

# Utvecklingen av prefabricerade betongelement för husbyggnad

Niklas Jansson

Examensarbete för Byggmästare (YH)-examen

Utbildningen för bygnads- och samhällsteknik

Raseborg 2020



## EXAMENSARBETE

Författare: Niklas Jansson

Utbildning och ort: Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik, byggmästare (YH),  
Raseborg

Inriktning/alternativ/Fördjupning:

Handledare: Johan Degerlund

Titel: Utvecklingen av prefabricerade betongelement för husbyggnad

---

Datum 12.11.2020

Sidantal 36

Bilagor 0

---

### **Abstrakt**

Detta är ett examensarbete för byggmästare (YH)-examen. Examensarbetet är till sin omfattning 10 studiepoäng.

Examensarbetet fokuserar på betong som material för byggande i Finland.

Arbetet tar upp betongens beståndsdelar och hur man har förbättrat egenskaperna hos betongkonstruktioner med hjälp av armering och tillsatsämnen. Möjligheten att kombinera armering och betong har möjliggjort starkare och mer ihärdiga konstruktioner.

Arbetet fokuserar också på de praktiska applikationerna inom den finska elementindustrin och områden inom produktion samt möjligheten till automatisering analyseras närmare. Produktion innefattar både planering och produktion av prefabricerade betongelement. Automation har på kort tid förändrat naturen av produktionsprocesser.

---

Språk: svenska

Nyckelord: betong, element

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Niklas Jansson

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK),  
Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot:

Ohjaaja(t): Johan Degerlund

Nimike: Betonivalmisosien kehittäminen talonrakentamista varten

---

Päivämäärä 12.11.2020

Sivumäärä 36

Liitteet

---

Tämä on rakennusmestari (AMK) -tutkintoon kuuluva opinnäytetyö, joka on 10 opintopisteen laajuinen.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään betonirakentamiseen Suomessa.

Työssä keskitytään betonin koostumukseen, sekä siihen kuinka rakenteet ovat kehittyneet raudoituksen ja parannusaineiden johdosta. Betonirakentamisen kehittyminen raudoituksen ja parannusaineiden johdosta on auttanut luomaan lujempia rakenteita.

Työssä keskitytään betonielementtiteollisuuteen, tuotantoon sekä mahdollisiin tehdasautomaatiosovelluksiin, sen tuotantoon sekä mahdollisiin

tehdasautomaatiosovelluksiin. Tuotannon näkökohdasta tarkastellaan valmisosien suunnittelua sekä valmistusta. Automaatiojärjestelmät ovat lyhyen ajan sisällä muuttaneet tuotantoprosesseja.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: betoni, elementti

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Niklas Jansson

Degree Programme: Construction and Civil Engineering, Construction Management

Specialization:

Supervisor(s): Johan Degerlund

Title: The Development of Prefabricated Concrete Elements for Housebuilding

---

Date 12.11.2020

Number of pages 36

Appendices 0

---

This is the Degree Thesis of the Bachelor's degree in Construction Management. The extent of the Degree Thesis is in total 10 ECTS.

This thesis focuses on concrete as a construction material in Finland.

The work is based on what the concrete consists of and how the properties of concrete structures have been improved with the help of reinforcement and additives. The possibility of combining reinforcement and concrete has made it possible to construct stronger and more durable structures.

Bachelor's thesis also focuses on the practical applications in the Finnish element industry; areas within production and the possibility of automation are analyzed in more detail. Production includes both planning and production of prefabricated concrete elements. Automation has in a short time changed the nature of the production processes.

---

Language: Swedish

Key words: concrete, element

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte.....	1
1.2	Metoder.....	1
2	Betongens historia som byggnadsmaterial.....	2
3	Varför bygger vi så mycket i betong? .....	3
4	Framställning av betong.....	4
4.1	Ballast .....	4
4.2	Vatten.....	4
4.3	Cement.....	4
5	Förspänningsteknik.....	6
5.1	Funktion.....	6
5.2	Förspänningsätt.....	6
6	BES - Betongstandardiseringen i Finland .....	8
6.1	Standardiseringens påverkan för byggnationer .....	8
7	Prefabricerat betongelement.....	10
8	Tillverkning av prefabricerade betongelement.....	11
8.1	Formning .....	11
9	Materialval för formande .....	13
10	Förberedning .....	14
11	Armeringsprocessen .....	16
11.1	Armering .....	18
12	Granskning.....	20
13	Gjutning av elementet.....	21
14	Rivning av formar och färdigställandet av elementet.....	24
15	Automatiserad produktionslinje.....	25
16	Äldre och nyare produktionsätt .....	27
16.1	Jämförelse mellan produktionssystem.....	27
17	Sammanfattning.....	28
18	Källförteckning.....	29

# 1 Inledning

Betong som material har varit en stor del av det byggnadsmaterial vi har använt i våra byggnader ända sedan tidigt 1900-tal. Under åren har man utvecklat användningsområdet av betong som byggnadsmaterial. I detta arbete kommer jag att behandla prefabricerade betongelement som idag är ett av de vanligaste sätten att bygga större byggnader såsom höghus i Finland på.

