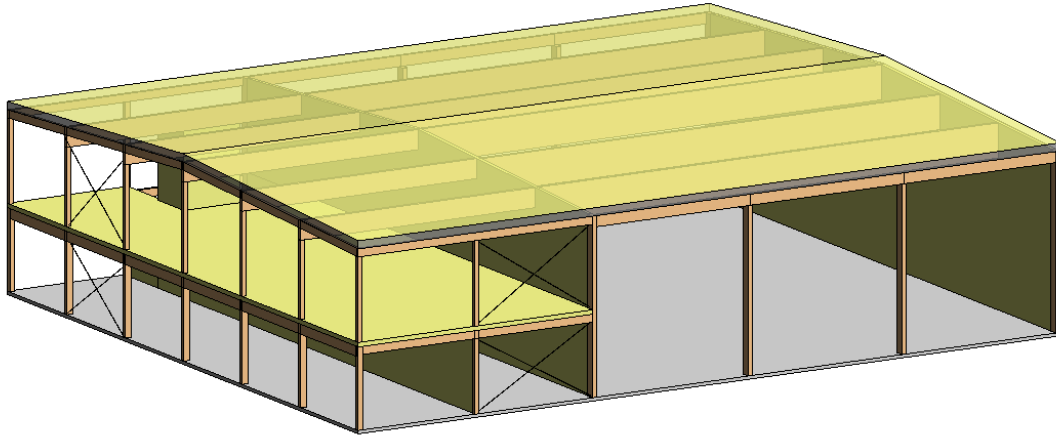




CHALMERS



Materialvalens påverkan i en byggnadsstomme

En parametrisk studie av klimatpåverkan och vikt i trä, stål och betong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

MATTIAS TEVELL

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR KONSTRUKTIONSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Materialvalens påverkan i en byggnadsstomme

En parametrisk studie av klimatpåverkan och vikt i trä, stål och betong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

MATTIAS TEVELL

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Examinator Rasmus Rempling

Handledare Rasmus Rempling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Materialvalens påverkan i en byggnadsstomme
En parametrisk studie av klimatpåverkan och vikt i trä, stål och betong
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik
MATTIAS TEVELL

© MATTIAS TEVELL, 2025

Examensarbete ACEX20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2025

Materialvalens påverkan i en byggnadsstomme

En parametrisk studie av klimatpåverkan och vikt i trä, stål och betong

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

MATTIAS TEVELL

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Syftet med studien var att undersöka hur materialval i en byggnadsstomme påverkar dess klimatpåverkan i byggskedet samt vikt. En referensbyggnad med hel trästomme jämfördes med sex alternativ av hybridstommar – tre kombinationer av betong och trä, samt tre av stål och trä, vidare hade varje hybridstomme en klimatförbättrad version. Byggnaden bestod av en verkstads- och kontorsdel, och för varje alternativ beräknades klimatpåverkan i form av koldioxidekvivalenter (CO₂e) samt total vikt.

Resultatet visar att val av material i pelare, väggar och tak hade större påverkan än klimatavtrycket i val av material i bjälklag. Hybridstommar med betong i väggar var avsevärt tyngre än referensobjektet, medan stommar med stål uppvisade endast marginell viktökning. Ur klimatsynpunkt var den mest gynnsamma kombinationen med betong, där endast bjälklaget utgjorde av betong, medan övriga delar var i trä. För stål var den mest fördelaktiga kombinationen att använda stål i pelare och balkar i kontorsdel, och trä i övriga delar.

Studien visar att trä i dagsläget har en tydlig klimatfördel jämfört med stål och betong. En ökad användning av trä i byggnadsstommar kan därför minska stommens klimatpåverkan avsevärt, även om stål möjliggör slankare dimensioner.

Nyckelord: Hybridstomme, Klimatpåverkan, Bjälklag, Pelare, Materialval, Trä, Stål, Betong, Klimatdeklaration, Eurokod, Kontorsbyggnad.

The Impact of Material Choices on a Building frame

A Parametric Study of Climate Impact and Weight in Timber, Steel and Concrete

Degree Project in the Engineering Program

Civil and Environmental Engineering

MATTIAS TEVELL

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate how material selection in a buildings structural frame affects its climate impact during the construction phase, as well as its total weight. A reference building with solid timber frame was compared with six hybrid frame alternatives – three combinations of concrete and timber, and three combinations of steel and timber. Each hybrid structure also included a version of steel and concrete with improved climate performance. The building consisted of a workshop and office section, and for each structural option, both the climate impact, expressed in carbon dioxide equivalents (CO₂e), and total weight were calculated.

The results show that the choice of materials for columns, walls, and roof had a greater influence on climate impact than the choice of material for the floor structure. Hybrid structures with concrete walls were significantly heavier than the reference building, while steel-based hybrids showed only marginal increases in weight. From a climate perspective, the most favourable concrete hybrid was the one where only the floor slabs were made of concrete, and the rest of the structure was timber. For steel, the most advantageous combination used steel in the columns and beams of the office section, with timber used in the remaining parts.

The study demonstrates that timber currently offers a clear climate advantage over both steel and concrete. Increasing the use of timber in structural frames can therefore significantly reduce climate impact during the construction phase, even though steel enables more slender structural dimensions.

Key words: Hybrid structure, Climate impact, Floor structure, Column, Material selection, Timber, Steel, Concrete, Climate declaration, Eurocode, Office buildings.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.1.1 Frågeställning	1
1.2 Avgränsningar	1
2 TEORETISKA UTGÅNGSPUNKTER	2
2.1 Trä	2
2.2 Betong	4
2.3 Stål	5
2.4 Klimatdeklaration	6
2.5 Eurokoder	7
3 METOD	8
3.1 Metodval	8
3.2 Digitala verktyg	8
3.3 Val av parametrar	9
3.4 Referensobjekt	9
3.4.1 Identifiering av element	13
3.4.2 Identifiering av jämförelsefaktorer	13
3.5 Genomförande	14
3.5.1 Matris över stomalternativ	14
3.5.2 Dimensionering	16
3.5.3 Modellering	17
3.5.4 Beräkning av faktorer	17
4 RESULTAT	18
4.1 Dimensionering och modellering	18
4.1.1 Hybridstomme S1-S3	18
4.1.2 Hybridstommar B1-B3	21
4.2 Jämförelsefaktorer	24
5 DISKUSSION	28
5.1 Metoddiskussion	28

5.2	Resultatdiskussion	28
6	SLUTSATS	30
6.1	Förslag på vidare forskning	30
7	REFERENSER	32
8	BILAGOR	36
8.1	Dimensionering hybridstomme stål och trä	36
8.2	Dimensionering hybridstomme betong och trä	57

Förord

Detta kandidatarbete har genomförts vid Chalmers tekniska högskola och markerar slutet på en intensiv men givande period av studier. Att arbeta med uppsatsen har varit både utmanande och lärorikt, och jag har fått möjlighet att fördjupa mig i hur materialval påverkar både klimatpåverkan och konstruktionens egenskaper – ett ämne som känns särskilt relevant i dagens samhälle.

Arbete har genomförts i samarbete med Sweco, vilket har gett värdefulla insikter i hur teorin tillämpas i praktiken. Kombinationen av akademisk fördjupning och praktisk koppling har gjort arbetet särskilt intressant.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare, Rasmus Rempling vid Chalmers och Jacqueline Grube vid Sweco, för ert engagemang och ert stöd under projektets gång. Er vägledning har varit ovärderlig.

Ett tack även till familj och vänner som funnits där under arbetes gång – för uppmuntran, tålamod och kaffe vid rätt tillfällen.

Göteborg, maj 2025
Mattias Tevell

1 Inledning

Världsnaturfonden WWF (2024) beskriver att klimatförändringarna som sker i världen är påverkad av mänskliga aktiviteter där tillverkningen av material och produkter, inklusive metaller som stål och trävaror, står för en stor användning av fossila resurser. Bygg- och fastighetssektorn står för cirka 22 procent av den svenska ekonomins totala årliga utsläpp av växthusgaser (Boverket, 2025 a). För att möta de växande kraven som grundar sig på klimatförändringarna har byggindustrin i Sverige gått samman och satt upp en gemensam färdplan där ett av mål är att minska utsläppen av växthusgaser från industrin med 50% till år 2030, jämfört med sektorns utsläpp under året 2015 (Fossilfritt Sverige, 2024). Ett sätt att hantera utsläppen inom byggindustrin är att välja material som är förnybara och resurseffektiva vilket trä är ett typiskt exempel på (Svenskt Trä, 2025 a). Utöver möjligheten att plantera nya träd i takt med att trä för industrin avverkas, fungerar även träbyggnader som kolsänkor genom att lagra koldioxid. I takt med det ökande intresset för hållbart byggande har också hybridstommar, där trä kombineras med betong och/eller stål, fått större uppmärksamhet (Setra, 2024). Det ska ge större flexibilitet i konstruktionens utformning och vara i linje med industrins mål om hållbarhetsarbetet. Idag är de dominerande materialvalen i byggsektorn trä, stål och betong, och kombinationer av dessa har visat sig framgångsrika (Svenskt Trä, 2018). Ett exempel är utvecklingen av armerad betong, en hybridlösning där stålets draghållfasthet och betongens tryckhållfasthet samverkar för att skapa ett starkare element.

1.1 Syfte

Syftet med undersökningen var att genom en parametrisk studie jämföra klimatpåverkan och vikt av alternativa hybridstommar av ett referensobjekt där parametrarna trä, stål eller betong varierades i objektens tak, bjälklag, trapphus, pelare, balkar, bärande väggar och stabiliserande element.

1.1.1 Frågeställning

- Hur skiljer sig klimatpåverkan och vikt mellan olika hybridstommar vid variation av material (trä, stål eller betong) i referensobjektets tak, bjälklag, trapphus, pelare, balkar, bärande väggar och stabiliserande element?

1.2 Avgränsningar

Studien utvärderar inte optimeringen av ljud- och brandkrav, vilket innebär att de framtagna hybridstommarna ska uppfylla samma funktionskrav för ljud och brand som referensobjektet. De modifierade hybridstommarna ändras inte i spännvidder, pelarhöjd eller design från referensobjektet, annat än vad som krävs för att anpassa de specifika materialen som testas för respektive objekt. Ändringar av stomelement begränsas till materialvalen trä, betong eller stål medan hybridelement som samverkansbjälklag inte undersöks. Studien utvärderar endast påverkan på klimatpåverkan och vikt. För att få ett jämförbart resultat kommer bärighet, geometri samt produktionstid vara likvärdiga mellan referensobjektet och hybridstommarna. Vidare undersöks enbart hypotetiska stommar med ändringar i tak, bjälklag, trapphus, pelare, balkar, bärande väggar och stabiliserande element.

2 Teoretiska utgångspunkter

I följande kapitel redogörs de teoretiska utgångspunkter som ligger till grund för undersökningen. Nedan presenteras följande materialtyper som är relevanta för analysen, trä, betong och stål. Kapitlet belyser bland annat respektive materials tekniska egenskaper, klimatpåverkan och cirkulära möjligheter. Vidare behandlas regelverk och riktlinjer för klimatdeklarationens krav och tillämpningen av Eurokoder.

2.1 Trä

Husbygge med trä som materialval är starkt associerad med Sverige och dess kulturarv, med anor från 1200-talet (Svenskt Trä, u.å. a). Sveriges kommuner och Landsting (2013) beskriver att metodval inom byggindustrin styrs till stor del av traditioner, och i Sverige har trä varit ett billigt och lättillgängligt material, medan andra länder har haft bättre förutsättningar avseende tillgången på tegel och till viss del stål. Detta speglas även i att Sveriges landyta består till cirka 70% av skogsmark (Naturskyddsföreningen, 2021 a). Husbyggnation med trä som huvudmaterial begränsades i slutet av 1800-talet till hus med högst två våningar med anledning av brandrisken (Svenskt Trä, u.å. a).

Förbudet mot träbyggnader med fler än två våningar kom att gälla i över 100 år och avskaffades först i samband med att Sverige anslöts till EU under 1990-talet och omgavs av dess regelverk. Det långvariga förbudet mot höga byggnader med trästomme har lett till en osäkerhet och kunskapsbrist bland yrkesverksamma inom byggsektorn, något som även visar sig bland allmänhetens fördomar mot att höga träbyggnader anses vara brandfarliga, lyhörda och omoderna (Sveriges kommuner och Landsting, 2013).

En vanlig föreställning om träbyggnader är att de är mer lyhörda än byggnader i andra material, men modern byggteknik har gjort det möjligt att uppnå god ljudkomfort även i trähus (Tyréns u.å.). Trä är ett lätt material, vilket innebär att det har sämre ljudisolering i vissa frekvensområden jämfört med exempelvis betong. Samtidigt går det att kompensera detta genom att använda särskilda konstruktioner och materialkombinationer som bryter ljudöverföring och minskar stomljud. Exempel på sådana metoder är att bygga med dubbla reglar, använda ljudisolerande skivmaterial och lägga in flytande golv (Tyréns u.å.).

Däremot beskriver Gross (2016) att träindustrin har gjort stora framsteg där ett exempel är genom att sammanfoga flertal brädor eller plankor, även känt som limträ. Metoden har gett balkar och pelare i trämaterial samma möjligheter till liknande förutsägbara egenskaper som betong och stålbalkar eller pelare har. Vidare beskriver Gross att limträets funktionalitet bygger på att tekniken kan bortse från trädets egna svagheter, med andra ord de organiska svagheter som kvistar, tvärsnitt och övriga avvikelser, och istället använda trädets bästa egenskaper för att därmed öka bärligheten.

Sveriges kommuner och Landsting (2013) belyser att kraven för brandmotstånd är densamma för samtliga typer av materialval, det innefattar hur byggnaden ska skyddas mot brand. Det innebär att kraven omfattar hur motståndskraftig den bärande konstruktionen i byggnaden och dess skiljeväggar ska vara för att hämma spridningen

av branden. Limträ har främjat träbyggnaders möjlighet att uppnå brandkrav genom sin homogena utformning vilket medför att materialet har en förutsägbar förbränningshastighet på cirka 0,5 till 1,0 mm per minut samt att det vid en brand bildas ett kolskikt på ytan som hindrar spridningen till de inre delarna (Gross, 2016). Sveriges kommuner och Landsting (2013) beskriver att byggnader med trästomme kan uppnå samma brandsäkerhetsnivå som byggnader med andra typer av stomkonstruktioner. Metoder som att beklä stommen i brandtålig materiel, exempelvis gipsskivor används för att öka brandtåligheten, utöver sprinklersystem som minskar risken för spridning av brand.

Trots att trä är ett biobaserat material och därmed kan ses som ett miljövänligt alternativ till andra byggmaterial, såsom stål och betong, är det inte per automatik ett hållbart val (Sveriges Kommuner och Landsting, 2013). Trä har flera egenskaper som gör det attraktivt ur klimatsynpunkt: det är förnybart, lagrar koldioxid under trädets livstid och kräver generellt sett mindre energi vid bearbetning jämfört med andra konstruktionsmaterial (Svenskt Trä, u.å. b). Intresset för träbyggnation har därför ökat, både i Sverige och internationellt, som en del av ledet i att minska utsläppen från byggsektorn.

Samtidigt är hållbarhet inom träbyggnation beroende av mer än bara materialets ursprung (Sveriges Kommuner och Landsting, 2013). Hållbarheten påverkas exempelvis av hur väl byggnaden är utformad och detaljerad, vilket i sin tur kan ha inverkan på dess livslängd. En byggnad som är bristfälligt konstruerad och därmed måste rivras eller renoveras i förtid förlorar snabbt sin klimatmässiga fördel.

Även sättet skogen brukas på har stor betydelse för klimatpåverkan (Naturskyddsföreningen, 2021 b). Svenskt skogsbruk som helhet är i dagsläget inte hållbart, trots förekomsten av vissa aktörer som bedriver skogsbruk med större miljöhänsyn. Stora delar av skogslandskapet har genom kalhyggen, markberedning, dikning och ensidiga trädplanteringar omvandlats till homogena virkesåkrar med låg biologisk mångfald. Detta har lett till att många växt- och djurarter är hotade och att ekosystemets naturliga funktioner har försämrats.

Skogarna är också viktiga ur ett klimatperspektiv eftersom de fungerar som kolsänkor (WWF, u.å.). Om skogen avverkas i snabbare takt än den hinner återväxa, frigörs stora mängder växthusgasutsläpp. Avskogning och skogsförstörelse uppskattas stå för omkring 12% av världens totala utsläpp av växthusgaser.

För att motverka denna typ av negativa miljöpåverkan betonas vikten av ett hållbart skogsbruk (Svenskt trä, 2015). Certifieringar som FSC (*Forest Stewardship Council*) och PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*) finns för att säkerställa att träprodukter kommer från skogar som sköts på ett ansvarsfullt sätt (Beijer Bygg, u.å.). Dessa certifieringar ställer krav på bland annat biologisk mångfald, hänsyn till känslig skog samt sociala aspekter (Beijer Bygg, u.å.; Svenskt Trä, 2015). Det förekommer dock kritik kring hur effektiv certifieringarna fungerar i praktiken, och hur stor del av träet på marknaden som verkligen uppfyller kraven för hållbar produktion (Naturskyddsföreningen, 2021 a).

Trä är ett material som lämpar sig väl för cirkulärt byggande, både tack vare sina materialegenskaper och möjligheten att demontera samt återanvända träkomponenter.

Detta innebär att träbyggnader kan anpassas, återbrukas och i vissa fall återvinnas när de inte längre uppfyller sina ursprungliga syften. För att främja cirkulära processer betonas vikten av att bygga flexibelt och demonterbart redan från början. Träets låga vikt och enkelhet vid bearbetning gör det till ett naturligt val i sammanhang där materialflöden ska minimeras och resurser användas effektivt (Svenskt Trä, u.å. c).

Även utformningen och genomförandet av själva byggprocessen påverkar träbyggnaders klimatprestanda (Brandskyddsföreningen, 2021). Det finns både risker och vinster med att bygga i trä, men ett lyckat resultat kräver kompetens i projektering och utförande.

Ett vanligt missförstånd är att trä inte lämpar sig för byggnation på grund av fukt känslighet, men med rätt konstruktionslösningar kan träbyggnader göras mycket motståndskraftiga mot fukt (Martinsons u.å.). Trä reagerar visserligen på förändringar i luftfuktighet och kan svälla eller krympa, men genom att projektera med hänsyn till dessa egenskaper och skydda träet från långvarig fuktpåverkan kan problem undvikas. Det är avgörande att konstruktionerna ventileras på rätt sätt, att kapillär vattenupptagning förhindras och torktider följs under byggprocessen (Martinsons u.å.).

2.2 Betong

Betong är ett byggmaterial med tusenåriga anor som fortfarande har en central roll i dagens samhällsbyggande (Starka, u.å.; Svensk Betong, u.å. a). Materialets fortsatta relevans beror på dess tekniska egenskaper, såsom hög tryckhållfasthet, god beständighet och formbarhet (Starka, u.å.). Betong kan dessutom både gjutas på plats och prefabriceras i fabrik, vilket gör det flexibelt att anpassa efter olika projektkrav och användningsområden (Svensk Betong, u.å. a). Det är ett material som lämpar sig väl för konstruktioner som ska bära stora laster och så emot yttre påverkan över lång tid, vilket gör det användbart i tunga byggnationer och infrastruktur (Stark, u.å.).

En viktig egenskap hos betong är dess motståndskraft mot fukt. Det är ett oorganiskt material och drabbas därför inte av mikrobiell tillväxt, såsom mögel, under förutsättning att ytan hålls fri från organiskt material (Svensk Betong, u.å. b). Den har också förmågan att buffra och bromsa fuktvandring, som bidrar till ett jämnare inomhusklimat och minskar risken för fuktskador i byggnadens konstruktion (Svensk Betong, u.å. b). Detta gör att betong ofta används i fuktutsatta miljöer, exempelvis källare (Svensk Betong, u.å. b).

En annan teknisk fördel med betong är dess ljudisolerande egenskaper. Betongens tunga densitet gör den särskilt effektiv vid dämpning av lågfrekventa ljud, vilket ger god ljudkomfort i exempelvis flerfamiljshus, skolor och kontor (Svensk Betong, u.å. c). Den höga massan bidrar även till minskad ljudöverföring mellan olika utrymmen, något som är avgörande i byggnader där flera funktioner samexisterar.

Vidare är betong också fördelaktigt materialval på grund av sin motståndskraft mot brand, särskilt eftersom det går att anpassa betongens form och funktion vid dimensioneringsskedet för att uppfylla projektets brandkrav (Starka, u.å.).

