillgängligt än magnesiumsalt, exempelvis som i Sverige där torv är naturligt förekommande. Torven bidrar dock till att ett extra skikt bildas som flyter på toppen. Detta kräver att produkten utformas på ett annat sätt, eftersom att torven kan bli en blockerande faktor när vattnet ska tappas ut. En lösning på detta är att efter det att omrörningen och skiktningen bildats, kan omröraren tas bort och en typ av kaffepress sättas på behållaren. Eftersom torven ska blandas med fällningen för att bli Gainutri, pressas torven ner till fällningen med hjälp av pressen. Efter detta kan resterande arbetsmoment utföras där vattnet tappas ut som vanligt och fällningen tillsammans med torven töms genom utloppet. En ännu mer primitiv lösning är att använda det som finns på plats som exempelvis ett nät eller plankor för att på så vis håva upp torven från toppen av behållaren innan vattnet tappas ut. Genom att införa ett av dessa extra moment kan Makenutri även tillämpas i andra länder där torv finns.

Produkten kan även anpassas till andra länder då konstruktionen möjliggör detta, oberoende av landets tillgång till torv eller magnesiumsalt. En av de faktorer som gör att produkten just nu är anpassad till Bolivia är dess höjd som är anpassad för att vara ergonomisk att använda av en bolivian. Då bolivianer är den kortaste befolkningen i världen kan det innebära att en omarbetning skulle krävas innan produkten kan tillämpas i ett annat land. En lösning till detta skulle kunna vara att benen är teleskopiska och är justerbara på liknande sätt som en krycka, så att en ergonomisk höjd kan fås för vilken person som helst. Genom att införa detta kan produkten tillämpas i vilket land som helst.

5.4 Hållbarhet och etik

Produkten anses vara anpassad ur ett hållbarhet- och etikperspektiv. Att produkten har utformats utifrån detta perspektiv kan återspeglas i dess utformning. Tack vare lock och ventiler är produkten försluten vilket gör den hygienisk på så sätt att skvätt och kontakt med urinet minimeras. Detta ger en produkt som är utformad så att den ska kunna användas med värdighet. Att produkten skulle utformas på ett sådant sätt var viktigt då det är av stor vikt att den inte skapar nya samhällsproblem, i form av ett arbete som ingen bolivian vill utföra eller som anses misskrediterande.

5.5 Vidareutveckling av koncept

En viktig aspekt i projektet har varit att det kvävehaltiga vattnet som fås ut ur Makenutri inte är det mest vinstdrivande för Again. Det kvävehaltiga vattnet som erhålls av produkten är inte drickbart och heller inte tillräckligt kvävefattigt för att direkt hällas ut i naturen. Genom att kunna rena vattnet ytterligare kan konceptet även tillämpas i länder där vattenbristen är mer påtaglig, detta eftersom att vattnet då skulle kunna gå att användas även som dricksvatten. Denna rening bör ske i en extern reningsprocess som utvecklas med fokus enbart på att minska halterna av kväve ytterligare. Denna produkt skulle kunna vara snarlik Makenutri på så sätt att det kvävehaltiga vattnet renas genom att ett tillsatsmedel tillförs.

För att underlätta tömning och bortförsel av fällning bör en behållare utformas med syfte att brukaren inte ska behöva bära all vikt. Detta kan möjliggöras genom en lösning där en behållare är integrerad med en pirra. Brukaren kan då transportera fällningen till en torkningsanläggning på ett behagligare sätt.

För att hela samhällets urinavfall ska omhändertas behöver produkten skalas upp. Detta skulle resultera i en större fällnings- och vattenmängd vilket ger större påfrestningar på omrörningsmekanismens material samt öka kraftansträngningen. Att koppla elektricitet till omrörningen möjliggör att mer kraft kan överföras och resulterar i en bättre blandning. En motor kan kopplas direkt till den vertikala axeln för att underlätta den manuella kraftöverföringen eller helt utesluta den. Vid uppskalning skulle även en optimering av omrörningsmekanismen ge mer betydande resultat då den totala mängden av ämnena som kommer i kontakt med varandra är större. För att säkerställa detta flöde behöver dedikerade flödesberäkningar göras, dock bör två propellerformade blad möjliggöra ett sådant flöde. Det är även rekommenderat att inkludera en utloppslucka med kontrollerbart flöde så att utflödet av fällningen enkelt kan justeras och eventuellt stoppas vid behov.

Benställningens konstruktion med ett bälte som håller upp produkten kräver mycket material vilket har negativa konsekvenser, såsom kostnader och miljöpåfrestningar. Genom att ändra benställningens utformning till en med mindre materialåtgång men samtidigt ge det stöd som nuvarande benställning ger, kan vissa av dessa konsekvenser mildras.

6. Slutsats

Genom framtagningen av ett produktkoncept som syftar till att tillvarata näring ur urin kan en cirkulär ekonomi i El Alto, Bolivia möjliggöras. De viktiga näringsämnena fosfor och kväve återförs naturligt tillbaka till växtriket genom gödselmedlet Gainutri, vilket framställs från fällningen som separeras ur produkten. Utöver en cirkulär ekonomi bidrar även produkten till ett hållbart samhälle genom att Gainutri troligtvis kommer att ge bättre möjligheter för befolkningen i Bolivia att få bättre och mer pålitliga skördar.

En produkt som ska implementeras i ett utvecklingsland bör vara självinstruerande, intuitiv och kostnadseffektiv. Det är också fördelaktigt att den är mekanisk då tillgången på elektricitet i många fall är begränsad. Makenutri har utformats på sådant sätt att den uppfyller samtliga av dessa kriterier.

I nuläget finns ingen existerande produkt som blandar ZeoPeat och lagrat urin samt separerar fällning och kvävehaltigt vatten. Därför anses det framtagna produktkonceptet vara en innovativ lösning med en betydande roll som starkt rekommenderas för vidareutveckling. Som första steg bör en prototyp skapas för att verifiera produktens funktioner under verkliga förhållanden.

7. Litteraturförteckning

- Abrahamsson, L., Akselsson, R., Albin, M., Bohgard, M., Eklund, J., Ericson, M. & Ulfvengren, P. (2010). *Arbete och teknik på människans villkor* (2.1 utgåvan). Stockholm: Danagård Litho, Prevent.
- Barnbyar, S. (2018). *Vårt arbete i bolivia*. Hämtad 2018-04-27, från <https://sos-barnbyar.se/bolivia/>
- Bligård, L.-O. (2017). *Acd³-processen*. Hämtad 2018-03-28, från <https://pingpong.chalmers.se/courseId/9067/node.do?id=4369296&ts=1516137180793&u=94060077>
- Caspersen, S. & Ganrot, Z. (2017). *Näringsberikad zeolit som gödselmedel*. Hämtad 2018-05-10, från http://www.again.se/sites/default/files/bilder/gainutri_som_godselmedel._utvardering_av_slupartnerskap_alnarp._ltv_faktablad_2017-25.pdf
- Elizabeth, R. (2017). *Nearly a billion people defecate outdoors. here's why*. Hämtad 2018-04-05, från <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/08/toilet-defecate-outdoors-stunting-sanitation/>
- EllenMacArthurFoundation. (2017). *Circular economy overview*. Hämtad 2018-03-16, från <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>
- Fransson, L., Löwgren, S. & Thelin, G. (2010). *Återvinning av näringsämnen från rötrest genom struvitfällning*. Hämtad 2018-03-28, från <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC218.pdf>
- Globalis. (2018, 03). *El alto*. Hämtad 2018-05-10, från <https://www.globalis.se/Statistik/Barnadoedlighet>
- Heldt, D. (2005). *Återvinning av fosfor från avloppsvatten som behandlas med biologisk fosforering: En studie i att fälla ut struvit ur rejektvatten från rötat bio-p-slam*. Hämtad 2018-03-16, från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:411334/FULLTEXT01.pdf>
- InternationalOrganizationforStandardization. (1998, page 2, januari). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdt) - part 11: Guidance on usability* (vol. 1998;

Standard).

Jha, B., Singh, D. N. & (e-book collection), S. L. (2016). *Fly ash zeolites: innovations, applications, and directions* (vol. 78;78:;). Singapore: Springer.

Johannesson, H., Persson, J.-G. & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design* (2:a utgåvan). Stockholm: Liber.

Jordan, P. W. (2002). *An introduction to usability* (1:a utgåvan). London: Taylor Francis Ltd.

Lantz, A. (2013). *Intervjumetodik* (3:e utgåvan). Lund: Studentlitteratur.

MineralsEducationCoalition. (2008). *Minerals database; about zeolites*. Hämtad 2018-03-15, från <https://mineralseducationcoalition.org/minerals-database/zeolites/>

Osborn, A. F. (1953). *Applied imagination* (3.1 utgåvan). New York: Scribner.

Otto, K. N. & Wood, K. (2001). *Product design: techniques in reverse engineering and new product development* (1:a utgåvan). London: Pearson.

Sundström, B. (2014). *Handbok och formelsamling i hållfasthetslära* (11:e utgåvan). Stockholm: Institutiuonen för hållfasthetslära, KTH.

Suntura, B. & Sandoval, B. (2012). *Large-scale ecological sanitation in peri-urban area of el alto city, bolivia*. Hämtad 2018-04-25, från <http://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/case-studies/details/1583>

Swift, K. & Booker, J. (2003). *Process selection: from design to manufacture* (2:a utgåvan). Butterworth-Heinemann.