Inspirationen till arbetet ligger i grund och botten på att få en helhetsbild av hur vi tillverkar elementen idag då automation inom alla sektorer ökar samt av hur den allt mer konventionella metoden, som fortfarande används inom industrierna i Finland. Fokus kommer att ligga på den praktiska delen i elementproduktionen samt på beståndsdelarna som utgör ett prefabricerat betongelement.

## 1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att ge en inblick i hur tillverkningen fungerar i praktiken så att man får kännedom vilka beståndsdelar som finns i ett betongelement samt en praktisk synvinkel på produktionen. Målet är även att få fram standardiseringen som har en stor påverkan på hur vi producerar samt dimensionerar prefabricerade betongelement.

## 1.2 Metoder

Elementproduktionen har påverkats under åren av betongstandardiseringen samt av den allt större trenden att automatisera. Arbetet bygger på litteratur, elektroniska källor samt erfarenheter och kunskaper från branschen.

## 2 Betongens historia som byggnadsmaterial

Betong har använts på många olika sätt genom åren för att skapa byggnader runt om världen. Betongen i sig själv är en bra produkt men under mitten av 1800-talet började man experimentera med betongen för att göra den starkare. Det var vid detta skede man började med att förena betongen med järn men resultaten var skiftande och inga klara slutsatser kunde ges. Uppfinningen av att värma upp stålet till höga temperaturer och bilda en härdning var steget mot ihärdiga konstruktioner. I omvärlden började man producera bärande betongbalkar som även användes till broar. Tekniken utvecklades lite senare i Finland men i början av 1900-talet började man tillverka de första produkterna gjorda i betong. Utvecklingen gick framåt och på 1940-talet började man tillverka betongprodukter för husbyggnationer. År 1950 grundades den första fabriken för förspända betongelement i Helsingfors (Raseborgs Tegel, u.å, 10).

### **3 Varför bygger vi så mycket i betong?**

Med betong finns det möjligheter att forma konstruktionsdelar enligt arkitektens önskan. Valmöjligheterna finns det massor av även gällande ytbeläggningar. Detta resulterar i att arkitekter kan vara mycket flexibla i sin kreativitet när planeringen sker. Med hjälp av betongkonstruktioner kan vi skapa starka lösningar för våra byggnader. Vi kan skapa långa spännvidder och minimera mängden bärande konstruktioner. Råvaror till produktionen finns det gott om och därför är det billigt och enkelt att få tag på. Byggnader gjorda i betong fyller även andra goda egenskaper eftersom betong har bra motstånd mot bränder och är relativt underhållsfria. Nackdelarna är miljöpåverkan under byggnadsskedet då det krävs en stor del energi för framställningen av råvarorna som betong och armering samt för transporter.



## 4 Framställning av betong

Betongen består av tre olika delar som tillsammans bildar ett mycket bra byggnadsmaterial. Råvarorna som blandas ihop är cement, ballast och vatten. När vatten tillsätts i cementen bildas cementlim som binder ihop råvarorna. För att uppnå de krav som ställs för hållfastheten som vi kräver av betongen måste proportioneringen vara korrekt. Förutom att man kan bestämma hållfastheten beroende på proportioneringen av råvarorna kan man även lägga tillsatser i betongen som gör att betongen reagerar på olika sätt. Dessa tillsatser kan vara medel för att försnabba härdningsprocessen eller att ändra konsistensen på massan (Almssad, 2015, 23)

### 4.1 Ballast

Ballast är benämningen för stenmaterial som är cirka 70% av massan i betong. Ballasten består av olika grovlekar av korn som går från stenmjöl till krossat grus eller återanvänd betong. Grovleken varierar från 0.02 mm till 16 mm stora korn (Betoniteollisuus Ry, u.å).

### 4.2 Vatten

Vattnet som används i betongen är helt vanligt dricksvatten. Orsaken till att man använder just dricksvatten istället för havsvatten eller vatten från olika träsk är att salt eller andra orenheter som humus påverkar cementets härdningsreaktion. En annan sak som är dålig för härdningsförmågan är socker. Socker har förmågan i även små mängder att sakta ner härdningsprocessen i betongen och även hindra betongen från att alls kunna härda (Betoniteollisuus Ry, u.å).

### 4.3 Cement

Den viktigaste delen i betongen är cementen. Cementens uppgift i massan är att i kontakt med vatten binda ballasten samman, förstärka och bilda ett starkt byggnadsmaterial. Råvaran för tillverkning av cement är kalk och andra naturliga mineraler som finns på många ställen i världen. Råvarorna malas ner till små partiklar och bildar ett pulver som påminner om mjöl. För att tillverka cementen värms mjölet upp till en temperatur på cirka 1450 grader Celsius. När materialen smälter så reagerar dem med varandra och bildar en

kemisk reaktion. Den kemiska reaktionen blir till klinker och mals sedan ner och man får cement (Betoniteollisuus Ry, u.å).

