

Hva koster mest, å gjennomføre klimagassreduksjoner eller ikke?

En casestudie av byggeprosjektet Åsveien skole

Marianne Røstadli

Bygg- og miljøteknikk (2-årig)

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Rolf André Bohne, BAT

Medveileder: Frode Drevland, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Hva koster mest, å gjennomføre klimagassreduksjoner eller ikke? - <i>En casestudie av byggeprosjektet Åsveien skole</i>	Dato: 04.06.14
	Antall sider (inkl. bilag): 135
	Masteroppgave
Navn: Marianne Røstadli	
Faglærer/veileder: Rolf André Böhne og Frode Drevland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: -	

<p>Ekstrakt: Jordas klima har endret seg merkbart de siste hundre årene. For å bremse denne utviklingen må klimagassutslippene reduseres betydelig. Byggebransjen er ansvarlig for en høy andel av klimagassutslippene, og det satses nå på å redusere denne andelen.</p> <p>Denne oppgaven omhandler i stor grad byggeprosjektet Åsveien skole, i Trondheim. Åsveien skole er et pilotprosjekt i statens satsing Fremtidens byer. Dette innebærer at prosjektet benytter en rekke løsninger som presser utslippene av klimagasser kraftig ned.</p> <p>Hovedmålet med oppgaven var å besvare tre forskningsspørsmål:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Hvilke holdninger har ulike aktører i byggeprosessen til å gjennomføre CO₂-besparelser?2) Kan det settes en pris per kilo CO₂-ekvivalenter som spares ved byggeprosjektet Åsveien skole?3) Tjenes merkostnadene inn, sett i et levetidsperspektiv? <p>For å besvare forskningsspørsmålene ble det benyttet både kvalitative og kvantitative metoder. I forbindelse med forskningsspørsmål nummer 1 ble intervju av fire sentrale aktører ved Åsveien skole gjennomført. Forskningsspørsmål nummer 2 og 3 krevde omfattende beregninger. I den forbindelse ble Norsk Prisbok fra 2013 benyttet, supplert med informasjon fra leverandører og faglige rapporter.</p> <p>Intervjurunden ga et klart inntrykk av at bransjen er motivert for å gå i en mer klimavennlig retning. Alle aktørene så verdien av kunnskap rundt klimavennlig bygging, og var positive til dette. Det kom tydelig frem at aktørene så miljøengasjement som et potensielt konkurransefortrinn. Hovedargumentet for å benytte verktøyet klimagassregnskap.no er kunnskapen som erverves fra bruken. Konsekvenser av valg synliggjøres på en god måte, miljø settes i fokus og klimapåvirkning kan defineres som en vektet faktor ved produktvalg.</p> <p>Merkostnaden ved å bygge løsninger som både senker klimagassutslippet og oppfyller kravene til passivhus, ved Åsveien skole, er i følge beregningene omtrent 8,3 millioner kroner. Dette tilsvarer kun 2 % av byggets investeringskostnad. Kobler man merkostnadene opp i mot CO₂-besparelsene kan kostnaden settes til 180 øre per sparte kg CO₂-ekv. Til sammenlikning er CO₂-avgiften for bensin omtrent 40 øre/kg CO₂-ekv.</p> <p>Oppgaven konkluderer med at den økte investeringskostnaden tjenes inn i løpet av en periode på 33 år, grunnet lavere energi- og vedlikeholdskostnader.</p>

Stikkord:

1. Miljøvennlig bygging
2. Livsløpskostnader
3. Klimagassregnskap
4. Passivhus

Marianne Røstadli

(sign.)

Forord

Denne masteroppgaven ble utført ved Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet, institutt for bygg, anlegg og transport. Oppgaven er avslutningen på det toårige masterprogrammet ved Bygg- og miljøteknikk, innen fordypningsretningen prosjektledelse. Arbeidet ble gjennomført fra januar 2014 til juni 2014.

Masteroppgaven er skrevet i samarbeid med Betonmast Trøndelag og omhandler Trondheim kommunes prosjekt Åsveien skole.

Jeg vil gjerne takke min veileder Rolf André Bohne for råd, hjelp og inspirasjon til denne oppgaven. I tillegg vil jeg takke min biveileder Frode Drevland for hjelp med utarbeidelse av forskningsspørsmål og generelle tips på veien.

Til slutt vil jeg takke personene ved Åsveien skole som har latt seg intervju for gode bidrag og samarbeidsvilje.

Trondheim, 04. juni 2014

Marianne Røstadli

Marianne Røstadli

Sammendrag

Jordas klima har endret seg merkbart de siste hundre årene og FNs klimapanel antar at denne temperaturøkningen i hovedsak er forårsaket av klimagassutslipp. Byggebransjen er skyld i deler av klimagassutslippene, og dette danner bakgrunnen for denne oppgaven.

Oppgaven omhandler i stor grad byggeprosjektet Åsveien skole, i Trondheim. Åsveien skole er et pilotprosjekt i statens satsing «Fremtidens byer». Dette innebærer at prosjektet benytter en rekke løsninger som presser utslippene av klimagasser kraftig ned.

Hovedmålet med oppgaven var å besvare tre forskningsspørsmål:

- 1) Hvilke holdninger har ulike aktører i byggeprosessen til å gjennomføre CO₂-besparelser?
- 2) Kan det settes en pris per kilo CO₂-ekvivalenter som spares ved byggeprosjektet Åsveien skole?
- 3) Tjenes merkostnadene inn, sett i et levetidsperspektiv?

For å besvare forskningsspørsmål nummer en ble intervju benyttet som metode. Intervjuobjektene var fire aktører med ulike roller i byggeprosessen ved Åsveien skole. Forskningsspørsmål nummer to og tre krevde kostnadsberegninger ved hjelp av et sammenligningsbygg og en omfattende prisoversikt. Sammenligningsbygget ble antatt å være bygd opp av vanlige og tradisjonelle løsninger, som oppfyller kravene i TEK 10, både når det gjelder bæresystem, tak, vegger og kledning. Prisdatabasene ble hentet fra Norsk Prisbok, og supplert med informasjon fra leverandører.

Intervjurunden ga et klart inntrykk av at bransjen er motivert for å gå i en mer klimavennlig retning. Alle aktørene så verdien av kunnskap rundt klimavennlig bygging, og var positive til dette. Det kom tydelig frem at aktørene så miljøengasjement som et potensielt konkurransefortrinn.

Hovedargumentet for å benytte klimagassregnskap.no er kunnskapen man erverver fra bruken av verktøyet. Konsekvenser av valg synliggjøres på en god måte, og produkters klimapåvirkning kan defineres som en vektet faktor. Ved å sette fokus på klimagassutslipp, gjennom klimagassregnskap.no, drives bransjen i en mer miljøvennlig retning. Her må bransjen satse på innovasjon og videreutvikling.

Merkostnaden ved å bygge løsninger som både senker klimagassutslippet og oppfyller kravene til passivhus ved Åsveien skole, er i følge beregningene omtrent 8,3 millioner kroner. Dette tilsvarer kun 2 % av byggets investeringskostnad. Kobles merkostnadene opp i mot CO₂-besparelsene kan kostnaden settes til 180 øre per sparte kg CO₂-ekv. Til sammenligning er CO₂-avgiften for bensin omtrent 40 øre/kg CO₂-ekv. Bygget har lavere energikostnader og vedlikeholdskostnader for blant annet utvendig kledning. Den økte investeringskostnaden tjenes dermed inn i løpet av en periode på 33 år.

Summary

The Earth's climate has changed noticeably over the last centuries and the IPCC assumes that this temperature increase is mainly caused by greenhouse gas emissions. The construction industry is responsible for a part of these, and this forms the background for this thesis.

This thesis is based on a case project, the construction project "Åsveien skole" in Trondheim. "Åsveien skole" is a pilot project in the state's investment project, "Fremtidens byer". This means that the project uses a variety of solutions that reduces the greenhouse gas emissions.

The main objective of this study has been to answer the following three research questions:

- 1) Which kind of attitudes do the different participants in the construction process have towards the implementation of CO₂-savings?
- 2) What is the price per kilo of CO₂-equivalents saved in the construction project "Åsveien skole"?
- 3) Are the additional costs due to CO₂-savings favorable from a lifetime perspective?

To answer question number one the interview method was applied. Four actors with different roles in the construction process were interviewed. Questions number two and three required cost calculations. To do this a comparative building and an overview over costs was needed. The comparative building is thought to be composed of common and traditional solutions, meeting the requirements of TEK 10, both in terms of grid systems, roof, walls and cladding. Price data were obtained from "Norsk Prisbok", and supplemented with information from suppliers.

The interviews gave a clear impression that the industry is motivated to go in a more environmentally friendly direction. All participants saw the value of knowledge about climate-friendly construction and seemed positive towards this change in the industry. It was clear that the participants saw environmental commitment as a potential competitive advantage.

The main argument for using klimagassregnskap.no is the knowledge gained from using this tool. Consequences of choices become visible in a comprehensible way and the product's carbon footprint can be defined as a qualifying factor. By focusing on greenhouse gas emissions, through klimagassregnskap.no, the society can encourage the construction industry to develop in a more environmentally friendly direction. Here the industry should focus on innovation and technological development.

The additional cost of building the projected solutions at "Åsveien skole" is, according to this thesis estimates, 8.3 billion NOK. This is equivalent to 2 % of the building's capital cost. If the CO₂-savings are connected to the additional costs the result is a cost of 1.80 NOK per kg CO₂

saved. For comparison, the CO₂-tax on gasoline is about 0.40 NOK/ kg CO₂-eq. The building has lower energy costs and maintenance costs. The increased investment cost is likely to be earned within a period of 33 years.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag	iii
Summary	v
Figurliste	xi
Tabelliste	xiii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.1.1 Klimasituasjonen i verden i dag	1
1.1.2 Utslipp fra byggebransjen	1
1.2 Formål.....	2
1.3 Begrensninger.....	2
1.4 Oppbygning.....	3
2 Teori.....	5
2.1 Statens satsning på miljø	5
2.1.1 Forskrift om tekniske krav til byggverk	5
2.1.2 Energimerkeforskriften	5
2.1.3 CO ₂ -avgiften	6
2.1.4 Fremtidens byer	6
2.1.5 TREbyen Trondheim	7
2.2 Klimagassregnskap.no	8
2.3 Passivhus.....	8
2.3.1 Passiv energidesign	9
2.4 Teknologier og løsninger	10
2.4.1 Massivtre	10
2.4.2 Ubehandlet trekledning	11
2.4.3 Lett-tak	11
2.4.4 Regnbed/fordrøyningsbasseng	13
2.4.5 Solskjerming	13
2.4.6 Overlys.....	14
2.4.7 Fjernvarme	14
2.5 Levetid	14
2.6 Ledelsesteori.....	17
2.6.1 Ledelsens rolle.....	18
2.6.2 Miljøledelse	18
2.6.3 Beslutninger	19
2.6.4 Motivasjon.....	21
2.6.5 Motivasjon for å bygge miljøvennlig.....	21
2.6.6 Lean	22
2.6.7 Miljøstyring.....	22

2.6.8	Styringsløyfen	24
2.7	Planlegging/prosjektering.....	24
2.7.1	Nytte/kostnad	25
2.7.2	Betalingsvillighet for miljøgoder	25
2.7.3	Energiforbruk.....	26
2.8	Utførelse	26
2.8.1	Kildesortering	27
2.8.2	Rent Tørt Bygg	27
2.8.3	Tetthetsmålinger	27
2.8.4	Tørking/oppvarming.....	27
2.8.5	Klimagassregnskap	28
2.8.6	Samsvar mellom prosjektering og utførelse	28
2.9	Drift.....	28
2.9.1	FDV-dokumentasjon.....	28
2.9.2	Energimerkeordningen.....	29
2.9.3	Drift og vedlikeholdskostnader	29
2.10	Relevante studier til sammenligning	30
2.10.1	Merkostnader	30
2.10.2	Inntjeningstid	30
3	Metode	31
3.1	Teorigrunnlag.....	31
3.2	Valg av undersøkelsesmetoder	31
3.2.1	Kvalitativ og kvantitativ metode	31
3.3	Del 1: intervju	31
3.4	Del 2 og 3: casestudie	33
3.4.1	Caseobjektet, Åsveien skole.....	34
3.5	Del 2: Kostnadsberegningene.....	35
3.5.1	Sammenligningsbygget	35
3.5.2	Kostnadsoversikt	36
3.6	Del 3: Inntjeningstidspunkt.....	38
3.7	Klimagassregnskapet, Åsveien skole	42
3.7.1	Energimodul-skolen.....	42
3.7.2	Energimodul- flerbrukshallen.....	43
3.7.3	Transportmodulen- skolen	43
3.7.4	Transportmodulen- flerbrukshallen	44
3.7.5	Konstruksjons og anleggsfasen	44
3.7.6	Materialmodul-skolen	45
3.7.7	Materialmodul-flerbrukshallen	45
3.7.8	Oppsummering.....	46

3.8	Elementer som ikke inngår i klimagassregnskapet	48
3.8.1	Tekniske installasjoner	48
3.8.2	Inventar	48
3.9	Metodikken bak klimagassregnskapet.no	48
	Eksempel 1: CO ₂ -besparelse ved å velge et dekke av massivtre sammenlignet med et hulldekkedekke	49
	Eksempel 2: CO ₂ -besparelse ved å velge yttervegg av massivtre sammenlignet med vanlig stenderverk	50
	Eksempel 3: CO ₂ -besparelse ved å velge lett-tak sammenlignet med en takkonstruksjon av hulldekker	50
3.10	Usikkerheter	51
4	Beregninger og resultater	53
4.1	Intervjuer	53
4.2	Merkostnader, Åsveien skole	59
4.3	Inntjeningspunkt for merkostnadene ved Åsveien skole:	64
5	Vurderinger	67
5.1	Del 1, Holdninger til miljøsatsing:	67
5.2	Del 2, Merkostnadene:	69
5.2.1	Utfordringer ved klimagassregnskap.no	69
5.2.2	Fordeling av klimagassutslippene	71
5.2.3	Fordeling av merkostnadene	72
5.2.4	Gjennomtenkte produktvalg	73
5.2.5	Utfordringer ved beregning av merkostnadene	77
5.2.6	Arealeffektivitet	77
5.2.7	Sammenligning	78
5.2.8	Utvikling fremover	79
5.3	Del 3, Inntjening:	80
5.3.1	Levetider	80
5.3.2	FDV-kostnader	81
5.3.3	Sensitivitetsanalyse	82
5.3.4	Valg av tiltak	83
5.3.5	Klimagassregnskap kan benyttes til benchmarking	84
5.3.6	Sammenligning	84
5.3.7	Pilotprosjekt	84
6	Konklusjon	87
7	Forlag til videre forskning	89
	Referanseliste	91
	Vedleggsliste	101
	Vedlegg 1: Oppgavetekst	103
	Vedlegg 2: Intervjuguide	106

