



Bygglogistikens roll i cirkulära materialflöden

Petra Bosch
Mats Janné
Jenny Olsson
Ahmet Sezer
Viktoria Sundquist
Petter Wadmark

CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

li.u LINKÖPINGS
UNIVERSITET

AFRY
Å E RÖVRY

Bosch, P., Janné, M., Olsson, J., Sezer, A., Sundquist, V. och Wadmark, P. (2023),
Bygglogistikens roll i cirkulära materialflöden, Forskningsrapport.
Forskningsprojektet är finansierat av Centrum för management i byggsektorn (CMB).

Sammanfattning

Ökad cirkularitet är en viktig del i samhällsbyggnadssektorns hållbarhetsomställning. Tidigare studier visar att bygglogistik är en knäckfråga för att uppnå cirkulära materialflöden. Syftet med forskningsprojektet är därmed att kartlägga bygglogistikens roll som möjliggörare för cirkulära materialflöden i samhällsbyggnadssektorn, inklusive behov av att anpassa existerande lösningar eller utveckla helt nya lösningar. Bygglogistik för cirkulära materialflöden omfattar planering, organisering, koordinering och kontroll av materialflöden från demontering av material till återbruk vid nybyggnation eller renovering. Studien fokuserar på den näst högsta nivån i avfallshierarkin, återbruk.

Genom litteraturstudier, intervjuer med branschrepresentanter och kartläggning av empiriska exempel identifieras fyra principiella sätt (scenarios) att organisera bygglogistik vid återbruk. Inom varje sådant scenario finns varierande sätt att planera och utföra bygglogistik utifrån aktiviteter, resurser och aktörer. Rapporten innehåller ett antal empiriska exempel på bygglogistiklösningar för återbrukbart material för varje scenario.

Det är centralt att tidigt i processen tänka igenom logistikgenomförandet och planera för vilket/vilka scenarios som ska ingå. Inom ett enskilt byggprojekt kan också flera scenarios ingå: olika lösningar för olika materialslag. Det finns ett behov av en koordinatorroll för cirkulära materialflöden i byggprojekt. En möjlighet är att kombinera bygglogistik för återbruk med nyproducerat material och/eller avfallsflöden för att öka resurseffektiviteten i befintlig logistikinfrastruktur. Nyproducerat, överblivet material på byggarbetsplatserna bör ingå i initiativ för att öka återbruk. Bygglogistiklösningar kan utformas separat för enskilda materialslag, flera materialslag tillsammans eller som systemlösning med "alla" materialslag. Det finns ett utvecklingsbehov av digitala logistikplaneringssystem som omfattar identifiering, spårbarhet, materialinventering och lagersaldon för återbrukbart material. Även kunskap och kompetens om hur återbrukat material ska hanteras logistikmässigt är centralt, exempelvis krävs mer varsamma metoder för materialhantering. Behovet av lösningar för emballering av återbrukbart material är stort.

Bygglogistik för cirkulära materialflöden innebär att nätverket av aktörer påverkas. Privat och offentliga beställare har en nyckelroll utifrån kravställning på återbruk och logistiklösningar. För logistikaktörerna finns möjlighet att öka utbudet av logistiktjänster och att uppnå högre volymer. En potentiell förändring är nya logistikaktörer som etablerar sig med fokus på cirkulära materialflöden och återbruk. Rentalbolagen utmärker sig som koordineringsexperter och affärsmodeller som bygger på att cirkulera produkter och tillhörande tjänster mellan olika byggprojekt. För entreprenörerna innebär återbruk en ökad och annorlunda materialhantering på byggarbetsplatserna. För materialleverantörerna finns möjlighet att kliva fram och inkludera återbrukbart material. ÅVC:er har en mycket viktig roll som fysiska noder för cirkulära materialflöden, inklusive materialhantering, transporter och lagerhållning vilket möjliggör ett utbyte mellan köpare och säljare. Även digitala marknadsplatser, likt CCBUILD, har en viktig roll i ökade cirkulära materialflöden.

Nyckelord: bygglogistik, cirkularitet, cirkulära materialflöden, logistikplanering, återbruk

Introduktion

Samhället står inför en stor hållbarhetsomställning för att uppnå målen i Agenda 2030. Kommuner, andra organisationer och företag utformar mål kring klimatneutralitet och vidtar åtgärder för att minska miljöpåverkan. Inom samhällsbyggnadssektorn ökar successivt medvetenheten kring klimatpåverkan från byggnaders användning och från byggprocessen, inklusive tillverkning och val av byggmaterial, byggtransporter och produktion på byggarbetsplatserna¹. Ett av områdena som lyfts fram är behovet av att öka graden av återvunnet och återbrukat material i bygg- och fastighetssektorn, i linje med avfallshierarkins näst högsta nivå, återanvändning (avfallshierarkin: förebygga, återanvändning, materialåtervinna, annan återvinning ex. energiutvinning, bortskaffning ex. deponera²). Studien har därför valt att fokusera på just återbruk.

Återbruk innebär att byggmaterial och produkter tillvaratas genom demontering, rekonditioneras vid behov, för att sedan återmonteras. Genom att undvika avfallsmängder och/eller uttag av resurser för nytillverkning möjliggörs en minskad klimatpåverkan. Återbruk innebär således ett cirkulärt materialflöde att jämföra med traditionella linjära flöden av nyproducerat material till en byggarbetsplats och avfallsflöden från en byggarbetsplats (där avfall vanligtvis innebär deponi, energiutvinning eller i vissa fall återvinning). Exempel på initiativ för återbruk inom samhällsbyggnadssektorn är ”Centrum för cirkulärt byggande”, inklusive samverkansarenan ”Återbruk Väst” med fokus på att hitta och utveckla metoder för att skala upp återbruket inom byggsektorn till en industriell nivå³. Även enskilda aktörer tar stora kliv framåt med höga ambitioner om ökad återvinning och ökat återbruk av byggmaterial, ex. Vasakronans arbete med projekt Kromet i Göteborg⁴.

Tidigare forskning visar att en stor utmaning vid renovering av befintliga byggnader är avsaknaden av en systemlösning för att på olika sätt tillvarata extraktion av material och produkter, vilket skapar hinder för återbruk⁵. En studie av åtta olika återbruksprojekt (rivningar, ombyggnationer, lokalanpassningar, nybyggnationer och återbrukslager) visar att återbruk har stor potential, men att i dagsläget uppnås inte potentialen och en knäckfråga för att möjliggöra ett ökat återbruk är just lager och logistik⁶. I en studie kring etablering av en storskalig återbruksmarknad i Göteborgsregionens bygg- och fastighetssektor konstateras att ett gap på utförandesidan kopplat till det fysiska flödet av återbrukbart byggmaterial, dvs bygglogistik, hindrar ett ökat återbruk⁷. Sammantaget, i de lösningar som används i form av interna lager hos enskilda aktörer, projektspecifika lager eller gemensamma regionspecifika lager finns utvecklingsbehov av både digitala och fysiska system för att hantera materialflöden för återbruk.

¹ Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J. (2016), *Byggandets klimatpåverkan*, Rapportnummer B2260, ISBN-978-91-88319-03-6, IVL Svenska Miljöinstitutet 2016.

² Naturvårdsverket (2023) <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/pagaende-arbeten/avfallshierarkin-visar-stegen-vi-behover-ta/>, Hämtad: 2022-05-10.

³ Centrum för cirkulärt byggande (2021), <https://ccbuild.se/>, Hämtad 2022-05-10.

⁴ Vasakronan (2021) <https://vasakronan.se/aktuellt/att-atervinna-och-aterbruka-ett-helt-hus-ar-det-verkligen-mojligt/>, Hämtad 2022-05-10.

⁵ Sezer, A.A. & Bosch-Sijtsema, P. (2020), Actor-to-actor tensions influencing waste management in building refurbishment projects: A service ecosystem perspective, *International Journal of Construction Management*, <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1741493>.

⁶ Andersson, J., Moberg, S., Gerhardsson, H. & Lindholm, C. (2021), *Potential, effekter och erfarenheter från återbruk i bygg- och fastighetssektorn*, Rapportnummer B2426, ISBN-978-91-7883-304-7, IVL Svenska Miljöinstitutet 2021.

⁷ Wennesjö, M., Gerhardsson, H., Moberg, S., Loh Lindholm C. & Andersson, J. (2021). *Etablering av en storskalig marknad för återbruk i bygg- och fastighetssektorn*, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.

I dagsläget saknas således bygglogistiklösningar som är anpassade för cirkulära materialflödens behov och förutsättningar. En viktig aspekt är inte minst hur återbruk av byggmaterial ska organiseras hållbart och effektivt rent logistiskt så att inte återbruk skapar en negativ klimatpåverkan genom exempelvis ökat antal transporter.

Tidigare forskning påvisar att väl genomförd bygglogistik reducerar kostnader, ökar kvalitén, bidrar till en effektivare byggprocess och minskar miljöpåverkan vilket är centrala delar i en mer hållbar samhällsbyggnadssektor^{8,9,10}. Medvetenheten och intresset för effektiv och hållbar bygglogistik ökar och bygglogistiklösningar initieras och utformas av olika intressenter: till exempel byggherren¹¹ och kommunen/staden¹², logistikaktörer eller huvudentreprenören i enskilda projekt¹³. Bygglogistiklösningar har viktiga koordineringsfunktioner och kan användas för styrning av materialflöden. Studier visar exempelvis att styrning i form av terminallösningar med ökad koordinering och konsolidering har minskat mängden leveranser till byggarbetsplatser med upp emot 80% i vissa projekt¹⁴. Men de bygglogistiklösningar som existerar idag är inte utformade för att hantera återbruk av material och därmed begränsas möjligheten till effektiva och hållbara cirkulära materialflöden. I dagsläget saknas kunskap om hur bygglogistik i form av processer, modeller och metoder ska utvecklas och anpassas för cirkulära flöden, inklusive de olika logistikflöden som skapas i återbruket av byggmaterial och hur olika aktörer påverkas för att möjliggöra en övergång till mer cirkulära arbetssätt.

