

RE: SOURCE

Slutrapport för projekt

Intelligenta återvinningshubbar för högkvalitativa materialflöden

Projektperiod: September 2016 – November 2017
Projektnummer: 42521-1

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Intelligenta återvinningshubbar för högkvalitativa materialflöden

Intelligent recycling hubs for high-quality material flows

Titel på projektet – svenska Intelligenta återvinningshubbar för högkvalitativa materialflöden
Titel på projektet – engelska Intelligent recycling hubs for high-quality material flows
Universitet/högskola/företag Liselotte Löf Miljö AB
Adress Frihamngatan 14, 115 56 Stockholm
Namn på projektledare Karin Eberle
Namn på ev övriga projektdeltagare Lars Ola Claesson, VD samt team (Liselotte Löf Miljö AB), Christian Engene och Simon Fredriksson med team (Above AB), Mikael Hemlén med team (Dametric AB)
Nyckelord: 5-7 st Källsortering, återvinning, materialigenkänning, fyllnadsgrad, logistik, brukardialog, smart, miljömedvetenhet

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Förord

Detta innovationsprojekt har finansierats genom det strategiska innovationsprogrammet RE:Sources utlysning 2016 för ”Innovationer för hållbar resurs- och avfallshantering”. Energimyndigheten (EM) är ansvarig myndighet för programmet som finansieras av Vinnova, EM och Formas. Projektet ingår i ett särskilt uppdrag till Vinnova för att stärka insatser i pågående innovationsprogram för ökad återvinning och resurseffektivitet genom giftfria och resurseffektiva kretslopp.

Projektgruppen vill särskilt tacka Johan Felix, CIT innovationsledare, i RE:Sources programledning och till Marianne Löfgren, kommunikatör, som stöttade projektet och vägledde till lämpliga kanaler för informationsspridning.

Projektet hade varit omöjligt att genomföra utan aktivt stöd och deltagande från de två testsajterna – företaget iZettle AB och myndigheten Vinnova.

Här vill vi tacka särskilt Eva Ununger och Greta Sanchez på iZettle, som har varit mycket behjälpliga, tydliga och konstruktiva genom att engagera de nästan 300 anställda på kontoret.

Vi är likaledes tacksamma mot Lars Nybom, handläggare inom Avdelning Samhällsutveckling – Transport, Miljö och Regioner, samt vår kontaktperson på Vinnova, och mot Maria Edholm, administrativ chef Vinnova, för möjligheten att testa Hubbe i Vinnovas gäst matsal. Här har vi även haft värdefullt stöd av personal i Vinnovas reception, främst Therese Porsklint, samt matsalsvärdar.

Vi har fått värdefulla råd av Johan Hedlund, Director of Industrial Design and Mechanical System, FLIR Systems gällande IR-teknik och användningsområden för IR-kameror.

Projektgruppen vill även tacka Johannes Bergh, f d VD, REWIR som förmedlade kontakten med Above (då HOWL och Frankly AB). Han var också den som sådde fröet till Hubbe-idén i sin frustration över att det är så tråkigt att källsortera och att folk i allmänhet vet så lite om återvinning.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	6
Inledning och bakgrund	8
Genomförande	10
Resultat och diskussion.....	15
Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	22
Publikationslista.....	26
Projektkommunikation.....	26
Referenser	27
Bilagor	28

Sammanfattning

Dagens källsortering är ofta både tråkig och ful och dessutom svår att förstå sig på. Myter florerar och folk frågar sig om det verkligen gör någon nytta att källsortera. Idag är det dock viktigare än någonsin att hushålla med resurser som material och energi, men det ska vara lätt att göra rätt.

I det här innovationsprojektet vill vi skapa en snygg, smart och utbildande återvinningshubb – vi kallar den Hubbe - för kontors- och skolmiljö, dit folk söker sig och vill källsortera så bra som möjligt.

- Hubbe hjälper brukaren att sortera rätt genom att detektera materialslag och kommunicerar miljö- och klimatnyttan på ett roligt, relevant och lärande sätt. Då får vi fram renare materialfraktioner och högre återvinningsgrad och tar viktiga steg mot en cirkulär ekonomi.
- Hubbe bevakar fyllnadsgraden och är ständigt uppkopplad mot en avfallsentreprenör, som bara hämtar när kärnen är fulla. Det ger färre transporter och mindre utsläpp.
- Hubbe är så snygg att den kan stå framme, lättillgänglig för alla och alltid med intressant information på skärmen.

I projektet har en avfallsentreprenör (Liselotte Lööf Miljö AB) samarbetat med en industridesigner (Above AB) och en hård- och mjukvaruutvecklare av industriteknik (Dametric AB). På så sätt har vi kombinerat avfallskompetens med nya IT-lösningar, brukargränssnitt och -dialog samt modern design.

Vi har tagit fram en fullskalig Hubbe - två prototyper med fyra kärn, utrustade med kamerasortertechnik, plattform för interaktiv brukardialog med pekskärm och trådlös uppkoppling - och testat den i verklig brukarmiljö.

Resultaten från testsajterna är mycket goda och vi bedömer att det efter justeringar och slututveckling är fullt möjligt att använda Hubbe för en effektivare, lärande och rolig källsortering enligt projektets målsättningar.

Testerna visar att Hubbe kan känna igen materialslag – papper, plast, glas eller metall - med upp till 99% träffsäkerhet. Mätning och uppkopplad övervakning av fyllnadsgraden i kärnen fungerar väl. Metoden med bredspektrumkamera ger betydligt mer information om fyllnadsgrad jämfört med ultraljudsteknik, som är den dominerande metoden idag. En effektivare sophämtning efter behov har kunnat konstateras, trots den korta testperioden.

Brukarna har varit nyfikna och positiva till Hubbe som inslag i kontoret och nära häften uppger att de sorterat mer än tidigare. De har dock inte tillgodogjort sig skärmens information till fullo, vilket främst beror på att programmet gått ner under perioder och att meddelande om felsortering inte hade driftsatts ännu. En snabbare, interaktiv och anpassad återkoppling är nödvändig för att fånga deras uppmärksamhet.

