

Prefabricerade badrumsmoduler

Är det en effektiv metod och i vilka projekt passar det?

Emma Theorin Johansson
Ludvig Karmehed



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright © Emma Theorin Johansson och Ludvig Karmehed

Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion, Lunds tekniska högskola, Lund

ISRN LUTVDG/TVBP-21/5631-SE
Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion
Box 118
SE-221 00 LUND

Lund University
Lund 2021

Abstract

The housing shortage in Sweden means that a lot of focus is placed on finding new efficient methods that allow for a faster and more cost-effective construction. The type of industrial construction that was used in the so called Million Program in Sweden in the 60s and 70s was substandard in many ways and has given many Swedes a negative image of what industrialized construction and prefabrication means. The bathroom is a part of the home that historically has caused a lot of problems in Swedish buildings. Prefabricated bathrooms are a construction method that could allow for a more efficient construction production in comparison to a traditional site-built bathroom, while maintaining quality and standard.

The purpose of this study is to examine whether prefabricated bathrooms are efficient or not, and in which type of projects they are suitable. With the aim of answering the research questions, a case study has been carried out including both a building project using prefabricated bathrooms and a project using site-built bathrooms. Data has been collected through observations during site visits, literature studies and interviews with actors within and outside the case study. For the interviews, people with relevant professional roles and experiences have been selected from three different construction companies in Sweden.

Two different building systems, semi-prefabricated and fully prefabricated building system, have been studied in building projects where bathroom modules have been used. In the project with prefabricated bathrooms, where a semi-prefabricated building system is used, it was noted that the most critical activity was the curing of the concrete in the slabs. More specifically, since the modules are self-supporting and thus do not carry any loads, a higher concrete quality must be used to achieve sufficient strength in the slabs. Additionally, a recess must be made in the slab to make place for the module and its underlying drain pipes. The floor slab then needs to cure for 12 days between casting and assembly of the bathroom modules. This means that the construction project must include at least three stairwells at the same time, for the use of the crane to be efficient.

The saving of time that the project resulted in through the use of prefabricated bathroom modules, occurred when the inside of the building was done as a result of the activities that were eliminated. The time of the frame-work was however extended because of the curing of the concrete. A saving of 3 resources, a craftsman, a tiler and a plumber, was obtained. Bathroom modules in combination with a fully-prefabricated building system meant the same saving of time and resources with the inside walls, but did not lengthen the frame-work process.

Another advantage with prefabricated bathrooms, is an improvement of the work environment, since the amount of people, materials and work on the site is decreased. The many rules and requirements controlling the construction of site-built bathrooms are also not needed to take into consideration since the bathroom modules are type approved.

The optional choices that can be made by the customers are limited in bathroom modules compared to on-site bathrooms. The customers can either not make any choices at all or the choices need to be made very early, in a stage when a lot of the apartments in a project have not even been sold yet. This is a reason to why prefabricated bathrooms are best suited in condominiums where the target group has less requirements on the apartment aesthetics or student accommodations or hotels. The method is not suitable in exclusive housing projects where the customers want to significantly influence the design of their homes.

Keywords: prefabrication, bathroom, construction efficiency, construction management, Part AB

Sammanfattning

Bostadsbristen i Sverige medför att fokus läggs på att hitta lösningar som kan innebära snabbare och mer kostnadseffektivt byggande. Den typen av industriellt byggande som användes i Miljonprogrammet på 1960- och 70-talet var undermålig och har gett många svenskar en negativ bild av vad industrialiserat byggande och prefabricering innebär. Badrummet är en del av bostaden som historiskt sett inneburit en stor mängd skador i svenska byggnader. Prefabricerade badrumsmoduler är en metod som kan innebära en mer effektiv produktion jämfört med de traditionella badrummen samtidigt som samma höga standard kan upprätthållas.

Syftet med studien är att ge ett svar på om användandet av prefabricerade badrumsmoduler är en effektiv metod i svenska byggnadsprojekt samt i vilka projekt som metoden är bäst lämpad. Med målet att besvara de aktuella frågeställningarna har en fallstudie genomförts där ett byggnadsprojekt med badrumsmoduler och ett projekt med platsbyggda badrum har studerats. Datainsamling har skett genom platsbesök och observationer på de nämnda projekten, litteraturstudier och intervjuer både i och utanför fallstudien. Till intervjuer har personer med relevanta yrkesroller och erfarenheter valts ut från tre olika byggföretag.

Två olika byggsystem, semiprefabricerat och helprefabricerat stomsystem, har studerats vid byggande med badrumsmoduler. På projektet med badrumsmoduler i fallstudien, där semiprefabricerat stomsystem används, noterades att den aktivitet som är mest kritisk och som styr tiden är betongens härdningstid i bjälklagen. Att det är kritiskt beror på att badrumsmodulerna inte är bärande och att ursparningar för modulerna måste göras för att få plats med avloppsrör och golvbrunn i bjälklaget. Bjälklaget behöver härda 12 dagar mellan gjutning och montering av badrumsmodulerna och detta innebär att projektet behöver inkludera minst tre trapphus samtidigt för att inte stomresningen ska stå stilla.

Tidsvinsten skedde i stomkompletteringsskedet eftersom vissa aktiviteter då utgick. Stomskedet för det semiprefabricerade byggsystemet tog längre tid med badrumsmoduler jämfört med platsbyggda badrum, på grund av betongens härdning. Däremot kunde en vinst göras i form av resurser; en hantverkare till montering av badrumsinredning, en plattsättare och en rörläggare. Badrumsmoduler i kombination med ett helprefabricerat stomsystem innebär samma vinst i stomkompletteringsskedet i form av tid och resurser, men medför däremot inte någon extra tid i stomresningen.

En annan fördel med prefabricerade badrumsmoduler som studien visade är att arbetsmiljön förbättras eftersom antalet moment, aktörer och material på byggarbetsplatsen minskar. De många krav och regler som styr byggandet av platsbyggda badrum, och som ofta ändras, behöver heller inte tas hänsyn till eftersom modulerna är typgodkända.

Tillvalen som kan göras begränsas kraftigt i badrumsmoduler jämfört med platsbyggda badrum. Kunden kan antingen inte göra några val alls i sitt badrum, eller behövs valen göras väldigt tidigt, i ett skede där många lägenheter inte ens hunnit säljas. Detta innebär att badrumsmoduler passar bäst i bostadsrätter där målgruppen ställer mindre estetiska krav på sin bostad, eller studentlägenheter, hyresrätter eller hotell. Badrumsmoduler passar inte i exklusivare bostadsrätter där kunden vill påverka sin bostads utseende.

Nyckelord: prefabricering, badrum, produktionseffektivitet, byggproduktion, Part AB

Förord

Vi vill tacka alla respondenter som gått med på att ställa upp på intervju. Tiden och intresset ni gav oss uppskattar vi mycket.

Vi vill också tacka de personer på JM som gav oss idén till ämnet, lät oss komma ut till arbetsplatserna en dag i veckan och bidrog med sina kunskaper.

Till sist vill vi också tacka vår handledare på LTH, Rikard Sundling, som under hela våren varit ett bra stöd till vårt arbete med studien.

Lund den 27 maj 2021

Ludvig Karmehed
Emma Theorin Johansson

Innehållsförteckning

1.	Inledning	10
1.1.	Industriellt byggande	10
1.1.1.	Prefabricering	11
1.1.2.	Prefabricerade badrum	11
1.2.	Syfte och mål	12
1.3.	Frågeställningar	12
1.4.	Avgränsningar	13
2.	Metod	14
2.1.	Litteraturstudie	14
2.2.	Datainsamling	14
2.2.1.	Observationer	15
2.2.2.	Dokumentstudie	15
2.3.	Kvalitativ forskning	15
2.4.	Fallstudie	16
2.5.	Intervjuer	17
2.6.	Validitet och reliabilitet	18
3.	Teori	20
3.1.	Badrumsbyggandets utveckling	20
3.1.1.	Statistik vattenskador	21
3.2.	Aktörer och organisationer som styr byggandet av badrum	22
3.2.1.	Säker Vatten	22
3.2.2.	Säkra Våtrum	22
3.2.3.	Byggkeramiska rådet	22
3.3.	Byggregler och branschstandarder för platsbyggda badrum	23
3.3.1.	Boverket	23
3.3.2.	Våtzoner	23
3.3.3.	Golv	25
3.3.4.	Väggar	26
3.3.5.	Tak	27
3.3.6.	Tätskikt	27
3.4.	Byggregler och branschstandarder för prefabricerade badrum	28
3.4.1.	Typgodkännande	28
3.5.	Prefabricerade badrum – ett industriexempel	29
3.5.1.	Tillverkning av badrumsmoduler	29
3.5.2.	Part AB:s badrumsmoduler	32
3.6.	Lean production	33

3.6.1.	Lean i kundfokus	34
3.6.2.	Standardisering/Prefabricering	35
3.6.3.	Just In Time	35
3.7.	Arbetsmiljö	36
3.8.	Betongbjälklag och dess inverkan på tiden	37
4.	Resultat.....	38
4.1.	Förutsättningar.....	38
4.1.1.	Presentation av respondenter	38
4.1.2.	Presentation av fallföretag	39
4.1.3.	Presentation av fallstudie.....	39
4.1.4.	Intervjuer utanför fallstudie	40
4.2.	Analys av resultat	41
4.2.1.	Prefabricerade badrumsmoduler.....	41
4.2.2.	Platsbyggda badrum.....	52
4.2.3.	Stomsystem.....	57
4.2.4.	Produktionseffektivitet	63
4.2.5.	Kostnader	69
4.2.6.	Framtidsvision	72
4.2.7.	Utmaningar	72
4.2.8.	Eftermarknad	74
4.2.9.	Badrumsmoduler i olika typer av projekt.....	75
4.2.10.	Målgrupp.....	75
5.	Diskussion	77
5.1.	Arbetsmiljö	77
5.2.	Betongbjälklagets påverkan.....	77
5.3.	Bärande eller icke-bärande prefabricerade konstruktioner.....	78
5.4.	Erfarenhetsåterföring.....	78
5.5.	Badrumsmoduler för brukaren	79
5.6.	Konsekvenser av en ökad prefabriceringsgrad.....	80
5.7.	Lean production och Just-In-Time	81
6.	Slutsats	82
6.1.	Svar på frågeställningar	82
6.2.	Sammanfattning av fördelar och nackdelar med badrumsmoduler kontra platsbyggt.....	83
6.3.	Framtida forskning	84
	Litteraturförteckning	85

1. Inledning

Det är allmänt vedertaget att det råder en bostadsbrist i Sverige. Enligt Boverket (2020) har totalt 152 000 artiklar de senaste 20 åren publicerats där bostadsbrist har nämnts. Bostadsbrist är ett ämne som berör och intresserar många i Sverige, de allra flesta behöver ju en bostad för att kunna leva. Ett specifikt problem är att unga har svårt att komma in på bostadsmarknaden. Detta beror på att de inte hunnit spara ihop tillräckligt med pengar för en ägd bostad, och de har heller inte hunnit stå i kö tillräckligt länge för en hyresbostad (SVT, 2020).

En nyproducerad hyreslägenhet har också en högre hyra, något som inte heller passar de unga människorna som söker efter sin första bostad. Många lägenheter som byggs är också alldeles för stora för att möta efterfrågan och med större yta ökar även hyresnivån (Lidelöw, et al., 2015). En lösning skulle kunna vara att bygga fler små lägenheter med metoder som medger snabbare och billigare byggande.

1.1. Industriellt byggande

Det är inte första gången det råder bostadsbrist i Sverige. I samband med andra världskrigets slut år 1945 karakteriserades Europa av en enorm bostadsbrist. Miljontals bostäder behövdes, och inte bara bostäder, utan även infrastrukturen var på sina ställen totalt ruinerad och i stort behov av att på nytt byggas upp från grunden. Europa var i kris, och man insåg snabbt att de tidigare traditionella hantverksmetoderna inte skulle räcka till för att bygga upp länderna och dess samhällen igen (Adler, 2005).

Den bostadsproduktion som genomfördes i Sverige under 60- och 70-talet som kom att kallas för miljonprogrammet, är kanske det som mest associeras till när industriellt byggande kommer på tal. Mellan 1965 och 1975 byggdes mer än en miljon bostäder, en femtedel av hela Sveriges bostadsbestånd idag (Boverket, 2020), och de byggdes på ett annat sätt än hur bostäder byggts i Sverige tidigare. Bostadsbristen var stor och mer fokus lades på att bygga snabbt än på att bygga bra. Detta ledde till att oprövade byggtekniker och material som inte alltid fungerade infördes, monteringsbyggande ökade, hantverket minskade och förtillverkade byggdelar som var undermåliga användes (Björk, et al., 2013).

Sveriges misslyckande med miljonprogrammet kan lätt leda till uppfattningen hos många att industriellt byggande visserligen är något som går snabbt, men inskränker på byggnadens kvalitet, funktion och estetik. Detta är inte nödvändigtvis en rättvis bedömning. Byggbranschen har lärt sig mycket av miljonprogrammet och det är lätt att glömma att industriellt byggande fanns långt innan 1960-talet, en industriell utveckling är till exempel den förtillverkade tegelstenen jämfört med den handslagna stenen som användes förr (Lidelöw, et al., 2015).

Under 60- och 70-talet var det industrialiserade byggandet främst inriktat på projekt i stora skalor, vilket under 80-talet istället ersattes av mindre och mer varierade bostadsprojekt (Boverket, 2005). Platsbyggnad blev, till viss del, vanligt igen i kombination med prefabricerade byggnadsdelar. Senare, från och med 90-talet, har metoder utvecklats för att hitta mer passningsbara industriella lösningar för projekt av olika karaktär. Att använda förtillverkade volyemelement i bostadsprojekt har varit en metod där det huvudsakliga syftet är att sänka byggkostnader och att förkorta byggtider.

Ett nytt perspektiv och synvinkel på industriellt byggande utvecklades under 1980-talet. Fokus flyttades från en effektiv massproducering till att även beakta den tekniska kvaliteten under byggnadens brukstid. Allt fler krav formulerades som gjorde det omöjligt att inte ta hänsyn till beständighet, livslängd och byggnadens förvaltning (Adler, 2005). Miljö- och ekologiaspekter tog allt mer plats genom ett ökat medvetande kring energi och resurser.

Samtidigt som miljömässiga aspekter fick en allt större betydelse i byggandet utvecklades informationsteknologin och automatiseringen, vilket skapade fler möjligheter för den industriella tillverkningen och därmed fick byggandet att utvecklas (Adler, 2005). Genom att kombinera ett miljövänligt byggande med informationsteknologins potential skapades förutsättningar för en effektiv prefabricering av byggnadskomponenter, där tillverkningen kunde speglas av resurs- och energieffektivitet.

1.1.1. Prefabricering

En typ av industriellt byggande är prefabricering av byggnadsdelar. Prefabricering definieras enligt Lidelöw, et. al (2015):

“byggnadsdelar tillverkas i en miljö som är anpassad för rationell produktion, där lämpliga hjälpmedel och rätt utrustning finns tillgängliga och där arbetsmiljön är god.”

Valet av byggnadsmetod i ett projekt, exempelvis monteringsbyggnad istället för platsbyggnad, kan ha stor påverkan på produktionstiden. Monteringsbyggnad kan beskrivas enligt Adler (2005) som

”en metod för sammansättning av industriellt eller hantverksmässigt förtillverkade byggnadsdelar och byggkomponenter till hus och byggnader”

Även om den reducerade tiden kan ses som en fördel, bör planeringsarbetet förberedas och genomföras noggrant, eftersom lönsamheten för projektet i slutändan är beroende av om oönskade aktiviteter eller händelser, relaterade till fel och brister, uppstått under tiden (Adler, 2005).

Sveriges har traditionellt sett varit mer försiktiga med att bygga med prefabricerade element än sina grannar Danmark, Norge och Finland som alla hade betydligt högre prefabriceringsgrad under förra seklet (Fernström & Kämpe, 1998). Det kan vara fördelaktigt att optimera förtillverkningsgraden för att minimera antalet moment på byggarbetsplatsen och förkorta byggtiden, så när Sverige under 2000-talet försöker komma ikapp sina grannar bör analyser göras om vilka byggnadsdelar och moment som kan genomföras i fabriksmiljö, där förutsättningarna oftast är bättre för rationell produktion och kvalitetssäkert arbete än på byggarbetsplatsen.

1.1.2. Prefabricerade badrum

I platsbyggda, installationstäta byggnadsdelar som till exempel badrum och kök sker fler moment och inblandar fler aktörer än i andra delar av byggnaden. Därför är prefabricering av moduler särskilt effektiva för installationstäta byggnadsdelar som badrum och kök (Lidelöw, et al., 2015). I ett platsbyggt badrum samsas väldigt många olika aktörer, där krävs snickare, rörläggare, elektriker, plattsättare och ventilationsinstallatörer. Genom att använda prefabricerade badrum minskar antalet aktörer på byggarbetsplatsen och därmed också risken för trängsel och olyckor.

Prefabricerade badrum har blivit vanligare i bostadsproduktion, men har fortfarande stor potential till att implementeras ytterligare (Lidelöw, et al., 2015). Dessa enheter kan utgöras av våtrumsväggar såväl som hela volymenheter som levereras och monteras direkt på det färdiga bjälklaget på byggarbetsplatsen. En särskild fördel med prefabricerade badrumsmoduler, där framställningen förflyttats till en industrimiljö, är den reducerade produktionstiden samt förutsättningarna och möjligheterna som skapas för att utveckla och förbättra både produkt och utförande (Adler, 2005).

Andra fördelar är att det blir lättare att hålla och kontrollera kvaliteten för de specifika modulerna, byggavfallet minskar på byggarbetsplatsen när antalet moment och mängden material minskar, och det minskade arbetet på byggarbetsplatsen leder också till att färre resurser behövs, vilket i sin tur leder till att ekonomiska besparingar kan göras (Lidelöw, et al., 2015).

En mindre positiv aspekt med badrumsmoduler är relaterad till dess placering på bjälklaget, vilket kan minska flexibiliteten och möjligheten att göra ändringar i lägenhetsplanernas utformning. Större krav ställs på att placeringen är noga genomtänkt och planerad (Adler, 2005). Dessutom begränsas storleken på modulerna av att den inte kan göras bredare än 4,15 meter för att få fraktas på allmän väg utan poliseskort (Lidelöw, et al., 2015).

Badrumsmoduler har alltså potential till att vara en effektiv lösning i byggnadsproduktionen, om rätt förutsättningar finns. Det finns flera positiva aspekter med metoden vilket gör det intressant att utforska vidare om användningen av badrumsmoduler är en effektiv metod som bör användas i fler byggnadsprojekt.

1.2. Syfte och mål

Det övergripande syftet med studien är att utvärdera hur prefabricerade badrumsmoduler kan effektivisera byggproduktionen, hur mycket produktionstid som eventuellt kan sparas och hur mycket indirekta kostnadsbesparingar de kan leda till. Ytterligare ett syfte är att svara på om prefabricerade badrum är en metod som borde användas i fler svenska byggprojekt, och i vilka typer av projekt som metoden lämpar sig bäst i. Vidare jämför examensarbetet prefabricerade badrumsmoduler med platsbyggda badrum och även badrumsmoduler i kombination med olika byggsystem.

Målet med studien är att ge en bättre bild av några väsentliga skillnader mellan olika metoder att bygga badrum samt att ge ett underlag för att kunna välja mellan metoderna i framtida byggprojekt.

1.3. Frågeställningar

De övergripande forskningsfrågor som examensarbetet avser att besvara är följande:

- Hur påverkas byggnadsproduktionens effektivitet av prefabricerade badrum?
- Hur påverkar valet av stomsystem produktionseffektiviteten vid användning av prefabricerade badrum?
- Vilken typ av projekt är lämpade för användningen av prefabricerade badrum och för vilken kundmålgrupp lämpar sig prefabricerade badrum bäst?

1.4. Avgränsningar

För att möjliggöra genomförandet av examensarbetet och som en följd av de tidsbegränsningar som arbetet haft har en del avgränsningar varit nödvändiga.

Examensarbetet inkluderar endast svensk byggproduktion, med nyproduktion av bostadsrätter i fokus. Tyngdpunkten i examensarbetet ligger i produktionsperspektivet på prefabricerade badrumsmoduler (hädanefter kallade badrumsmoduler eller moduler), där de produktionsrelaterade aspekterna har stått i fokus. Detaljerade kostnads- och miljöfrågor har inte inkluderats i någon större utsträckning, med anledning av att det finns tidigare examensarbeten som studerat just det. Tidigare publicerade examensarbeten har dock granskats för att få en uppfattning och insikt i de aspekter som inte inkluderats i detta examensarbete.

Eftersom de tre företag som inkluderats i studien alla använt sig av samma leverantör av badrumsmoduler så är det bara moduler från den leverantören som undersökts. Det finns fler företag som tillverkar badrumsmoduler i både Sverige och utomlands men i denna rapport undersöks endast moduler från en tillverkare.

Endast två olika byggsystem har undersökts i kombination med badrumsmoduler i rapporten, semiprefabricerat stomsystem och helprefabricerat stomsystem, båda i betong. Andra typer av byggsystem i kombination med badrumsmoduler kan få andra konsekvenser än vad som diskuterats i denna rapport.

På grund av tidsbegränsningar för examensarbetet har också fallstudien varit begränsad tidsmässigt. Projektet med badrumsmoduler har endast kunnat studeras under en viss period, vilket innebär att studiens utfall hade kunnat se annorlunda ut om det hade varit möjligt att studera projektet från start till slut. Under fallstudien observerades endast inlyft och montering av badrumsmodulerna. Moment som rördragning, avemballering och invändig observation har inte varit möjligt.

2. Metod

I detta kapitel beskrivs hur forskningsprocessen gått till och vilka metoder som använts för att genomföra studien. Genom att läsa detta kapitel ska läsaren själv kunna utföra en liknande studie. Eftersom studien motsvaras av en kvalitativ forskning beskrivs denna metod mer detaljerat i avsnitt 2.3. *Kvalitativ forskning*. Vidare beskrivs den fallstudie som genomförts samt de byggnadsprojekt som valts ut att ingå i fallstudien i avsnitt 2.4. *Fallstudie*. Datainsamlingsmetoder, som används för att samla in relevanta och nödvändiga data till studien, beskrivs i avsnitt 2.2. *Datainsamling*.

2.1. Litteraturstudie

Oftast finns det skrivet material om de frågor som ska utvärderas och besvaras i en studie. Litteratur i form av böcker, rapporter och andra skrifter från tidigare utvärderingar kan användas för att ge mer djup åt en forskningsstudie och för att visa vad forskningen har för fokusområden (Dovelius, 2000). Särskilt relevant är litteraturstudier relaterade till aktuella frågor där det kan antas att det finns tidigare skrivet material tillgängligt. Genom att göra litteraturstudier undviks situationer där energi slösas på att utreda sådant som redan är gjort inom området.

För studien relevant information har hämtats och studerats till avsnitten 1. *Inledning* och 3. *Teori*. Informationen har hämtats från tidigare examensarbeten, internetkällor och böcker lånade från bibliotek. Litteraturstudien innefattar information om industriellt byggande, badrummets historia, branschregler som styr byggandet av badrum och konstruktionen av såväl platsbyggda badrum som prefabricerade badrumsmoduler. Specifik produktinformation gällande badrumsmodulerna har delvis erhållits i form av broschyr från aktuell badrumsleverantör.

2.2. Datainsamling

Det finns en rad olika metoder som kan användas för datainsamling till en studie, där en specifik metod egentligen inte behöver vara bättre än någon annan. Alla datainsamlingsmetoder kan ge data som kan användas, men det som blir avgörande är valet av metoder som är lämpliga utifrån de forskningsfrågor som definierats (Dovelius, 2000). Vid val av datainsamlingsmetod är det också viktigt att vara medveten om vad syftet med forskningen, vad resultatet ska användas till samt vilka resurser som finns tillgängliga. Valet av metod blir således en avvägning mellan behovet av kunskap, i form av insamlade data, och resurser.

Den information som samlats in under studien som inte är tillgänglig för alla genom internet eller bibliotek används i avsnitt 4. *Resultat*. Denna information inkluderar ritningar, tidplaner, egna bilder tagna vid platsbesök, intervjuer och andra dokument som inte hade varit tillgängligt om studien inte hade genomförts. Denna data innefattar både information från fallstudien och från intervjuer med andra relevanta aktörer utanför fallstudien.

Samtliga bilder och figurer i kapitel 3. *Teori* och 4. *Resultat*, som har hämtats från en utomstående källa, har använts med godkännande från respektive företag.

2.2.1. Observationer

Datainsamling har delvis genomförts genom observationer på två verkliga svenska byggnadsprojekt. Observationerna har gjorts genom platsbesök och har kompletterats med intervjuer och dokumentstudier. Vid observationerna har dokumentation gjorts genom fotografering, och bilderna har sedan använts som data i kapitel 4. *Resultat*.

Inför observationerna har forskarna i studien förberett sig väl genom att planera vad som ska observeras, hur det ska gå till och när det ska ske. På byggprojektet med badrumsmoduler har tidpunkter för observation valts ut baserat på när modulerna levereras och monteras. Denna planering har varit möjlig genom kontakt med arbetsledningen på byggarbetsplatsen. På byggprojektet med platsbyggda badrum valdes tid för observation ut så att flera olika skeden av badrumsbyggandet kunde observeras. Detta var möjligt eftersom projektet bestod av fyra huskroppar där respektive byggnad befann sig i olika byggskederna. Bilderna som togs under observationerna har använts framförallt till att studera de olika skederna av badrummens montage och finns representerade tillsammans med kompletterande text i kapitel 4.2.1. *Prefabricerade badrum* och kapitel 4.2.2. *Platsbyggda badrum*.