Syftet med forskningsprojektet är därmed att kartlägga bygglogistikens roll som möjliggörare för cirkulära materialflöden i samhällsbyggnadssektorn, inklusive behov av att anpassa existerande lösningar eller utveckla helt nya lösningar. Studien omfattar återbruk av byggmaterial och produkter, exempelvis fönster, gipsskivor, tegel, medan massahantering inte ingår. Studien undersöker:

- Vilka drivkrafter och utmaningar finns för återbruk av byggmaterial?
- Vilka logistikaktiviteter, logistikresurser och logistikaktörer för cirkulära materialflöden finns idag och hur ser utvecklingsbehovet ut?
- Hur organiseras bygglogistik i existerande cirkulära materialflöden i samhällsbyggnadssektorn?
- Vilken potentiell (affärs)nytta finns i utveckling av bygglogistiklösningar för cirkulära materialflöden för olika aktörer?

8 Sezer, A. & Fredriksson, A. (2020) The transport footprint of Swedish construction sites, IOP Publishing Ltd, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/4/042001>

9 Janné, M. & Fredriksson, A. (2019), Construction logistics governing guidelines in urban development projects, *Construction Innovation*, 19 (1), 89-109.

10 Sundquist, V., Gadde, L.-E. & Hulthén, K. (2018), Reorganizing construction logistics for improved performance, *Construction Management and Economics*, 36 (1), 49-65.

11 Ekeskär, A., & Rudberg, M. (2016) Third-party logistics in construction: the case of a large hospital project, *Construction Management and Economics*, 34 (3):174-91. doi: 10.1080/01446193.2016.1186809.

12 Janné, M. & Fredriksson, A. (2019), Construction logistics governing guidelines in urban development projects, *Construction Innovation*, 19 (1), 89-109.

13 Fredriksson, A., Janné, M., & Rudberg, M. (2021) Characterizing Third-party Logistics Setups in the context of construction, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2019-0078>.

14 Abrahamsson, M., Fredriksson, A., Huge Brodin, M., Engevall, S. & Lindahl, P (2019), *Fossilfri bygglogistik – En förstudie*, Rapportnummer 2019.1.21b, Triple F.

Metod och angreppssätt

Studien har genomförts under perioden maj 2022 - april 2023 i ett samarbete mellan Chalmers, Linköpings Universitet och AFRY. Följande aktörer har medverkat i referensgruppen: Ahlsell, DB Schenker, Halmstad Energi & Miljö, IVL Svenska Miljöinstitutet, JM, Lambertsson, Logeco, Lundbergs Fastigheter, Myloc, Mölndals stad, Peab, Ramirent, Stockholms Stad, Vasakronan och Älvstranden Utveckling. Ett explorativt tillvägagångssätt har använts där kunskapsinventering och datainsamling (se tabell 1) har utförts genom:

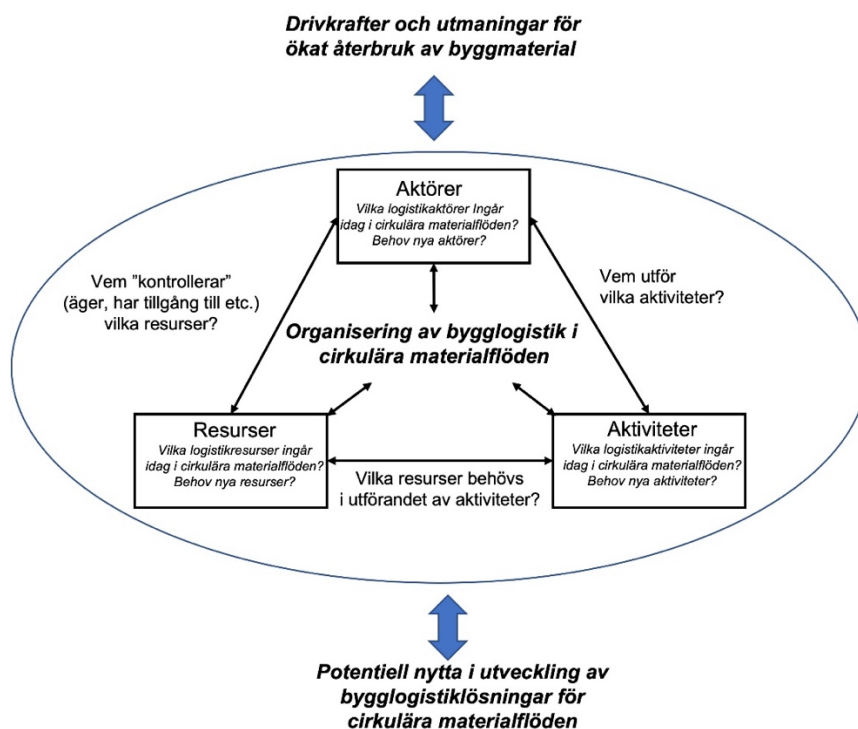
- Litteraturgenomgång med fokus på drivkrafter och utmaningar i cirkulära materialflöden, inklusive bygglogistiska behov.
- Semi-strukturerade intervjuer för att kartlägga olika aktörers perspektiv och roller (17 intervjuer).
- Mindre fallstudier av bygglogistik för cirkulära materialflöden där data har samlats in via intervjuer och exempel från tidigare rapporter samt webbaserad information.
- Två masteruppsatser om bygglogistik för cirkulära materialflöden (29 intervjuer)
- Referensgruppsmöten utförda som workshops (3 stycken): presentation och validering av resultat, diskussion och workshopsbaserade övningar.

Tabell 1. Översikt datainsamling

Aktörer	Intervjuer	Intervjuer (Mastersuppsatser)	Referensgruppsmöten (workshops)		
			Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3
Kommun/stad/region	3	3	3	1	2
Beställare/fastighetsutvecklare	2	3	1	1	1
Återvinningscentral	1	3	-	-	-
Åkerier	1	-	1	-	-
Forskning (återbruk)	1	5	1		1
3PL/maskinuthyrningsbolag	4	4	2	1	1
Entreprenör	2	9	2	1	1
Materialleverantör	2	-	1	1	2
IT-leverantör	1	2	2	-	2
Totalt	17	29	13	5	10

Analysmodell

Bygglogistikens roll i cirkulära materialflöden analyseras med utgångspunkt i ARA-modellen (Aktiviteter-Resurser-Aktörer)^{15,16}. ARA-modellen är ett verktyg för att studera hur aktörer samverkar och påverkar varandra i interaktionsprocesser, exempelvis affärsrelationer. Genom att analysera vilka aktörer som utför vilka aktiviteter med hjälp av vilka resurser kartläggs hur utveckling sker och hur värde skapas och förändras över tid i industriella nätverk. ARA-modellen har använts i tidigare studier av organisering av bygglogistik^{17,18}. Den analysmodell som utvecklats i studien täcker in: organisering för bygglogistik genom en kartläggning av logistikaktiviteter, logistikresurser och logistikaktörer för cirkulära materialflöden idag och eventuella utvecklingsbehov, samt hur drivkrafter och utmaningar för ökat återbruk av byggmaterial påverkar denna organisering och den potentiella nytta som finns i utveckling av bygglogistiklösningar för cirkulära materialflöden (se Figur 1). Sammantaget hanterar därmed analysmodellen studiens frågeställningar för att besvara syftet (se Introduktion).



Figur 1. Studiens analysmodell (anpassad från: Håkansson 1987).

¹⁵ Snehota, I. & Håkansson, H. (1995). *Developing relationships in business networks*. London: Routledge.

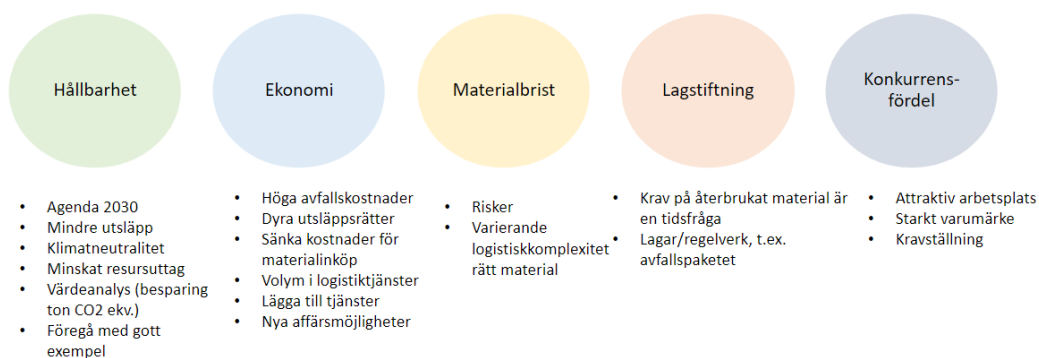
¹⁶ Håkansson, H. (Ed.). (1987). *Industrial technological development: A network approach*. Routledge.