Utöver de tekniska fördelarna är betong också uppskattat för sin låga underhållskostnad och höga hållbarhet över tid. En korrekt utförd betongkonstruktion

kräver minimalt med underhåll, vilket minskar både kostnader och klimatpåverkan över byggnadens livscykel (Starka, u.å.). Detta gör betong till ett attraktivt materialval i projekt där långsiktighet och livslängd prioriteras.

Med betong finns det mycket möjligheter för cirkulärt bruk, rest- eller riven betong kan krossas och återvinnas i processen att skapa ny betong (Svensk Betong, u.å. d; Starka, u.å.). Däremot betonas att trots betongens styrkor har materialet fortfarande en betydande klimatpåverkan, framför allt kopplad till tillverkningen av cement – det bindemedel som används i betong (Nordman, 2020). Cementproduktionen står för cirka 8% av industrins koldioxidutsläpp, där huvuddelen kommer från den kemiska process när kalksten (den viktigaste råvaran i cement) upphettas och frigör koldioxid. Det innebär att även om betongen i sig har lång livslängd, så har dess tillverkning ett tungt klimatavtryck (Nordman, 2020).

För att minska denna påverkan pågår arbete inom industrin med att utveckla alternativa bindemedel, återvinna rivningsbetong och förbättra energieffektiviteten i produktionen (Nordman, 2020). Det förekommer även försök att binda och lagra koldioxid från produktionsprocessen av betong, men dessa tekniker är ännu inte brett implementerade. Trots dessa initiativ återstår betydande utmaningar, och betongindustrin har fortfarande lång väg att gå för att bli klimatneutral (Nordman, 2020).

2.3 Stål

Stål har haft en avgörande betydelse för den industriella utvecklingen och samhällsbyggandet i Sverige (Jernkontoret, 2022 a). Den svenska stålindustrin har anor från medeltiden men utvecklades i större skala under 1800-talet i samband med industrialiseringen.

Stål är ett konstruktionsmaterial med lång livslängd, hög hållfasthet i förhållande till sin vikt och god formbarhet, vilket gör det särskilt lämpligt för byggnader och infrastrukturella projekt (Jernkontoret 2021). Stålet kan också prefabriceras till komponenter med stor precision i fabriksmiljö, vilket möjliggör effektivt montage på byggplatsen (Jernkontoret 2018 a).

En central egenskap hos stål är dess höga återvinningsbarhet. Stål kan återvinnas hur många gånger som helst utan att förlora sina grundläggande egenskaper, vilket gör det till ett centralt material inom cirkulärt byggande. Redan i dag består en andel av det stål som används i byggnation av återvunnet material, eftersom skrot är den vanligaste råvaran vid tillverkning av konstruktionsstål (Jernkontoret, 2019 a).

Stålets hållbarhet gör att det ofta används i byggnader med lång livslängd, och det faktum att konstruktioner i stål enkelt kan demonteras och återanvändas ger ytterligare fördelar ur ett livscykelperspektiv (Jernkontoret, 2019 a). Enligt Jernkontoret (2021) finns det en ökad medvetenhet kring stålets roll i en hållbar samhällsutveckling, där byggbranschen i framtiden kan komma att ställa högre krav på materialens livslängd och återanvändbarhet.

Materialet kännetecknas av hög hållfasthet i förhållande till sin vikt, vilket gör det särskilt lämpligt för bärande konstruktioner i byggnader och infrastruktur (Jernkontoret, 2019 b). Dess formbarhet, precision och möjligheten att prefabricera

komponenter i fabriksmiljö bidrar till effektivitet i stål, för att uppnå särskilda konstruktionsmässiga eller arkitektoniska mål.

Stål är samtidigt känsligt för fukt, vilket kan leda till korrosion – med andra ord rosta. Därför kräver stålkonstruktioner skyddsåtgärder såsom målning, galvanisering eller användning av rostfria legeringar beroende på miljön de ska stå i (Jernkontoret, 2018 b). Valet av skyddssystem har stor betydelse för konstruktionens livslängd och underhållsbehov.

Enligt Stålbyggnadsinstitutet (2020) tappar stål bärighet och hållfasthet vid höga temperaturer vid en brand. För att säkerställa brandsäkerheten i byggnader krävs därför noggrann dimensionering, och vid behov, kompletterande brandskyddsåtgärder såsom isolering eller brandskyddsmålning.

Samtidigt är tillverkningen av primärt stål, det vill säga stål från järnmalm, mycket energikrävande och har en hög klimatpåverkan. En stor del av utsläppen kommer från användningen av kol och koks i masugnprocessen, där syre avlägsnas från järnmalmen (Jernkontoret, 2022 b). Den svenska stålindustrin stod 2018 för cirka 10 % av Sveriges totala koldioxidutsläpp (Fossilfritt Sverige, 2018; Naturvårdsverket, 2024).

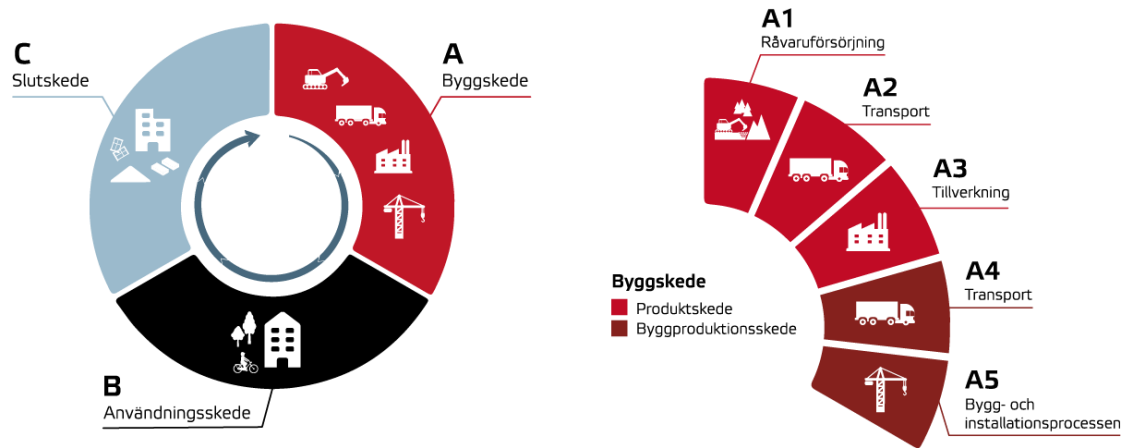
För att möta klimatutmaningarna har flera svenska aktörer, däribland SSAB, LKAB och Vattenfall, utvecklat HYBRIT-teknologin – en metod som ersätter kol med vätgas vid järnframställning (Hybrit, u.å.). Detta möjliggör en övergång till helt fossilfri ståltillverkning, där biprodukten blir vatten i stället för koldioxid (SSAB, u.å. a). Ambitionen är att kunna erbjuda marknaden fossilfritt stål i industriell skala, med full kommersialisering omkring år 2027 (Vattenfall, u.å.).

Fossilfritt stål har potential att spela en viktig roll i byggbranschens klimatomställning. Enligt SSAB (u.å. a) kan användningen av detta stål minska klimatavtrycket för byggprojekt avsevärt. Tekniken har väckt stort internationellt intresse, men förutsätter samtidigt tillgång till fossilfri el i mycket stora mängder; En fråga som är föremål för politisk och energimässig debatt (Vattenfall, 2024). Enligt Vattenfall (2024) är analysen av teknikens begränsningar ofta missvisande och underskattar branschens förmåga till omställning.

Trots potentialen med fossilfritt stål kvarstår alltså vissa utmaningar kopplade till produktionens energibehov, kostnad och skalbarhet. Det innebär att både tekniska och politiska faktorer kommer påverka hur snabbt stålindustrin kan bli fullt hållbar (Vattenfall, 2024; SSAB u.å. a).

2.4 Klimatdeklaration

En byggnads livscykel delas in i byggskede, användningsskede och slutskede i enlighet med Svensk Standard (2011), SS-EN 15978:2011. Byggskedet omfattar klimatpåverkan från utvinningen av råmaterial (A1), transport till tillverkning (A2), tillverkningsprocesser (A3), transport till byggarbetsplats (A4) samt bygg- och installationsprocessen inklusive spill (A5). Användningsskedet (B1-B7) omfattar byggnadens drift, underhåll, reparationer samt energiförbrukningen under byggnadens livslängd medan slutskedet (C1-C4) omfattar rivning, avfallshantering och slutlig deponi.



Figur 1 Byggnadens livscykelkedan (Boverket, 2024 A). CC BY-NC-ND 4.0.

Från den 1 januari 2022 är det lagkrav på att klimatdeklaration ska genomföras vid uppförande av nya byggnader. En klimatdeklaration omfattar dock enbart byggskedet, det vill säga modulerna A1-A5 (Boverket, 2024 b). Klimatpåverkan ska redovisas i form av koldioxidekvivalenter per kvadratmeter bruttoarea (BTA), vilken beräknas enligt standard SS 21054:2020 (Svensk Standard, 2020) som den sammanlagda arean för samtliga våningsplan, mätt från byggnadsdelars utsida.

2.5 Eurokoder

Vid dimensionering av bärande konstruktioner i Sverige tillämpas Eurokoder, vilka är en serie europeiska standarder för konstruktionsberäkningar. Dessa standarder har införts som svensk standard och kompletteras av Boverkets konstruktionsregler (EKS) där Sverige har gjort vissa nationella val och anpassningar (Boverket, 2023). Eurokoderna omfattar olika konstruktionsmaterial, där betong behandlas enligt Eurokod 2, stål enligt Eurokod 3 och trä enligt Eurokod 5 (Svensk Standard, u.å.).

3 Metod

I det följande kapitlet behandlas undersökningens metodval samt en beskrivning av vilka stomelement som inkluderas, information om referensobjektet och de alternativa hybridstommarna. Vidare beskrivs vilka parametrar som ingår i undersökningen samt hur dessa påverkar de utvalda faktorerna som beräknas och analyseras.

3.1 Metodval

Studien baserades på en parametrisk analys, en metod där variationer testas inom förbestämda ramar för att systematiskt utvärdera deras påverkan på specifika faktorer. I denna studie utgjorde ett befintligt referensobjekt utgångspunkten, där utvalda stomelement varierades i materialval. De utvalda faktorerna analyserades för att jämföra skillnaderna mellan stommarna. Dessa faktorer låg till grund för jämförelsen, då de representerade de värden som påverkades av parametrarna.

Dimensioneringen av de hypotetiska hybridstommarna genomfördes enligt Eurokod. Klimatberäkningen genomfördes i enlighet med gällande regelverk för klimatdeklarationer enligt Boverkets föreskrifter (Boverket, 2024 b), beräkningarna redovisade klimatpåverkan för skedena A1-A3, A4 och A5. Klimatdata hämtades från boverkets klimatdatabas eller från *Environmental Product Declaration* (EPD:er) för specifika byggprodukter (Boverket, 2024 c).

3.2 Digitala verktyg

För modelleringen av referensobjektet samt de olika varianterna av hybridstommar användes Autodesk Revit 2025, en *Building Information Modelling*-programvara (BIM) som möjliggör detaljerad 3D-modellering och informationshantering av byggnader. Revit användes på grund av programmets funktioner att exakt modellera byggnadselement utifrån specifika tvärsnitt, längder och generera volymdata för varje enskilt element. Genom programmet Revit kunde samtliga stomelement definieras, modifieras och organiseras på ett systematiskt sätt som skapade en tydlig struktur vid analys. Dessutom möjliggjorde arbetsmetodiken att utifrån modellen av referensobjektet skapa och jämföra flera varianter av stommar med olika materialval vilket var centralt för studiens parametriska angreppssätt.

För dimensionering av pelare och balkar av stål användes beräkningsverktyget Colbeam EC3 + NA/Sweden, version 1.3.1. Programmet är utvecklat av StruProg AB, baseras på Eurokod 3 och är anpassat efter det svenska nationella tillägget (NA) för stålkonstruktioner (StruProg, 2025). Vid användning av Colbeam angavs axiala och horisontella laster i kilonewton (kN), knäckningslängden för pelaren samt om skjuvning behövde beaktas för det undersökta elementet. När indata hade specificerats analyserades elementets bärförmåga genom en beräkning av utnyttjandegraden i brottgränstillstånd och olika tvärsnitt utvärderades. Denna funktion möjliggjorde en effektiv undersökning av utnyttjandegraden av flera tvärsnitt för varje elements aktuella laster och geometriska förutsättningar. För varje balk och pelare valdes ett tvärsnitt som representerade motsvarande egenskaper hos referensobjektets element.

Vid dimensionering av betongelement användes beräkningsverktyget Concrete Column Eurocode / EN 1992-1-1 (standard) för dimensionering av betongpelare och -väggar. Programmet är utvecklat av StruSoft, baserat på Eurokod 2 (StruProg, 2025) och användes för att analysera kontinuerliga pelare med avseende på utnyttjandegrad

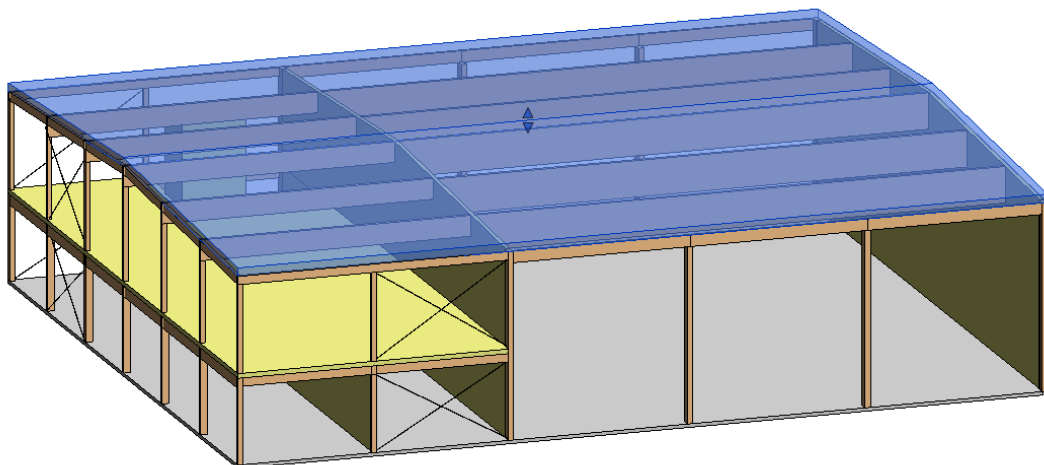
samt minsta erforderliga armeringsmängd. Vid användning av verktyget angavs de aktuella momentet från axial- och horisontalkraft för varje pelare, varefter parametrar cementkvalitet, betongtäckskikt, armeringsdiameter och klimatklass valdes. Programmet utförde därefter en dimensioneringsanalys och genererade ett resultat för utnyttjandegrad och nödvändig armeringsmängd. En iterativ process tillämpades där armeringsdiametern samt tvärsnittsmått justerades för att identifiera den dimension som uppfyllde kraven utifrån rådande laster och geometriska förutsättningar.

3.3 Val av parametrar

Studien avgränsades till följande parametrar, i form av materialval för elementen i respektive hybridbyggnad, trä, stål och betong. Dessa användes då de representerade materialval som har en lång tradition av att tillämpas inom husbyggnation i Sverige (Svenskt Trä, u.å. a).

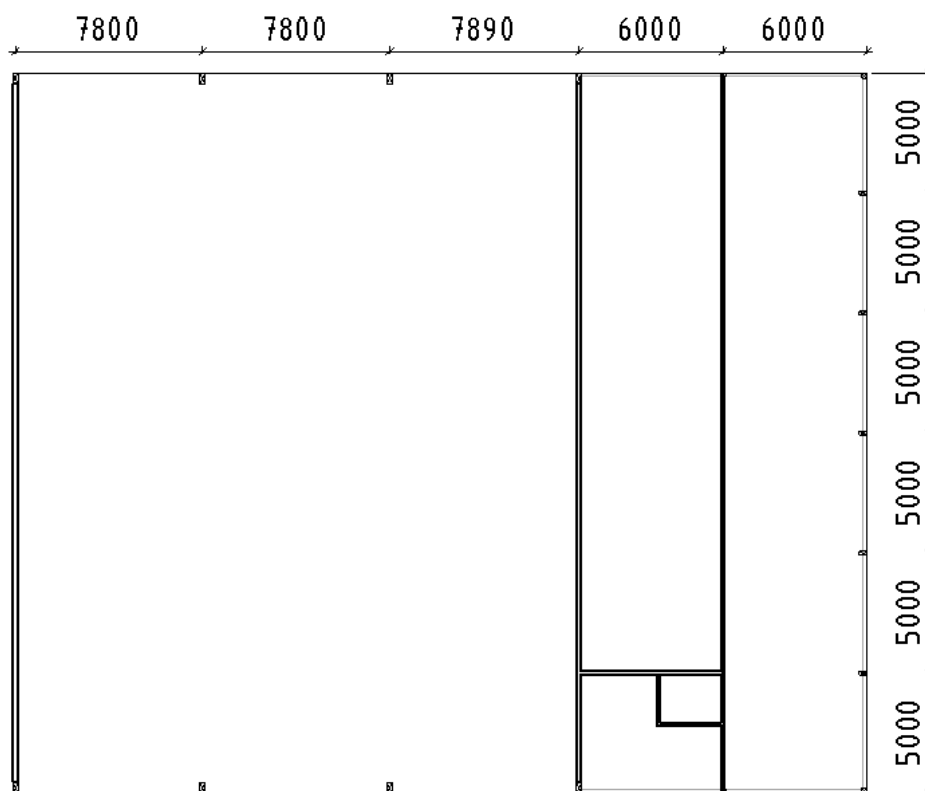
3.4 Referensobjekt

Datainsamlingen baserades på ett befintligt referensobjekt, en byggnad där samtliga bärande element är utformade i trä, som tillhandahölls av företaget Sweco. Referensobjektet har anonymiserats i enlighet med företagets önskemål och vissa mindre förenklingar av geometrin genomfördes. Dessa förändringar resulterade i referensobjektet som representerade en byggnad med stomme av trä och som utgångspunkt för dimensionering av hybridstommarna.

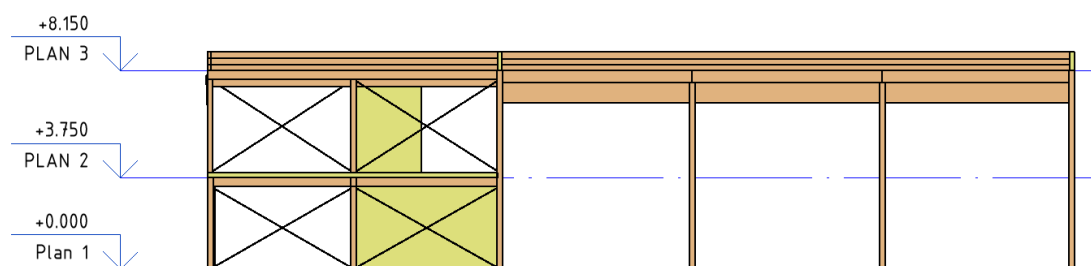


Figur 2 3D-modell av referensobjektets stomme.

Referensobjektet utgörs av en byggnad som består av två funktionella delar. En verkstadsdel med sex portar dimensionerade för att kunna släppa in större fordon (såsom bussar eller lastbilar) samt en kontorsdel i två våningsplan, dessa utrymmen skiljs åt av en solid innervägg i CLT. Byggnaden har samma nockhöjd över båda delarna, taket sträcker kontinuerligt över byggnaden utan nivåskillnader. Information har erhållits från kontaktperson på företaget, J. Grube (personlig kontakt, 20 mars, 2025).



Figur 3 Ritning över spännvidder och pelaravstånd i mm för referensobjektet.