2.2.2. Dokumentstudie

En del av den data som samlats in till studien har gjorts genom granskning av olika dokument. Dessa dokument har utgjorts av planritningar, tidplaner och leveransplaner som tillhandahållits av fallföretaget i samband med fallstudien. Dokumenten har fungerat som komplement till intervjuer och observationer. En fördel med att ha genomfört dokumentstudier som en del av datainsamlingen i studien är att de dokument som studerats utgörs av primärkällor tillhandahållna av fallföretaget. Informationen i dokumenten kan således inte ha påverkats av forskarna i studien.

Tidplaner på stora byggprojekt som pågår flera år är stora och komplicerade att läsa. Därför har tidplanerna som presenteras i studien både zoomats in och förenklats för att läsaren enklare ska få en bild av och förstå just de skederna och aktiviteterna som är viktiga för studien.

2.3. Kvalitativ forskning

Det mest utmärkande för kvalitativ forskning är det tydliga engagemanget relaterat till att studera ett specifikt evenemang eller sammanhang, från de studerade subjektens perspektiv. Metoden förutsätter en mer oavbruten relation mellan den kvalitativa forskaren och subjektet, till skillnad från i en kvantitativ forskning. Datainsamling i form av kvalitativ forskning har använts i årtal. Den mest kända metoden i kategorin är deltagande observation, vilket innebär ett fördjupande av den studerande individen, i det sammanhanget som ska studeras (Bryman, 1988). Syftet med kvalitativa studier är således att få en fördjupad insikt i det specifika som ska undersökas. Till skillnad från enkätundersöknings- och experimentmetoder är deltagandeobservationen inte en enda specifik metod, utan kan innefatta flera olika sätt att genomföra en datainsamling.

En kvalitativ studie ska kunna gestalta ett fenomen och på så sätt ge ett tillskott av kunskap och insikter (Larsson, 2005). Om studien endast beskriver ett fenomen på det sätt som fenomenet i allmänhet uppfattas om saknar studien mening. Forskningen kan ses som lyckad om ett nytt sätt att betrakta

verkligheten skapas, genom exempelvis olika begrepp eller att olika omständigheter kan sättas in i sammanhang som förvandlar det obegripliga till något rimligt och förklarligt.

Utöver deltagande observation är ostrukturerade intervjuer också en metod som tillhör kategorin kvalitativ forskning. Metoden innebär att forskaren tillhandahåller minimal vägledning för respondenterna, vilket leder till en bredare och mindre begränsad insamling av information. I jämförelse med en enkätundersökning ges respondenterna mer frihet att styra intervjun genom förutbestämda teman. Ostrukturerade intervjuer används ofta som ett tillägg till deltagande observationer, även om det också kan användas som en enskild metod. Intervjumetoden är en indikation på att observatörerna genomför forskningen med ett antal olika datainsamlingsmetoder. Deltagande observatörer implementerar sällan den deltagande observationen som enda metod, forskningen kompletteras vanligtvis av metoder som ostrukturerade intervjuer och dokumentanalys. Även strukturerade intervjumetoder och datainsamling genom frågeformulär kan användas som komplement. Oavsett om intervjumetoden är strukturerad eller ostrukturerad bidrar användandet av metoden till en förbättrad omfattning och ökad bredd på den kvalitativa forskningen (Bryman, 1988). Kvalitativa intervjuer, som används i just kvalitativ forskning, innebär intervjuer där syftet är att kartlägga ett visst fenomenets kvaliteter (Josefsson, 2006). I kvantitativa intervjuer, å andra sidan, är syftet att utreda i vilka kvantiteter fenomenet inträffar och detta kan ofta beskrivas i form av siffror.

Denna studie har genomförts genom användningen av kvalitativa forskningsmetoder, med syftet att få en fördjupande insikt och förståelse för det fenomen som har undersökts, i dess verkliga kontext. Istället för att genomföra en bred och generaliserad studie har det fokuserats på att erhålla så mycket detaljer och kunskap som möjligt kopplat till aktuella forskningsfrågor.

2.4. Fallstudie

En fallstudie är en metod som kan genomföras när det fenomen som ska studeras inte enkelt kan urskiljas från dess kontext. Ett sådant fenomen kan till exempel vara ett projekt eller ett program som ingår i någon form av utvärderingsstudie (Yin, 2003). Det kan vara problematiskt att definiera det eventuella projektet eller programmet, exempelvis vid fastställandet av start- och sluttider. Teori har en betydande roll i fallstudier, särskilt då studierna genomförs i forskningssyfte. I dessa sammanhang omfattar teorin inte bara orsaksteorier, utan även teori relaterad till litteratur, politiska frågor eller andra materiella källor.

Läsaren har också en viktig betydelse för fallstudier. För att maximera nyttan med fallstudier är det en förutsättning att någon ska kunna ta del av fallstudien och utnyttja den i sitt eget sammanhang (Larsson, 2005). För att detta ska vara möjligt krävs en fyllig beskrivning av fallstudien så att läsaren kan avgöra om dennes egna situation kan liknas vid den som beskrivs i själva fallstudien.

Flera olika typer av fallstudier kan identifieras, som i sin tur kan användas för forskningsändamål. Först och främst kan en fallstudie baseras på en eller flera fallstudier. För det andra, oavsett om det handlar om en enskild eller flera fallstudier, kan fallstudien i sig vara utforskande, beskrivande eller förklarande (*exploatory, descriptive* or *explanatory*) (Yin, 2003). En utforskande fallstudie syftar antingen till att definiera frågor och hypoteser till en senare studie eller till att fastställa genomförbarheten av de önskade forskningsmetoderna. En beskrivande fallstudie redovisar en fullständig beskrivning av ett fenomen i dess kontext. Slutligen presenterar en förklarande fallstudie data relaterat till orsakssamband, där studien syftar till att förklara hur olika händelser inträffar.

En fallstudie har gjorts som innefattar två projekt. Datasamling har gjorts från ett projekt med badrumsmoduler (hädanefter kallat Modulprojektet) och ett referensprojekt med platsbyggda badrum (hädanefter kallat Referensprojektet). Syftet med Referensprojektet har varit att samla information som sedan jämförts med den insamlade informationen från Modulprojektet. Det projekt som valts ut till referensprojekt motsvarar ett typiskt projekt för fallföretaget, vilket har gjort det intressant och relevant att använda data från de två projekten i jämförande syfte. Kontexten för Modulprojektet och Referensprojektet har varit densamma, vilket har möjliggjort ett trovärdigt jämförande av resultat.

En kombination av en utforskande och beskrivande fallstudie har genomförts i studien. Den utforskande delen av fallstudien har syftat till att fastställa framtida forskningsfrågor, som på grund av olika begränsningar inte har kunnat besvaras i den aktuella studien. Vidare har den beskrivande fallstudien genomförts för att på ett så beskrivande och detaljerat sätt som möjligt tillhandahålla information om det studerade fenomenet.

Fallstudien inkluderar tre huvuddelar som använts till datasamling; intervju, dokumentanalys samt observationer. Intervjumetod beskrivs mer detaljerat i avsnitt 2.5. *Intervjuer*. Dokumentanalys har gjorts med hjälp av tillhandahållen information i form av olika tidplaner (bland annat produktionstidplan och leveranstidplan) och olika produktblad från platsledning. Övriga dokument som analyserats är information från badrumsleverantör innehållande produkt- och leveransinformation samt ritningar relaterade till modulprojektet där fallstudien genomförts.

Observationerna som fallstudien inkluderar har genomförts vid ett flertal tillfällen där främst monteringen av badrumsmodulerna har studerats. Tidtagning och dokumentering i form av fotografering och skriftliga intervjuer gjordes i samband med observationerna, som ett komplement för att få en helhetsuppfattning om det som studerades.

2.5. Intervjuer

Intervjuer har genomförts i studien. Personer, med olika yrkesroller, från tre olika företag har intervjuats. Respondenterna arbetar alla, eller har arbetat, med badrumsmoduler i olika kapaciteter. På så sätt har en så bred och objektiv bild av ämnet som möjligt försökt erhållas.

Till hjälp för intervjuerna har *En liten lathund om kvalitativ metod med tonvikt på intervju* (Hedin, 1996) använts. Samtliga respondenter har senast en vecka innan intervjun fått information om hur intervjun kommer att gå till, vad syftet med intervjun är och att den spelas in. Respondenterna har också informerats om att de inte ska beskrivas i rapporten så att de kan identifieras, och att de får ta del av arbetet innan publicering för att kontrollera så de inte blivit felciterade.

Innan respektive intervju har en frågeguide skrivits, innehållande övergripande frågeämnen. Respondenterna har erbjudits att ta del av frågeguiden innan sin intervju om de har velat förbereda sig.

Intervjuerna har varit så kallade semistrukturerade intervjuer, en metod som oftast används i kvalitativ forskning. Detta innebär att intervjuerna handlar mer om ett bredare ämne än detaljerade frågor (Hedin, 1996). Tanken har varit att ställa öppna frågor som inte är ledande för att respondenten ska kunna prata fritt om ämnet. Detta försöks också åstadkommas genom att ställa följdfrågor som till exempel:

- ”Kan du utveckla?”
- ”Kan du ge något exempel på det här?”
- ”Vad beror det på?”

Det har inte ställts några ja/nej-frågor under intervjuerna, för att på så sätt få respondenten att berätta mer. Inspelningen av intervjuerna har sedan transkriberats, och transkriberingarna har sedan sammanfattats och relevanta delar har använts i studiens resultatdel.

Intervjuer har förutom inom fallstudien också genomförts med aktörer från två andra företag. Detta för att få en bredare bild av ämnet, eftersom olika företag arbetar på olika sätt och att de har mer erfarenhet än fallföretaget när det gäller att bygga med prefabricerade badrumsmoduler.

I denna studie har respondenterna inte beskrivits med namn, utan bara sin yrkesroll. De företag som respondenterna arbetar på har också nämnts och beskrivits i resultatdelen av texten eftersom det anses vara relevant för resultatets trovärdighet. Dock har respondenterna inte benämnts med både yrkesroll och företag i texten eftersom det då blir lättare att identifiera dem.

2.6. Validitet och reliabilitet

Forskningsmetoder som tillämpas ska vara både reliabla och valida för att vara användbara och lämpliga i sina sammanhang. Reliabilitet motsvaras av trovärdigheten hos samt brukbarheten av ett visst mätinstrument och dess måttenheter (Ejvegård, 1996). Oavsett vilket område forskningen drivs inom bör uppmärksamhet finnas kring reliabiliteten hos aktuellt mätinstrument. I de fall där forskaren konstruerar mätinstrument på egen hand, exempelvis via enkätfrågor och intervjuer, finns risk att instrumentets pålitlighet, *reliabilitet*, inte alltid är hög.

För att upprätthålla reliabiliteten i en studie är det viktigt, när något mäts, att utfallet blir detsamma om någon annan mäter samma sak på samma sätt (Josefsson, 2006). Vidare finns det olika typer av reliabilitet. Exempelvis om en konstant variabel mäts över en längre tid bör mätningarna visa samma värde vid de olika mättillfällena. En annan typ av reliabilitet är när två eller flera oberoende parter utför samma bedömning av ett fenomen. När det kommer till att avgöra om en forskning är reliabel eller inte är det sällan något har en fullständig reliabilitet eller helt saknar reliabilitet. Snarare handlar det om att bedöma reliabiliteten utifrån en skala där forskningsmetoden innehar mer eller mindre reliabilitet.

Ett sätt att pröva reliabiliteten i en forskning, där intervjuundersökning används som metod, är att implementera parallellmetoden. Det innebär att förutsättningarna motsvaras av minst två undersökningar som ämnar mäta samma saker. På så sätt kan reliabiliteten kontrolleras genom att jämföra resultaten av de två undersökningarna (Ejvegård, 1996).

Datainsamlingsmetoder i detta examensarbete kan kopplas till parallellmetoden då ett antal intervjuer har genomförts där en del resultat har kunnat jämföras, särskilt i de fall där respondenterna bedömts ha liknande erfarenheter. I flera fall har resultaten från olika intervjuer varit överensstämmande och på så sätt har forskningens reliabilitet höjts.

Begreppet validitet innebär att forskaren verkligen mäter det som denne avser att mäta. Att pröva validiteten i en mätning är svårare än att pröva reliabiliteten, eftersom det kräver ett annat mått på det som mäts, att jämföra mätningarna med. Vid studier som motsvaras av förutsägelser finns dessa mått tillgängliga då prognoser alltid kan jämföras med resultat från de verkliga utfallen (Ejvegård, 1996). Ett sätt att pröva validiteten i en forskning är att testa huruvida olika påståenden och argument står sig mot alternativa påståenden och argument, som kan yttras om något (Larsson, 2005). Om den egna analysen visar sig ha framställt resultat som inte andra ser några brister hos, har arbetet haft en bra kvalitet.

I denna studie har en del intervjuer genomförts där respondenternas svar har baserats på prognoser, i form av tidplaner och andra relevanta dokument. Dessa har i viss utsträckning kunnat jämföras med verkliga utfall, och på så sätt bidragit till en ökad validitet.

En låg reliabilitet hos ett mätinstrument medför en låg validitet. För att få en hög validitet krävs en hög reliabilitet, även om den höga reliabiliteten inte alltid är en förutsättning för att erhålla en hög validitet. Sammantaget kan en studie ha en hög reliabilitet men trots det en låg validitet (Ejvegård, 1996).

Projektet med badrumsmoduler, i texten kallat Modulprojektet, och referensprojektet med platsbyggda badrum, i texten kallat Referensprojektet, som ingår i fallstudien, har valts ut baserat på de forskningsfrågor som examensarbetet ämnar besvara. Projekten motsvarar svenska verkliga bostadsprojekt där badrumsmoduler respektive platsbyggda badrum används, och bedömningen har gjorts att den information som kan insamlas genom observationer, intervjuer och besök kan ses som både trovärdig och relevant för det aktuella ämnet.

Då intervjuer har genomförts med erfarna aktörer i relevanta yrkesroller har insamlad data bedömts vara tillförlitlig. Det är emellertid inte omöjligt att viss partiskhet och personliga åsikter har influerat svar på intervjufrågor, men det är inte något som författarna har kunnat avgöra eller lägga någon värdering i. Respondenternas svar har därmed tolkats som objektiva, uppriktiga och baserade på relevanta erfarenheter.

3. Teori

Detta kapitel inleds med en tillbakablick på badrumsbyggandets utveckling, hur boendevanorna har förändrats med tiden, samt vilka problem som uppstått relaterade till byggandet av våtrum. Därefter följer en beskrivning av de aktörer och organisationer som är aktuella för hur byggandet av badrum styrs i Sverige. Vidare beskrivs några krav och regler som gäller vid byggandet av platsbyggda badrum, och de kopplas till respektive del av våtrummet (golv, väggar, tak och tätskikt). Då reglerna skiljer sig åt vid platsbyggda respektive prefabricerade badrum beskrivs även vad som är aktuellt för prefabricerade badrum, i form av typgodkännande. Badrumsleverantören som är relevant för studien beskrivs mer ingående, tillsammans med konstruktionen av själva badrummen, i avsnitt 3.5.

I avsnitt 3.6 beskrivs fenomenet Lean Production, vad målet med filosofin är och hur det kan uppnås genom prefabricering och standardisering i byggproduktionen.

3.1. Badrumsbyggandets utveckling

Miljonprogrammets tider associeras idag oftast med kvantitet före kvalitet. Att alla fick en bostad var viktigt, och material och tekniska lösningar nedprioriterades i många fall vilket resulterade ibland annat mögel- och fuktrelaterade problem, inte minst i badrum (Lund, 2013). Trots att majoriteten av miljonprogrammets bostäder idag har genomgått omfattande renoveringar var det under just den tiden som badrummet fick ett modernare uttryck och anseende. Även om fukt i sig inte är farligt kan det i för stora mängder eller på fel platser orsaka oönskade konsekvenser i form av skador och andra olägenheter. Fuktrelaterade följder kan bland annat vara synliga fläckar, nedbrytning på grund av korrosion eller röta, hälsorisker på grund av mögel eller emissioner från material, försämrad hållfasthet i material och ökat energibehov på grund av nedsatt värmeisoleringsförmåga (Nevander & Elmarsson, 2013).

Vanor i hushållen förändrades under 1970-talet, när det blev vanligt att duscha mer än en gång per dag, och duschkabinen ersatte i många fall det tidigare badkaret. Moderniseringen tog fart och de delar av städerna som tidigare inte varit anslutna till avloppsnäten kunde nu anslutas. Under mitten av 1970-talet hade ca 90 procent av hushållen i städerna respektive 70 procent på landsbygden tillgång till bad (Lund, 2013).

Design och utformning av badrummet blev allt viktigare och tydligare under 1980-talet, och rummet blev för många hushåll en plats för avslappning. Särskilt tydligt var det i villor, där det förekom installationer av avancerade bad, bastu och solarium i de hushåll där de ekonomiska förutsättningarna fanns. En ökad medvetenhet om materialegenskaper utvecklades samtidigt, man insåg att den tidigare användningen av vissa syntetmaterial kunde orsaka problem och skador och att förändrade vanor kunde bidra till fuktskador och allergirelaterade problem (Lund, 2013). De största orsakerna till fuktskador är läckande vatten från rör och apparater och även väggbeklädnader i våtrum som inte är täta. I slutet på 80-talet kostade dessa fuktrelaterade skador drygt två miljarder kronor – mer än vad det kostade att åtgärda stormskador, bränder och inbrott under samma tid (Nevander & Elmarsson, 2013).

Som en följd av 1980-talets materialmedvetenhet ökade kunskaperna och intresset kring att konstruera badrum med bättre kvalitet och hållbarhet. Man började tänka mer långsiktigt, vilket i många fall var en reaktion på det tidigare miljonprogrammets felaktiga och kortsiktiga lösningar (Lund, 2013). Bostadsrätterna blev fler i Sverige vilket ledde till större frihet och möjlighet att utveckla egna lösningar

i lägenheterna. Funktion och tillgänglighet för funktionshindrade var viktigt, där tillgänglighetskrav var det enda lagkravet som återstod efter att Boverket avvecklade de regler som tidigare relaterade till de statliga subventioneringarna av bostadslån.

Fuktbelastningen på våtrum i bostäder har ökat som en följd av ett mer intensivt användande av just badrummet (Nevander & Elmarsson, 2013). Under 2000-talet förändrades vanorna i hushållen markant, genom exempelvis längre och fler duschar per individ och dag. Detta medförde ett hårt slitage, vilket i sin tur ställde krav på material i badrummets konstruktion, som skulle tåla den fuktbelastning som orsakades av de förändrade vanorna (Lund, 2013). Studier från Sveriges tekniska forskningsinstitut indikerar att vatten sugas in via fästmassans fogar bakom kakelplattorna i våtrum, då ytan utsätts för vattenbegjutning. För att den insugna fukten ska ha möjlighet att torka ut krävs måste diffusion ske, tillbaka genom fästmassans fogar. Diffusionen är en process som kan ta flera månader, vilket innebär att fästmassan ständigt har en relativ fuktighet på 100 %. Vidare ställer det höga krav på tätskiktet bakom kakelplattorna, för att fukten inte ska transporteras vidare in i konstruktionen till den bakomliggande gipsskivan (Samuelson, et al., 2007). Om gipsskivan utsätts för fukt ökar risken för mögelskador, och denna typ av skada är förmodligen relativt vanlig eftersom den inte alltid syns.

Samtidigt som en ökad materialmedvetenhet utvecklades blev det viktigare att beakta områden som ekologi och återvinning, och det var i många fall möjligt att ta fram energisnåla lösningar tack vare den tekniska utvecklingen. Under 2000-talet hade badrummet blivit en väsentlig del i hushållen, ett rum med många funktioner och som individer utnyttjade för fler ändamål än enbart personlig hygien (Lund, 2013). Ett rum för rekreation och avkoppling var nu vanligt i de allra flesta hushållen i Sverige.

3.1.1. Statistik vattensskador

Enligt en vattenskadeundersökning, där rapporterade vattensskador i bostadshus under 2019 redovisas, inträffar 27% av alla skador i bad- eller duschutrymmen (Vattenskadecentrum, 2020). Bland skadeorsaker i bad och duschrum år 2019 är den mest dominerade skadetyperna *läckage genom tätskikt i golv* (44%), följt av *rör* (18%) och *koppling* (9%). Under åren 2009–2019 var de tre mest förekommande skadetyperna i bad- och duschrum *läckage genom tätskikt i golv* (24%), *rör* (20%) och *läckage vid tätskiktets anslutning till golvbrunn* (15%).

Sett till byggprocessen och dess olika skeden har analyser gjorts för att kartlägga i vilket skede olika byggfel uppstår. Enligt Byggefelsstudier inom SVR (numera Sveriges Ingenjörer) var fördelningen följande: projektering (51%), utförande (25%), material (10%), överpåverkan/användning (9%) och underhåll/övrigt (5%). Studien omfattar samtliga typer av byggfel men fördelningen för fuktskador bör vara nästintill densamma. Fuktskadornas omfattning kan bland annat bero på bristande kunskap, kostnads- och kapacitetspress samt förändrade boendevanor, som troligtvis är en följd av att billig och snabb produktion har prioriterats över rätt kvalitet, och ett ökat brukande av våtutrymmen (Nevander & Elmarsson, 2013).

3.2. Aktörer och organisationer som styr byggandet av badrum

Det finns en hel del branschgemensamma organisationer som specificerar och styr utformningen av badrum. I detta avsnitt beskrivs de för studien mest relevanta och aktuella organisationerna som styr byggandet av badrum.

3.2.1. Säker Vatten

Säker Vatteninstallation är ett kvalitetssystem som syftar till att säkerställa att färdiga installationer uppfyller de krav som Boverket specificerat samt Konsumenttjänstlagens krav på fackmässighet (Säker Vatten, 2021).

Konsumenttjänstlagens krav på fackmässighet lyder enligt följande (Sveriges Riksdag, 2010):

”Näringsidkaren skall utföra tjänsten fackmässigt. Han skall vidare med tillbörlig omsorg ta till vara konsumentens intressen och samråda med denne i den utsträckning som det behövs och är möjligt”

Branschregler Säker Vatteninstallation är aktuellt för nya byggnader, ombyggnader, ändring och utbyte av produkter. Branschreglerna omfattar krav på byggnaders tapp- och spillvatteninstallationer samt en del lösningar där vattenrelaterade skaderisker föreligger. Kraven berör installationer i och under en byggnad. Målet med Säker Vattens branschregler är att samordningen mellan olika aktörer i byggbranschen ska underlättas, samt att utgöra en grund för projekterings- och installationsarbeten. VVS-företag som utför installationer enligt Säker Vatten ska vara berättigade, och personal som utför arbetet ska ha yrkesutbildning, utbildning i Branschregler Säker Vatteninstallation och branschlegitimation (Säker Vatten, 2021).

3.2.2. Säkra Våtrum

GVK (Golvbranschens VåtrumsKontroll) är en branschgemensam stiftelse som utgörs av följande organisationer och företag: *Fastighetsägarna Sverige, HSB Riksförbund, Riksbyggen, Sveriges Allmännyttan, Svensk Försäkring, Sveriges BostadsrättsCentrum SBC, Installatörsföretagen* och *Golvbranschen GBR* (GVK, 2021).

Medlemmarna i GVK publicerar tillsammans branschgemensamma regler för tätskikt i våtutrymmen, med huvudmålet att reducera de vattenrelaterade skadorna i just våtutrymmen. Reglerna är utformade efter Boverkets föreskrifter och lagkrav. Den senaste versionen från januari 2021 *Säkra våtrum – GVK:s branschregler för tätskikt i våtrum (2021)* ersätter versionen från januari 2016. GVK:s branschregler fungerar som en tillämpning av Boverkets Byggregler (GVK, 2021).

3.2.3. Byggkeramiska rådet

BBV – *Byggkeramikrådets branschregler för våtrum* är branschregler framtagna av Byggkeramikrådet, och innehåller regler för kakel och klinker i våtutrymmen. Reglerna utgår från gällande föreskrifter och

krav i Boverkets byggregler BFS 2011:6. Reglerna är samordnade med övriga branschregler från *Golvbranschens Våtrumskontroll, Säker Vatteninstallation* och *Måleribranschens Våtrumskontroll* (Byggkeramikrådet, 2020).

Branschreglerna som erhålls av BBV gäller vid tillämpning av tätskikt på olika underlag i de fall då ytskiktet på väggar och golv är tänkt att bestå av kakel, klinker eller mosaik. Branschreglerna behandlar nyproduktion såväl som renovering (Byggkeramikrådet, 2020).

3.3. Byggregler och branschstandarder för platsbyggda badrum

Det finns ett antal regler och lagar som styr hur ett platsbyggt badrum ska byggas, för att rätt funktion ska kunna utnyttjas och för att skador inte ska uppstå. Boverket specificerar de lagar som gäller, och det finns dessutom flera organisationer inom branschen som utformar krav som företag i branschen kan följa för att på så sätt uppfylla de styrande lagar som existerar. I detta avsnitt beskrivs några för studien relevanta byggregler och branschstandarder som gäller vid byggande av badrum.