¹⁷ Ekeskär, A., Havenvik, M., Karrbom Gustavsson, T. & Eriksson, P.-E. (2022) Construction logistics in a multi-project context: coopetition among main contractors and the role of third-party logistics providers, *Construction Management and Economics*, 40 (1), 25-40.

¹⁸ Sundquist, V., Gadde, L.-E. & Hulthén, K. (2018), Reorganizing construction logistics for improved performance, *Construction Management and Economics*, 36 (1), 49-65.

Drivkrafter och utmaningar återbruk av byggmaterial

Studiens intervjuresultat i form av drivkrafter för återbruk av byggmaterial innefattar fem områden: hållbarhetsaspekter, ekonomiska aspekter, materialbrister, lagstiftning samt konkurrensfördelar (se Figur 2).



Figur 2. Drivkrafter för återbruk av byggmaterial.

Studiens intervjuresultat i form av utmaningar för återbruk av byggmaterial kategoriseras i tre områden: befintliga arbetssätt, kunskap/kompetens och marknaden (se Figur 3)



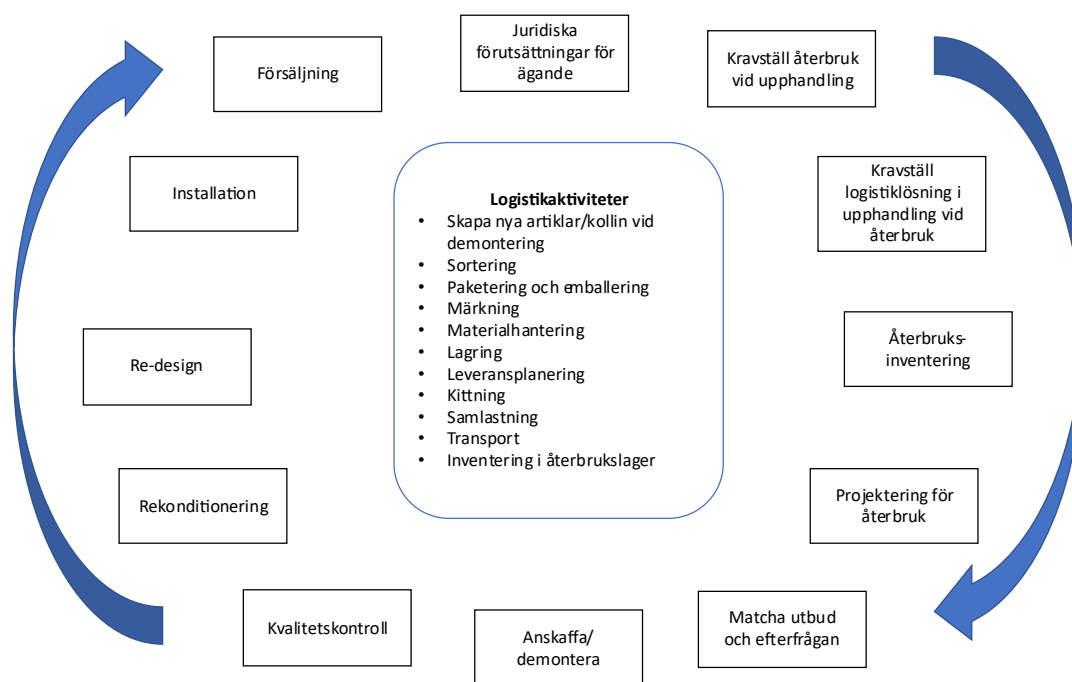
Figur 3. Utmaningar för återbruk av byggmaterial.

Bygglogistikaktiviteter, resurser och aktörer i cirkulära materialflöden

Ett resultat av studien är den definition av bygglogistik för cirkulära materialflöden som tagits fram:

Bygglogistik för cirkulära materialflöden omfattar planering, organisering, koordinering och kontroll av materialflöden från demontering av material till återbruk vid nybyggnation eller renovering.

Målet för bygglogistik i återbruk av byggmaterial är att leverera rätt produkt med rätt kvalitet, i rätt tid och i rätt kvantitet till rätt plats. Bygglogistik omfattar byggarbetsplatsen, försörjningsledet och det viktiga gränssnittet där emellan. I linje med studiens analysmodell har bygglogistikaktiviteter, resurser och aktörer för att möjliggöra återbruk i cirkulära materialflöden identifierats. De logistikaktiviteter som ingår i återbruk av byggmaterial (centrum i Figur 4) är beroende av de förutsättningar för återbruk som skapas via en mängd andra aktiviteter (yttre cirkeln i Figur 4).



Figur 4. Logistikaktiviteter i återbruk av byggmaterial samt aktiviteter som skapar förutsättningar för återbruk.

Fysiska och digitala logistikresurser som möjliggör utförandet av logistikaktiviteterna är:

- Transportresurs i försörjningsled (fordon, t.ex. lastbil eller pråm)
- Materialhanteringsresurs inom byggarbetsplatsen (t.ex. hiss, kran eller lull)
- Lageryta inom byggarbetsplatsen
- Lageryta i försörjningsled (t.ex. återbruksdepå eller bygglogistikcenter)
- Logistikplaneringssystem (för spårbarhet, materialinventering, lagersaldo mm)
- Förpackningsmaterial och lastbärare (t.ex. kartong, inplastning, byggpall)

Andra resurser som identifierats som avgörande, men inte är logistikresurser, är e-handelsplattformar för att köpa och sälja återbrukbart material samt produktionsplaneringssystem där återbruksmaterial ingår. Viktigt är att sådana resurser kan användas tillsammans med system och plattformar som är utformade för "linjära flöden" med inköp av material och planering av produktion, för att möjliggöra en helhetsbild.

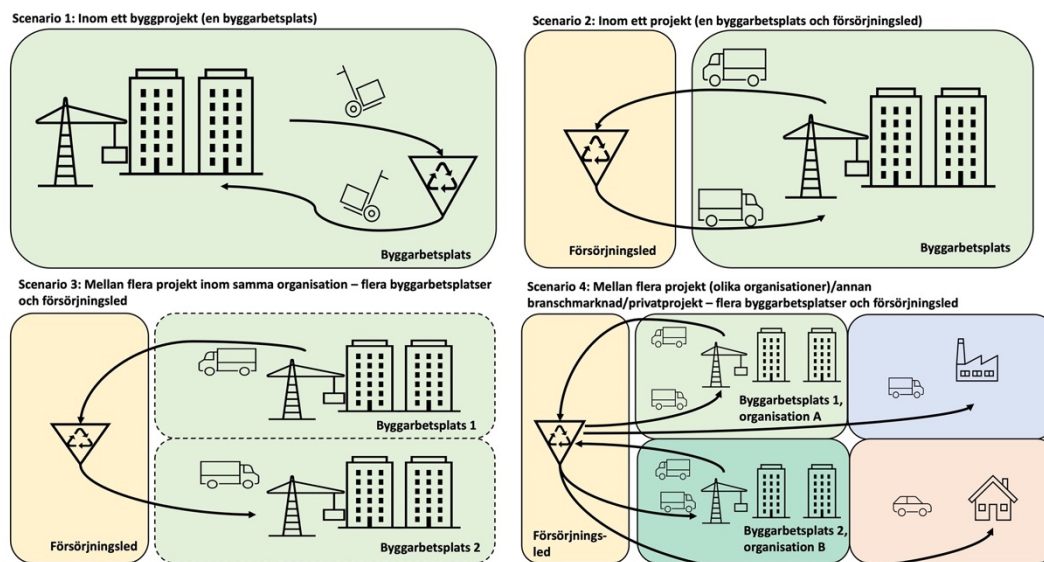
Studien identifierar att ett flertal olika aktörer som kan planera för, organisera, koordinera och/eller utföra logistikaktiviteter utifrån att tillhandahålla logistikresurser, det vill säga, ta en roll i nätverket för att bygglogistiskt möjliggöra återbruk av byggmaterial. Dessa aktörer kan genomföra enskilda logistikaktiviteter eller ansvara för mer omfattande helhetslösningar för bygglogistik, antingen enbart för cirkulära materialflöden eller i kombination med redan etablerade lösningar för linjära flöden (se Figur 5).



Figur 5. Aktörer som kan ingå i bygglogistik i återbruk av byggmaterial.

Bygglogistikens roll: Fyra olika scenarios

Med avseende på organisering av bygglogistik för cirkulära materialflöden har studien identifierat fyra scenarios för bygglogistikens *varierande* roller utifrån hur återbruksmaterial hanteras bygglogistiskt (se Figur 6).



Figur 6. Fyra scenarios för bygglogistik i cirkulära återbruksflöden.

I scenario 1 hanteras det återbrukbara materialet inom ett och samma byggprojekt och materialet lämnar aldrig byggarbetsplatsen. Även i scenario 2 sker återbruk inom ett och samma projekt men här finns behov av att materialet lämnar byggarbetsplatsen och försörjningsled involveras innan materialet återförs till samma byggarbetsplats. I scenario 3 sker återbruk mellan flera projekt inom samma organisation, det återbrukbara materialet lämnar en byggarbetsplats, hanteras i försörjningsled och når sedan en eller flera andra byggarbetsplatser. Slutligen, scenario 4 innebär återbruk mellan olika byggarbetsplatser/annan branschmarknad/privatprojekt. Det återbrukbara materialet lämnar en byggarbetsplats och går via försörjningsled till en annan byggarbetsplats, en annan branschmarknad eller till privatmarknad.