## 5 Förspänningsteknik

Förspänningstekniken var starten till tillverkningen av prefabricerade betongelement. Slutet av 1940-talet kom tekniken till Finland och intresset blev stort på marknaden. Utvecklingen av förspända element kom från en fransk ingenjör vid namnet Eugene Freyssinet, varav Freyssinet-metoden fått namn. Metoden togs i användning och på 1950-talet kom det första förspända prefabricerade elementen ut ur fabriken i Helsingfors (Hytönen & Seppänen, 2009, 27)

### 5.1 Funktion

Med uppfinningen kunde man förverkliga hur spänningen beter sig i horisontella strukturer. På så vis kom man fram till att i en horisontell konstruktion uppstår det tryckspänning längst ner och dragspänning vid toppen. På så vis har man kunnat förspänna för att kompensera för spänningar förorsakade av egenvikt samt nyttolaster. Som resultat fås en struktur som klarar av mera belastning men även ökade spännvidder. För att förspänningen skall lyckas krävs det att man har en betong som härdar relativt snabbt men också att den har hög tryckhållfasthet. Detta ställer mera krav på betongens egenskaper för att lyckas. Fördelarna är förbättrade egenskaper i konstruktionerna och nyttolasten ökar (Hytönen & Seppänen, 2009, 27)

### 5.2 Förspänningsätt

Ett sätt att förspänna är att under härdningstiden av betongen spänna fast stålflätor eller trådar mot ett ankare eller motsvarande spänningpunkt. Stålet hålls fastspänt under hela härdningsprocessen och när betongen har härdat löses stålet upp så att kraften från förspänningen överförs till det gjutna betongelementet. Den andra metoden förspänns med hjälp av kablar. I elementet lagar man ihåliga kanaler som man sedan drar kablar eller stålstänger igenom. Under gjutningsprocessen läggs även färdigt ankare runt ändorna på elementet. Ankarnas funktion fungerar på likadant vis som i första alternativt att de spänns åt för att kunna överföra spänningskraften vidare till elementet. Efter spänningen av kablarna eller stålstångerna fylls de ihåliga hålen i elementet med en injektion av betong

som sedan täpper till hålen så att förspänningskraften hålls i elementet (Hytönen & Seppänen, 2009, 27)

## 6 BES - Betongstandardiseringen i Finland

Under 1960-talet fick Finland fart på utvecklingen av prefabricerade betongelement. Det var vid denna tidpunkt som produktionsmetoder och system för hur element skall tillverkas och planeras togs i bruk. I slutet av 1960-talet och början av 1970-talet skedde standardiseringen i Finland där man lägger upp systemet för produktionen och dimensioneringen av prefabricerade byggnadsdelar i betong för bostadsbyggandet. Detta var startskottet för en marknad med prefabricerade byggnadsdelar som kunde levereras rakt till byggnadsplatsen. Denna standard fick begreppet BES (Betongelementsystem).

Standardisering fungerade som ett utvecklingsarbete där arkitekter, byggnadsingenjörer samt betongindustrin samarbetade för att få en motsvarande standard som redan fanns för bostadsbyggande i trä. Med hjälp av BES-systemet fick man en standardisering på betongelement, men även fogarna mellan elementen så att man kunde beställa prefabricerade delar som passar med varandra till samma byggnad men från olika leverantörer. Detta gav i sin tur större valmöjligheter för bostadsplanerare. Åren framåt fortsatte man med att använda standarden inom den kommersiella och industriella sektorn (Betoniteollisuus Ry, u.å).

### 6.1 Standardiseringens påverkan för byggnationer

Man insåg under den stora efterfrågan på bostäder att utan standardiseringen hade det aldrig varit möjligt att bygga under 1970-talet, då kostnader och tidspress var det som styrde byggandet. Under dessa blomstrande tider togs systemet inte i beaktande på de visuella aspekterna eller andra faktorer som kan påverka byggnaderna. Faktorerna som blev bortglömda var frost, risk för korrosion på armeringen och andra behandlingar då man inte hade den erfarenhet som man har idag. Byggnader som byggdes runt 1970-talet krävde oftast renoveringar av fasaden efter redan 30 - 40 år.

På 1990-talet började husbyggandet se annorlunda ut då flera saker krävdes att tas i beaktande gällande byggnader. Den visuella faktorn tog mera fart med arkitektplaneringar samt att man tog miljöpåverkan, livscykelkostnader och alla egenskaper från det byggda objektet i beaktande. Man började tänka mera på framtiden, hur byggnaderna påverkar miljön och hur driftkostnaderna ser ut, inte enbart under bygget men även efter att

byggnaden är i användning. Byggandet och byggnader ser annorlunda ut idag med mera valmöjligheter men principerna för dagens byggnader bygger sig på BES-systemet (Betoniteollisuus Ry, u.å).