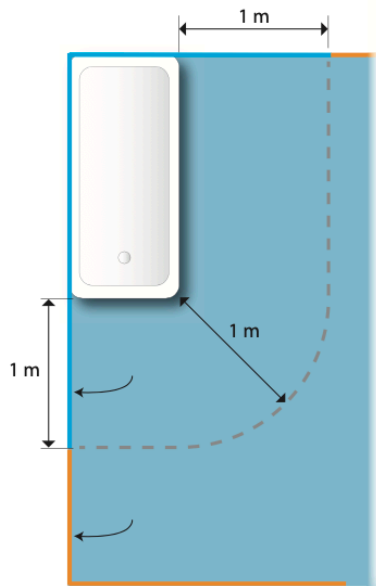
3.3.1. Boverket

Boverket har specificerat ett antal föreskrifter och allmänna råd (*Boverkets byggregler 2011:6*) där föreskrifterna gäller vid bland annat *uppförandet av nya byggnader* (Boverket, 2011), vilket är aktuellt för denna studie eftersom det behandlar tillämpningen av prefabricerade volymenheter i nyproduktion.

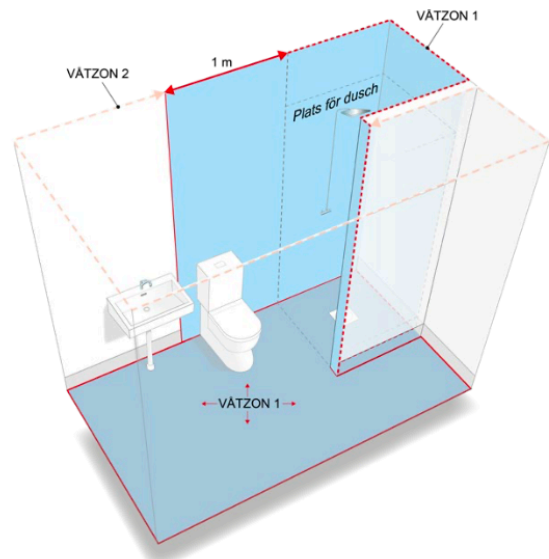
3.3.2. Våtzone

Ett våtrum kan delas in i olika våtzone; våtzone 1 respektive våtzone 2, beroende på i vilken utsträckning zonerna blir exponerade för vatten och fukt (GVK, 2021). Till våtzone 1 hör väggytor vid dusch och en meter utanför, se figur 1–6. Om en fast monterad skärmvägg med tätskikt finns, räknas väggen mot duschutrymmet och gaveln som våtzone 1. En fast monterad skärmvägg går inte att svänga och går dessutom upp till taket.

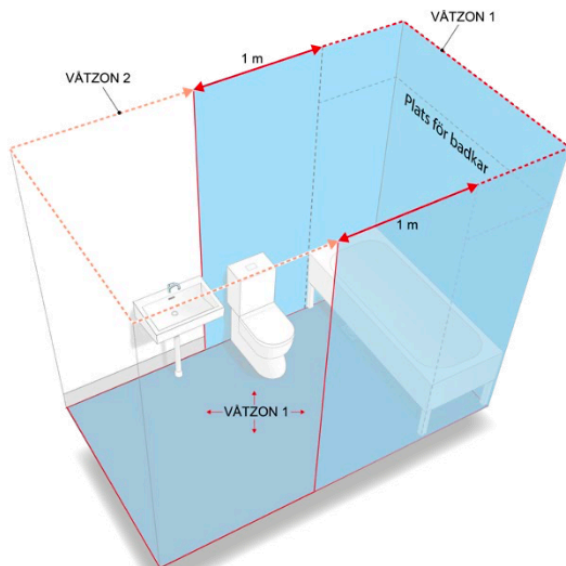
Bad- och duschplats tillhör våtzone 1, även hela golvytan i våtutrymmet. Om ytterväggar ingår i våtzone 1 räknas automatiskt hela väggarna som våtzone 1. Bad- och duschplats motsvaras av golv och väggar upp till 2,0 meter över färdigt golv i ett område avgränsat av badkar, duschvägg, skärmvägg eller motsvarande konstruktion. Om det finns en fast monterad skärmvägg med tätskikt tillhör den bortre sidan av väggen våtzone 2. Även övriga väggar i våtutrymmet, utöver de väggar som nämnts, tillhör våtzone 2 (GVK, 2021).



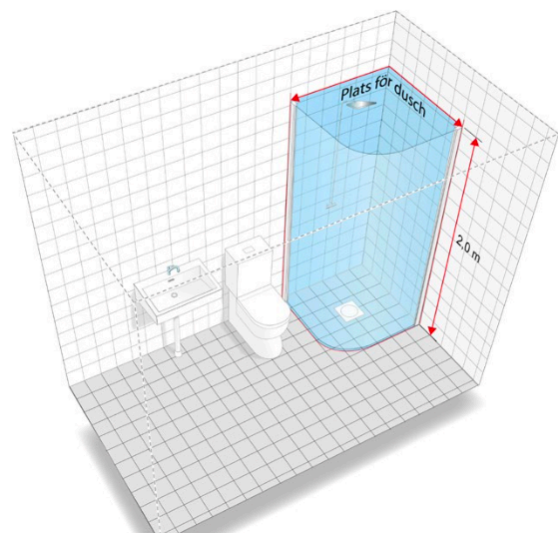
Figur 1 Våtzon 1 (GVK, 2021).



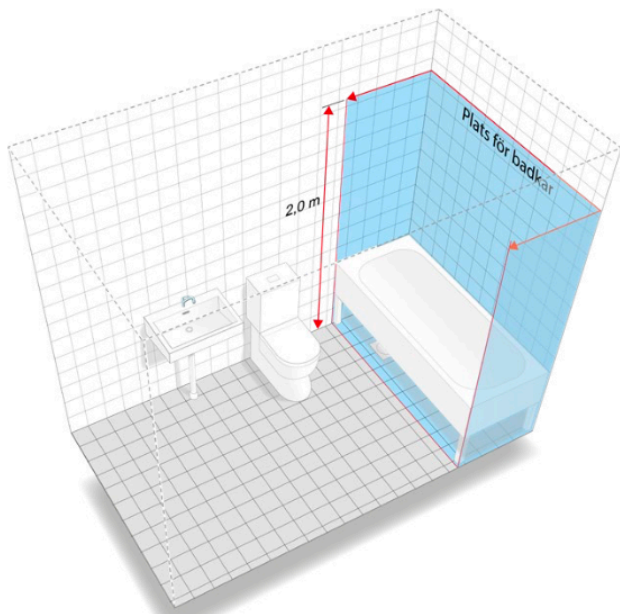
Figur 2 Våtzon 1 och 2 (GVK, 2021).



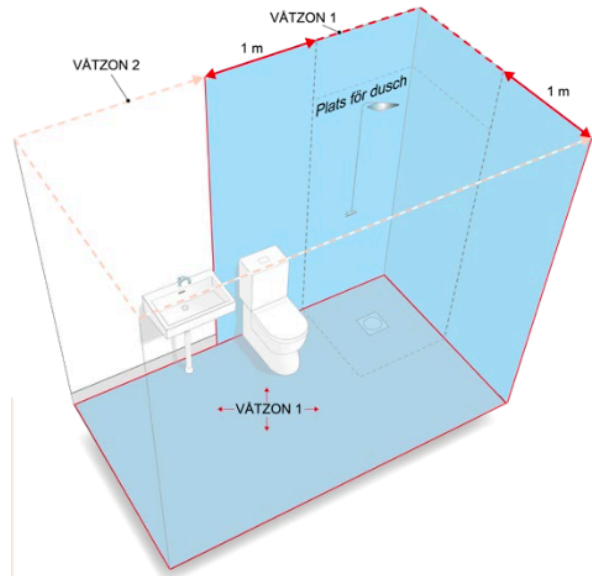
Figur 3 Våtzon 1 och 2 (GVK, 2021).



Figur 4 Våtzon 1 och 2 (GVK, 2021).



Figur 5 Våtzone 1 och 2 (GVK, 2021).



Figur 6 Våtzone 1 och 2 (GVK, 2021).

3.3.3. Golv

I kapitel 6:533 *Utrymmen med krav på vattentäta eller vattenavvisande skikt* regleras krav gällande vattentäta skikt och vattenavvisande ytskikt, där dessa skiljs åt (Boverket, 2011).

Enligt Boverket (2011) ska golv och väggar som förväntas exponeras för vattenspolning, vattenspill eller utläckande vatten förses med ett vattentätt skikt. Skiktet ska appliceras för att hindra fukt att komma i kontakt med utrymmen och bygghälsor som inte är fukttåliga. Vidare ska ett vattentätt skikt vara tåligt mot alkalitet från betong, vatten, variationer i temperaturen och rörelser i den underliggande konstruktionen. Ånggenomgångsmotståndet ska dessutom vara tillräckligt stor. Skiktet ska också klara av vibrationer som uppstår från normal användning av utrustning i utrymmet. Anslutningar, fogar och genomföringar i vattentäta skikt ska också vara vattentäta.

Vad gäller vattenavvisande ytskikt gäller att golv, tak och väggar som kan exponeras för vattenstänk, våtrengöring, vatten från kondensation eller hög luftfuktighet ska ha ett vattenavvisande ytskikt (Boverket, 2011). Enligt det allmänna rådet, som tillhör Boverkets kapitel om *vattenavvisande ytskikt* ska en kontroll av fukttillståndet göras, så att maxvärdet inte överskrids, vid de tillfällen då ett fuktkänsligt material placeras mellan två täta material (till exempelvis en ångspärr och ett vattenavvisande skikt). Fogar ska placeras på de platser där det är minst risk för vattenexponering, och tätning ska ske mot rör genomföring och underlag vid genomföringar för rör i vattenavvisande ytskikt i golv.

Vatten i våtutrymmen ska alltid avledas, genom fall, till golvbrunn. Enligt Boverket (2011), kapitel 6:5335 *Avledning av vatten till golvavlopp*, ska våtutrymmets golv och det vattentäta skiktet ha fall mot avloppet, i utrymmen med golvavlopp. Detta gäller i de delar av våtutrymmet som regelbundet utsätts för vattenbegjutning eller vattenspill. Bakfall får inte uppstå på någon plats i utrymmet. Vidare ska

golvavloppen vara förankrade i bjälklaget på ett sådant sätt att rörelser inte uppstår mellan avlopp, tätskikt, underlag och golvbeläggning.

Enligt Boverket (2011) kapitel 6:5335 ska golvlutningen i ett våtutrymme även utformas så att vatten inte kan ledas ut i angränsande utrymmen, vid normal användning av våtrummet. Lutningen ska också genomföras så att vattnet inte förhindras att rinna ner i golvbrunnen, med undantag för det vatten som blir kvar på grund av ytspänning. Krav gällande lutning/fall gäller underlaget vid montage av tätskikt såväl som montage av ytskikt.

3.3.3.1. Rör genomföringar

En kritisk punkt i våtrum, ur fuktsynpunkt, är rör genomföringar i golv. I kapitel 5 i Säkra Våtrum (2021) beskrivs krav gällande rör genomföringar som bryter golvets tätskikt, grundade på Boverkets kapitel 6:5335 *Avledning av vatten till golvavlopp*.

Spillvattentrör och genomföringshylsor ska fixeras vinkelrätt i förhållande till golv innan tätskiktet monteras, med anledning att rörelser inte ska uppstå mellan rör och golv när tätskiktet monteras. Rörkopplingar ska inte vara monterade på rör när tätskiktet monteras.

3.3.3.2. Golvbrunn

En stor del av de skador som uppstår i våtutrymmen hade kunnat förebyggas om golvbrunnen hade monterats på ett felfritt sätt från början (GVK, 2021). GVK har specificerat ett antal krav gällande just golvbrunnar i våtrum.

Golvbrunnen ska vara monterad på ett sådant sätt att det inte kan uppstå några rörelser mellan golvbrunn och underlag, tätskikt eller golvbeläggning. Placeringen av golvbrunnen ska vara i samma nivå som intilliggande underlag för tätskikt, och ska vara gjord så att fall mot golvbrunnen är möjligt att genomföra. Golvbrunnen får enligt GVK (2021) ha en största maximal lutning på 2 mm från golvbrunnens centrum till golvbrunnens ytterkant. Positionen i höjddled för golvbrunnen får maximalt avvika 4 mm från specificerat referensvärde, exempelvis nivån för yt- eller tätskikt vid dörröppningen.

3.3.4. Väggar

Enligt Boverkets kapitel 6:533 *Underlag för vattentäta skikt* (2011) ska underlag för vattentäta skikt vara anpassade för dess användning. För hårda väggbeklädnader som exempelvis keramiska plattor som placeras mot ett vattentätt skikt bör även underlaget vara styvt. Vad gäller regelstommar och olika konstruktioner av skivor bör dessa vara så pass styva att olämpliga deformationer eller rörelser inte uppstår. Detta gäller även om konstruktionens bärförmåga blir högre än vad som krävs.

Potentiella inbördes rörelser mellan bjälklag och väggar ska beaktas då tätskikt ska appliceras på bjälklag, för att tätskiktet inte ska påverkas. Ett sätt att ta hänsyn till detta är att anpassa förankring mellan vägg och bjälklag till egenskaperna hos det tätskikt som ska monteras på bjälklaget (Boverket, 2011).

3.3.5. Tak

Enligt Boverket (2011) behöver taket bara ha ett vattenavvisande skikt. Om bjälklaget är ett prefabricerat massivbjälklag eller plattbärlag så är undersidan slät och jämn. Då behöver taket bara rengöras från smuts och därefter målas med vattentät färg. Taket i badrummet kan också göras med våtrumsskivor som är speciella gipsskivor som inte suger vatten kapillärt (Bajqinca & Aldarwash, 2014).

3.3.6. Tätskikt

I kapitel 8 i *Säkra våtrum* (GVK, 2021) beskrivs utförandet av tätskikt i våtrum. Ett antal generella krav på tätskikt är specificerade, oberoende av vald typ av tätskikt. I bad- och duschutrymmen ska väggar och golv förses med ett tätskikt. I toaletterum, tvättstuga och rum för varmvattenberedare ska golv förses med tätskikt som viks upp på väggen. Om olika tätskiktstyper används ska minst en av tätskiktsleverantörerna delge en monteringsanvisning innehållande kombinationen av de två olika tätskiktstyperna (GVK, 2021). Vid applicering ska tätskiktet monteras närmast under kakel- och klinkerplattorna, och dubbla tätskikt får inte utföras.

Vid val av tätskiktsprodukt till ett våtutrymme förutsätts den valda produkten vara testad och verifierad för sitt slutliga syfte. Vidare bör de godkända produkterna vara förenliga och utbytbara med varandra (GVK, 2021). Följande produkter ingår i GVK:s system för tät- och ytskiktsprodukter:

- *Plastmatta* som tät- och ytskikt
- *Plastmatta* som tätskikt under kakel och klinker
- System för *tätskiktsfolie*
- System för *vätskebaserat* tätskikt
- System för *skivor* med tätskikt

3.4. Byggregler och branschstandarder för prefabricerade badrum

3.4.1. Typgodkännande

Kraven och reglerna som styr byggandet av platsbyggda badrum gäller inte på samma sätt för prefabricerade badrumsmoduler. För produkter som tillverkas i stor mängd och med samma tillvägagångssätt kan ett typgodkännande erhållas. Typgodkännanden utfärdas av särskilda typgodkännandeorgan och godkänner produkten i de delar som beskrivs i typgodkännandet (Boverket, 2020).

Enligt Säker Vatten (2021) kan prefabricerade installationsmoduler, till exempel badrum, WC-rum eller kök, som uppfyller krav enligt branschstandard, ingå i en installation som en VVS-produkt. Vidare ska VVS-produkter uppfylla krav enligt Boverkets byggregler. Uppfyllandet av kraven ska visas genom ett Typgodkännande eller motsvarande godkännande av ett erkänt certifieringsorgan efter en tredjepartsprovning av ett ackrediterat provningsorgan.

I Sverige finns två olika organ som utfärdar typgodkännanden, RISE och Kiwra (Boverket, 2020). Badrumsmodulerna som undersökts i denna studie är typgodkända av RISE i Sverige och av Sintef i Norge (Part AB, 2021).

3.4.1.1. Typgodkännande RISE

Ett typgodkännande är enligt RISE (u.d):

”Ett nationellt system för att bedöma och verifiera byggprodukters överensstämmelse med krav i svenska byggregler”.

Endast om en byggnadsprodukt är anpassad för sin användning tillåts den inkluderas i en byggnad, enligt Sveriges Riksdag (2010). Ett typgodkännande för en produkt gäller i fem år och fungerar som ett hjälpmedel för byggherrar för att verifiera att produkten uppfyller gällande byggrelaterade krav och regler.

För att genomföra ett typgodkännande av RISE Certifiering krävs nedanstående av den part som vill erhålla ett typgodkännande för sin produkt (RISE, u.d.):

- Ansökan
- Produkt- eller systembeskrivning (exempelvis ritningar och materialbeskrivning)
- Beskrivning av produktens avsedda användning
- Monteringsanvisning
- Rapport från provning eller beräkning
- Översiktlig beskrivning av tillverkarens egenkontroll

3.4.1.2. Plan- och bygglagen PBL

I 8 kap, 4 § 1–9 listas de punkter i PBL som uppfylls vid ett typgodkännande hos en prefabricerad badrumsmodul (Sveriges Riksdag, 2010).

4 § Ett byggnadsverk ska ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om

1. bärförmåga, stadga och beständighet,
2. säkerhet i händelse av brand,
3. skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljön,
4. säkerhet vid användning,
5. skydd mot buller,
6. energihushållning och värmeisolering,
7. lämplighet för det avsedda ändamålet,
8. tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga,
9. hushållning med vatten och avfall.

3.4.1.3. Typgodkännande Part AB

Part har tillsammans med SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Luleå Tekniska Universitet gjort en granskning av sina badrumsmoduler och fått dem typgodkända, som första tillverkare av badrumsmoduler i Sverige (Cision, 2013). Detta typgodkännande innebär att badrummen uppfyller kraven i PBL 8 kap, 4 § 1–9 och de krav i BBR som gäller för badrum. Med hjälp av typgodkännandet garanteras att modulerna uppfyller krav vad gäller bland annat vattenläckage, brandsäkerhet, energihushållning och bärförmåga. Det innebär också att beställaren av modulerna inte behöver besiktiga badrummen för att kontrollera att kraven och normerna uppfylls (Part AB, 2021).

3.5. Prefabricerade badrum – ett industriexempel

3.5.1. Tillverkning av badrumsmoduler

Det finns ett antal olika tillverkare av badrumsmoduler i Sverige och resten av Norden. I denna studie har som beskrivet i avsnitt *1.4. Avgränsningar* bara moduler från Part AB studerats. Part AB är ett familjeföretag som grundades 1989 av Nils Lundholm i Kalix (Part AB, 2021). Företaget har fortfarande sitt huvudkontor och fabrik i Kalix men har också försäljningskontor i Arlandastad, Danmark och Norge. Part har ungefär 300 anställda (Part AB, 2021) och omsatte lite mer än 500 miljoner kronor 2019 (Allabolag, 2021). Part har kapacitet att tillverka ungefär 6000 moduler per år (Lidelöw, et al., 2015).

Produktionen sker på löpande band och är automatiserad. Till exempel görs insidan av modulerna med hjälp av kaklingsrobotar (Lidelöw, et al., 2015). Tillverkaren har själva utvecklat sina robotar för att effektivisera sin produktion och den robot som används idag är den tredje som byggts (PartGroup, u.d.). Figur 7 visar en kakelsättningsrobot som används hos tillverkaren.



Figur 7 Kakelsättningsrobot (PartGroup, u.d.).

Efter att beställaren skickat ritningar på badrummen till tillverkaren byggs ett referensbadrum. När detta är färdigbyggt kommer beställaren till fabriken, och går tillsammans med tillverkaren igenom badrummets utformning och funktioner. Om det godkänns startar produktionen av resten av badrummen som beställts (Part AB, 2021).

Inredning och storleken på modulerna varierar och är något som beställaren själv bestämmer. Olika typer av projekt kräver olika typer av badrum och badrumsmodulstillverkarna gör badrum till bland annat sjukhus, äldreboenden, hotell, studentbostäder och vanliga bostäder. Samma projekt kan också beställa badrum med flera olika storlekar, inredning och placering av dörrar (Part AB, 2021). I figur 8, 9 och 10 visas några exempel på olika typer av badrum som tillverkas på fabrik.



Figur 8 En badrumsmodul från Scandic Luleå (PartGroup, 2020).



Figur 9 En badrumsmodul från Ebbe park (PartGroup, 2019).



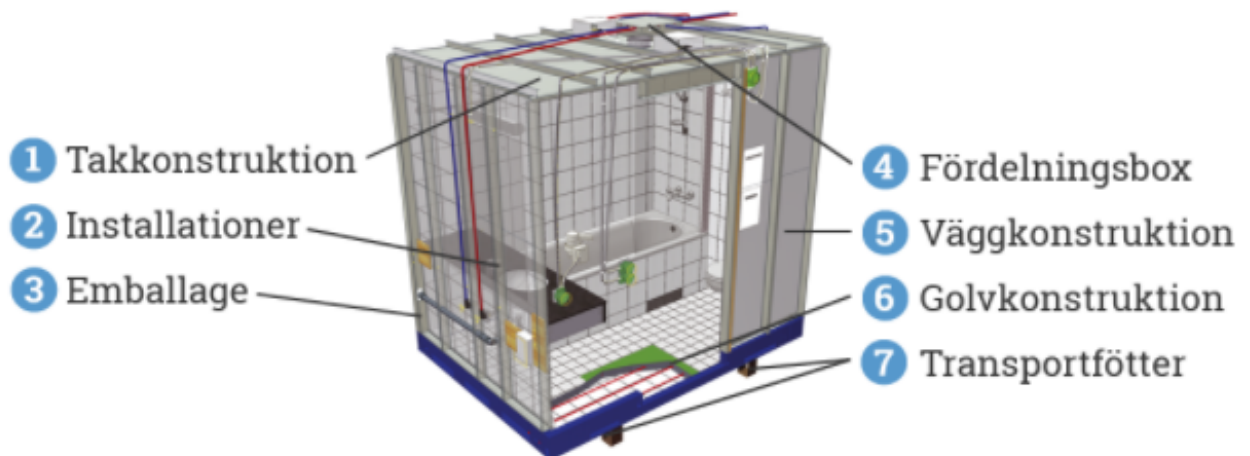
Figur 10 En badrumsmodul från Lillestrøm Studentby (PartGroup, 2021).

3.5.2. Part AB:s badrumsmoduler

Det mesta av badrumsmodulens konstruktion är densamma oavsett beställarens önskemål, se figur 11. Parts badrumsmoduler är enligt Part (2021) byggda på en stålram av C-profil, 172 x 60 mm. Väggarnas utsidor är klädda med 9 mm gips och på insidan är rummet klätt med kakel. Väggtjockleken är 70 mm + kakelplattans tjocklek. Väggarna har en stålregelstomme där reglarnas c/c-avstånd är 450 mm för att underlätta för de 900 mm breda gipsskivorna som monteras på utsidan av modulen efter montage.

Golvet är gjort av armerad betong med max tjocklek 60 mm. Betongen är vattentät och formgjuten med ett fall mot golvbrunnen om 1:50 i duschzonen. Både vattenburen och elektrisk golvvärme går att beställa som tillval. Golvbeläggningen görs med klinker.

Taket består av polyesterbelagd stålplåt. I innertaket finns en öppningsbar lucka till en fördelningsbox där vattenkopplingarna är lätt åtkomliga (Part AB, 2021). En badrumsmodul som har golvarean 5 m² väger ungefär 1 600 kg (SINTEF, 2021).



Figur 11 Badrumsmodul (Part Construction AB, 2016).

3.5.2.1. Tätskikt

Beskrivning av tätskikt och golvbrunn i de typgodkända badrumsmodulerna från Part AB listas i tabell 1 (RISE, 2021).

Tabell 1 Tätskiktet i badrumsmodulerna från Part, enligt typgodkännande (RISE, 2021).

Komponent	Specifikation
Tätskikt (foliemembran) till golv	Schönox WetStop System med tillhörande tätningsdetaljer
Golvbrunnar	Purus plastbrunn d 150mm med expanderande klämring (Oden, Brage, Freja). Purus Våke. Rostfri brunn Balder och Sigyn. Purus Duschbrunn. Part AB hörnbrunn. Blücher Trio hörnbrunn. Blücher Waterline duschränna
Part AB LI Box	WC cistern läckageindikering

3.6. Lean production

Lean Production är en ledningsfilosofi som kretsar kring att effektivisera arbetet, minska avfall och minska slöseri av resurser. Det är en systematisk metod som Toyota gjorde känt under 90-talet genom att utvecklas till världens största biltillverkare (Lean Empowerment, u.d.). Lean handlar om att maximera kundvärdet i en produkt till minsta möjliga kostnad, tid och resursanvändning. Det innebär att all typ av slöseri strävas att elimineras (Snellman, 2011).

Lean-konceptet används inom många olika branscher, däribland tillverkningsindustrin, sjukvården, samhällsbyggnadssektorn och olika tjänsteverksamheter. Att strategin kan användas så pass brett beror till stor del på att Lean bygger på väldigt generella principer (Blücher, 2007). De mest grundläggande principerna för Lean är *lagarbete, kommunikation, effektivt nyttjande av resurser och eliminering av slöseri* samt *kontinuerliga förbättringar* (Boverket, 2008).