Vedlegg 3: Dekker.....	107
Vedlegg 4: Lett-tak	108
Vedlegg 5: Yttervegger	109
Vedlegg 6A: Innvendige vegger, sammenligning av egenskaper og enhetspriser.....	110
Vedlegg 6B: Innvendige vegger, mengder og potensiell besparelse	113
Vedlegg 7: Søylar	114
Vedlegg 8: Isolasjon i grunn	116
Vedlegg 9: Vinduer	117
Vedlegg 10: Behandling av utvendig trekledning, investeringskostnad og vedlikehold....	118
Vedlegg 11: Merkestnader, flerbrukshallen	119

Figurliste

Figur 1: Karbonpriser i ulike sektorer (Hagen, 2012)	6
Figur 2: Kyotopyramiden, passiv energidesign	10
Figur 3: Detaljtegning av lett-tak. Inspirert av Lett-tak Systemer AS sine detaljtegninger.	12
Figur 4: Livsløpskostnader (Standard Norge, 2013)	15
Figur 5: Fordeling av utslipp gjennom stegene i byggets livssyklus (Seppo, 2004)	16
Figur 6: Årsaker til rehabiliteringsprosjekter (Aikivouri, 1999)	17
Figur 7: Økt forebygging gir reduserte totale miljøkostnader (Brataas, 1999)	19
Figur 8: Sammenheng mellom hvor i byggeprosessen beslutninger tas og hvor miljøpåvirkninger oppstår (Østfoldforskning v/Rønning et al., 2011)	20
Figur 9: Påvirkningsmulighet og kostnader som funksjon av tid (Haanæs, 2004)	21
Figur 10: Styringsløyfen for kontinuerlig forbedring (Standard Norge, 2004)	24
Figur 11: Energibruk i bruksfase og produksjon for en 10-20 år gammel bygning sammenlignet med et nytt passivhus. Inspirert av EeBGuide.	25
Figur 12: Fordeling av FDV-kostnader for en kontorbygning (Bjørberg, 2007)	29
Figur 13: Skisse av hoveddisposisjonen av tomta (Løvetanna landskap)	34
Figur 14: Illustrasjon Åsveien skole (Eggen Arkitekter)	35
Figur 15: Bæresystem Åsveien skole (Eggen Arkitekter)	37
Figur 16: Materialmodul for barneskolen (Eggen Arkitekter v/Solem, 2013)	47
Figur 17: Sammenstilling av materialmodul, barneskolen (Eggen Arkitekter v/Solem, 2013)	47
Figur 18: Differansen i kontantstrømmer for prosjektert bygg og sammenligningsbygget	65
Figur 19: Inntjeningspunkt for merkostnadene ved Åsveien skole	66
Figur 20: Fordeling klimagassutslipp, barneskolen	71
Figur 21: Fordeling klimagassutslipp, flerbrukshallen	71
Figur 22: Fordeling av merkostnadene	72
Figur 23: Sammenligning ulike bæresystemer (Eggen Arkitekter v/Solem, 2013)	73
Figur 24: Geometriens betydning for mengden yttervegg (SINTEF Byggforsk)	78
Figur 25: Sensitivitetsanalyse strømpris	82
Figur 26: Sensitivitetsanalyse merkostnad	83

Tabelliste

Tabell 1: Egenskaper ved passivhus-standard på yrkesbygg (Standard Norge, 2012).....	9
Tabell 2: U-verdier, TEK 10 (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010).....	9
Tabell 3: Klimagassutslipp ulike takkonstruksjoner (Eggen Arkitekter v/ Solem).....	12
Tabell 4: Eksempel på SINTEF Byggforsks levetidstabell.....	17
Tabell 5: Oppgradering til passivhus-standard (Lavenergiprogrammet, 2013).....	30
Tabell 6: Intervjuobjektene i denne oppgaven	33
Tabell 7: Krav til u-verdier (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010).....	36
Tabell 8: Kalkulasjonsrente (Direktoratet for økonomistyring)	38
Tabell 9: Beregnet netto energibehov og rammekrav i henhold til TEK 10 (COWI, 2013)	39
Tabell 10: Strømkostnader for tjenesteytende næringer (Trønderenergi Nett AS)	39
Tabell 11: Intervaller for vedlikehold og utskifting, 235 utvendig flater (SINTEF Byggforsk) ..	41
Tabell 12: Intervaller for vedlikehold og utskifting. 262 Taktekking (SINTEF Byggforsk)	42
Tabell 13: Oppsummering klimagassregnskap Åsveien skole-barneskolen.....	46
Tabell 14: Oppsummering klimagassregnskap Åsveien skole-flerbrukshallen	46
Tabell 15: CO ₂ -utslipp massivtredekke	49
Tabell 16: CO ₂ -utslipp hulldekke	49
Tabell 17: CO ₂ -utslipp massivtrevegg.....	50
Tabell 18: CO ₂ -utslipp stenderverksvegg	50
Tabell 19: CO ₂ -utslipp lett-tak	50
Tabell 20: CO ₂ -utslipp tak av hulldekke.....	51
Tabell 21: Omtrentlige isolasjonstykkelser[mm] for å tilfredsstille $u=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Betongelementforeningen, 2010).....	62
Tabell 22: Merkostnader (inkl. mva.) for å gå fra TEK 10 til passivhus etter NS 3701. Utsnitt fra tabell (Multiconsult/ SINTEF, 2012)	63
Tabell 23: Potensielle besparelser for prosjektet Åsveien skole	63
Tabell 24: Kostnad per kg CO ₂ -ekv. spart over byggets levetid	64
Tabell 25: Beregnede årlige energibesparelser.....	64
Tabell 26: Produktspesifikasjon, utsnitt fra NEPD nr.: 136N (NorBetong)	74
Tabell 27: Klimagassutslipp, utsnitt fra NEPD nr.: 136N (NorBetong)	74
Tabell 28: Sammenligning GWP og EPD betong	74
Tabell 29: Sammenligning utslipp gips og vindsperreduk.....	75
Tabell 30: Sammenligning utslipp EPS og XPS.....	75
Tabell 31: Resultater fra livsløpsanalyser av 1 m^2 malt utvendig panel og 1 m^2 ubehandlet innvendig panel (IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 1999)	76
Tabell 32: Differanse CO ₂ -utslipp behandlet og ubehandlet trekledning.....	76
Tabell 33: Oppsummering merkostnader for oppgradering til passivhus-standard	78
Tabell 34: Strømpris ved en nåverdi lik 0	82
Tabell 35: Merkostnad ved en nåverdi lik 0	83

1 Innledning

Bakgrunn for valg av tema, samt formål og begrensninger vil bli tatt opp i dette kapittelet. Avslutningsvis blir oppbyggingen av oppgaven presentert.

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Klimasituasjonen i verden i dag

Jordas klima har endret seg merkbart i løpet av de siste hundre årene, og spesielt de siste femti årene. Årene 2000-2010 var varmere enn 1990-årene, som igjen var varmere enn 1980-årene. FNs klimapanel antar at det er mer enn 95 % sikkert at over halvparten av temperaturøkningen siden 1950 er forårsaket av befolkningen på jorda. Det regnes som sannsynlig at gjennomsnittstemperaturen på den nordlige halvkule har vært høyere de siste tretti årene enn noen annen 30-årsperiode på 1 400 år.

Konsentrasjonen av klimagassene CO₂, metan og lystgass i atmosfæren har økt betydelig som et resultat av menneskelig aktivitet siden 1750. Dette har resultert i økt drivhuseffekt, og er trolig hovedårsaken til klimaendringene vi opplever.

Globale klimaendringer kan medføre alvorlige konsekvenser. Enkelte økosystemer vil ikke være i stand til å tilpasse seg den raske endringen, en rekke arter vil stå i fare for å utryddes, sykdommer som malaria og tropefeber kan forflytte seg til nye områder og endringer i nedbørsmønstre vil endre vilkårene for jordbruket. I tillegg kan ekstreme værforhold som storm og flom få endret hyppighet og styrke (Miljødirektoratet, 2013a).

Kyotoavtalen

Kyotoavtalen er en avtale som gir industrilandene forpliktelser i forhold til utslippsreduksjon. I perioden fra 2008 til 2012 skulle industrilandenenes samlede utslipp av de viktigste klimagassene reduseres med 5 % under 1990-nivå. Den prosentvise størrelsen på forpliktelsene varierte fra land til land. Færre industriland har for øvrig forpliktet seg til å redusere utslippene i perioden 2013-2020, sammenlignet med den første perioden (Miljødirektoratet, 2013a).

Norge setter også egne krav til utslipp og Klima- og miljødepartementet har som mål at Norge skal være karbonnøytralt innen 2050. Dette medfører en forpliktelse til å gjøre globale utslippsreduksjoner som motsvarer våre egne klimagassutslipp (Klima- og miljødepartementet).

1.1.2 Utslipp fra byggebransjen

Bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen blir kalt «40 % næringen». Dette kommer av at næringen står for 40 % av Norges energiforbruk, 40 % av materialbruken og 40 % av avfallsproduksjonen. Næringen står nå overfor store utfordringer for å endre disse tallene til det mer fordelaktige (Norsk Treteknisk Institutt, 2006).

For enkeltbygg finner 90 % av miljøbelastningene sted i bruksfasen. De resterende 10 % skyldes prosesser fra prosjektstart til ferdigstilling av bygningen (Multiconsult/Byggemiljø, 2004). For å redusere byggenæringens energiforbruk og miljøbelastning må bygninger altså både planlegges og prosjekteres med tanke på energieffektiv brukstid.

Miljøbelastningen kan reduseres på mange måter, for eksempel:

- Reduksjon av energiforbruk
- Tilrettelegging for størst mulig grad av passiv oppvarming og kjøling
- Å bygge bygninger med stor grad av tilpasningsdyktighet
- Å investere i løsninger og utstyr som er driftssikkert, driftseffektivt og med lang levetid
- Bruk av materialer som kan gjenvinnes eller gjenbrukes

Multiconsult og PriceWaterhouseCoopers (2008) har kartlagt tilstanden til den offentlige bygningsmassen. De konkluderte med at det eksisterer et stort vedlikeholdsetterslep. Grovt sett kan bygningsmassen deles inn i tre. En tredjedel fremstår som i god eller tilfredsstillende tilstand og en tredjedel fremstår delvis utilfredsstillende og har behov for korrigerende tiltak. Den siste tredjedelen fremstår som utilfredsstillende, til dels dårlig, og har store tekniske oppgraderingsbehov. Med et så stort oppgraderingsbehov er det klart at bygningenes livssyklus-kostnader må få større fokus.

Det er forsøkt vist at vi står ovenfor store miljøutfordringer og at byggebransjen har et ansvar her. Utviklingen må gå fra kun å tenke økonomi, til å kombinere tanker om økonomi, miljø og livsløp. Denne oppgaven er basert på dette.

1.2 Formål

Opgaven ble bygd opp rundt en hypotese: «aktørene i byggebransjen tror ikke klimagassreduksjoner er økonomisk lønnsomme». For å undersøke hypotesen søker oppgaven å besvare tre delspørsmål:

- 1) Hvilke holdninger har ulike aktører i byggeprosessen til å gjennomføre CO₂-besparelser?
- 2) Kan det settes en pris per kilo CO₂-ekvivalenter som spares ved byggeprosjektet Åsveien skole?
- 3) Tjenes merkostnadene inn, sett i et levetidsperspektiv?

1.3 Begrensninger

Denne oppgaven omhandler kun et spesifikt prosjekt. Dette prosjektet er Åsveien skole. Dette begrunnes med at dette prosjektet er et foregangsprosjekt, og få andre prosjekter kan sammenlignes med dette. I tillegg kommer tilgjengelig tid inn som et viktig element.

Intervjuene er begrenset til fire aktører i byggeprosessen ved Åsveien skole. Disse fire er valgt ut fordi de ble vurdert som mest sentrale, samtidig som de representerer helt forskjellige roller.

Forfatterens bakgrunn og kompetanse, fra Bygg- og miljøteknikk ved NTNU, kan kanskje ha påvirket hvilke tema oppgaven vektlegger samt diskusjonen rundt funnene.

1.4 Oppbygning

Kapittel 1:

Innledende kapittel som gir informasjon om rapportens bakgrunn, problemstilling og avgrensning. Denne oppgaven forsøker å besvare tre forskningsspørsmål som ble presentert i kapittel 1.2.

Kapittel 2:

Dette kapittelet representerer det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Deler av teorien er tatt med for å oppnå helhetsforståelse. Første delkapittel gir en kort innføring i statens satsing på miljø. Deretter følger teori rundt klimagassregnskap.no, passivhus, ulike miljøvennlige teknologier og løsninger, levetid og miljøledelse. Avslutningsvis presenteres utfordringer, muligheter og ansvar for fasene prosjektering, utførelse og drift.