UNICEF. (2016a). *Bolivia*. Hämtad 2018-04-27, från <https://data.unicef.org/country/bol/>

UNICEF. (2016b). *Ethiopia*. Hämtad 2018-04-16, från <https://data.unicef.org/country/eth/>

UNICEF. (2016c). *Sweden*. Hämtad 2018-04-16, från <https://data.unicef.org/country/swe/>

White, P., St Pierre, L. & Belletire, S. (2013). *Okala practitioner - integrating ecological design* (1:a utgåvan). Phoenix: Okala Team.

- Wikberg Nilsson, Å., Ericson, Å. & Törlind, P. (2015). *Design: process och metod* (1:a utgåvan). Lund: Studentlitteratur.
- Wikipedia. (2017). *Produktutvecklingsspecifikation*. Hämtad 2018-04-18, från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Produktspecifikation>
- Wikström, L. (2002). *Produktens budskap: metoder för värdering av produkters semantiska funktioner ur ett användarperspektiv* (opublicerad doktorsavhandling). Chalmers tekniska högskola, Göteborg. (91-7291-156-5)
- WWF. (2017). *Ekonomi och planetens gränser*. Hämtad 2018-04-05, från <http://www.wwf.se/wwfs-arbete/hallbar-ekonomi/ekonomi-och-planetens-granser/1593596-hallbar-ekonomi-ekonomi-och-planetens-granser>
- Österlin, K. (2003). *Design i fokus för produktutveckling* (1:a utgåvan). Stockholm: Liber.

8 Figurer

1	Makenutri	6
1.1	Linjärt kretslopp	2
2.1	Slutkonceptet Makenutri	4
2.2	Produktens delar	5
2.3	Delsteg A-E	6
3.1	Miljögiraffs logotyp	9
3.2	Agains logotyp	9
3.3	Beskrivning av den nuvarande linjära processen i El ALto	12
3.4	Cirkulärt kretslopp	13
4.1	Illustration av projektprocess	23
4.2	Bilder från fältbesöket hos Again	27
4.3	Bilder från fältbesök hos Again	27
4.4	Bilder från fältbesök hos Again	28
4.5	Principer för att skapa rotationsrörelser	29
4.6	Illustration av smörkärnarens rörelse	30
4.7	Funktionsstruktur	32
4.8	Deluppgifter A-E	33
4.9	Procentuell fördelning av komponenter efter seperation	33
4.10	Faktaruta om El Alto. Källa: (Suntura & Sandoval, 2012)	34
4.11	Familjen. Källa: (Suntura & Sandoval, 2012)	34
4.12	Utkast från Braindrawing	36
4.13	Kaffepress	37
4.14	Konceptgrupp Konisk	39
4.15	Konceptgrupp Tombola	40
4.16	Konceptgrupp Avtagbar	40
4.17	Kesselringmatris	42
4.18	Vinnande konceptet Konisk 1	42
4.19	Mått för beräkning	44
4.20	Hjälpmedel vid beräkning av slutprodukt	46

4.21 Optimal omrörning	49
4.22 Simpla bladtyper	50
4.23 Konceptlösning Makenutri	53
4.24 En uppsättning av Makenutri	53
4.25 Steg A-E	54
4.26 Steg E.1 och E.2	55
4.27 Makenutris behållare	56
4.28 Benställningen	57
4.29 Illustration av utloppslucka	57
4.30 Omrörningsmekanism	58
4.31 Detaljerade illustrationer av lock	59
4.32 Bladens utformning	60
4.33 The Ecodesign Strategy Wheel	63

9 Tabeller

4.1	Lista över experter	26
4.2	Data för beräkning	44
4.3	Insättningsparametrar för CES Selector	51
4.4	Materialval	51
4.5	Tillverkningsmetoder	61
4.6	Resultat av kostnadsuppskattning för en batch på 1000 stycken	62

10 Bilagor

A. Kravspecifikation

Chalmers		Dokumenttyp	Kravspecifikation						
Utfördare:		Projekt	Kandidatarbete på Institutionen för Industri- och materialvetenskap						
		Anna Einarsson, Louise Enberg, Michelle Fransson Jaqueline Hultman, Victor Öberg.							
		Funktioner	Målvärde	K/O	Skapad: Modifierad:	2018-01-26 2018-03-06	Vikt	Verifieringsmetod	Referens / Kravställare
1. Prestanda	1.1	Minsta bärighet	140 kg	K				Beräkning/Analys	Projektgruppen
	1.2	Omröringsmekanik	Mekanisk som kan kopplas till el Mekanisk	Ö K			4	Analys Analys	Miljögraff Miljögraff
	1.3	Minsta mängd urin	50 liter	K				Beräkning/Analys	Projektgruppen
	1.4	Minsta vikt Zoopeat	8,25 kg	K				Beräkning/Analys	Projektgruppen
	1.5	Minsta andel av totala fällningsproduktionen		95% 75% 75% 50%	Ö K Ö K		4 3	Beräkning/Analys Beräkning/Analys Beräkning/Analys Beräkning/Analys	Projektgruppen Projektgruppen Projektgruppen Projektgruppen
2. Miljö	1.6	Minsta andel av totala vattenproduktionen							
	1.7	Lättförståelig	Få skriftliga bild instruktioner En form och utseende som uppmuntrar korrekt hantering/ förhindrar felhantering	Ö			5	Analys	Miljögraff
	1.8	Semantik		Ö			5	Analys	Miljögraff
	2.1	Återvinningsbar	50 % av produktens delar ska vara återvinningsbara 90 % av produktens delar ska vara återvinningsbara	K Ö				Analys	Miljögraff
	2.2	Design for deassembly	Konstruerad för en smidig och effektiv isärtagning. Isärtagarna delar ska bestå av ett enda material. Konstruerad på ett sådant sätt att det går att ta bort skadade delar och ersätta dem. Eventuellt med saker som finns på plats.	K Ö				Analys	Miljögraff
	2.3	Design for repair					4	Analys	Miljögraff
3. Underhåll	3.1	Antal fragila delar	0 stycken	Ö			4	Analys	Miljögraff
	3.2	Rengöring	Enkel att rengöra Möjligt att ta bort intorkad fällning	Ö K			3	Analys Analys	Miljögraff Miljögraff
	3.3	Byte av komponenter	Brukare ska enkelt kunna byta ut försilna komponenter utan att behöva ersätta hela produkten.	Ö			5	Analys	Miljögraff

4. Mått och storlek	4.1 Minsta volym	70 liter					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
	4.2 Minsta innerdiameter cylindrisk del	418 mm					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
	4.3 Minsta innerdiameter konisk del	100 mm						
	4.4 Höjd på produkt från marknivå	1000 mm					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
	4.5 Utlopps lutning	45 grader					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
	4.6 Höjd vid vattenlapp från marknivå	639 mm					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
	4.7 Höjd vid utlopp	345 mm					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
	4.8 Maximala slagghöjd från marknivå	625 mm					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
5. Vikt								
	5.1 Max vikt tom behållare	10 kg					Beräkningar/Analys	Projekgruppen
6. Material								
	6.1 Korrosionsbeständig	Klara av pH 12					Analys	Again Mats Norell
	6.2 Tillgänglighet	Globalt					Analys	Miljögraf
	6.3 Hålsärliga ämnen	0 stycken					5 Materialanalys	ECHA/REACH
7. Kostnad								
	7.1 Tillverkningskostnad (batch >1000)	2000 Kr					3 Beräkningar/Analys	Projekgruppen
8. Livslängd								
	8.1 Livslängd för behållare	1 år					Analys	Projekgruppen
	8.2 Livslängd för omrörare exkl. eventuellt utbyte av blad.	3 år					4 Analys	Projekgruppen
		3 år					4 Analys	Projekgruppen
	8.3 Livslängd för lock	5 år					4 Analys	Projekgruppen
	8.4 Livslängd för bennställning	5 år					4 Analys	Projekgruppen
	8.5 Livslängd för utloppsventil	3 år					4 Analys	Projekgruppen
	8.6 Livslängd för vattenlapp	3 år					4 Analys	Projekgruppen
9. Ergonomi								
	9.1 Intervall för arbetshöjd	100-130 cm					Analys	Projekgruppen / Miljögraf
	9.2 Ergonomiska lyft						Analys/REBA	Projekgruppen / Miljögraf

10. Mobilitet	10.1	Hantering	Max 2 personer 1 person	K Ö	K Ö	Analys Analys	Miljögraff Miljögraff
	10.2	Förflyttningsbar	Full behållare Tom behållare	Ö K	3 3	Beräkningar/Analys Beräkningar/Analys	Projektgruppen Projektgruppen
11. Tillverkning	11.1	Tillverkningsmetod	Global Sydamerika Konstruerad för en smidig och effektiv ihopsättning	Ö Ö Ö	4 5 3	Analys Analys Analys	Miljögraff Miljögraff Miljögraff
	11.2	Design for assembly					
12. Interna begränsningar	12.1	Minsta verkningstid	20 min	K		Analys	Stefan Bydén
	12.2	Minsta omblandningstid	20 min	Ö	5	Analys	Stefan Bydén
13. Säkerhet	13.1	Stabil	Ej välla vid användning	K		Beräkningar/Analys	Projektgruppen
	13.2	Ej orsaka klämskador	Inga personskador	Ö	5	Beräkningar/Analys	Projektgruppen
	13.3	Sanitär	Inget läckage Inre orsaka stänk vid användning	K Ö		Beräkningar/Analys Beräkningar/Analys	Projektgruppen Projektgruppen
14. Komponenter & Verktyg	14.1	Standardiserade maskinelement	75 % 100 %	K Ö		Analys Analys	Miljögraff Miljögraff
	14.2	Universella verktyg	75 % 100 %	K Ö		Analys	Miljögraff
15. Estetik	15.1	Useende	Ej se exklusiv ut, ej stöldbegärig	K		Analys	Projektgruppen/Miljögraff
	15.2	Kunna se skiktning	Två skikt	Ö	2	Analys	Projektgruppen/Miljögraff
	15.3	Färdkodning	Möjliggöra intuitiv hantering av produkt	Ö	5	Analys	Projektgruppen/Miljögraff