Kärnidén hos Lean är att erbjuda kunden det som denne vill ha utan något slöseri, vilket innebär att en förståelse måste finnas kring vad kunderna egentligen efterfrågar samt vilka faktorer som kan medföra förluster i olika skeden (Oakland & Morosszeky, 2017). I Lean Production har olika delar av en produktion identifieras som onödiga eller oekonomiska. De delarna är (Lean Empowerment, u.d.):

- Överproduktion
- Väntan
- Lager
- Rörelser
- Reparationer
- Överarbete
- Transporterna
- Outnyttjad kreativitet

Genom eliminering av de onödiga och ekonomiskt ineffektiva delarna kan följande uppnås (Oakland & Morosszky, 2017):

- Reducering av icke-värdeskapande aktiviteter
- Reducera ledtider
- Reducera variation
- Förenkla processer
- Öka flexibilitet
- Öka transparens

Toyotas produktionssystem, som har lett fram till begreppet Lean, visar att det är möjligt att producera en given volym med mindre resurser. Systemet har visat sig ha följande attribut (Oakland & Morosszky, 2017):

- Mindre andel mänskliga resurser till design, genomförande och service
- Mindre investeringar för en given mängd produktionskapacitet
- Skapa produkter med färre leveransskador
- Färre leverantörer, men med bättre kompetens
- Kostnadseffektiv produktion i mindre volymer med större variation, för att upprätthålla marknadspriser
- Mindre lagring i varje skede, från order till leverans
- Färre personsador

Det slöseri som målet är att minska, eller i bästa fall helt eliminera, genom Lean-filosofin kan delas upp i ett antal huvudkategorier. En av kategorierna motsvaras av avfall i materialomvandling, där de materiella förlusterna bland annat består av allt material som inte utnyttjas till slutprodukten. Detta inkluderar avfall vid hantering av materialet samt överskott av material som beställts men som inte utnyttjas.

En annan kategori motsvaras av förluster i arbetsflöden, till exempel genom letande, packande och långa transporter (Oakland & Morosszky, 2017). Även väntande kan ses som en förlust, där tidsförluster kan uppstå till följd av att föregående arbeten inte är färdiga, väntan på diverse godkännanden eller att rätt material och utrustning inte finns tillgängligt.

Ett väsentligt begrepp inom Lean är värdeskapande (Blücher, 2007). Det innebär dock inte endast ett värde för kunden, utan också för den egna verksamheten. Ett värde måste eftersträvas i verksamheten så att företaget kan gå med vinst. Även medarbetarna inom företaget måste uppleva att deras arbete skapar något värde, dels för att främja företagets långsiktiga hållbarhet men även för att ha kapacitet att bemöta de krav som ställs av kunder.

3.6.1. Lean i kundfokus

Både kundernas behov och den egna verksamhetens kapacitet för att möta ställda krav och behov behöver analyseras och förstås för att Lean ska kunna utnyttjas till fullo. Kundbehov är emellertid sällan något som diskuteras ute på en byggarbetsplats. För de olika yrkesgrupperna handlar det istället oftast om att få jobbet gjort, eftersom de får betalt för utfört arbete, ibland även tidsbaserat (Oakland &

Morosszky, 2017). Genom hela kedjan finns parter som hela tiden vill optimera sina egna positioner på bekostnad av andra parter, eller som agerar helt självständigt och oberoende av andra istället för att ha ett ömsesidigt beroende och ta hänsyn till övriga parter.

Både tid och resurser kan, enligt Lean-principen, delas upp i en värdeskapande och en icke-värdeskapande del (Blücher, 2007). Den värdeskapande delen utgörs av de moment och de aktiviteter som skapar ett värde för kunden. Tidigare har resurser och fokus lagts på att förbättra just den värdeskapande delen, till exempel att montera en innervägg. Enligt Lean bör fokus istället läggas på att utveckla hela processen, från orörd mark till färdig byggnad, för att på så sätt utesluta de delar som inte kan ses som värdeskapande.

3.6.2. Standardisering/Prefabricering

För att förbättringar och utveckling ska kunna ske inom ett företag måste utgångsläget vara känt. Det fungerar inte i praktiken om olika medarbetare har olika standarder för att genomföra ett visst arbete. Först och främst måste alltså ett gemensamt sätt att utföra arbetena på finnas. Utifrån detta kan sedan förbättringar ske eftersom rätt förutsättningar existerar (Oakland & Morosszky, 2017).

Genom att tillverka byggnadsdelar i en miljö som är anpassad för en effektiv produktion, där rätt hjälpmedel finns nära till hands, finns förutsättningar att åstadkomma en effektiv tillverkning. Det som är viktigt är dock att ha en anpassad grad av prefabricering i förhållande till det som ska produceras (exempelvis en byggnad). Vidare är det väsentligt att värdeskapande aktiviteter och moment sker med största möjliga nytta, sett till samtliga delar av försörjningskedjan (Boverket, 2008). Prefabricering, genom förflyttning av tillverkningen till en mer industriell miljö, ställer dessutom större krav på projektering i tidigt skede eftersom komplexiteten ökar. Om hänsyn inte tas till detta finns risken att den eftersträvade nyttan minskas till följd av ekonomiska förluster på grund av tidsförluster och justeringar (Boverket, 2008).

3.6.3. Just In Time

Genom att tillverka byggnadsdelar i fabrik kan arbetsmiljön förbättras, kvaliteten kan enklare kontrolleras och produktionen effektiviseras. Dock hänger effektiviseringen på att leveranserna av de förtillverkade byggnadsdelarna fungerar tillfredsställande. En leverans som inte sker i tid försenar produktionen då andra moment som är beroende av den prefabricerade byggnadsdelen står stilla och väntar. En för tidig leverans är inte heller optimalt eftersom detta leder till mellanlagring (Lidelöw, et al., 2015). Mellanlagring av en stor mängd byggnadsdelar kommer både kosta pengar och ta upp värdefull plats på byggarbetsplatsen, speciellt om byggnadsdelarna har storleken som till exempel badrumsmoduler har.

För att undvika mellanlagring eller förseningar vid leverans av prefabricerade byggnadsdelar bör Just-In-Time-filosofin användas (Jakobsson & Mårtensson, 2017). Just-In-Time innebär att

”producera och förflytta exakt vad som behövs, exakt när det behövs i precis den kvalitet som efterfrågas till minsta möjliga kostnad”

och är framtaget av Toyota för att öka effektiviteten i bilfabrikerna. Just-In-Time bygger på att det inte är lönsamt att ha stora lager på plats i en produktionsmiljö, det är slöseri i form av extra transportsträckor

och kräver fler medarbetare (reLean, 2017). Med Just-In-Time kan lagret vara mindre, mindre tid läggs på att hämta material och färre medarbetare krävs.

I en produktion med badrumsmoduler innebär Just-In-Time att modulerna levereras precis när förberedelserna på byggarbetsplatsen är färdiga och inget annat arbete väntar. Modulerna kan då lyftas direkt från lastbilen till sin plats på bjälklaget och monteras utan att mellanlagras.

3.7. Arbetsmiljö

Att bygga med mer prefabricering har förutom påverkan på produktionstiden också god påverkan på arbetsmiljön eftersom tillverkningen av byggnadsdelar på fabrik sker i en mer kontrollerad och skyddad miljö än på en byggarbetsplats (Lidelöw, et al., 2015). Lean production och Just-in-Time-principerna innebär också att mindre material och aktörer finns på arbetsplatsen, vilket förbättrar arbetsmiljön genom mindre trängsel, risk för snubbelolyckor och risk för skadat och möjligt material.

Det finns framförallt en anledning till varför arbetsmiljön på byggarbetsplatser hela tiden strävas att förbättras. Arbetsmiljökrav på byggarbetsplatser finns till för att förebygga risker för olyckor och i värsta fall dödsfall. Kraven har med åren blivit hårdare och varje arbetsplats har ett ansvar att se till att samtliga krav följs av alla på arbetsplatsen. Om gällande arbetsmiljökrav inte följs riskerar berörd arbetsgivare att betala sanktionsavgifter på upp till en miljon kronor. Utöver att arbetsmiljön påverkas vid val av byggmetoder och att det finns risk för skador på arbetsplatsen, kan det alltså innebära ekonomiska konsekvenser att inte följa lagar och regler (Arbetsmiljöverket, 2019). Böter kan bli en konsekvens för arbetsgivaren om denne exempelvis lämnar inkorrekta uppgifter, tar bort en skyddsanordning eller inte följer sin skyldighet att inrapportera olycksfall och tillbud till arbetsmiljöverket.

Mellan år 2009 och år 2019 ökade antalet arbetsolyckor per år, i den privata bygg- och anläggningssektorn, från 1509 till 2224 olyckor (Byggföretagen, 2021). I denna statistik räknas olyckor som inträffat på arbetsplatsen och som inneburit minst en dags sjukfrånvaro. År 2019 motsvarades 16,95 % av olyckorna av *kroppsrörelse med fysisk överbelastning* och 17,36 % av *förlorad kontroll över handverktyg och redskap*. Dessa olycksorsaker hade kunnat minskas vid en ökad prefabriceringsgrad eftersom en stor del av tillverkningen då sker med hjälp av maskiner och i en mer kontrollerad industriell miljö.

Att bygga ett traditionellt platsbyggt badrum kräver att många olika yrkesgrupper är involverade, vilket kan vara en risk sett ur ett arbetsmiljöperspektiv. Med prefabricerade badrum kan de arbetsmiljörelaterade riskerna förebyggas, eller åtminstone minskas, eftersom antalet involverade aktörer minskar till enbart en huvudansvarig – badrumsleverantören. Badrummet är, tillsammans med köket, det rum i en lägenhet där flest aktörer är involverade (Säker Vatten, 2014). Badrummet är dessutom ofta mindre än köket, sett till area, vilket ökar risken för arbetsmiljörelaterade olyckor eftersom aktörerna har mindre utrymme att arbeta på.

3.8. Betongbjälklag och dess inverkan på tiden

Bjälklagen, som badrumsmodulerna placeras på, måste ha en tillräcklig hållfasthet för att kunna bära de laster som uppstår. Om målet med att använda badrumsmoduler i ett byggprojekt är att förkorta byggtiden är det viktigt att vara medveten om de materialegenskaper som bjälklagen har, och huruvida dessa egenskaper påverkas av tiden.

Det material som används till att konstruera stommen i en byggnad spelar stor roll, inte minst för projektets tidsåtgång. Betong är ett vanligt byggnadsmaterial, med många egenskaper som kan vara tidsrelaterade, exempelvis själva uttorkningen av betongen (Svensk Betong, u.d.). Ett prefabricerat badrum som placeras ovanpå ett betongbjälklag utgör en belastning på bjälklaget, vilket gör det viktigt att vara medveten om de olika faktorer som kan påverka betongens hållfasthet.

Vid uttorkning av gammal betong krävs en längre uttorkningstid än vid uttorkning av byggfukt i nygjuten betong. Nygjuten och gammal betong är nämligen inte samma material, sett ur ett fysikaliskt perspektiv. Själva betongen skadas generellt sett inte av att ha en hög fukthalt. Däremot kan intilliggande konstruktioner, ytskikt och material skadas av den fuktiga betongen. Det kritiska värdet på fuktnivån skiljer sig mellan olika typer av byggnadsmaterial samt olika typer av skador (Nevander & Elmarsson, 2013).

En betongkvalitet med högre hållfasthet innebär en något kortare uttorkningstid. Omgivningens temperatur har stor betydelse för betongens uttorkningstid, där en temperaturökning från +20 C till +30 C minskar torktiden med omkring 35 %. Vad gäller den relativa fuktigheten spelar den mindre roll för uttorkningen, där en minskning av RF från 50 % till 35 % förkortar uttorkningstiden med cirka 10 % (Nevander & Elmarsson, 2013). Förutom att uttorkningstiden påverkas av betongkvaliteten påverkas även armeringsbehovet. En betong av hög kvalitet kräver nämligen en ökad mängd armering, för att önskad hållfasthet ska uppnås (Svensk Betong, u.d.).

4. Resultat

I kapitel 4 beskrivs inledningsvis de respondenter som intervjuats och därmed använts till studiens datainsamling. Därefter följer en beskrivning över fallföretag samt hur fallstudien genomförts. I avsnitt 4.1.4. beskrivs kortfattat de byggföretag som använts till datainsamling utöver fallstudien.

I kapitel 4.2 analyseras datainsamlingen mer detaljerat med hjälp av egna observationer, figurer, intervjuer och med stöd av relevanta dokument. Kapitlet inleds med beskrivning av hur montering av badrumsmoduler på Modulprojektet går till, vilka förberedelser som behöver göras samt vilka problem som kan uppstå vid dessa moment. Analysdelen innefattar studiens resultat tillsammans med en kommenterande och analyserande text.

Vidare beskrivs de två stomsystem som undersökts i studien i kombination med prefabricerade badrumsmoduler, i avsnitt 4.2.3. En jämförelse mellan dessa görs där eventuell tidsvinst vid användande av badrumsmoduler inkluderas. Produktionseffektiviteten, vid prefabricerade badrum som metod och med Modulprojektet som utgångspunkt, analyseras vidare i avsnitt 4.2.4. Tidplaner över både stomkompletteringskedet och stomskedet analyseras, med tyngdpunkt på hur produktionen kan effektiviseras i form av tid och resurser.

I avsnitt 4.2.7 och 4.2.8 analyseras kund- och eftermarknadsperspektivet på badrumsmoduler, där jämförelser även görs med platsbyggda badrum med syftet att besvara aktuella forskningsfrågor. Eftersom studien ämnar ge svar på i vilka typer av projekt som badrumsmoduler lämpar sig, samt för vilken målgrupp, fokuserar avsnitt 4.2.9 och 4.2.10 på dessa områden med intervjuer som stöd till analysen.

4.1. Förutsättningar

4.1.1. Presentation av respondenter

I tabell 2 listas de respondenter som intervjuats, både i samband med fallstudien, men även utanför. Dessa har valts ut för att få ett så brett perspektiv som möjligt på det studerade ämnet. I övriga delar av kapitel 4 refereras information till respondenterna i form av Respondent 1, 2, 3 osv. Yrkesroll till respektive respondent står beskrivet i tabell 2. Tillhörande namn och företag till varje enskild respondent har utelämnats.

Tabell 2 - Utvalda respondenter och respektive yrkesroll.

Respondent	Roll
1	Platschef på ett projekt med badrumsmoduler (Modulprojektet)
2	Platschef på ett projekt med platsbyggda badrum (Referensprojektet)
3	Projektchef på projekt med badrumsmoduler (utanför fallstudie)
4	Projektledare Eftermarknad
5	Projektutvecklingschef
6	Trainee projektering badrumsmoduler

Respondenterna som valts till intervjuer representerar personer med olika yrkesroller, från tre olika byggbolag i Sverige; JM, Veidekke och Nordr. Personerna har erfarenhet av badrumsmoduler och har valts ut för att bidra med sina erfarenheter och synvinklar relaterade till de studerade forskningsfrågorna. Samtliga respondenter har erfarenhet av samma badrumsleverantör, Part AB.

4.1.2. Presentation av fallföretag

Fallföretaget JM AB grundades år 1945, och är ett börsnoterat bolag med en verksamhet inriktad på nyproduktion av bostäder. Bolaget fokuserar mest på växande storstadsområden och universitetsstäder i Sverige, Norge och Finland. I Stockholm, där huvudkontoret är beläget, är bolaget även verksam inom projektutveckling av kommersiella fastigheter och entreprenadverksamhet (JM AB, 2021). JM är, baserat på omsättning år 2019, det femte största byggföretaget i Sverige (Byggvärlden, 2020).

Konceptet *Smarta kvadrat* är ett nytt koncept för fallföretagets verksamhet i Sverige, där ett pilotprojekt har valts ut till att ingå i fallstudien. Det valda projektet utgör ett pilotprojekt både gällande *Smarta kvadrat* och användandet av byggmetoden med prefabricerade badrumsmoduler (Respondent1, 2021).

4.1.3. Presentation av fallstudie

En fallstudie har genomförts med målet att besvara aktuella forskningsfrågor. Fallstudien omfattar två byggnadsprojekt – *Modulprojektet* och *Referensprojektet*. I Modulprojektet används prefabricerade badrum och i Referensprojektet är platsbyggda badrum den metod som används. Fallstudien har utförts för att möjliggöra nödvändig datainsamling till examensarbetet.

Modulprojektet i fallstudien motsvaras av ett bostadsprojekt beläget i södra Sverige, med konceptet *Smarta kvadrat*. Smarta kvadrat innebär prisvärda bostäder med genomtänkta och effektiva planlösningar, där huvudtanken är att fler ska ha råd att köpa en bostad. Modulprojektet, som projektet benämns i denna rapport, omfattar totalt 78 lägenheter fördelade på en-, två-, tre- och fyrrumslägenheter. Störst andel av lägenheterna utgörs av tvårumslägenheter på mindre än 55 kvadratmeter. Projektet utgörs av en byggnad fördelad på tre trapphus (JM AB, 2020)

Utmärkande för projektet är att prefabricerade badrum används i samtliga lägenheter, istället för platsbyggda badrum som vanligtvis används i projekt hos fallföretaget, däribland i Referensprojektet. Projektet innefattar tre olika typer av badrumsmoduler, där två modultyper utgörs av badrum med duschplats och en modultyp av ett mindre WC-rum. Samtliga typer finns dessutom som spegelvända. Totalt finns det alltså sex olika utformningar av badrumsmoduler i Modulprojektet (Respondent6, 2021).

Referensprojektet som ingår i fallstudien motsvarar ett typiskt bostadsprojekt för fallföretaget. Projektet är, liksom Modulprojektet, beläget i södra Sverige och omfattar 96 lägenheter fördelade på fyra hus (JM AB, 2019). Det byggsystem som använts i både Referensprojektet och Modulprojektet är semiprefabricerat stommsystem, och lägenheterna är något större i Referensprojektet än i Modulprojektet då det förstnämnda projektet inte ingår i konceptet *Smarta kvadrat*. I Referensprojektet byggs platsbyggda badrum, vilket är den främsta anledningen till att det valts ut att ingå i fallstudien i ett jämförande syfte. Semiprefabricerat stommsystem beskrivs mer ingående i avsnitt 4.2.3. *Stommsystem*.

4.1.4. Intervjuer utanför fallstudie

Utöver fallföretaget har ytterligare tre personer från svenska byggföretag intervjuats som en del i datainsamlingen, för att få en bredare synvinkel och olika perspektiv på badrumsmoduler i byggproduktion. Hur intervjuerna gått till står mer detaljerat beskrivet i avsnitt 2.5. *Intervjuer*.

4.1.4.1. Veidekke

Veidekke grundades 1936 i Norge och är idag Skandinaviens fjärde största bygg- och anläggningsföretag (Veidekke, u.d.). Företaget omsätter 11,5 miljarder kronor i Sverige och totalt sett 39,3 miljarder kronor (Byggvärlden, 2020). Bolaget har dessutom stor erfarenhet av att bygga med badrumsmoduler i Skåne.

På detta företag har en person med stor erfarenhet av byggproduktion intervjuats, som vid tillfället för intervjun var involverad i ett bostadsprojekt med badrumsmoduler.

4.1.4.2. Nordr

Nordr bildades genom en sammanslagning av Veidekke Eiendom i Sverige och Norge, och en avknoppning ur Veidekke-koncernen under nytt ägarskap. Företaget har 160 anställda, utspridda över de största städerna i Sverige och Norge (Nordr, 2020). Nordr bygger och utvecklar, till stor del i samarbete med Veidekke, bostäder med badrumsmoduler.

På detta företag har intervjuer gjorts med personer som har erfarenhet av kund- och eftermarknadsperspektiv, då de vid intervjutillfällena var involverade i bostadsprojekt med badrumsmoduler.

4.2. Analys av resultat

4.2.1. Prefabricerade badrumsmoduler

4.2.1.1. Leverans

Leveransen av badrumsmoduler sker enligt upprättade leveransplaner, genomförda av berörd arbetsledning. Enligt Respondent 6 (2021) är leveransen av badrummen en kritisk aktivitet eftersom nästkommande aktiviteter i projektets tidplan är beroende av att modulen är monterad på rätt plats och i rätt tid. Eftersom modulen endast kan monteras innan arbetet med ovanliggande bjälklag kan påbörjas är det en aktivitet som inte kan förskjutas och göras vid något senare tillfälle. Modulerna måste även beställas i god tid före leverans, eftersom de tillverkas på fabrik, vilket ställer krav på att tidplanen är noggrant genomförd och planerad (Respondent1, 2021). För att undvika mellanlagringar och att efterföljande aktiviteter påverkas används Just In Time i så stor utsträckning som möjligt. I avsnitt 3.6. *Lean production* beskrivs filosofin mer ingående.

Även enligt Respondent 3 (2021), som har erfarenhet av ett helprefabricerat byggsystem (mer om detta i avsnitt 4.2.3. *Stomsystem*), är leveransen av badrumsmoduler en kritisk aktivitet. Eftersom de monteras under stomskedet, innan ovanliggande bjälklag monteras, har det alltså ingen betydelse vilket byggsystem som används för att avgöra om badrumsleveransen är en kritisk aktivitet eller inte.

4.2.1.2. Instruktioner

Modulerna levereras inslagna i emballage i form av vädertålig plastfolie och wellpapp, de väger 1000–2000 kg, beroende på storlek och inredning, och det levereras 4–10 moduler per bil och släp (Part Construction AB, 2016). Modulerna är märkta med typ och lägenhetsnummer efter hur beställningen sett ut, för att enkelt kunna placeras i rätt lägenhet (Respondent1, 2021).

Badrumsleverantören skickar också ut en broschyr till beställaren där detaljerade instruktioner om hur leveransen går till, hur modulerna ska lossas från lastbilen, hur de speciella lyftnycklarna som skickas med ska användas, hur modulerna ska mellanlagras om det skulle behövas och hur emballaget ska avlägsnas, står beskrivet (Respondent1, 2021).

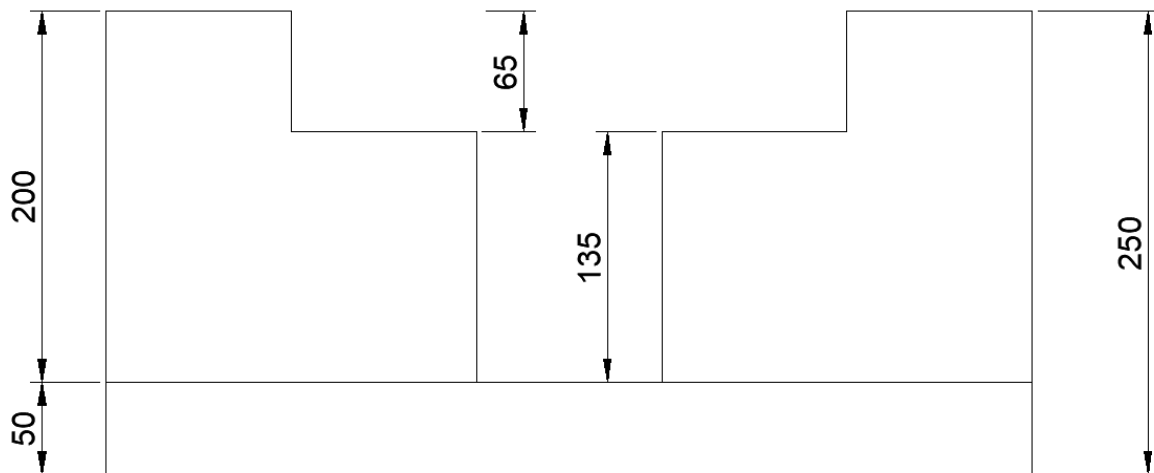
Dessutom skickar badrumsleverantören med instruktioner för själva montaget av badrumsmodulerna. Om badrummet ska monteras på ett betongbjälklag ska bjälklaget innan montage vara förberett med en ursparning i golvet. Ursparningen ska anpassas så att modulens golv hamnar i samma nivå som färdigt golv utanför badrummet. Modulens golvthjocklek bestäms efter beställarens önskemål vilket innebär att ursparningen måste anpassas efter den specifika modulens mått. Utanpå badrumsmodulerna är det en förutsättning att det finns ett schakt där rör för ventilation, vatten och avlopp dras. Modulen ska placeras så att schaktet är lättåtkomligt utifrån.

För att utsättningspunkterna ska nå samma nivå vid höjdavvägningen skickas neopregummi för pallning med i den första leveransen. Pallningspunkter finns också inkluderade i medföljande ritningar (Part Construction AB, 2016). Instruktioner för flytspackling, målning och utvändigt gipsning står också beskrivet i den broschyr som erhålls av badrumsleverantören.

Innan leverans av badrumsmodulerna dras ventilationskanaler, avloppsrör och vattenledningar fram till modulerna och deras intilliggande schakt. Modulerna, och således schakten, har samma placering genom samtliga våningsplan vilket underlättar för rördragningen mellan de olika våningarna. Efter att modulerna monterats på rätt plats ansluter respektive installatör sina rör (el, ventilation, vatten och avlopp) till modulen (Respondent6, 2021).

4.2.1.3. Förberedelser

Bjälklagen på Modulprojektet består av plattbärlag som är 50 millimeter tjockt. På plattbärlaget läggs installationer och armering som gjuts in med 200 millimeter betong. Där badrumsmodulerna ska stå behöver en ursparning göras för att badrummets golv ska hamna i samma nivå som resten av lägenheten. Under modulen görs ursparningen 65 millimeter tjock för att anpassas till modulens golvtyjocklek, se mer i avsnitt 3.5.2. *Part AB:s badrumsmoduler*, och där golvbrunnen och avloppsrören ska ligga görs ursparningen ytterligare 135 millimeter (Respondent1, 2021). Detta innebär att ursparningen vid golvbrunnen går hela vägen ner till plattbärlaget och detta påverkar bjälklagets hållfasthet, mer om detta i avsnitt 4.2.3.2. *Semiprefabricerat stomsystem*. Figur 12 visar ett tvärsnitt av bjälklaget med mått för plattbärlag, gjutning och ursparningar.



Figur 12 Tvärsnitt av bjälklag med mått för ursparning.

De problem som uppstått i samband med förarbete för modulerna på Modulprojektet är bland annat att stående stöstar (rör) till vattenledningar har kolliderat med den stålram som används för att göra ursparningen. Även liggande ventilationskanaler har i vissa fall krockat med stålramen, se figur 13 (Respondent1, 2021).