## 7 Prefabricerat betongelement

Prefabricerade betongelement innebär att man tillverkar element som är färdigt gjutna i fabrik och har härdats tillräckligt för att kunna transporteras. På detta vis kan man producera färdiga element som direkt kan installeras på byggplatsen. Idag finns det en stor mängd olika typer av element som tillverkas och går att tillverka i våra fabriker. För att kunna organisera dessa olika typer av element har man en elementplan som man identifierar dem med. Identifieringen består av en bokstavskombination enligt vilken typ av element det är frågan om.

Tabell 1. Olika beteckningar av elementtyper (Betoniteollisuus Ry, u.å).

Typ av Element	Element	ID	Beskrivning
Grundläggningselement	Socketelement	AN	Sokkelelementti (Ei kantava)
	Socketelement (bärande)	AS	Sokkelelementti (Kantava)
Pelarelement	Pelare	P	Pilarelementti
Väggelement	Mellanvägg	V	Väliseinä
	Innerskalselement (bärande)	SK	Sisäkuorielementti (Kantava)
	Innerskalselement	RK	Sisäkuorielementti (Ei Kantava)
Balkelement	Förspändbetongbalk I profil	I	Jännebetonipalkki (I profiili)
	Förspändbetongbalk HI profil	HI	Jännebetonipalkki (HI profiili)
Elementplattor	TT- plattor	TT	TT laatta
	Elementplatta	L	Laattaelementti
	Förspänd Elementplatta	JL	Jännitetty laattaelementti
Balkongelement	Balkongelement	C	Parvekeelementti
	Elementplatta för balkong	CL	Parvekelaatta- elementti
Shaktelement för hissar	Hisschaktelement	HK	Hissikuiluelementti

## 8 Tillverkning av prefabricerade betongelement

Innan ett prefabricerat element är klart för lastning och frakt till byggarbetsplatsen kommer det ett antal arbetsskeden i produktionen. Under dessa arbetsskeden kommer jag att ge en steg för steg-beskrivning i hur produktionen går till. Produktionens start är vid planeringen av vilket element som skall produceras samt vilka delar som behövs för att utföra arbetet. Vid planeringen av vilka element som ska produceras krävs en bra utförandeplan. Utförandeplanen baserar sig på byggnationsordningen på bygget samt att planera rätt mängd av olika tidskrävande element. Elementen måste produceras och levereras enligt behovet till byggarbetsplatsen för att kunna bygga i rätt takt. Valen av elementen för produktionen ligger i att blanda mindre och mera tidskrävande element för att kunna få en effektiv produktion. När planeringen är klar och man vet vilka eller vilket element som skall produceras är nästa steg att börja bygga ihop formen och tillverka armeringen.

### 8.1 Formning

Första steget i produktionen av elementet är formningen. Formningen baserar sig på vilket element som skall produceras. I produktionslinjen utförs många element där endast detaljer ändras såsom längd, bredd samt genomföringar vilket innebär att delarna går att återanvändas och måtten på elementet bestäms enligt ritning. Det som alltid måste tas i beaktande är placeringen av eventuella hål i formen som bör finnas för olika genomföringar såsom elrör, tappar och lyftkrokar.

Delarna placeras ut på bordet och längd samt bredd mäts ut. Bordet som delarna placeras på är rektangelformat vilket betyder att man alltid utnyttjar två väggar av bordet. Dessa två väggar låses fast så att formen inte slipper att röra på sig eller kunna utvidga sig när den fylls med betong. För att låsa de resterande delarna av formen använder man sig av starka magneter. Om elementet ifråga har ett fönster så mäts fönsterformen ut och även här låser man fast fönstrets placering med hjälp av starka magneter som placeras på insidan av fönsterformen. Till formningsskedet hör även olika former som ändrar utseendet av elementet. Dessa delar kan göra att på vissa delar i elementet skall det vara smalare,



minskad tjocklek eller olika breddar. Specifikationer hittas från ritningen och skall tillämpas där efter.



Figur 1. En färdig form som är redo att byta sektion (Jansson, 2020).

## 9 Materialval för formande

Delarna som används till formandet av elementen görs till största del av trä och ytbelagd plywood. Formdelarna görs vanligast av belagd plywood för att få en stark form men även en hal och stark yta. Den hala ytan hjälper till att betongen inte ska fastna och förhindrar att fukten tränger in i plywooden. För att stöda den belagda plywooden så bygger man en ram bakom skivan. Ramen byggs av limträ och ser till att plywooden inte böjer sig. Ramen har även en annan praktisk funktion, den fungerar som stöd för placeringen av de starka magneterna som håller formen på rätt plats under produktionen. Om elementet har fönster använder man sig av samma princip av materialval för fönsterramarna.