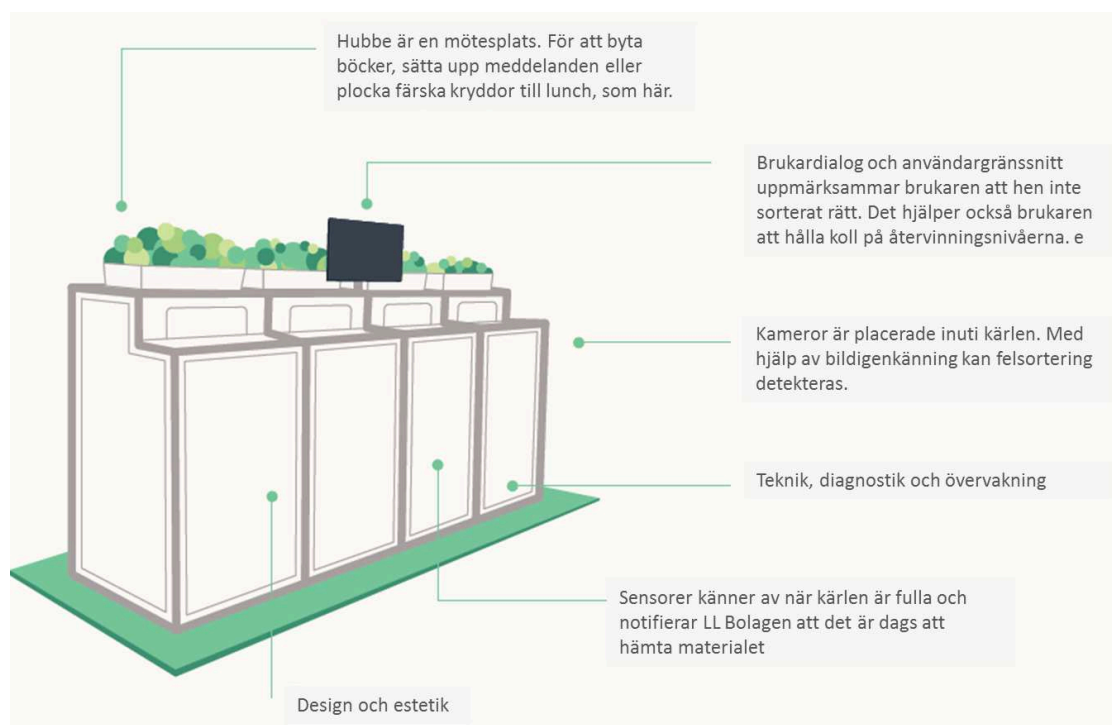
Nästa steg är att

- förfina tekniken för materialigenkänning och kommunikation om felsortering
- utveckla användandet av mätdata för fyllnadsgrad för prediktion av hämtbehov och optimal logistikplanering
- vidareutveckla brukardialogen med interaktiva presentationer och skräddarsydd information samt uppkoppling till ett ”brukarmoln”
- planera för en produktionsfas genom att se över materialval och kostnader.

Vi vill också utforska möjligheterna att använda Hubbe som ett digitalt läromedel i skolor samt utveckla appar och spel.

Vi tror starkt på ökad digitalisering och inte minst inom hållbarhetsområdet, där det blir allt viktigare att tydliggöra t ex miljömål och resultat både externt och internt på ett lättillgängligt och roligt sätt. Därför ligger Hubbe rätt i tiden och kan bidra till ett mer hållbart samhälle.

Vår förhoppning är att snart kunna erbjuda och skräddarsy Hubbe till olika kontorsmiljöer både i Sverige och utomlands.



Summary

Today's systems for waste segregation at source are often boring, ugly and hard to understand. Myths flourish and people ask themselves if there is any point in source-sorting. Now, it is more crucial than ever before to utilize material and energy resources more efficiently, however it should also be easy to do the right thing.

In this innovation project, we want to develop an attractive, smart and educating hub – named Hubbe – for waste segregation at offices and schools, where people go and sort their waste as thoroughly as possible.

- Hubbe assists the user in sorting correctly by detecting the type of material and communicates the environmental and climate benefits in a fun, relevant and pedagogic way. Thus, we get cleaner material fractions and higher recycling yield, and take important steps towards a circular economy.
- Hubbe monitors the filling levels and is constantly on-line with a waste collection entrepreneur, who picks up the bins only when they are full. This leads to less vehicle movements and reduced emissions.
- Hubbe is attractive enough to be placed centrally, easily accessible for all and always displaying interesting information.

In the project, a waste management entrepreneur (Liselotte Lööf Miljö AB) has been cooperating with an industrial designer (Above AB) and a hard- and software developer for industrial applications (Dаметric AB). This way, we have combined waste management expertise with new IT solutions, user interface and dialogue, and modern design.

We have developed a full-scale Hubbe – two prototypes with four bins each, equipped with camera sensor technology, user communication platform/touch screen and wireless connection – and tested it in a real user environment.

The results from the test sites are very good and our assessment is that it is indeed feasible to utilize Hubbe, after some adjustments, for a more efficient, educating and fun waste segregation in accordance with the project's goals.

Following the tests, Hubbe can detect different materials – paper, plastics, glass and metal – with accuracy up to 99%. Measuring the filling levels and monitoring of the same through internet work well. The chosen method with broad spectrum camera gives considerably more information on filling levels compared to the prevailing ultrasound technology. More efficient logistics on-demand has been noted despite the short testing period.

The users have been curious and positive towards Hubbe as part of the office environment, and almost half of them state that they have sorted more than before it was installed. Still, they have not fully availed themselves of the screen's information, mostly due to the fact that a glitch made the screen go black from time to time, and that the communication on incorrect sorting had not yet been launched. A faster, interactive and tailor-made feedback is necessary to get their attention.

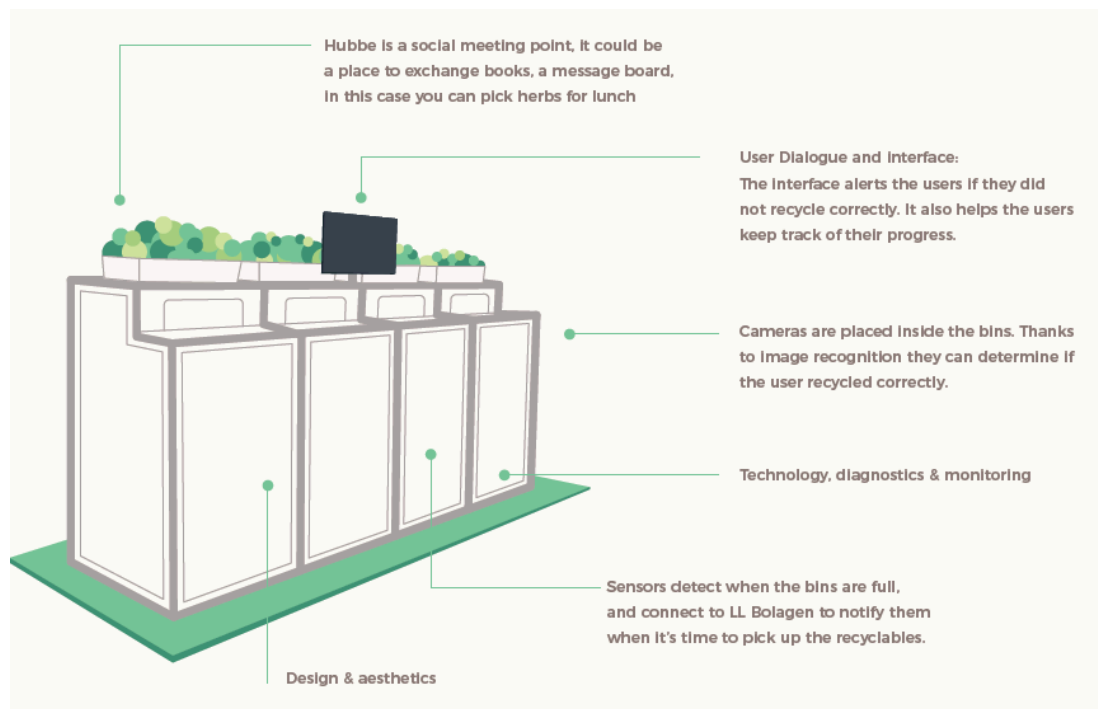
The next steps are to

- refine the object recognition method and communication on incorrect sorting of waste
- further utilize data on filling levels to enable prediction of need for waste collection in an optimized logistical model.
- further develop the user dialogue with interactive presentations and tailor-made information, and the connection to a "user cloud"
- plan for a production phase by reviewing choice of construction materials and costs.

We also would like to elaborate on the possibilities to use Hubbe as a digital educational tool in schools, and to develop apps and games.

We strongly believe in digitalization, not least for sustainability applications, for which it will be increasingly important to present e.g. environmental goals and achievements both externally and internally in an accessible and fun way. Thus, Hubbe shows up at the right time to contribute to a more sustainable society.

We hope to be able to offer a tailor-made Hubbe to various office environments in Sweden as well as internationally soon.