Figur 13 Ventilationsrör krockar med ramen för ursparningen (högt upp i bild). Tre stosar för vattenrör syns i bildens nederkant.

Ett problem som uppstår med ursparningen som görs i bjälklaget är att bjälklagets hållfasthet försämras. Ursparningen gör både att bjälklaget är tunnare där modulen placeras och att viss armering på det stället behöver kapas. I figur 14 visas en ursparning där armeringsstegarna ännu inte avlägsnats.



Figur 14 Ursparning med synliga armeringsstegar.

4.2.1.4. Montering

Efter att badrumsmodulerna levererats till arbetsplatsen med lastbil lyfts dessa av från bilen med hjälp av teleskoplastare, se figur 15. Att den först lyfts av från lastbil för att sedan lyftas med kran beror på att lastbilen inte är öppningsbar uppifrån, vilket skapar ett extra moment på arbetsplatsen (Respondent6, 2021). Detta extra moment ingår i en av kategorierna som enligt Lean Production (avsnitt 3.6. *Lean Production*) bör elimineras, i form av *rörelser*.



Figur 15 En badrumsmodul lyfts av från lastbil.

Efter att modulen lyfts ner på marken kopplas medföljande lyftnycklar från leverantören till modulen, fyra nycklar per modul, se figur 16. Dessa nycklar har ett pantvärde på 1150 kr styck, och ska efter användning returneras till badrumsleverantören (Part Construction AB, 2016).



Figur 16 En badrumsmodul lyfts med hjälp av de gula lyftnycklarna.

När nycklarna kopplats i de färdiga hålen på modulens sidor ska de tillfälliga stödbenen skruvas bort. Benen och de distanser av trä som syns i figurerna figur 16 och 17 ser till att modulerna inte skadas när de transporteras i lastbilen.



Figur 17 Stödbenen skruvas bort från modulen.

Efter att benen och distanserna avlägsnats lyfts modulen till sin rätta plats på bjälklaget med hjälp av kranen, se figur 18. Lägenhetsnummer och badrumstyp står markerat på modulens utsida så att rätt modul ska kunna placeras på rätt plats i rätt lägenhet.



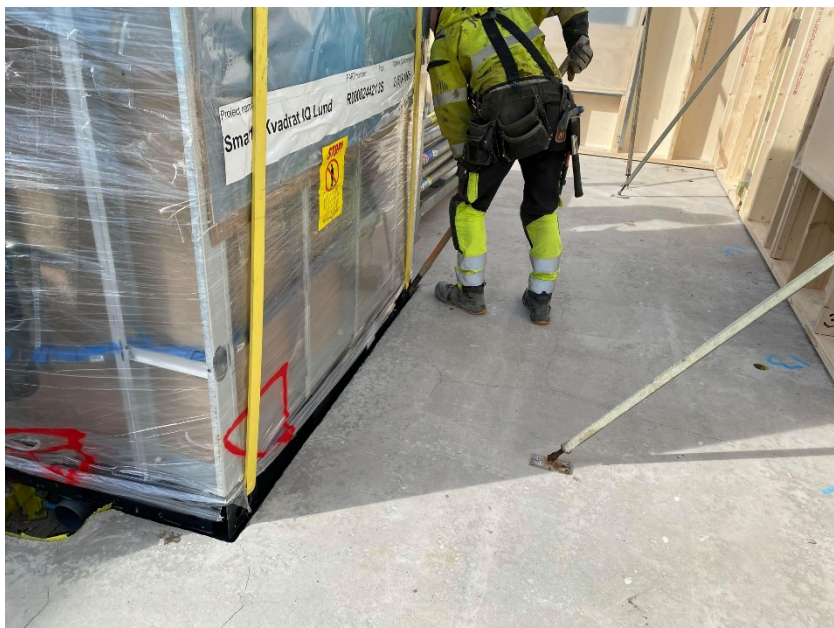
Figur 18 Modul lyfts med kranen till rätt lägenhet.

Bjälklaget är förberett med en ungefär 65 millimeter djup ursparning, med en ytterligare 135 millimeter ursparning för golvbrunnen, se figur 19. Höjder sätts ut och det pallas med pallbrickor i ursparningen för att få exakt höjd. Neoprengummi används också under pallningsbrickorna för att dämpa ljudet till underliggande våning.



Figur 19 Bjälklaget är förberedd med en ursparning för modulen.

Modulen sätts på plats och finjusteras med hjälp av spett, se figur 20. Om modulen hamnar intill en vägg kan det vara svårt att kunna ta ut lyftnyckeln på sidan som ligger mot betongväggen. Då får modulen först placeras en bit ifrån väggen och sedan flyttas på plats med hjälp av spett efter att nyckeln avlägsnats. I värsta fall får nyckeln byggas in mellan modul och vägg om det inte alls går att komma åt den (Respondent1, 2021).



Figur 20 Modulen skjuts på plats med hjälp av spett.

Intill samtliga moduler byggs ett schakt, där alla installationer ska dras, se figur 21. Schakten och modulerna är placerade på samma plats på alla våningsplan och således kan installationerna dras rakt upp genom samtliga schakt. Vattenledningarna läggs i så kallade stosar, stosar är de metallrör som skyddar vattenrören och dessa isoleras efter att ledningarna är dragna i stosarna.



Figur 21 Stosar och andra installationer syns intill modulen där schaktet senare kommer byggas.

I schaktet hamnar också den punkt där rörläggaren kopplar avloppsstammen till modulens golvbrunn och toalett, se figur 22.



Figur 22 Avloppsrören i schaktet som ska kopplas samman med modulens avloppsrör.

Eftersom modulerna bara har tre olika storlekar, kan formerna som används till ursparningarna i gjutningen återanvändas. I figur 23 ses en badrumsform förflyttas med hjälp av kran.



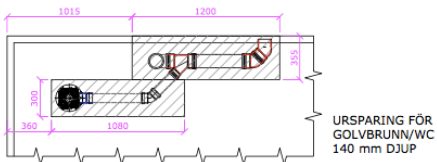
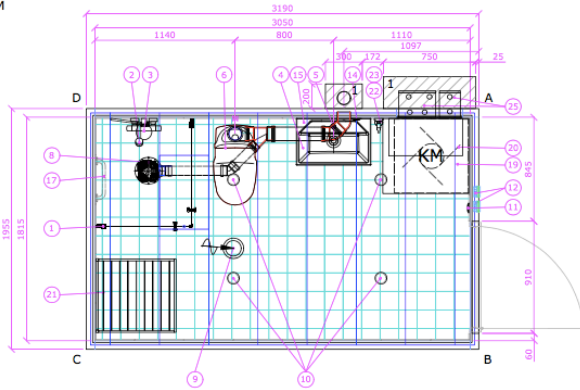
Figur 23 En form till bjälklagets ursparning flyttas med kran.

4.2.1.5. Utformning

Fallföretaget har till Modulprojektet beställt tre olika typer av badrumsmoduler från leverantören Part AB. Typ 1 och 2 har samma inredning med dusch, toalettstol, handfat, handdukstork och en kommod. Det som skiljer sig är förutom storleken, lokaliseringen av inredningen och dörren. Typ 3 är mindre till ytan och räknas inte som ett badrum, utan en WC eftersom den saknar dusch. Denna typ kommer användas som en andra toalett i lägenheter som också har någon av typ 1 eller 2. Inredningen i typ 3 består endast av en toalettstol och ett handfat (Respondent6, 2021). Mer detaljerad beskrivning av badrummens konstruktion står beskrivet i avsnitt 3.5.2. *Part AB:s badrumsmoduler*. Planritningar med mått för de olika typerna av badrum på Modulprojektet syns i figur 24, 25 och 26. Planritningarna visar också avloppsrörens lokalisering och utseende som ligger till grund för den djupare ursparningen som görs.

1=HÅLTAGNING
FÖR STAM

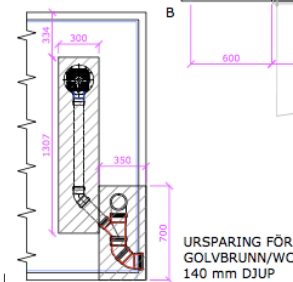
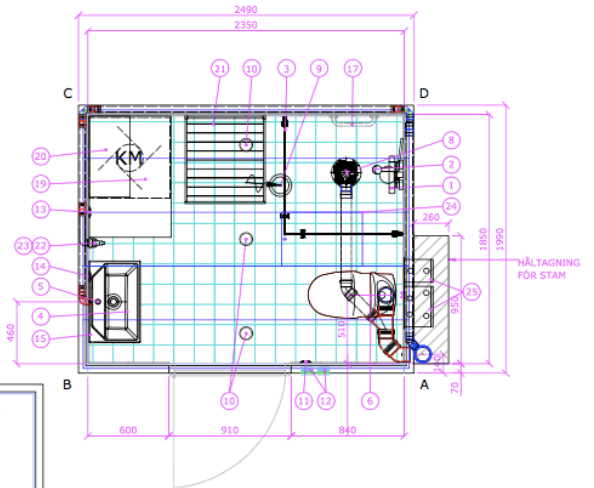
ALLA MÅTT EXKLUSIVE KAKEL
NEDSÄNKT OMRÅDE I DUSCH 5MM



M=MEDLEVERERAS

Figur 24 Planritning för badrum typ 1 (Part AB, 2020).

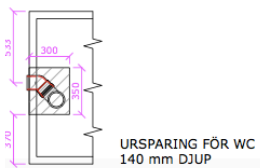
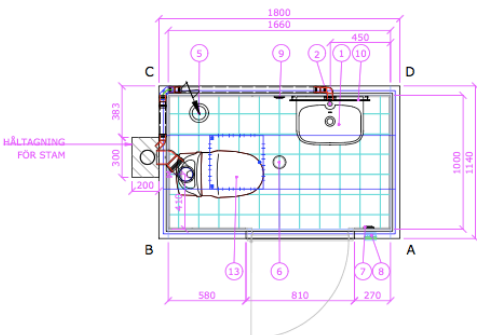
ALLA MÅTT EXKLUSIVE KAI
NEDSÄNKT OMRÅDE I DUSCH



M=MEDLEVERER.

Figur 25 Planritning för badrum typ 2 (Part AB, 2021).

ALLA MÅTT EXKLUSIVE KAKEL



M=MEDLEVERERAS

Figur 26 Planritning för badrum typ 3 (Part AB, 2021).

Ett problem som kan uppstå vid avemballering av badrumsmodulerna är att det kan vara svårt att avlägsna emballaget i de fall då modulerna ligger mot betongvägg, och eftersom ovanliggande bjälklag är monterad ovanför. All wellpapp som omsluter modulen måste avlägsnas eftersom det annars kan bildas mögel, medan plast kan tillåtas att byggas in om det inte är möjligt att ta bort det (Respondent6, 2021). Figur 27 visar hur modulerna ser ut med emballage på inne i lägenheten.



Figur 27 Två badrumsmoduler med emballage på som de ska stå tills huset är helt torrt och inbyggt.

Under fallstudien fanns inte möjligheten att observera badrumsmodulerna invändigt. Det beror på att emballaget som modulerna levereras i inte får avlägsnas innan huset är helt tätt (Part Construction AB, 2016). Modulprojektet hann inte bli helt tätt, med färdigmonterat tak och godkänd fuktmätning, förrän ungefär två månader efter studien avslutats (Respondent1, 2021). Dock har badrumstillverkaren tillverkat ett referensbadrum som fallföretaget godkänt innan tillverkningen av de resterande modulerna påbörjats. Badrummens interiör på Modulprojektet, som den såg ut i referensbadrummet, ses i figur 28.

Badrummen som beställts till Modulprojektet är inredda med ljusgrå klinker och vitt kakel på väggarna. Toaletten är golvstående och skåpen samt tvättställen är vita. Att toalettstolen är golvstående innebär att avloppsgradorna (avloppsrör) måste placeras under badrummen i bjälklaget, vilket kräver mer ursparning (Respondent6, 2021).



Figur 28 Modulprojektets referensbadrum (Part Group, 2021).

4.2.2. Platsbyggda badrum

I fallstudien ingick ett platsbesök på ett bostadsprojekt, Referensprojektet, med platsbyggda badrum. Eftersom projektet, vid besökstillfället, bestod av fyra hus i olika skeden kunde även badrummen observeras i olika skeden. Några helt färdiga badrum precis innan inflyttning och andra badrum under olika skeden av dess byggfas kunde observeras.

I flerbostadshus byggs platsbyggda badrum del för del. De aktörer som ingår i byggandet av badrummen är aldrig i samma badrum, eller på samma våningsplan, samtidigt. Eftersom varje del av badrummen byggs våning för våning kan de inblandade aktörerna hela tiden vara på olika våningar och detta innebär mindre risker ur ett arbetsmiljöperspektiv eftersom det blir mindre ljud, människor och material på samma våning under samma tid. Mer om arbetsmetodiken i avsnitt 4.2.4.2. *Arbetsmetodik*.

Till skillnad från Modulprojektet kan badrummen på Referensprojektet anpassas av kunden. Tillval kan göras som kan vara antingen kostnadsfria eller kosta extra. Kunden kan till exempel bestämma färg och typ av kakel, badkar istället för dusch, olika typer av kommoder och spegelskåp och olika typer av blandare och tvättställ. Kunden kan även välja att få golvvärme i sitt badrum om så önskas (Respondent2, 2021).

En stor faktor som påverkar byggandet av platsbyggda badrum är de många krav och regler som styr byggandet av badrummen, några av de viktigaste och mest relevanta av dessa finns listade i avsnitt 3.3. *Byggregler och branschstandarder för platsbyggda badrum*. Respondent 3 (2021) uttryckte att det förutom att det är många regler från många olika organisationer att följa, så blir byggandet också ännu mer komplicerat av att reglerna ofta ändras. Det uppstår enligt respondenten emellanåt frustration både bland hantverkare och arbetsledningen över att ett sätt att bygga badrummen inte hinner vänjas in, innan något nytt krav kommer som gör att något nytt moment behöver läggas till eller att metodiken ändras.

Det första som sker är att badrummet enklas tillsammans med resten av lägenheten. Då byggs alla lägenhetens icke-bärande lättregelväggar och väggarna stängs igen på ena sidan. Detta görs för att installationerna ska kunna dras inuti väggarna. När installationerna är färdiga stängs väggen igen på den öppna sidan och detta kallas för dubbling, se figur 29. I badrummet innebär enklingen att väggens insida byggs. Reglarna som på Referensprojektet har tjockleken 120 millimeter, kläs på insidan med 12 millimeters plywood som i sin tur kläs in med våtrumsgips som är en speciell gipsskiva som inte suger åt sig vatten. Mot betongvägg monteras våtrumsgipsen direkt på väggen (JM AB, 2016), se figur 30. Väggekonstruktionen är styv för att förhindra deformationer och andra oönskade inbördes rörelser. Detta är ett krav enligt Boverket, se mer i avsnitt 3.3.4. *Väggar*.



Figur 29 Badrum med dubblad lättregelvägg.



Figur 30 Badrum kompletterad med våtrumsgips i hela rummet. Avfuktare fuktar av rummet.

Nästa steg är att bygga upp ett fall mot golvbrunnen. I duschplatsen ska fallet mätas till 1:75 och resten av badrummet till 1:200. När höjderna på badrummets olika punkter mäts ut flytspacklas golvet. Tätskikt appliceras sedan på väggar och golv (JM AB, 2016), se figur 31. Regler som gäller vid montering av tätskikt beskrivs i avsnitt 3.3.6. *Tätskikt*, där det också nämns att tätskiktsprodukten ska vara testad och verifierad för sitt slutliga syfte.



Figur 31 Badrum på Referensprojektet med tätskikt på väggar och ett uppbyggt fall mot golvbrunnen.

På tätskiktet monteras kakel och klinker (JM AB, 2017), se figur 32. Vilka plattor som används bestämmer kunden när tillvalen görs, det finns både kostnadsfria tillval och lite mer exklusiva plattor som kostar extra.



Figur 32 Badrum med kakel på väggen.

Då badrummet har kaklats och alla installationerna är färdiga kan badrummet inredas, se figur 33 och 34. Hur badrummet ska se ut och hur det ska inredas kan kunden också styra (Respondent2, 2021). Även här finns det kostnadsfria originallösningar och andra typer av till exempel spegelskåp, blandare eller tvättställ som är dyrare. Även badkar kan väljas till istället för dusch.



Figur 33 Färdigt badrum med badkar på Referensprojektet. Grått kakel och klinker.



Figur 34 Färdigt badrum med dusch på Referensprojektet. Svart klinker och vitt kakel.

4.2.3. Stomsystem

Det byggsystem som används i byggandet med badrumsmoduler har en stor påverkan på hur snabbt stomresningen kan ske och på de förutsättningar som projektet kräver. I denna studie har två olika byggsystem i kombination med prefabricerade badrumsmoduler undersökts och jämförts, helprefabricerad stomme och semiprefabricerad stomme.

4.2.3.1. Helprefabricerat stomsystem

I det undersökta helprefabricerade stomsystemet består ytterväggarna av prefabricerade sandwichelement som har insidan 80 millimeter betong, en 160 millimeter bred kärna av isolering och en utsida av 150 millimeter betong. Eftersom insidan är tänkt att utgöra färdig innervägg kan betongen blandas i en ljusare färg för en mer tilltalande finish. De bärande innerväggarna utgörs av skalväggar i betong (Respondent3, 2021).

Bjälklaget utgörs av ett 200 millimeter tjockt prefabricerat massivbjälklag. På bjälklaget sätts höjden för badrumsmodulerna ut och pallningsbrickor läggs ut för att justera den. Badrumsmodulerna lyfts sedan på plats uppe på bjälklaget. Alla installationer utgår sedan från modulen och det schakt som byggs vid sidan av modulen. Det innebär att inga installationer beställs i det prefabricerade bjälklaget utan alla installationer som får plats läggs uppe på bjälklaget och i schaktet. Det enda som beställs i massivbjälklaget är en ursparning på 100 millimeter för duschens golvbrunn. När installationerna är klara görs en pågjutning på 70 millimeter, upp till badrumsmodulens tröskel. De installationer som inte får plats i pågjutningen kläs in i hörn och i undertak. När badrumsmodulen, trappor, gips och fönster har lyfts in gjuts skarvarna mellan väggar och bjälklag för att få stabilitet, och sedan monteras bjälklaget för våningen ovanför och samma procedur för nästa våningsplan påbörjas (Respondent3, 2021).

4.2.3.2. Semiprefabricerat stomsystem

Det byggsystem som använts på både Modulprojektet och Referensprojektet i fallstudien, och som fallföretaget använder uteslutande i samtliga projekt, är ett semiprefabricerat byggnadssystem. Det innebär en kombination av prefabricering och platsbyggande. Ytterväggarna är prefabricerade utfackningsväggar i trä med fönster färdigmonterade vid leverans. De bärande innerväggarna utgörs av skalväggar i betong.

Bjälklaget består av prefabricerade plattbärlag, beställda för det specifika projektet, där sedan armering, installationer och gjutning är moment som utförs på plats efter att plattbärlagen är monterade. Att ha ett delvis platsgjutet bjälklag innebär att betongen måste ges tid att härda innan det belastas, en tid som kan variera beroende på vilken betongkvalitet som används och hur stor belastning som väntar. Upp på plattbärlaget görs också en ursparning för badrumsmodulen. Den görs genom att sätta ut badrummets hörn och golvbrunnens placering och sedan bygga en form för ursparningen. Eftersom det endast finns tre olika badrumsstorlekar på Modulprojektet har de olika formarna bara behövt byggas en gång och de har sedan kunnat återanvändas till övriga ursparningar. Däremot har modulerna varit spegelvända vilket inneburit att ursparningen för golvbrunnen har behövt göras på plats (Respondent1, 2021).

Gjutningen på plattbärlaget sker när ursparningarna, armeringen och installationerna är färdiga och gjuts 200 millimeter tjock. Ursparningen för badrummet görs med ett totalt djup på 200 mm, där den

djupaste delen är till för att göra plats för golvbrunnen. Detta innebär att ursparningen för golvbrunnen går hela vägen ner till plattbärlaget. Betongbotten på badrumsmodulen är 70 millimeter tjock, och det pallas med pallningsbrickor och neoprengummi i ursparningen för att golvet i modulen ska komma i samma nivå som parketten, som i ett senare skede läggs upp på den gjutna betongen (Respondent6, 2021).

Enligt Respondent 6 (2021) ska betong med hållfasthetsklass 30/37 MPa användas vid gjutning av bjälklag då badrumsmoduler ska placeras ovanpå, och således belasta bjälklaget. Denna hållfasthetsklass är ett krav som leverantören av plattbärlagen har specificerat. På fallföretaget har man som standard att använda hållfasthetsklass 32/40 MPa i bjälklaget eftersom majoriteten av bolagets projekt byggs utan liknande belastning på bjälklaget (Respondent1, 2021). På Modulprojektet har en högre hållfasthetsklass än den rekommenderade använts, med anledning att den önskade hållfastheten 37 MPa ska nås inom en kortare tidsperiod räknat från gjutningstillfället. Den kvalitet som använts är 35/45 MPa, vilket innebär att betongen uppnår en tillräcklig hållfasthet tidigare än om 30/37 MPa hade använts istället. På Modulprojektet har utgångspunkten varit 12 dagars härdningstid för bjälklagen, badrumsmodulerna tillåts alltså inte att placeras på bjälklaget innan 12 dagar har passerat, räknat från gjutningstillfället (Respondent6, 2021).

Härdningstiden beror till stor del på vilken temperatur omgivningen har, där en högre temperatur leder till en snabbare härdning hos betongen. Det innebär att tiden mellan gjutning och montering av modul på bjälklaget teoretiskt inte alltid behöver vara 12 dagar, ett kortare tidsintervall kan med stor sannolikhet användas under de varma sommarmånaderna, eller med uppvärmning med hjälp av exempelvis gasol. Man har dock utgått från 12 dagar på Modulprojektet för att kunna ha en tidplan att förhålla sig till och för att kunna planera och boka övriga leveranser till arbetsplatsen.

En betongkvalitet med högre hållfasthetsklass hade kunnat användas för att få en kortare härdningstid, men det hade i sin tur medfört ett högre pris på betongen samt mer krävande arbetsmoment på arbetsplatsen. Betong med hög hållfasthet kräver nämligen en ökad mängd armering som också hade medfört en högre kostnad. Det är också en större risk för sprickbildning om betongen härdar i en för hög takt, vilket hade kunnat påverka hållfastheten negativt. Med hänsyn till dessa faktorer och det klimat som byggarbetsplatsen befinner sig i har alltså betongkvalitet 35/45 MPa använts (Respondent1, 2021).

Härdnings- och uttorkningstiden för betongen blir alltså ett kritiskt moment vid användandet av badrumsmoduler eftersom modulerna är självbärande och belastar bjälklaget med sin tyngd. Till skillnad från skalväggar, som bär och bärs upp av andra skalväggar har modulerna inte den funktionen, se nästa avsnitt. Den ursparning som görs för golvbrunnarna i modulerna innebär en extra härdningstid eftersom en viss del av armeringen i plattbärlagen måste avlägsnas för att göra plats för brunnen, se figur 35.



Figur 35 Ursparning med armeringsstegar som måste kapas

4.2.3.3. Jämförelse

Vilket byggsystem som används i kombination med badrumsmoduler påverkar stomresningen mycket. Framför allt är de 12 dagarna, som betongen behöver härda mellan gjutning och montage av badrumsmoduler i det semiprefabricerade byggsystemet, en kritisk faktor. I det fallet krävs det att det finns flera trapphus att resa samtidigt eftersom stomresningen annars får stå stilla och invänta härdningen. Enligt *Lean Production avsnitt 3.6* utgör väntan en del av produktionen som kan identifieras som onödigt och oekonomisk. Med den takten som stommen reses på fallföretaget krävs det **minst tre trapphus** som kan resas samtidigt utan att stomresningen ska stå stilla (se mer i avsnitt 4.2.4.1. *Stomresning*). Att stomresningen står stilla är något som verkligen vill undvikas eftersom dyr kranhyra måste betalas även när kranen inte används. De dagar då armering och installationer läggs i bjälklaget innan det gjuts är det till exempel effektivare att kunna utnyttja kranen till ett annat trapphus samtidigt.

Det finns metoder för att stötta bjälklaget underifrån under tiden det härdar eller inte är starkt nog för att bära de laster som belastar det, mer om betongens härdning i avsnitt 3.8. *Betongbjälklag och dess inverkan på tiden*. För att hantera lasterna från betongen, armeringen och installationerna anpassas stämp och bockryggar på våningen under som stöttar bjälklaget till dess att betongen uppnått önskad hållfasthet, se figur 36. Denna lösning går dock inte att använda för badrumsmodulerna eftersom modulerna alltid står på samma plats som på våningen under. Bjälklaget kan alltså inte stöttas under modulen eftersom badrummet på våningen under står i vägen. Att bockryggarna inte kan stötta bjälklaget under badrummen visas i figur 37, en bild som är tagen på Modulprojektet. Detta problem hade inte heller uppstått om modulerna varit bärande. Då hade de bara placerats på varandra och modulen på våningen under hade burit bjälklaget, på samma sätt som de bärande betongväggarna monteras och bärs upp av varandra.



Figur 36 Bockryggar upplagda på stämp stöttar bjälklaget under tiden som betongen på bjälklaget ovanför härdar (Doka, u.d.)



Figur 37 - Bockryggar och stämp stöttar bjälklag på Modulprojektet. Dock inte där badrumsmodulen står.