B. Morfologisk matris

[illegible]

C. Elimineringsmatris

Chalmers		Elimineringsmatris						
Utfärdad av:		Anna, Jaqueline Louise, Michelle, Victor			Skapad Modifierad		2018	
Elimineringskriterier		Beslut						
(+) Ja		(+) Fullfölj lösning						
(-) Nej		(-) Eliminera lösning						
(?) Mer information krävs		(?) Sök mera information						
(!) Kontrollera kravspec		(!) Kontrollera kravspec						
		A: Löser huvuduppgiften						
		B: Uppfyller alla krav						
		C: Realiserbar						
		D: Inom kostnadsramen						
		E: Säkert och ergonomisk						
		F: Sanitär						
Lösning	A	B	C	D	E	F	Kommentar	Beslut
K1	+	+	+	+	+	+		+
K2	+	+	+	+	+	?	Risk för skvätt vid avtappning av fällning	+
K3	+	?	+	+	+	?	Risk för skvätt vid avtappning av fällning samt vatten och svårt att ta bort intorkad fällning	+
K4	+	?	+	+	+	?	Risk för skvätt vid avtappning av fällning samt vatten och svårt att ta bort intorkad fällning	+
K5	+	+	+	+	+	?	Risk för skvätt vid avtappning av vatten	+
T1	+	+	+	+	+	+		+
T2	+	+	+	+	+	+		+
T3	+	+	+	+	+	+		+
T4	+	?	+	+	+	+	Rengöring av intorkad fällning svårare	+
A1	+	?	+	+	?	?	Risk för att vara svårt att skilja på de olika delarna och sluta tätt	+
A2	+	?	+	+	?	?	Risk för att vara svårt att skilja på de olika delarna och sluta tätt	+
A3	+	?	+	+	?	?	Risk för att vara svårt att skilja på de olika delarna och sluta tätt	+

D. Pughmatriser

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)				
Utfärdare		Anna, Jaquiline			Skapad	2018-03-26
		Louise, Michelle och Victor			Modifierad	2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Konisk			
		Ref (K1)	K2	K3	K4	K5
Risk för läckage (all form av läckage)			+	+	+	0
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			-	-	-	-
Få ut (allt) fällning smidigt			-	0	-	0
Lätt att rengöra/ta bort torkat från delar			-	-	-	+
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	0	-	0
Enkelhet (exkl. omrörare)						
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		+	+	+	+
	Extra delar (ställning mm)		+	+	+	0
	Kostnad		+	0	+	0
	Stöldrisk		0	0	+	+
	Antal olika material		+	0	-	0
Enkelhet omrörare						
	Antal delar		0	0	+	0
	Kostnad		0	0	+	0
	Stöldrisk		0	0	+	0
	Antal olika material		0	0	+	0
Förståelse/intuitivitet			-	0	0	-
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			+	-	-	-
Möjlighet att koppla in el			0	0	-	0
Smidig och kontrollerad hantering			-	-	-	-
Kroppstyrka som krävs vid hantering			-	-	-	-
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0	-	0
Antal +			6	3	9	3
Antal 0			8	12	1	12
Antal -			6	5	10	5
Nettovärde			0	-2	-1	-2
Rangordning			1	3	2	3
Vidareutveckling			JA	NEJ	JA	NEJ
Beslut			VIDARE	NEJ	NEJ	NEJ

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)			
Utfärdare		Anna, Jaqueline Louise, Michelle och Victor		Skapad	2018-03-26
				Modifierad	2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Konisk		
		Ref (K2)	K1	K3	K4
Risk för läckage (all form av läckage)			-	+	+
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			+	+	-
Få ut (allt) sediment smidigt			+	0	-
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			+	+	-
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	-	-
Enkelhet (exklusive omrörare)					
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		-	+	+
	Extra delar (ställning mm)		-	-	-
	Kostnad		-	-	-
	Stödrisk		0	+	+
	Antal olika material		-	-	-
Enkelhet omrörare					
	Antal delar		0	0	+
	Kostnad		0	0	+
	Stödrisk		0	0	+
	Antal olika material		0	0	+
Förståelse/intuitivitet			+	0	0
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			-	-	-
Möjlighet att koppla in el			0	0	-
Smidig och kontrollerad hantering			+	0	-
Kroppstyrka som krävs vid hantering			+	0	0
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0	-
Antal +			6	5	7
Antal 0			8	10	2
Antal -			6	5	11
Nettovärde			0	0	-4
Rangordning			1	1	2
Vidareutveckling			JÄ	JÄ	JÄ
Beslut			VIDARE	NEJ	NEJ

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)			
Utfärdare		Anna, Jaqueline Louise, Michelle och Victor		Skapad	2018-03-26
				Modifierad	2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Konisk		
		Ref (K3)	K1	K2	K4 K5
Risk för läckage (all form av läckage)			-	-	+ -
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			+	-	0 +
Få ut (allt) sediment smidigt			0	0	0 +
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			+	-	0 +
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	+	- 0
Enkelhet (exklusive omrörare)					
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		-	-	+ -
	Extra delar (ställning mm)		-	+	0 -
	Kostnad		0	+	- -
	Stöldrisk		0	-	0 0
	Antal olika material		0	+	0 0
Enkelhet omrörare					
	Antal delar		0	0	+ 0
	Kostnad		0	0	+ 0
	Stöldrisk		0	0	+ 0
	Antal olika material		0	0	+ 0
Förståelse/intuitivitet			0	0	+ -
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			+	-	- -
Möjlighet att koppla in el			0	0	- 0
Smidig och kontrollerad hantering			+	0	0 +
Kroppstyrka som krävs vid hantering			+	0	0 0
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0	- 0
Antal +			5	4	7 4
Antal 0			12	10	8 10
Antal -			3	6	5 6
Nettovärde			2	-2	2 -2
Rangordning			1	2	1 2
Vidareutveckling			JA	JA	NEJ NEJ
Beslut			VIDARE	VIDARE	NEJ NEJ

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)			
Utfördare		Anna, Jaqueline Louise, Michelle och Victor		Skapad	2018-03-26
				Modifierad	2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Konisk		
		Ref (K4)	K1	K2	K3 K5
Risk för läckage (all form av läckage)			-	-	- -
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			+	+	0 +
Få ut (allt) sediment smidigt			+	+	0 +
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			+	+	0 +
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			+	+	+ +
Enkelhet (exklusive omrörare)					
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		-	-	- -
	Extra delar (ställning mm)		-	+	0 -
	Kostnad		-	+	+ -
	Stöldrisk		-	-	0 0
	Antal olika material		+	+	0 0
Enkelhet omrörare					
	Antal delar		-	-	- -
	Kostnad		-	-	- -
	Stöldrisk		-	-	- -
	Antal olika material		-	-	- -
Förståelse/intuitivitet			0	0	- -
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			+	+	+ +
Möjlighet att koppla in el			+	+	+ +
Smidig och kontrollerad hantering			+	+	0 +
Kroppstyrka som krävs vid hantering			+	0	0 +
Möjlighet att få ut eventuell torv			+	+	+ +
Antal +			10	11	5 9
Antal 0			1	2	8 2
Antal -			9	7	7 9
Nettovärde			1	4	-2 0
Rangordning			2	1	4 3
Vidareutveckling			JA	JA	NEJ NEJ
Beslut			VIDARE	VIDARE	NEJ NEJ

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)			
Utfärdare		Anna, Jaquiline Louise, Michelle och Victor		Skapad: 2018-03-26 Modifierad: 2018-03-26	
Kriterier		Alternativ	Tombola		
		Ref (T1)	T2	T3	T4
Risk för läckage (all form av läckage)			+	+	-
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			0	0	+
Få ut (allt) sediment smidigt			0	0	+
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			+	+	-
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	0	-
Enkelhet (exkl. omrörare)					
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		+	+	-
	Extra delar (ställning mm)		+	0	-
	Kostnad		+	0	-
	Stöldrisk		+	0	-
	Antal olika material		0	0	0
Enkelhet omrörare					
	Antal delar		+	+	+
	Kostnad		+	0	+
	Stöldrisk		+	+	+
	Antal olika material		+	0	+
Förståelse/intuitivitet			0	0	-
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			-	0	-
Möjlighet att koppla in el			-	0	-
Smidig och kontrollerad hantering			-	0	0
Kroppstyrka som krävs vid hantering			-	0	-
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0	-
Antal +			10	5	6
Antal 0			6	15	2
Antal -			4	0	12
Nettovärde			6	5	-6
Rangordning			1	2	3
Vidareutveckling			JA	JA	NEJ
Beslut			VIDARE	VIDARE	NEJ

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)		
Utfärdare		Anna, Jaqueline Louise, Michelle och Victor		Skapad: 2018-03-26 Modifierad: 2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Tombola	
		Ref (T2)	T1	T3
Risk för läckage (all form av läckage)			-	0
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			0	0
Få ut (allt) sediment smidigt			0	0
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			-	0
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	+
Enkelhet (exkl. omrörare)				
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		-	0
	Extra delar (ställning mm)		-	0
	Kostnad		-	-
	Stödrisk		-	0
	Antal olika material		0	0
Enkelhet omrörare				
	Antal delar		-	0
	Kostnad		-	-
	Stödrisk		-	0
	Antal olika material		-	-
Förståelse/intuitivitet			0	+
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			+	+
Möjlighet att koppla in el			+	+
Smidig och kontrollerad hantering			+	+
Kroppstyrka som krävs vid hantering			+	+
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0
Antal +			4	6
Antal 0			6	11
Antal -			10	3
Nettovärde			-6	3
Rangordning			2	1
Vidareutveckling			JA	JA
Beslut			NEJ	VIDARE