Varje scenario medför olika möjligheter och utmaningar och komplexiteten ökar från scenario 1 till 4 vad gäller planering, organisering, koordinering och kontroll av materialflöden för återbruk. Fler olika aktörer involveras och antalet affärsrelationer vad gäller det återbrukbara materialet såväl som logistiktjänster ökar. Två aspekter är viktiga att notera. För det första, *inom varje scenario kan det cirkulära materialflödet organiseras på olika sätt*, det vill säga, vilken aktör som utför vilka aktiviteter med hjälp av vilka resurser är inte givet, utan kan se olika ut. För det andra, *inom ett och samma byggprojekt kan flera olika scenarios ingå*, till exempel skilda scenarios för olika materialslag eller för olika faser i projektet. För samtliga scenarios är det *potentiellt möjligt att bygglogistik för återbruk av byggmaterial kombineras med bygglogistik för nyproducerat material in till byggarbetsplats eller byggavfall som inte är återbruk*, givetvis utifrån att det regelverk som finns för avfallshantering efterföljs.

En sammanställning av skillnader i bygglogistikaktiviteter, bygglogistikresurser och aktörer som ingår i scenario 1-4 presenteras nedan (se tabell 2,3 och 4). Därefter presenteras varje scenario för sig i detalj inklusive ett antal empiriska exempel.

Tabell 2. Skillnader logistikaktiviteter i scenario 1-4.

Logistikaktiviteter	Scenario 4	Scenario 3	Scenario 2	Scenario 1
Registrera artiklar/kollin vid demontering				
Sortering				
Paketering och emballering				
Märkning				
Materialhantering				
Lagring				
Leveransplanering				
Kittning				
Samlastning				
Transport				
Inventering i återbrukslager				

 = På byggplats
 = I försörjningsled

Tabell 3. Skillnader logistikresurser i scenario 1-4.

Logistikresurser	Scenario 4	Scenario 3	Scenario 2	Scenario 1
Transportresurs försörjningsled (fordon, ex. lastbil, pråm)				
Materialhanteringsresurs byggplats (ex. hiss, kran, lull)				
Lageryta byggplats (materialförråd)				
Lageryta försörjningsled (återbruksdepå, bygglogistikcenter)				
Logistikplaneringssystem (ex. spårbarhet, materialinventering, lagersaldo)				
Förpackningsmaterial och <u>lastbärare</u> (ex. kartong, inplastning, byggpall)				

Tabell 4. Skillnader logistikaktörer i scenario 1-4.

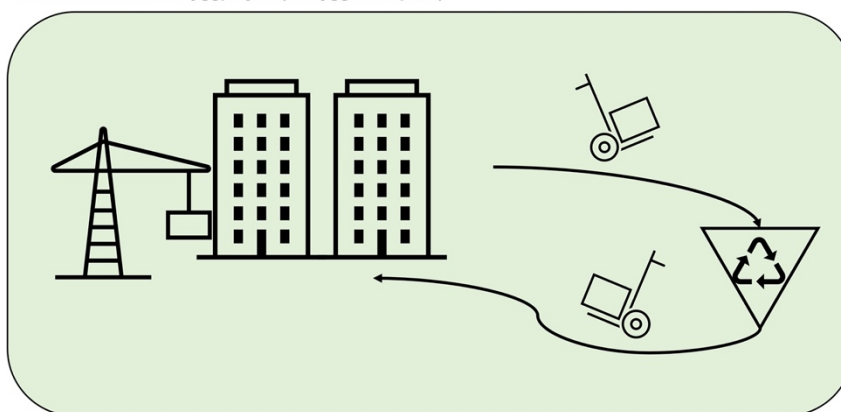
Logistikaktörer	Scenario 4	Scenario 3	Scenario 2	Scenario 1
3PL				
Åkerier				
Maskinuthyrningsbolag/rentalbolag				
Logistikkonsult				
Entreprenörer				
Byggvaruhandlare				
Material/produktleverantörer				
Materialgrossister				
IT-leverantörer				
Demonteringsaktör				
Återvinningscentraler				
Kommun/stad/regioner (exploatering, stadsutveckling, fastighetsbolag, trafikkontor etc.)				
Fastighetsutvecklare				
Återbruksnätverk				
Mäklare av återbruksmaterial				
Auktionsfirmor				

Nedan förklaras scenario 1–4 mer fördjupat. För varje scenario ingår ett antal empiriska exempel som illustrerar bygglogistik för återbruk.

Scenario 1: En byggarbetsplats

I scenario 1 sker återbruk av material inom en byggarbetsplats (inom ett byggprojekt). Material demonteras på byggarbetsplatsen och hanteras, transporteras och lagerhålls innan det återmonteras på samma byggarbetsplats (eventuellt med viss, mindre rekonditionering som även den sker på byggarbetsplatsen). Logistikkämsigt innebär scenario 1 därmed att material som ska återbrukas aldrig lämnar byggarbetsplatsen (se Figur 7).

Scenario 1: Inom ett byggprojekt (en byggarbetsplats)



Figur 7. Scenario 1: Bygglogistik för återbruk inom ett projekt - en byggarbetsplats ingår.

För att scenario 1 ska vara effektivt krävs en dedikerad lageryta på byggarbetsplatsen där materialet kan lagras efter demontering i väntan på användning. Detta ställer i sin tur krav på märkning av materialet och spårbarhet så att rätt material återbrukas på rätt plats.

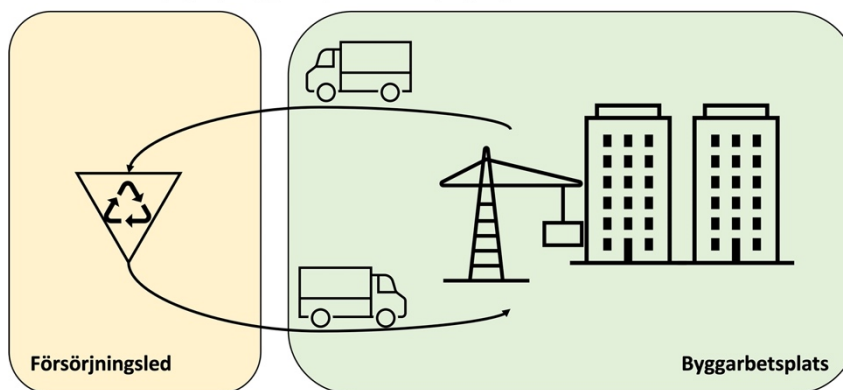
Befintliga arbetssätt kan behöva anpassas, inte minst för att material som ska återbrukas, exempelvis tegelpannor, kan vara mer skört att hantera än nyproducerat material. Återbrukbart material måste identifieras och inventeras innan demontering, vilket kan vara en utmaning, och mindre rekonditioneringsarbete kan behöva utföras på byggarbetsplatsen, vilket kräver kunskap och lämpligt utrymme/arbetsstation. Lagerytan måste utformas så att material som ska återbrukas inte riskerar att förstöras eller skadas, exempelvis pga. väderförhållanden vid lagerhållning utomhus eller att materialet flyttas runt på byggarbetsplatsen för att frigöra yta. Ett hinder kan vara att i många byggprojekt i tät stadsmiljö är det brist på tillgänglig yta för att kunna sortera och lagra material. En fördel är en potentiell minskning av antalet transporter till och från byggarbetsplatsen då material ”redan finns på plats” med effekter såsom minskad transportkostnad och miljöpåverkan samt för omgivningen mindre störning och buller.

Ett exempel där scenario 1 har nyttjats är kvarteret Hugin i Uppsala (ombyggnad kontorshus) där bland annat glaspartier, undertak, gipsväggar, reglar, plåtreklar, pentryt och toalettstol har återbrukats genom materialhantering, transporter och lagerhållning inom byggarbetsplatsen. Byggherre är Vasakronan och i byggprojektledaren Byggstyrnings åtagande ingår att utforma en lösning för återbruk av byggmaterialet. En identifierad utmaning inom projektet var att existerande systemstöd var för otillräckligt för att spåra och lagra material som skulle återbrukas. Att utveckla ett fungerande digitalt system har varit helt avgörande för möjligheten att skapa cirkulära materialflöden i projektet. I den lösning som togs fram har man arbetat digitalt med ID-chip och QR-koder, där alla objekt fick en egen unik identitet och lades upp i en databas med över 10 000 produkter. Byggmaterial som plockas ner för återbruk får därmed en egen etikett med ett spårningsbart chip. På etiketten finns en QR-kod som man kan skanna för att komma rakt in i databasen där alla specifikationer finns lagrade. Det har gjort det möjligt att modellera med objekten som sedan bokats upp för sin unika plats. För att vara säker på att återbruket får en bra kvalitet har man också testbyggt kontorsrum. Genom provmontage gick det att visa att resultatet skulle bli bra, till exempel med glaspartier och nylackade dörrar. Inom projektet förvarades material i byggnaden och i största möjliga utsträckning på respektive våningsplan för att minimera förflyttning och minska risken för att material skadas eller tappas bort. I de fall där utrymmet var begränsat förvarades materialet i nära, tillgängliga utrymmen. På så sätt reducerades transporterna inom byggarbetsplatsen till ett minimum.

Scenario 2: En byggarbetsplats och försörjningsled

Även i scenario 2 sker återbruk av material inom ett och samma byggprojekt. Material demonteras på byggarbetsplatsen men logistikmässigt innebär scenario 2 att det material som ska återbrukas måste lämna byggarbetsplatsen för att lagerhållas. Därmed involveras försörjningsledet utanför byggarbetsplatsen, innan materialet sedan kan återtransporteras till samma byggarbetsplats (se Figur 8). Eventuell rekonditionering kan ske på byggarbetsplatsen såväl som i försörjningsledet.