I det helprefabricerade stomsystemet är betongbjälklaget redan härdat på fabrik och levereras med full hållfasthet. Därför behövs det ingen väntetid innan modulerna kan monteras på bjälklaget och stommen kan därför resas under en kortare tidsperiod. I dessa fall ställs det inga krav på hur många trapphus som behöver resas samtidigt, eller att trapphusen måste resas i en viss ordning. Med den här metoden kan till exempel ett trapphus resas åt gången.

Fördelarna med det helprefabricerade byggsystemet är att stomresningen sker betydligt snabbare än vid ett semiprefabricerat byggsystem, mer om detta i avsnitt 4.2.4.1. *Stomresning*, dock sker enligt Respondent 3 (2021) installationerna uppe på bjälklaget och pågjutningen efter att stommen är färdigrest. Detta är moment som inte finns i det semiprefabricerade byggsystemet. Alla installationer får inte heller plats i den ungefär 70 millimeter tjocka pågjutning som görs. Detta innebär att vissa installationer måste placeras ute i rummet vilket kan minska boarean och kan uppfattas som mindre tilltalande ur ett estetiskt perspektiv.

I det semiprefabricerade byggsystemet får samtliga installationer plats i bjälklaget. Dock måste en ursparning göras, genom formning och gjutning. Enligt Respondent 1 (2021) kostar detta moment inte några extra arbetsdagar men det är fortfarande ett tids- och resurskrävande moment som inte existerar i det helprefabricerade byggsystemet eftersom det där beställs en ursparning i massivbjälklagen. Värt att notera är dock att det projekt med helprefabricerad stomme som studerats använt sig av vägghängda toalettstolar, vilket innebär att den ursparningen som behövs beställas i bjälklaget blir mycket mindre än på Modulprojektet, eftersom det bara blir för duschens golvbrunn (Respondent3, 2021).

Viktigt att notera är att i det helprefabricerade byggsystemet kostar det inte några extra dagar i stomresningen att ha prefabricerade badrum jämfört med om stommen hade rests utan moduler (Respondent3, 2021). Badrumsmodulerna lyfts in och monteras samma dag som annat material, bland annat gips och radiatorer, lyfts in. I det semiprefabricerade systemet hade stommen gått snabbare att resa om det istället hade använts platsbyggda badrum eftersom betongen då inte hade behövt härda lika länge, se tabell 3.

4.2.4. Produktionseffektivitet

För att få en förståelse för den eventuella tidsvinst som en viss byggmetod kan medföra bör skillnaden mellan kalenderdagar och arbetsdagar tydliggöras. Exempelvis behöver två arbetade dagar inte innebära två kalenderdagar, utan det kan innebära en kalenderdag om två resurser arbetar samma dag. Det är viktigt att ha detta i åtanke när tidsaspekter diskuteras, eftersom det lätt kan skapa förvirring annars.

En tidsvinst i arbetsdagar behöver alltså inte nödvändigtvis medföra en tidsvinst i kalenderdagar, eftersom arbetsmomenten kan ta olika lång tid beroende på antal resurser. En tidsvinst kan dessutom omvandlas till att vinsten görs i form av resurser istället för dagar, vilket gör tidsaspekten till ett komplicerat problem med flera olika lösningar, där var lösning innebär olika för- och nackdelar.

En minskad mängd arbete kan antingen innebära ett minskat antal arbetare på byggarbetsplatsen men att tiden hålls konstant, eller ett minskande i arbetstimmar men att antalet arbetare hålls konstant. Sett ur ett arbetsmiljöperspektiv kan det vara en fördel att minska antalet personer på en arbetsplats, särskilt när det handlar om trånga ytor som i ett badrum. Både en förkortad produktionstid och en reducering av resurser kan innebära ekonomiska vinster för ett företag. Produktionstiden genom mindre etableringskostnader och resurserna genom mindre arbetsstyrka på byggarbetsplatsen, och därmed mindre kostnader för bland annat lön.

4.2.4.1. Stomresning

Tiden det tar att resa ett valv för Modulprojektet jämfört med fallföretagets exempeltidplan och systemet med helprefabricerad stomme visas i tabell 3. Ett valv motsvaras av ett våningsplan i ett trapphus (väggar och bjälklag).

Tabell 3 De olika stomsystemens tempo för stomresningen av ett valv.

Arbetsdag	Modulprojektet (badrumsmoduler)	Exempeltidplan (ej badrumsmoduler)	Helprefabricerad stomme (badrumsmoduler)
1	Skalväggar och utfackningsväggar	Skalväggar och utfackningsväggar	Skalväggar
2	Badrumsmoduler	Inlyft material, uppbockning, trappa	Ytterväggar
3	Inlyft material, uppbockning, trappa	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Badrumsmoduler + inlyft material, trappa, balkonger
4	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Massivbjälklag
5	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Gjutning av skarvar
6	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	
7	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Gjutning av valv	
8	Gjutning av valv	Utsättning	
9	Utsättning		

Modulprojektet håller alltså samma takt per valv i stomresningen som exempeltidplanen, förutom att en hel dag går till att montera badrumsmodulerna. I framtida projekt hos fallföretaget, där badrumsmoduler ska användas, är dock tanken att badrumsmoduler inte ska ges en hel dag i tidplanen. Det tar ungefär 20 minuter att montera en modul och modulerna för ett våningsplan i ett trapphus förväntas att hinnas med att monteras samma dag som *inlyft material, uppbockning, trappa*, precis som i tidplanen för den helprefabricerade stommen. Därmed väntas enligt Respondent 1 (2021) inte badrumsmodulen ha någon påverkan på tidplanen i stomresningen i framtiden, utan projekt med badrumsmoduler ska kunna ha samma tidplan som exempeltidplanen, beroende på hur stort trapphuset är. Genom att eliminera dagen för montering av badrumsmoduler ur tidplanen och istället genomföra det momentet samma dag som andra moment effektiviseras arbetet mer och risken för väntan, som enligt Lean Production bör undvikas, minskar.

Skillnaden mellan de två tidplanerna för den semiprefabricerade stommen och tidplanen för den helprefabricerade stommen är att montaget av utfackningsväggar och skalväggar tar dubbelt så lång tid med den helprefabricerade stommen. Detta beror på att ytterväggarna som ingår i den helprefabricerade stommen är sandwichväggar i betong som väger mycket mer än de utfackningsväggar i trä som fungerar som ytterväggar i den semiprefabricerade stommen. Den extra vikten gör att lyften och montaget tar

längre tid, dock kan den extra tiden variera beroende på valvets storlek, tabellen ovan är en förenklad modell. Dock spelar det ingen roll för stomresningens hastighet i det helprefabricerade systemet om byggnaden byggs med badrumsmoduler eller platsbyggda badrum (Respondent3, 2021).

Tabell 4 visar hur stomresningen ser ut på Modulprojektet. Den gula färgen representerar våningsplan 1 och den röda våningsplan 2. Markerade med *** är de moment som kräver användning av kran på arbetsplatsen.

Ett arbetsmoment som är styrande för den totala produktionstiden, och som blir tydligt med semiprefabricering som byggmetod i kombination med badrumsmoduler, är betongens härdningstid. Betongen i ett nygjutet bjälklag måste härda ett visst antal dagar innan det belastas av badrumsmoduler, vilket är en anledning till att det inte är tidseffektivt att bygga ett trapphus nerifrån och upp med semiprefabricering som metod. Eftersom betongens härdning sker automatiskt, med start vid gjutningstillfället, inkluderas samtliga kalenderdagar i den tid som härdningen tar.

I tabell 4 kan utläsas att det i denna tidplan går minst 12 dagar mellan gjutningen av bjälklaget och monteringen av badrumsmoduler eftersom det var femte arbetsdag inträffar en helg som innebär två extra dagars härdning per arbetsvecka. Eftersom gjutningen sker på morgonen kan också gjutningsdagen räknas med till de 12 dygn som betongen behöver härda. Sker gjutningen till exempel på måndag morgon, kommer modulerna alltså monteras på bjälklaget på fredagen veckan därpå = 12 dagar. Tabellen visar också att det som tidigare nämnts krävs **minst tre trapphus att resa samtidigt** i ett projekt med semiprefabricerad stomme och badrumsmoduler, för att inte stomresningen ska stå stilla.

Tabell 4 Stomresningens metodik på Modulprojektet. Den gula färgen representerar våningsplan 1 och den röda våningsplan 2. Markerade med *** är de moment som kräver användning av kran på arbetsplatsen.

Arbetsdag	Trapphus 1	Trapphus 2	Trapphus 3
1	Utfackningsväggar + skalväggar ***		
2	Badrumsmoduler ***		
3	Uppbockning, inlyft material, trappa ***		
4	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***		
5	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***		
6	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Utfackningsväggar + skalväggar ***	
7	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Badrumsmoduler ***	
8	Gjutning valv	Uppbockning, inlyft material, trappa ***	
9	Utsättning	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***	
10		Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***	
11		Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Utfackningsväggar + skalväggar ***
12		Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Badrumsmoduler ***
13		Gjutning valv	Uppbockning, inlyft material, trappa ***
14		Utsättning	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***
15			Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***
16	Utfackningsväggar + skalväggar ***		Plattbärlag, balkonger, armering, installationer
17	Badrumsmoduler ***		Plattbärlag, balkonger, armering, installationer
18	Uppbockning, inlyft material, trappa ***		Gjutning valv
19	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***		Utsättning
20	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer ***		
21	Plattbärlag, balkonger, armering, installationer	Utfackningsväggar + skalväggar ***	

4.2.4.2. Arbetsmetodik

Hur de olika aktiviteterna är beroende av varandra och i vilken ordning trapphusen byggs skiljer sig åt mellan stomskedet och stomkompletteringsskedet. Det skiljer sig också mellan semiprefabricerad och helprefabricerad stomresning. Under stomresningen för ett semiprefabricerat system reses trapphusen i sidled, våning för våning, vilket innebär att det är aktivitet i flera trapphus samtidigt.

Våning 1, trapphus 1 → Våning 1, trapphus 2 → Våning 1, trapphus 3 o. s. v.

Det finns flera anledningar till att metodiken ser ut så här i stomresningen. I stomresningen på Modulprojektet används kranen på byggarbetsplatsen under fem dagar per trapphus för montage av skalväggar, utfackningsväggar, badrumsmoduler, plattbärlag, inlyft av material, plattbärlag och balkonger. Efter detta sker arbeten uppe på plattbärlaget i form av armering, installationer, formning av ursparning till badrumsmodulerna och till sist gjutning av bjälklaget. Dessa arbeten tar tre dagar på Modulprojektet och det ska sedan gå tolv dagar mellan gjutning och montage av badrumsmodulerna för att betongen i bjälklaget ska härda tillräckligt. Det innebär att kranen i detta scenario, om endast ett trapphus hade rests åt gången, står stilla i $3 + 11 = 14$ dagar eftersom montaget av skalväggar och utfackningsväggar sker elva dagar efter gjutningen. Kranhyran är dyr och det är därför en förutsättning att kranen under de här 14 dagarna kan användas till att resa stommen i andra trapphus.

Men även på Referensprojektet, som inte använder badrumsmoduler, behöver flera trapphus resas samtidigt. Här behöver inte betongen härda lika många dagar, men de dagarna som det tar att göra installationerna, armeringen och gjutningen hade kranen behövt stå still om endast ett trapphus hade rests åt gången. Därför sker stomresningen i olika trapphus samtidigt.

På fallföretaget har man som utgångspunkt att arbeta enligt *1,0* i stomkompletteringsskedet, vilket innebär att aktiviteterna som ingår i det skedet ska utföras med hastigheten en lägenhet per dag. Exempelvis förväntas isolering av ett våningsplan med fem lägenheter ta fem arbetsdagar. Detta arbetssätt existerar för att aktiviteterna inte ska komma ikapp varandra, utan alltid ha samma förskjutning till aktiviteten före respektive efter. Att en viss aktivitet färdigställs tidigare än planerat kan få konsekvensen att det blir väntetid för den personen eftersom denne inte kan påbörja nästa aktivitet förrän en annan specifik aktivitet är färdigställd (Respondent6, 2021). Detta arbetssätt innebär också att resurserna som läggs på respektive aktivitet måste anpassas så att takten en lägenhet per dag kan hållas.

I stomkompletteringen flyttar sig istället aktiviteterna uppåt i samma trapphus, till skillnad från i stomskedet. När det första trapphuset är helt färdigt, påbörjas samma procedur längst ner i det andra trapphuset.

Våning 1, trapphus 1 → Våning 2, trapphus 1 ...

... Våning 5, trapphus 1 → Våning 1, trapphus 2 o. s. v.

Nu är arbetsmomenten inte längre beroende av kranen och det är i stomkompletteringsskedet istället mer effektivt att flytta uppåt i trapphusen med hjälp av hiss än att gå mellan trapphusen. Därför sker aktiviteterna uppåt i samma trapphus, våning för våning.

Det är denna arbetsmetodik som tidsbesparingen i stomkompletteringen beror på, mer om detta i nästa avsnitt. Aktiviteterna görs våning för våning och en ny aktivitet kan inte starta på samma våningsplan som en annan aktivitet pågår. Alla aktiviteter antas ta 1,0 arbetsdagar per lägenhet och det innebär att i ett trapphus med sex lägenheter per våningsplan kan de olika aktiviteterna teoretiskt sett starta var sjätte arbetsdag.

Med en helprefabricerad stomme spelar metodiken i stomresningen ingen roll eftersom installationer, armering och gjutning inte sker i bjälklaget. Här kan istället nästa valv påbörjas direkt utan att kranen står stilla.

4.2.4.3. Stomkomplettering

De aktiviteter som utgår ur tidplanen i ett projekt med badrumsmoduler, jämfört med i ett projekt med platsbyggda badrum, är *tätskikt badrum*, *plattsättning våtrum* och *våtrumsinredning*. Dessa aktiviteter inblandar den mängd resurser som krävs för att aktiviteten ska hålla arbetstakten 1,0. Resurser hos fallföretaget motsvaras av yrkesarbetare, antingen underentreprenörer eller, av fallföretaget anställda hantverkare.

Fallföretaget har standardiserat hur tidsplanen för stomkompletteringen görs. Detta innefattar hur många arbetsdagars förskjutning som de olika aktiviteterna ska ha i förhållande till varandra. I fallföretagets exempeltidplan har aktiviteterna sex arbetsdagars förskjutning i stomkompletteringen. Denna exempeltidplan är dock baserad på projekt med fyra lägenheter per valv. Modulprojektet har sex lägenheter per valv och detta gör att glappet mellan aktiviteterna blir åtta arbetsdagar istället för sex (Respondent1, 2021).

Figur 38 är en förenklad modell av hur tidplanen på Modulprojektet hade sett ut med platsbyggda badrum och figur 39 är en förenklad modell på hur tidplanen istället ser ut med prefabricerade badrumsmoduler. Modellerna utgår från arbetssättet 1,0 som betyder att alla aktiviteter tar 1 arbetsdag per lägenhet att genomföra.

Arbetsdag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Kök, tamburdörr	Trapphus 1, plan 1		Trapphus 1, plan 2				Trapphus 1, plan 3						Trapphus 1, plan 4				Trapphus 1, plan 5													
Tätskikt våtrum								Trapphus 1, plan 1				Trapphus 1, plan 2				Trapphus 1, plan 3				Trapphus 1, plan 4										
Plattsättning våtrum, kök																	Trapphus 1, plan 1			Trapphus 1, plan 2			Trapphus 1, plan 3							
Innerdörr, skjutdörrsgarderob, våtrumsinredning																									Trapphus 1, plan 1					

Figur 38 Förenklad modell av en del av stomkompletteringstidplanen på Modulprojektet med platsbyggda badrum.

Arbetsdag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Kök, tamburdörr	Trapphus 1, plan 1				Trapphus 1, plan 2				Trapphus 1, plan 3				Trapphus 1, plan 4											
Plattsättning kök									Trapphus 1, plan 1				Trapphus 1, plan 2				Trapphus 1, plan 3							
Innerdörr, skjutdörrsgarderaber													Trapphus 1, plan 1				Trapphus 1, plan 2							

Figur 39 Förenklad modell av en del av stomkompletteringstidplanen på Modulprojektet med prefabricerade badrumsmoduler

Skillnaden i tidplanerna blir att aktiviteten *Tätskikt våtrum* helt utgår i tidplanen med badrumsmoduler. Detta innebär att alla följande aktiviteter kommer påbörjas åtta arbetsdagar tidigare, vilket i sin tur leder till att stomkompletteringen färdigställs **åtta dagar tidigare**. En annan skillnad mellan tidplanerna är att aktiviteterna *Plattsättning våtrum*, *kök* och *Innerdörr, skjutdörrsgarderaber, våtrumsinredning* i tidplanen med badrumsmoduler kommer ändras och inte längre innebära något arbete i badrummet. Det är dock viktigt att alla aktiviteter fortfarande håller arbetstakten 1,0 för att glappet på åtta dagar ska hållas. Därför minskas istället resurserna på de här aktiviteterna. *Plattsättning kök minskas med en underentreprenör* jämfört med *Plattsättning våtrum, kök, och Innerdörr, skjutdörrsgarderaber minskas med en hantverkare* jämfört med *Innerdörr, skjutdörrsgarderaber, våtrumsinredning* (Respondent1, 2021).

4.2.5. Kostnader

En förenklad uppskattning har gjorts för att få en uppfattning av den ekonomiska besparing som en tidsvinst på åtta dagar i stomkompletteringsskedet teoretiskt kan medföra. Den totala produktionstidens minskning med åtta dagar i stomkompletteringsskedet innebär en minskad etableringstid och ett minskat behov av resurser i form av en yrkesarbetare och två underentreprenörer (en plattsättare och en rörläggare). Uppskattningen är baserad på att yrkesarbetaren och underentreprenören färdigställer respektive arbetsmoment i en lägenhet per arbetsdag. Således utgår beräkningarna från 78 dagar eftersom Modulprojektet i fallstudien omfattar 78 lägenheter.

Etablering: 50 000 kr/dag

1 yrkesarbetare: 500 kr/h

1 underentreprenör: 500 kr/h

Etablering (vinst)

$$50\,000\text{ kr/dag} \cdot 8\text{ dagar} = 400\,000\text{ kr}$$

Yrkesarbetare (vinst)

$$500\text{ kr/h} \cdot 8\text{ h} \cdot 78 = 312\,000\text{ kr}$$

Underentreprenör (vinst)

$$2 \cdot 500 \text{ kr/h} \cdot 8 \text{ h} \cdot 78 = 624\,000 \text{ kr}$$

Sammanställning

Den ekonomiska vinst som åtta besparade dagar motsvarar står beskrivet i tabell 5. Beräkningarna är gjorda med utgångspunkt i att åtta kalenderdagar kan sparas i stomkompletteringsskedet, därav åtta dagars etableringskostnader.

Tabell 5 - Uppskattning av vad en minskad total produktionstid på åtta dagar innebär ekonomiskt

Resurs	Kostnad	Enhet
Etablering	400 000	kr
Yrkesarbetare x 1	312 000	kr
Underentreprenör x 2	312 000 x 2 = 624 000	kr
Totalt	1 336 000	kr

4.2.5.1. Kostnader på Modulprojektet

På Modulprojektet är en extra dag per våningsplan per trapphus insatt i tidplanen, just för att lyfta in badrumsmodulerna. Det blir totalt 15 extra dagar i stomresningen, enligt figur 40. Totalt sett tar alltså produktionen på Modulprojektet **7 dagar längre** än om det byggts med platsbyggda badrum och tabell 5 visar således de kostnadsbesparingar som teoretiskt hade varit möjliga om tiden för stomskedet **inte** hade påverkats av badrumsmoduler.

ANTAL	Trph	1 rok ≤ 35	1 rok > 35	1,5 rok	2 rok ≤ 55	2 rok > 55	3 rok	4 rok	SUMMA
Min/max Storlek									46,3
Snitt Intäktsarea									127
Antal personer		1	1	1	1	2	3	4	127
Plan 09	Tr 1	2	0	0	1	0	0	1	4
Plan 10	Tr 1, 2, 3	7	0	0	6	0	2	2	17
Plan 11	Tr 1, 2, 3	3	0	1	9	0	2	2	17
Plan 12	Tr 1, 2, 3	3	0	1	9	0	2	2	17
Plan 13	Tr 1, 2, 3	3	0	1	9	0	2	2	17
Plan 14	Tr 1, 3	0	0	0	4	0	0	2	6
TOTALT		18	0	3	38	0	8	11	78
ANDEL %		23,1%	0,0%	3,8%	48,7%	0,0%	10,3%	14,1%	

Figur 40 - Fördelning av lägenheter per trapphus och våningsplan på Modulprojektet (JM AB, 2020).

Etableringskostnaderna blir alltså högre för Modulprojektet vid användning av prefabricerade badrum istället för platsbyggda badrum. De dagar som sparas i stomkompletteringsskedet förloras istället i stomskedet till följd av den extra dag per våningsplan och trapphus som använts till att lyfta in och montera modulerna. På Modulprojektet blir det således $15 - 8 = 7$ dagars extra etableringskostnader. Däremot sparas, som tidigare nämnt, resurser i form av en yrkesarbetare och två underentreprenörer.

Etablering (förlust)

$$50\,000 \text{ kr/dag} \cdot 7 \text{ dagar} = 350\,000 \text{ kr}$$

Yrkesarbetare (vinst)

$$500 \text{ kr/h} \cdot 8 \text{ h} \cdot 78 = 312\,000 \text{ kr}$$

Underentreprenör (vinst)

$$2 \cdot 500 \text{ kr/h} \cdot 8 \text{ h} \cdot 78 = 624\,000 \text{ kr}$$

$$\text{Totalt: } 312\,000 + 624\,000 - 350\,000 = 586\,000 \text{ kr (vinst)}$$

Den totala kostnaden för Modulprojektet förväntas vara omkring 100 miljoner kronor vilket innebär att den besparing som kan göras, genom en yrkesarbetare och två underentreprenörer i kombination med sju dagars extra etablering, utgör ungefär 0,6 % av projektets totala kostnad.

Den förenklade ekonomiska beräkningen över de vinster som kan göras genom att använda badrumsmoduler som en metod bör endast ses som en fingervisning. Det finns nämligen andra faktorer, som inte analyserats i detalj i denna studie, som påverkar kostnaden för ett projekt med badrumsmoduler i kombination med semiprefabricerat stomsystem. Det är till exempel möjligt att kostnader för armering ökar eftersom det krävs extra armeringsarbete vid ursparningarna för modulerna. Dessutom kräver en högre betongkvalitet en ökad mängd armering, vilket står beskrivet i avsnitt 3.8. *Betongbjälklag och dess inverkan på tiden*. Detta, tillsammans med kostnader för den högre betongkvaliteten som används, påverkar alltså också de totala kostnaderna.

Som beskrivet i avsnitt 1.4. *Avgränsningar* har denna studie inte beräknat kostnadsskillnaderna mellan de olika sätten att bygga badrum. Men enligt studier från Karlstad Universitet (Bergström & Sjöberg, 2009) och Linnéuniversitetet (Bajcinca & Aldarwash, 2014), som båda har jämfört kostnader mellan prefabricerade badrumsmoduler och platsbyggda badrum vid nybyggnation av våtrum, kostar ett prefabricerat badrum lite mindre att bygga än ett platsbyggt badrum. Enligt Respondent 1 (2021) gör dock de extra kostnaderna i form av högre betongkvalitet och extra armering att kostnaden ändå blir ungefär samma som för platsbyggda badrum. Respondent 3 (2021) menar också att i de fall då tillval görs i badrumsmodulerna springer kostnaderna i väg och de kan rentav bli dyrare än de platsbyggda badrummen.

4.2.6. Framtidsvision

4.2.6.1. Tidplan

Enligt Respondent 1 (2021) är det inte tänkt att en extra dag ska existera i stomskedet för inlyft av badrumsmoduler i framtiden, eftersom det i praktiken inte krävs en hel arbetsdag för det momentet. Målet är att kunna lyfta in modulerna samma dag som inlyft av gips och annat material sker till lägenheterna. På det sättet utnyttjas även kranen på arbetsplatsen mer effektivt.

Vid platsbesök på Modulprojektet noterades att inlyft av en badrumsmodul tog cirka 10 – 15 minuter, och totalt monterades fem eller sex moduler under samma dag beroende på antalet lägenheter i trapphusen. Denna aktivitet tog alltså inte en hel arbetsdag att genomföra och det upplevdes att det fanns gott om tid till att utföra andra arbeten under samma arbetsdag. Om inlyft av material och montering av badrumsmoduler sker under samma arbetsdag framöver skulle tiden för stomresningen vara densamma oavsett användandet av badrumsmoduler eller inte. Däremot behöver uppmärksamhet riktas till antalet trapphus som byggs, för att få ett effektivt utnyttjande av kranen och för att de nygjutna bjälklagen fortfarande behöver tillräcklig tid att härda innan de belastas av badrumsmoduler.

4.2.6.2. Konstruktion

En lösning på problemet med de långa härdningstiderna för betongen i bjälklagen hade kunnat vara att använda vägghängda toaletter i badrumsmodulerna, istället för golvstående. På så sätt är det endast golvbrunnen till duschar som kräver en ursparning, eftersom rören till toalettstolen istället placeras längs med modulens vägg, och alltså inte i bjälklaget. En mindre ursparning hade kunnat innebära att armeringsstegar inte hade behövt kapas i plattbärlaget, och bjälklagets härdningstid hade med stor sannolikhet kunnat förkortas, jämfört med i dagsläget.

Ett badrum med vägghängd toalett upplevs av många som ett badrum med högre standard än ett badrum med golvstående toalett. Syftet med konceptet *Smarta Kvadrat*, som Modulprojektet ingår i, är att bygga mindre och billigare lägenheter. I fallföretagets övriga projekt används golvstående toaletter som standard, vilket innebär att företaget hade fått göra förändringar i alla sina badrumsutformningar, eftersom standarden i ett *Smarta Kvadrat*-projekt inte är tänkt att vara högre än i ett standardprojekt.