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)		
Utfärdare		Anna, Jaqueline Louise, Michelle och Victor		Skapad: 2018-03-26 Modifierad: 2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Tombola	
		Ref (T3)	T1	T2
Risk för läckage (all form av läckage)			-	0
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			0	0
Få ut (allt) sediment smidigt			0	0
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			-	0
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	-
Enkelhet (exkl. omrörare)				
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		-	0
	Extra delar (ställning mm)		0	0
	Kostnad		0	+
	Stöldrisk		0	0
	Antal olika material		0	0
Enkelhet omrörare				
	Antal delar		-	0
	Kostnad		0	+
	Stöldrisk		-	0
	Antal olika material		0	+
Förståelse/intuitivitet			0	-
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			0	-
Möjlighet att koppla in el			0	-
Smidig och kontrollerad hantering			0	-
Kroppstyrka som krävs vid hantering			0	-
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0
Antal +			0	3
Antal 0			15	11
Antal -			5	6
Nettovärde			-5	-3
Rangordning			2	1
Vidareutveckling			JA	JA
Beslut			NEJ	VIDARE

Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)			
Utfärdare		Anna, Jaqueline		Skapad	2018-03-27
		Louise, Michelle och Victor		Modifierad	2018-03-26
Kriterier		Alternativ	Avtagbar		
		Ref (A1)	A2	A3	
Risk för läckage (all form av läckage)			+	+	
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			-	0	
Få ut (allt) sediment smidigt			-	0	
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			0	0	
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			+	0	
Enkelhet behållare (ev tapp ingår)					
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		+	0	
	Extra delar (ställning mm)		+	+	
	Kostnad		+	+	
	Stöldrisk		0	0	
	Antal olika material		+	+	
Enkelhet omrörare					
	Antal delar		0	0	
	Kostnad		0	0	
	Stöldrisk		0	0	
	Antal olika material		0	0	
Förståelse/intuitivitet			-	-	
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			-	0	
Möjlighet att koppla in el			0	0	
Smidig och kontrollerad hantering			-	-	
Kroppstyrka som krävs vid hantering			-	-	
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0	
Antal +			6	4	
Antal 0			8	13	
Antal -			6	3	
Nettovärde			0	1	
Rangordning			2	1	
Vidareutveckling			NEJ	JA	
Beslut			NEJ	VIDARE	

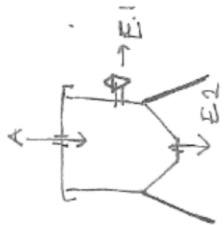
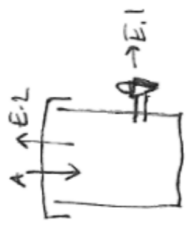
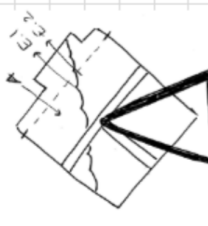
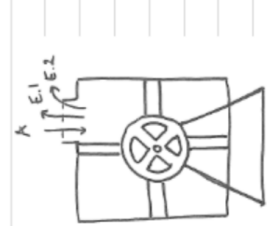
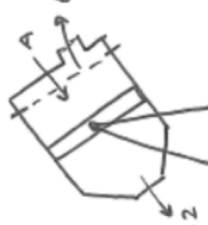
Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)		
Utfärdare		Anna, Jaquiline	Skapad 2018-03-27	
		Louise, Michelle och Victor	Modifierad 2018-03-27	
Kriterier		Alternativ	Avtagbar	
		Ref (A2)	A1	A3
Risk för läckage (all form av läckage)			-	-
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			+	+
Få ut (allt) sediment smidigt			+	+
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			0	0
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			-	-
Enkelhet behållare (ev tapp ingår)				
	Antal hål/öppningar (få är en fördel)		-	-
	Extra delar (ställning mm)		-	-
	Kostnad		-	-
	Stöldrisk		0	-
	Antal olika material		-	-
Enkelhet omrörare				
	Antal delar		0	0
	Kostnad		0	0
	Stöldrisk		0	0
	Antal olika material		0	0
Förståelse/intuitivitet			+	+
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			+	+
Möjlighet att koppla in el			0	0
Smidig och kontrollerad hantering			+	+
Kroppstyrka som krävs vid hantering			+	+
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0
Antal +			6	6
Antal 0			8	7
Antal -			6	7
Nettovärde			0	-1
Rangordning			1	2
Vidareutveckling			NEJ	JA
Beslut			NEJ	VIDARE

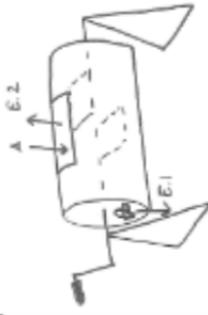
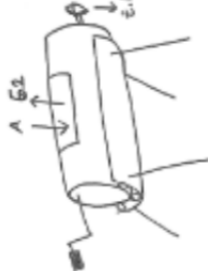
Chalmers		Pughmatris (Relativ Beslutsmatris)			
Utfärdare		Anna, Jaqueline Louise, Michelle och Victor		Skapad 2018-03-26 Modifierad 2018-03-27	
Kriterier		Alternativ	Avtagbar		
		Ref (A3)	A1	A2	
Risk för läckage (all form av läckage)			-	+	
Risk för skvätt vid användning (all form av skvätt)			0	-	
Få ut (allt) sediment smidigt			0	-	
Lätt att rengöra/ta bort torkat sediment från delar			0	0	
Fyllnadsgrad/Smidig Frakt			0	+	
Enkelhet behållare (ev tapp ingår)					
Antal hål/öppningar (få är en fördel)			0	+	
Extra delar (ställning mm)			-	+	
Kostnad			-	+	
Stöldrisk			0	+	
Antal olika material			-	+	
Enkelhet omrörare					
Antal delar			0	0	
Kostnad			0	0	
Stöldrisk			0	0	
Antal olika material			0	0	
Förståelse/intuitivitet			+	-	
Antal rörliga delar (vilket leder till friktion, förslitningar)			0	-	
Möjlighet att koppla in el			0	0	
Smidig och kontrollerad hantering			+	-	
Kroppstyrka som krävs vid hantering			+	-	
Möjlighet att få ut eventuell torv			0	0	
Antal +			3	7	0 0
Antal 0			13	7	0 0
Antal -			4	6	0 0
Nettovärde			-1	1	0 0
Rangordning			2	1	
Vidareutveckling			NEJ	JA	
Beslut			NEJ	VIDARE	

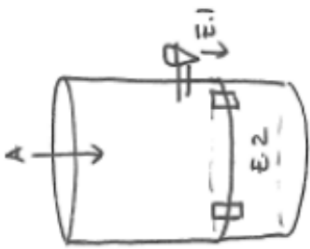
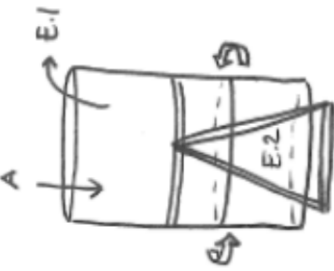
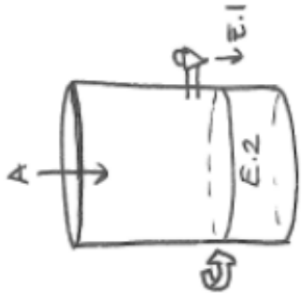
E. Kesselringmatrix

Chalmers		Kesselringmatrix											
Utfärdare		Anna, Jaquiline		Skapad		2018-03-27							
		Louise, Michelle och Victor		Modifierad		2018-03-27							
		Alternativ											
Kriterier		Ideal	K1	K2	K2	T3	A2	A3					
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Möjlighet att koppla in el	3	5	15	5	15	3	9	5	15	5	15	5	15
Intuitiv användning, lätt att göra rätt	4	5	20	5	20	4	16	3	12	4	16	2	8
Visuell intuitiv	3	5	15	4	12	4	12	3	9	4	12	1	3
Smidig hantering vid tömning av fällning	5	5	25	5	25	1	5	2	10	3	15	1	5
Smidig hantering vid tömning av vatten	5	5	25	5	25	5	25	5	25	2	10	5	25
Smidig hantering vid tillsättning av Zeopeat och urin	1	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
Design for assembly/deassembly	3	5	15	3	9	5	15	1	3	3	9	4	12
Enkel rengöring	2	5	10	5	10	4	8	2	4	2	4	4	8
Möjlighet till få kritiska delar (laga och byta ut)	4	5	20	3	12	4	16	2	8	2	8	5	20
Minimal risk för läckage (få hål/öppningar)	5	5	25	3	15	4	20	2	10	2	10	4	20
Minimal risk för skvätt vid användning	3	5	15	5	15	3	9	2	6	2	6	1	3
Få rörliga delar (friktion och förslitning)	3	5	15	4	12	5	15	1	3	4	12	2	6
Ergonomiskt	5	5	25	5	25	2	10	3	15	4	20	1	5
Låg fyllnadsgrad/Smidig att frakta	1	5	5	4	4	5	5	1	1	2	2	3	3
Få olika material	2	5	10	4	8	5	10	1	2	3	6	3	6
Möjlighet att få ut torv	1	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5	5
Minimal stöldrisk av vitala delar	1	5	5	2	2	3	3	4	4	5	5	5	2
Få delar - enkelhet	3	5	15	3	9	5	15	1	3	4	12	5	15
Låg totalkostnad	4	5	20	3	12	5	20	3	12	2	8	4	16
Totalt		95.00	290.00	78.00	240.00	79.00	229.00	46.00	143.00	63.00	192.00	62.00	170.00
Rel Total		0.33	1.00	0.27	0.83	0.27	0.79	0.16	0.49	0.22	0.66	0.21	0.59
Rangordning				1		2		6		4		5	
Beslut		Det valda konceptet blev: K1											