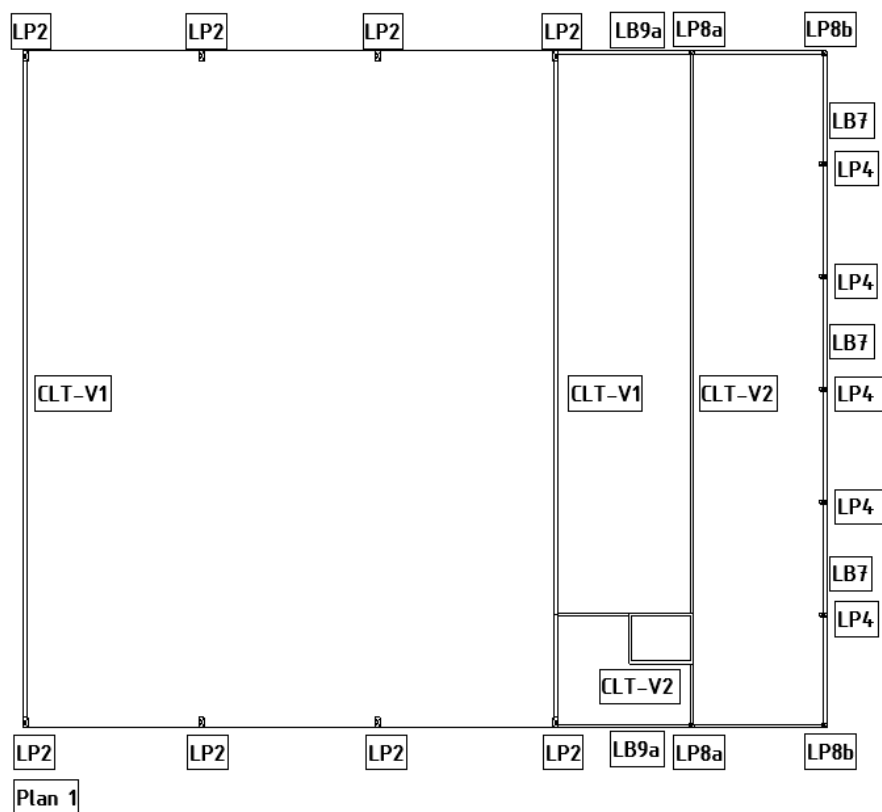


Figur 4 Höjder för våningsplan i referensobjektet.

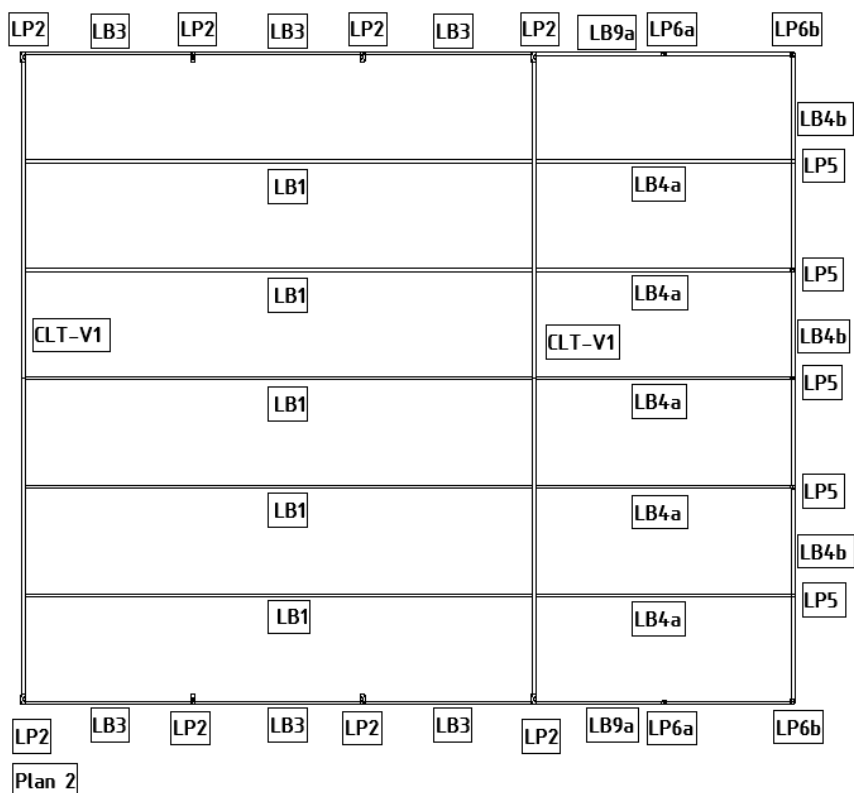
De geometriska förutsättningarna för referensobjektet var att spännvidden för randbalkarna var 7,8 meter respektive 23,4 meter för takbalkarna i verkstadsdelen och pelarhöjden var 8,15 meter. Kontorsdelen bestod av två våningsplan där spännvidden för takbalkarna var 12 meter och bjälklaget var kontinuerligt över två fack på 6 meter vardera med ett mittstöd av bärande CLT-vägg på plan 1. Randbalkarna var kontinuerliga över ett mittstöd bestående av pelare där spännvidden för kortsidan var två fack på 6 meter vardera respektive två fack på 5 meter vardera på långsidan. Pelarhöjden var 3,75 meter på plan 1 respektive 4,4 meter på plan 2.

Tabell 1 Tvärsnitt för samtliga element i referensobjektet.

Kategori	Element	Material	Dimension (mm)
Balk	LB1	Trä	165x1575
Balk	LB3	Trä	115x495
Balk	LB4a	Trä	165x900
Balk	LB4b	Trä	140x360
Balk	LB7	Trä	165x450
Balk	LB9a	Trä	140x360
Bjälklag	BJ1 CLT	Trä	Höjd: 200
Bärande vägg	CLT-V1	Trä	Bredd: 180
Bärande vägg	CLT- V2	Trä	Bredd: 120
Pelare	LP2	Trä	230x450
Pelare	LP4	Trä	165x315
Pelare	LP6a	Trä	165x225
Pelare	LP6b	Trä	205x205
Pelare	LP8a	Trä	165x225
Pelare	LP8b	Trä	215x225
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16
Tak	Lättelement A354	Sammansatt	höjd = 266

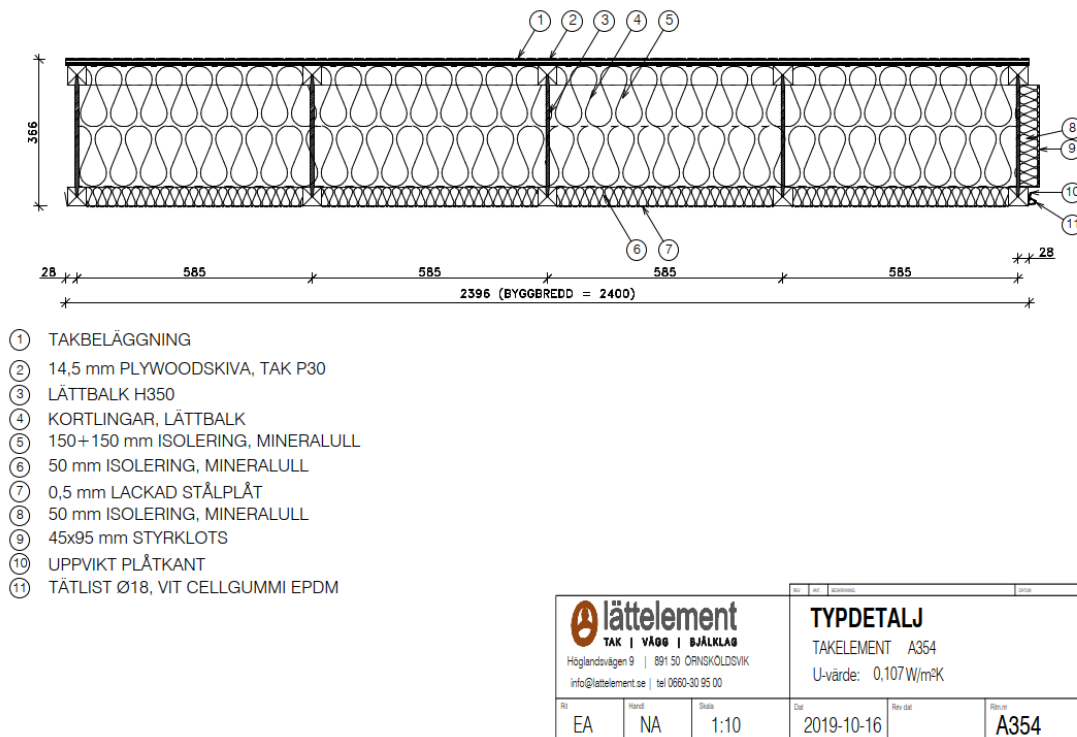


Figur 5 Ritningsförteckning av element på plan 1 i referensobjektet.



Figur 6 Ritningsförteckning av element på plan 2 i referensobjektet.

Verkstadsdelen bestod av: en yttervägg i solid CLT-skiva, avgränsande vägg mot kontoret i solid CLT-skiva, limträpelare längs fasad, randbalkar upplagda på pelarna, fritt upplagda balkar från kontorsväggen till ytterväggen samt en takkonstruktion uppbyggd av lättelement. Kontorsdelen bestod av: ett bjälklag av en kontinuerlig CLT-skiva, en bärande innervägg i CLT på första våningen, samma innervägg bildar ett mittstöd för bjälklaget, randstöden för bjälklaget var balkarna längs fasad samt avskärmande vägg i CLT mot verkstaden, således var spannvidden för bjälklaget två fack på 6 meter vardera. För den andra våningen i kontoret var spannvidden för takbalkarna 12 meter.



Figur 7 Takkonstruktion för A354 (Lättelement AB, u.å.).

Vidare framkom att takkonstruktionen var en taklösning av leverantören Lättelement AB som valdes där den specifika produkten var A354. Produkten är ett prefabricerat takelement som består av en bärande lättbalkskonstruktion isolerad med mineralull, med konstruktionsplywood samt takbeläggning som utvändigt ytskikt och lackerad stålplåt som invändigt ytskikt (Lättelement, 2022). Vidare är elementen förmonterade med fästbeslag samt tätningar för lufttätet.

3.4.1 Identifiering av element

Referensobjektet fungerade som utgångspunkt för studien, utvalda byggnadselement modifierades för att undersöka hur olika de olika materialvalen påverkade resultatet. För att avgränsa undersökningen fokuserade analysen på byggnadens stomme, det vill säga dess bärande delar: väggar, pelare, balkar, bjälklag, tak, stabiliserade element och trapphus. Dessa element varierades systematiskt med avseende på material och sammanställdes i olika alternativ vilket möjliggjorde en strukturerad och jämförbar utvärdering.

3.4.2 Identifiering av jämförelsefaktorer

I dialog med J. Grube framkom att många beställare, i linje med byggindustrins klimatmål, visar ett växande intresse för hållbart byggande. I samband med detta identifierades ett behov av en tydligt och jämförbar undersökning som belyser hur valet av en byggnadsstomme påverkar en byggnads totala klimatpåverkan. Ett underlag kan stödja beslutsfattare i tidigt skede av projekteringen där materialvalet har stor betydelse för klimatavtrycket.

För att möta det identifierade behovet utgick studien från ett antal faktorer som var relevanta att undersöka vidare vid val av byggnadsstomme och som låg inom studiens avgränsningar. De faktorer som analyserades var klimatpåverkan och vikt.

För att få ett jämförbart resultat valdes det att faktorerna bärförmåga och produktionstid skulle vara så lika som möjligt mellan referensobjektet och de alternativa hybridstommarna. För att säkerställa att hybridstommarna uppfyllde motsvarande standard och funktion som referensobjektet behölls samma spännvidder och pelarhöjd i samtliga varianter.

Referensobjektets stomme bestod av prefabricerade element, vilket innebar minimal byggtid på plats. Denna aspekt beaktades även vid utformningen av hybridstommarna, där endast materiallösningar som möjliggjorde en likvärdig produktionstid inkluderades i studiens jämförelse. Ett prefabricerat träbjälklag ersattes därmed med ett prefabricerat betongbjälklag i en alternativ lösning, medan platsgjutna alternativ utslöts då det medförde en längre byggtid än vad som ansågs vara acceptabelt inom ramen för studien.

3.5 Genomförande

Inledningsvis modellerades referensobjektets stomme i 3D i Revit, samtliga element återskapades med motsvarande tvärsnitt, höjder och spännvidder. Den färdiga modellen användes därefter som underlag för utformningen och dimensionering av samtliga hybridstommar som sedan modellerades. Arbetsgången säkerställde en konsekvent geometri och dimensioner mellan referensobjektet och de alternativa hybridstommarna.

3.5.1 Matris över stomalternativ

Inledningsvis skapades en matris där parametrarna systematiskt varierades i stommens olika element. Utifrån denna matris togs ett urval av hybridstommar fram som ansågs vara praktiskt genomförbara och relevanta utifrån ett byggnadstekniskt och produktionsmässigt perspektiv.

Urvalet summerades i två huvudsakliga typer av hybridstommar med tre varianter av respektive sort, den ena bestod av stål och trä i variation vidare refereras till S1, S2 och S3. Den andra var betong och trä i variation benämns följande som B1, B2 och B3.

Tabell 2 Sammanställning av parametrar och element i undersökningen.

	Verkstad				Kontor						
Modell	Tak	Takbalk	Pelare	Vägg	Tak	Balk	Balk vån 1	Pelare	Bjälklag	Trapphus	Bärande väggar
Referensobjekt	Lättelelement	Limträ	Limträ	CLT	Lättelelement	Limträ	Limträ	Limträ	CLT	CLT	CLT
Hybrid stål & trä											
S1	TRP-tak	Stål	Stål	CLT	TRP-tak	Stål	Stål	Stål	CLT	CLT	CLT
S2	TRP-tak	Stål	Stål	CLT	TRP-tak	Limträ	Limträ	Limträ	CLT	CLT	CLT
S3	Lättelelement	Limträ	Stål	CLT	TRP-tak	Limträ	Stål	Stål	CLT	CLT	CLT
Hybrid betong & trä											
B1	Lättelelement	Limträ	Betong	Betong	Lättelelement	Limträ	Limträ	Limträ	HDF	Betong	Prefab betong
B2	Lättelelement	Limträ	Limträ	Betong	Lättelelement	Limträ	Limträ	Limträ	HDF	Betong	Prefab betong
B3	Lättelelement	Limträ	Limträ	CLT	Lättelelement	Limträ	Limträ	Limträ	HDF	CLT	CLT

I hybridstomme S1 var taket, pelare samt balkar av stål. I S2 användes stål för pelare och balkar i verkstadsdelen, medan kontorsdelen var i trä. I S3 var förhållandet det omvända – kontorsdelens balkar och pelare i stål och verkstadsdelen i trä. För samtliga varianter var taket uppbyggt med ett ytskikt av TRP-plåt.

I B1 bestod bjälklag, bärande väggar och pelare i verkstadsdelen av betong. B2 hade samma utformning, med undantaget att pelarna i verkstaden var av trä. I B3 bestod endast bjälklaget av betonghåldäck, medan övriga delar var av trä.

Beslut om vilka varianter som valdes för vidare dimensionering grundades i en strävan att begränsa antalet olika typer av stomkomponenter. Detta syftade dels till att minimera behovet av flera olika typer av stomkomponenter, dels för att undvika en ökad produktionstid. En hög variation av olika element medförde mer komplexa infästningslösningar, vilket i sin tur riskerade att förlänga byggnationstiden på plats.

Matrisen i Tabell 2 användes som ritning för att visualisera och tydliggöra vilka alternativ som vidare dimensionerades och analyserades i studien.

3.5.2 Dimensionering

Samtliga element som ingick i de alternativa hybridstommarna specificerades med utgångspunkt i stommatrisen samt referensobjektets modell. När de element som modifierades i varianterna S1 och B1 hade identifierats, tillämpades en successiv dimensioneringsmetodik. Inledningsvis fastställdes snö-, vind- och permanenta laster på taket. Varefter dimensioneringen genomfördes stegvis, element för element, tills samtliga laster hade fördelats ned till bottenplattan.

Dimensioneringen av pelare, balkar och väggar utgick från standardiserade tvärsnitt vid varje materialändring. Detta innebar att faktorer såsom bärförmåga och produktionstid inte kunde hållas helt identiska mellan referensobjektet och hybridstommarna. För att få ett jämförbart resultat har dock lösningar som låg mycket nära referensobjektets använts. Vid dimensionering eftersträvades att liknande utnyttjandegrad i brottgränstillstånd (ULS) för stål- och betongelement som motsvarande träelement i referensobjektet.

Vid dimensioneringen av hybridstommarna med trä och stål genomfördes beräkningar för stom-typ S1 eftersom den varianten innehöll samtliga element som även förekom i S2 och S3. Det antogs att snö-, vind- och fasadlaster var identiska med referensobjektet. Med metodiken att börja ovanifrån ändrades först taket från det prefabricerade taklösningen av lättelelement till en motsvarande uppbyggnad av trapetsprofilrad plåt (TRP-plåt). Ett TRP-tak som uppfyllde kraven på tillåten nedböjning valdes och lasterna, inklusive egentynghden, summerades till en linjelast på takbalkarna. Dessa dimensionerades utifrån givna spännvidder och lastförutsättningar. De resulterande lasterna från takbalkarna omvandlades till punktlaster som överfördes till pelarna.

I verkstadsdelen transporterades lasterna vidare ned till bottenplattan medan de i kontorsdelen även adderas med laster från randbalkarna vilket tog upp laster från både fasaden och bjälklaget på plan två. En alternativ lösning på takbalkarna i verkstaden beräknades för S1. Där användes prefabricerade sadelfackverk av tillverkaren Maku

stål AB då det var en effektivare lösning än en stål balk för spännvidden i verkstadsdelen (Maku, u.å.).

Vid dimensioneringen av hybridstommarna i betong och trä utgjorde stom-typ B1 grunden för beräkningarna, resultaten för elementen tillämpades även på varianterna B2 och B3. För dimensioneringen av betongelementen, pelare och bärande väggar, beräknades moment orsakade av både vind och snö som huvudlast, det förhållandet som genererade störst moment användes vid beräkningar. En iterativ dimensioneringsprocess genomfördes där olika kombinationer av armeringsdiameter för vertikal- och horisontalarmering, centrumavstånd mellan armeringsstänger samt tvärsnittsmått utvärderades. För bjälklaget valdes en prefabricerad lösning som uppfyllde liknande funktioner i bärlighet som motsvarande CLT-skiva i referensobjektet.

3.5.3 Modellering

Utifrån dimensioneringsresultaten modellerades stomtyperna S1-S3 och B1-B3 med angivna tvärsnittsmått och armeringsmängder för respektive element. Alla material som ingick i både referensobjektet och de alternativa hybridstommarna definierades i Revit, vidare tilldelades respektive byggnadselement ett material.

För varje material specificerades materialegenskaperna densitet (kg/m^3) och klimatpåverkan, uttryckt som koldioxidekvivalenter (CO_2e) för livscykelstadierna A1-A3, A4 och A5 i enheten ($\text{kg CO}_2\text{e /kg material}$).

3.5.4 Beräkning av faktorer

Klimatpåverkan beräknades genom att volymdata (m^3) för varje stomelement togs fram i Revit varefter volymen multiplicerades med respektive materials densitet för att erhålla materielmängden (kg). Den framtagna vikt multiplicerades sedan med klimatdata ($\text{kg CO}_2\text{e/kg material}$). Mängden CO_2e och vikt sammanställdes för respektive stom-typ och kategoriserades i bjälklag, bärande väggar, pelare/balkar, stabiliserande element och yttertak.

För specifika värden på klimatdata utgick undersökningen från boverkets klimatdatabas. För konservativa värden användes konstruktionsstål 80 % primär råvara (Boverket, 2025 b) medan värden för en stålsort med mindre klimatpåverkan användes värden för konstruktionsstål 100 % skrotbaserad (Boverket, 2025 c). Vid klimatberäkningen för betongelement användes klimatdata vid konservativa betong värden för prefabricerade pelare, väggar och plattbärlag, medan klimatförbättrade värden användes för de klimatförbättrade versionerna (Boverket, 2025 d).

4 Resultat

Detta kapitel behandlar resultatet av dimensioneringen av hybridstommarna och valet av tvärsnitt för respektive element. Modelleringen för varianterna S1-S3 och B1-B3 samt beräkningen av undersöknings faktorerna.

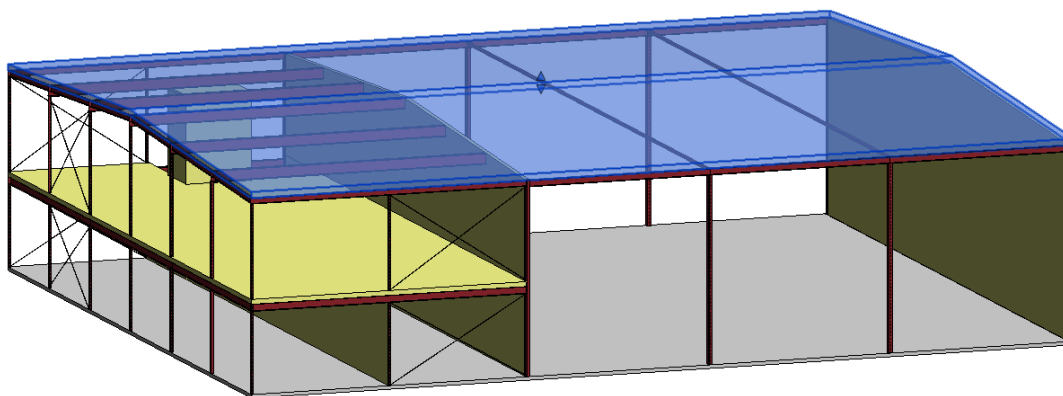
4.1 Dimensionering och modellering

Vid dimensioneringen beräknades samtliga pelare och balkar av stål på ett liknande sätt och samma för betongväggar, varav ett urval av beräkningsstrukturen presenteras i bilagor medan dimensioneringen för samtliga element presenteras i följande kapitel.