4.2.7. Utmaningar

Sett ur ett kundperspektiv finns det en del problem som kan uppstå vid användandet av badrumsmoduler i bostadsrättsprojekt. Majoriteten av problemen uppkommer då kunderna tillåts att göra någon form av tillval relaterat till just badrummen (Respondent5, 2021). Vanligtvis tillåts inte denna typ av val i prefabricerade badrum på det företag som Respondent 5 är verksam inom, vilket generellt sett inte har medfört några större problem gällande försäljning eftersom en hög kvalitet på bostäderna har kunnat hållas trots att badrummen varit prefabricerade. Tillval erbjuds däremot normalt sett, på projekt som Respondent 5 är involverad i, i platsbyggda badrum.

Det finns dock undantag där kundval tillåtits kopplade till badrum i projekt med badrumsmoduler. Enligt Respondent 5 (2021) bör ett projekt med prefabricerade badrum inte innefatta fler än två olika

badrumstyper. Ett projekt som respondenten varit involverad i omfattade sju olika typer av badrumsmoduler, där vissa utformningar dessutom existerade som spegelvända versioner. Detta medförde utmaningar vid leverans och montering av badrummen då de olika badrumsmodulerna skulle placeras i respektive lägenhet. Det har ställt höga krav på badrumsleverantör såväl som på platsledning, där modulerna måste vara märkta med rätt lägenhetsnummer. Särskilt viktig är märkningen eftersom modulerna är plomberade och inte tillåts att öppnas förrän byggnaden är tät. Det är alltså inte möjligt att kontrollera badrummen invändigt vid leverans, för att på så sätt säkerställa att rätt modul placeras i rätt lägenhet.

Enligt Respondent 5 (2021) spelar den mänskliga faktorn en relativ stor roll i de utmaningar som kan uppstå. I projekt med platsbyggda badrum existerar dessa utmaningar främst i form av handhavandefel. Ett exempel på ett problem av den karaktären är vid platsättning i platsbyggda badrum, då det kan uppstå situationer där de levererade kakelplattorna i en specifik lägenhet inte stämmer överens med den beskrivning av badrummet som finns tillgänglig för platsättaren. Det kan då dras felaktiga slutsatser om att det är de levererade kakelplattorna som ska monteras, vilket medför oväntade kostnader och arbetsmoment vid senare tillfälle då misstaget upptäckts och måste åtgärdas.

Respondent 4 (2021) intygar att just platsättningen i platsbyggda badrum kan vara ett moment där det blir fel på grund av den mänskliga faktorn, att fel kakelplattor monteras i fel badrum. Det är en konsekvens av att kunden ha fått göra tillval i sin bostad. Denna typ av fel skulle dock kunna uppstå även i ett prefabricerat badrum, i de fall då kunden haft möjlighet att påverka badrummets utformning och design.

En annan utmaning med tillval i prefabricerade badrum är, enligt Respondent 5 (2021), kopplat till utbudet hos badrumsleverantören. Det utbud som företaget vanligtvis brukar kunna erbjuda sina kunder stämmer inte alltid överens med det utbud som leverantören erbjuder företaget, gällande exempelvis inredningsdetaljer i badrummen. Badrumsleverantören kan ha avtal med leverantörer som beställarföretaget i sin tur inte har kontakt med. Detta kan leda till begränsningar i utbud på grund av ekonomiska skäl, vilket i sin tur kan medföra en risk för en större andel missnöjda eller misstänksamma kunder då utbudet kan skilja sig jämfört med andra liknande projekt hos samma företag.

Ytterligare ett problem kopplat till tillval i badrumsmoduler är ett tidsrelaterat problem. Tillval i badrumsmoduler måste göras i ett tidigare skede än vid platsbyggda badrum, vid en tidpunkt då endast omkring hälften av bostäderna har sålts. I ett projekt som Respondent 5 (2021) lyfter som exempel var valen tvungna att göras ungefär tjugo månader innan kundens tillträde till bostaden, ungefär vid tiden för projektets byggstart. Tidsperioden innebär att omkring hälften av kunderna inte hinner göra några tillval i sina bostäder, till skillnad från i projekt med platsbyggda badrum då tillvalen brukar kunna hållas öppna fram till minst ett år innan tillträde. I de fallen har omkring 80 procent av bostäderna sålts, och majoriteten av kunderna hinner således genomföra sina tillval.

Även om entreprenadens beställare har som krav att tillval ska vara möjligt för kunderna kan beslutet om prefabricerade eller platsbyggda badrum vara upp till entreprenören, om båda alternativen (platsbyggda och prefabricerade badrum) lämnas öppna av beställaren. Beställarens vilja att tillåta val för att få större andel nöjda kunder, i kombination med entreprenörens vilja att förkorta byggtiden genom att använda badrumsmoduler kan således orsaka en del utmaningar.

En potentiell lösning på det tidsrelaterade problemet hade, enligt Respondent 5 (2021), varit om badrumsleverantören hade kunnat tillverka och leverera badrum med lös inredning. Det är dessvärre mer en önskan snarare än verklighet i dagsläget eftersom leverantören endast levererar kompletta produkter, utan lösa inredningsdetaljer. Utmanande konsekvenser av att erbjuda lös inredning i en

badrumsmodul hade kunnat uppstå i form av gränsdragningsproblematik. Om lösa delar ska monteras i badrummet efter leverans kan det vara svårt att säkerställa om det är leverantören eller entreprenören som bär ansvar i olika situationer, vilket är en anledning till att leverantören i dagsläget levererar uteslutande kompletta produkter.

4.2.8. Eftermarknad

En begränsning som fallstudien har haft är att badrumsmodulerna inte kunnat studeras ur ett längre tidsperspektiv, vilket innebär att Modulprojektet inte har kunnat studeras ur ett eftermarknadsperspektiv. Med anledning av detta har en person, utanför fallstudien, med relevant yrkesroll intervjuats för att få en förståelse för eftermarknad- och garantiperspektivet i projekt där prefabricerade badrum använts som metod.

Enligt Respondent 4 (2021) är en fördel med prefabricerade badrum att badrumsleverantören är ansvarig för allt som kan relateras till just badrummet, exkluderat vitvaror såsom tvättmaskin och torktumlare. Det råder oftast inga tvivel om exempelvis vilken eventuell underentreprenör som ansvarar för en viss del i badrummet. För entreprenörens del är det således lätt att veta vem som ska kontaktas om något fel uppstår. Denna fördel kan emellertid även ses som en nackdel, om den aktuella leverantören inte erbjuder någon lokal service. I projekt med platsbyggda badrum, där det är flera aktörer involverade, har lokala entreprenörer ofta valts ut vilket i sin tur innebär en närmre och mer lättillgänglig service i jämförelse med vid prefabricerade badrum.

Något som upplevts som problematiskt, och som varit ett återkommande problem i projekt med badrumsmoduler, är kommunikation kring garantiärenden relaterat till just badrum. I samband med dessa ärenden, i form av felanmälningar som rapporterats efter tillträde till bostaden, har badrumsleverantören hävdats att det aktuella felet i vissa fall inte bör klassas som ett egentligt fel om det inte tagits upp under slutbesiktning. Enligt Respondent 4 (2021) är detta något som skapat konflikter mellan leverantör och entreprenör, huruvida ett fel kan definieras som ett fel och vem som bär ansvaret för att det åtgärdas. Själva besiktningen går till på samma sätt oavsett om badrummet är prefabricerat eller platsbyggt, där besiktningsmannen kontrollerar samma punkter.

Det är ingen större skillnad i vilka typer av fel som rapporteras, relaterat till badrum, i en jämförelse mellan platsbyggda och prefabricerade badrum. Enligt Respondent 4 (2021) motsvaras inrapporterade felanmälningar oftast av fel och brister som kan kopplas till andra delar i bostaden och således inte berör badrummet. Ett fel som kan uppstå i en badrumsmodul, men även i ett platsbyggt badrum, är fogsläpp mellan kakelplattor. Detta inträffar oftast i golv-väggvinkel men kan inte relateras till om badrummet är prefabricerat eller inte.

Ett återkommande problem i traditionella platsbyggda badrum är förekommandet av läckage i kommoden, en konsekvens av att vattenlåsen inte varit tillräckligt spända. Konsekvensen blir då att det droppar vatten i kommoden vilket har orsakat klagomål från kunder. Enligt Respondent 4 (2021) framhäver den typen av fel en tydlig skillnad mellan platsbyggda och prefabricerade badrum. Om det droppar vatten i kommoden i ett platsbyggt badrum är det med största sannolikhet en VS-entreprenör som inte utfört sitt arbetsmoment korrekt, och denne finns oftast tillgänglig lokalt vilket innebär att problemet kan åtgärdas inom en kort tidsperiod. När det gäller ett prefabricerat badrum kan det vara mer problematiskt, enligt Respondent 4 (2021), att få problemet åtgärdat eftersom badrumsleverantören inte alltid är lika lättillgänglig som underentreprenören i det platsbyggda scenariot.

4.2.9. Badrumsmoduler i olika typer av projekt

En av frågeställningarna som denna studie ämnar besvara är i vilken typ av projekt som badrumsmoduler lämpar sig bäst i. Genom de intervjuer som genomförts har olika åsikter och tankar samlats in för att få en bättre bild av problemet.

Enligt Respondent 4 (2021) kan det vara en effektiv lösning att använda prefabricerade badrum i större projekt som innefattar många lägenheter. Vidare menar respondenten att det inte lämpar det sig att använda modulerna i exklusiva projekt, utan det bör vara projekt där någon form av massproducering av mindre smarta bostäder sker. Förutom att lägenheterna bör vara yteffektiva är det också att föredra att begränsa de tillval som kunderna tillåts göra, relaterade till badrum.

Att inte tillåta tillval i projekt med badrumsmoduler är något som även Respondent 3 (2021) håller med om. Eftersom tillverkningen sker på löpande band i fabrik och besked om utformningar måste vara fabriken tillhanda i ett tidigt skede, skapar det problem. Respondent 3 (2021) menar vidare att tidsvinsten är den huvudsakliga anledningen till varför moduler används som metod i byggnadsprojekt, men att det tidigare även var möjligt att göra en större ekonomisk vinst. På senare år har, enligt respondenten, den ekonomiska skillnaden mellan platsbyggda och prefabricerade badrum blivit mindre, och det är egentligen bara tiden som kvarstår som den möjliga vinst som användandet av badrumsmoduler kan medföra.

Att använda badrumsmoduler i hyresrättsprojekt är något som Respondent 5 (2021) kan rekommendera. En fördel med att använda badrumsmoduler i hyresrätter är att kunderna inte har möjlighet att ställa samma krav som i bostadsrätter gällande exempelvis färg på kakel. På så sätt kan det vara möjligt att göra både ekonomiska och tidsmässiga vinster i ett projekt. Även i vissa bostadsprojekt kan metoden lämpa sig, förutsatt att en noggrann utvärdering görs innan beslut om metod tas. Om det inte görs finns det risk att de kostnader som teoretiskt kan sparas med badrumsmoduler går förlorade på annat håll i processen, exempelvis för oväntat administrativt arbete för att få rätt material på rätt plats i produktionen.

Något som kan vara ett stort problem då badrumsmoduler används i projekt är att koordinera projekteringen med produktionen, så att alla moment blir genomförbara även i praktiken. Brister i kommunikation kan uppstå, enligt Respondent 3 (2021), om exempelvis badrumsleverantören inte närvarar vid viktiga projekteringsmöten kopplade till det aktuella projektet. Betydande detaljer, som att exempelvis en toalettstol måste flyttas för att matcha rörkopplingar, kan missas om leverantören tillverkar modulerna direkt utifrån ritningar utan att vara medvetna om eventuella förändringar som sker.

4.2.10. Målgrupp

Den avsedda målgruppen för ett specifikt byggprojekt är viktigt att ha i åtanke redan från start eftersom olika målgrupper kan ställa olika krav. Om ett projekt inte möter den tänkta målgruppen kan det skapa stora problem, exempelvis genom att företag kan gå med stora ekonomiska förluster eller få dåligt rykte. Detta gäller inte minst i bostadsprojekt, där målet hos de allra flesta byggföretag är att få nöjda kunder.

Vad gäller eftermarknad och garantiärenden menar Respondent 4 (2021) att beroende på vilken målgrupp som är kunder i ett visst projekt kan antalet felanmälningar som inrapporteras, samt hur stor del som är relevanta, variera. Baserat på respondentens tidigare erfarenheter är den yngre målgruppen mindre benägna att anmäla fel, i jämförelse med den äldre, och i de fall som felanmälningar görs är risken stor att relevans saknas på grund av okunskap.

Det svåraste är, enligt Respondent 4 (2021), att leva upp till kundernas förväntningar. Ju mer kunden betalat för sin bostad desto mer ökar förväntningarna och de krav som kunden ställer. Den målgrupp som tenderar att anmäla flest fel kopplade till bostaden är de kunder som flyttar in i bostadsrättsradhus, och där snittåldern är omkring 30 år. Orsaken är att dessa kunder i vissa fall inte är helt medvetna om vad det är som de egentligen har betalat för, där en del kunder intalar sig att de har köpt ett hus istället för vad det egentligen är – en bostadsrätt. Vidare kan en del kunder, enligt Respondent 4 (2021), ha svårt att förlika sig med att något redan är godkänt ur ett entreprenadjuridiskt perspektiv, och i dessa fall kan många felanmälningar som inrapporteras vara baserade på just personliga åsikter och till stor del tyckande.

Att den yngsta målgruppen motsvaras av de minst kräsna kunderna är något som även Respondent 5 (2021) intygar. Några av de projekt som respondenten har erfarenhet av har riktat sig mot förstagångsköpare av bostad, som inte ställer lika höga krav som exempelvis en medelålders målgrupp. Medelålders kunder som flyttar från villa till bostad är nämligen mer kräsna eftersom de är vana att få bestämma allt själva vad gäller utformningen av den egna bostaden. Den allra äldsta målgruppen är, liksom den yngsta, ofta mindre problematisk att bemöta då de inte ställer samma krav eller har samma höga förväntningar som kunder runt 50–60 års åldern tenderar ha.

Respondent 5 (2021) menar att oavsett om ett projekt innefattar badrumsmoduler eller inte är det otroligt viktigt att kunderna känner till förutsättningarna från början, inte minst gällande tillval och eventuella begränsningar. Om tillval exempelvis är begränsade i badrummen kan kunderna erbjudas desto fler tillval i köket, och på så sätt kan de begränsningar som badrumsmoduler medför kompenseras.

5. Diskussion

I detta kapitel diskuteras de aktuella frågeställningarna ur ett bredare perspektiv, där främst ett framtidsperspektiv behandlas. I avsnitt 5.7 diskuteras Lean Production och Just In Time, som även beskrivs detaljerat i avsnitt 3.6. *Lean Production*, samt vilka utmaningar som kan komma att vara aktuella i framtiden kopplat till den filosofin. I kapitlet diskuteras avsnitt från både kapitel 3. *Teori* och kapitel 4. *Resultat* på ett lite bredare sätt än tidigare men även nya lösningar och utmaningar tas upp och diskuteras.

5.1. Arbetsmiljö

I ett platsbyggt badrum samsas många aktörer, och varje moment i ett badrum är beroende av att föregående moment är utfört korrekt och i rätt tid, se avsnitt 3.7. *Arbetsmiljö*. Varje aktör måste dessutom se till att arbetsytan är städad när nästa person ska påbörja sitt arbete, att det inte ligger skräp och överblivet material i vägen som kan försvåra utförandet. Dessa moment kan undgås vid fabrikstillverkning eftersom de prefabricerade badrumsmodulerna då tillverkas i fabrik under kontrollerade förhållanden, där maskiner utför den största delen av arbetet.

Ur ett arbetsmiljöperspektiv kan den industriella tillverkningen av badrum vara fördelaktig då det inte kräver något inblandande av flera aktörer, utan där utnyttjas istället maskiner till att konstruera badrummen. På fabriker är det även lättare att förutspå hur mycket material som ska användas vilket medför en mindre mängd spill, till skillnad från i ett platsbyggt badrum där en viss mängd spill alltid måste räknas med. Det kan också vara fördelaktigt med fabrikstillverkning ur ett miljöperspektiv eftersom de flesta byggföretagen ständigt skärper sina avfallsmål. På byggarbetsplatser kan det dessutom vara problematiskt att få plats för all källsortering, och att sortera rätt kan i många fall vara något som inte prioriteras.

5.2. Betongbjälklagets påverkan

Något som varit väldigt kritiskt vid användandet av badrumsmoduler i ett semiprefabricerat byggsystem är betongens härdningstid, se mer om detta i avsnitt 3.8. *Betongbjälklag och dess inverkan på tiden*. På grund av den ursparning som görs i bjälklaget, för att göra plats för badrummets golvbrunn, behöver armeringsstegar kapas och således kräver bjälklaget extra tid för att härda och uppnå rätt hållfasthet. Detta har noterats som det moment som styr tidplanen för stomskedet mest. Övriga aktiviteter under detta skede har helt enkelt fått anpassas till bjälklagens härdning.

En metod som hade kunnat förkorta härdningstiden, genom att en lika stor ursparning inte hade behövt göras, är att använda vägghängda toaletter i badrummen istället för golvstående. I det fallet hade rören till toalettstolen kunnat ligga utanpå modulens vägg istället för under golvet. Den enda ursparning som då hade behövt göras är för golvbrunnen i duschen, och förmodligen hade armeringsstegar inte behövt kapas, eller åtminstone inte i lika stor utsträckning. Ett problem som vägghängda toaletter kan medföra är att det strider mot konceptet *Smarta kvadrat* hos fallföretaget, eftersom det ofta upplevs som högre standard jämfört med golvstående toalettstolar som används i fallföretagets övriga projekt. Konceptet *Smarta kvadrat* beskrivs i avsnitt 4.1.3. *Presentation av fallstudie*. För att de lägenheter som ingår i

Smarta kvadrat inte ska ses som mer exklusiva än företagets andra lägenheter krävs det förmodligen att vägghängda toaletter i sådana fall införs som standardmetod i alla badrum i samtliga projekt.

Den tid det tar för betong att härda och uppnå önskad hållfasthet beror mycket på omgivningens temperatur. Det innebär att härdningstiden kan skilja sig mellan olika årstider, inte minst i Sverige där klimatet kan variera väldigt mycket. Tidplaner för ett projekt som Modulprojektet behöver dock färdigställas en viss tid innan aktiviteterna faktiskt äger rum, vilket gör det svårt att förhålla sig till väder och klimat eftersom det inte alltid går att förutspå. Därmed måste ett visst antal dagar planeras in för härdning av betongen, där man räknar med mer extrema förhållanden, just för att ha marginal. I många fall går det förmodligen snabbare än planerat för betongen att uppnå den önskade hållfastheten, särskilt under de varmare sommarmånaderna. Problemet är att denna tid också styr övriga aktiviteter och leveranser, som också måste planeras och beställas i god tid, och eftersom det sällan är möjligt att ändra leveranser med kort varsel är det svårt att vara flexibel gällande betongens härdningstid.

5.3. Bärande eller icke-bärande prefabricerade konstruktioner

Att använda prefabricerade konstruktioner som är bärande, istället för självbärande som i fallet med badrumsmoduler på Modulprojektet, hade haft en del positiva konsekvenser sett ur ett tidsperspektiv. Om en prefabricerad byggnadsdel, som är bärande, placeras på ett betongbjälklag kan den bäras upp av en likadan byggnadsdel våningen under. Betongens härdning blir således inte en kritisk aktivitet längre och produktionen effektiviseras mer, särskilt under stomskedet. En nackdel med bärande konstruktioner är att de oftast väger mer än de icke-bärande, eller självbärande konstruktionerna, vilket innebär att montaget och frakten förmodligen hade tagit lite längre tid.

Om badrumsmodulerna till exempel hade varit bärande konstruktioner så hade de kunnat placeras på bjälklaget utan att hänsyn för betongens härdningstid och hållfasthet behövt tas. De hade nämligen burits av badrumsmodulen på våningen under. Att få modulerna i rätt höjd hade egentligen inte varit mer komplicerat än att få skalväggarna i rätt höjd och det hade också medfört att takhöjden inne i badrummet blir större. Moduler i betong hade också varit mer vädertåliga och inte behövt samma mängd emballage som modulerna från Part. Tidsmomentet som avemballeringen innebär hade kraftigt minskat eller helt försvunnit, tillsammans med risken för vatten- och mögelskadat wellpapp.

Det finns företag som bygger badrumsmoduler i både lätta stålkonstruktioner och tyngre bärande betongkonstruktioner. Det finns också ”staplingsbara” moduler där bjälklaget är öppet och modulerna placeras direkt ovanpå varandra och på så sätt bildar ett typ av schakt (Badelement, 2021). Att bjälklagets härdningstid inte längre styr tidplanen skulle vara en stor fördel, men ett längre och mer komplicerat montage skulle kunna innebära att tidplanen ändå påverkas negativt. Badrumsmoduler i betongs för- och nackdelar är dock inte något som vidare undersökts i denna studie.

5.4. Erfarenhetsåterföring

Viktigt att ha i åtanke är att Modulprojektet, som ingår i fallstudien, utgör ett pilotprojekt för fallföretaget när det gäller badrumsmoduler. Att bygga med prefabricerade badrumsmoduler är alltså inte, vid tidpunkten för fallstudien, någon standardiserad lösning på företaget och det finns därför mycket att lära av Modulprojektet. En viktig lärdom gällande produktionens effektivitet, är att montaget av modulerna inte bör tilldelas en hel dag i stomskedet om målet är att förkorta produktionstiden. För

att kunna utnyttja den tid som vinnas i stomkompletteringsskedet bör stomskedet ta lika lång tid, eller mindre, som vid platsbyggda badrum. Detta kan relateras till Lean-filosofin där syftet är att förkorta, eller till och med eliminera, ledtider.

Förvisso kan pengar sparas i form av resurser vid användandet av badrumsmoduler, men för att få en tidseffektiv produktion behöver även tidplanen konstrueras så att en tidsvinst kan göras, eftersom det ofta är målet med prefabricering. Under fallstudien observerades att det finns marginal för att förkorta stomskedet, vilket innebär att det skedet hade kunnat ta lika lång tid som vid platsbyggda badrum, förutsatt ett och samma stomsystem.

Ett förändrat stomsystem för ett företag som har ett standardiserat byggsystem innebär en stor förändring. Det krävs förmodligen flera typer av pilotprojekt för att pröva en ny metod innan den kan införas som standard. Dessutom är det en förutsättning att samtliga involverade parter är införstådda med varför förändringen sker och vad målet med förändringen är.

För Modulprojektet har fallföretagets standardiserade sätt att bygga varit en begränsning vid användandet av badrumsmoduler. Flera problem som upptäckts har berott på att projektet inte anpassats till badrumsmodulerna, istället har ett byggsätt som tidigare alltid kombinerats med platsbyggda badrum använts. Modulprojektet har också drabbats av att det är ett *Smarta Kvadrat*-projekt, ett projekt som ska innehålla små och billiga lägenheter. Lösningar som till exempel att ha vägghängda toaletter eller andra åtgärder som ansetts göra lägenheterna mer exklusiva har inte använts, trots att det förmodligen hade underlättat byggandet. Inte förrän vägghängda toaletter införts som standard i alla av fallföretagets byggda bostäder förväntas *Smarta Kvadrat* kunna använda det. Mer flexibilitet i byggandet, särskilt vid val av stomsystem, krävs för att byggandet med prefabricerade badrumsmoduler ska bli bättre för fallföretaget i framtiden och för andra företag som vill bygga med badrumsmoduler.

Detta drabbar också erfarenhetsåterföringen. Fallföretaget är, vid tidpunkten för fallstudien, i startgroparna i ytterligare ett *Smarta Kvadrat*-projekt med badrumsmoduler i södra Sverige, men har inte kunnat implementera idéer och lösningar från Modulprojektet eftersom företaget ännu inte hunnit anpassa sitt byggsätt för att bättre passa med moduler. Att badrumsmoduler ska användas måste också bestämmas väldigt tidigt i projekteringsskedet eftersom schakten intill badrummen styr lägenheternas utformning. Det har också inneburit att det har varit för sent för kommande projekt att ta del av lärdomar från Modulprojektet, eftersom många beslut har tagits innan Modulprojektets utfall varit känt.

5.5. Badrumsmoduler för brukaren

Ur ett kundperspektiv finns det en del begränsningar och problem med prefabricerade byggnadsdelar, särskilt när det gäller kundens möjlighet att få påverka utformning och design. Att bevara nöjdheten hos kunderna och att samtidigt ha en effektiv produktion är förmodligen en av de största utmaningarna för alla byggentreprenörer. Badrummets utveckling under senare hälften av 1900-talet och 2000-talet har medfört att både badrummets kvalitet och brukarens krav har höjts. När skador och defekter var vanligare i svenska badrum, se avsnitt 3.1. *Badrumsbyggandets utveckling*, var förmodligen också kraven på att ha ett välfungerande badrum lägre.

Med modulbyggande i bostäder, begränsas kundernas möjlighet till påverkan eftersom en stor del av besluten måste tas lång tid innan kunderna blivit involverade. En lösning på problemet hade kunnat vara att ha delvis prefabricering av de byggnadsdelar som kunderna normalt sett vill vara med och påverka, till exempel kök och badrum. Det skulle innebära att själva inredningen, eller en viss del av den, är lös

och kan monteras på plats utifrån kundens önskemål. Det skulle också innebära att entreprenören har bättre koll på att rätt inredning hamnar på rätt ställe. Inredningsdetaljerna hade också kunnat beställas vid ett senare tillfälle än själva konstruktionen, och därmed hade en större andel kunder fått chansen att påverka utformningen. Problemet med delvis prefabricering är att många leverantörer i dagsläget vill tillverka och leverera en komplett produkt, utan lösa delar som senare ska monteras. En anledning till det är att det inte ska kunna uppstå missförstånd eller konflikter kring vem som bär ansvaret för eventuella fel i konstruktionen.