## 10 Förberedning

Med förberedning avses arbeten som kommer före själva armeringsfasen av elementen. Under detta skede placerar man ut saker som till exempel eldosor, skyddsror eller klossar. Orsaken till att man lägger dessa saker först är att underlätta arbetet med placeringen av de produkter som skall limmas eller med hjälp av magnet applicerar man fast i formbordet. När allt är klart granskar man igenom med hjälp av ritningen att allt finns samt att allt är placerat enligt måtten som är angivna på ritningen. När allt är granskat lägger man formolja runt hela formen. Formoljans funktion är att göra rivningsarbetet av formen lättare då betongen inte limmar fast i formen. Detta resulterar i en enklare och smidigare formrivningsprocess samt att chansen för att man får formen hel under rivningsprocessen ökar, vilket gynnar återanvändningen av delarna. Nu är elementet klart för armeringsfasen i produktionen.



Figur 2. Förberedelseskedet där klossar gjorda av plast samt vajerlänkar har placerats. Före oljningen av formen limmar man plastklossarna i botten. Orsaken är att limmet fungerar dåligt när den blandas med formoljan. Brädan i vilken vajerlänkarna är fastspikade på läggs efter oljan för att oljan inte skall komma på vajrarna (Jansson, 2020).

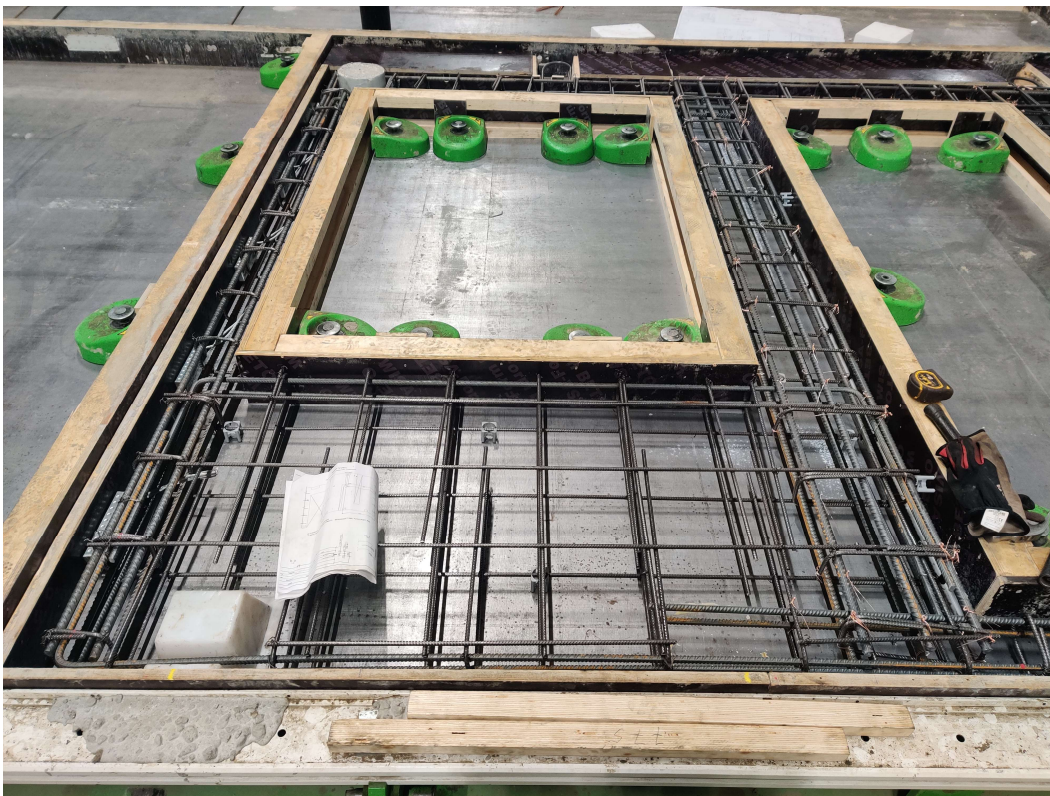


Figur 3. Förberedelseskedet där eldosor har placerats i botten med hjälp av magneter (Jansson, 2020).

## 11 Armeringsprocessen

Armeringsprocessen börjar i samband med påbörjandet av formningen så att den skall vara klar när formen skall armeras. När processen börjar, kollar man på ritningen vilka typer av armeringar skall användas för det angivna elementet. Påbörjandet av arbetet kan variera beroende på elementtyp. Variationen ligger i att om elementet använder sig av ringarmering eller om armeringsnät skall användas. För att armeringen skall stämma överens med kraven så finns det klara specifikationer på dimensioner, längder, skarvningslängder samt avstånd mellan olika armeringar.

När man börjar tillverka armeringen för elementen tar man i beaktande hur man skall placera armeringen i formen men även minimum och maxavstånd från formens kanter. Avståndet från formen finns detaljerat på ritningen. När armeringen placeras i formen ställs armeringen på distansklossar. Distansklossarna läggs underifrån och från sidan för att försäkra sig om tillräckligt skyddsskikt för armeringen. Distansklossarna är gjorda av plast och har olika höjder för att få rätta distanser. Armeringen binds fast i varandra med hjälp av en tunn najtråd och spänns runt de önskade armeringarna så att de hålls samman under armeringsprocessen och gjutande av elementet samt att armeringen finns på utgivna ställen i enlighet med ritningen. Under armeringsprocessen kan man även behöva lägga tilläggsarmering. Orsaken kan vara att underlätta arbetet för att försäkra att allt hålls på sin rätta ställen även under gjutningen. Under gjutningen finns det risk att armeringen flyttar på sig på grund av betongens tunga massa som kan stöta undan armeringen och flytta på andra föremål som skall vara noggrant placerade.