Kapittel 3:

I kapittel tre presenteres metodene for oppgaven samt vurderingene rundt valgene av disse. Metodekapittelet skiller mellom intervjuer og casestudiet. Intervju benyttes for å besvare forskningsspørsmål nummer 1, mens et casestudie skal besvare forskningsspørsmål nummer 2 og 3. Se kapittel 1.2 for presentasjon av forskningsspørsmålene. I forbindelse med casestudiet presenteres også klimagassregnskapet for Åsveien skole, samt metodikken bak dette.

Kapittel 4:

Da oppgaven består av tre forskningsspørsmål presenteres resultatene i tre deler i dette kapittelet.

Kapittel 5:

Diskusjonsdelen deles i likhet med resultatdelen i tre. Her knyttes resultatene opp i mot teorien presentert i kapittel 2, og de kvantitative resultatene sammenlignes med tilsvarende studier. Feilkilder og antakelser gjort i oppgaven diskuteres også.

Kapittel 6:

Konklusjonen forsøker å besvare de tre forskningsspørsmålene, presentert i kapittel 1.2, på best mulig måte.

Kapittel 7:

Avslutningsvis angis muligheter og anbefalinger for videre arbeid.

I oppgavens vedlegg finnes oppgaveteksten, intervjuguiden og beregningene bak forskningsspørsmål 2 og 3.

2 Teori

Dette kapitlet gir en grundig gjennomgang av teori og informasjon som resten av oppgaven vil bygge på.

2.1 Statens satsning på miljø

Statlige myndigheter legger føringene for miljøvennlig planlegging, bygging og drift gjennom lovgivning, lån og tilskudd, avgiftspolitik, informasjonsformidling og opplæring.

Myndighetene gir også støtte til pilotprosjekter, forskning og utvikling. Kunnskap er en viktig innsatsfaktor for å bedre miljøtilstanden i sektoren. Staten er dessuten en betydelig byggherre og byggeier og kan gjennom dette gå foran som et forbilde for andre byggherrer og byggeiere (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009).

I 2010 hadde Norge et CO₂-utslipp per innbygger lik 11,71 tonn, noe som er langt over gjennomsnittet i verden. Til sammenlikning er tilsvarende tall fra Somalia og Etiopia 0,08 og for USA 17,50 tonn CO₂ per innbygger (FN-sambandet, 2010).

2.1.1 Forskrift om tekniske krav til byggverk

Gjeldende Byggteknisk forskrift, TEK 10, stiller generelle krav til miljø slik at bygg skal planlegges og produseres for en lavest mulig miljøbelastning.

§ 9-1. Generelle krav til ytre miljø

«Byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives, og avfall håndteres, på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljø» (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010).

§ 9-2. Helse- og miljøskadelige stoffer

«Det skal velges produkter til byggverk uten, eller med lavt, innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer» (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010).

2.1.2 Energimerkeforskriften

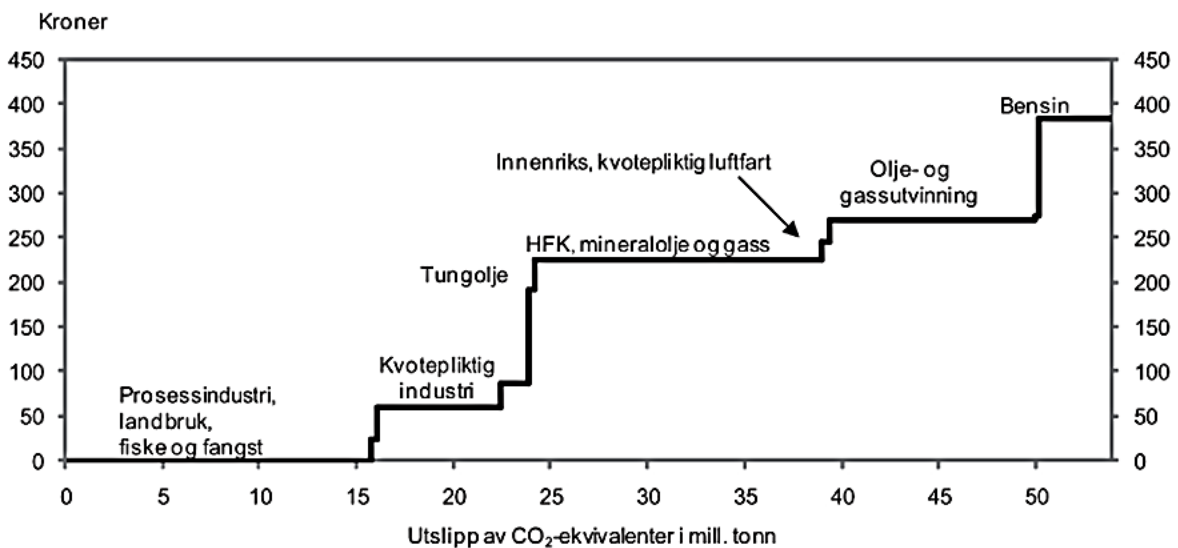
Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg tredde i kraft 1. januar 2010.

Forskriftens formål er definert, i § 1, som følger:

«Forskriften skal bidra til å sikre informasjon til markedet om boliger, bygningers og tekniske anleggs energitilstand og mulighetene for forbedring, for derigjennom å skape større interesse for konkrete energieffektiviseringstiltak, konkrete tiltak for omlegging til fornybare energikilder, og gi en riktigere verdsetting av boliger og bygninger når disse selges eller leies ut» (Lovdata, 2009).

2.1.3 CO₂-avgiften

CO₂-avgiften er et viktig virkemiddel i klimapolitikken. Avgiftens formål er miljømessig begrunnet og avgiften skal redusere utslippet av klimagassen CO₂. CO₂-avgiften ble innført i 1991, men det er gjort flere endringer i avgiftsgrunnlaget siden da. Avgiftssatsene varierer fra omtrent 25 kr/tonn CO₂-ekvivalenter for naturgass til omtrent 400 kr/tonn CO₂-ekvivalenter for bensin. Dette er illustrert i Figur 1. Det gis fritak, refusjon for eller tilskudd for andel biodiesel i mineralolje og bioetanol i bensin (Miljødirektoratet, 2013b).



Figur 1: Karbonpriser i ulike sektorer (Hagen, 2012)

2.1.4 Fremtidens byer

Fremtidens byer er et statlig satsingsprosjekt. For å få status som pilotprosjekt, i programmet Fremtidens byer, kreves bruk av en rekke løsninger som presser utslippene av klimagasser kraftig ned. Prosjektene baseres derfor på bærekraftige løsninger og skal redusere klimagassutslippene knyttet til både transport, stasjonær energi og byggematerialer.

Framtidens byer er et samarbeid mellom staten og de 13 største byene i Norge. Målet er å redusere klimagassutslippene, og dermed gjøre byene bedre å bo i. Byer står for 80 % av alle utslipp av drivhusgasser i verden. I Norge bor 80 % av befolkningen i byer og tettsteder. Dersom byene greier å redusere sine klimagassutslipp, vil det følgelig utgjøre en stor forskjell.

Programmet Fremtidens byer går fra 2008 til 2014. De 13 byene som deltar er Oslo, Bærum, Drammen, Sarpsborg, Fredrikstad, Porsgrunn, Skien, Kristiansand, Sandnes, Stavanger, Bergen, Trondheim og Tromsø. Gjennom programmet deles gode ideer til klimavennlig byutvikling og det oppmuntres til samarbeid mellom næringsliv, region og stat.

Miljøvennlige byer er gode byer å bo i. Framtidens byer er bygget tett, slik at innbyggerne kan gå og sykle i stedet for å kjøre bil. Dette reduserer forurensningen og gir mer plass til sykkelstier og parker. I tillegg fører dette til en vakrere by og en sunnere befolkning. Økt

grøntareal gir også mindre flomrisiko grunnet opptak av regnvann i parkene (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2013).

Fremtidens byers arbeid er delt inn i fire satsningsområder:

- 1) Areal og transport: redusere bilbruken, forbedre kollektivtilbudet og begrense behovet for transport gjennom arealbruken.
- 2) Energi i bygg: redusere energibruken samt øke bruken av fornybar energi.
- 3) Forbruk og avfall: minimere klimagassutslippet for varer og tjenester. Redusere avfallsproduksjonen.
- 4) Klimatilpasning: redusere sårbarheten overfor langsiktige klimaendringer og tider med ekstremvær (Fremtidens byer, 2010).

Fremtidens byer er et samarbeid som skal sørge for at det hele tiden bygges byer folk vil bo i (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2013). Fremtidens Bygg og FutureBuilt er begge prosjekter som er en del av Fremtidens byer. FutureBuilt utvikler forbildeprosjekter i byene i Oslo-regionen, mens Fremtidens Bygg har ansvaret for de 10 øvrige byene (Norske arkitekters landsforbund, 2012).

Brøset prosjektet

Fremtidens byers mest fremtredende prosjekt i Trondheim er «Brøset prosjektet». Brøset er Trondheims pilotprosjekt innen områdeplanlegging.

På Brøset, 4 km fra Trondheim sentrum, utvikles en bydel for 3 500 innbyggere. Visjonen for Brøset er et CO₂-utslipp på mindre enn tre tonn per innbygger per år. Her utvikles en framtidsrettet bydel hvor det skal være enkelt å velge å leve miljøvennlig.

Den miljøvennlige livsstilen skal oppnås gjennom bildeling og tilrettelegging for syklist, fotgjengere og kollektivtrafikk. Prinsippet fortetting er viktig, og det er fokus på arealeffektivitet samt tett bygningskropp. For å unngå oversvømming ved store nedbørmengder planlegges fordrøyning, grønne tak og permeable flater. Kildesortering og kompostering inngår også som en viktig del av miljøprofilen (Fremtidens Bygg, 2011).

2.1.5 TREbyen Trondheim

TREbyen Trondheim er et byutviklingsprosjekt som skal bidra til en videreutvikling av treprosjekter i Trondheim og Trondheimsregionen. For det første skal prosjektet rette oppmerksomheten mot særpreget i trehusbebyggelsen. For det andre skal det fremheve tre som et miljøvennlig og fremtidsrettet bygningsmateriale (Trondheim kommune, 2014).

Prosjektet TREbyen Trondheim har eksistert siden 2006. En ny prosjektplan ble vedtatt i 2011. Da ble det lagt inn som et delprosjekt under Framtidens byer (Regjeringen).

2.2 Klimagassregnskap.no

Klimagassregnskap.no er et web-basert beregningsverktøy for klimagassutslipp fra bygg og byggeprosjekter. Beregningsverktøyet er utviklet av Statsbygg, og skal hjelpe til å foreta riktige valg mot et minst mulig klimagassbelastende bygg. Dette verktøyet viser klimagassutslippet gjennom et byggs livsløp samt synliggjør utslippsendringer ved valg av ulike løsninger.

Klimagassregnskap.no beregner det totale klimagassutslippet, både direkte og indirekte utslipp. Klimagassregnskap.no inneholder moduler til å beregne utslipp knyttet til:

- 1) Materialer som inngår i bygget
- 2) Konstruksjons- og anleggsfasen (energi, transport)
- 3) Oppvarming og kjøling ved bruk av bygget
- 4) Transport av personer og varer ved bruk av bygget (Statsbygg, 2010)

2.3 Passivhus

For at et bygg skal oppfylle passivhus-standard må det tilfredsstillere strenge krav til varmetap, tetting, energibruk etc. Dette oppnås gjennom lave u-verdier (varmetapsverdier) for vegger, gulv, tak, vinduer og dører, og minimering av luft- og varmelekkasjer. Begrepet passivhus gjenspeiler bruken av *passive* løsninger med lang levetid.

Det er mange fordeler ved passivhus i bruksfasen:

- Lavt energiforbruk og redusert behov for oppvarmingsinstallasjoner
- Større innredningsfleksibilitet pga. færre radiatorer
- Energisikkerhet, bedre rustet mot potensielle energikriser
- Bedre komfort, gode vinduer eliminerer kald trekk
- Høyere markedsverdi pga. energimerkingen

Erfaringer så langt viser at økningen av byggekostnadene, for å oppnå passivhus-standard, ligger i området 0 - 10 % (Husbanken, 2013). Dette avhenger noe av standarden på sammenligningsgrunnlaget. Merkostnadene er høyere dersom man sammenligner med bygg uten mekanisk ventilasjon enn ved sammenligning med bygg som allerede har et balansert ventilasjonssystem (Klinski, 2012). Uansett sammenligningsgrunnlag vil passivhus medføre høyere kostnader enn tradisjonelt. Valg av passivhus må derfor ses på som en langsiktig investering (Husbanken, 2013).

Kriteriene for passivhus og lavenergihus er fastsatt i Norsk Standard. NS 3700 gjelder for boliger og NS 3701 for yrkesbygg.

Krav til egenskaper ved passivhus-standard på yrkesbygninger vises i Tabell 1.

Tabell 1: Egenskaper ved passivhus-standard på yrkesbygg (Standard Norge, 2012)

Egenskap	Kriterie
U-verdi vindu og dør	$\leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Normalisert kuldebroverdi	$\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Årsgjennomsnittelig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	$\geq 80 \%$
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$\leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$
Lekkasjetall ved 50 Pa	$\leq 0,60 \text{ h}^{-1}$

Standarden stiller i tillegg krav til at bygningen skal oppfylle minstekrav i Byggeteknisk forskrift (TEK 10). Dermed skal også kravene i Tabell 2 oppfylles. I praksis blir disse verdiene langt innenfor kravet for å greie å nå kravene i tabellen over.