Inledning och bakgrund

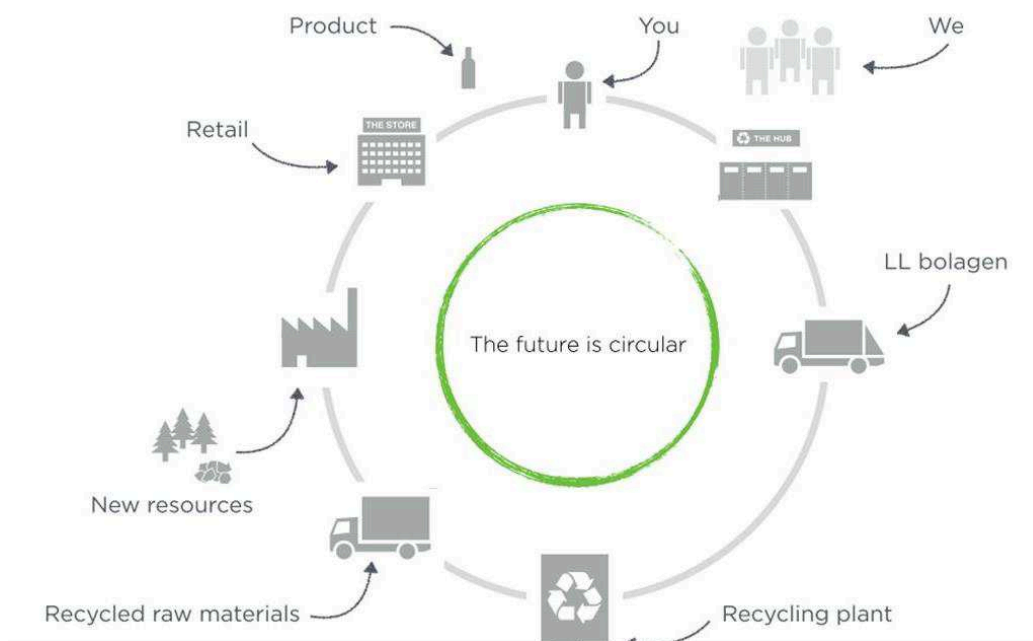
Bakgrunden till projektet är en värld i förändring där resurseffektivitet är nödvändig för planetens överlevnad. Urbaniseringen ökar och kraven på en hållbar stad och att systemen hänger ihop blir allt större. Det kommer att bli allt svårare och dyrare att utvinna jungfrulig råvara och därför viktigt att ta tillvara på de materialflöden som redan finns i samhället, det som tidigare kallades avfall men som borde benämnas råvaror.

Arbetet mot sk cirkulär ekonomi, att sluta kretsloppen i samhället, drivs på av bland andra Ellen MacArthur Foundation (EMA), en global tankesmedja. Redan 2013 konstaterade de att 75% av allt avfall är kopplat till konsumentprodukter som mat, dryck och förpackningar och att 700 miljarder USD skulle kunna sparas in i materialkostnader om man övergick till en cirkulär ekonomi.

I Sverige har utredningen Cirkulär ekonomi lämnat över sitt betänkande till regeringen i år: "Från värdekedja till värdecykel – så får Sverige en mer cirkulär ekonomi". Förutom behov av nya affärsmodeller, ökat energi- och materialutnyttjande osv, uppmuntras också samarbeten över gränser för innovation i cirkulära lösningar. Där konstateras också, som EMA och svenska branschorganisationen Återvinningsindustrierna rapporterat om tidigare, att cirkulär ekonomi leder till fler arbetstillfällen.

Vi i Sverige har bland världens högsta insamlings- och återvinningsnivåer av tidningar och förpackningar, mycket tack vara producentansvar och andra styrmedel. Enligt EU:s avfallshierarki ska vi prioritera återbruk och materialåtervinning framför energiåtervinning (förbränning) av avfall, men det är ändå mycket avfall från kontor, skolor, restauranger och hushåll som hade kunnat återvinnas om det hade funnits tydligare och mer lättillgängliga system för källsortering och en högre kunskapsnivå om återvinning.

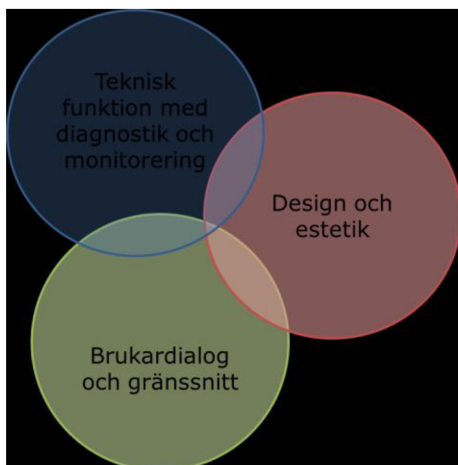
Fastigheter får allt svårare att avsätta funktionella och tillräckligt stora utrymmen för ökade krav på källsortering. Baserat på vår egen drifterfarenhet från ca 75 000 hämtadresser i Stockholmsregionen uppskattar vi att en majoritet har problem med platsbrist och felsortering idag. För att uppnå en bättre sortering krävs en ny typ av interaktivitet mellan brukare och tjänsteutförare där brukarnas engagemang och informationsbehov tillfredsställs.



Detta innovationsprojekt handlade om att ta fram en återvinningshubb för källsortering som kan skapa klimat- och miljövinster genom färre transporter och bättre resursutnyttjande, att minimera utrymmesbehov i fastigheter och att öka intresset och kunskapen runt återvinning.

Målet var att ta fram en fullskalig Hubbe - två prototyper med fyra kärl, utrustade med kameranorteknik, plattform för interaktiv brukarkommunikation, pekskärm och trådlös uppkoppling - och testa den i verklig miljö. Hubbe skulle

- återkoppla och korrigera vid sortering genom att detektera materialslag samt kommunicera miljö- och klimatnyttan på ett roligt, relevant och lärande sätt. Det ger renare materialfraktioner och högre återvinningsgrad.
- mäta fyllnadsgraden och skicka informationen till en avfallsentreprenör, som bara hämtar när kärLEN är fulla. Det ger färre transporter och mindre utsläpp.
- vara snygg, lättillgänglig och med relevant och skräddarsydd information på skärmen.



Här har vi som avfallsentreprenör (Liselotte Lööf Miljö AB) samarbetat med en industridesigner (Above AB) och en hård- och mjukvaruutvecklare av industriteknik (Dametric AB).

På så sätt har vi kombinerat teknik – avfall och återvinning, IT-lösningar och sensorteknik – med interaktiv och lärande brukardialog och moden design..

En framgångsrik återvinningshubb skulle ge förbättringar inom en rad områden:

- Ett nytt tänk runt "soprummet" som istället för att ligga undangömt kan få en central plats för kunskapsöverföring och dialog med brukaren om återvinning, återbruk och materialströmmar.
- Att genom det interaktiva gränssnittet kunna lära i realtid på plats istället för genom traditionella informationskanaler och på så sätt nå nya målgrupper som inte har varit engagerade i källsortering tidigare.
- Ett aktivt grepp på sortering av fraktioner för att få fram högkvalitativa flöden som faktiskt går till avsedd återvinningsprocess utan att behöva nedgraderas till en sämre fraktion och/eller förbrännas.
- En effektiv och flexibel lösning, som kan anpassas till den nya urbana miljön och den hållbara stadens utmaningar

Resultaten är användbara i alla sammanhang där brukare vill avyttra sitt material på ett kostnadseffektivt och hållbart sätt samt kunna förstå miljönyttan och kommunicera det internt eller externt. Bättre sortering av material leder till högre återvinning, mindre utsläpp och bättre förutsättningar för en cirkulär ekonomi.