Figur 4. Armeringsprocessen av ett element. För att få rätta armeringsavstånd används distansklossar (Jansson, 2020).



Figur 5. En bild av lyftkrokens genomföring (Jansson, 2020).

## 11.1 Armering

Vid elementproduktionen använder man sig av olika dimensioner och stålqualiteter för armeringen. I ett element delar man upp armeringen i två olika kategorier. Kategorierna är huvudarmering och sekundär armering. Huvudarmeringens uppgift i konstruktionsdelar är att ta upp dragkrafterna som uppstår medan den sekundära armeringens uppgift är att stöda och hålla upp huvudarmeringen. Som sekundär armering kan vara byglar som håller ihop huvudarmeringen men även hjälper att förebygga sprickbildningar i elementet (Berg, 2009, 39)



Figur 6. Bilden visar framställningen av armeringsnät med hjälp av en maskin som svetsar ihop armeringsstänger. Armeringsstängerna är ihoprullade och sedan matas de in i maskinen. Maskinen klipper och svetsar ihop armeringsstängerna enligt modellen. Modellen ritas upp så att alla armeringar placeras ut enligt längder och dimensioner (Jansson, 2020).



Figur 7. Olika typer av c-länkar för armerandet. Namnet c-länk kommer från att armeringsstålet är bockat 90 grader två gånger (Jansson, 2020).



## 12 Granskning

Granskning av elementet under produktionskedena är viktigt för att ha en ständig kontroll på att allt utförs enligt anvisningarna. Den viktigaste granskningen görs före gjutningsarbetet påbörjas. Man väljer att utföra granskningen före gjutningen för att kunna upptäcka eventuella brister. Under gjutningen går det att korrigera brister men utförandet av arbetet försvåras märkbart. Av den orsaken väljer man att göra en granskning innan gjutningen. När elementet skickas iväg på gjutning som är ett av slutstadierna och när elementet har härdats är det mycket arbetsdrygt att korrigera brister som har missats av en bristfällig granskning och chansen att få en ordentlig korrigering av bristerna är svår och tidskrävande. Efter att elementet har härdats och rivningsarbetet är klart görs även en granskning under färdigställningsarbetet för att garantera att en kvalitativ produkt kan levereras till byggarbetsplatsen.

### 13 Gjutning av elementet

När granskningen är gjord flyttas bordet till gjutningen. Före gjutningen påbörjas måste man först ta reda på vilken betong som ska användas. Betongen som används beror på den hållfasthet som krävs för den typen av element. När rätt betongtyp har bestämts går man över till räknande av betongmängden som ska produceras. Mängden betong beräknas enligt volym samt eventuell ökning med någon procent för att vara säker. Formen fylls metodiskt med betong. När formen börjar vara fylld sätts vibrationen på i bordet. Vibrationen hjälper till att jämna ut betongen i formen så att betongen kommer åt alla ställen. Den andra och viktigaste orsaken till vibrationen är att få bort luftbubblor ur betongen. När formen är fylld och jämn påbörjas arbetet av själva ytan av betongen. Ytan på betongen finns beskriven i ritningen och kan vara allt från en slät slipad yta till olika typer av mönster.



Figur 8. När betongen är blandad förs den ut i den y-formade behållaren. Behållaren manövreras trådlöst och har en lucka nertill som går att öppna och stänga (Jansson, 2020).



Figur 9. Ett färdigt gjutet och slipat element som är klart för härdning (Jansson, 2020).



Figur 10. Med hjälp av denna maskin kan man enkelt och smidigt slipa elementen trådlöst till en slät och jämn yta. Maskinen fungerar så att den går att flytta framåt, bakåt, vänster och höger. För att kunna slipa elementet går maskinen även upp och ner för olika tjocklekar av element. Längst ner på maskinen ligger en platta som snurrar och på så vis jämnar och slätar ut ytan på elementet (Jansson, 2020).