Ytterligare en konsekvens av att ha delvis prefabricerade konstruktioner är att de resurser som potentiellt kan sparas ändå skulle behövas på arbetsplatsen. Till exempel om en badrumsmodul levereras med lös inredning eller utan kakelplattor krävs det en hantverkare och en plattsättare till att montera dessa. Frågan blir då vad som egentligen är nyttan med prefabricering i det fallet. Dessutom finns det risk att den prefabricerade konstruktionen, inte skulle kunna typgodkännas (mer om detta i avsnitt 3.4. *Byggregler och branschstandarder för prefabricerade badrum*, eftersom den inte är komplett vid leverans. Då ställer det högre krav på besiktningen av badrummet och på att entreprenören är uppdaterad om gällande krav och regler för utformning och funktion av badrummet.

5.6. Konsekvenser av en ökad prefabriceringsgrad

En ökad prefabriceringsgrad i byggnadsprojekt kan ha många konsekvenser. Bland annat skulle delar av den arbetskraft som vanligtvis krävs ute på arbetsplatser eventuellt behöva förflyttas till fabriken, eftersom prefabricering innebär just förtillverkning i den industriella miljön. Det kommer förvisso alltid krävas en arbetsledning och resurser som monterar ihop byggnadsdelarna på byggarbetsplatsen, men till exempel gjutning och armering är moment som kan elimineras från byggarbetsplatsen vid ökad prefabricering. Även invändiga arbeten förflyttas till fabrik, som till exempel inredning och plattsättning, om badrumsmoduler får större spridning. En fördel med att dessa moment förflyttas är att det blir lättare att kontrollera hur mycket material som används, och mängden spill kan minimeras.

När det gäller olyckor som sker på byggarbetsplatser är det också en fördel med prefabricering eftersom den tillverkningen sker i en mer kontrollerad miljö. Att det är färre personer ute på en och samma byggarbetsplats bidrar också till en bättre arbetsmiljö, då det blir mindre risk för trängsel och onödigt väntande.

Prefabricering ställer dock höga krav på projekteringen och en välfungerande kommunikation redan i tidigt skede, då byggnadsdelarna ska projekteras. Entreprenörens och leverantörens förutsättningar och krav måste anpassas till varandra för att förhindra missförstånd och onödiga kostnader i senare skeden. En nackdel med prefabricering är nämligen att det kan vara mycket mer kostsamt att åtgärda fel jämfört med vid platsbyggande, särskilt om felet upptäcks först efter leverans till byggarbetsplatsen. I värsta fall har fabriken redan tillverkat en viss mängd komponenter innan felet upptäcks, vilket kan innebära onödigt höga kostnader. Särskilt känsligt kan det vara om det är många olika varianter med olika design som ska tillverkas till ett projekt, till exempel om tillval skulle tillåtas i badrumsmoduler.

Det kan vara fördelaktigt att inte ha för många leverantörer av prefabricerade byggnadsdelar i ett och samma projekt, då risken att det uppstår fel ökar ju fler leverantörer som är involverade. I dagsläget är det vanligt att beställa byggnadsdelar från olika leverantörer eftersom leverantörerna oftast bara tillverkar och levererar en specifik byggnadsdel, till exempel skalväggar i betong. Noggranna leveransplaner måste också utformas i god tid för att uppnå en så effektiv produktion som möjligt utan

tidsförluster. Detta ställer höga krav på en kompetent och ansvarsfull arbetsledning och kunniga projektörer, där samarbetet är avgörande.

5.7. Lean production och Just-In-Time

Som beskrivet i avsnitt 3.6. *Lean production*, är modulbyggnad och prefabricering som mest effektivt då Lean production och Just-In-Time-principen används. Produktioner strävar självklart efter att arbeta med en så effektiv metodik som möjligt, men ibland kan andra faktorer styra istället. Enligt Just-In-Time-principen borde modulerna levereras den dagen de monteras och lyftas direkt från lastbilen till sin plats i bjälklaget utan att mellanlagras. På Modulprojektet har dock badrumsmoduler efter varje leverans mellanlagrats på byggarbetsplatsen tills veckan därpå. Detta beror på att både kostnaderna och miljöpåverkan blir mindre om lastbilarna lastas helt fulla med moduler från fabriken i varje leverans. Den dagen som leveransen sker kan bara modulerna för ett valv monteras. Dock har moduler till nästa valv skickats med för att fylla lastbilen.

Ett sätt att lösa denna problematik på byggarbetsplatsen är att mellanlagra modulerna på ett annat närliggande lager. Det innebär att modulerna kan beställas flera veckor i förväg med fulla lastbilar och sedan fraktas den kortare biten på monteringsdagen (Respondent3, 2021). Denna metodik innebär att Just-In-Time-principen visserligen efterföljs på arbetsplatsen och att lastbilarna alltid lastas fulla, men innebär fortfarande en onödig kostnad i form av lagring.

En annan onödig kostnad och tidsförlust uppstår när modulerna ska lastas av från lastbilen. Avsnitt 4.2.1. *Prefabricerade badrumsmoduler*, visar hur badrumsmodulerna måste lyftas av lastbilen med en teleskoplastare för att sedan kopplas och lyftas med kranen till bjälklaget, detta för att lastbilen endast kan öppnas på sidorna. Den extra tid som avlastningen innebär från lastbilen handlar bara om någon minut per modul, men kostnaden för byggarbetsplatsen att en gång i veckan, då leveransen av modulerna sker, behöva hyra en teleskoplastare med förare är desto mer signifikant. Avlastningen med lastaren var dessutom ett litet riskmoment eftersom det var viktigt att lastarens gafflar inte skadade avloppsrören under modulerna. Hade lastbilen gått att öppna ovanifrån hade modulerna kunnat kopplas och lyftas direkt med kranen från lastbilen och teleskoplastaren hade inte behövts alls vid leveransen av badrumsmodulerna.

För att helt eliminera någon form av mellanlagring skulle leveransernas storlek analyserats redan i projekteringen, varje valv skulle ha behövt bestå av exakt så många badrum som lastbilen kan transportera i en last. Planlösningen i lägenheterna är dock redan begränsad av badrumsmodulerna på grund av schaktet bredvid modulerna som behöver vara lättåtkomligt, och om plats finns för mellanlagring, som det gjort på Modulprojektet, så kan flexibiliteten i utformningen av planlösningen vara mer värd än att Just-In-Time följs.

6. Slutsats

Studien ämnar svara på frågeställningarna som går att se i kapitel 1.3. *Frågeställningar* och även att uppfylla studiens syfte och mål som står beskrivet i kapitel 1.2. *Syfte och mål*. I detta kapitlet besvaras frågeställningarna, syftet och målet kortfattat tillsammans med en sammanställning av för- och nackdelar med badrumsmoduler och ett avslutande kapitel om framtida forskning.

6.1. Svar på frågeställningar

- Hur påverkas byggnadsproduktionens effektivitet av prefabricerade badrum?

Fallstudien visar att produktionen på Modulprojektet tar sju dagar längre att genomföra med badrumsmoduler jämfört med om platsbyggda badrum hade använts. Detta beror på att stomresningen tar 15 dagar längre och stomkompletteringen tar åtta dagar mindre jämfört med om platsbyggda badrum använts. Detta leder till indirekta kostnadsbesparingar på ungefär en miljon kronor eftersom två underentreprenörer, en rörläggare och en plattsättare, och även en hantverkare sparas in på Modulprojektet när badrumsmoduler används jämfört med platsbyggda badrum.

Själva byggandet av badrummet är enligt tidigare genomförda studier lite billigare för prefabricerade badrum än för platsbyggda badrum. Dock tillkommer kostnader på Modulprojektet i form av extra armering och högre betongkvalitet. Tillval i de prefabricerade badrummen kan också innebära att badrumsmodulerna blir dyrare än de platsbyggda badrummen.

- Hur påverkar valet av stomsystem produktionseffektiviteten vid användning av prefabricerade badrum?

Då semiprefabricerad stomme används i kombination med badrumsmoduler krävs det att projektet har minst tre trapphus att resa samtidigt för att inte stomresningen ska stå stilla. Detta för att betongen behöver härda i minst 12 dagar innan badrumsmodulen kan monteras på bjälklaget. Helprefabricerad stomme i kombination med badrumsmoduler ställer inga krav på antalet trapphus att resa samtidigt.

I ett helprefabricerat stomsystem, i kombination med badrumsmoduler, sker stomresningen i samma takt som den hade gjort om badrumsmoduler inte hade använts. Den största skillnaden mellan ett helprefabricerat och semiprefabricerat byggsystem, vid användandet av badrumsmoduler, är att bjälklaget inte behöver ges tid att härda i den helprefabricerade stommen eftersom samtliga byggnadsdelar är förtillverkade på fabrik. Betongens härdningstid är således en kritisk aktivitet endast i semiprefabricerade stomsystem i kombination med badrumsmoduler. Om bärande badrumsmoduler hade använts hade härdningstiden inte varit någon kritisk aktivitet.

- Vilken typ av projekt är lämpade för användningen av prefabricerade badrum och för vilken kundmålgrupp lämpar sig prefabricerade badrum bäst?

Prefabricerade badrumsmoduler passar bäst i flerbostadshus med billigare bostadsrätter, hyresrätter, hotell eller studentbostäder. Det vill säga i projekt med många lägenheter och där kunderna inte förväntas ställa lika höga krav. Badrumsmoduler är inte lämpligt i dyrare bostadsrätter där kunderna vill påverka sin bostads utformning och har höga krav på sin boendemiljö.

6.2. Sammanfattning av fördelar och nackdelar med badrumsmoduler kontra platsbyggt

Fördelar:

- Badrumsmoduler ger en tidsvinst i stomkompletteringsskedet.
- Badrumsmoduler sparar in tre resurser i stomkompletteringsskedet: en hantverkare, en VS-installatör och en plattsättare.
- Färre moment att genomföra på arbetsplatsen, samt mindre mängd material och personal på arbetsplatsen innebär bättre arbetsmiljö och minskad risk för olyckor.
- Färre moment innebär också mindre risk för misstag och defekter i badrummen än när platsbyggda badrum byggs.
- Eftersom modulerna är typgodkända behöver inte de många branschregler och krav som ställs på platsbyggda badrum tas i beaktning. Detta gör också att mindre krav ställs på besiktningen av badrummen.

Nackdelar:

- I projekt med semiprefabricerad stomme ställer badrumsmoduler krav på betongens härdningstid och styr därmed stomresningens hastighet.
- Badrumsmoduler inskränker på lägenheternas planlösning eftersom de kräver ett schakt intill badrummet som också ska vara lättillgängligt utifrån.
- Kundens tillval i badrummet begränsas. I vissa projekt med badrumsmoduler kan inga tillval göras alls, och om det tillåts behöver valen göras väldigt tidigt och antalet val är inte alltid lika många som i platsbyggda badrum.
- I kombination med semiprefabricerad stomme gör badrumsmoduler att det tillkommer kostnader i form av extra armering och högre klassad betong.
- De fel som upptäcks i badrummet tar oftast längre tid att åtgärda i prefabricerade badrum än i platsbyggda badrum.

6.3. Framtida forskning

I denna studie har endast två byggsystem undersökts i kombination med prefabricerade badrumsmoduler, semi- och helprefabricerat stomsystem. Eftersom det finns fler sätt att bygga på hade det varit intressant att studera hur effektivt det är att använda badrumsmoduler i projekt med andra typer av byggsystem. Det hade kunnat ge ett större underlag till företag som vill prova metoden med badrumsmoduler men där osäkerheter finns kring vilket byggsystem som bör väljas och varför.

Denna studie har även varit begränsad till en enda tillverkare och leverantör av badrumsmoduler, där modulerna utgörs av självbärande konstruktioner. Att använda bärande prefabricerade badrumsmoduler i kombination med olika byggsystem har förmodligen andra för- och nackdelar än vad icke-bärande moduler har, som denna studie fokuserat på.

Att jämföra platsbyggda badrums och prefabricerade badrumsmodulers livslängd hade också varit intressant, och även hur badrumsmoduler skulle påverka framtida badrumsrenoveringar och stambyten.

Det finns även andra delar i byggnader, utöver badrum, som är installationstäta och intressanta att studera när det gäller prefabricering och produktionseffektivitet. Till exempel skulle prefabricerade kök eller delvis prefabricerade våtrum kunna vara något som hade påverkat effektiviteten i olika typer av projekt.

Litteraturförteckning

Adler, P., 2005. *Bygga industrialiserat*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Allabolag, 2021. *Part Construction AB*. [Online]

Available at: <https://www.allabolag.se/5562120310/part-construction-ab>

[Använd 12 04 2021].

Arbetsmiljöverket, 2019. *Böter, straff och sanktionsavgifter*. [Online]

Available at: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/boter-straff-och-sanktionsavgifter/>

[Använd 12 04 2021].

Badelement, 2021. *Badrumsmoduler i betong*. [Online]

Available at: <https://badelement.se/badrumsmoduler/badrumsmoduler-i-betong/>

Bajqinca, A. & Aldarwash, M., 2014. *Nybyggnation av badrum. Jämförelse mellan prefabricerat och platsbyggt ur ett ekonomiskt perspektiv*, Växjö: Linnéuniversitetet .

Bergström, J. & Sjöberg, O., 2009. *Nybyggnation av våtrum - jämförelse mellan förtillverkat och platsbyggt*. [Online]

Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A234167&dswid=2520>

Björk, C., Kallstenius, P. & Reppen, L., 2013. *Så byggdes husen 1880-2000*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Blücher, D., 2007. *Effektivt byggande- Utmana dina processer! Resurseffektiva tankesätt och principer - en introduktion till Lean i byggandet*. u.o.:IVF Industrieforskning och utveckling AB .

Boverket, 2003. *Skydda ditt hus mot fuktskador. En kunskapsöversikt vid nybyggnad*. 1 red. u.o.:Boverket.

Boverket, 2005. *Bostäder byggda med volymelement*, u.o.: Boverket.

Boverket, 2008. *Industriellt bostadsbyggande - Koncept och processer*. [Online]

Available at:

https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/industriellt_bostadsbyggande_koncept_och_processer.pdf

[Använd 14 April 2021].

Boverket, 2011. *Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>

[Använd 14 April 2021].

Boverket, 2020. *Typgodkännande*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/byggprodukter/att-salja-byggprodukter/typgodkannande/>

[Använd 12 04 2021].

Boverket, 2020. *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/>

[Använd 05 04 2021].

Bryman, A., 1988. *Quantity and Quality in Social Research*. u.o.:Unwin Hyman Ltd.

Byggföretagen, 2021. *Arbetsolyckor i byggverksamhet*. [Online]

Available at: <https://byggforetagen.se/statistik/arbetsmiljo/>

[Använd 15 Maj 2021].

Byggkeramikrådet, 2020. *Byggkeramikrådets branschregler för våtrum*. [Online]
Available at: https://wwwbkrse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2021/01/BKR_BBV_branschregler_2021.pdf
[Använd 12 04 2021].

Byggvärlden, 2020. *Här är största byggföretagen i Sverige*. [Online]
Available at: <https://www.byggvarlden.se/har-ar-storsta-byggforetagen-i-sverige-181269/nyhet.html#:~:text=Peab%20var%20största%20byggforetag%20i,oförändrade%20från%20föregående%20års%20listor>

Cision, 2013. *Parts prefabricerade badrum först ut med typgodkännande från SP*. [Online]
Available at: <https://news.cision.com/se/part/r/parts-prefabricerade-badrum-forst-ut-med-typgodkannande-fran-sp,c9483510>
[Använd 12 04 2021].

Doka, u.d. *Dokaflex 30 tec*. [Online]
Available at: <https://www.doka.com/se/system-groups/doka-floor-systems/timber-beam-floor-formwork/dokaflex-30-tec/index>

Dovelius, J., 2000. *Att samla in och bearbeta data*, Stockholm: Liber Distribution.

Ejvegård, R., 1996. *Vetenskaplig metod*. Lund: Studentlitteratur.

Fernström, G. & Kämpe, P., 1998. *Industriellt byggande växer och tar marknaden*. Stockholm: Smedjebacken.

GVK, 2021. *Säkra våtrum*. [Online]
Available at: <https://www.gvk.se/branschregler/>
[Använd 12 04 2021].

Hedin, A., 1996. *En liten lathund om kvalitativ metod med tonvikt på intervju*. [Online]
Available at: <file://stu.net.lth.se/lu4614kas/Downloads/Liten%20lathund%20om%20kvalitativ%20metod%20med%20tonvikt%20p%C3%A5%20intervju%2011-08-25.pdf>

Jakobsson, E. & Mårtensson, E., 2017. *Erfarenhetsåterföring i byggbranschen - En kvalitativ studie med utgångspunkt från prefabricerade moduler*, Lund: Lunds Universitet.

JM AB, 2016. *Monteringsanvisning innerväggar - upp till och med 2,7 m*, u.o.: JM AB.

JM AB, 2016. *Monteringsanvisning våtrumsgolv - spackling*, u.o.: JM AB.

JM AB, 2017. *Metodbeskrivning plattsättning*, u.o.: JM AB.

JM AB, 2019. *Picknick Vipeholmsparken*. [Online]
Available at: <https://www.jm.se/skane-lan/lund-kommun/centralt-lund/picknick-saljetapp-1/>

JM AB, 2020. *Kvarteret IQ*. [Online]
Available at: https://www.jm.se/skane-lan/lund-kommun/linero/iq/?gclid=EAIaIQobChMI0snfz5qt8AIVhADmCh2HFgWzEAAYASAAEgJqMfD_BwE

JM AB, 2020. *Produktionstidplan IQ*, u.o.: JM AB.

JM AB, 2021. *Företaget i korthet*. [Online]
Available at: <https://www.jm.se/om-oss/verksamheten/>

Josefsson, A.-S., 2006. *Reliabilitet, validitet och felkällor i Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO)*, Norrköping: Linköpings universitet, Campus Norrköping.

Larsson, S., 2005. *Om kvalitet i kvalitativa studier*, u.o.: Nordisk Pedagogik.

Lean Empowerment, u.d. *Lean*. [Online]

Available at: <http://www.leanempowerment.se/lean-production.html#>

[Använd 12 04 2021].

Lidelöw, H., Stehn, L., Lessing, J. & Engström, D., 2015. *Industriellt husbyggande*. 1:a upplagan red. Sverige: Studentlitteratur.

Lund, K., 2013. *Badrummet: från balja till spa*. Stockholm : Nordiska Museet .

Nevander, L. E. & Elmarsson, B., 2013. *FUKT*. Tredje utgåvan red. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Nordr, 2020. *Vår historia*. [Online]

Available at: <https://www.nordr.se/om-oss/var-historia>

Oakland, J. & Morosszky, M., 2017. *Total Construction Management - Lean quality in construction project delivery*. Abington, Oxon : Routledge.

Part AB, 2020. *Smarta Kvadrat IQ 1401 S-1-1*, Kalix: Part AB.

Part AB, 2021. *Konstruktion*. [Online]

Available at: <https://partab.nu/sv/produkter/konstruktion/>

[Använd 12 04 2021].

Part AB, 2021. *Kvalitet och miljö*. [Online]

Available at: <https://partab.nu/sv/kvalitet-miljo/>

[Använd 12 04 2021].

Part AB, 2021. *Part, om företaget*. [Online]

Available at: <https://partab.nu/sv/om-part/foretaget/>

[Använd 12 04 2021].

Part AB, 2021. *Part, vår historik*. [Online]

Available at: <https://partab.nu/sv/om-part/var-historik/>

[Använd 26 03 2021].

Part AB, 2021. *Prefabricerade badrum för dig som arkitekt*. [Online]

Available at: <https://partab.nu/sv/inspiration/arkitekt/>

[Använd 12 04 2021].

Part AB, 2021. *Smarta Kvadrat IQ 1401 S-2-1*, Kalix: Part AB.

Part AB, 2021. *Smarta Kvadrat IQ 1401 S-3-1*, Kalix: Part AB.

Part AB, 2021. *Vår historik*. [Online]

Available at: <https://partab.nu/sv/om-part/var-historik/>

[Använd 14 04 2021].

Part Construction AB, 2016. *Information inför leverans*, Kalix: u.n.

Part Group, 2021. *Referensrum Smarta Kvadrat IQ*. [Online]

Available at: <https://press.partgroup.se/posts/blogposts/referensrum-smarta-kvadrat-iq-1-av-89-badrum>

- Part Group, u.d. [Online]
Available at: <https://press.partgroup.se/media/84584/kakelrobot-02jpg>
- PartGroup, 2019. *Referensbadrum Ebbe Park*. [Online]
Available at: <https://press.partgroup.se/posts/blogposts/referensrum-ebbe-park-1-av-105-rum>
[Använd 12 04 2021].
- PartGroup, 2020. *Referensbadrum Scandic Luleå*. [Online]
Available at: <https://press.partgroup.se/posts/blogposts/referensrum-scandic-lulea-1-av-112-rum>
[Använd 12 04 2021].
- PartGroup, 2021. *Referensbadrum Lillestrøm studentby*. [Online]
Available at: <https://press.partgroup.se/posts/blogposts/referensrum-lillestrm-studentby---1-av-300-ba>
[Använd 12 04 2021].
- PartGroup, u.d.. *Kakelrobot*. [Online]
Available at: <https://press.partgroup.se/media/84584/kakelrobot-02jpg>
[Använd 12 04 2021].
- reLean, 2017. *Just-in-Time*. [Online]
Available at: <https://www.relean.se/just-in-time>
[Använd 12 04 2021].
- Respondent1, 2021. *Intervju med Respondent 1* [Intervju] 2021.
- Respondent2, 2021. *Intervju med Respondent 2* [Intervju] 2021.
- Respondent3, 2021. *Intervju med Respondent 3* [Intervju] 2021.
- Respondent4, 2021. *Intervju med Respondent 4* [Intervju] 2021.
- Respondent5, 2021. *Intervju med Respondent 5* [Intervju] 2021.
- Respondent6, 2021. *intervju med Respondent 6* [Intervju] 2021.
- RISE, 2021. *Part, Pre-fabricerad badrumsmodul*. [Online]
Available at: <https://partab.nu/wp-content/uploads/2021/01/SC0054-13-Revidering-2021.pdf>
[Använd 12 04 2021].
- RISE, u.d. *Prefabricerade badrumsmoduler*. [Online]
Available at: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/prefabricerade-badrumsmoduler>
[Använd 12 04 2021].
- RISE, u.d. *Typgodkännande av byggprodukter*. [Online]
Available at: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/typgodkannande-av-byggprodukter>
[Använd 12 04 2021].
- Säker Vatten, 2014. *Bygg Badrummet Rätt - byggbranschens gemensamma typlösningar som håller tätt*. [Online]
Available at: <https://www.sakervatten.se/om-oss/pressmeddelanden /pressmeddelanden-2014/bygg-badrummet-ratt--byggbranschens-gemensamma-typlosningar-som-haller-tatt>
[Använd 15 Maj 2021].
- Säker Vatten, 2021. *Branschregler säker vatteninstallation*. [Online]
Available at: <https://www.sakervatten.se/branschregler/online2021/1>
[Använd 12 04 2021].

Säker Vatten, u.d. *Prefabmoduler*. [Online]
Available at: <https://www.sakervatten.se/old-konsument/arkitekt/prefabmoduler#:~:text=Många%20nybyggnadsprojekt%20använder%20sig%20av,exempel%20Rise%2C%20Kiwa%20eller%20Sintef>
[Använd 14 April 2021].

Samuelson, I., Arfvidsson, J. & Hagentoft, C.-E., 2007. *Få bukt med fukt*. Stockholm: Forskningsrådet Formas.

SINTEF, 2021. *PartAB prefabfabrikkerte baderomsmoduler*. [Online]
Available at: https://partab.nu/wp-content/uploads/2021/01/Sintef-TG-2183_2021.pdf
[Använd 12 04 2021].

Snellman, K., 2011. *En kort introduktion till Lean Production*. [Online]
Available at: <https://kimsnellman.wordpress.com/2011/10/05/lean/>
[Använd 12 04 2021].

Svensk Betong, u.d. *Fukt och uttorkning*. [Online]
Available at: <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/betongens-egenskaper/fukt-och-uttorkning>
[Använd 14 Maj 2021].

Svensk Betong, u.d. *Hållfasthet och slitstyrka*. [Online]
Available at: <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/betongens-egenskaper/fukt-och-uttorkning-3>
[Använd 6 April 2021].

Sveriges Riksdag , 2010. *Konsumenttjänstlag*. [Online]
Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/konsumenttjanstlag-1985716_sfs-1985-716
[Använd 12 04 2021].

Sveriges Riksdag, 2010. *Plan- och bygglag*. [Online]
Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900
[Använd 12 04 2021].

SVT, 2020. *SVT*. [Online]
Available at: <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/darfor-ar-det-bostadsbrist-och-sa-kan-den-losas>

Vattenskadecentrum, 2020. *Vattenskadeundersökningar*. [Online]
Available at: <https://www.in.se/installationsteknik/vvs-teknik/vattenskadeundersokningar/#/>
[Använd 6 April 2021].

Veidekke, u.d. *Fakta om Veidekke*. [Online]
Available at: <http://veidekke.se/om-oss/article15268.ece>

Yin, R. K., 2003. *Applications of case study research*. u.o.:Sage Publications Inc.