Genomförande

Projektet genomfördes i princip i enlighet med plan under projektperioden som helhet. Den totala projektperioden har varit ungefär ett år med start under hösten 2016 och avslutande av brukartester första veckan i november 2017. Här följer en kort sammanfattning av projektets faser och vilka moment som ingått under perioden.

Okt-Nov 2016	Fastställande av projektorganisation samt framtida drift- och ägandeform
	Fastställande av projektets ramar och mål, avtal, principer runt sekretess och patent (IPR), fördelning av uppgifter, styrning av dokumentation och kostnader, tidplan.

Dec 2016- **Konceptuell design och systemering** - ramverk för hur hårdvara och mjukvara hänger ihop, brukargränssnitt, ungefärligt innehåll i brukarportalen, övergripande design m a p moduler, storlek, systemdelar. Underlag för prototyputveckling och systemutveckling inkl. användargränssnitt. Slutgiltig testbäddsspecifikation fastställd.

Jan-Feb 2017 **Utveckling av användargränssnitt (UI)**
Utveckling av koncept för brukargränssnittet, grafisk profil, innehåll, miljöbudskap, valfrihet för brukaren, flöde på skärmen, framtagande av video.

Feb-Apr 2017 **Prototyputveckling hårdvara**
Industridesign av behållare, från mockup till färdig prototyp, materialval, konstruktion, test av stabilitet, placering och infästning av sensorer och annan utrustning.

Utveckling av mjukvara bildbehandling/objektidentifiering, kommunikationsgränssnitt (moln), webbportal, maskininläring (AI).



Mars-maj 2017 **Kommunikation och marknadsföring**
Föredrag på konferensen ”Avfall i Nytt Fokus” 29-30 mars i Malmö. Framtagande av presentation.
Utställning av första prototypen på ”Nationell konferens om samverkan för innovation”, Stockholm. Test av flytt av prototypen. Framtagande av roll-ups för information och marknadsföring.
Möte med internationell intressent för behovsanalys.

Maj-Juli 2017 **Labtester** av materialigenkänning, fyllnadsgrad och koppling till rätt presentation/meddelande på skärmen. Särskild insats av projektanställda på Dametric för program/metodutveckling.



Aug 2016 Förberedelser för test i brukarmiljö, justeringar av presentation, kompatibilitet utrustning, åtgärda buggar.



Sep-Okt 2016 **Test i brukarmiljö** (två sajter, iZettle och Vinnovas kontor, Stockholm)

Val av fysisk lokalisering och test av prototyperna - installation, uppkoppling, utveckling av testprotokoll för utvärdering. Test m a p lokal miljö, teknikens tillgänglighet, störningar. Löpande service och justeringar under testet. Framtagande av script för övervakning av fyllnadsgrad på distans i %. Undersökning av materialets beteende i kärnen, felkällor, verklig fyllnadsgrad, felsortering. Insamling av främst papper, plast och glas med flerbaxsbil.

Framtagande av infoblad och enkäter. Studier och intervjuer av brukare.

Okt-Nov 2017

Uppföljning och utvärdering av implementeringen, justering av koncept, kompletterande tester av materialigenkänning kopplat till fellarm i kontorsmiljö på Dametric, insamling av resultat, slutrapportering.

Industrial design

Concept Block:

Magnetic board for info etc.



I projektgruppen har följande personer medverkat:

Liselotte Löf Miljö AB

- | | |
|---|--|
| • Karin Eberle, verksamhetschef | Projektledare |
| • Lars Ola Claesson, VD | Projektansvarig/alt. projektledare |
| • Max Kahn, IT-chef | IT-stöd, uppkoppling behållare |
| • Ville Sandgren Strada, driftledare | Driftledning källsorterat material |
| • William Beckman, driftledare | Driftledning hämtning/övervakning fyllnadsgrad, brukarintervjuer |
| • My Kjerrgren, driftledare | Driftledning, brukarintervjuer |
| • Jan Dässman, ekonomi/adm | Projektredovisning, rapportering |
| • Övriga – kundtjänst, personal, förare, administration | Stödfunktioner, kommunikation/hemsida |

Above AB (tidigare HOWL Frankly)

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • Simon Fredriksson, Industrial Designer | Delprojektledare Above |
| • Christian Engene, Tech Director | Projekt/avtalsansvarig Above |
| • Steinar Danielsen, Principal | Design/genomförande brukarutvärdering |

Service Designer

- Gustav Müller Nord, Senior Product Designer Brukargränssnitt, kommunikation/material
- Siddharth Hirwani, Visual Designer Design, videoproduktion
- Marianne Vary, Visual Designer Design av grafisk profil, presentation på skärmen
- Thomas Tromholt, Hardware/Software Manager Utveckling prototyp, mjukvara

Dametric AB

- Mikael Hemlén, Produktchef Delprojektledare Dametric, uppfinnare. Ansvarig för utveckling av sensorteknik, hård- och mjukvara
- Anders Karlin, Konstruktör Programutveckling/OR, sensor/kamera utveckling
- Anders Hemlén, Creative Software Programutveckling och objektetektering
- Martin Renström, Creative Software Programutveckling och objektetektering

Övriga

- Johan Hedlund, Director of Industrial Design & Mechanical Systems, FLIR Systems Teknisk input inom IR-teknik och användningsområden för IR-kameror.
- Johannes Bergh, fd VD REWIR Idéutveckling runt samverkan människa-maskin samt varumärke och innovationsprocesser

Under testperioden har följande personer varit involverade för brukartesterna:

- **iZettle:** Eva Ununger, kontorschef och Greta Sanchez, kontorsassistent
- **Vinnova:** Lars Nybom handläggare inom Avdelning Samhällsutveckling – Transport, Miljö och Regioner, Maria Edholm, administrativ chef, Therese Porsklint, receptionen samt matsalsvärdar



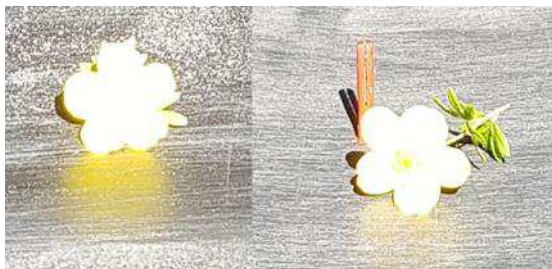
Resultat och diskussion

Hur fungerade tekniken?

Projektet utgick initialt ifrån att använda IR-sensorer för att detektera olika typer av material – papper, plast, metall och glas. Det visade sig förknippat med vissa tekniska utmaningar i form av fel och osäkerheter och projektgruppen började istället titta på bredspektrumkameror för att läsa materialet och fyllnadsgraden i kärlet på olika sätt.

Genom att bevaka materialet kunde felsortering även detekteras i efterhand och inte bara vid inkasttillfället, även om det inte hade så stor praktisk betydelse och mest var av intresse för att se om felsorteringen minskade under testperioden eller inte.

Under sommaren 2017 testades materialigenkänning i labbmiljö på Dametric under några veckor och olika tekniker, program och metoder utvärderades. Under den tiden matades Hubbe med stora mängder av olika typer av förpackningar för att lära den fler material och kombinationer. Den uppnådda träffsäkerheten på knappt 90% bedömdes som för låg för att testa i verklig testmiljö då den skulle kunna larma fel och avskräcka brukarna från att använda Hubbe.