4.1.1 Hybridstomme S1-S3

Ett urval av dimensioneringsmetodik vid beräkning för stomme S1 återfinns sammanställt i bilaga 8.1. Nedan följer resultatet av dimensioneringen för samtliga element kategoriserad utifrån vilken del av stommen elementet tillhörde och dimension för elementet samt modellerna för hybridstomme S1-S3.

För hybridstomme S1 ändrades samtliga balkar och pelare från referensobjektet till element av stål. Även taket ändrades från en uppbyggnad av lättelemt till en konstruktion av korrugerad plåt som ytskikt.



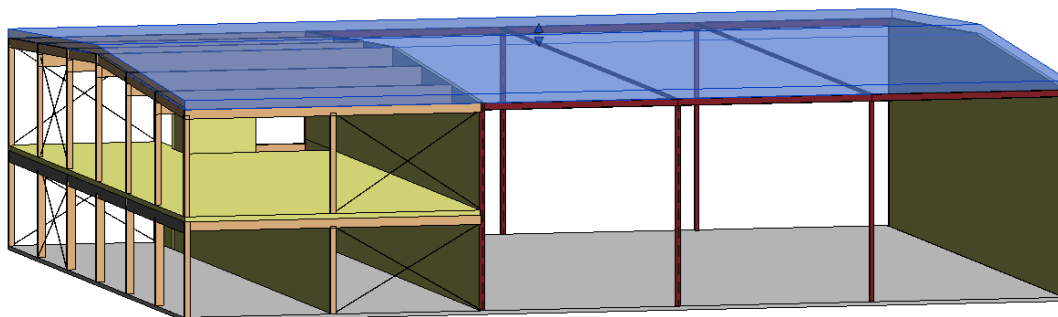
Figur 8 3D-modell av hybridstomme S1.

Nedan följer dimension för alla 14 unika element i hybridstomme S1.

Tabell 3 Dimension för samtliga element i hybridstomme S1.

Kategori	Element i S1	Material	Dimension (mm)
Balk	Sadelfackverk	Stål	(SU10 120-110-120-850)
Balk	SB1	Stål	IPE270
Balk	SB2	Stål	IPE240
Balk	SB4	Stål	IPE450
Balk	SB5	Stål	IPE300
Bjälklag	BJ1 CLT	Trä	höjd = 200
Bärande vägg	CLT-V1	Trä	bredd = 180
Bärande vägg	CLT-V2	Trä	bredd = 120
Pelare	SP1	Stål	CFRHS 250x180x8
Pelare	SP2	Stål	CFRHS 100x100x4
Pelare	SP5	Stål	CFRHS 100x100x5
Pelare	SP7	Stål	CFRHS 100x100x8
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16
Tak	TRP 130	Sammansatt	höjd = 266

Samtliga element som ingår i hybridstomme S2 har samma dimensioner som S1 då ändringen mellan S1 och S2 endast berörde kontorsdelen och således inte påverkade lastförhållandena i verkstadsdelen. För hybridstomme S2 var samtliga balkar och pelare i kontorsdelen helt utformade i trä, medan kontorsdelens balkar och pelare endast bestod av stålelement. Takkonstruktion är av samma typ som S1.



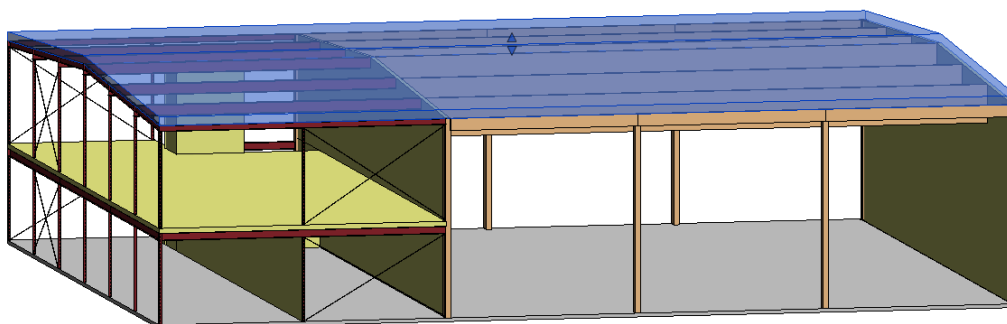
Figur 9 3D-modell av hybridstomme S2.

Nedan följer dimension för alla 17 unika element i hybridstomme S2.

Tabell 4 Dimension för samtliga element i hybridstomme S2.

Kategori	Element i S2	Material	Dimension (mm)
Balk	Sadelfackverk	Stål	(SU10 120-110-120-850)
Balk	SB1	Stål	IPE270
Balk	LB4a	Trä	165x900
Balk	LB4b	Trä	140x360
Balk	LB7	Trä	165x450
Balk	LB9a	Trä	140x360
Bjälklag	BJ1 CLT	Trä	höjd = 200
Bärande vägg	CLT-V1	Trä	bredd = 180
Bärande vägg	CLT-V2	Trä	bredd = 120
Pelare	SP1	Stål	CFRHS 250x180x8
Pelare	LP4	Trä	165x315
Pelare	LP5	Trä	165x205
Pelare	LP6a	Trä	165x225
Pelare	LP6b	Trä	205x205
Pelare	LP8a	Trä	165x225
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16
Tak	TRP 130	Sammansatt	höjd = 266

För hybridstomme S3 undersöktes motsatta förhållanden i jämförelse med S2 att materialvalet i samtliga pelare och balkar i kontorsdelen ändrades från trä till stålelement medan verkstadsdelen är oförändrad från referensobjektet. Lastförhållandet för kontorsdelen påverkades minimalt av att taket består av uppbyggnaden av lättelemt och därav användes samma dimensioner för pelare och balkar i kontorsdelen som i S1.



Figur 10 3D-modell av hybridstomme S3.

Nedan följer dimension för alla 14 unika element i hybridstomme S3.

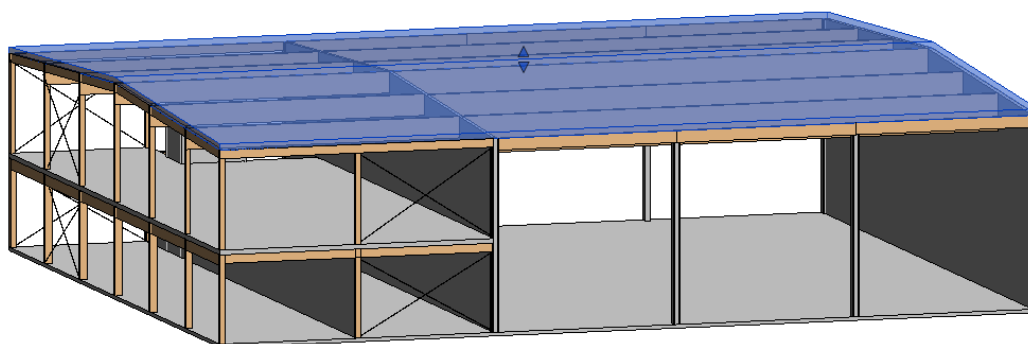
Tabell 5 Dimension för samtliga element i hybridstomme S3.

Kategori	Element i S3	Material	Dimension (mm)
Balk	SB2	Stål	IPE240
Balk	SB4	Stål	IPE450
Balk	SB5	Stål	IPE300
Balk	LB1	Trä	165x1575
Balk	LB3	Trä	115x495
Bjälklag	BJ1 CLT	Trä	höjd = 200
Bärande vägg	CLT-V1	Trä	bredd = 180
Bärande vägg	CLT-V2	Trä	bredd = 120
Pelare	SP2	Stål	CFRHS 100x100x4
Pelare	SP5	Stål	CFRHS 100x100x5
Pelare	SP7	Stål	CFRHS 100x100x8
Pelare	LP2	Trä	230x450
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16 mm
Tak	TRP 130	Sammansatt	höjd = 266 mm

4.1.2 Hybridstommar B1-B3

Ett urval av beräkningsmetodikerna för hybridstomme B1 återfinns i bilaga 8.2. Nedan följer resultatet av dimensioneringen för samtliga element kategoriserad utifrån vilken del av stommen elementet tillhörde och dimension för elementet samt modellerna för hybridstomme B1-B3.

Utformningen av hybridstomme B1 omfattade ändringar i materialval från trä till betong av samtliga bärande väggar, bjälklaget i kontorsdelen samt pelarna i verkstadsdelen.



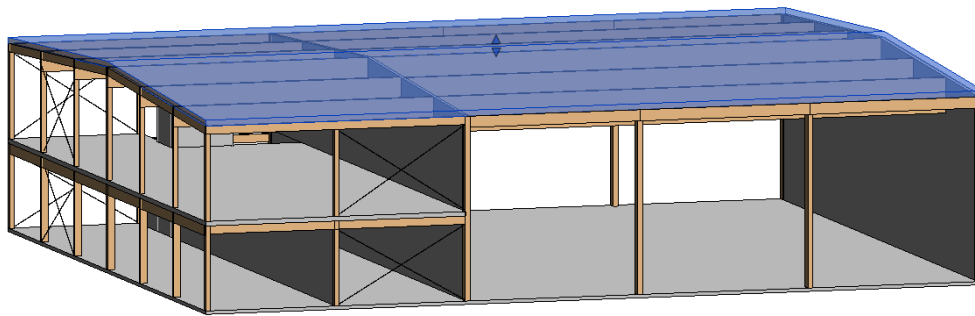
Figur 11 3D-modell av hybridstomme B1.

Nedan följer dimensionen för alla 18 unika element i hybridstomme B1.

Tabell 6 Tvärsnitt för samtliga element i hybridstomme B1.

Kategori	Element i B1	Material	Dimension (mm)
Balk	LB1	Trä	165x1575
Balk	LB3	Trä	115x495
Balk	LB4a	Trä	165x900
Balk	LB4b	Trä	140x360
Balk	LB7	Trä	165x450
Balk	LB9a	Trä	140x360
Bjälklag	BJ1 HDF	Betong	Höjd: 200 HD/F 120/20 F155
Bärande vägg	BV1	Betong	Bredd: 200mm Vertikal armering: $\Phi 12$, S100 Horisontal armering: $\Phi 10$, S150 Betongklass: C30/37
Bärande vägg	BV2	Betong	Bredd: 160mm Vertikal armering: $\Phi 10$, S150 Horisontal armering: $\Phi 10$, S150 Betongklass: C30/37
Bärande vägg	BV3	Betong	Bredd: 160mm Vertikal armering: $\Phi 8$, S200 Horisontal armering: $\Phi 8$, S150 Betongklass: C25/30
Pelare	BP1	Betong	250x350 Horisontell armering: 6st $\phi 20$ Vertikal armering: $\phi 8$, S200 Betongklass: C30/37
Pelare	LP4	Trä	165x315
Pelare	LP6a	Trä	165x225
Pelare	LP6b	Trä	205x205
Pelare	LP8a	Trä	165x225
Pelare	LP8b	Trä	215x225
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16
Tak	Lättelelement A354	Sammanfatt	höjd = 266

Samtliga element som ingår i hybridstomme B2 har samma dimensioner som B1 då ändringarna i B2 omfattade bärande väggar i betong samt bjälklaget var i håldäcksbetong. Övriga element var identiska med referensobjektet



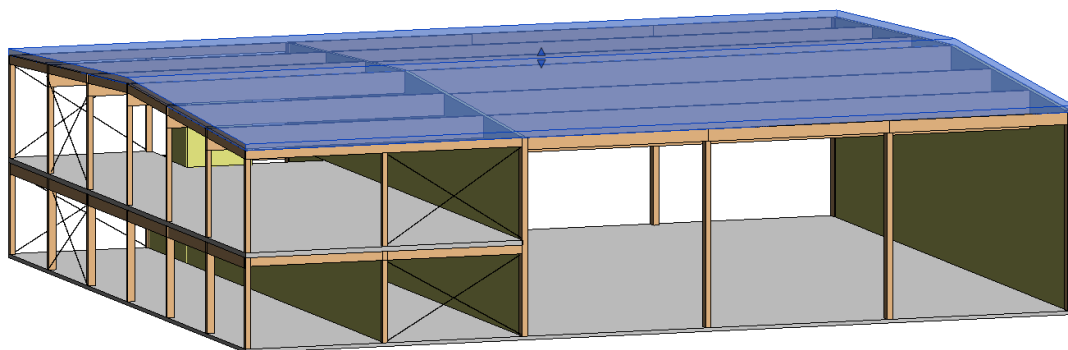
Figur 12 3D-modell av hybridstomme B2.

Nedan följer dimensionen för alla 18 unika element i hybridstomme B2.

Tabell 7 Tvärsnitt för samtliga element i hybridstomme B2.

Kategori	Element i B2	Material	Dimension (mm)
Balk	LB1	Trä	165x1575
Balk	LB3	Trä	115x495
Balk	LB4a	Trä	165x900
Balk	LB4b	Trä	140x360
Balk	LB7	Trä	165x450
Balk	LB9a	Trä	140x360
Bjälklag	BJ1 HDF	Betong	Höjd: 200 HD/F 120/20 F155
Bärande vägg	BV1	Betong	Bredd: 200mm Vertikal armering: $\Phi 12$, S100 Horisontal armering: $\Phi 10$, S150 Betongklass: C30/37
Bärande vägg	BV2	Betong	Bredd: 160mm Vertikal armering: $\Phi 10$, S150 Horisontal armering: $\Phi 10$, S150 Betongklass: C30/37
Bärande vägg	BV3	Betong	Bredd: 160mm Vertikal armering: $\Phi 8$, S200 Horisontal armering: $\Phi 8$, S150 Betongklass: C25/30
Pelare	LP2	Trä	230x450
Pelare	LP4	Trä	165x315
Pelare	LP6a	Trä	165x225
Pelare	LP6b	Trä	205x205
Pelare	LP8a	Trä	165x225
Pelare	LP8b	Trä	215x225
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16
Tak	Lättelemt A354	Sammansatt	höjd = 266

Varianten hybridstomme B3 skiljer sig endast med en förändring i bjälklaget till ett håldäcksbjälklag av betong.



Figur 13 3D-modell av hybridstomme B3.

Nedan följer dimensionen för alla 18 unika element i hybridstomme B2.

Tabell 8 Tvärsnitt för samtliga element i hybridstomme B3.

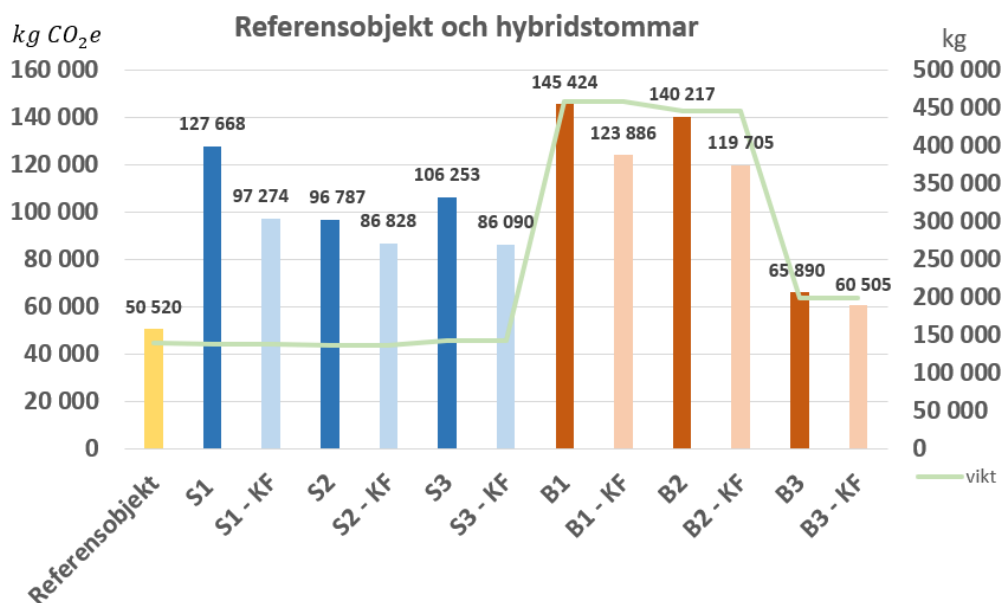
Kategori	Element i B3	Material	Dimension (mm)
Balk	LB1	Trä	165x1575
Balk	LB3	Trä	115x495
Balk	LB4a	Trä	165x900
Balk	LB4b	Trä	140x360
Balk	LB7	Trä	165x450
Balk	LB9a	Trä	140x360
Bjälklag	BJ1 HDF	Betong	Höjd: 200 HD/F 120/20 F155
Bärande vägg	CLT-V1	Trä	Bredd: 180
Bärande vägg	CLT- V2	Trä	Bredd: 120
Pelare	LP2	Trä	230x450
Pelare	LP4	Trä	165x315
Pelare	LP6a	Trä	165x225
Pelare	LP6b	Trä	205x205
Pelare	LP8a	Trä	165x225
Pelare	LP8b	Trä	215x225
Stabiliserande element	Vindkryss	Stål	diameter = 16
Tak	Lättelement A354	Sammansatt	höjd = 266

4.2 Jämförelsefaktorer

Följande kapitel redovisas resultatet för jämförelsefaktorerna klimatpåverkan och vikt vid beräkningar av stomalternativen.

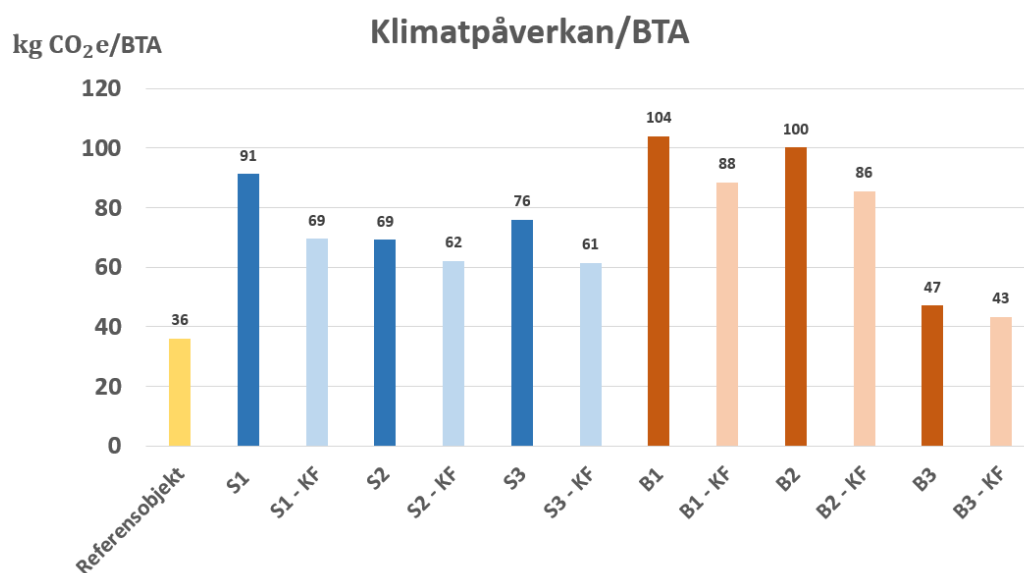
Den totala mängden CO₂e och vikt presenteras i följande stapeldiagram. För varje hybridstomme presenteras även en klimatförbättrade version (KF) där det för S1-S3 utvärderades att samtliga stålmaterial producerades med 100% återvunnet stål och för

den klimatförbättrade versionerna (KF) av B1-B3 användes en klimatförbättrad betong för samtliga betongelement.