Tabell 2: U-verdier, TEK 10 (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010)

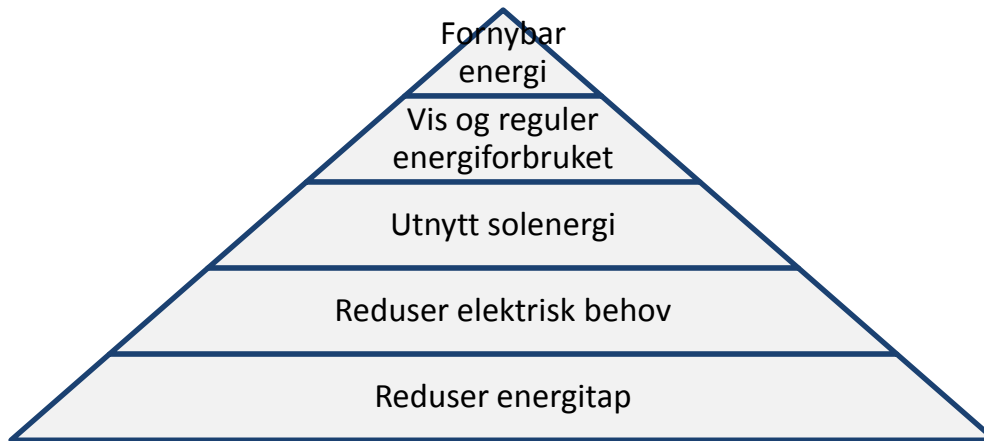
Egenskap	Kriterie
U-verdi yttervegg	$\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
U-verdi tak	$\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
U-verdi gulv	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Innføring av krav vedrørende passivhus diskuteres både politisk og i byggenæringen i Norge. Det antas i en rapport av SINTEF fra 2009 at bygging med passivhusnivå som forskriftskrav vil medføre noe høyere byggekostnader enn hva som er tilfelle i dag. Samtidig forventes det ikke at de økte kostnadene vil være noe betydelig problem for byggebransjen eller samfunnet generelt. Dette skyldes at merkostnadene vil ramme alle som bygger på lik linje. I tillegg kan man se for seg at kostnadsøkningene spises opp av innskjæringer andre steder (Lassen, 2009).

2.3.1 Passiv energidesign

Passive energiløsninger skal minimere varmetapet gjennom ulike tiltak på bygningskroppen. Passiv energidesign har totalt 5 trinn for å oppnå redusert energibehov. Disse trinnene er vist i Figur 2 og er som følger:

- 1) Redusere varmetapet fra boligen gjennom arealeffektivitet, isolasjon og balansert ventilasjon.
 - 2) Redusere elektrisitetsforbruket til lys og utstyr ved å velge energieffektive løsninger.
 - 3) Utnytt solenergien: passiv solenergi, solskjerming eller solfangeranlegg.
 - 4) Vis og kontroller energibruken. Tilbakemelding til beboerne er essensielt.
 - 5) Velg effektiv energiforsyning. (Fordelaktig med fjernvarme i byene og biobrensel i distriktene.)
- (Husbanken, 2013)



Figur 2: Kyotopyramiden, passiv energidesign

2.4 Teknologier og løsninger

Teknologier og løsninger som benyttes i caseprosjektet, og presenteres i metodekapittelet av denne oppgaven, er massivtreelementer, ubehandlet trekledning, lett-tak, betongelementer, fjernvarme, regnbed, solskjerming med mer. I de neste avsnittene følger en innføring samt fagpersoners vurderinger av disse løsningenes miljøpåvirkning.

2.4.1 Massivtre

Prinsippet for et konstruksjonssystem av massivtre er at trevirke sammenføres til elementer ved spikring, liming, bruk av tredybler eller strekkstag. Både etasjeskillere, veggelementer, takelementer, balkonger og svalganger kan utføres i massivtre.

En av de viktigste fordelene med massivtre er den korte byggetiden. Når bygget er satt opp kreves heller ingen uttørking, og bygget er dermed raskt klart til bruk. Massivtreelementer har lav vekt. Dette kan gi besparelser ved fundamentering, håndtering av bærekonstruksjonene på byggeplass og transport (Norsk Treteknisk Institutt, 2011).

Bygg med synlige treoverflater gir en spesiell følelse. Dette kan skyldes inntrykk og akustikk, men også evnen trekonstruksjoner har til å jevne ut døgnvariasjoner i relativ luftfuktighet og temperatur (Norsk Treteknisk Institutt, 2011).

Trevirke er et av de mest miljøvennlige byggematerialene vi har tilgjengelig i Norge (Norsk Treteknisk Institutt, 2006). Tre er en fornybar ressurs som er lite ressurskrevende ved bearbeiding til elementer, og binder i tillegg CO₂. Det er stort potensiale for CO₂-reduksjoner ved lagring i trebaserte byggematerialer (Norsk Treteknisk Institutt, 2011). Dersom trehusbebyggelsen i Europa økes med 10 %, vil dette medføre nok lagret CO₂ til 25 % av Kyotoprotokollens målsetning (Norsk Treteknisk Institutt, 2006). Massivtreelementer er også velegnet når det gjelder gjenbruk og energigjenvinning, og bidrar dermed til bedre utnyttelse av tømmer som råstoff. Få sjikt gir i tillegg enklere kildesortering og dermed økte muligheter for gjenbruk (Norsk Treteknisk Institutt 2011).

Årlig avvirkning av tømmer i Norge utgjør omtrent en tredjedel av årlig tilvekst. Det er dermed stort potensial til å øke avvirkningen og dermed tilgangen til miljøvennlig trevirke (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009).

2.4.2 Ubehandlet trekledning

Ubehandlet trekledning velges ofte ut i fra en prioritering av miljø. Det blir ikke brukt kjemiske midler til overflatebehandling og det ubehandlede treet behøver ikke vedlikehold. Sett over tid, kan derfor en ubehandlet trefasade også være økonomisk fordelaktig. Det er viktig å velge tresorter som finnes i Norge, slik at man unngår lang transport og unødvendig miljøpåkjenning.

Trevirke utendørs blir relativt raskt farget grått. Dette skyldes hovedsakelig effekten av svertesopper og fuktighet. Svoveldioksid og jern i atmosfæren har også en innvirkning på gråningen (Norsk Treteknisk Institutt, 2009).

Følgende påkjenninger påvirker *fargeendringer* i trevirket:

- Kjemiske: fukt, regn, kondens, forurensning og støv.
- Fysisk: solstråling, UV og IR.
- Biologiske: bakterier, sopp, alger og insekter.

Følgende påkjenninger påvirker de *fysiske egenskapene og slitasje*:

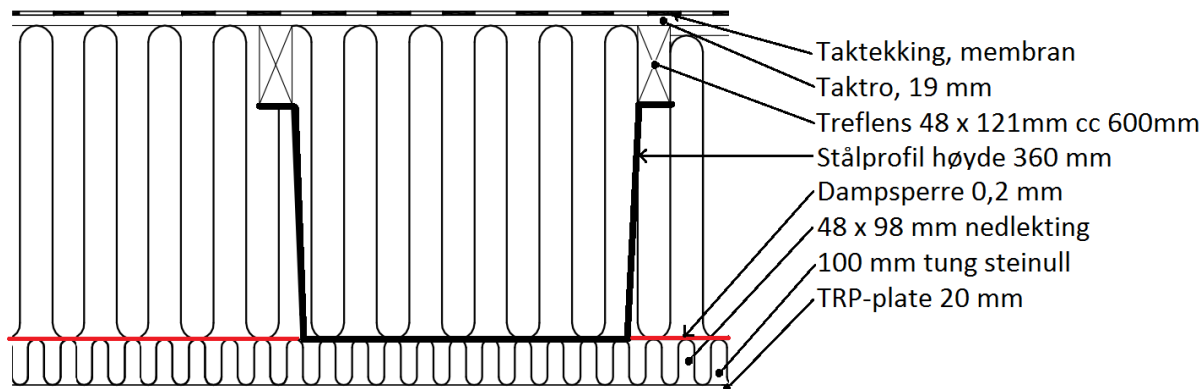
- Termiske: både varme og frost.
- Mekaniske: vind, snø og sand, samt bevegelser i treet.

Gråfargingen på grunn av sopp og metaller i kombinasjon med fuktighet er kun et overflatefenomen, og reduserer ikke trevirkets levetid i noen betydelig grad. I den grå overflaten er det imidlertid løse trefibre på grunn av soppvekst og nedbrytning av de ytterste vedcellene, som fører til fliskritting. Dette er ufarlig, men fører til redusert vedheft ved senere overflatebehandling direkte på den grå overflaten uten forbehandling.

Vanligvis vil bygget farges ujevnt på grunn av kompleksitet i geometrien. Ønsker man at treet skal farges jevnt, må utstikk unngås og fasaden må planlegges mest mulig glatt (Norsk Treteknisk Institutt, 2009).

2.4.3 Lett-tak

Lett-tak består av varmforsinkete tynnprofiler av stål i nedre flens. Øvre flens er plater av kryssfiner samt rekker i tre som fungerer som kuldebryter. Over finerplaten legges underlagspapp eller Protan PVC takbelegg. På undersiden av elementet legges en steinullplate for å tilfredsstille brannkrav REI 60 og en himlingsplate av stål (Lett-tak Systemer AS). Dette er illustrert i Figur 3.



Figur 3: Detaljtegning av lett-tak. Inspirert av Lett-tak Systemer AS sine detaljtegninger.

Det er mange fordeler ved å velge lett-tak. Lange spenn og svært kort byggetid er to av dem (Lett-tak Systemer AS). I tillegg er det miljømessig fordelaktig å benytte lett-tak. En sammenligning av CO₂-beregninger for taksystem av hulldekker, massivtre og lett-takselementer viser at lett-takkonstruksjonen medfører utslipp av færrest kg CO₂-ekvivalenter per m², se Tabell 3.

Tabell 3: Klimagassutslipp ulike takkonstruksjoner (Eggen Arkitekter v/ Solem)

Takkonstruksjon	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Hulldekke betong	145-148
Massivtre	89-92
Lett-tak	62-82

Sedumtak

Sedumtak er et alternativ til lett-taket med svært gode miljømessige fordeler. Sedum er en plantefamilie av urter og sukkulenter som klarer seg med et tynt lag jord og tåler tørke. Sedumtak kan også inneholde mose eller gress og leveres som ferdigdyrkede matter med en tykkelse på omtrent 35 mm. Denne løsningen velges ofte av estetiske hensyn. (Norske arkitekters landsforbund, 2006a). En typisk oppbygning av et sedumtak er sedummatte, filterduk, drensplate og vanntett membran (Byggros).

Plantene krever nesten ikke vedlikehold og sedumtak kan legges på både asfalt, blikk og betong. En begrensning er at taket bør ha en helning på mindre enn 27 grader.

Sedumtak har en miljøgevinst ved at det vil oppta ca. 30-40 % av nedbørsmengden. Dette vannet vil da fordampe i stedet for å renne av taket, noe som utgjør en god avlastning for det kommunale avløpsnett. Sedumtaket vil isolere taket mot både varmeavgivelse og overoppheting. Dette vil igjen kunne føre til redusert oppvarmings- og kjølebehov i bygget. Sedumtak er helsemessig fordelaktig ved at det binder støv i byområder. I tillegg tilfører taket grønne flater til boligområder, noe mange ser som estetisk viktig.

Tiltaket er ikke lønnsomt ut fra en økonomisk synsvinkel da sedumtak vil gi en merkostnad pr. m² på 500-600 kr sammenlignet med for eksempel takpapp. Likevel vil levetiden til taket forlenges sammenlignet med takpapp da sedumen jevner ut temperaturforskjeller og utelukker UV-strålingen som asfalt takbelegg er utsatt for.

For sedumtak øker risikoen og barrierene ved en lekkasje, da det vil være vanskelig å finne skaden i takbelegget (Norske arkitekters landsforbund, 2006a).

Grønne tak kan i prinsippet deles i to kategorier: intensive- og ekstensive tak. Sedumtak er ekstensive tak. Det vil si at de tåler mye tørke og næringsfattig jord. Vedlikeholdet er i tillegg lite, noe som tilsvarer at taket behøver ettersyn kun en til to ganger årlig. Intensive tak kan i prinsippet inneholde de fleste arter, og krever mye stell på lik linje med park- og hageanlegg. Det meste en kan bygge av hageanlegg på bakken kan også bygges på taket (Ekle, 2011).

2.4.4 Regnbed/fordrøyningsbasseng

Et regnbed er et slags blomsterbed med arter som trives i mye vann. Regnbedet ser ut som en grunn forsening i jorda. Regnvann strømmer ned i regnbedet fra takrenner, asfalterte plasser og grøfter, men vannet står kun en kort stund før det trekker ned i jorda. Et regnbed har altså ikke vann stående over tid, og siden vanndybden er kun omtrent 20 cm, er ikke regnbed en fare for små barn (Trefokus, 2012).

I byene bygges det etter en vedtatt fortettingspolitikk. Dette reduserer grønne overflater og øker tette flater, noe som igjen øker presset på allerede overfylte avløpsnett og fører til at stadig mindre vann ledes til grunnvann.

Regnbed bør kombineres med andre grønne tiltak, som wadier, grønne tak(sedumtak), åpne kanaler, våtmark, gjenåpning av lukkede vannføringer med mer. Da vil regnbed rense, forbruke og fordrøye vann, og i tillegg bidra til å senke flomtopper (Ekle, 2011).

2.4.5 Solskjerming

Montering av solskjerming kan redusere det totale innslippet av sol til rommet og dermed også lufttemperaturen. En lavere lufttemperatur gir et redusert kjølebehov og dermed et redusert energibehov.

Det finnes både innvendig og utvendig solavskjerming. Utvendig solskjerming stopper solvarmen utenfor rommet og gir det beste resultatet. Lysinnet kan ofte reguleres ved å justere lamellvinkelen på persiennene.

Innvendig solavskjerming er løsninger der solskjermingen er integrert i fasaden. Dette kan for eksempel være inntrukne vinduer eller en perforert skjerm foran glasset. Disse løsningene kan gi både solskjerming og utsyn samtidig.

Lønnsomheten ligger primært i redusert kjølebehov. Effekten er avhengig av at solskjermingen brukes riktig, altså at persiennene er nede når de skal. Mest brukssikkert er motoriserte persiener med solfølere. Motoriserte persiener har høyere

investeringskostnad enn manuelle, men erfaringsmessig er det likevel lønnsomt dersom man regner årskostnader (Norske arkitekters landsforbund, 2006b).