F. Konceptgrupper

	Konisk				
Funktioner	K1: Konisk m ställning	K2: Hink med platt botten	K3: Obs 2 lock	K4:1 hål. Ställning blandar	K5: Hälla ut tippa, konisk botten
Blandning	Extern	Extern	Extern	Intern	Extern
Tömma vatten	Tapp	Tapp	Hälla ut	Hälla ut	Hälla ut ovanifrån
Tömma fällning	Ventil/Lucka	Hälla ut	Hälla ut	Hälla ut	Ventil/Lucka
Stativ	Ben	Marken	Dunklipp	Dunklipp	Dunklipp
Kommentar	1 lock för blandning (McDonalds) och 1 lock med en kork för tappning				
					

	Tombola			Tombola kombinerat med konisk
Funktioner	T1: Integrerad blandare	T2: Form blandar - pinne	T3: Form blandar - lager	T4: "Välta" tombola
Blandning	Externt; axel rakt igenom	Internt	Internt	Internt
Tömna vatten	Tapp	Tapp	Tapp	Tapp
Tömna fällning	Lucka långsida	Lucka långsida	Lucka långsida	Ventil/lucka
Stativ	Ben	Ben med stöd	Ben	Ben
Kommentar	Blad på axeln		OBS ej hål i behållaren till axel	
Bild				

	Avtagbar		
Funktioner	A1: Knäppa	A2: Vänds med dunktipp	A3: Skruva
Blandning	Extern	Extern	Extern
Tömma vatten	Tapp	Tippa	Tapp
Tömma fällning	Separat behållare	Sep behållare, tippa	Separat behållare
Stativ	Pirra	Dunktipp	Pirra
Kommentar	Står på marken	Står på marken	Står på marken
Bild			

G. Beräkningar av slutprodukt

```
1
2 %% Beräkningar på slagg samt tankens volym.
3 % Av: Michelle Fransson, Victor Berg, Jaqueline Hultman.
4
5 clc
6 clear variables
7 close all
8
9 %% Nedanstående är beräkningar på slaggets volym samt massa.
10 %
11 urinVolym = 50;
12 % [liter] mängden urin vi vill att tanken ska ha.
13 slaggDensitet = 1.5e3;
14 % [kg/dm^3] densiteten på slagget.
15
16 tillsatts = 3.3 / 20 * urinVolym;
17 % [kg] massan zeopeat och torv som ska tillsättas, beräknat på deras förhållande
18
19 slaggMassa = 6 / 20 * urinVolym;
20 % [kg] hur mycket slagg som blir med andelen tillsats och mängd urin
21 slaggVolym = (slagMassa / slaggDensitet) * 10^3;
22 % [dm^3] volymen på slagget
23
24 %% Beräkning av slutprodukts volym och massa.
25 % Antar att utloppsventilen är 1 dm bred och 0.5 dm hög.
26
27 V_liten_kon = (pi*0.5^2*1)/3; % Volym för utloppsventilen i form av en kon
28
29 Vtot=70; % Bestämd total volym för produkt
30
31 % Itererar fram hur stor radie ska vara för de olika geometrier genom att
32 % ställa upp ekvationen för den totala volymen
33 % Vtot = V_cylinder + V_kon - V_liten_kon = V_cylinder + Vtratt
34 % med hjälp av de kända variablerna kunde radien itereras fram.
35 tol=0.0001;
36 rny=1;
```

```

37 Fel=2*tol;
38
39 while Fel>tol
40     rgammal=rny;
41     rny=sqrt(3*(Vtot+V_liten_kon)/(3*pi*6.5-2*pi*rgammal));
42     Fel=rny-rgammal;
43 end
44 R = rny;
45 % H r f s den st rsta radien fram f r de olika geometrierna.
46
47 Diameter=R*2; % H r f s diametern fram
48
49 % Genom k nd radie samt en best md totalh jd p 1 meter fr n markniv
50 % kunde slutproduktens olika h jder ber knas genom fljande ekvationer:
51
52 hCylinder=6.5-R; % H jden f r cylindern
53 hTratt=R-0.5;
54 % H jden f r tratten (det vill s ga V_tratt = V_kon-V_liten_kon)
55
56 htot=4+hTratt+hCylinder; % Totala h jden p slutprodukten
57 % fr n markniv .
58
59 % Ber kningar av volymen f r de olika geometrierna.
60 Vcylinder=hCylinder*R^2*pi; % Volymen av cylindern
61 Vkon=(pi*R^3)/3; % Volymen av totala konen
62 Vtratt=Vkon-V_liten_kon; % Volymen av tratten
63
64 % Kontroll ber kning s att framtagna h jder och radier st mmer verens med
65 % en valda volymen
66 V_TOT=Vtratt+Vcylinder; % Detta ska bli 70!
67
68
69 %% Ber kning av vart slagget kommer placeras i slutprodukten.
70
71 hSlagg=(slagVolym-Vtratt);
72 % Placering av vart slagget kommer befinna sig i beh llare, och om slagget
73 % kommer vara placerat ovanf r tratten.
74
75 Slagghojd=hTratt+hSlagg;
76 % Ber kning av placering av slagget kommer vara i slutprodukten.

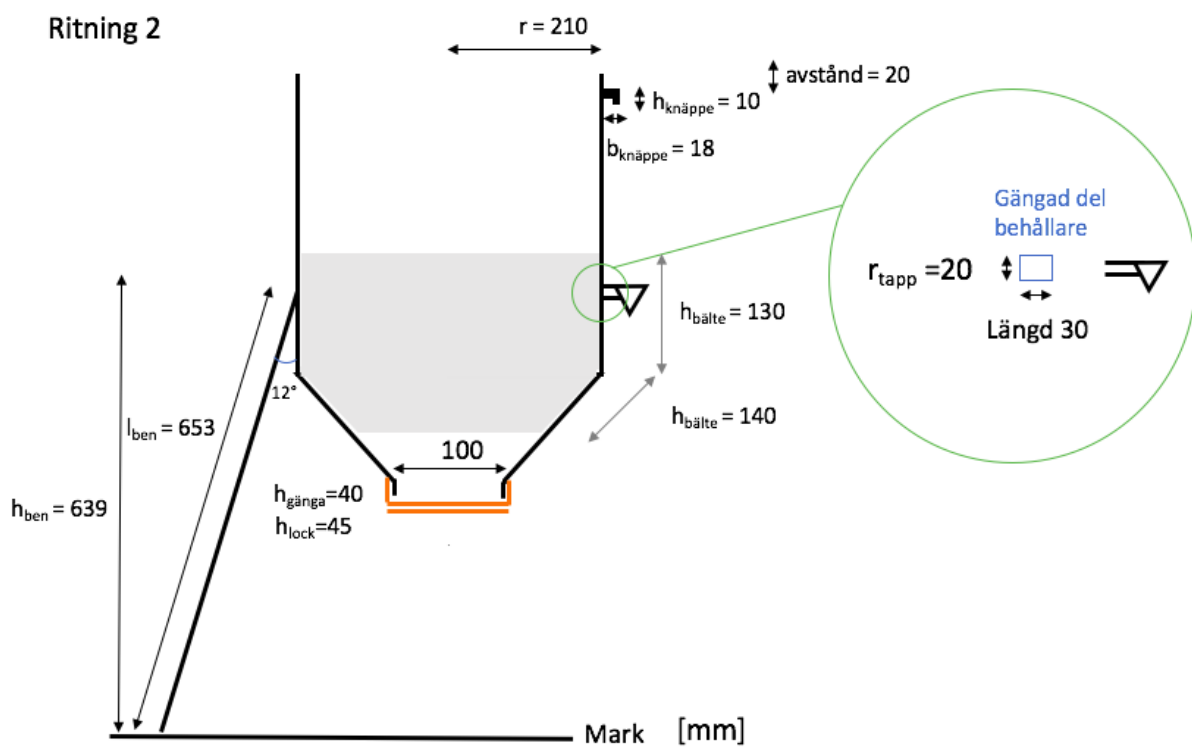
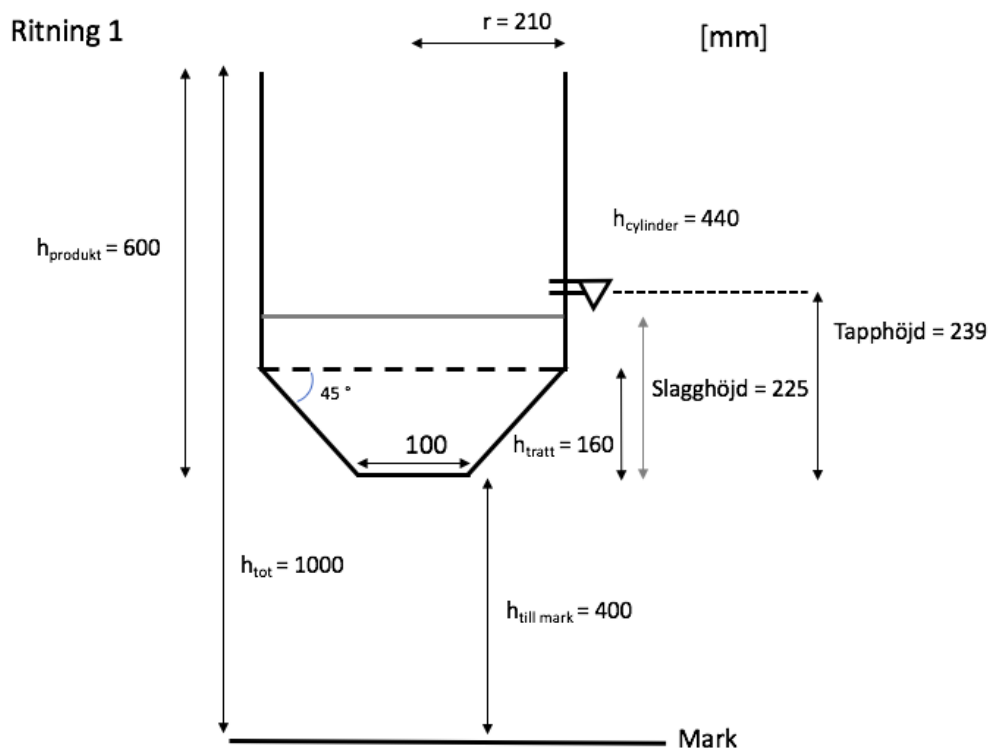
```

```

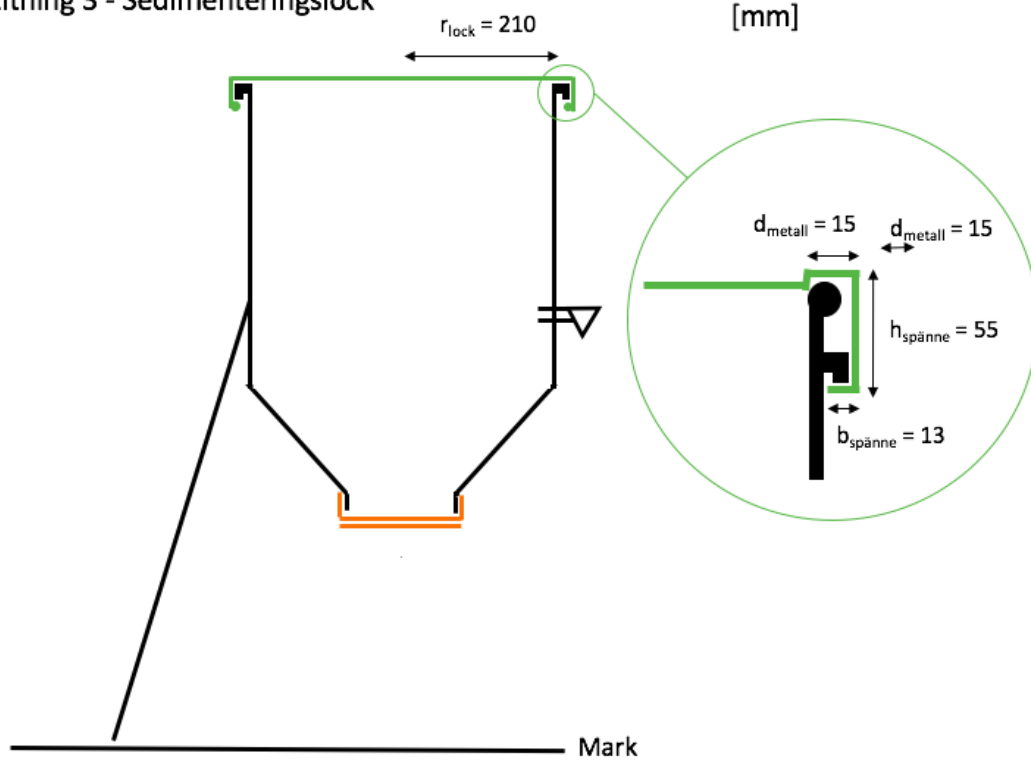
77
78 %% Berkning av tapphjd
79 % Vid experiment med tratt konstaterades att ca 2liter vatten skulle
80 % behövas för att få en lttthanterlig fllning.
81
82 V2=2; % 2 liter vatten
83 h2=V2/(pi*(R^2)); % Berknar ut h jden för 2 liter vatten.
84
85 Tapphojd=Slagghojd+h2; % H jden där tappen ska placeras
86
87 %—> Avrundar upp till 2.39dm ;
88
89 %%
90 Vluft=10;
91 hluft=Vluft/(pi*R^2);
92
93 %% Berknar h jd för ben
94
95 H=R; % h jden för hela konen
96 h=0.5; % H jden för liten kon.
97
98 x1=H+2.2;
99 % Tyngdpunkten för cylindern från utloppet
100 x2=(3*(H^4-h^4)/(4*(H^3-h^3)));
101 % Tyngdpunkten för tratten
102 XTP = (Vcylinder*x1+Vtratt*x2)/(Vcylinder+Vtratt);
103 % Tyngdpunkten för produkten