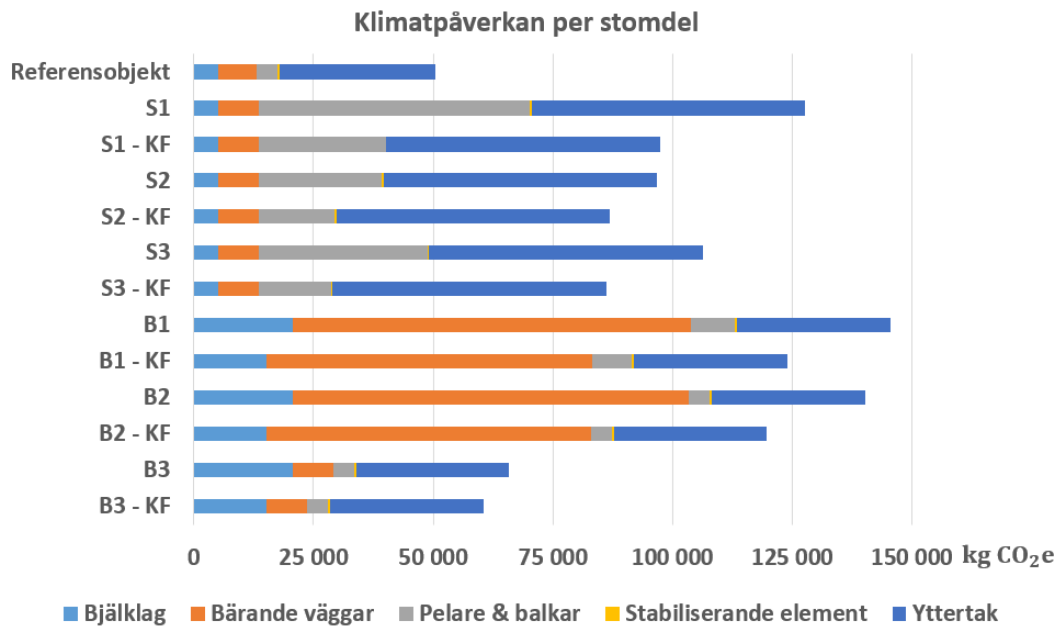
Figur 14 Total klimatpåverkan uttryckt i kg CO₂e och vikt i kg för stommarna.

Vid klimatdeklaration redovisas klimatpåverkan i förhållande till byggnadens bruttoarea vilket för samtliga varianter var 1400 m². Nedan presenteras förhållandet för respektive stomme i enheten kg CO₂e /BTA i figur 15.

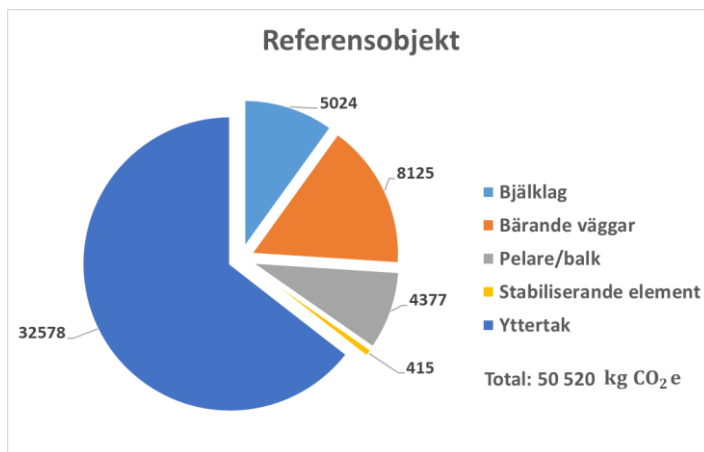


Figur 15 Stommarnas klimatpåverkan i förhållande till bruttoarea.

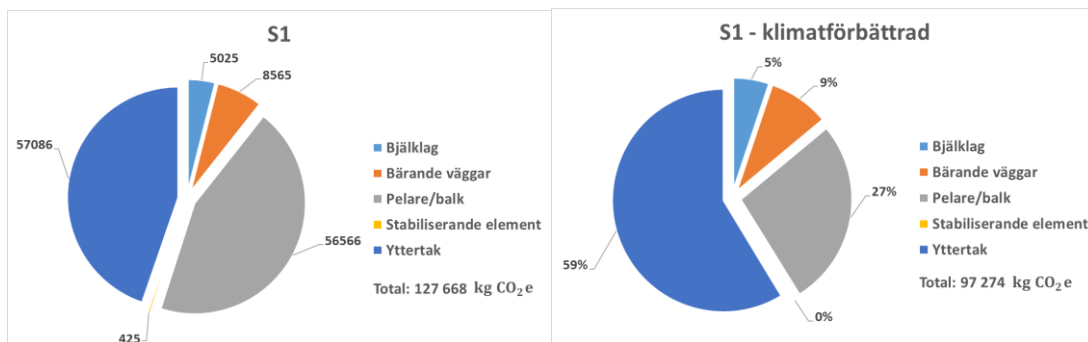
Vidare beräknades andelen i procent hur stor del av stommens klimatpåverkan som kategorierna: bjälklag, bärande väggar, pelare och balkar, stabiliserande element och yttertak stod för av totalen. Nedan följer fördelningen för respektive stomme.

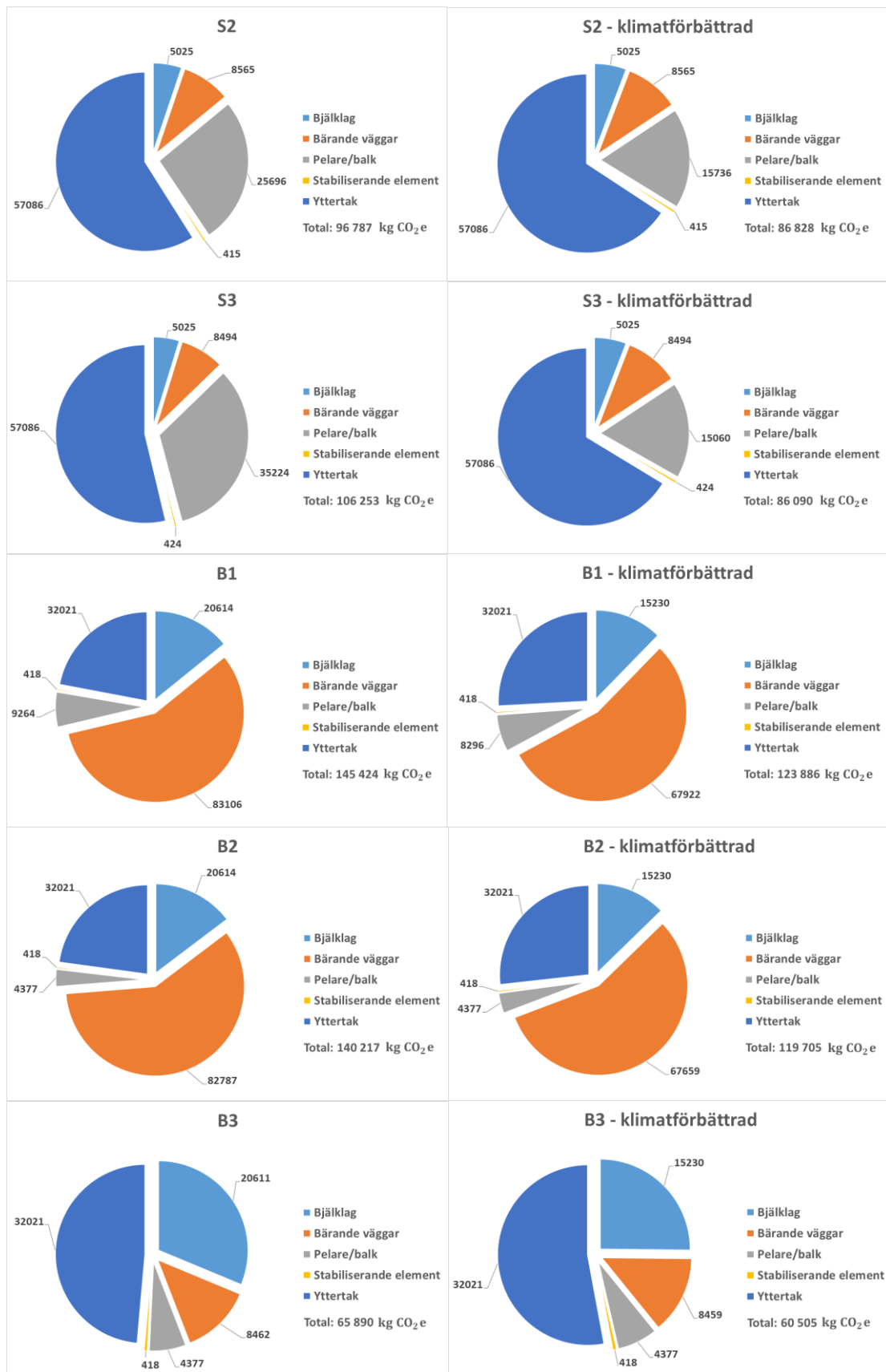


Figur 16 Jämförelse över stommens klimatpåverkan per byggnadsdel



Figur 17 Klimatpåverkan av stommens beståndsdelar för referensobjektet





Figur 18 Klimatpåverkan av stommens beståndsdelar för samtliga varianter

5 Diskussion

I följande kapitel behandlas metodval, den sammanvägda klimatpåverkan och vikten för de olika hybridstommarna samt reflektion kring framtida forskning.

5.1 Metoddiskussion

För att undersöka hur variationer i materialval påverkar byggnadens egenskaper valdes en parametrisk metod. Genom att systematiskt variera materialen i hybridstommens olika delar kunde påverkan på utvalda faktorer analyseras på ett strukturerat och jämförbart sätt.

En begränsning med metoden är att den faktiska konstruktionen förenklas till ett antal hanterbara parametrar. För att möjliggöra direkta materialbyten mellan trä, stål och betong har anslutningar och förband förenklats.

Metoden möjliggjorde även en utvärdering av alternativa lösningar genom att modifiera och beräkna parametrar baserat på ett referensobjekt. Studiens tillförlitlighet stärks av att data hämtats från ett verkligt projekt. Resultaten är dock starkt kopplade till referensobjektet och bör tolkas med hänsyn till detta, vilket begränsar möjligheten till generalisering.

Beräkningar har genomförts enligt Eurokod, vilket ger tydliga riktlinjer och gör resultatet spårbara. Trots detta kvarstår viss osäkerhet då flera lösningar ofta är möjliga för samma problem. Valet mellan olika rimliga antaganden – exempelvis att välja en mer konservativ eller optimerad väg - påverkar dimensionerna och därmed det slutgiltiga resultatet.

Slutligen möjliggjorde metodvalet en generalisering av resultaten, vilket gör dem användbara som beslutsunderlag utan att fysiska experiment krävs.

5.2 Resultatdiskussion

Studien visar att trä ger betydligt lägre klimatpåverkan än stomlösningar med hög andel stål eller betong. Även den mest klimatsmarta hybridstommen i analysen ledde till en ökning med 20 % CO₂e jämfört med en stomme helt i trä. Det stämmer väl överens med vad Svenskt Trä (u.å. b) lyfter fram – att träets låga energibehov vid tillverkning är en viktig miljöfördel. Hybridstommar med större andel stål eller betong mer än fördubblade klimatutsläppen.

Det är också tydligt att trä ger lägre vikt i konstruktionen. Resultaten visar att trästommen väger mindre än en fjärdedel så mycket som en motsvarande betongstomme. Den lägre vikten kan bidra till enklare grundläggning, vilket enligt Svenskt Trä (u.å. a) även kan ge ekonomiska besparingar.

Samtidigt har både stål och betong andra egenskaper som är viktiga att ta hänsyn till. Starka (u.å.) beskriver betong som ett mycket beständigt material, vilket även gäller för stål enligt Jernkontoret (2021). Den långsiktiga hållbarheten syns dock inte i klimatdeklarationer, eftersom dessa är begränsade till byggskedet (Boverket, 2024 b), vilket också gäller för denna studie.

En stor del av klimatpåverkan vid tillverkning av stål och betong kommer från upphettning av råmaterial - kol och koks i fallet med stål (Jernkontoret, 2022 b), och kalksten vid cementproduktion (Nordman, 2020). Eftersom dessa energikrävande moment inte är en del av slutprodukten finns det potential att minska utsläppen genom teknisk utveckling. Ett exempel är HYBRIT-projektet (u.å.), som arbetar med att framställa fossilfritt stål.

Utöver teknikutveckling finns även möjlighet till minskad klimatpåverkan genom återbruk. Boverket (2023) lyfter att demonterbara konstruktioner är viktiga för att möjliggöra återbruk, särskilt för material som stål. Ska detta kunna tillämpas behöver cirkulära lösningar implementeras redan i projekteringen, vilket ställer krav på både design och dokumentation.

Både stål och betong har dessutom återvinningsmöjligheter. Stål kan smältas om och användas igen, och krossad betong kan återföras i nya konstruktioner. Samtidigt bör också användningen av trä ses i ett större sammanhang. Naturvårdsföreningen (2021 b) har lyft att svenskt skogsbruk inte är långsiktigt hållbart i sin nuvarande form. Att ersätta andra material med trä är därför inte en lösning som kan tillämpas utan hänsyn till andra miljöaspekter.

Även om trä har tydliga klimatfördelar finns det fortfarande viss oro kring exempelvis ljudisolering och brandsäkerhet (Sveriges kommuner och landsting, 2013). Samtidigt visar moderna lösningar att dessa utmaningar går att hantera. Tyréns (u.å.) beskriver hur teknisk utveckling förbättrat ljugenskaperna hos trästommar, och Brandskyddsföreningen (2021) framhåller att brandsäkerhet går att uppnå genom rätt projektering. Studier som Gross (2016) visar dessutom att limträ ger en mer förutsägbar hållfasthet vid brand.

Sammanfattningsvis pågår det ett aktivt utvecklingsarbete för att minska klimatpåverkan från stål och betong. Trots det visar både litteraturen och denna studie att trä i dagsläget har ett tydligt klimatomåttligt försprång. Ökad användning av träprodukter i byggandet – särskilt på kort till medellång sikt – kan därför spela en viktig roll i att minska sektorns klimatavtryck, förutsatt att resurserna används på ett hållbart sätt.

6 Slutsats

Syftet med undersökningen var att genom en parametrisk studie analysera hur klimatpåverkan och vikt förändrades vid olika utformningar av hybridstommar. Studien utgick från ett referensobjekt med en stomme helt i trä, där parametrarna trä, stål och betong varierades i olika delar av stommen - såsom tak, bjälklag, trapphus, pelare, balkar, bärande väggar och stabiliserande element.

Resultaten visade att samtliga hybridstommar medförde en högre klimatpåverkan jämfört med referensobjektet. En tydlig observation var att användningen av betongväggar bidrog kraftigt till de totala utsläppen. Både hybridstommarna B1 och B2, som innehöll betongväggar istället för CLT-väggar, överskred referensobjektets totala klimatpåverkan - enbart genom väggarnas CO₂e utsläpp. Detta gällde även om klimatförbättrad betong användes.

Den största skillnaden i klimatpåverkan vid användningen av klimatförbättrande material observerades i S1, där mängden CO₂e reducerades med strax över 30 ton. Trots att samtliga balkar och pelare i S1 bestod av stål, uppvisade den klimatförbättrade versionen ett CO₂e utsläpp i nivå med hybridstommen S2, där limträ användes för balkar och pelare i kontorsdelen. Detta indikerar att använda klimatförbättrade stålprodukter har stor betydelse för helhetsresultatet av byggnaden.

De hybridstommar som uppvisade den minsta ökningen i klimatpåverkan jämfört med referensobjektet var S3 och B3. De klimatförbättrade versionerna innebar en ökning med 21 % respektive 20 % CO₂e, medan övriga stommar hade en ökning mellan 72 % och 145 %.

Gällande vikt var skillnaderna mellan referensobjektet och hybridstommarna S1-S3 marginella, med endast några procents skillnad. Däremot vägde stommarna B1 och B2, som innehöll stora mängder betong, mer än 3 gånger så mycket som referensobjektet. B3, som endast hade ett betongbjälklag, vägde 40 % mer.

I samtliga fall visade studien att pelare och balkar i trä gav en lägre klimatpåverkan än motsvarande element i stål, trots att stål möjliggör mer slimmade dimensioner. Betong visade sig ha störst påverkan både på klimat och vikt.

Sammanfattningsvis visar resultatet att variationen i materialval - särskilt i bärande väggar och pelare/balkar - har stor betydelse för både klimatpåverkan och vikt. Studien besvarar därmed frågeställningen genom att tydlig visa hur olika kombinationer av trä, stål och betong i hybridstommar påverkar byggnadens miljöpåverkan.

6.1 Förslag på vidare forskning

En möjlig inriktning för vidare forskning är att undersöka hur förband och anslutningar i hybridstommar bör utformas och dimensioneras för att hantera aspekterna fukt, brand och ljudisolering. Dessa tekniska aspekter är avgörande för att möjliggöra en effektiv och hållbar uppbyggnad av de typer av hybridstommar som har presenteras i denna studie.

Vidare skulle det vara värdefullt att genomföra en ekonomisk analys, då kostnadsaspekten inte har behandlats inom ramen för denna studie. Att undersöka kostnaden för byggnationen av hybridstommarna och jämföra detta med referensobjektet skulle ge ett mer heltäckande beslutsunderlag för val av konstruktion i framtida byggprojekt.

7 Referenser

Beijer bygg. (u.å.). *Certifierat Trä*. Hämtad 28 april, 2025, från <https://www.beijerbygg.se/privat/sv/fsc-och--pefc>

Boverket. (2023, 8 februari). *Eurokoder och nationella val i EKS*. Hämtad 10 maj, 2025, från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-konstruktionsregler/overgripande-bestammelser/nationella-val-i-eks/>

Boverket (2024 a, 25 september). *Grafiskt material för klimatdeklaration*. Hämtad 6 maj, 2025, från <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/utbilda/grafik/>

Boverket. (2024 b, 25 september). *Klimatdeklarationens omfattning*. Hämtad 3 maj, 2025, från <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>

Boverket. (2024 c, 24 september). *Beräkna byggnadens klimatpåverkan*. Hämtad 5 maj, 2025 från <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/berakna/>

Boverket. (2025 a, 29 januari). *Partiklar*. Hämtad 12 januari, 2025, från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/partiklar/>

Boverket. (2025 b, 10 januari). *Boverkets klimatdatabas (version 02.06.00)*. Hämtad 28 april, 2025, från <https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/7/6000000150>

Boverket. (2025 c, 10 januari). *Boverkets klimatdatabas (version 02.06.00)*. Hämtad 28 april, 2025, från <https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/7/6000000151>

Boverket. (2025 d, 10 januari). *Boverkets klimatdatabas (version 02.06.00)*. Hämtad 28 april, 2025 från <https://klimatdatabasen.boverket.se/navigera/5>

Brandskyddsföreningen. (2020). *Både risker och vinster med att bygga i trä*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.brandskyddsforeningen.se/tidningen-brandsakert/artiklar/bade-risker-och-vinster-med-att-bygga-i-tra/>

Fossilfritt Sverige. (2018). *Stål*. Hämtad 5 maj, 2025, från <https://fossilfrittssverige.se/roadmap/stalindustrin/>

Fossilfritt Sverige. (2024). *Bygg- och anläggningssektorn*. Hämtad 12 januari, 2025, från <https://fossilfrittssverige.se/roadmap/bygg-och-anlaggningssektorn/>

Gross, H. (2016). *Limträhandbok Del 1* (5:e uppl.). Svenskt Trä. Hämtad 3 maj, 2025, från <https://www.svensktra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/limtrahandbok-del-1-svenska-2018.pdf>

Hybrit. (u.å.). *Om HYBRIT*. Hämtad 14 maj, 2025, från <https://www.hybritdevelopment.se/>

- Jernkontoret. (2018 a, 19 november). *Hållfasthet*. Hämtad 17 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/slutprodukter-av-stal/hallfasthet/>
- Jernkontoret. (2018 b, 19 november). *Korrosionshärdighet*. Hämtad 17 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/slutprodukter-av-stal/korrosion/>
- Jernkontoret. (2019 a, 5 april). *Återvinning av järn och stål*. Hämtad 17 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/atervinning-av-jarn-och-stal/>
- Jernkontoret. (2019 b, 5 april). *Tillverkning, användning och återvinning*. Hämtad 10 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/>
- Jernkontoret. (2021, 7 januari). "*Vi måste räkna på livscykelkostnaden*". Hämtad 17 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/vision-2050/stalnytta/Therese-Boden/>
- Jernkontoret. (2022 a, 29 november). *Stålindustrins historia*. Hämtad 10 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/stalindustrins-historia/>
- Jernkontoret. (2022 b, 4 april). *Processernas miljöpåverkan*. Hämtad 10 maj, 2025, från <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/processernas-miljopaverkan/>
- Lättelement. (2022). *Miljövarudeklaration dotter-EPD*. Hämtad 16 maj, 2025, från <https://www.lattelement.se/wp-content/uploads/2024/04/Lattelement-EPD-A354.pdf>
- Lättelement. (u.å.). *Elementtvärsnitt*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.lattelement.se/projektering/elementsnitt/>
- Maku. (u.å.). *Sadelfackverk*. Hämtad 12 april, 2025, från <https://www.maku.se/default.asp?ID=SADELFAACKVERK&sLang=sv-se>
- Martinsons. (u.å.). *Vanliga fördomar om fukt och träbyggande*. Hämtad 15 maj, 2025, från <https://www.martinsons.se/sv/kunskap/kunskap/martinsons-mythbusters/vanliga-fordomar-om-fukt-och-trabyggande/>
- Naturskyddsföreningen. (2021 a). *Vanliga frågor om skog och skogsbruk*. Hämtat 2 maj, 2025, från <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/vanliga-fragor-om-skog-och-skogsbruk/>
- Naturskyddsföreningen. (2021 b). *Hållbart skogsbruk – vad är det?*. Hämtad 10 maj, 2025, från <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/hallbart-skogsbruk-vad-ar-det/>
- Naturvårdsverket. (2024, 24 januari). *Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser*. Hämtad 5 maj, 2025, från <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/>