2.4.6 Overlys

Overlys er lysåpninger i taket, fortrinnsvis i rom som ikke grenser mot yttervegger eller hvor en spesiell lyseffekt er ønskelig (f.eks. i gallerier). Overlys kan bestå av egne takoppbygg med vinduer, glassbetong eller plastkupper (Store Norske Leksikon, a).

2.4.7 Fjernvarme

Fjernvarme innebærer oppvarming av vann og kan i praksis sammenlignes med et sentralvarmeanlegg. Vannet benyttes til vannbåren gulvvarme eller radiatorer, og til oppvarming av tappevann (Statkraft).

Fjernvarme er basert på ulike energikilder som oljekjel, el-kjel, gass, flisfyring, varmpumper, men primært forbrenning av avfall. Avfallsforbrenning gir noe CO₂-utslipp, men mindre enn både olje, gass og el. De verste miljøvirkningene ved forbrenning skyldes utslipp til luft av tungmetaller som kadmiom, kvikksølv og bly, og av giftige organiske forbindelser som PAH og dioksiner. De totale utslippene til miljøet avhenger blant annet av om avfall med høyt innhold av miljøgifter sorteres ut før forbrenning, hvor god forbrenningsprosessen er, og hvor godt røykgassen renses (Ecobox, 2006).

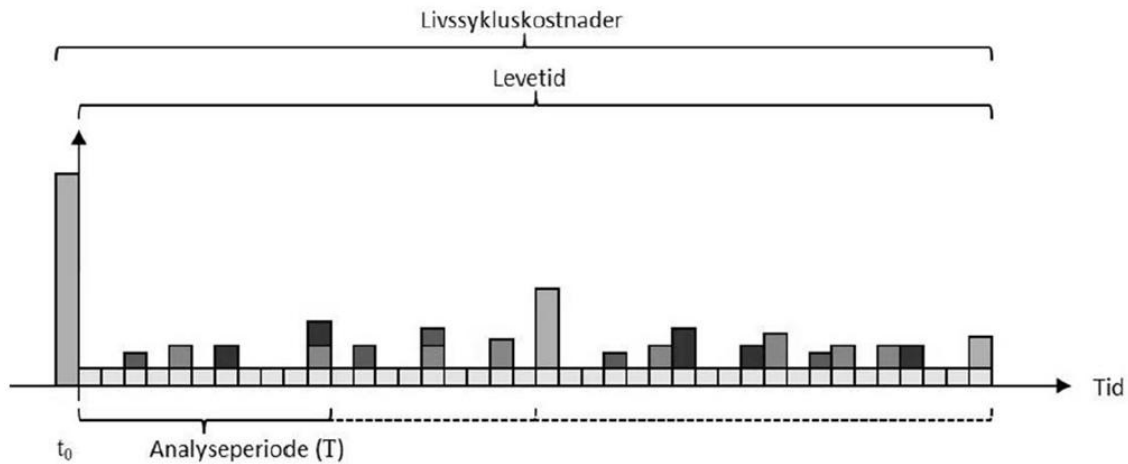
2.5 Levetid

LCC er en forkortelse for «Life Cycle Costing» eller livssyklus kostnader. Livssyklus kostnader omfatter alle kostnader i løpet av en bygnings eller bygningsdels levetid. Livssyklus kostnader beregnes på bakgrunn av Norsk Standard 3454, «Livssyklus kostnader for byggverk- Prinsipper og klassifisering». Figur 4, hentet fra Norsk Standard, viser et eksempel på hvordan livssyklus kostnader kan fordele seg for en bygning.

LCC muliggjør sammenligning av alternativer for et bedre beslutningsgrunnlag. I lov om offentlige anskaffelser: om lavest mulig kostnader og miljømessige konsekvenser gjennom livsløpet, paragraf 6 stilles krav til LCC og miljø.

Kommunal- og moderniseringsdepartementet uttalte i stortingsmelding fra 2003/2004 at investering i kvalitet som reduserer de langsiktige kostnadene, er forsvarlig i enkelte tilfeller. Dersom løpende driftsutgifter reduseres betydelig, eller om investeringen utsetter eller overflødiggjør et vedlikeholds- eller endringsarbeid bør den gjennomføres.

Det ble også fastslått følgende: *«Jo lengre en bygningsdel holder, uten at den behøver repareres eller byttes ut, jo lavere blir de langsiktige total kostnadene både for eier og samfunnet forøvrig. Ved å velge produkter med lave livsløps kostnader kan selv løsninger som gir høyere pris på oppføringstidspunktet vise seg å være økonomisk lønnsomme over tid. Det fordi de gir reduserte drifts- og forvaltningskostnader på lang sikt. De langsiktige kostnadene påvirkes imidlertid av den pris man betaler for produktet i utgangspunktet, blant annet pga. renteutgifter»* (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2003-2004).



Figur 4: Livsløpskostnader (Standard Norge, 2013)

Livsløpsplanlegging for bygninger består av tre hoveddeler:

1. Livssyklus kostnader (Life Cycle Costing, LCC): Optimalisering av bygningsdrift.
2. Tilpasningsdyktighet: En bygnings mulighet til å endres i samsvar med endringer i krav og behov hos kjernevirksomheten. Det er tre ulike begreper for tilpasningsdyktighet:
 - Generalitet: Evnen til å inneha ulike funksjoner.
 - Elastisitet: Mulighet for å utføre påbygg eller tilbygg, eventuelt seksjonere.
 - Fleksibilitet: Evnen til å endre en planløsning.
3. Miljøbelastninger (Life Cycle Analysis, LCA): Begrense ressursbruk, miljøfarlige stoffer og avfall (Multiconsult, 2007).

Det viktigste med en LCC-vurdering vil være å belyse konsekvensen i forhold til årskostnad ved ulike investeringsalternativer som en del av beslutningsunderlaget. I et forsøk på å få kunden til å fokusere på viktigheten av størrelsen på vedlikeholdskostnadene nevnes i enkelte tilfeller 1:5:200 størrelsesforholdet. Dette forteller at for hver krone som blir brukt på investeringen, brukes fem på vedlikehold og operasjonell drift og 200 på bemanning og lønn. Ratioen er selvfølgelig avhengig av mange variabler, blant annet levetid. I dette tilfellet skal tallene forklare en tidsperiode på 30 år og er knyttet til kontorbygg (Evans et al., 1998). Andre påpeker at dette ikke er realistisk og foreslår at dette forholdet er 1:0.4:12 (Hughes et al., 2004).

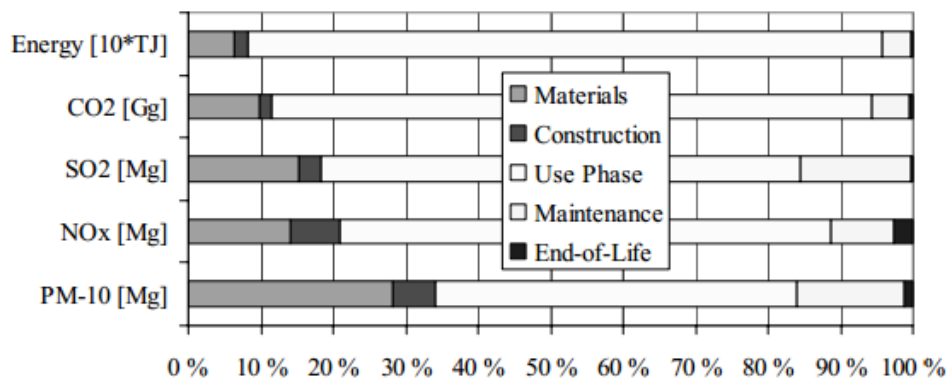
Selv om man ikke tar ratioen helt bokstavelig, belyser den at investeringskostnaden i et byggeprosjekt tradisjonelt sett er relativt lav dersom man sammenligner med kostnadene til forvaltning, drift, vedlikehold og operasjonell drift.

Ved å analysere livssyklus kostnader allerede i tidlig fase i prosjektet, har man større mulighet for å gjøre gode valg med tanke på drifts- og vedlikeholdskostnader. Det som ser billig ut ved første øyekast, er ikke alltid det billigste for bygget over tid. I tillegg bør man ta

hensyn til kostnader i forbindelse med rehabiliteringer og ombygging. Konklusjonen bør være å forsøke å redusere driftskostnader samt å øke tidsrommet frem til rehabilitering.

Junnila Seppo har gjennomført en undersøkelse, i forbindelse med sin doktorgradavhandling, om fordelingen av utslipp over livstiden til et bygg. Hun gjennomførte studien på tre kontorbygg i Finland og et i USA. Resultatene fra Finland viste at 15 % av utslippene kunne knyttes til materialer, 4 % til selve byggingen, 71 % til bruk, 10 % til vedlikehold og 1 % til rivingen av bygget (Seppo, 2004). Dette er illustrert i Figur 5 og selv om disse er basert på data fra Finland ses resultatet som i stor grad overførbart til norske forhold.

De tilsvarende tallene fra studieobjektet i USA er forøvrig 13 %, 5 %, 70 %, 9 % og 3 %. Dette innebærer altså en maksimal differanse for de ulike parametrene på kun 2 % (Seppo, 2004).



Figur 5: Fordeling av utslipp gjennom stegene i byggets livssyklus (Seppo, 2004)

I følge Lavenergiutvalget (2009) antas dagens yrkesbygg å ha en gjennomsnittlig levetid på 83 år. Ettersom samfunnet vi lever i er i rask endring vil ikke nødvendigvis morgendagens behov være de samme som i dag. Derfor må bygninger bygges av materialer som ikke er vanskelig eller miljøskadelig å resirkulere eller gjenbruke når tiden er inne for å rive eller modernisere bygningen.

Bygningskomponenters levetid

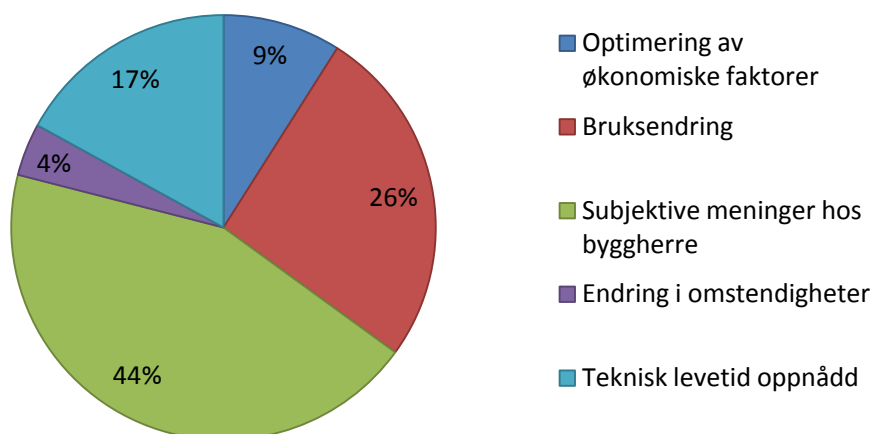
Når man snakker om bygningskomponenters levetider er det viktig å ta i betraktning ulike faktorer. I følge SINTEF Byggforsks levetidstabell vil levetiden avgjøres av materialkvalitet, design, utførelse, miljø og bruksbelastning. SINTEF Byggforsks levetidstabell er illustrert i Tabell 4.

Tabell 4: Eksempel på SINTEF Byggforsks levetidstabell

	Lav	Middels	Høy
	40 år	50 år	60 år
Faktor	Dårlig	Middels	Bra
Materialkvalitet		X	
Design			X
Utførelse			X
Miljø		X	
Bruksbelastning	X		

Årsaker til rehabiliteringsprosjekter

Aikivouri (1999) har gjennomført en studie på industribygg i Oulu, Finland. De empiriske funnene av de viktigste årsakene for igangsetting av rehabiliteringsprosjekter i denne studien er vist i Figur 6. Figuren forteller at det er relativt sjeldent at rehabilitering igangsettes på grunn av at den tekniske levetiden faktisk er oppnådd. Som oftest skyldes rehabiliteringen brukerkrav.



Figur 6: Årsaker til rehabiliteringsprosjekter (Aikivouri, 1999)

LCCWeb

LCCWeb.no er et beregningsverktøy som kan benyttes for alle typer prosjekter og for alle faser av planlegging og drift av bygget. Beregningene utføres etter Norsk Standard NS 3454, Livssykluskostnader for byggverk - Prinsipper og klassifikasjon. LCCWeb.no eies av Statsbygg og er utviklet av Statsbygg i samarbeid med Forsvarsbygg og Norconsult AS (Statsbygg og Forsvarsbygg).

2.6 Ledelsesteori

«Lederskap er en prosess hvor man gir meningsfull retning til felles anstrengelser og hvor man er opphav til viljestyrt anstrengelse for å nå mål» (Jacobs og Jaques, 1990).

2.6.1 Ledelsens rolle

Ledelsen skal være de som setter kursen for virksomhetens utvikling. Ledelsens formuleringer om miljø bør derfor gi signaler om hvilke verdier som skal vektlegges i bedriften. Dessuten bør utformingen være et resultat av en intern prosess. Her bør ledere, og eventuelt andre medarbeidere, utveksle synspunkter og på denne måten oppnå en klarere forståelse av konklusjonene.

Å uttrykke mål og sikre måloppnåelse er en del av prosjektlederens kjerneoppgaver. På denne måten kan han/hun gjøre alle medarbeiderne i stand til å følge opp målene i sine daglige valg og avgjørelser. Ledelsens ansvar handler altså i stor grad om klar og tydelig kommunikasjon. Det anbefales å integrere miljøarbeidet som en del av prosjektets utvikling. Dette virker som en selvfølge, men i de fleste tilfeller er det ikke slik (Anda, 2002).

2.6.2 Miljøledelse

Miljøledelse er et begrep som har vokst frem de siste årene. Store virksomheter ansetter ofte egne miljøledere som kun arbeider med dette området. Virksomhetene markedsfører seg som miljøvennlige og samfunnsbevisste. I tillegg blir det vanligere og vanligere at bedrifter miljøsertifiserer seg.