## 14 Rivning av formar och färdigställandet av elementet

Elementets slutstadium är rivningen av formen. När betongen har härdat påbörjas rivningen av formen. Målet är att få bort delarna ur formen utan att förstöra formarna eller att skada elementet. Man utgår från att ta bort så mycket som möjligt ur formen då elementet fortfarande ligger på bordet. När elementet lyfts sätts krokarna från lyftkranen fast i lyftkrokarna på elementet. Modulen ligger på en lyftanordning som gör att man kan resa upp modulen vertikalt. När modulen har rest sig lyfter man sakta upp elementet och flyttar det bort från modulen. Direktiv och specifikationer på hur elementet ska lyftas finns angivet på ritningen för ett säkert sätt att lyfta. Nu kan modulen fällas ner tillbaka och flyttas vidare till produktionens början. För att göra det slutliga arbetet flyttas elementet med hjälp av kranen till en ställning som man kan utföra det resterande arbetet. Det resterande arbetet innebär urgröpning av klossar eller motsvarande rör som placerats i elementet. Vajrarna ur vajerlänkarna skall dras ut och en elementidentifieringslapp placeras på elementet. Nu kan elementet köras ut och är klart för avhämtning till byggarbetsplatsen.



Figur 11. Färdigställandet av ett prefabricerat element. Här har man slipat ytan för att göra den jämn. Vajerlänkarna är utdragna och på en av vajrarna har man placerat en lapp där elementets specifikationer finns. På lappen anges tillverkaren, elementets mått, vikt, och tillverkningsdatum (Jansson, 2020).

## 15 Automatiserad produktionslinje

Att automatisera elementproduktionen kräver en planering av hur man skall kunna utforma ett system som går att tillverka element under hela arbetstiden. Detta betyder att man kan tillverka flera element utan att olika stadier i produktionen bromsar eller stannar upp möjligheten att tillverka element. Principen för systemet ifråga är ett automatiserat system som baserar sig på att bygga upp sektioner för olika arbetsmoment. På så sätt kan man underlätta arbetet för att man inom sektionerna endast utför ett delmoment och på så vis kan man organisera material och arbetsätt för just den specifika sektionen. Med hjälp av sektioner får man en allt mer organiserad arbetsmiljö samt inget strul med komponenter från de andra sektionerna. För att ett system för sektionerna skall fungera krävs det att man kan på ett snabbt och effektivt sätt flytta på modulerna till det olika sektionerna. Planering och organisering krävs för att effektivt kunna flytta modulerna så att produktionen löper. Denna automatisering som används i detta fall är Elematics produkter.



Figur 12. Bilden visar hur det ser ut innan en modul har placerats. Själva modulen hålls upp med hjälp av fötterna och elmotorerna gör så att modulen kan köras på plats (Jansson, 2020).



Figur 13. På detta sätt flyttas modulerna via sektionerna. Maskinen rör sig på två skenor och med hjälp av elmotorer rör den sig från ena sidan till den andra. På samma vis rör sig modulen in och ut. Det finns plats för två moduler åt gången (Jansson, 2020).

## 16 Äldre och nyare produktionsätt

Arbetsättet för båda produktionstyperna fungerar på samma sätt men processen skiljer sig åt. Det äldre systemet fungerar så att alla bord där man tillverkar elementen inte rör sig. Istället lyfts borden upp vertikalt för att lyfta bort elementen. Borden som inte har lyftförmåga krävs det element som går att lyftas direkt från ett bord. Med den nya tekniken har man bara specifika platser där man har möjlighet att resa upp borden. Orsaken är att borden fungerar som moduler som går att flyttas till olika sektioner i produktionen. Det praktiska resultatet är att man kan vara mer flexibel i produktionen och på så sätt kunna få en ökad produktion då väntetiderna i sektionerna kan förkortas. Båda systemen används idag och har sina fördelar och nackdelar gentemot varandra.

### 16.1 Jämförelse mellan produktionssystem

Det gamla systemet är inte lika flexibelt och resulterar i att användningen av alla former kräver att produktionen måste bli klar för att kunna påbörja en ny. Med andra ord borde elementen vara färdigt gjutna i slutet av arbetsdagen för att man skall kunna påbörja nya följande morgon. Med det nya systemet har man möjlighet att fortsätta ett påbörjat element följande dag då systemet baserar sig på att man kan flytta på borden. Med hjälp av ett rullande system kan man alltid flytta in ett nytt projekt när som helst under produktionen. Svårigheterna i det rullande systemet är att det kräver en balans mellan alla punkter i produktionen. Det rullande systemet fungerar endast då det alltid finns en modul att flytta vidare till nästa punkt. Om någon punkt blir efter så påverkar det hela produktionen.

Fördelarna hos det gamla systemet ligger i vilken typ av element som tillverkas. Sandwichelement fungerar som bäst i det gamla systemet. Dessa typer av element kräver två gjutningar samt ett isolerings skede. Med det nya systemet krävs det många flyttningar av elementet före det är klart vilket leder till långa väntetider mellan arbetspunkterna. Automatiseringen har en stor roll i elementindustrin där man kan påverka olika faktorer under produktionen. Faktorer som berör är bland annat mängden element som går att producera samt hur effektivt produktionen är. En annan faktor som också bidrar är den fysiska ansträngningen i produktionen.