Nordman, B. (2020, 22 maj). *Cement och betong – miljöbovar eller klimathjältar?*. Natur & Miljö. Hämtad 3 maj, 2025, från <https://www.naturochmiljo.fi/lar-dig-mer/perspektiv/cement-och-betong/>

Setra Group. (2024). *Stort intresse för innovativ hybridstomme som kombinerar trä och betong*. Hämtad 12 januari, 2025, från <https://www.setragroup.com/sv/press/pressmeddelanden/2024/stort-intresse-for-innovativ-hybridstomme-som-kombinerar-tra-och-betong/>

SSAB. (u.å.). *Fossilfritt stål*. Hämtad 14 maj, 2025, från <https://www.ssab.com/sv-se/fossilfri>

Starka. (u.å.). *Fördelar med betong*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.starka.se/fordelar-med-betong/>

StruProg. (u.å.). *Steel*. Hämtad 10 april, 2025, från <https://struprog.se/>

Stålbyggnadsinstitutet. (2020, 11 november). *Brandskydd*. Hämtad 16 maj, 2025, från <https://www.sbi.se/brandskydd/>

Svensk Betong. (u.å. a). *Om Betong*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.svenskbetong.se/om-betong>

Svensk Betong. (u.å. b). *Fukt*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/fukt>

Svensk Betong. (u.å. c). *Ljud*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/ljud>

Svensk Betong. (u.å. d). *Återvinning*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/hallbart-byggande/atervinning>

Svensk Standard. (2011). *Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod*. Hämtad 3 maj, 2025, från <https://www.sis-se.eu1.proxy.openathens.net/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnader/ovrigt/ssen159782011/>

Svensk Standard. (2020). *Area och volym för byggnader – Terminologi och mätning*. Hämtad 3 maj, 2025, från <https://www.sis-se.eu1.proxy.openathens.net/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnader/allmant/ss-210542020/>

Svensk standard. (u.å.). *Eurokoder*. Hämtad 1 maj, 2025, från <https://www.sis.se/konstruktionochtillverkning/eurokoder/>

Svenskt Trä. (2015). *Svensk skog och certifiering*. Hämtad 1 maj, 2025, från <https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/miljoeffekter/miljoeffekter/svensk-skog-och-certifiering/>

Svenskt Trä. (2018). *Träbaserade hybrida konstruktioner*. Hämtad 4 mars, 2025, från <https://www.svenskttra.se/publikationer-start/tidningen-tra/2018-1/trabaserade-hybrida-konstruktioner/>

Svenskt Trä. (u.å. a). *Trä i byggprocessen*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/bygga-i-tra/>

Svenskt Trä. (u.å. b). *Bygg klimatsmart*. Hämtad 12 januari, 2025, från <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/bygg-klimatsmart/>

Svenskt Trä (u.å. c). *Träarkitektur och träbyggande*. Hämtad 17 maj, 2025, från <https://www.svenskttra.se/hallbarhet/tre-loften-for-en-hallbar-utveckling/arkitektur-och-byggande/>

Sveriges Kommuner och Landsting. (2013). *Mod att bygga med trä – modernt industriellt träbyggande. FoU-fonden för kommunernas fastighetsfrågor*. Hämtad 2 maj, 2025, från <https://skr.se/download/18.550f5b1717d613c03137c806/1639148548105/7585-016-0.pdf>

Tyréns. (u.å.). *Akustik i trä*. Hämtad 17 maj, 2025, från <https://www.tyrens.se/aktuellt/trabyggnad/akustik-i-trae/>

Vattenfall. (2024). *Vattenfall kommenterar: Skakig analys ger felaktig bild av framtiden för fossilfritt stål*. Hämtad 14 maj, 2025, från <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2024/vattenfall-kommenterar-skakig-analys-ger-felaktig-bild-av-framtiden-for-fossilfritt-stal>

Vattenfall. (u.å.). *Industry decarbonisation*. Hämtad 14 maj, 2025, från <https://group.vattenfall.com/sustainability/climate-transition-plan/industry-decarbonisation/hybrid>

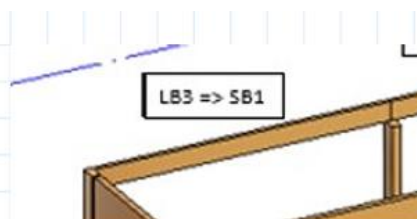
WWF. (2024). *Mänsklig påverkan*. Hämtad 12 januari, 2025, från <https://www.wwf.se/klimat/mansklig-paverkan/>

WWF. (u.å.). *Skogar och klimatförändringar*. Hämtad den 2 maj, 2025, från <https://www.wwf.se/skog/varlden/skogar-och-klimatforandringar/>

8 Bilagor

8.1 Dimensionering hybridstomme stål och trä

Dimensionering stål balk SB1



Permanenta laster

Permanent last TRP-plåt

$$TRP_{1.2} := 0.663 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{Hämtat från produktblad Ruuki 1,2 mm tjocklek})$$

$$TRP_{1.2} = 0.663 \frac{kN}{m^2}$$

Snölast

Snölast grundvärde, Göteborg

$$Snö_{gv} := 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor väljs för låglutande tak < 10 grad för sadeltak enligt EKS figur C-3a.

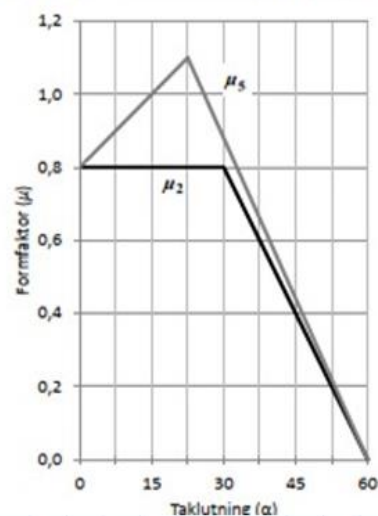
Formfaktor snölast på tak

$$Snö_{form} := 0.9$$

$$snölast_{tak} := Snö_{gv} \cdot Snö_{form}$$

$$snölast_{tak} = 1.35 \frac{kN}{m^2}$$

Figur C-3a Formfaktorer för sadeltak.



Vindlast

Vindlast utifrån dimensionering för referensobjekt

1. Vindlast enligt gällande norm SS-EN-1991-1-4.

referensvindhastighet Göteborg =	25	m/s
byggnadshöjd, max =	12	m

Hastighetstryck uppskattas konservativt med terrängtyp III, byggnadshöjd < 12m

$$\text{hastighetstryck } q_p = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

Vind på tak

$$\begin{aligned} \text{formfaktor vindtryck} &= 0,2 \\ \text{vindtryck på tak} &= 0,13 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Laster limträpelare LP2 - Vind

Horisontell vindlast räknas på pelarna.

Vid vind på kortsida ligger fasadpelarna inom area "B", för vind på långsida gäller area D eller E.

Olika uppsättningar för invändig / utvändig vindlast beaktas.

a) vind på kortsida, pelarna i area B

$$\text{max vindlast, tryck (area B)} = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

Tabell 3.39 Schneider visar vindsug på insida, en sida öppen. Två sidor öppna ger ingen vind på betraktad fasad.

I detta fall är enbart utvändig vindlast relevant.

$$\text{vindlast per 1 pelare, linjelast} = 4,1 \text{ kN/m}$$

b) vind på långsida, pelarna i area E (sug)

$$\text{max vindlast, sug (area E)} = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

Tabell 3.39 Schneider visar vindtryck på insida, en sida öppen.

$$\text{invändig vindlast, tryck} = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{vindlast per 1 pelare, linjelast} = 5,6 \text{ kN/m}$$



c) vind på långsida, pelarna i area D (tryck)

$$\text{max vindlast, tryck (area D)} = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

Tabell 3.39 Schneider visar vindsug på insida, en sida öppen.

$$\text{invändig vindlast, tryck} = 0,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{vindlast per 1 pelare, linjelast} = 6,1 \text{ kN/m}$$



$$\text{vindlast till dimensionering} = 6,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{vindtryck}_{\text{tak}} := 0,13 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{vindlast}_{\text{pelare}} := 6,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Beräkning stålbalk SB1

Geometri balk

$$\text{lastbredd} := 1.5 \text{ m}$$

$$\text{lastbredd} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Spännvidd} := 7.8 \text{ m}$$

$$\text{Spännvidd} = 7.8 \text{ m}$$

Laster till balk

Normalkrafter

$$\text{pemanent.last}_{\text{tak}} := \text{TRP}_{1.2} \cdot \text{lastbredd}$$

$$\text{pemanent.last}_{\text{tak}} = 0.995 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{snölast} := \text{snölast}_{\text{tak}} \cdot \text{lastbredd}$$

$$\text{snölast} = 2.025 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{vindlast} := \text{vindtryck}_{\text{tak}} \cdot \text{lastbredd}$$

$$\text{vindlast} = 0.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Colbeam EC3

I Colbeam läggs följande laster in

Axial Force

Inga axial force i balkfallet

q-load

$$G := \text{pemanent.last}_{\text{tak}}$$

$$G = 0.995 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q1 := \text{snölast}$$

$$Q1 = 2.025 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q2 := \text{vindlast}$$

$$Q2 = 0.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Val av balk SB1

Material
S355 N/NL
fy = 355

Member data (m)
7,800

Support
Spring restraint 0% Free, 100% Fix

Lateral Torsional Buckling
 Lat tors buckl
Input k = 1,00

End supports
Input

Lateral Load

M_y/V_z/Deflection (kNm/kN/mm)

Deflection: 13,7 mm = l/570

Results

SECTION CONTROL:
 $IR = M_y E_d / M_y R_d = 36,3 / 171,8 = 0,21 < 1,0$ (0.50L; Ch 6.2.5)
 $IR = V_z E_d / V_z R_d = 18,6 / 453,6 = 0,04 < 1,0$ (0.00L; Ch 6.2.6)

BUCKLING CONTROL: (incl Lateral Torsional Buckling)
 $IR = M_y E_d / (\chi_{LT} M_y R_d) = 36,3 / (0,25 * 171,8) = 0,83 < 1,0$ (Ch 6.3.2)

DEFLECTION CONTROL: (z: L/250 y: L/250);
 $IR = dz/dz_{Max} = 13,7 / 31,2 = 0,44 < 1,0$

Figure not to scale

Dimension & Weight

IPE270

OK

h =	270 mm
b =	135 mm
tw =	6,6 mm
tf =	10,2 mm
r =	15,0 mm
g =	36,1 kg/m
S =	1,041 m ² /m

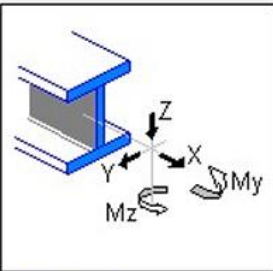
Section property

A =	4594 mm ²	A _{eff} =	4543 mm ²
I _y =	5,790E+7 mm ⁴	I _z =	4,199E+6 mm ⁴
I _x =	1,600E+5 mm ⁴	I _w =	7,060E+10 mm ⁴
W _{el,y} =	4,289E+5 mm ³	W _{el,z} =	6,221E+4 mm ³
W _{pl,y} =	4,840E+5 mm ³	W _{pl,z} =	9,695E+4 mm ³
W _{eff,y} =	4,289E+5 mm ³	W _{eff,z} =	6,221E+4 mm ³


Capacity

Cross Section		3/1/1 (N/M _y /M _z)
N _{t,Rd} =	1630,9 kN	M _{y,Rd} = 171,8 kNm
N _{c,Rd} =	1630,9 kN	M _{z,Rd} = 34,4 kNm
V _{c,z,Rd} =	453,6 kN	
V _{c,y,Rd} =	376,3 kN	

Loading
✕



EN 1990 - Psi factors for Q-loads

Q1 = Main 


Q2 = Secondary

Load Combinations (LC)

ULS: Eq 6.10a: $LC = 1,0 \cdot 1,35 \cdot G$

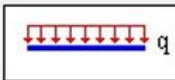
ULS: Eq 6.10b: $LC = 1,0 \cdot (0,89 \cdot 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q1 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot Q2)$

Axial Force



kN	G/Q
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>

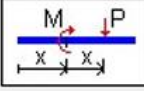
q-load



kN/m	G/Q	Dir
<input type="text" value="1,0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="2,0"/>	<input type="text" value="Q1"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,2"/>	<input type="text" value="Q2"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

Include Selfweight - z-dir

P/M-load



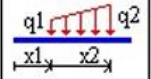
Coordinate

Absolute (m)

Relative (x/L)

P/M	kN/kNm	x(m)	G/Q	Dir
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

Trapezoidal load



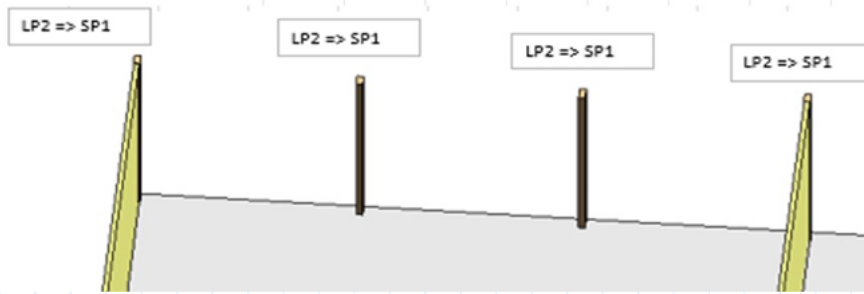
Coordinate

Absolute (m)

Relative (x/L)

(kN/m, m)		x(m)		G/Q	Dir
q1	q2	x(m)	x(m)	G/Q	Dir
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

Dimensionering av stålpelare SP1



Permanenta laster

Permanent last TRP-plåt

$$TRP_{1,2} := 0.663 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{Hämtat från produktblad Ruuki 1,2 mm tjocklek})$$

$$TRP_{1,2} = 0.663 \frac{kN}{m^2}$$

Snölast

Snölast grundvärde, Göteborg

$$Snö_{gv} := 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor väljs för låglutande tak < 10 grad för sadeltak enligt EKS figur C-3a.

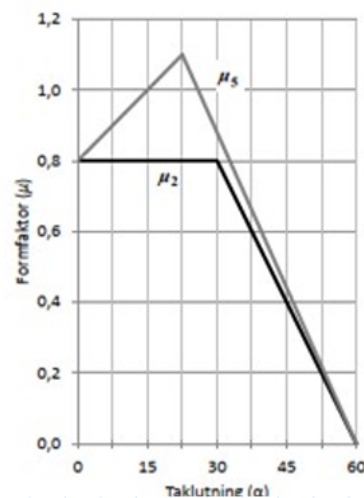
Formfaktor snölast på tak

$$Snö_{form} := 0.9$$

$$snölast_{tak} := Snö_{gv} \cdot Snö_{form}$$

$$snölast_{tak} = 1.35 \frac{kN}{m^2}$$

Figur C-3a Formfaktorer för sadeltak.



Vindlast

Vindlast utifrån dimensionering för referensobjekt

1. Vindlast enligt gällande norm SS-EN-1991-1-4.

referensvindhastighet Göteborg = 25 m/s
byggnadshöjd, max = 12 m

Hastighetstryck uppskattas konservativt med terrängtyp III, byggnadshöjd < 12m

hastighetstryck $q_p = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Vind på tak

formfaktor vindtryck = 0,2
vindtryck på tak = $0,13 \text{ kN/m}^2$

Laster limträpelare LP2 - Vind

Horisontell vindlast räknas på pelarna.

Vid vind på kortsida ligger fasadpelarna inom area "B", för vind på långsida gäller area D eller E.

Olika uppsättningar för invändig / utvändig vindlast beaktas.

a) vind på kortsida, pelarna i area B

max vindlast, tryck (area B) = $0,52 \text{ kN/m}^2$

Tabell 3.39 Schneider visar vindsug på insida, en sida öppen. Två sidor öppen ger ingen vind på betraktad fasad.

I detta fall är enbart utvändig vindlast relevant.

vindlast per 1 pelare, linjelast = $4,1 \text{ kN/m}$

b) vind på långsida, pelarna i area E (sug)

max vindlast, sug (area E) = $0,20 \text{ kN/m}^2$

Tabell 3.39 Schneider visar vindtryck på insida, en sida öppen.

invändig vindlast, tryck = $0,52 \text{ kN/m}^2$

vindlast per 1 pelare, linjelast = $5,6 \text{ kN/m}$



c) vind på långsida, pelarna i area D (tryck)

max vindlast, tryck (area D) = $0,46 \text{ kN/m}^2$

Tabell 3.39 Schneider visar vindsug på insida, en sida öppen.

invändig vindlast, tryck = $0,33 \text{ kN/m}^2$

vindlast per 1 pelare, linjelast = $6,1 \text{ kN/m}$



vindlast till dimensionering = $6,1 \text{ kN/m}$

$$vindtryck_{tak} := 0.13 \frac{kN}{m^2}$$

$$vindlast_{pelare} := 6.1 \frac{kN}{m}$$

Geometri pelare (Lägg in handskiss)

lastbredd := 7.8 m

lastbredd = 7.8 m

spännvidd := 30 m

spännvidd = 30 m

Laster till pelare

Normalkrafter

$$Permanent.last := TRP_{1,2} \cdot lastbredd \cdot \frac{spännvidd}{2} \quad Permanent.last = 77.571 \text{ kN}$$

$$snölast := snölast_{tak} \cdot lastbredd \cdot \frac{spännvidd}{2} \quad snölast = 157.95 \text{ kN}$$

$$vindlast := vindtryck_{tak} \cdot lastbredd \cdot \frac{spännvidd}{2} \quad vindlast = 15.21 \text{ kN}$$

Utbredd last vind

$$vindlast_{pelare} = 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Colbeam EC3

I Colbeam läggs följande laster in

Axial Force

$$G := Permanent.last \quad G = 77.571 \text{ kN}$$

$$Q1 := snölast \quad Q1 = 157.95 \text{ kN}$$

$$Q2 := vindlast \quad Q2 = 15.21 \text{ kN}$$

q-load

$$Q2 := vindlast_{pelare} \quad Q2 = 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Val av dimension SP1

Stålstomme - pelare SP1

Material: S355 N/NL Rolled Welded Stiff Plate Other British

fy = 355

CFRHS 250x150x8 (Cold formed)

Support: Spring restraint: 0% Free, 100% Fix

Member data (m): Lateral Torsional Buckling: End supports: Input:

Column data	Y-axis	Z-axis
Buckling length factor:	1,00 \uparrow 1,0	1,00 \uparrow 1,0
Buckling curve:	Auto \downarrow c	a0 \downarrow a0

Axial Load

78,0 (G) +158,0 (Q1) +15,0 (Q2)

Lateral Load

9,000

Mv/Vz/Deflection (kNm/kN/mm)

Deflection: 3,9 mm = 1/2324

Results

SECTION CONTROL:
 $IR = NEd/NRd = 337,5/2103,0 = 0,16 < 1,0$ (0.50L: Ch 6.2.4)
 $IR = My,Ed/MN_y,Rd = 5,7/171,2 = 0,03 < 1,0$ (0.50L: Ch 6.2.9)
 $IR = Vz,Ed/Vz,Rd = 2,5/758,9 = 0,00 < 1,0$ (1.00L: Ch 6.2.6)

BUCKLING CONTROL:
 $IR = NEd/Nb_y,Rd + k_{yy} * My,Ed / (\chi_{LT} * My,Rd) = 337,5/820,4 + 1,39 * 5,7 / (1,00 * 171,2) = 0,46 < 1,0$ (Ch 6.3.3)
 $IR = NEd/Nb_z,Rd + k_{zz} * My,Ed / (\chi_{LT} * My,Rd) = 337,5/525,5 + 0,81 * 5,7 / (1,00 * 171,2) = 0,67 < 1,0$ (Ch 6.3.3)