Denne utviklingen gjenspeiler krav og ønsker fra samfunnet om et mer miljøvennlig samfunn. Miljøkravene virksomheter må forholde seg til har økt betraktelig og forventes å øke ytterligere. Likevel satser mange virksomheter på den miljøvennlige profilen av andre årsaker enn disse kravene. Ledere ser nytten av å ligge foran på dette området da det kan gi konkurransefortrinn.

Fra en studie av barrierer mot å implementere miljøledelse, gjennomført i Hong Kong, ble følgende punkter trukket frem:

- Økte administrasjonskostnader
- Manglene opplæring og kompetanse
- Mangel på samarbeid med underleverandører
- Tidkrevende
- Manglende kundestøtte (Shen og Tam, 2002)

Er miljøledelse økonomisk lønnsomt?

Mange er av den oppfatning at miljø er et kompliserende og fordyrende element i bygge- og anleggsbransjen. Dersom miljø kommer sent inn i planleggingen, vil det nok også være en kostnadsdrivende faktor. Det finnes likevel mange eksempler på prosjekter med god miljøkvalitet gjennomført innenfor den ordinære kostnadsrammen, og at miljøfokus har gitt en økonomisk gevinst i bruksfasen (Anda, 2002).

Gevinster fra miljøfokus kan oppnås på flere måter:

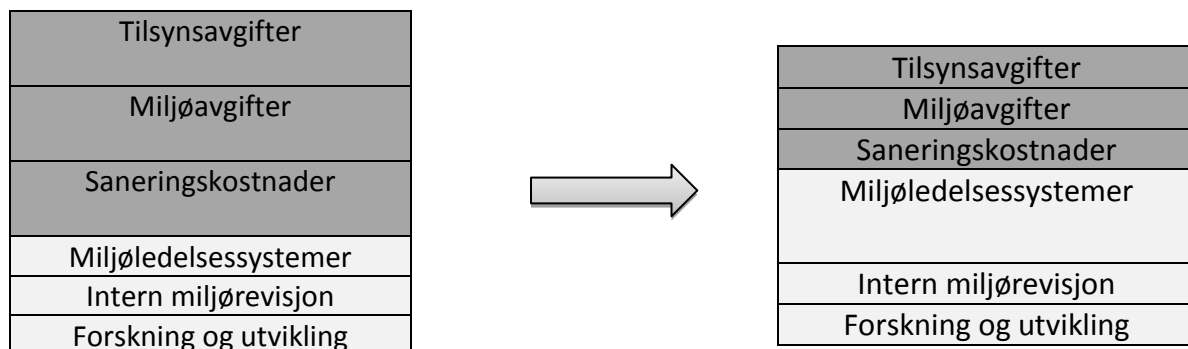
- Lavere kostnader i gjennomføringsfasen: mindre forbruk av materialer, energi og andre ressurser, lavere gebyrer for avfallet og en mer effektiv byggeprosess.

- Lavere kostnader i driftsfasen: lavere forbruk av energi, vann og materialer, billigere forsikring og lavere utgifter. Det forventes at utviklingen går i mot at de reelle kostnadene av forurensningen skal dekkes av de som forurenser. Dette vil trolig skje i form av avgifter.
- Økt markedsverdi for miljøvennlige bygg, blant annet fordi bygget har lavere FDVU-kostnader.
- Trivsel i bruksfasen pga. et godt inneklima.

Mange hevder at å kunne dokumentere sin miljøatsing gir et stort konkurransefortrinn, da samfunnet viser et økende fokus på dette. Den beste måten å synliggjøre bedriftens miljøprofil er gjennom ISO 14000-sertifikat eller EMAS-godkjenning. En innføring i disse begrepene følger i avsnitt om miljøstyring. Med sertifikat eller godkjenning viser man omverdenen at bedriften tar miljøet på alvor.

Figur 7 illustrerer et viktig poeng for hvordan miljøkostnadene kan reduseres.

Miljøkostnader kan være: tilsyns-, prøvings- og miljøforsikringsavgifter, miljøavgifter, saneringskostnader, utvikling og drift av miljøledelsessystemer, interne miljørevisjoner og forskning og utvikling. Det som er viktig å merke seg er at totalt sett kan miljøkostnadene reduseres ved å øke innsatsen på miljøledelsessystemer (Brataas, 1999).



Figur 7: Økt forebygging gir reduserte totale miljøkostnader (Brataas, 1999)

Virksomhetens miljøprofil er en konkurransefaktor. Det vil derfor være lønnsomt å stille liknende krav til underleverandører som kontraheres (Brataas, 1999).

2.6.3 Beslutninger

Beslutninger tas når det er et reelt valg mellom alternativer. Ved hvert beslutningspunkt er det i prinsippet fire mulige utfall:

- Fortsette til neste beslutningspunkt basert på de opprinnelige forutsetningene
- Fortsette til neste beslutningspunkt basert på endrede forutsetninger
- Utsette beslutningen inntil beslutningsunderlaget er bedre
- Terminere prosjektet (Haanæs, 2004)

Dette valget handler likevel ikke bare om objektive grunnlag og avgjørelser gjort på bakgrunn av dette. Beslutninger er derimot sterkt avhengig av andre faktorer.

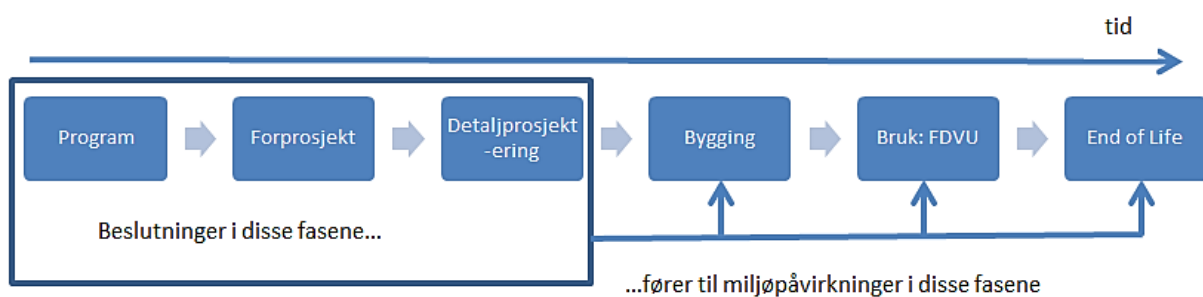
Beslutningsgrunnlag og hvilken informasjon man har tilgjengelig er avgjørende. I tillegg styres gjerne beslutninger av personlige preferanser eller påvirkning fra andre.

Beslutninger kan fattes på to ulike sett. Den første metoden er heuristikk, altså å følge magefølelsen. Den andre måten er å benytte beslutningsverktøy (Østby-Deglum et al., 2013).

Heuristikk anbefales for beslutninger der informasjonsgrunnlaget er tynt og usikkerheten er høy, da en ikke har nok grunnlag til å gjennomføre en analyse med beslutningsverktøy (Scheibehenne og Helversen, 2009).

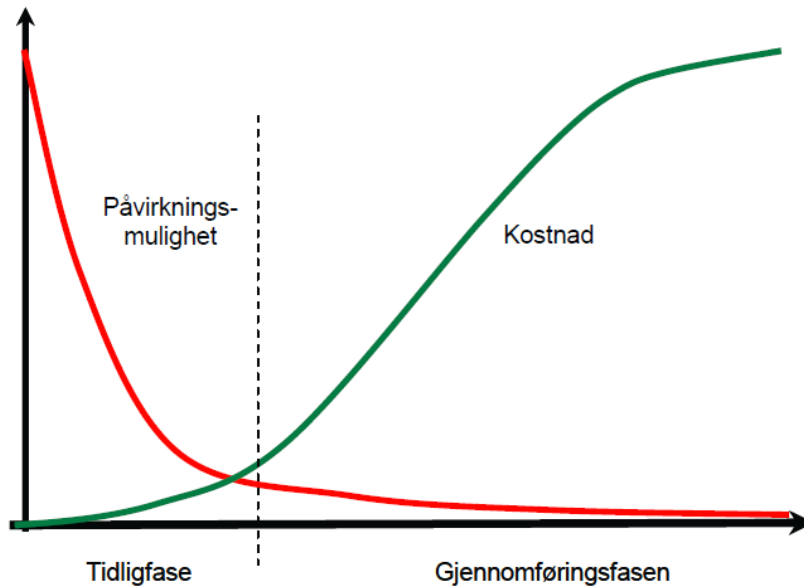
Beslutningsverktøy anbefales derimot når man står ovenfor en kompleks beslutningssituasjon der utfallet av beslutningen kan ha store konsekvenser og behovet for etterprøvbarehet er stort (Malerud og Kråkenes, 2006). Eksempler på beslutningsverktøy er SWOT, usikkerhetsanalyse, flermålsanalyse, interessentanalyse etc.

Som vist i Figur 8 vil beslutninger som tas i program, forprosjekt og detaljprosjekt fører til miljøpåvirkninger både i bygge- og bruksfasen samt ved enden av byggets levetid.



Figur 8: Sammenheng mellom hvor i byggeprosessen beslutninger tas og hvor miljøpåvirkninger oppstår (Østfoldforskning v/Rønning et al., 2011)

Figur 9 viser at i tidligfasen er muligheten for påvirkning størst, samtidig som kostnadene for endringer er lave. Ved inngangen til gjennomføringsfasen har påvirkningsmuligheten blitt kraftig redusert, samt at kostnadene ved endringer øker relativt mye etter som tiden går. Dette illustrerer viktigheten av å fatte beslutninger til rett tidspunkt.



Figur 9: Påvirkningsmulighet og kostnader som funksjon av tid (Haanæs, 2004)

Grensesnitt

Det er to typer grensesnitt; faglige og fasevise. Faglige grensesnitt er mellom de ulike prosjekterende. Her er god kommunikasjon i prosjekteringsgruppen essensielt. Fasevise grensesnitt er grenseskillene mellom fasene i prosjekteringsprosessen. Problemer oppstår gjerne når nye aktører kontraheres inn i prosessen og gamle går ut (Østby-Deglum et al., 2013).

2.6.4 Motivasjon

Motivasjon defineres gjerne som «de biologiske, psykologiske og sosiale faktorene som aktiverer, gir retning til og opprettholder atferd i ulike grader av intensitet for å oppnå et mål» (Kaufmann og Kaufmann, 2003).

I arbeidslivet påvirker motivasjonen vår interesse for oppgaven, og den påvirker innsatsen vi gjør for at sluttresultatet skal bli bra. Motivasjon er viktig for resultatet, det er ikke nok å være faglig dyktig i jobben (Pinder, 1998). På denne måten vil motivasjonen til de ansatte i en organisasjon ha en direkte innflytelse på det økonomiske resultatet.

Indre motivasjonsfaktorer kommer fra arbeidet i seg selv, mens ytre motivasjon oppstår på bakgrunn av for eksempel lønn, frynsegoder eller forfremmelse (Kuvaas, 2005).

2.6.5 Motivasjon for å bygge miljøvennlig

Det er i utgangspunktet to måter å oppnå mer miljøvennlige bygg: insentiver og krav. Insentiver kan være økonomiske tilskudd, mens krav kan for eksempel være nedfelt i TEK 10.

Selv om disse to virkemidlene for å oppnå miljøvennlige bygg er mest fremtredende, finnes et tredje virkemiddel. Dette virkemidlet er Corporate Social Responsibility (CSR). CSR kan ses som bedriftens samfunnsansvar. CSR medfører at bedriftens oppgave er både å maksimere

nytt til aksjonærene, og å tilfredsstille sine interessenter (Kleppe, 2007). Med interessenter menes ansatte, forbrukere, samfunnet og senere generasjoner. CSR kan brukes til mer enn faktisk å ta samfunnsansvar, det kan også brukes som en måte å markedsføre seg på. Det har blitt "inn" å gjøre etiske investeringer og ta vare på de ansatte. Bedrifter bruker dette aktivt til å markedsføre selskapet og drive aktiv merkevarebygging. På denne måten håper bedriften på økt goodwill og bedre omdømme i kundekretsen. Dermed kan bedriften i mange tilfeller øke verdien av selskapet ved å ta samfunnsansvar.

Generell kompetanse i byggenæringen er avhengig av at aktørene har gjennomført liknende prosjekter tidligere. Det har vært stort fokus på lavenergibygg og passivbygg de siste årene, og dette har bidratt til kompetanseheving. Dette gjelder spesielt kompetansen blant rådgivere og arkitekter. Det antas å være mindre utbredt kompetanse hos de utførende, siden de fleste passivbyggene ikke er kommet lengre enn til tegnebrettet. Generelt gjelder derimot at kvaliteten på arbeidene til de som faktisk har bygd passivbygg i Norge er god. Det har vært høyt fokus på lufttetthet, og kravene til passivhus har vist seg fullt mulige å oppfylle. Når det gjelder drift og bruk av passivbygg er kompetansenivået i Norge lavt. Dette har samme årsak; de fleste passivbyggprosjektene er ikke bygget (Lassen, 2009).

2.6.6 Lean

Lean er et begrep fra ledelsesteorien. Kjernen i en Lean tankegang er å maksimere kunde verdi, samtidig som man minimerer sløsing. Lean betyr altså å skape høyere verdi for kunden ved bruk av færre ressurser (Lean Enterprise Institute, 2009).

TPS står for Toyota Production System. Dette er et system utviklet av Toyota i tiden etter andre verdenskrig. TPS handler om kontinuerlig forbedring og fokus på hva verdi er for kunden (Liker, 2004).

Det er innen Lean, og Toyota Production System, sju typer sløsing: overproduksjon, venting, transport, urasjonell bearbeiding, inventar, unødvendige bevegelser og defekter (Liker, 2004).

2.6.7 Miljøstyring

Miljøstyring skal redusere bedrifters negative innvirkning på det ytre miljøet. Bedriften formulerer en miljøpolitikk med tilknyttede miljømål, og styrer deretter aktiviteter, produkter og tjenester for å nå målene. Dette foregår ofte integrert i bedriftens andre styrings- og ledelsesfunksjoner (Standard Norge).