```

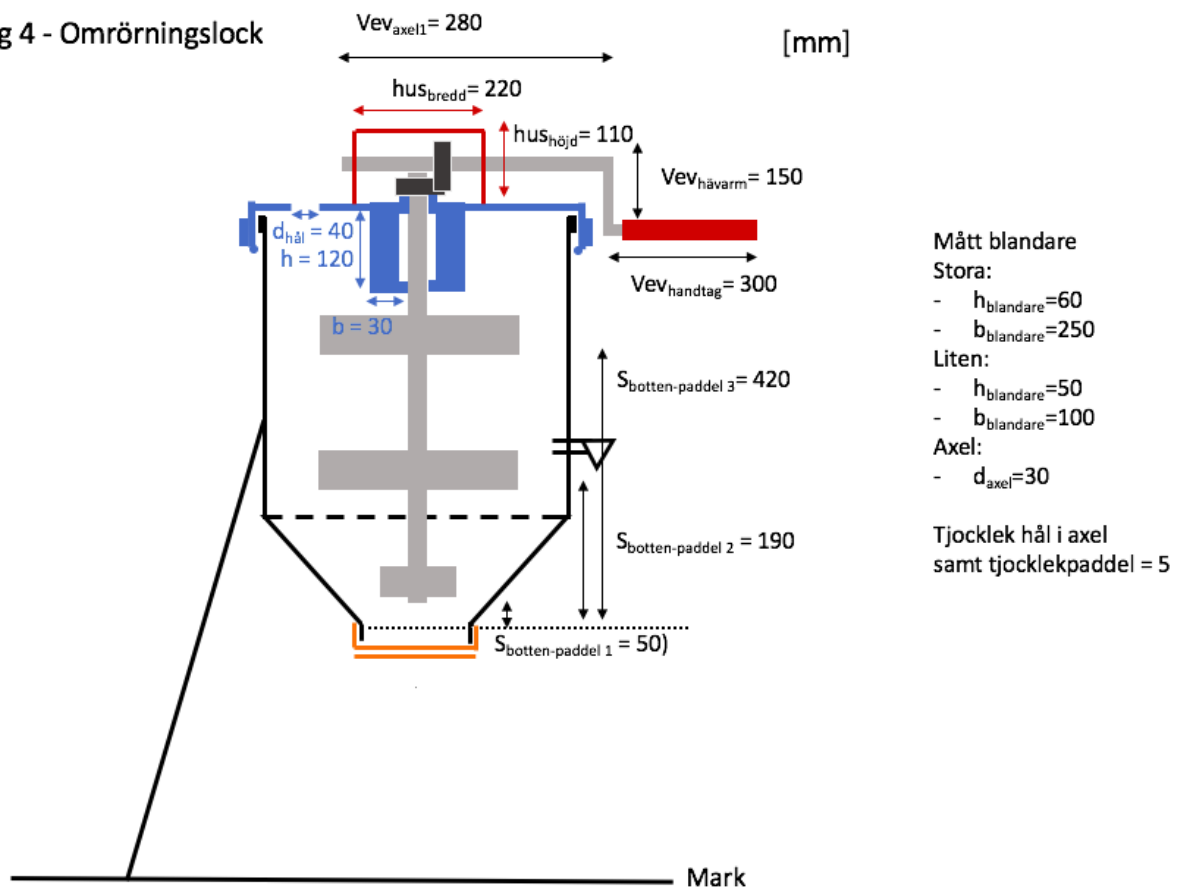
H. Ritningar



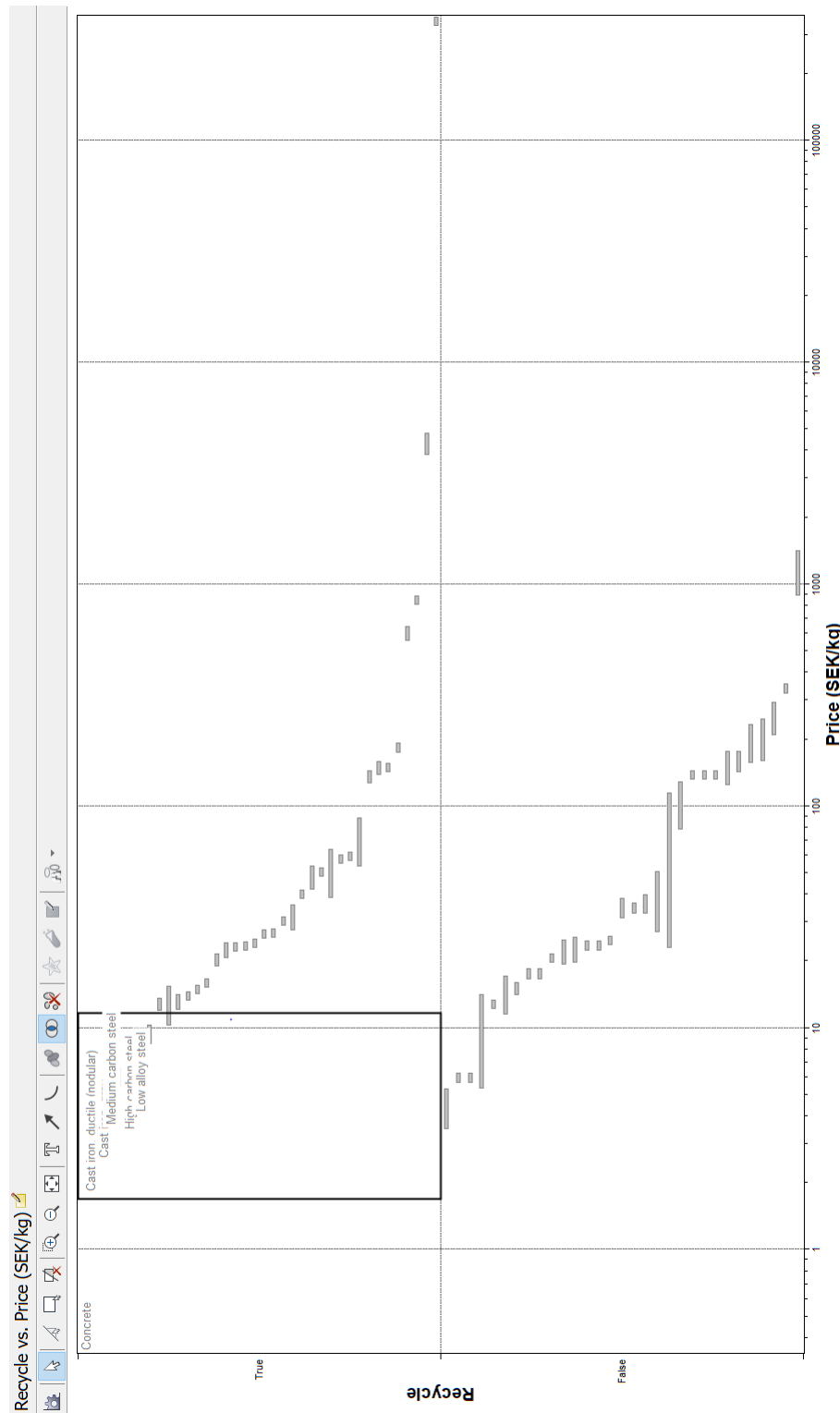
Ritning 3 - Sedimenteringslock



Ritning 4 - Omrörningslock



I. CES



Material compatibility

Polymers - thermoplastics	ⓘ	✓
---------------------------	---	---

Shape

Dished sheet	ⓘ	✓
Hollow 3-D	ⓘ	✓

Economic compatibility

Relative tooling cost	ⓘ	low