Ett återkommande problem var reflektioner i kärlets vägg, vilket kunde reduceras genom att slipa kärlets yta (se bild).

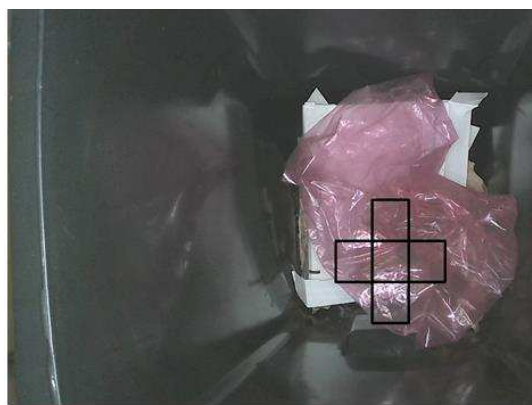
Under testperioden satte hämtpersonalen in plastsäckar under en tid för att lättare få med sig flera fraktioner på en gång, en säck med plast och en med papper. Plastsäcken ledde dock till feltolkning av fyllnadsgraden, så den veckade sig och förhindrade en del lättare avfall att komma ner i botten på kärlet. Det hade dock oftast inte så stor betydelse, eftersom det som fastnat trycktes ner efter att något tyngre kastats ovanpå. Felsignalen visades alltså bara kort efter att tömning skett.

Efter testperioden gjordes dock en vidareutveckling av materialigenkänning med hjälp av de bilder som togs under testperioden hos Vinnova och iZettle. Som tidigare har konstaterats så kan man med relativt hög träffsäkerhet, uppåt 97-99%, avgöra vad ett objekt är gjort av med hjälp av att lära datorn vad som är vad med hjälp av kategoriserade bilder. Svårigheten ligger i att se vad som har tillkommit i en ny bild där saker flyttar på sig och reflektioner ställer till det.

Det som har gett bäst resultat hittills har varit att välja det området som har störst kontrastförändring mellan två bilder och därefter analysera detta område. Det som fortfarande kan störa är reflektioner som uppstår när blanka objekt, som t.ex. plastpåsar, blänker vid olika tillfällen. Detta gör att kontrastskillnaden blir mycket stor på dessa ställen även fast objektet inte är nytt i bilden. En stor fördel är dock att objekt som reflekteras mot kärlets väggar filtreras bort helt med denna metod.



Papper::0.998159%
Plast::0.00179178%
Glas::0.000205423%



Papper::0.000132449%
Plast::0.989618%
Glas::0.010212%

De kategorier som gav mest underlag under datainsamlingen var papper och plast vars kärl oftast fylldes väldigt snabbt. För metallfraktionen finns tyvärr väldigt lite bildunderlag vilket antagligen kan förklaras med att förekomsten är låg både på kontor men även i matförpackningssammanhang. Glas kunde vi fått bättre underlag för om kunden inte hade rullat ut kärlet och fyllt det utanför Hubbe för att sedan ställa in det igen, t ex i samband med kundevent. En tänkbar anledning till detta är ljudnivån/bullret när glas kastas ned i kärlet.

Fyllnadsgrad beräknades med hjälp av djupinformation från bredspektrumkameran vilket har fungerat bra. Det som kan försvåra detektionen är genomskinliga objekt, och väldigt mörka objekt som absorberar ljuset. Vi kan dock konstatera att den använda metoden ger betydligt mer information och noggrannhet om kärlets fyllnadsgrad jämfört med ultraljudsteknik, som är den dominerande metoden idag.

Hur påverkade Hubbe hämtfrekvensen?

På den första testsajten (iZettle) pågick testet i knappt två månader och vår flerfacksbil för olika fraktioner hämtade materialen enligt tabellen nedan. Dessa hämtningar utgick helt ifrån den av kameran uppmätta fyllnadsgraden och monitorerades på distans från Liselotte Lööf Miljös och Dametrics kontor genom en enkel websida.

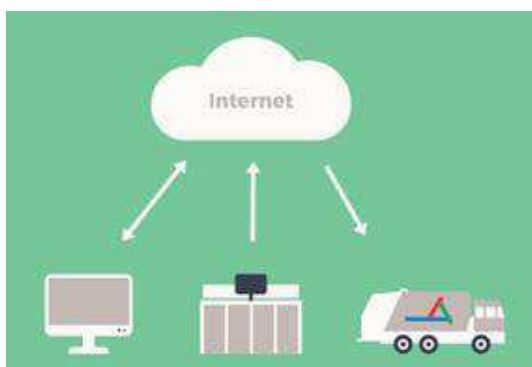
Datum	Papper	Plast	Glas	Metall
2017-09-06	x	x		
2017-09-11	x	x	x	
2017-09-14	x	x		
2017-09-18	x	x	x	
2017-09-22	x	x	x	x
2017-09-26	x	x		
2017-09-28	x	x		
2017-10-03	x	x	x	
2017-10-09	x	x		
2017-10-13	x	x		



Företaget hade vanligtvis ett fast hämtschema på två gånger i veckan för papper, plast och glas, och det kunde konstateras att det inte blev så stor skillnad under testperioden förutom för glas.

Glasmängderna var direkt ihopkopplade med företagets event av olika slag och alltså svåra att förutse. Där fyllde Hubbe en tydlig funktion genom att bevaka mängderna kontinuerligt online.

Plastfraktionen fylldes ofta väldigt snabbt enligt sensorerna. Då kunde vi med hjälp av online-kameran försöka bedöma om det verkligen var fullt eller om kärlet var fullt av plastpåsar, plastfolie eller liknande materiel med låg packgrad, som behövde komprimeras lite för att motivera en hämtning.



Vi kan också konstatera att informationen från bredspektrumkameran ihop med bildbehandling och statistikverktyg kan användas inte bara för att indikera att kärlet är fyllt utan som underlag för en prediktion när det kommer att bli fullt.

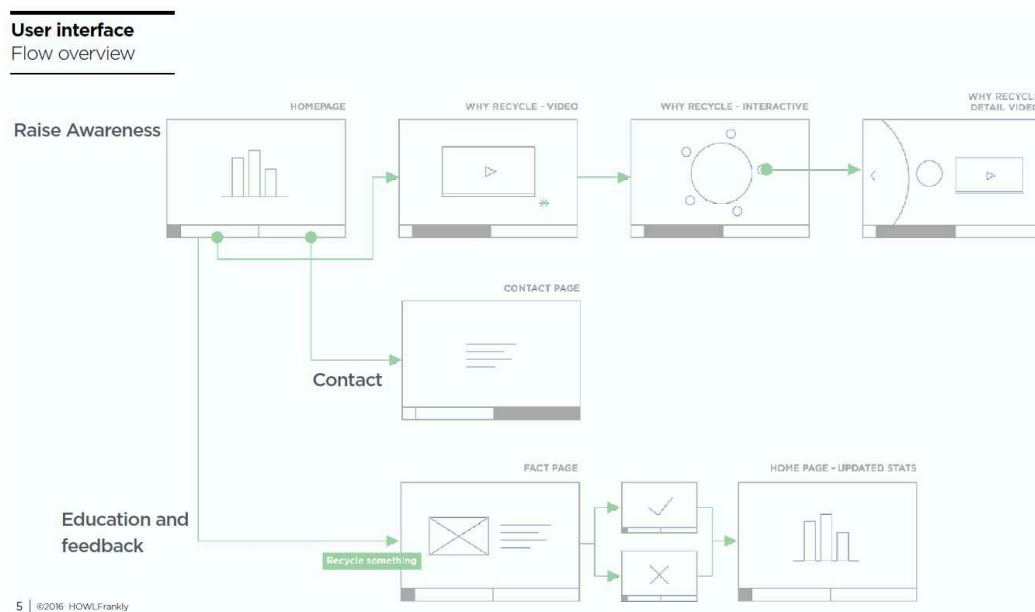
Detta ger förutsättningar för en mycket effektiv hämtningslogistik.