DEFLECTION CONTROL: (z: L/250 y: L/250);
 $IR = dz/dz,Max = 3,9/36,0 = 0,11 < 1,0$

CFRHS-rectangular - cold formed

Figure not to scale

Dimensions & Weight

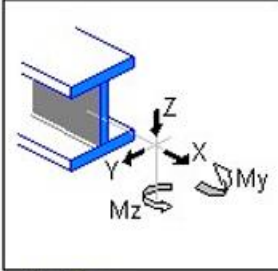
CFRHS 250x150x8

h = 250 mm
b = 150 mm
t = 8,0 mm
r = 20,0 mm
g = 46,5 kg/m
S = 0,766 m²/m

Section property	
A = 5924 mm ²	A _{eff} = 5924 mm ²
I _y = 4,886E+7 mm ⁴	I _z = 2,219E+7 mm ⁴
I _x = 5,050E+7 mm ⁴	I _w = 1,025E+10 mm ⁶
W _{ely} = 3,909E+5 mm ³	W _{elz} = 2,959E+5 mm ³
W _{ply} = 4,822E+5 mm ³	W _{plz} = 3,396E+5 mm ³
W _{efly} = 3,909E+5 mm ³	W _{eflz} = 2,959E+5 mm ³

Capacity	
Cross Section	1/1/1 (NMy/Mz)
N _t ,Rd = 2103,0 kN	M _y ,Rd = 171,2 kNm
N _c ,Rd = 2103,0 kN	M _z ,Rd = 120,5 kNm
V _{c,z} ,Rd = 188,2 kN	
V _{c,y} ,Rd = 188,2 kN	

Loading
✕



EN 1990 - Psi factors for Q-loads

Q1 = Main

Q2 = Secondary


Load Combinations (LC)

EN 1990 Eq 6.10a/b

ULS: Eq 6.10a: $LC = 1,0 \cdot 1,35 \cdot G$


ULS: Eq 6.10b: $LC = 1,0 \cdot (0,89 \cdot 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q1 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot Q2)$

Axial Force



kN	G/Q
<input type="text" value="78,0"/>	G
<input type="text" value="158,0"/>	Q1
<input type="text" value="15,0"/>	Q2

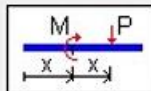
q-load



kN/m	G/Q	Dir
<input type="text" value="0,0"/>	G	Z
<input type="text" value="0,0"/>	Q1	Z
<input type="text" value="0,0"/>	Q2	Z
<input type="text" value="0,0"/>	G	Z

Include Selfweight - z-dir

P/M-load



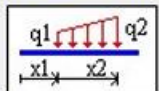
Coordinate

Absolute (m)

Relative (x/L)

P/M	kN/kNm	x(m)	G/Q	Dir
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
P	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z

Trapezoidal load



Coordinate

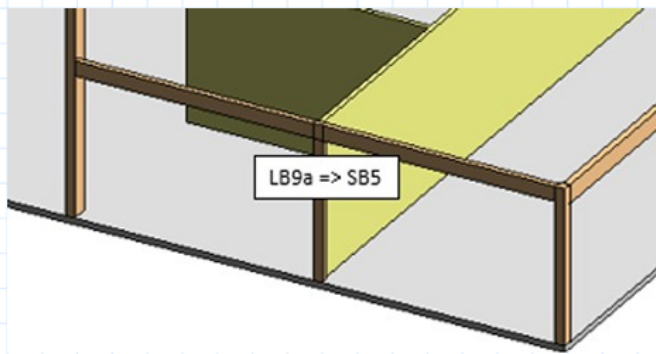
Absolute (m)

Relative (x/L)

(kN/m, m)		x(m)		G/Q	Dir
q1	q2	x1	x2		
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	G	Z

OK

Dimensionering av stålbalk SB5



Balken belastas av CLT-bjälklag och fasad plan 2.

Permanent last

Permanent last av CLT-bjälklag (kontinuerlig bjälklag över mittstöd)

Till bjälklag kontorsdel väljs CLT 200-L5s.		
höjd CLT-bjälklag =	0,2	m
vikt i kN/m^3 =	5,0	kN/m^3
golv / undertak / installationer =	1,7	kN/m^2
variabel last =	3,0	kN/m^2
spännvidd =	6,0	m

$$\text{höjd.CLT} := 0.2 \text{ m}$$

$$\text{vikt.CLT} := 5.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{vikt.inst.golv.innertak} := 1.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{variabel.last} := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{spännvidd} := 6 \text{ m}$$

$$\text{utbredd.last} := \text{höjd.CLT} \cdot \text{vikt.CLT} + \text{vikt.inst.golv.innertak}$$

$$\text{utbredd.last} = 2.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{lastbredd} := 1 \text{ m}$$

$$\text{permanent.last.randbalk} := \text{utbredd.last} \cdot \text{lastbredd}$$

$$\text{permanent.last.randbalk} = 2.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{variabel.last.randbalk} := \text{variabel.last} \cdot \text{lastbredd}$$

$$\text{variabel.last.randbalk} = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Permanent last fasad

fasad /YV =	0,5	kN/m ²
höjd plan 2 =	7,0	m

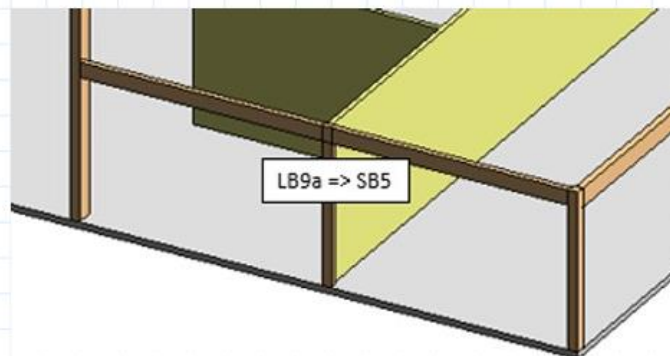
$$\text{fasad.YV} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{höjd.plan.2} := 4 \text{ m}$$

$$\text{permanent.last.fasad} := \text{fasad.YV} \cdot \text{höjd.plan.2}$$

$$\text{permanent.last.fasad} = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dimensionering stål balk SB5



Colbeam EC3

I Colbeam läggs följande laster in för spännvidd 6 m

Axial Force

Inga axial force i balkfallet

q-load

$G := \text{permanent.last.fasad} + \text{permanent.last.randbalk}$

$$G = 4.7 \frac{kN}{m}$$

$Q1 := \text{variabel.last.randbalk}$

$$Q1 = 3 \frac{kN}{m}$$

Val av SP5

Identification:
Stålstomme - balk SB5

Material
S355 N/NL
fy = 355

Roller Welded Stiff Plate Other British

HEA HEB HEM IPE IFP UPE UNP

RHS FRS CFRHS CFRMS L L

Y+
Z
IPE300

Support
Spring restraint 0% Free, 100% Fix

Member data (m)
6,000

Lateral Torsional Buckling
 Lat tors buck
Input k = 1,00

End supports
Input

Lateral Load
4,7(G) 3,0(Q1)
6,000

M_y/V_z/Deflection (kNm/kN/mm)
0,0 47,5
32,0 -32,0
Deflection: 7,8 mm = l/788

Results

SECTION CONTROL:
 $IR = M_y E_d / M_y R_d = 47,9 / 223,1 = 0,21 < 1,0$ (0.50L: Ch 6.2.5)
 $IR = V_z E_d / V_z R_d = 32,0 / 526,3 = 0,06 < 1,0$ (0.00L: Ch 6.2.6)

BUCKLING CONTROL: (incl Lateral Torsional Buckling)
 $IR = M_y E_d / (x_{LT} \cdot M_y R_d) = 47,9 / (0,35 \cdot 223,1) = 0,61 < 1,0$ (Ch 6.3.2)

DEFLECTION CONTROL: (z: L/250 y: L/250);
 $IR = dz/dz_{Max} = 7,8 / 24,0 = 0,33 < 1,0$

IPE

Dimension & Weight
IPE300

OK

h = 300 mm
b = 150 mm
tw = 7,1 mm
tf = 10,7 mm
r = 15,0 mm
g = 42,2 kg/m
S = 1,160 m²/m

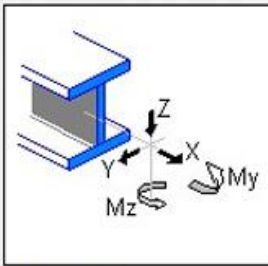
Figure not to scale

Section property

A = 5381 mm ²	A _{eff} = 5269 mm ²
I _y = 8,356E+7 mm ⁴	I _z = 6,038E+6 mm ⁴
I _x = 2,020E+5 mm ⁴	I _w = 1,260E+11 mm ⁴
W _{el,y} = 5,571E+5 mm ³	W _{el,z} = 8,051E+4 mm ³
W _{pl,y} = 6,284E+5 mm ³	W _{pl,z} = 1,252E+5 mm ³
W _{eff,y} = 5,571E+5 mm ³	W _{eff,z} = 8,051E+4 mm ³

Capacity

Cross Section	4/1/1 (N/My/Mz)
N _{t,Rd}	1910,3 kN
N _{c,Rd}	1870,5 kN
V _{c,z,Rd}	526,3 kN
V _{c,y,Rd}	438,6 kN
M _{y,Rd}	223,1 kNm
M _{z,Rd}	44,5 kNm



EN 1990 - Psi factors for Q-loads

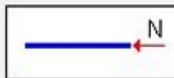
Q1 = Main

Q2 = Secondary

Load Combinations (LC)

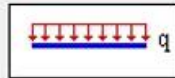
ULS: Eq 6.10a: LC = 1,0*1,35*G
 ULS: Eq 6.10b: LC = 1,0*(0,89*1,35*G + 1,5*Q1 + 1,5*0,3*Q2)

Axial Force



kN	G/Q
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="G"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="G"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="G"/>

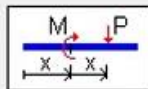
q-load



kN/m	G/Q	Dir
<input type="text" value="4.7"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="3.0"/>	<input type="text" value="Q1"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

Include Selfweight - z-dir

P/M-load



Coordinate

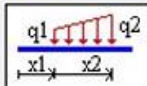
Absolute (m)

Relative (x/L)

P/M	kN/kNm	x(m)	G/Q	Dir
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
P	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

OK

Trapezoidal load



Coordinate

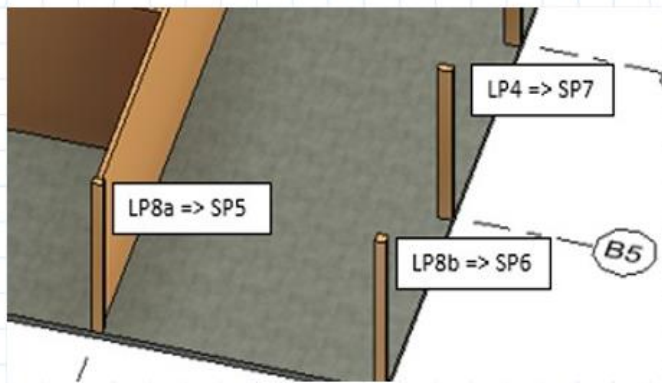
Absolute (m)

Relative (x/L)

(kN/m, m)

q1	q2	x(m)	x(m)	G/Q	Dir
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

Dimensionering av stålpelare SP5



Vindlast

Vindlast utifrån dimensionering för referensobjekt

a) vind last area A (konservativt)			
max vindlast, tryck (area A) =	0,78	kN/m ²	
lastbredd =	6,3	m	
vindlast per 1 pelare , linjelast =	4,9	kN/m	i z-riktning

$$\text{max.vindlast} := 0.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{lastbredd} := 6 \text{ m}$$

$$\text{vindlast}_{\text{pelare}} := \text{max.vindlast} \cdot \text{lastbredd}$$

$$\text{vindlast}_{\text{pelare}} = 4.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Beräkning

Geometri pelare (mittenpelare på kontinuerlig balk)

$$\text{spännvidd} := 6 \text{ m}$$

$$\text{spännvidd} = 6 \text{ m}$$

$$\text{kontinuitet} := 1.25$$

$$\text{kontinuitet} = 1.25$$

Laster till pelare (mittstöd för balk SB5)

Laster

Laster från SP2

$$\text{permanent.last.tak} := 12.431 \text{ kN}$$

$$\text{snölast.tak} := 25.313 \text{ kN}$$

Laster från SB5

$$\text{permanent.linjelast.BJ} := 2.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{permanent.linjelast.fasad} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{perm.last.SB5} := \text{permanent.linjelast.BJ} + \text{permanent.linjelast.fasad}$$

$$\text{perm.last.SB5} = 4.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Total permanent last till SP5

$$total.perm.last := permamnent.last.tak + (perm.last.SB5 \cdot spännvidd \cdot kontinuitet)$$

$$total.perm.last = 47.681 \text{ kN}$$

Variabel last till SP5

$$variabel.linjelast.BJ := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$variabel.last.SP5 := (variabel.linjelast.BJ \cdot spännvidd \cdot kontinuitet)$$

$$variabel.last.SP5 = 22.5 \text{ kN}$$

Variabel snölast

$$snölast.tak := 25.313 \text{ kN}$$

$$snölast.tak = 25.313 \text{ kN}$$

Utbredd last vind

$$vindlast_{pelare} = 4.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Colbeam EC3

I Colbeam läggs följande laster in

Axial Force

$$G := \text{total.perm.last}$$

$$G = 47.681 \text{ kN}$$

$$Q1 := \text{snölast.tak}$$

$$Q1 = 25.313 \text{ kN}$$

$$Q1 := \text{variabel.last.SP5}$$

$$Q1 = 22.5 \text{ kN}$$

q-load

$$Q2 := \text{vindlast}_{\text{pelare}}$$

$$Q2 = 4.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Val av dimension SP5

Identification:
Stålstomme - pelare SP5

Material: S355 N/NL
fy = 355

Rolled Welded Stiff Plate Other British

HEA HEB HEM IFE IMP UPE UWP
RHS RKS CFRHS OFRHS L L

CFRHS 100x100x5 (Cold formed)

Support: Spring restraint 0% Free, 100% Fix

Member data (m): 3,750

Lateral Torsional Buckling: End supports: Input

	Y-axis	Z-axis
Buckling length factor:	1,00 <input type="text"/> 1,0	1,00 <input type="text"/> 1,0
Buckling curve:	Auto <input type="text"/> c	Auto <input type="text"/> c

Axial Load: 47,7 (G) +47,8 (Q1)

Lateral Load: 4,7(Q2)

My/Vz/Deflection (kNm/kN/mm)

Deflection: 7,0 mm = 1/530

Results

SECTION CONTROL:

$$IR = NEd/NRd = 129,0/651,8 = 0,20 < 1,0 \text{ (0.50L; Ch 6.2.4)}$$

$$IR = MyEd/MNyRd = 4,0/22,9 = 0,17 < 1,0 \text{ (0.50L; Ch 6.2.9)}$$

$$IR = VzEd/VzRd = 4,3/188,2 = 0,02 < 1,0 \text{ (0.00L; Ch 6.2.6)}$$

BUCKLING CONTROL:

$$IR = NEd/Nb,yRd + ky^2 * MyEd/(xLT * MyRd) = 129,0/259,8 + 1,25^2 * 4,0 / (1,00 * 22,9) = 0,72 < 1,0 \text{ (Ch 6.3.3)}$$

$$IR = NEd/Nb,zRd + ky^2 * MyEd/(xLT * MyRd) = 129,0/259,8 + 0,98^2 * 4,0 / (1,00 * 22,9) = 0,67 < 1,0 \text{ (Ch 6.3.3)}$$

DEFLECTION CONTROL; (z: L/250 y: L/250);

$$IR = dz/dzMax = 7,0/15,0 = 0,47 < 1,0$$

CFRHS-square - cold formed

Dimensions & Weight

CFRHS 100x100x5

OK

h = 100 mm
b = 100 mm
t = 5,0 mm
r = 10,0 mm
g = 14,4 kg/m
S = 0,379 m²/m

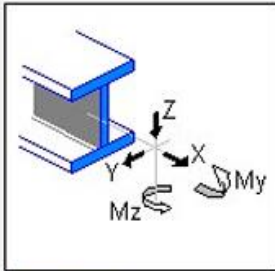
Figure not to scale

Section property

A = 1836 mm ²	Aeff = 1836 mm ²
Iy = 2,711E+6 mm ⁴	Iz = 2,711E+6 mm ⁴
Ix = 4,405E+6 mm ⁴	Iw = 0,000E+0 mm ⁶
Wely = 5,422E+4 mm ³	Welz = 5,422E+4 mm ³
Wply = 6,459E+4 mm ³	Wplz = 6,459E+4 mm ³
Wefly = 5,422E+4 mm ³	Weflz = 5,422E+4 mm ³

Capacity

Cross Section	1/1/1 (N/My/Mz)		
Nt,Rd =	651,8 kN	My,Rd =	22,9 kNm
Nc,Rd =	651,8 kN	Mz,Rd =	22,9 kNm
Vc,z,Rd =	188,2 kN		
Vc,y,Rd =	188,2 kN		



EN 1990 - Psi factors for Q-loads

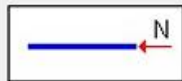
Q1 = Main

Q2 = Secondary

Load Combinations (LC)

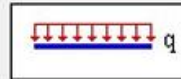
ULS: Eq 6.10a: $LC = 1,0 \cdot 1,35 \cdot G$
 ULS: Eq 6.10b: $LC = 1,0 \cdot (0,89 \cdot 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q1 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot Q2)$

Axial Force



kN	G/Q
<input type="text" value="47,7"/>	<input type="text" value="G"/>
<input type="text" value="25,3"/>	<input type="text" value="Q1"/>
<input type="text" value="22,5"/>	<input type="text" value="Q1"/>

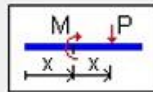
q-load



kN/m	G/Q	Dir
<input type="text" value="4,7"/>	<input type="text" value="Q2"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

Include Selfweight - z-dir

P/M-load



Coordinate

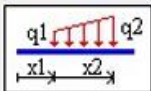
Absolute (m)

Relative (x/L)

P/M	kN/kNm	x(m)	G/Q	Dir
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

OK

Trapezoidal load



Coordinate

Absolute (m)

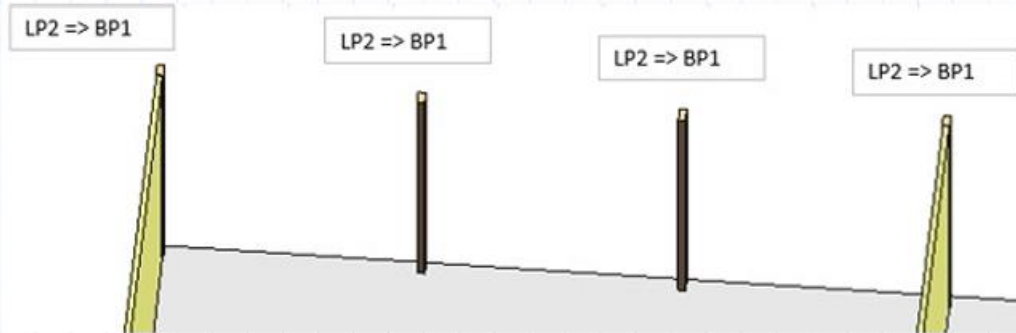
Relative (x/L)

(kN/m, m)

q1	q2	x(m)	x(m)	G/Q	Dir
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>
<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="G"/>	<input type="text" value="Z"/>

8.2 Dimensionering hybridstomme betong och trä

Dimensionering av betongpelare BP1



Permanenta laster

Permanent last tak (samma som referensobjekt)

Yttertak

Lättelement ca 300mm för U-värdeskrav, då finns marginal till lastsida.

solceller =	0,15	kN/m ²	Schablonvikt 15 kg/m ² inkl. beslag, solceller monteras i samman lutning som tak.
egentyngd tak (lättelement A354) =	0,30	kN/m ²	
15mm plywood =	0,08	kN/m ²	tillägg brandskydd R30 -> Denna kan eventuellt falla bort (R0)
15mm brandgips =	0,14	kN/m ²	tillägg brandskydd R30 -> Denna kan eventuellt falla bort (R0)
Upphängning, enkla installationer =	0,15	kN/m ²	
Summa egentyngd =	0,81	kN/m ²	

$$g := 0.81 \frac{kN}{m^2}$$

Snölast

Snölast grundvärde, Göteborg

$$snö_{tak} := 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

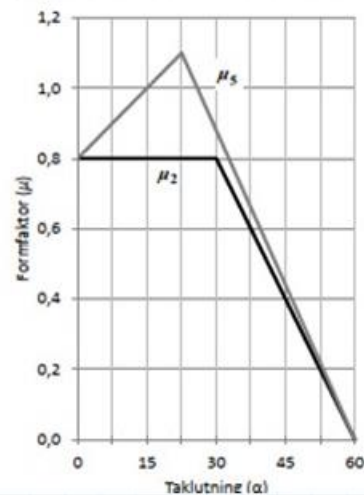
Formfaktor väljs för låglutande tak < 10 grad för sadeltak enligt EKS figur C-3a.