Relative equipment cost	ⓘ	low
Labor intensity	ⓘ	high
Economic batch size (units)	ⓘ	50 - 5e3

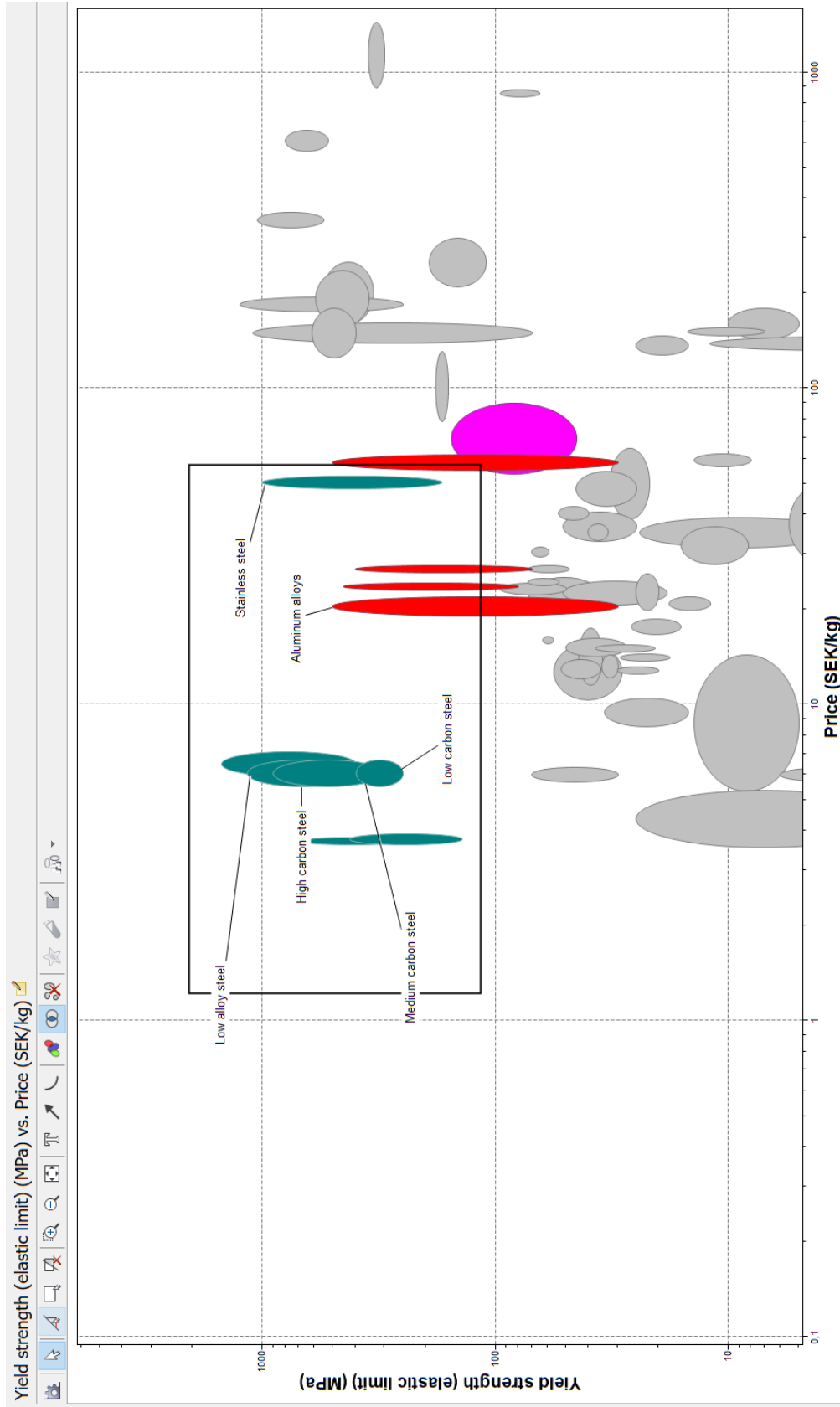
Physical and quality attributes

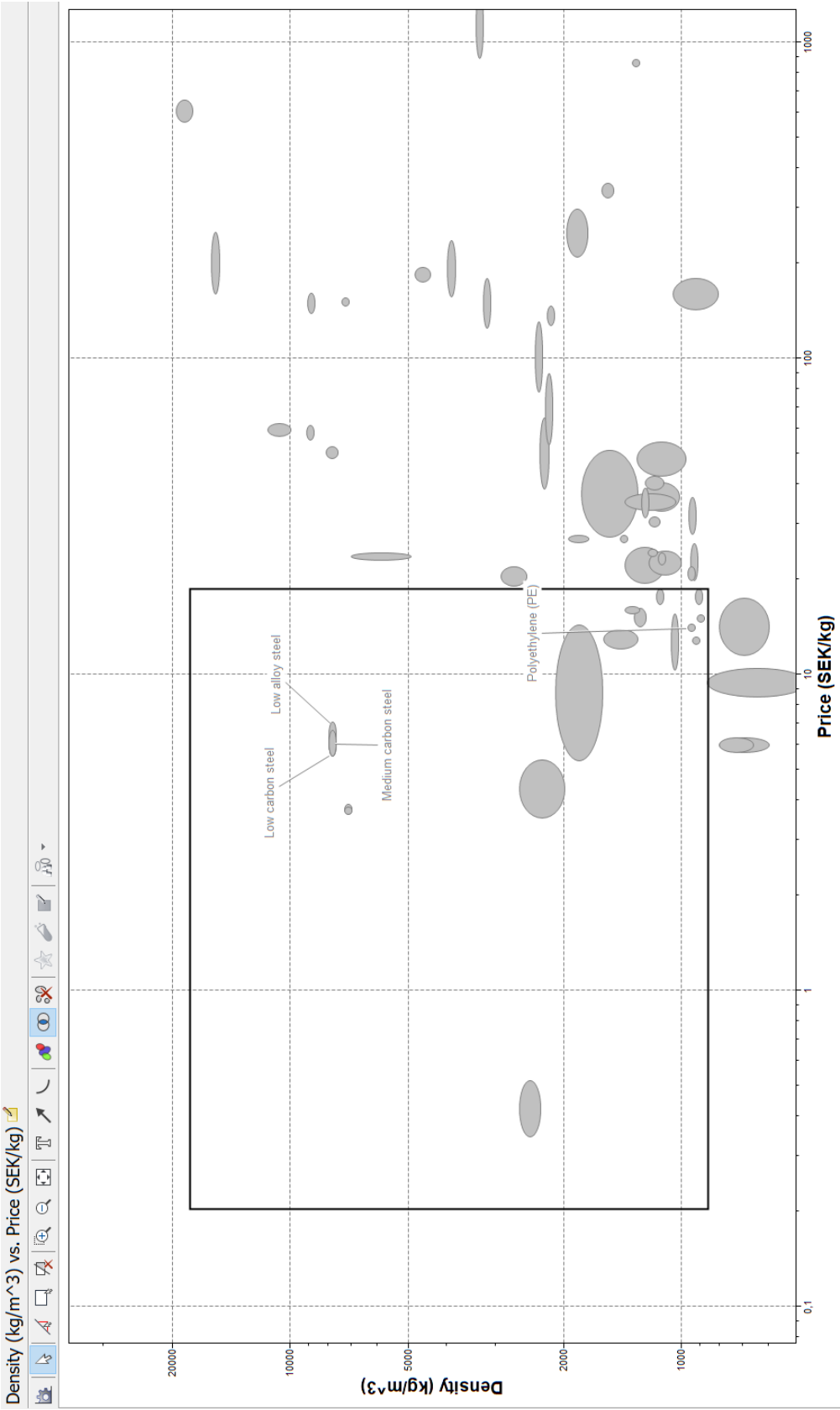
Mass range	ⓘ	* 0,1 - 50	kg
Range of section thickness	ⓘ	2,5 - 6	mm
Surface roughness (A=v. smooth)	ⓘ	A	
Tolerance	ⓘ	0,4 - 1	mm