Scenario 2: Inom ett projekt (en byggarbetsplats och försörjningsled)



Figur 8. Scenario 2: Bygglogistik för återbruk inom ett projekt – en byggarbetsplats och försörjningsled ingår.

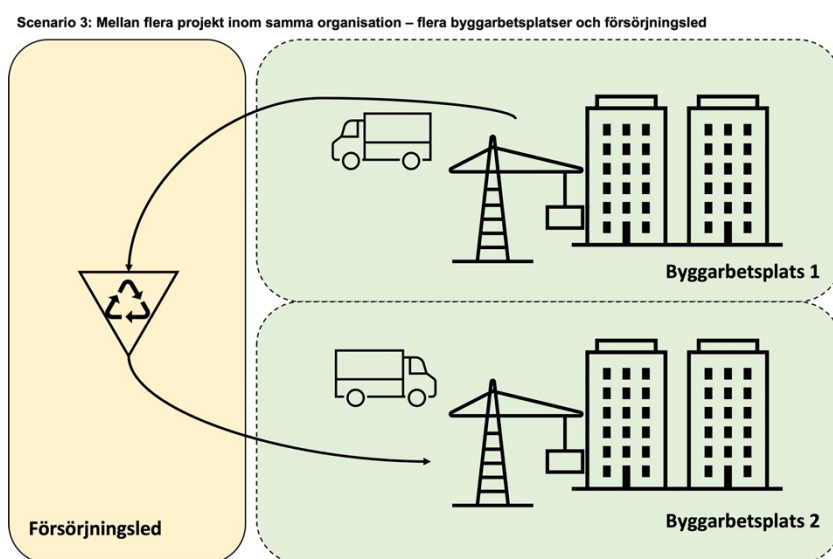
För scenario 2 krävs bygglogistikresurser i form av terminal eller annan lageryta i försörjningsledet samt högre krav på märkning och spårbarhet eftersom behovet av koordinering ökar, inklusive fler involverade aktörer. Paketering och emballering av återbruksmaterialet är viktigt för att undvika skada under transport och hantering. Många led i försörjningsledet kan behöva involveras, med transport mellan olika aktörer och platser, innan återtransport till byggarbetsplatsen. Befintliga arbetssätt på byggarbetsplatsen och i försörjningsledet kan behöva anpassas. Emballering och paketering kan kräva stora anpassningar då originalförpackning inte är tillgänglig eller emballeringsutrustning saknas på byggarbetsplatsen. Jämfört med scenario 1 innebär lagerhållning i försörjningsledet att yta frigörs på byggarbetsplatsen samt en mer skyddad miljö för lagerhållning. Samtidigt krävs transporter från och till byggarbetsplatsen vilket kan leda till ökade transportkostnader och utsläppspåverkan. En mycket viktig aspekt är att maximera fyllnadsgrad i transporterna, exempelvis genom samlastning, för att minimera transportbehovet. Potentiellt finns här möjligheten att återbruksmaterial samlastas med annat avfallsmaterial (sortering kan ske på byggarbetsplatsen eller i försörjningsledet) eller med nyproducerat material till byggarbetsplatsen för att reducera antalet transporter.

Kvarteret Hugin i Uppsala innehåller även exempel där scenario 2 har nyttjats för återbruk: lamparmaturer demonterades på byggarbetsplatsen och skickades till belysningsföretaget Fagerhult (försörjningsled) där rekonditionering innebar rensning av armaturernas gamla insatser, ersättning med nya insatser samt ny utrustning med LED-belysning, innan armaturer återinstallerades i byggnaderna i projektet.

Ett annat exempel på scenario 2 är projektet Kvartetten i Hyllie (nybyggnation kontorshus), Malmö. Wihlborgs är beställare och PEAB är huvudentreprenör. I stället för att PEAB kastar bort trä som blivit över eller är utrivet (vilket i vanliga fall går till förbränning) samlas materialet ihop och lagras på byggarbetsplatsen. När en tillräckligt mängd har uppnåtts hämtar Beijer träet som transporteras till Beijers anläggning där det analyseras för att avgöra vad som kan återbrukas. Sedan köps Beijers produkter från återbrukat material in av projektet igen. Beijers specialistkompetens vad gäller trä är viktigt för att bedöma kvalitet, materialhantering, transport, lagerhållning samt omvandla återbruk till en ny affär och nå ut till kunderna. En viktig nytta är att mängden trä som förbränns minskar. Nästa steg är att skala upp konceptet till att bli en del av Beijers totala tjänsteerbjudande och erbjuda insamling av trä och träprodukter tillverkade av återbrukat trä till fler kunder.

Scenario 3: Flera byggarbetsplatser och försörjningsled

I scenario 3 sker återbruk av material mellan olika byggarbetsplatser (olika projekt), men inom samma organisation (exempelvis inom en och samma entreprenör eller en beställare) och försörjningsledet involveras. Scenario 3 kräver att det finns köp- och säljfunktioner (alternativt "gratis" förmedling) för återbrukbart material mellan olika projekt. Logistikmässigt innebär scenario 3 att återbrukbart material från en byggarbetsplats tas till vara och försörjningsledet involveras för exempelvis transporter och lagerhållning innan materialet sedan levereras till en annan byggarbetsplats för att återbrukas (se Figur 9). Eventuell rekonditionering kan ske på byggarbetsplatserna såväl som i försörjningsledet.



Figur 9. Scenario 3: Bygglogistik för återbruk mellan flera projekt inom samma organisation - flera byggarbetsplatser och försörjningsled ingår

Enligt samma logik som för scenario 2 kräver scenario 3 en terminal eller annan lageryta i försörjningsledet och det är viktigt med tjänilig paketering och emballering av materialet samt att maximera fyllnadsgrader, bland annat genom samlastning, för att reducera antalet transporter och därmed minska transportkostnader och utsläppspåverkan. Befintliga arbetssätt på byggarbetsplatsen och i försörjningsledet kan behöva anpassas. Lagerhållning i försörjningsledet frigör yta på byggarbetsplatsen samt möjliggör en mer skyddad miljö för lagerhållning. I scenario 3 ökar däremot graden av komplexitet vad gäller koordinering eftersom flera olika byggarbetsplatser är involverade och i vissa fall kan många led i försörjningsledet behöva involveras, inklusive transporter mellan olika platser och olika aktörer. I och med att flera byggprojekt involveras ställs än högre krav på märkning och spårbarhet samt planeringssystem med möjlighet till materialinventering och aktuella lagersaldon. Systematisering av material och produkter är viktigt för att de ska bli tillgängliga mellan olika projekt. Planering krävs också för att överbrygga det "tidsgap" som kan uppstå mellan de olika byggprojekten, där återbrukbart material från ett projekt behöver tillgängliggöras för att kunna återbrukas i andra projekt. Material kan behöva lagras lång tid i försörjningsledet vilket innebär en lagerhållningskostnad.

Ett exempel på en organisation som nyttjar scenario 3 är Chalmersfastigheter i Göteborg som använder Återbruksappen för att inventera och kategorisera överblivna eller avlägsnade byggmaterial eller inredningsprodukter. Återbrukbart material och produkter fotograferas och registreras i appen och förvaras i ett lager. I appen kan interna projektledare söka efter material som har blivit över eller som efterfrågas av en hyresgäst, till exempel dörrar eller belysning. En extern aktör i försörjningsledet ansvarar för transporter till och från lagret till olika byggprojekt och befintliga lokaler. Materialet och produkterna stannar inom Chalmersfastigheter och säljs inte vidare till andra externa projekt eller organisationer. Återbruksappen bidrog till att Chalmersfastigheter 2018 nådde sitt miljömål med att spara 25 ton koldioxid genom återbruk.

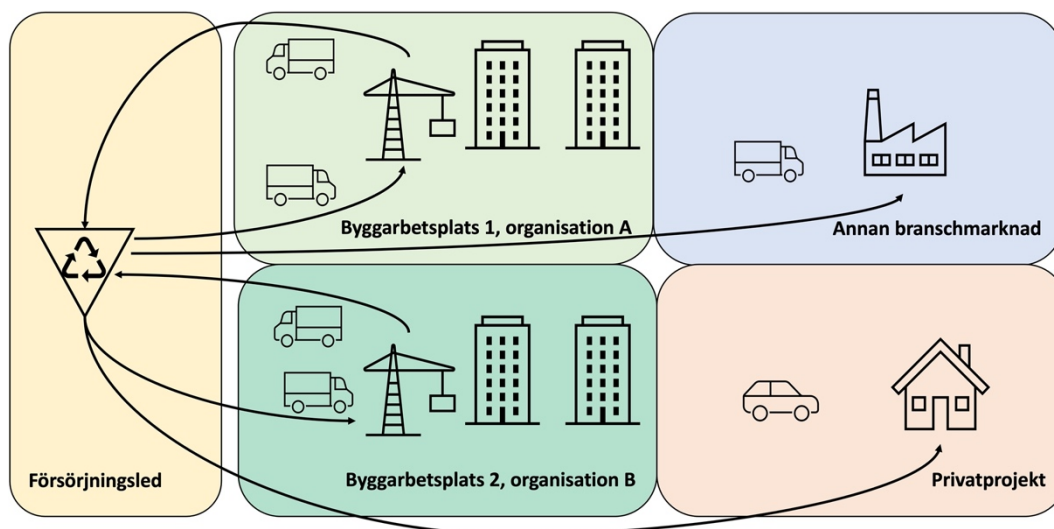
Ett annat exempel där scenario 3 nyttjas är Fabeges Hållbarhetshuset i Solna. Hållbarhetshuset var ett pilotprojekt där konceptet "bygga hus av hus" tillämpades för första gången. Zengun (byggentreprenör) och Fabege (beställare och hyresgäst) byggde en ny byggnad med byggmaterial från ett demonteringsprojekt, Biliass gamla bilhall. Vid demontering fanns behov av rekonditionering av byggmaterialet, bland annat pga. asbest och kemikalier, innan det transporterades till nybyggnadsprojektet. Inom projektet återbrukades HDF-bjälklag (100%), invändiga och utvändiga dörrar (100%), mötesrumspartier och invändiga träglaspardier (100%), pentry (100%), utvändiga och invändiga trappor (100%), WC-stolar och handfat (100%), undertaksplattor (95%), fasader (plåt/fönster/pardier) (90%), golv (textilmattor) (90%) och belysning (70%).