På den andra testsajten (Vinnova) var testperioden för kort och de utsorterade avfallsmängderna för små för att något tydligt mönster eller hämtfrekvens skulle kunna fastställas.

Vad tyckte brukarna?

Hubbes användargränssnitt utgörs av en pekskärm, som visar olika saker beroende på aktivitet. I korthet innefattar prototypens UI tre delar:

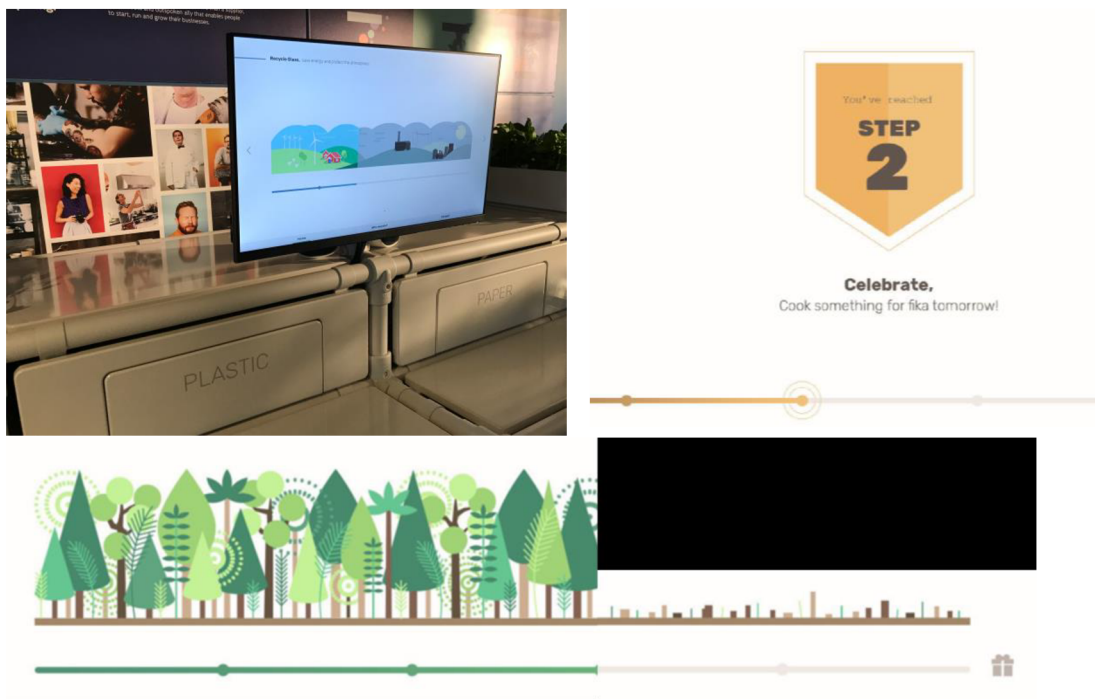
1. en utbildande del med en video om återvinning och cirkulär ekonomi
2. en återkopplande del, som responderar på vad som slängts, om det var rätt eller fel, korrigerar eller belönar samt redovisar status/statistik på hur mycket material som återvunnits
3. kontakt med entreprenören



På båda testsajterna uppstod initialt tekniska problem med att presentationen på skärmen minimerades så att skärmen blev svart, men detta åtgärdades under testperioden.

Det var inte heller möjligt att testa signalen och kommunikationen för felsortering förrän i projektets slutfas och då i labmiljö, så den typen av feedback fick vi inte från testsajterna.

Vidare var skärmens staplar för fyllnadsgrad, ”progress bars”, inledningsvis och av misstag kopplade till aktivitet vid inkastet istället för att hänga ihop med den verkliga fyllnadsgrad som övervakades av kameran och kunde ses i webbportalen hos entreprenören.



Testsajt 1: iZettle, Stockholm

Plats: Personalmatsal, Stockholm

Testperiod. 4 september - 27 oktober 2017

Prototyp: 4 fraktioner (papper, plast, glas och metall), 4 x 140 L kärl

Djupintervjuer med kontorsansvariga, kortare intervjuer med besökare, enkät, beteendestudie

En kontakt med iZettle etablerades tidigt i projektet och projektets status kommunicerades löpande inför teststarten i september 2017. Intervjuer gjordes innan, under och efter testperioden. Det som testades var bland annat funktionalitet, digitalt innehåll och attityder till sortering och återvinning. Här följer några av de viktigaste resultaten.

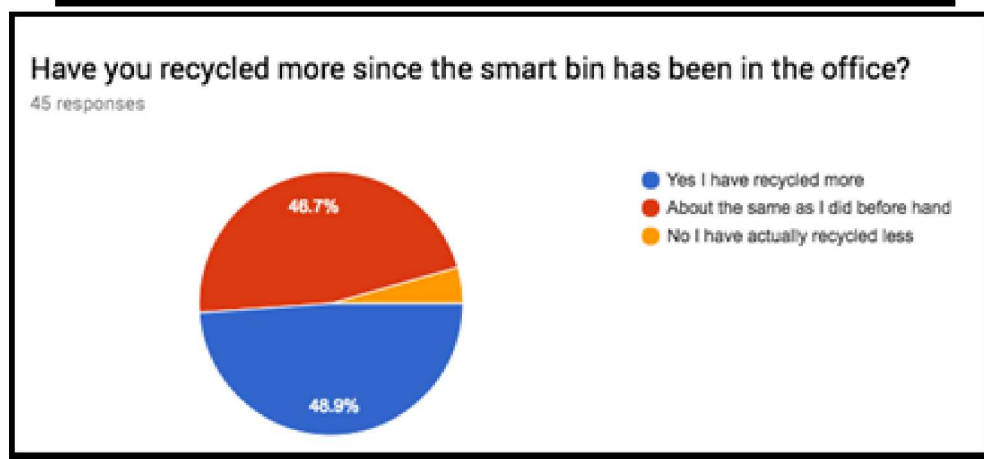
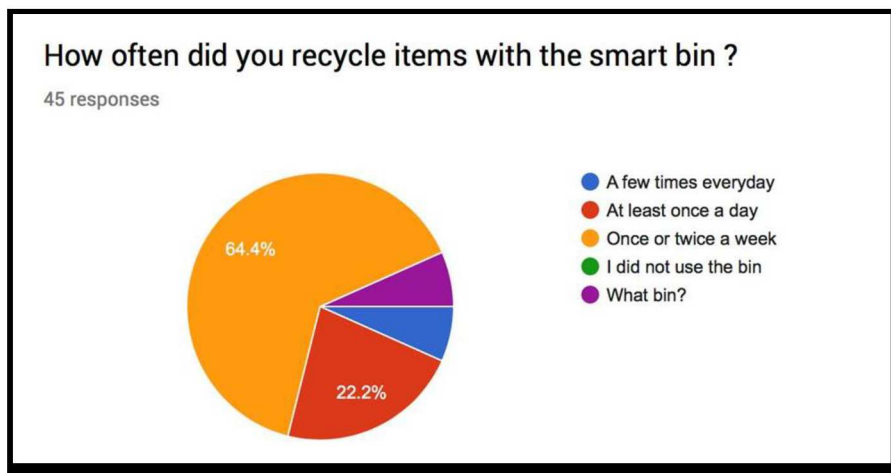
Innan installationen av Hubbe:

- Nära 2/3 av de anställda tyckte källsortering var viktigt, men knappt hälften visste vad som hände med avfallet efteråt.
- De flesta ansåg att källsortering på kontoret saknades eller var dåligt placerad, eller för svårt.