Formfaktor snölast på tak

$$Snö_{form} := 0.9$$

$$sk := snö_{tak} \cdot Snö_{form}$$

Figur C-3a Formfaktorer för sadeltak.



$$sk = 1.35 \frac{kN}{m^2}$$

Vindlast

Vindlast utifrån dimensionering för referensobjekt

1. Vindlast enligt gällande norm SS-EN-1991-1-4.

referensvindhastighet Göteborg = 25 m/s
byggnadshöjd, max = 12 m

Hastighetstryck uppskattas konservativt med terrängtyp III, byggnadshöjd < 12m

hastighetstryck $q_p = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Vind på tak

formfaktor vindtryck = 0,2
vindtryck på tak = $0,13 \text{ kN/m}^2$

Laster limträpelare LP2 - Vind

Horisontell vindlast räknas på pelarna.

Vid vind på kortsida ligger fasadpelarna inom area "B", för vind på långsida gäller area D eller E.

Olika uppsättningar för invändig / utvändig vindlast beaktas.

a) vind på kortsida, pelarna i area B

max vindlast, tryck (area B) = $0,52 \text{ kN/m}^2$

Tabell 3.39 Schneider visar vindsug på insida, en sida öppen. Två sidor öppen ger ingen vind på betraktad fasad.

I detta fall är enbart utvändig vindlast relevant.

vindlast per 1 pelare, linjelast = $4,1 \text{ kN/m}$

b) vind på långsida, pelarna i area E (sug)

max vindlast, sug (area E) = $0,20 \text{ kN/m}^2$

Tabell 3.39 Schneider visar vindtryck på insida, en sida öppen.

invändig vindlast, tryck = $0,52 \text{ kN/m}^2$

vindlast per 1 pelare, linjelast = $5,6 \text{ kN/m}$



c) vind på långsida, pelarna i area D (tryck)

max vindlast, tryck (area D) = $0,46 \text{ kN/m}^2$

Tabell 3.39 Schneider visar vindsug på insida, en sida öppen.

invändig vindlast, tryck = $0,33 \text{ kN/m}^2$

vindlast per 1 pelare, linjelast = $6,1 \text{ kN/m}$



vindlast till dimensionering = $6,1 \text{ kN/m}$

$$vk_{tak} := 0.13 \frac{kN}{m^2}$$

$$vk_{pelare} := 6.1 \frac{kN}{m}$$

Geometri

$lastbredd := 2.5 \text{ m}$

$h := 9 \text{ m}$

$spännvidd := 7.8 \text{ m}$

Laster till pelare BP1

Normalkrafter

$$G := g \cdot \text{lastbredd} \cdot \text{spännvidd}$$

$$G = 15.795 \text{ kN}$$

$$Sk := sk \cdot \text{lastbredd} \cdot \text{spännvidd}$$

$$Sk = 26.325 \text{ kN}$$

$$Vk_{tak} := vk_{tak} \cdot \text{lastbredd} \cdot \text{spännvidd}$$

$$Vk_{tak} = 2.535 \text{ kN}$$

Utbredd last vind

$$vk_{pelare} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$vk_{pelare} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Moment från horistontell vindpåverkan

$$Mvk := vk_{pelare} \cdot \frac{h^2}{8}$$

$$Mvk = 61.763 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Lastkombination med snö som huvudlast

$$\varphi := 0.3$$

$$ULS_{snö} := 1.2 \cdot G + 1.5 \cdot Sk + 1.5 \cdot Vk_{tak} \cdot \varphi$$

$$ULS_{snö} = 59.582 \text{ kN}$$

$$Mvk_{snö} := Mvk \cdot 1.5 \cdot \varphi$$

$$Mvk_{snö} = 27.793 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Lastkombination med vind som huvudlast

$$\varphi := 0.6$$

$$ULS_{vind} := 1.2 \cdot G + 1.5 \cdot Sk \cdot \varphi + 1.5 \cdot Vk_{tak}$$

$$ULS_{vind} = 46.449 \text{ kN}$$

$$Mvk_{vind} := Mvk \cdot 1.5$$

$$Mvk_{vind} = 92.644 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

I Concrete Column läggs följande in:

ULS_{snö}

$$M_y := Mvk_{snö} = 27.793 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{moment})$$

$$N := ULS_{snö} = 59.582 \text{ kN} \quad (\text{axial force})$$

ULS_{vind}

$$M_y := Mvk_{vind} = 92.644 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{moment})$$


$$N := ULS_{vind} = 46.449 \text{ kN} \quad (\text{axial force})$$

Inställningar Concrete Columns

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

Section Section database

Section information:



$A[m^2] = 7.700e-2$

$z_{cog}[m] = 1.750e-1 , 1.100e-1$

$W[m^3] = 4.492e-3 , 2.823e-3$

$I[m^4] = 7.860e-4 , 3.106e-4$

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

---- Moment ---- - Axial force - Initial bow imperfection


Name	Mz [kNm]	My [kNm]	N [kN]	M = N lc/x x	Limit-state	Type
<input type="text" value="ULS snö"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="27.8"/>	<input type="text" value="-59.5"/>	<input type="text" value="400"/>	<input type="text" value="ULS"/>	<input type="text" value="-"/>
<input type="text" value="ULS snö"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="27.8"/>	<input type="text" value="-59.5"/>	<input type="text" value="400"/>	<input type="text" value="ULS"/>	<input type="text" value="-"/>
<input type="text" value="ULS vind"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="92.6"/>	<input type="text" value="-46.4"/>	<input type="text" value="400"/>	<input type="text" value="ULS"/>	<input type="text" value="-"/>

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

Loadcase	Creep coefficient
ULS snö - ULS (eff.)	<input type="text" value="2.00"/>
ULS vind - ULS (eff.)	<input type="text" value="2.00"/>

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

L [m] Short Slender



Lateral bracing

L_{cy} [m] L_{cy}/i = 89.1 (Buckling around the y-y axis)

L_{cz} [m] L_{cz}/i = 141.7 (Buckling around the z-z axis)

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

General

Exposure class

Life class W/c ratio

Portland cement %

Quality control and reduced deviations
 Reduced or measured geometrical data

Concrete (MPa)
Strength class:

Low strength variation (< 10 %)

f_{cd}
f_{ctd}
E_{0d}

Design values Reinforcement (MPa)

	Bottom	Top	Stirrups	Longitudinal.
Designation:	<input type="text" value="K500C-T"/>	<input type="text" value="K500C-T"/>	<input type="text" value="K500C-T"/>	<input type="text" value="K500C-T"/>
Diameter, mm	20	20	8	8
f _{yd}	435	435	435	435
f _{yed}	435	435	435	435
E _{sd}	200000	200000	200000	200000

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

Main reinforcement

	Bottom	Code	Top	Code
Diameter (mm)	<input type="text" value="20"/>		<input type="text" value="20"/>	
Cover (mm)	<input type="text" value="40"/>	38	<input type="text" value="40"/>	38
Cover side (mm)	<input type="text" value="40"/>	38		
Distance between bars:				
In same layer (mm)	<input type="text" value="20"/>	20	<input type="text" value="20"/>	20
In different layers (mm)	<input type="text" value="20"/>	20	<input type="text" value="20"/>	20
Vibration space (mm)	<input type="text" value="0"/>			
Largest aggregate size	<input type="text" value="10"/>			
Cover deviation (mm)	<input type="text" value="10"/>			

Use regular spacing in layer Code control

Secondary reinforcement

Diameter (mm)

Min. spacing (mm)

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

Design settings

- Use compression reinforcement
- Use minimum reinforcement
- Consider current section cracked

Concrete section iteration settings

Convergence cond. (%):

Max. no. of iterations:

SLS Settings

Concrete tensile strength $f_{ct,eff}$ (EN 7.1 (2)) ?

- f_{ctm}
- $f_{ctm,fl}$
- f_{ctk}/ξ_i

2nd order moment calculation

- Stiffness method (EN 5.8.7)
- Curvature method (EN 5.8.8)
- Use secondary reinforcement e.g. stirrups

Resultat

Beräkningar med lastkombinationen snö som huvudlast (ULS_{snö})

Slenderbending capacity

Buckling data	Calculated WITH 2nd order moment according to the Stiffness method (EN 5.8.7)
Required reinforcement	2 \varnothing 20 + 2 \varnothing 20 (minimum reinforcement, required for the stiffness method)
Moment from load	$M_y = 27.8$ kNm
Moment from initial bow imperfection	$M_{i,y} = 1.3$ kNm
Addition from 2nd order effects	$M_{p,2} = 4.8$ kNm
Total design moment	$M_{y,d2} = 27.8 + 1.3 + 4.8 = 34.0$ kNm
Minimum moment with respect to unintentional load eccentricity according to EN 6.1.	$M_y = 1.2$ kNm
Moment capacity	$M_{o,y} = 81.1$ kNm
Utilization ratio	$M_{y,d2}/M_{o,y} = 34.0/81.1 = 0.42$
Moment from load	$M_x = 0$ kNm
Moment from initial bow imperfection	$M_{i,x} = 1.3$ kNm
Addition from 2nd order effects	$M_{p,2} = 1.5$ kNm
Total design moment	$M_{x,d2} = 0 + 1.3 + 1.5 = 2.8$ kNm
Minimum moment with respect to unintentional load eccentricity according to EN 6.1.	$M_x = 1.2$ kNm
Moment capacity	$M_{o,x} = 40.2$ kNm
Utilization ratio	$M_{x,d2}/M_{o,x} = 2.8/40.2 = 0.07$
Biaxial check	Imperfections only considered in direction with highest utilisation above, no biaxial check needed!

Axial force capacity

Maximum compression axial force	$N_{Ed} = -2061.2$ kN
Utilization ratio	$N/N_{Rd} = -59.5/-2061.2 = 0.03$

Slendercompressioncapacity

Slender capacity	$N_{s,y} = -500.9$ kN
Utilization ratio	$N/N_{s,y} = -59.5/-500.9 = 0.12$
Slenderness factor	$\lambda_y = l_{o,y}/i_y = 9.00/0.101 = 89.08 < 258.46$
Slender capacity	$N_{s,x} = -124.6$ kN
Utilization ratio	$N/N_{s,x} = -59.5/-124.6 = 0.48$
Slenderness factor	$\lambda_x = l_{o,x}/i_x = 9.00/0.064 = 141.71 < 205.10$

Minimum stirrups

Minimum transverse reinforcement according to EN 1992-1-1 9.5.3 \varnothing 8 \varnothing 220

Beräkningar med lastkombinationen vind som huvudlast (ULS_{vind})

Slender bending capacity

Buckling data	Calculated WITH 2nd order moment according to the Stiffness method (EN 5.8.7)
Required reinforcement	3 Φ 20 + 3 Φ 20
Moment from load	$M_y = 92.6$ kNm
Moment from initial bow imperfection	$M_{1y} = 1.0$ kNm
Addition from 2nd order effects	$M_{y2} = 7.8$ kNm
Total design moment	$M_{y,d2} = 92.6 + 1.0 + 7.8 = 101.4$ kNm
Minimum moment with respect to unintentional load eccentricity according to EN 6.1.	$M_y = 0.9$ kNm
Moment capacity	$M_{Rd,y} = 114.3$ kNm
Utilization ratio	$M_{y,d2}/M_{Rd,y} = 101.4/114.3 = 0.89$
Moment from load	$M_x = 0$ kNm
Moment from initial bow imperfection	$M_{1x} = 1.0$ kNm
Addition from 2nd order effects	$M_{x2} = 0.4$ kNm
Total design moment	$M_{x,d2} = 0 + 1.0 + 0.4 = 1.5$ kNm
Minimum moment with respect to unintentional load eccentricity according to EN 6.1.	$M_x = 0.9$ kNm
Moment capacity	$M_{Rd,x} = 72.6$ kNm
Utilization ratio	$M_{x,d2}/M_{Rd,x} = 1.5/72.6 = 0.02$
Biaxial check	Imperfections only considered in direction with highest utilization above, no biaxial check needed!

Axial force capacity

Maximum compression axial force $N_{d,0}$	$N_{d,0} = -2531.8$ kN
Utilization ratio	$N/N_{d,Rd} = -46.4/-2531.8 = 0.02$

Slender compression capacity

Slender capacity $N_{d,y}$	$N_{d,y} = -735.8$ kN
Utilization ratio $N/N_{d,y}$	$N/N_{d,y} = -46.4/-735.8 = 0.06$
Slenderness factor $\lambda_y = l_{0y}/i_y$	$\lambda_y = 9.00/0.101 = 89.08 < 254.71$
Slender capacity $N_{d,x}$	$N_{d,x} = -185.5$ kN
Utilization ratio $N/N_{d,x}$	$N/N_{d,x} = -46.4/-185.5 = 0.25$
Slenderness factor $\lambda_x = l_{0x}/i_x$	$\lambda_x = 9.00/0.072 = 124.71 < 249.22$

Minimum stirrups

Minimum transverse reinforcement according to EN 1992-1-1 9.5.3 Φ 8 s 250

Utnyttjandegrad snö som huvudlast

Required reinforcement = 2 Φ 20 + 2 Φ 20
 Slender bending capacity = 42%
 Axial force capacity = 2%
 Slender compression capacity = 48%

Utnyttjandegrad vind som huvudlast

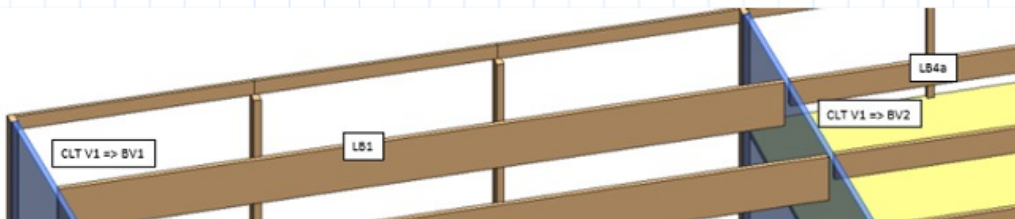
Required reinforcement = 3 Φ 20 + 3 Φ 20
Slender bending capacity = 89%
 Axial force capacity = 2%
 Slender compression capacity = 25%

Vindlasten är den dimensionerande lasten.

Val av BP1

Dimension: 250x350
Vertikal armering: 3 Φ 20 + 3 Φ 20
Horisontell armering: Φ 8, S200

Dimensionering betongvägg BV2



Väggen mellan verkstad och kontor är uppdelad i 2 delar med bjälklag som avskiljare. Den dimensionerande delen blir den övre som beräknas som en 1m bred och 4m hög pelare i "Concrete Column".

$$h := 4 \text{ m}$$

Laster från LB1 behöver bäras upp av BV2

(samma laster som referensobjekt då taket och LB1 inte ändras)

$$Gk_{LB1} := 62.8 \text{ kN} \quad (\text{permanent last})$$

$$Sk_{LB1} := 79 \text{ kN} \quad (\text{snölast last})$$

$$Vk_{LB1} := 7.6 \text{ kN} \quad (\text{vind last})$$

Laster från LB4b bäras upp av BV2

(samma laster som referensobjekt då taket och LB4a inte ändras)

$$Gk_{LB4a} := 62.8 \text{ kN} \quad (\text{permanent last})$$

$$Sk_{LB4a} := 79 \text{ kN} \quad (\text{snölast})$$

$$Vk_{LB4a} := 7.6 \text{ kN} \quad (\text{vindlast})$$

Endast ett lastfall, lasterna summeras till en normalkraft

$$ULS_{snö} := Gk_{LB1} + Sk_{LB1} + Vk_{LB1} + Gk_{LB4a} + Sk_{LB4a} + Vk_{LB4a} = 298.8 \text{ kN}$$

I Concrete Column läggs följande in:

$ULS_{snö}$

$M_y := 0$ (moment)

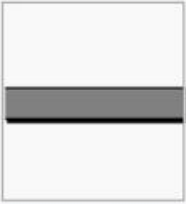
$N := ULS_{snö} = 298.8 \text{ kN}$ (axial force)

Inställningar Concrete Columns

Section information | Loadcase | Creep | Buckling | Material | Reinforcement details | Calculation settings

Section: Section database

Section information:



$A[m^2] = 1.600e-1$
 $z_{cog}[m] = 8.000e-2, 5.000e-1$
 $W[m^3] = 4.267e-3, 2.667e-2$
 $I[m^4] = 3.413e-4, 1.333e-2$

Section information | Loadcase | Creep | Buckling | Material | Reinforcement details | Calculation settings

---- Moment ---- - Axial force - Initial bow imperfection

Name	Mz [kNm]	My [kNm]	N [kN]	M = N lc/x	Limit-state	Type
<input type="text" value="ULS snö"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="-298.8"/>	<input type="text" value="400"/>	<input type="text" value="ULS"/>	<input type="text" value="-"/>
I ULS snö	0	0	-298.8	400	ULS	-


Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

Loadcase Creep coefficient

ULS snö - ULS (eff.)	2.00

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

L [m] Short Slender

 Lateral bracing

L_y [m] L_y/i = 86.6 (Buckling around the y-y axis)

L_z [m] L_z/i = 13.9 (Buckling around the z-z axis)

Section information Loadcase Creep Buckling Material Reinforcement details Calculation settings

General

Exposure class

Life class W/c ratio

Quality control and reduced deviations

Reduced or measured geometrical data

Concrete (MPa)

Strength class:

Low strength variation (< 10 %)

f_{cd}

f_{ctd}

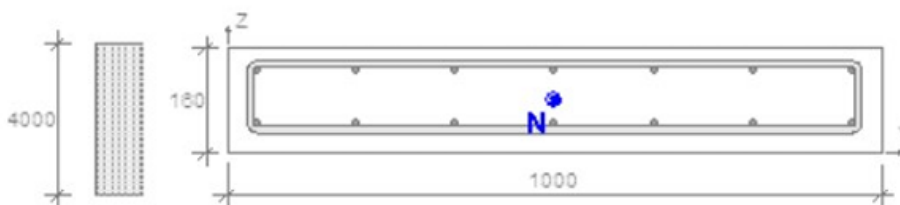
E_{0d}

Design values Reinforcement (MPa)

	Bottom	Top	Stirrups	Longitudinal
Designation:	<input type="text" value="K500C-T"/>	<input type="text" value="K500C-T"/>	<input type="text" value="K500C-T"/>	<input type="text" value="K500C-T"/>
Diameter, mm	10	10	10	8
f _{yd}	435	435	435	435
f _{yed}	435	435	435	435
E _{sd}	200000	200000	200000	200000

Section information	Loadcase	Creep	Buckling	Material	Reinforcement details	Calculation settings
Main reinforcement					Secondary reinforcement	
Diameter (mm)	Bottom	Code	Top	Code	Diameter (mm)	
	10		10		10	
Cover (mm)	40	30	30	30		
Cover side (mm)	40	30				
Distance between bars:						
In same layer (mm)	20	20	20	20		
In different layers (mm)	20	20	20	20		
Vibration space (mm)	0					
Largest aggregate size	10					
Cover deviation (mm)	10					
	<input checked="" type="checkbox"/> Use regular spacing in layer		<input checked="" type="checkbox"/> Code control			

Section information	Loadcase	Creep	Buckling	Material	Reinforcement details	Calculation settings
Design settings					2nd order moment calculation	
<input checked="" type="checkbox"/> Use compression reinforcement					<input checked="" type="radio"/> Stiffness method (EN 5.8.7)	
<input checked="" type="checkbox"/> Use minimum reinforcement					<input type="radio"/> Curvature method (EN 5.8.8)	
<input type="checkbox"/> Consider current section cracked					<input checked="" type="checkbox"/> Use secondary reinforcement e.g. stirrups	
Concrete section iteration settings						
Convergence cond. (%): 0.010						
Max. no. of iterations: 300						
SLS Settings						
Concrete tensile strength $f_{ct,eff}$ (EN 7.1 (2))						
<input checked="" type="radio"/> f_{ctm} <input type="radio"/> $f_{ctm,fl}$ <input type="radio"/> f_{ctk}/ξ_i						



INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH
SAMHÄLLSBYGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se



CHALMERS