Ett tredje exempel där scenario 3 kan nyttjas är den terminallösning som Lambertsson (rentalbolag i försörjningsledet) planerar att utveckla i Västsverige för Peabs (byggentreprenör) räkning. Terminallösningen blir ett komplement till Lambertssons logistiktjänster och är tänkt att effektivisera Peabs materialflöden till och från byggarbetsplatserna. Genom terminallösningen möjliggörs att överblivet material från ett Peabprojekt kan "återbrukas" i ett annat Peabprojekt via lagerhållning i terminalen istället för att hamna på deponi eller energiutvinnas.

Scenario 4: Flera byggarbetsplatser/annan branschmarknad/privatprojekt och försörjningsled

I scenario 4 sker återbruk av material mellan flera olika byggarbetsplatser med olika organisationer (olika byggprojekt), privatprojekt, eventuellt andra branschmarknader och försörjningsled involveras. I försörjningsledet finns därmed aktörer som erbjuder köp- och säljfunktioner (alternativt "gratis" förmedling) för återbrukbart material mellan olika aktörer och byggarbetsplatser. Logistikmässigt innebär scenario 4 att återbrukbart material från olika byggarbetsplatser tas till vara och försörjningsledet involveras för exempelvis transporter och lagerhållning innan materialet sedan levereras till andra byggarbetsplatser, andra branschmarknader eller till privatprojekt för att återbrukas (se Figur 10). Eventuell rekonditionering kan ske på byggarbetsplatserna, hos aktörer på annan branschmarknad, av privatpersoner såväl som i försörjningsledet.

Scenario 4: Mellan flera projekt (olika organisationer)/annan branschmarknad/privatprojekt – flera byggarbetsplatser och försörjningsled



Figur 10. Scenario 4: Bygglogistik för återbruk mellan flera projekt som utförs av olika organisationer/aktörer – flera byggplatser/annan branschmarknad/ privatprojekt och försörjningsled ingår.

Logistikmässigt liknar scenario 4 scenario 3 med behov av terminal eller annan lageryta i försörjningsledet, tjänlig paketering och emballering av materialet, samt vikten av att maximera fyllnadsgrader, bland annat genom samlastning, för att reducera antalet transporter och därmed minska transportkostnader och utsläppspåverkan. Befintliga arbetssätt på byggarbetsplatsen och i försörjningsledet kan behöva anpassas. Lagerhållning i försörjningsledet frigör på samma sätt som i scenario 2 och 3 yta på byggarbetsplatsen samt möjliggör en mer skyddad miljö för lagerhållning. I scenario 4 kan många aktörer i försörjningsledet behöva involveras, inklusive transporter mellan olika geografiska platser, lagerhållning på flera ställen med mera. God planering krävs för att säkerställa att återbrukbart material finns tillgängligt i rätt tid. Material kan dessutom behövas lagerhållas lång tid i försörjningsledet. Kraven på märkning och spårbarhet samt planeringssystem med möjlighet till materialinventering och aktuella lagersaldon är mycket höga, både i försörjningsledet och kundledet. De olika marknaderna med byggprojekt och privatprojekt har olika behov. Privatpersoner är mer benägna att köpa återbrukbart än företag medan företag behöver större mängder material än privatpersoner.

Den stora utmaningen med scenario 4 är att uppnå den storskalighet som krävs för att motivera de eventuella investeringar som behöver göras, exempelvis vad gäller lageryta eller etablering av fysiska och/eller digitala marknadsplattformer. Logistik tjänster behöver således utvecklas för att omfatta återbruk i större skala. Ökade informationsflöden över organisationsgränser är nödvändiga och matchningen av utbud och efterfrågan är en utmaning. Även byggnormer, regler och juridik hindrar scenario 4, där det behövs en utveckling av lagar och regler för att tydliggöra exempelvis vem som äger materialet under lagringstiden, vem som står för kvalitetsgaranti, vilka underhålls krav som gäller och under vilka förutsättningar.

Exempel på projekt och organisationer där scenario 4 nyttjas är JMs och Peabs återbruksavtal, Wiklunds Åkeri, Återbruket i Mölndals stad, insatser inom golvbranschen samt Retursystem Byggpall. Byggentreprenören JM arbetar aktivt med att förbättra beställningarna till sina byggprojekt för att minimera mängden överblivet material. För att möjliggöra återbruk av det material som trots allt blir över har JM tecknat ramavtal med återbruksaktörer som gratis får hämta JMs överblivna material på byggarbetsplatser. En effekt är att JM minskar sina kostnader för avfall. Även andra byggentreprenörer, exempelvis Peab, har idag liknande upplägg där överblivet material från byggarbetsplatser såsom dörrar, fönster och köksinredning hämtas av återbruksaktörer för att kunna säljas vidare. Peab är först ut som stort bygg- och anläggningsföretag att teckna ramavtal gällande återbruk i Malmö och Göteborg. Till exempel har Peab bytt ut närmare 650 fönster och dörrar vid ombyggnadsprojektet HSB Brf. Fyrverkaren i Helsingborg. Peab står för nedmontering och kontakter Malmö Återbyggdepå när det finns tillräckligt för att fylla en mindre lastbil. De begagnade fönsterna och dörrarna packas i emballaget som nya fönster och dörrar levererats i till byggarbetsplatsen. På så sätt minskar kostnaderna för avfall ytterligare. Demonteringen kräver lite extra tid och omsorg för att kunna lämna material i gott skick. På Malmö återbruksdepå rengörs materialet och rensas från infästningar och fogsium för att därefter kunna säljas vidare.

Wiklunds Åkeri erbjuder bygglogistiktjänster såsom exempelvis transport (inklusive samlastning), lagring via logistikcenter, leveransplaneringssystem och avfallshantering. Wiklunds har även försäljning av återbruksmaterial i fysisk butik i Kalhäll (Stockholm) samt via den webbshop för återbruksmaterial som etablerats eller via marknadsplatsen CCBUILD. Återbruksbutiken är uppdelad i återbruk av nyproducerat material (överblivet material) samt återbruk av begagnat material. Ägandet av det återbrukbara materialet innebär en risk affärsmässigt, men intresset för återbrukstjänsten har ökat och återbrukat material har relativt hög omsättning. Wiklunds tar betalt för avfallshantering oavsett material och säljer sedan en del av materialet för återbruk.

Mölndals stad har möjliggjort återbruk genom två satsningar. Dels en ny byggnad anpassad för återbruk inom återvinningscentral Kikås där både företag och privatpersoner kan lämna in samt köpa material och produkter för återbruk. Den andra satsningen sker som partner till CCBUILD med bygget av ett tält där företag kan hyra in sig för lagring av återbrukbart material. Det har dock inte blivit den omsättning man hoppats på i lagret och efter årsskiftet kommer tältet istället användas för återbruk av stadens egna produkter. Aktiviteter vid återbruksbyggnaden i Kikås omfattar bedömning av kvalitet av material som lämnats in som potentiellt återbrukbart. Säljbart material tas in i lagret, rekonditioneras, modifieras och emballeras eventuellt av egen personal (delvis under arbetsträning). Materialet lagras inför utställning och/eller försäljning. Vad gäller återbruk av stadens egna produkter i den separata lagerbyggnaden (tältet) så pågår ett arbete för att skapa processer och arbetssätt. För att skapa förutsättningar för återbruk krävs det att många processer finns på plats som omfattar: inventering, transporter, emballering, redesign/reparation/rekonditionering, lager, sälj samt rådgivning. Staden ser kategoristyrning av både inredning och byggprodukter som en viktig del i processen. Samarbete har även initierats med en auktionsfirma som kan sälja stadens produkter i de fall det saknas

efterfrågan av återbruk internt. Transporten från de kommunala enheter där produkterna finns till lagret i Kikås kommer att utföras av stadens egna resurser. Den återbrukstransporten skulle genomförts oavsett för materialåtervinning. En trolig utveckling för att öka försäljningen och därmed öka lageromsättningshastigheten för återbrukbart material är användandet av en e-handelsplattform. Mölndals stad märker av att efterfrågan ökar relativt snabbt, men från en mycket låg nivå. Efterfrågan är fortfarande för liten för att kunna skapa effektivitet i återbruksflödena. En annan lärdom är att börja verksamheten med fokus på de lågt hängande frukterna, i form av vilka produkter som återbrukas. Möbler och inredning är en bra start, samt även vissa byggvaror. Till exempel finns helt nyproducerat, överblivet material i stor mängd där en hel del är fortfarande kvar i originalförpackningen.