Efter installation/under testperioden:

- Nyfikenheten runt Hubbe var stor och särskilt vid inkast, då det lyser upp inuti för detektionen av material.
- De flesta källsorterade en eller flera gånger i veckan.
- Innan alternativa kärl för mer blandat avfall togs bort användes de av gammal vana.

- De flesta (87%) upptäckte inte utbildningsvideon på skärmen utan enbart det som visas kopplat till varje materialslag. Ljudet till videon verkar göra en del obekväma.
- Återkopplingen vid inkast av material var inte tillräckligt snabb innan nästa inkast skett.
- Viktigt att återkoppla med aktuell och relevant statistik och att det syns tydligare på skärmen.
- Behovet av och intresset för en workshop eller utbildning runt Hubbe och återvinning verkar stort.
- Hubbes utseende var mycket tilltalande och passade in i kontoret. Kryddväxterna var uppskattade och användes.
- De flesta tyckte om idén och trodde det skulle kunna bli en bra produkt om driftstörningarna löstes.



För en fullständig redovisning av brukarintervjuer och resultat, se Bilaga 2.



Testsajt 2: Vinnova, Stockholm

Plats: Gästmatsal

Testperiod: - 27 oktober 2017

Prototyp: 4 fraktioner (pappers, plast, glas och metall), 4 x 190 L kärl

Intervjuer med receptionister, matsalsvärd, handläggare och besökare

Under besök kunde konstateras att placeringen i en matsal med externa gäster, som inte känner till Hubbe och har bråttom i samband med workshops/möten i intilliggande mötesrum inte var optimal. Det här testet skilde sig alltså markant i sin karaktär från det tidigare.

Den största utmaningen var att Hubbe konkurrerade med en befintlig källsortering, som dock hade färre fraktioner och lägre tillgänglighet genom sin placering inuti ett skåp. Det blev mycket tydligt när ett kärl för blandat hushållsavfall togs fram och placerades en bit bort från Hubbe: ingen gäst tog notis om Hubbe utan följde efter personen framför och slängde allt i samma kärl.

Flera gäster verkade ha lågt förtroende för att det sorterade avfallet verkligen skulle komma att återvinnas, precis som vi misstänkt i vår hypotes i inledningen till detta projekt. ”Det kommer ändå att blandas ihop sedan”, sade någon. Några verkade inte heller medvetna om vad som händer med blandat hushållsavfall (förbränning / energiåtervinning) och sorterat (materialåtervinning).

Övriga kommentarer från gäster:

- Behövs annan information på skärmen om hur man sorterar de olika fraktionerna och varför.
- Vore bra att ha all information om sorteringen på en app via QR kod.
- Ha statistik på skärmen för t ex en 3- eller 6-månadsperiod.
- Bra att kunna tävla mot andra företag.
- Ska lysa mer vid felsortering, lysa röd skärm eller liknande

Personalens kommentarer:

- Ej handikappanpassad höjd

- Behövs tydligare text, på inkastluckorna, gärna blått eller svart.
- Behövs snabbare datorfunktioner – återkopplingen på vilket avfall man slängt hänger inte med
- Skärmen ska säga ifrån när man slänger fel, eller blinka rött.
- Bra funktioner och ett bra koncept, och uppskattat med växter ovanpå, gärna ätbara.



Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Projektet genomfördes baserat på ett tydligt behov identifierat efter många års drifterfarenhet i entreprenader för insamling av avfall i bl a kontorsmiljö. Inget i projektet har fått oss att ändra uppfattning om behovet – tvärtom har vi insett att behovet av att lära mer om källsortering och potentialen att öka sorteringsgraden är större än väntat. Det har dock visat sig under testperioden att brukarnas tid och möjlighet att själva söka information om miljönytta samt att ändra invanda beteenden och rutiner är begränsad. Trots hög miljömedvetenhet hos många finns en minsta motståndets lag, som gör att det blir lättare att slänga allt avfall i ett kärl trots att man i allmänhet vet att det är bättre med återvinning än förbränning.

De viktigaste slutsatserna baserat på resultaten av brukartesten som beskriv ovan summeras här:

- Hubbe bör i sin nuvarande form inte placeras i en miljö med många nya besökare dagligen och högt tempo vid källsorteringen – besökarna hinner inte ta till sig någon information och Hubbe hinner inte återkoppla.
- Installationen bör föregås av en introduktion eller kortare utbildning, och skärmens presentation ska kännas relevant och anpassad till företagets eller skolans hållbarhetsarbete, till exempel. Skärmens layout och budskap måste vara tydliga och kan kompletteras med skyltar intill, som en permanent utställning om de viktigaste sakerna och information om att man får äta av kryddväxterna, till exempel.

- Hubbe behöver en fadder på kontoret, som lär sig mer och kan pyssla om honom. Människa och maskin måste gå hand i hand. På samma sätt som kopiatorer och diskmaskiner måste Hubbe ha en mänsklig länk på plats.
- Hubbe kan bli roligare och tydligare med belöningar och ”straff”, kanske ihopkopplad med andra Hubbar som tävlar mot varandra för att höja spelfaktorn.
- Hubbe har en mycket stor potential som ett läroverktyg för att kombinera teori och praktik, exempelvis i skolor som ett digitalt komplement till traditionella läromedel.
- Kopplingen till entreprenören för hämtning av avfallsfraktionerna bör vidareutvecklas, så att det finns en ”Töm nu!”-knapp och kanske en ”Fråga sopgubben”-knapp för chat direkt med entreprenörens kundtjänst.

Vad gäller formgivningen kan följande konstateras:

- Hubbe är och måste vara flexibel – antal fraktioner, färg/laminering, grafisk profil, flyttbarhet – så att den kan anpassas efter brukarnas behov löpande. Källsorteringsmöbler är i allmänhet dyra, men här finns en möjlighet att på ett kostnads- och resurseffektivt sätt byta utseende. Därför var valet av en ramkonstruktion, som är lätt att bygga ihop och ta isär, rätt.
- Det kan utvecklas vidare hur kärnen ska tömmas, utformning, behov av säck, storlek osv för att underlätta och effektivisera hämtningen utan störning av kameran sensorer.

Rent tekniskt är de viktigaste slutsatserna följande:

- Det är oväntat hög träffsäkerhet på materialigenkänningen, men det skulle vara betydligt lättare att detektera materialslag som slängs innan det blandas med övrigt i kärlet. Innan kommersiell tillämpning avser vi validera och förfina tekniken ytterligare.
- Mätningen av fyllnadsgraden fungerar bra, men fraktioner som plast skulle behöva komprimeras/tryckas ihop lite för att effektivisera hämtningen. Det enklaste skulle vara att Hubbe påminner brukaren om att kolla och trycka ihop materialet, om det går, när fyllnadsgraden närmar sig t ex 85% alternativt innan det kastas in.
- Brukarkommunikationen på skärmen måste ha hög driftsäkerhet och får inte stängas ner på det sätt som inträffade initialt under testperioden. Det är åtgärdat nu, men ledde till onödig irritation.

Det är fullt möjligt att utveckla och färdigställa Hubbe till en ändamålsenlig och kommersiellt gångbar produkt/konceptlösning i tänkta miljöer, alltså främst kontor och skolor, och den potentiella marknaden är stor.