NS-ISO 14000

Krav til miljøstyringssystem og hjelpemidler er gitt i standardene i NS-EN ISO 14000-serien. Standardene i ISO 14000-serien beskriver internasjonalt anerkjente metoder for strukturert og systematisk miljøstyring og kan brukes sammen eller hver for seg. Målet er å oppnå kontinuerlig forbedring av egen miljøprestasjon (Standard Norge).

Trondheim kommune ble som første større by i Norden, i 2006, miljøsertifisert i henhold til NS-ISO 14001. ISO 14001 er standarden for miljøstyringssystemer. Kommuneplanen fastsetter derfor at Trondheim kommune skal ha en høy miljøambisjon og tilstrebe å ta et spesielt samfunnsansvar. Trondheim skal være pådriver for å redusere klimagassutslipp og sørge for en mer miljøvennlig utvikling (Trondheim kommune, 2012).

Gjennom et miljøstyringssystem kan en bedrift oppnå:

- Bedre konkurranseevne gjennom dokumentert, systematisk produksjon
- Kostnadsreduksjon på grunn av bedre ressurs- og råvareutnyttelse
- Bedre kredittverdighet
- Dokumentert basis for investeringer og teknologiutvikling
- Bedre arbeidsmiljø ved å bytte ut farlige stoffer og materialer
- Større sikkerhet for å overholde gjeldende miljølovgivning og kunne forberede seg på kommende miljølovgivning
- Redusert risiko for miljøulykker
- Gode forhold til interessenter
- Økt motivasjon hos medarbeidere (Standard Norge)

EMAS

EMAS står for «Eco Management and Audit Scheme» og er en frivillig ordning for miljøregistrering innen EU. EØS-avtalen gjør at norske bedrifter kan delta i ordningen. EMAS-godkjenningen betyr at bedriften går lengre i sitt miljøarbeid enn det som er lovfestet. Dersom man skal konkurrere på det europeiske markedet er det en markedsmessig fordel å stå i EMAS-registeret (Brønnøysundregistrene).

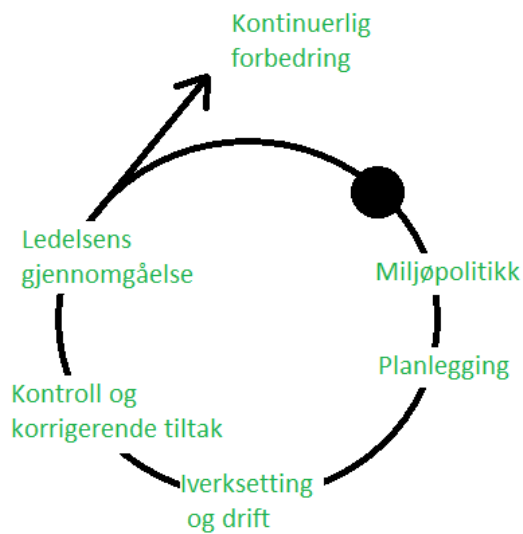
Sedex

Sedex er verdens største samarbeidsplattform for deling av data om etikk i forsyningskjeden. Sedex tilbyr informasjon som avslører om leddene i kjeden oppfyller sine etiske ansvarsområder. Dette gjøres gjennom en elektronisk database som gjør det mulig for medlemmer å lagre, dele og rapportere informasjon på fire sentrale områder:

- Arbeidsstandarder
- Helse og sikkerhet
- Miljøvern
- Forretningsetikk (SedexGlobal)

2.6.8 Styringsløyfen

De fleste ledelsessystemene, inkludert de som er bygget på ISO 14000-standardene følger en enkel styringsløyfe:



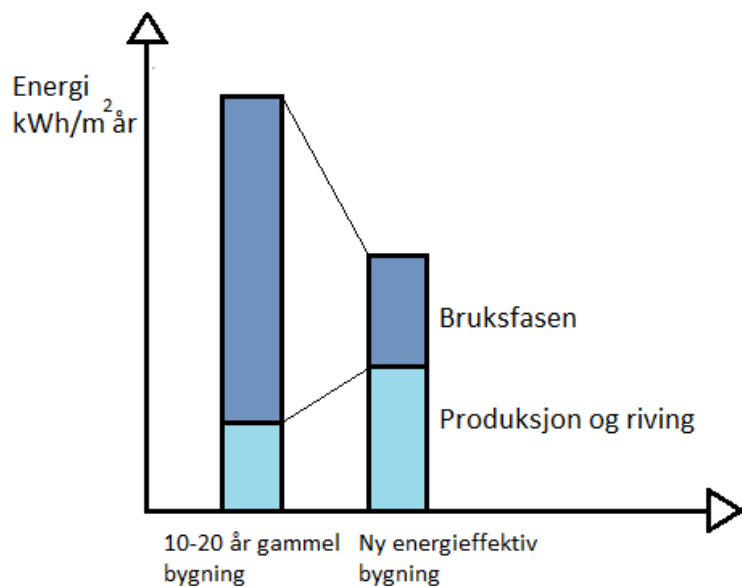
Figur 10: Styringsløyfen for kontinuerlig forbedring (Standard Norge, 2004)

Styringsløyfen, illustrert i Figur 10, starter med etablering av miljøpolitikk, planlegging og forberedelse, iverksetting og drift av systemet, oppfølging og korrigerende tiltak og gjennomgåelse av den øverste ledelsen. Sløyfen gjentas deretter for å videreutvikle miljøpolitikken (Brataas, 1999).

2.7 Planlegging/prosjektering

Reduksjon av klimagassutslipp er den overordnede miljøbegrunnelsen for energitiltak i bygg. Likevel er det vanskelig å forsvare tiltak som ikke er økonomisk lønnsomme. For at energitiltaket skal være lønnsomt, må merinvesteringen kunne forsvares av sparte driftskostnader gjennom tiltakets levetid. Flere parametere må vurderes, blant annet investeringskostnad, avkastningskrav, realrente og framtidige energipriser (Ecobox, 2006).

Figur 11 viser at materialer vanligvis har stått for omtrent 10-30 % av miljøbelastningen over levetiden. For passivhus kan man observere en økende andel av materialutslipp, tett knyttet til økt materialbruk. Passivhus har for eksempel økt isolasjonstykkelse og mer teknisk utstyr. Økningen i materialutslipp spares inn gjennom en reduksjon i utslipp fra drift. Denne totale innsparingen gjør passivhus til miljømessig fordelaktige (EeBGuide, a).



Figur 11: Energibruk i bruksfase og produksjon for en 10-20 år gammel bygning sammenlignet med et nytt passivhus. Inspirert av EeBGuide.

2.7.1 Nytte/kostnad

Nytte-kostnadsanalyse er et systematisk forsøk på å måle og veie sammen alle prissatte gevinster og kostnader ved offentlige prosjekter, for å kunne avgjøre om prosjektene burde gjennomføres eller ikke.

En investering er lønnsom dersom:

Formel 1

$$\frac{\text{Nytte}}{\text{Kostnad}} \geq 1$$

Hovedformålet med nytte-kostnadsanalyser er å synliggjøre konsekvensene av alternative tiltak før beslutninger fattes. Slike konsekvenser omfatter kostnader, inntektsendringer, og virkninger for miljø, helse og sikkerhet. Alt må vektas i samme enhet, gjerne kroner. Alternativt kan man legge sammen den beregnede verdien av alle konsekvensene ved et tiltak. Dersom summen blir positiv, kan man anta at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

2.7.2 Betalingsvillighet for miljøgoder

Betalingsvilligheten for miljøgoder er vanskelig å fastsette på grunn av fellesgodeaspektet. Dermed må denne informasjonen innhentes på andre måter enn ved kjøp- og salgstransaksjoner. Det er to måter å innhente denne informasjonen på, direkte ved intervjuundersøkelser blant potensielle brukere eller indirekte ved å basere anslagene på avslørt betalingsvillighet ut i fra observasjoner av faktisk adferd (Hagen, 2009).

GE Capital Real Estate gjennomførte i 2010 en undersøkelse av om høy miljøstandard var en prioritet for leietakere. 2 220 leietakere fra flere ulike land deltok. Rundt 50 % av leietakere svarte at god miljøstandard hadde høy prioritet. Energieffektivitet er ifølge undersøkelsen

viktigst på prioritetslisten for leietakerne (Property Magazine International, 2010). Leietakere fra 8 forskjellige land deltok i undersøkelsen, men Norge var ikke et av dem. Likevel forventes tilsvarende resultat av en potensiell undersøkelse i Norge.

2.7.3 Energiforbruk

Energiforbruk oppgis som både levert energi og netto energibehov. Forskjellen er hovedsakelig at levert energi tar hensyn til varmesystemets virkningsgrad. Forbrenning av olje, gass eller biobrensel har et virkningsgradstap som innebærer at levert energi blir høyere enn netto energibehov. Elektrisk oppvarming har nær null i virkningsgradstap og påvirkes derfor lite, mens solenergi og varmepumper kommer positivt ut ved at de utnytter solvarme og omgivelsesvarme.

Det er også et avvik mellom teoretisk og faktisk energibehov. Dette skyldes hovedsakelig variasjoner i bruksmønster og byggekvalitet. Det er for det første grunn til å tro at inntektsøkning medfører økning i energiforbruk. Varmetap som oppstår pga. material- og byggefeil er det andre som ikke tas med i beregningene. Sammen med bygningens egenskaper for varmetransport og den termiske massen, varierer varmetapet med temperaturdifferansen mellom ute og inne og lokale vindforhold.

Kjølebehov er resultat av varmeoverskudd. Dette kommer vanligvis fra soltilskudd og høye utetemperaturer, men kan også oppstå ved høye internlaster og dårlig varmeregulering. I norske boliger har til nå solskjerming og lufting ved å åpne vinduer vært de vanligste tiltakene for å unngå ubehagelige overtemperaturer. Det har ikke vært vanlig med mekanisk kjøling, men luft-til luft-varmepumper har i det siste gitt større tilgang på lokal luftkjøling.

Det finnes ulike fremgangsmåter for å redusere bygningers energibehov, men det grunnleggende faktum er at energibruk er effektbruk over driftstid. Dette betyr at en reduksjon i effektbehov eller driftstid vil redusere energibruken.

SIMIEN er et simuleringsprogram, utviklet av ProgramByggerne, for beregning av energibruk i bygninger. Bruksområdet er evaluering mot byggeforskrifter, energimerking, beregning av energibehov, validering av inneklimate og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling.

Programmet benytter den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS 3031, «Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data» (ProgramByggerne).

2.8 Utførelse

De miljømessige aspektene ved et byggeprosjekt er ikke avsluttet når prosjekteringen er ferdig. Nå skal løsningene utføres slik som planlagt og dette kan ofte by på utfordringer. I tillegg skal byggeplassen driftes på en miljømessig forsvarlig måte. I mange tilfeller er det i prosjekteringsfasen satt konkrete mål i forhold til dette og Trondheim kommunes prosjekter er gode eksempler på dette. I utførelsesfasen gjennomføres flere tiltak for miljø, blant annet kildesortering, Rent Tørt Bygg og tetthetsmålinger.

2.8.1 Kildesortering

Trondheim kommune har sammenlignet med TEK 10 et selvpålagt strengere krav til kildesortering. Trondheim kommunes nybygg skal ha en sorteringsgrad på minst 70 %, mot TEK 10s krav på 60 % (Trondheim kommune, 2012).

Entreprenøren har mulighet til å være med å påvirke klimapåvirkningen byggeprosjektet utgjør. De har kontroll over hele prosessen på byggeplass i tillegg til innkjøpene.

Renovasjonsselskapene opererer med differensierte priser på avfallet, så entreprenøren har store muligheter til å spare mye penger på å ha fokus på sorteringsgrad.

For å redusere mengden avfall er det viktig å være bevisst i byggefasen. Eksempler på dette er i følge Byggemiljø:

- Bruk av standardstørrelser og prekuttete elementer
- Leverandør tar med emballasje tilbake
- Bedre utnyttelse av materiale
- Materialer blir bestilt til rett tid
- Færre byggefeil, reduksjon av avfall som følge av at arbeid må gjøres om igjen
- Gjennomtenkt oppbevaring på byggeplass, hindre fuktskade (Byggemiljø)

Det er klart at fokus på restprodukter og avfall er svært nyttig, men å fokusere på konstruksjonsdetaljer og materialtilpassing kan gi større gevinst (Sjøholt, 1998).

2.8.2 Rent Tørt Bygg

For å begrense negativ påvirkning på det ytre miljøet samt å sikre et godt arbeidsmiljø, både under oppføring og i det ferdige bygget, skal bygninger bygd for Trondheim kommune oppføres etter prinsippene om Rent Tørt Bygg (Trondheim kommune, 2012).

Rent Tørt Bygg, eller RTB, kan innebære ryddeplikt, støvsuging før lukking av vegger, støvsuger med slanger fra sentral sugeenhet, avsug for mobil sag osv.

2.8.3 Tetthetsmålinger

Ved en tetthetsmåling utsetter man bygningen for et overtrykk og/eller et undertrykk. Ut ifra dette beregnes en gjennomsnittsverdi, lekkasjetallet, som viser antall luftutskiftninger per time (Standard Norge, 2000).

Utførende i Trondheim kommunes prosjekter skal dokumentere tetthet ved hjelp av lufttrykkmålinger. Det skal gjennomføres tetthetsmålinger både før og etter veggene lukkes og Trondheim kommune oppfordrer også til å gjennomføre termografering i henhold til NS 13187 (Trondheim kommune, 2012).

2.8.4 Tørking/oppvarming

I Trondheim kommune skal bruk av fyringsolje til oppvarming og uttørking i anleggsperioden unngås (Trondheim kommune, 2012).

2.8.5 Klimagassregnskap

Trondheim kommune har fastsatt at i større byggeprosjekter, definert til over 50 millioner, skal kontraktspartneren føre klimagassregnskap (Trondheim kommune, 2012).