Golvbranschen var tidigt ute med återvinning och systemet GBR Golvåtervinning som innefattar plastspill växer stadigt. Återvinning utvecklas även för textil- och linoleumgolv. Men nu sker även pilotprojekt inom återbruk där danska Ege Carpets fick en förfrågan från Vasakronan (fastighetsbolag) om återbruk av inlagda textilplattor i kvarteret Hästskon i Stockholm. Ege ansvarade för att ta upp golven, rengöra dem, sortera, sätta på pall och ta hand om och eventuellt lagra dem för återbruk. Ege besiktigade plattorna medan det praktiska jobbet med att städa mattorna och lyfta upp dem på pall gjordes av en underkonsult, Textilgolvsspecialisten. Ege sålde denna tjänst till Vasakronan och Ege behövde inte lagra mattorna själva eftersom Vasakronan fann en annan användning inom sitt fastighetsbestånd. Ungefär halva ytan (motsvarande 2500 m²) bedömdes som användbar efter uppfräschning.

Ett annat exempel som nyttjar logiken i scenario 4 med avseende på bygglogistik är Retursystem Byggpall som återanvänder begagnade EUR-pallar (B-pallar). För att förbättra hanteringen av pallar i byggbranschen startades år 2006 Retursystem Byggpall som ett projekt i samverkan mellan Byggföretagen (då Sveriges Byggindustrier), Byggmaterialindustrierna och Bygg- och Järnhandlarna. År 2006 slängdes över hälften av pallarna i EUR-format på byggarbetsplatserna. Syftet med projektet var att göra hanteringen av lastpallar inom branschen enklare, billigare och mer miljövänlig samt att införa en anpassad och gemensam standard för pallhantering. Byggpall är tekniskt sett en lastbärare men samma logik är intressant även för återbruk av byggmaterial.

Retursystem Byggpall drivs av företaget Returlogistik som ansvarar för utveckling och implementering och företaget NorrlandsPall har i uppdrag att hantera den operativa verksamheten. Vid behov av pallar lägger en producent av byggmaterial order hos NorrlandsPall som levererar pallarna. När materialet lastat på byggpall levererats till slutkund (exempelvis en byggarbetsplats eller en grossist) köper NorrlandsPall tillbaka pallarna till ett fast pris. De använda pallarna skickas till NorrlandsPalls anläggning för kvalitetskontroll och reparation. När pallarna är kontrollerade och reparerade till de förbestämda kvalitetsnivåerna kan pallarna återigen säljas vidare. Då alla pallar inspekteras och repareras innan leverans ökar kvaliteten vid transport och hantering med åtföljande lägre risk för skador på godset. Systemet innebär att det totalt slängs färre pallar, vilket är såväl kostnadseffektivt som en förbättring ur ett hållbarhetsperspektiv. Retursystemet besparar årligen byggbranschen 25 000 containrar (a' 10m³) slängda pallar. Det motsvarar

ungefär 19 000 ton avfall och 1,2 miljoner kg CO₂. Retursystem Byggpall är därmed ett exempel där en nischade aktör tar hand om återbruksflödet för ett enskilt material/produktslag och sköter hela svenska marknaden utifrån en standardiserad process. Administrationen underlättas när köpare och säljare av material inte behöver heller hålla reda på flera separata så kallade pallkonton som reglerar transaktioner av pallar. Upplägget med bygglogistik inklusive hantering, transport och lagerhållning av pallar som bär sig affärsmässigt är helt avgörande för att systemet ska leva kvar. Exemplet visar på hur en för branschen gemensam systemlösning kan bidra till förbättringar med avseende på kostnad, kvalitet och hållbarhet som skapar positiva effekter för branschens olika aktörer och för branschen som helhet. Systemet bygger på samverkan i alla led. En viktig lärdom är att utveckling av en sådan lösning för återbruk via retursystem tar tid och behöver få växa fram successivt. En problematik kring denna typ av lösning är att de positiva effekterna blir mindre när inte samtliga aktörer som levererar till en viss byggarbetsplats är anslutna till systemet och både traditionella pallar och pallar från Retursystem Byggpall måste hanteras, med skilda krav och rutiner. Då stora mängder pallar totalt hanteras på ett bygge och av olika aktörer krävs då omfattande planering och koordinering av flera flöden, vilket är komplicerat, tidskrävande och därmed ineffektivt.

Slutsatser

Bygglogistik har en central roll som möjliggörare av cirkulära materialflöden och ökat återbruk av byggmaterial för att minska samhällsbyggnadssektorns klimatpåverkan. Bygglogistik för cirkulära materialflöden omfattar planering, organisering, koordinering och kontroll av materialflöden från demontering av material till återbruk vid nybyggnation eller renovering. Intresset är stort i samhällsbyggnadssektorn och återbruk genomförs inom enskilda projekt där produkter och material tas tillvara vid renovering såväl som återbruksutbyte med fysiska och digitala köp-säljmöjligheter mellan olika projekt och olika aktörer. Många aktörer ser en stor potential att *reducera klimatpåverkan samtidigt som kostnadsmässiga och affärsmässiga fördelar kan uppnås*, även om användning av återbrukat byggmaterial i dagsläget inte alltid är ekonomiskt lönsamt. Ekonomiska drivkrafter finns i form av att möjligheter att utöka de tjänster som erbjuds, skala upp mängden material som cirkuleras för ökad effektivitet samt att skapa nya affärsmodeller. De ekonomiska effekterna är svårkvantifierbara. Det finns idag endast en blygsam intäktsgenerering för försäljning av återbrukbart material och ökad efterfrågan på bygglogistik för cirkulära flöden. Återbruk är idag främst en möjlighet att minska kostnader för avfall och utsläppsrätter för många av aktörerna. Ökat återbruk ses också som ett sätt att minska beroendet av nytillverkat material och minska risken för materiellbrist till följd av komplexa, internationella leverantörskedjor i ett mer osäkert omvärldsläge. I studien framkommer också att många aktörer tror att det kommer att komma krav på återbruk i linje med skärpta lagar och regelverk för att adressera klimatpåverkan.

Ett viktigt resultat i studien är att *nyttillverkat, överblivet material bör ingå i initiativ för att öka återbruk*, då överblivet material i dagsläget ofta kasseras som avfall eller deponeras vid färdigställandet av ett byggprojekt. Överblivet material uppstår då inköpsvolymerna är i överkant utifrån inköpspraxis (oftast runt 10 %) eller vid felbeställningar. Att möjliggöra återbruk av sådant överblivet material torde vara en "långt hängande frukt" vad gäller ökat återbruk.

Bygglogistik för cirkulära materialflöden är i ett tidigt utvecklingsskede och även om det finns en rad initiativ och arbetssätt så saknas en standardiserad och etablerad struktur som möjliggör storskalighet. Studien påvisar att *det finns ett behov av ökade volymer och storskalighet för att skapa förutsättningar för industriellt återbruk i samhällsbyggnadssektorn*. En utmaning som lyfts fram vad gäller materialflöden för återbruk är *svårigheten att matcha utbud och efterfrågan* med avseende på ex. kvalitet och volym, liksom ett ökat behov av fungerande "marknadsplatser" med köp- och säljfunktioner. Vad gäller utveckling är *behovet av digitala plattformar stort* för att synliggöra det utbud av återbrukbart material som finns och för att skapa möjligheter att avyttra material. Detta är direkt avgörande för att exponera tillgängligt material för större kundgrupper: "ett Blocket för återbrukbart material". Sådana lösningar finns idag i mindre skala och som regionala initiativ.

Ett annat behov som kräver utveckling är *logistikplaneringssystem som omfattar identifiering, spårbarhet, materialinventering och lagersaldon för återbrukbart material*. Dessa system är centrala resurser för intern översyn hos enskilda aktörer men framför allt för möjlighet till koordinering över aktörsgränser. Önskvärt är också att dessa system går

att integrera med interna inköpssystem, där återbruk kan ingå som en del tillsammans med inköp av nyproducerat material. Sammantaget finns således behov av att *utveckling av dagens digitala system alternativt utveckling av helt nya system så att information som påverkar bygglogistik får återbrukbart material görs tillgänglig inom och över organisationsgränser.*

Kunskap och kompetens om hur återbrukat material ska hanteras logistikmässigt är centralt, exempelvis krävs mer varsamma metoder för materialhantering, paketering och förflyttning då äldre nermonterat material exempelvis kan mer skört eller skadeutsatt då inte en originalförpackning används. Behovet av *lösningar för emballering* är stort för att materialet inte ska skadas under hantering, lagerhållning och transport. Kopplat till detta är utmaningen att reglera vem som ansvarar för kvaliteten på det återbrukade materialet och vem som kan ge kvalitetsgarantier vad gäller material/produkter, inklusive eventuell rekonditionering, och påverkan på materialet under hantering i de många led av aktörer som kan ingå i ett cirkulärt bygglogistiskt flöde.