## 17 Sammanfattning

Sättet på vilket betong använts som byggnadsmaterial och som färdiga konstruktionsdelar har ändrat under årtionden. Tekniken och principen för hur vi tillverkar prefabricerade betongelement ser relativt likadan ut men förbättringar har gjorts i alla avseenden. Standardiseringen var första steget där man fick en standard på hur det ska gå till när det gäller prefabricerade betongelement. Allt sedan starten har man förbättrat och uppdaterat standarden för att motsvara dagens krav. Inom alla industrier har automationen tagit fart och man ser allt mera lösningar på processer där man kan försnabba arbetet med hjälp av intelligenta maskiner eller maskiner som underlättar arbetet. Nyckeln och målet är att ha en snabb och kvalitativ produktion men också att se värdet och fördelarna med våra äldre system. Arbetet ger en inblick i hur utvecklingen av prefabricerade betongelement har tagit form på den marknad vi har idag. Med hjälp av smartare och mera innovativa lösningar kommer elementindustrin att förbättras och framtiden inom prefabricerade konstruktionsdelar kommer att vara en bra metod för våra byggnader.

## 18 Källförteckning

Almssad, A. 2015. *Betongkonstruktion*. Lund: Studentlitteratur AB.

Berg, S.A. 2009. *Betongteknik Byt 11*. Stockholm: Lärnö AB.

Betoniteollisuus Ry. (u.å). Betonin Valmistus Hämtad den 14 oktober 2020.  
<https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>

Betoniteollisuus Ry. (u.å). Elementtirakentamisen historia Hämtad den 23 oktober 2020.  
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>

Betoniteollisuus Ry. (u.å). Elementtitunnukset Hämtad den 1 November 2020.  
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/elementtitunnukset>

Jansson N. 2020. Egna fotografier. Raseborg.

Raseborgs tegel Ab. (u.å). Fyra decennier betong. Ekenäs: Raseborgs Tegel AB.

Hytönen, Y. & Seppänen, M. 2009. *Tehdään elementeistä*. Jyväskylä: Betonitieto Oy.

## Figurförteckning

Figur 1. En färdig form som är redo att byta sektion (Jansson, 2020). .....	12
Figur 2. Förberedelseskedet där klossar gjorda av plast samt vajerlänkar har placerats. Före oljningen av formen limmar man plastklossarna i botten. Orsaken är att limmet fungerar dåligt när den blandas med formoljan. Brädan i vilken vajerlänkarna är fastspikade på läggs efter oljan för att oljan inte skall komma på vajrarna (Jansson, 2020). .....	14
Figur 3. Förberedelseskedet där eldosor har placerats i botten med hjälp av magneter (Jansson, 2020). .....	15
Figur 4. Armeringsprocessen av ett element. För att få rätta armeringsavstånd används distansklossar (Jansson, 2020). .....	17
Figur 5. En bild av lyftkrokens genomföring (Jansson, 2020). .....	17
Figur 6. Bilden visar framställningen av armeringsnät med hjälp av en maskin som svetsar ihop armeringsstänger. Armeringsstängerna är ihoprullade och sedan matas de in i maskinen. Maskinen klipper och svetsar ihop armeringsstängerna enligt modellen. Modellen ritas upp så att alla armeringar placeras ut enligt längder och dimensioner (Jansson, 2020). .....	18
Figur 7. Olika typer av c-länkar för armerandet. Namnet c-länk kommer från att armeringsstålet är bockat 90 grader två gånger (Jansson, 2020). .....	19
Figur 8. När betongen är blandad förs den ut i den y-formade behållaren. Behållaren manövreras trådlöst och har en lucka nertill som går att öppna och stänga (Jansson, 2020). .....	21
Figur 9. Ett färdigt gjutet och slipat element som är klart för härdning (Jansson, 2020). ..	22
Figur 10. Med hjälp av denna maskin kan man enkelt och smidigt slipa elementen trådlöst till en slät och jämn yta. Maskinen fungerar så att den går att flytta framåt, bakåt, vänster och höger. För att kunna slipa elementet går maskinen även upp och ner för olika tjocklekar av element. Längst ner på maskinen ligger en platta som snurrar och på så vis jämnar och slätar ut ytan på elementet (Jansson, 2020). .....	23
Figur 11. Färdigställandet av ett prefabricerat element. Här har man slipat ytan för att göra den jämn. Vajerlänkarna är utdragna och på en av vajrarna har man placerat en lapp där elementets specifikationer finns. På lappen anges tillverkaren, elementets mått, vikt, och tillverkningsdatum (Jansson, 2020). .....	24

Figur 12. Bilden visar hur det ser ut innan en modul har placerats. Själva modulen hålls upp med hjälp av fötterna och elmotorerna gör så att modulen kan köras på plats (Jansson, 2020). .....	25
Figur 13. På detta sätt flyttas modulerna via sektionerna. Maskinen rör sig på två skenor och med hjälp av elmotorer rör den sig från ena sidan till den andra. På samma vis rör sig modulen in och ut. Det finns plats för två moduler åt gången (Jansson, 2020). .....	26

## **Tabellförteckning**

Tabell 1. Olika beteckningar av elementtyper (Betoniteollisuus Ry, u.å).....	10
--	----