Nästa steg är följande:

1. Fortsätta test och validering av materialigenkänning

Hubbe ska kunna larma direkt om felsortering på ett pålitligt sätt. Det bör testas i större skala och med stöd av maskininlärning/artificiell intelligens (AI) så att det blir allt färre avvikelser i tolkningen av material. Detta är en av de viktigaste funktionerna för att skapa en lärande Hubbe, som interagerar med brukaren och påverkar dennes beteende.

2. Utveckla nyttjande av information om fyllnadsgrad mer

Genom att samla data och använda statistisk modellering kan hämtbehovet förutsägas för en optimal logistikplanering.

3. Vidareutveckla kommunikationen med brukaren om felsortering

Baserat på brukarnas reaktioner i testen kan det konstateras att en central skärm kan sitta för långt bort från inkastet till en fraktion för att få uppmärksamhet. Hubbe bör troligen kommunicera direkt vid inkastet, genom ljud eller på annat sätt.

4. Vidareutveckla brukardialogen

Det måste finnas kortare, mer flexibla och interaktiva presentationer på skärmen beroende på brukarens tillgängliga tid, kunskapsnivå och intresse.

Det kommer dock aldrig att finnas en "one size fits all" utan den framtida Hubbe ska vara företagsanpassad och ihopkopplad med företagets/brukarens miljö- och hållbarhetsmål. Hubbe ska vara nyhetsdriven och uppkopplad mot ett "brukarmoln", det ska hända nya och relevanta saker hela tiden.

5. Planera för en produktionsfast

Hubbe ska byggas kostnadseffektivt för att vara konkurrenskraftig, även i konkurrens med vanliga källsorteringsmöbler för kontor. Materialval,

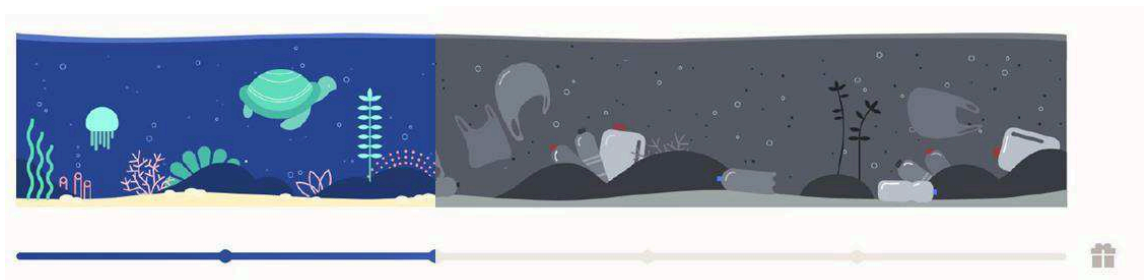
sensorer och annan utrustning ska utvärderas ur kostnadssynpunkt, även gällande slitage och behov av service, underhåll och reparationer.

På sikt ser vi goda möjligheter att utveckla tydliga, användaranpassade och roliga appar där brukaren kan följa återvinningen och miljönyttan i realtid var och när som helst.

Vi tror också på en stark utveckling av ”gamification” – att vidareutveckla leken och tävlingsmomenten i miljöarbetet, att använda humor, uppmuntran, poäng och interaktion mellan användare sinsemellan och med entreprenörer eller andra aktörer inom miljö.

Vi kommer att söka samarbetspartners inom pedagogik för särskild utveckling av kommunikation och digitala läromedel för skolor samt utföra tester.

Slutligen kan vi konstatera att det är fullt möjligt att anpassa Hubbe även till olika internationella marknader efter en sondering med internationella kunder gällande kontorsmiljöer i Kenya och Qatar. Det är mest sannolikt att kapitalstarka kunder med ambitioner att använda BAT (best available technology) och ser Sverige som en internationell ledstjärna inom återvinning kommer att vara mest intressant. Syftet är här att få kunden att förstå värdet i avfall och sortera från början, istället för som i den vanliga inställningen att avfallet först blandas och sedan ska sorteras upp igen i någon avancerad anläggning med löpande band alternativt manuellt i en dålig arbetsmiljö.



Publikationslista

Se nedan Projektkommunikation.

Projektkommunikation

Projektet Hubbe är ännu i en utvecklings- och lärandefas och det har inte fokuserats på extern kommunikation utan på att få fram en fungerande prototyp och interagera med brukare på två testsajter. Hubbe har dock presenterats vid ett par tillfällen även extert:

- Konferens ”**Avfall i Nytt Fokus**” 29-30 mars i Malmö

Arrangörer: Waste Refinery, Chalmers tekniska högskola, IVL Svenska miljöinstitutet och RISE samt RE:Source.

Hubbeprojektet presenterades i föredraget ”Intelligent recycling hubs for *high-quality material flows*”, som hölls av Lars Ola Claesson, VD Liselotte Löf Miljö AB.

Målgruppen var ett 100-tal personer från företag, myndigheter, organisationer och andra som är engagerade i avfalls- och återvinningsfrågor med fokus på ny teknik.



- Konferens ”**Nationell konferens om samverkan för innovation**” 4 maj, Clarion Hotell, Stockholm

Arrangörer: Vinnova, Energimyndigheten och Formas.

Den första Hubbe-prototypen fanns med i utställningen i anslutning till konferensen och omnämndes också av RE:Sources Johan Felix i avrapportering av pågående innovationsprojekt på scenen.

Målgruppen var ett 500-tal personer, bland annat handläggare engagerade inom olika strategiska innovationsprogram inklusive RE:Source.



- **Intern presentation** för ansvariga för reception, kontor och fastighetsskötsel samt matsal på iZettle och Vinnova, demonstration av Hubbes funktion, presentationer och valmöjligheter på skärmen. Målgruppen var de ansvariga på respektive testsajt, totalt ca 10 personer.
- **Enkät** i digital form (iZettle) och utskriven (Vinnova). Resultat från **enkäten** på testsajten iZettle
Intern redovisning av resultaten av testet och enkätsvar till anställda på iZettle genom kontorschefen, totalt ca 300 personer.
- **Informationsblad och roll-up** om Hubbe på Vinnova¹. Målgruppen var samtliga besökare i Vinnovas gästmatsal.

Referenser

Externa källor har enbart använts i ansökningskedet för att undersöka vilka lösningar för smart, uppkopplad källsortering som finns på marknaden och utvecklingsnivån på dessa. Omvärldsanalysen inkluderade t ex Big Belly <http://bigbelly.com/> och ZenRobotics <https://zenrobotics.com/>. Dessa lösningar är dock för andra tillämpningsområden än Hubbe (utomhus i parkmiljö resp. för industriell sortering av avfall) och utan den lärande delen.

Inledningsvis nämns Ellen MacArthur Foundation, en global tankesmedja som arbetar för cirkulär ekonomi <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>

Där nämns också branschorganisationen Återvinningsindustrierna www.recycling.se och utredningen om Cirkulär ekonomi, som överlämnade sitt betänkande till

¹ På iZettle gjordes en annan typ av test genom att inte informera personalen för mycket på plats utan låta Hubbe smälta in i personalrestaurangen och undersöka om det var "självgående" med information.

regeringen i år <http://www.regeringen.se/artiklar/2017/03/utredning-foreslar-mer-cirkular-ekonomi-och-mindre-avfall/>

Bilagor

- I. Hubbe Twopager – informationsblad på engelska
- II. Utvärdering av testet på iZettle ” Smart Recycling Stations – the Future of Office Recycling – Evaluation of prototype”, Above
- III. Presentation ”Avfall i Nytt Fokus”