Studien identifierar *fyra principiella sätt (scenarios) att organisera bygglogistik* vid återbruk. Inom varje sådant scenario finns varierande sätt att planera och utföra bygglogistik utifrån de bygglogistikaktiviteter som krävs och vilka aktörer som utför dessa med hjälp av olika resurser. Komplexiteten ökar från scenario 1 till 4 vad gäller planering, organisering, koordinering och kontroll av materialflöden för återbruk. Fler olika aktörer involveras och antalet affärsrelationer vad gäller det återbrukbara materialet såväl som logistiktjänster ökar. En viktig lärdom i studien är att för att möjliggöra cirkulära materialflöden så krävs det att man *tidigt i processen tänker igenom logistikgenomförandet* och planerar för vilket eller vilka av scenario 1-4 som kommer att nyttjas för att säkerställa en lämplig bygglogistiklösning. *Inom ett och samma byggprojekt kan flera olika scenarios ingå*, till exempel för olika materialslag eller för olika faser i projektet. För samtliga scenarios är det *potentiellt möjligt att bygglogistik för återbruk av byggmaterial kombineras med bygglogistik för nyproducerat material in till byggarbetsplats eller byggavfall som inte är återbruk* (förutsatt att regler för hantering av byggavfall efterföljs). *Det är därmed möjligt att utnyttja befintlig logistikinfrastruktur.* Det är tydligt att det finns ett stort behov av en *koordinatorroll för cirkulära materialflöden i byggprojekt.* Vad som ingår i en sådan roll och vem som lämpligtvis axlar detta ansvar är däremot mindre tydligt och rollen bör anpassas efter det enskilda projektets behov och förutsättningar.

Bygglogistiklösningar kan utformas separat för enskilda materialslag (ex. fönster, gips, fasad element, betong, porslin, belysning separat), *flera materialslag tillsammans* eller som *systemlösning med "alla" materialslag tillsammans.* Varje sådan logik har sina för- respektive nackdelar. Logistiklösningarna innebär alltid en viss anpassning till det materialslag som omfattas vad gäller materialhantering, transport och lagerhållning, inte minst vad gäller paketering och emballering. Vissa materialslag är naturligt lättare att hantera tillsammans ur en bygglogistisk synvinkel. Med ett fokus på enskilda materialslag finns det möjligheter för nischade, specialiserade aktörer att nå ökade volymer genom att samla in återbrukbart material från många olika projekt. Från ett byggarbetsplatsperspektiv kan detta däremot innebära en nackdel då det kan skapa trängsel på byggarbetsplatsen om många olika aktörer ska befinna sig på samma yta vid insamling av material. Där kan en systemlösning vara att föredra med ingen eller endast en viss sortering på

byggarbetsplatsen, men en aktör som bygglogistiskt hanterar och transporter återbrukbart materialet ut från byggarbetsplatsen till försörjningsled för sortering (liknande aktörsrollen för returlogistik av avfall idag). Enligt samma logik kan en systemlösning som erbjuder många återbrukbara materialslag innebära fördelar vid intransport till byggarbetsplats där samlastning möjliggör reducerat antal transporter och minskad materialadministration vid ankomst.

På systemnivå finns ett behov av att samordna flöden på ett enhetligt sätt för att uppnå storskaliga fördelar samt öka tillgängligheten av återbrukbart material. Detta kan i sin tur kräva nya lösningar och en förändring av roller hos etablerade aktörer och/eller generera ett behov av en helt ny typ av aktörer. Omställningen till ökat återbruk och minskade volymer nyproducerat material skapar därmed nya relationer och nätverk mellan aktörer, inte minst vad gäller att åstadkomma de cirkulära bygglogistikflöden som krävs. Studiens resultat ger indikationer på ett behov av ökad samverkan mellan aktörer. Kopplat till det vore det gynnsamt för utvecklingen av cirkulära materialflöden att se över behovet av branschstandarder kopplat till återbrukbart material och cirkulära logistikflöden, inklusive involvering från branschorganisationerna.

Bygglogistik involverar ett stort antal olika aktörer, med olika roller och olika ansvarsområden. Utveckling av bygglogistik för cirkulära materialflöden innebär att *nätverket av aktörer påverkas. Privat och offentliga beställare* har en nyckelroll med möjlighet att påverka genom att ställa krav på återbruk, men också genom att ställa krav på de logistiklösningar som används för återbrukbart material, exempelvis genom krav på samlastning. Detta är centralt för att inte klimatvinster med återbruk ska ätas upp av en bygglogistik som genererar negativa klimateffekter, exempelvis en stor ökning av mängden, icke klimatsmarta transporter. För *logistikaktörerna* innebär återbruk en möjlighet att öka utbudet av logistiktjänster med tjänster anpassade för återbruk. Dessutom finns en potential att öka skalan och resursutnyttjandet för de logistiktjänster som redan idag utförs om linjära och cirkulära flöden kan kombineras. En potentiell förändring i aktörsnätverket är också att vi kommer att se nya logistikaktörer som etablerar sig med fokus på just cirkulära materialflöden och återbruk.

Bland redan existerande aktörer utmärker sig *rentalbolagen* som koordineringsexperter på cirkulära flöden med affärsmodeller som bygger på att cirkulera runt produkter och tillhörande tjänster mellan olika byggprojekt. En potentiell utveckling är att dessa aktörer tar ett ansvar för att hantera cirkulära materialflöden, på likande sätt som vissa rentalbolag idag har utvecklat logistiktjänster för nyproducerat material. För *entreprenörerna* innebär återbruk en ökad och till viss del annorlunda materialhantering på byggarbetsplatserna. Arbetsuppgifter kan även ändras från att riva till att demontera. Även inköp av byggmaterial förändras liksom hur demonterat eller överblivet material ska hanteras. För *materialleverantörerna* finns möjligheten att utöka sin portfölj av nyproducerade produkter till att inkludera återbrukbart material. Vissa distributörer och materialtillverkare har idag utvecklat sin verksamhet till att omfatta nya logistiktjänster, tex. kittning eller leverans av material fram till plats för installation på byggarbetsplatsen. En potentiell utveckling är att logistiktjänster utvecklas även för återbrukbart material, vilket kan drivas på av ett eventuellt utökat producentansvar vad gäller att uppnå cirkularitet. I framtiden kanske det

till exempel finns en skyldighet att rekonditionera vissa material. Vad gäller återbruk har *ÄVC:er* en mycket viktig roll som fysiska noder för cirkulära materialflöden, inklusive materialhantering, transporter och lagerhållning vilket möjliggör ett utbyte mellan köpare och säljare. Även digitala marknadsplatser, likt CCBUILD, har en viktig roll i sammanhanget.

I utveckling av bygglogistik för återbruk är en rekommendation att *ta lärdom av de cirkulära flöden som redan har implementeras*. Det finns idag mer eller mindre beprövade återvinningsflöden för vissa materialslag, exempelvis parkettgolv, glasåtervinning och plast för emballering. Här finns många lärdomar om hur logistiken organiseras samt hur affärsmodeller utvecklats, för enskilda aktörer men också genom branschsamverkan. Genom att dra lärdom av det befintliga men också våga tänka helt nytt kan lösningar utvecklas som innebär att resurseffektivitet, affärsnytta och klimatnytta uppnås. Centralt är att lagstiftning hänger med för att inte hindra denna utveckling. Att sedan implementera dessa lösningar för ett ökat återbruk, inklusive den helt avgörande bygglogistiken för cirkulära flöden, är sedan till syvende och sist en ledarskapsfråga: det gäller att bestämma sig, bädda för uthållighet och driva förändringsarbete långsiktigt över tid.

Fortsatt forskning

Det behövs vidare fördjupning inom de områden som berörs i denna rapport. Med utgångspunkt i denna studies kartläggning av vilka aktörer som skulle kunna ta en utökad eller helt ny roll kopplat till cirkulär bygglogistik bör det utredas vidare *hur aktörers existerade affärsmodeller påverkas av återbruksflöden*. När aktörers affärsmodeller förändras och nya eller befintliga aktörer tar nya roller i nätverket påverkas affärsutbyten och kund- och leverantörsrelationer mellan aktörerna. Det bör det därför vidare undersökas *hur etablerade affärsrelationer påverkas vid införandet av bygglogistiklösningar för cirkulära materialflöden samt vilka eventuellt nya affärsrelationer som kan uppstå*.

De scenarios som presenteras i denna studie är olika sätt att strukturera de cirkulära materialflödena för återbruk av byggmaterial och dess behov av aktiviteter, resurser och aktörer. Med utgångspunkt i detta behöver det utredas *vilka effekter som kan uppnås i olika scenarion*. Det är därför av intresse att undersöka och mäta påverkan på t.ex. kostnadsnivåer och klimatpåverkan för att utförigare kunna utvärdera olika sätt att organisera bygglogistik som möjliggör cirkulära flöden och ett ökat återbruk av byggmaterial. En sådan utredning kan bidra till att kravställning vid återbruk och cirkulär bygglogistik kan preciseras, appliceras och utvärderas. Möjligheten finns därmed att aktivt styra mot de bygglogistiklösningar som är resurs- och kostnadseffektiva och samtidigt reducerar klimatpåverkan i samhällsbyggnadssektorn.

Författare:



Projektledare (kontaktperson):

Viktoria Sundquist, viktoria.sundquist@chalmers.se

Universitetslektor, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers



Petra Bosch, petra.bosch@chalmers.se

Biträdande professor, Teknikens ekonomi och organisation, Chalmers



Mats Janné, mats.janne@liu.se

Universitetslektor i Bygglogistik, Linköpings universitet



Jenny Olsson

jenny.olsson@afry.com

Supply Chain Management konsult, AFRY



Ahmed Sezer

ahmet.sezer@liu.se

Biträdande Universitetslektor i Bygglogistik, Linköpings universitet



Petter Wadmark

petter.wadmark@afry.com

Senior Supply Chain Management konsult, AFRY