Supporting information

Typical uses

Very wide range. Tanks, food and shipping containers, housings, portable lavatories, traffic cones, toys (e.g. balls), dustbins, buckets, boat building, hulls, pallets, etc.





J. Kostnadsuppskattning

I tabell J.1 finns begrepp som anses viktiga för att förstå kostnadsresultatet.

Tabell J.1: *Tillverkningsbegrepp.*

Beteckning	Betydelse
V	Volymen material som krävs för tillverkningen
C_{mt}	Priset per volymenhet för materialet
P_c	Processkostnaden (investeringskostnad med mera)
R_c	Komponentsdesignens relativa kostnadskoefficient
C_{mp}	Materialets kompatibilitet till tillverkningsmetoden
C_s	Tjocklekskoefficienten
C_c	Beror på formkomplexitet
C_{ft}	Högsta värdet av toleranskoefficienten och ytfinhetskoefficienten
M_i	Tillverkningskostnaden för komponenten

För kostnadsuppskattningarna beräknades en överslagsräkning av den totala volymen av materialen som krävdes för respektive del. Vid svetsning beräknades volymen som svetsfogen antogs uppta. För skärande bearbetning beräknades det volym som behövde avlägsnas. Vidare används formler enligt ekvation (J.1)-(J.2)

$$R_c = C_{mp} C_c C_s C_{ft} \quad (\text{J.1})$$

$$M_i = V C_{mt} + R_c P_c \quad (\text{J.2})$$

Chalmers															
Kostnadsuppskattning															
Projekt: Kandidatarbete om behållare för separation av blomvatten och fällning															
Utförare: Louise Ebborg, Michelle Fransson & Victor Öberg															
Datum: 27-04-18															
Litteraturlänk															
Komponent	Material	Batchstorlek [st]	Fig 3.9		Fig 3.22		Fig 3.23.3		Fig 3.7		Fig 3.12		Fig 3.14		Mi
	Stål	Tillverkningsmetod	Formkompetitet	Volym [mm ³]	Tolerans [+mm]	Ytfinhet Ra [µm]	Cnf [kr/mm ³]	Cnp	Cc	Ct	Cs	Rc			
	Total Kostnad Stål														
	Aluminium														
Total Kostnad Aluminium															
Båte till ben	Stål	1000	Tillverkningsmetod	Formkompetitet	Volym [mm ³]	Tolerans [+mm]	Ytfinhet Ra [µm]	Cnf [kr/mm ³]	Cnp	Cc	Ct	Cs	Rc		
	Total Kostnad Stål														
	Aluminium														
	Total Kostnad Aluminium														
Behållare	Polyeten	1000	Tillverkningsmetod	Formkompetitet	Volym [mm ³]	Tolerans [+mm]	Ytfinhet Ra [µm]	Cnf [kr/mm ³]	Cnp	Cc	Ct	Cs	Rc		
	Total Kostnad Polyeten														
	Total Kostnad Polyeten														

K. Komponentlista

Omrörare		
Komponenter	Materialförslag	Antal [styck]
Kugghjul 1	Polymera Material / Stål	1
Kugghjul 2	Polymera Material / Stål	1
Axel för blandare	Stål	1
Vev	Stål	1
Axel för kuggar	Polymera Material / Stål	1
Övre paddlar	Polymera Material / Stål	2
Bottenpaddel	Polymera Material / Stål	1
Skruv	Stål	>6
Lock	Polymera Material / Stål	1
Skydd mot kuggar	Polymera Material / Stål	1

Behållare		
Komponenter	Materialförslag	Antal [styck]
Vattentapp	Polymera Material/ Stål	1
Utloppsventil	Polymera Material/ Stål	1
Lock	Polymera Material/ Stål	1
Ben	Stål/Aluminium	3
Benbälte	Stål/Aluminium	1

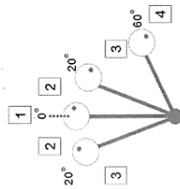
REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Hignett, S. & McAtamney, L. (2000), Applied Ergonomics 31, 201-5

Page 1 (2)

Trunk score (bending at hips)

Posture	Score
Upright	1
0° - 20° flexion	2
0° - 20° extension (leaning back)	3
20° - 60° flexion	4
> 60° flexion	+1



Neck score (head tilt)

Posture	Score
0° - 20° flexion	1
> 20° flexion (forward) or > 20° extension (back)	2
Twisting or side flexed	+1



Legs score (weight distribution and bending)

Posture	Score
Evenly distributed weight (bilateral, both legs) - walking or sitting	1
Unevenly distributed weight (unilateral, one leg)	2
"Feather weight" bearing on one side or unstable posture	+1
If knees bend between 30° - 60° flexion	+2
If knees bend > 60° flexion (not sitting)	+2

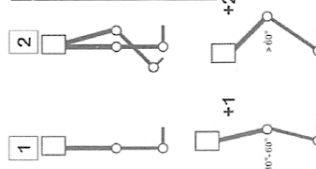


Table A 1

Trunk (row)	1	2	3
Legs (column)	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
1 →	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
2 →	2 3 4 5	3 4 5 6	4 5 6 7
3 →	3 4 5 6	4 5 6 7	5 6 7 8
4 →	4 5 6 7	5 6 7 8	6 7 8 9
5 →	5 6 7 8	6 7 8 9	7 8 9 9

Table B 4

Upper arm (row)	1	2	3
Lower arm (column)	1 2 3	1 2 3	1 2 3
1 →	1 2 3	1 2 3	1 2 3
2 →	2 3 4	3 4 5	4 5 6
3 →	3 4 5	4 5 6	5 6 7
4 →	4 5 6	5 6 7	6 7 8
5 →	5 6 7	6 7 8	7 8 9
6 →	6 7 8	7 8 9	8 9 9

Loading score 2

Score	Posture
0	< 5 kg
1	5-10 kg
2	> 10 kg

Coupling score 0

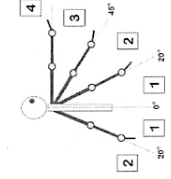
Score	Posture
0 - Good	Well fitted handle with a mid-range power grip
1 - Fair	Hand held acceptable but not ideal or acceptable through another part of the body
2 - Poor	Hand held not acceptable although possible
3 - Unacceptable	Award, unsafe grip, no handles, unacceptable using other parts of the body

Activity score 0

Score	Posture
+1	One or more body parts are static, e.g. held for longer than 1 minute
+1	Repetitive small range actions, e.g. repeated more than 4 times per minute (excluding walking)
+1	If action causes rapid large range changes in posture or an unstable base

Upper arms score (angle between arm and upper body)

Posture	Score
20° extension (back) to 20° flexion (forward)	1
> 20° extension	2
20° - 45° flexion	3
45° - 90° flexion	4
> 90° flexion	+1



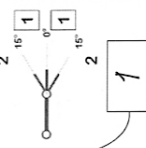
Lower arms score (angle between lower & upper arm)

Posture	Score
60° - 100° flexion (bent in mid-range)	1
< 60° flexion (bent) or > 100° extension (straightened)	2



Wrists score (bend and twist)

Posture	Score
0° - 15° flexion or extension (bent in mid-range)	1
> 15° flexion or > 15° extension	2
If wrist is deviated (sideways) or twisted	+1



Use scores on next sheet

REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Hignett, S. & McAtamney, L. (2000), Applied Ergonomics 31, 201-5

Page 2 (2)

Table C

		Score B (column)										
Score A (row)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Trunk	1	3	Upper arms
Neck	1	2	Lower arms
Legs	1	1	Wrists

Use Table A:

1

Force/load score:

2

+ Add the above:

3

Score A

Use Table B:

4

Coupling score:

0

+ Add the above:

4

Score B

Use Table C: 3

Score C

Activity Score: 0

+ Add the above:

3

REBA Score

REBA action levels

REBA score	Action level	Risk level	Action (including further assessment)
1	0	Negligible	None necessary
2-3	1	Low	May be necessary
4-7	2	Medium	Necessary
8-10	3	High	Necessary soon
11-15	4	Very High	Necessary NOW