I tilfeller der flere bygg eller flere formål er lokalisert i samme bygg, må hvert bygg beskrives for seg selv. Dette henger sammen med at byggene vil ha ulike forutsetninger når det gjelder for eksempel antall ansatte, bosatte eller andre brukere (COWI, 2013).

2.8.6 Samsvar mellom prosjektering og utførelse

Selv om noe prosjekteres på en måte er det ikke ensbetydende med at det utføres slik. Mange bygningsdeler bygges inne noe som umuliggjør etterkontroll. Tidspress eller manglende opplæring kan gjøre at løsningene ikke ender opp slik som først tenkt. I tillegg forekommer endringer på byggeplass. Disse endringene blir i enkelte tilfeller ikke fanget opp av byggeplassledelsen. I andre tilfeller blir endringene godkjent av byggeplassledelsen fordi prosjekteringsgruppen ikke er ferdig med prosjekteringen av bygget til rett tid. Dette skal egentlig ikke forekomme da det er de prosjekterende som har ansvaret for løsningene.

Petter Eiken, styreleder i Bygg 21, uttalte seg om dette problemet i en rapport i Teknisk Ukeblad. Han uttalte følgende:

«Jeg har vondt for å forestille meg at Toyota begynner å produsere en ny bil før de har en idé om bilens konstruksjon» (TU Bygg, 2013).

Han legger likevel ikke all skyld på de prosjekterende, og hevder en holdningsendring blant de utførende er på sin plass.

«Alt for mange ser prosjektgjennomføring som problemløsning og ikke som en planoppgave. Det er en holdning som må endres. I slutten av prosjekter, før overlevering, brukes alt for mye tid på å rette feil som ikke skulle vært der» (TU Bygg, 2013).

Mye tyder altså på at noe av grunnen til at prosjektering og utførelse ikke samsvarer er at prosjekteringen foregår for sent, slik at tidspress fører til at de utførende velger alternative løsninger, for å unngå forsinkelser. I tillegg representerer fasevise og faglige grensesnitt, som tidligere nevnt, store utfordringer.

2.9 Drift

2.9.1 FDV-dokumentasjon

For å kunne drifte bygget på den måten rådgiverne planla i planleggings- og prosjekteringsfasen er det helt avgjørende med god FDV-dokumentasjon. FDV står for forvaltning, drift og vedlikehold. § 4-1 Dokumentasjon for driftsfasen, fastsetter at ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende skal fremlegge denne dokumentasjonen for ansvarlig søker (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010).

Trondheim kommune har fastslått at valg av materialer eller løsninger med miljøkonsekvens skal dokumenteres gjennom prosjekteringsmøte-referat eller skriftlig på annen måte. Det skal i slike tilfeller forelegges miljødeklarasjoner som en del av byggets FDV-dokumentasjon. Alle prosjekter skal også levere energimerke med dokumentasjonen (Trondheim kommune, 2012).

2.9.2 Energimerkeordningen

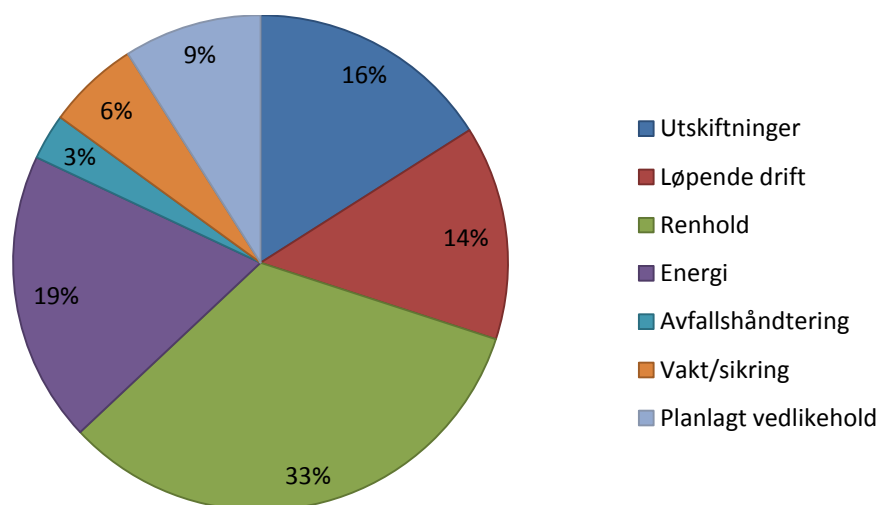
Yrkesbygninger og offentlige bygninger over 1 000 m², og bygninger som selges eller leies ut skal merkes. Prosjekterende skal utstede et energimerke for alle nye bygninger. Yrkesbygg og offentlige bygg skal i tillegg merkes regelmessig (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009).

Energimerkingen består av en energikarakter og en oppvarmingskarakter. Energifarakteren går fra A til G, der A er mest energieffektivt. Boliger som er bygget etter byggeforskriftene fra 2007 vil ofte få en C eller D, mens passivhus og lavenergihus havner på en A eller B. Oppvarmingskarakteren benytter en fargeskala fra grønn til rød. Fargeskalaen angir i hvor stor grad bygningen har et oppvarmingssystem som gjør det mulig å varme opp bygget med andre energikilder enn elektrisitet og olje (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2010).

Ordningen har som mål å gi grunnleggende informasjon om energitilstanden til bygg. Dette skal bidra til økt kunnskap om energibruk, motivere for energieffektiviseringstiltak og gi en riktigere verdsetting av boliger og andre bygninger når disse skal selges eller leies ut (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009).

2.9.3 Drift og vedlikeholdskostnader

Vedlikeholdskostnader innbefatter planlagt vedlikehold, utskiftning og utviklingskostnader. Driftskostnader er derimot kostnader til vakt/sikring, avfallshåndtering, energi, renhold og såkalt løpende drift. Figur 12 illustrerer hvordan FDV-kostnader for en kontorbygning kan fordele seg. Fordelingen er basert på gjennomsnittsverdier fra erfaringstall. Renhold er her den største kostnaden med 25-30 % av FDVU-kostnadene (Bjørberg, 2007).



Figur 12: Fordeling av FDV-kostnader for en kontorbygning (Bjørberg, 2007)

2.10 Relevante studier til sammenligning

2.10.1 Merkostnader

SINTEF har estimert ekstrakostnadene ved å bygge et kontorbygg med passivhusnivå. Sammenligningsgrunnlaget i denne studien er et bygg bygget etter TEK 07. Disse kostnadene er kun indikative og ikke basert på et reelt prosjekt. De fant at kontorbygget ville ha ekstrakostnader på omtrent 720 kr/m² ved passivhusnivå (Dokka, 2009).

Lavenergiprogrammet (2013) har beregnet merkostnadene ved å oppgradere til passivhusstandard for ulike bygningstyper. De har beregnet disse kostnadene både for eneboliger, leilighetsbygg og kontorbygg på 3600 m². Resultatet av deres beregninger er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Oppgradering til passivhus-standard (Lavenergiprogrammet, 2013)

Bygningstype	Merkostnad for oppgradering [kr per m ²]
Enebolig	790
Leilighetsbygg	430
Kontorbygg med areal 3600 m ²	610

2.10.2 Inntjeningstid

Multiconsult og SINTEF (2012) har beregnet tilbakebetalingstid til 12 år for enebolig, 13 år for boligblokk og 10 år for kontorbygg. Dette er beregnet etter såkalt enkel tilbakebetalingstid vist i Formel 2.

Formel 2

$$T = \frac{\text{total merkostnad}}{\text{årlig energikostnadsbesparelse}}$$

Denne tilbakebetalingstiden tar ikke hensyn til bl.a. renter, generell inflasjon og energiinflasjon (Multiconsult/SINTEF, 2012).

3 Metode

I dette kapittelet presenteres metode generelt og det blir redegjort for de spesifikke metodene brukt i denne oppgaven.

3.1 Teorigrunnlag

Første steg i oppgaven var å sette seg inn i relevant teori, gjennom en litteraturstudie. Dette ble gjort fordi litteraturstudiet, i henhold til Richard Yin (1989), styrker konklusjonene.

Litteraturstudiet ble utført ved hjelp av omfattende søk i databaser, studier av fagbøker, artikler og rapporter. Her var spesielt tema som passivhus, livsløpsplanlegging og miljøledelse sentralt. Det er svært mye litteratur tilgjengelig og dermed kan forfatteren ha oversett litteratur som burde vært presentert i denne oppgaven.

I tillegg til litteraturstudiet har forfatteren brukt en del tid på å sette seg inn i hvordan verktøyet klimagassregnskap.no fungerer, samt verktøyets fordeler og ulemper. Disse utfordringene vil bli belyst i diskusjonen.

3.2 Valg av undersøkelsesmetoder

Da oppgaven har tre forskningsspørsmål kreves forskjellige fremgangsmåter for å besvare de ulike forskningsspørsmålene. Disse forskningsspørsmålene omtales her som del 1, 2 og 3.

3.2.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

Det er vanlig å skille mellom to hovedtyper metoder, kvantitative og kvalitative. Kvantitative metoder tar sikte på målbare enheter, mens kvalitative metoder søker å fange opp meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måle (Dalland, 2000). Kvalitativ forskningsmetode brukes for å undersøke og beskrive menneskers opplevelser og erfaringer (Senter for kunnskapsbasert praksis). Forskjellen mellom disse metodereetningene er først og fremst knyttet til måten en samler data på (Dalland, 2000).

Eksempler på kvalitativ metode er intervju, observasjon eller analyse av dokumenter. Kvantitativ metode er for eksempel spørreundersøkelser eller analyser av eksisterende statistikk.

3.3 Del 1: intervju

Til første del av oppgaven var en kvalitativ metode nødvendig. I den forbindelse ble det valgt å gjennomføre intervjuer. Formålet var å kartlegge hvilken motivasjon ulike aktører har for miljøvennlig bygging. Intervjuer gir ofte utfyllende informasjon. Styrken ved intervjuer er i tillegg, i følge Brinkmann og Kvale (2009), at det fanges opp variasjoner i intervjuobjektens oppfatninger rundt et tema. Dette var avgjørende for forskningsmetodevalget. Intervju er som nevnt en kvalitativ forskningsmetode.

I denne oppgaven ble det gjennomført individuelle intervjuer. Denne typen intervjuer måler individuelle, personlige synspunkter på et fenomen eller et forhold (Jacobsen, 2000). Man intervjuer gjerne personer som vet mye om dette fenomenet eller forholdet. Dette gjelder

også intervjuobjektene i denne oppgaven. Intervjuobjektene har lang erfaring og kjenner bransjen godt. De representerer fire ulike roller i byggeprosessen for å oppnå et totalbilde på situasjonen.

Intervjuobjektene har følgende roller:

- Byggherre, Trondheim kommune
- Sivilarkitekt, Eggen Arkitekter
- Prosjektleder, Betonmast Trøndelag
- Tømmerbas, Betonmast Trøndelag

Det ble valgt å begrense intervjuene til disse fire rollene da faren ved å benytte kvalitative metoder, i følge Miles (1979), er at man kan ende opp med så mye informasjon at den rett og slett er uhåndterbar.

Intervjuene ble gjennomført med åpen dialog der spørsmål ble stilt fortløpende. Det var for det meste toveiskommunikasjon.

Kildene må ses på som en mellomting mellom personlige og institusjonelle. Personlige kilder er kilder hvor ett enkelt menneske er avsender. Dette er tilfellet her, men kildene opererer som representanter for en gruppe. Bak institusjonelle kilder står en kollektiv enhet som for eksempel en forening, en organisasjon eller en gruppe mennesker (Jacobsen, 2000). Da gruppen selv ikke deltar i intervjuene, men blir representert gjennom denne kilden er det vanskelig å definere dette entydig.

Det ble gjort en vurdering i forhold til om intervjuene skulle utføres ved personlig oppmøte eller over telefon. Telefonintervju blir ofte løsningen dersom intervjuobjektet er vanskelig å få tak i, grunnet avstand eller tid, men denne typen intervjuer medfører mange bakdeler. For det første er lengden på telefonintervju begrenset i forhold til personlige intervju. For det andre gir ofte intervjuobjektene ufullstendige svar som er vanskeligere å følge opp. For det tredje mister man muligheten til å tolke ikke-verbal kommunikasjon fra intervjuobjektet. Dermed ble det valgt at denne oppgavens intervjuer skulle baseres på personlig oppmøte.

Kvaliteten på kilden vurderes ut i fra både enkeltpersonens, og organisasjonens kompetanse og kunnskap. Nøytralitet og egeninteresse er også viktig å vurdere. Denne oppgavens informanter vurderes å ha høy kvalitet og å være eksperter innen sine fagfelt. Når det gjelder nøytraliteten må man ha i bakhodet at intervjuobjektene sannsynligvis er lojale ovenfor sin arbeidsgiver og dermed er de kanskje ikke like nøytrale som ønskelig.

Validitet forteller i hvilken grad resultatene fra en studie er gyldige. Når intervjuene foregår ansikt til ansikt kan man oppklare eventuelle misforståelser og uklarheter. Dette øker validiteten. Ikke fullstendig anonymitet kan føre til mindre ærlig informasjon fra intervjuobjektet, altså dette senker validiteten. En fleksibel prosess hvor forskeren kan endre

spørsmål underveis bidrar derimot til mer valid informasjon. Oppsummert er validiteten i denne oppgaven relativt god.

Reliabilitet er i hvilken grad resultatene fra en studie er pålitelige. I en intervjusituasjon ligger det en mulig feilkilde i selve kommunikasjonsprosessen. Har intervjuobjektet oppfattet spørsmålet riktig? Forstår intervjueren svaret riktig? Tolkning av utsagnene, og kategoriseringen ut i fra dette, kan redusere reliabiliteten.

Ved personlig oppmøte kan intervjuere som vet hva de spør om og hvorfor de spør om det, forsøke å klargjøre meninger som er relevante for prosjektet, fjerne tvetydighet i svarene, og dermed skape et mer pålitelig utgangspunkt. I tillegg kan spørsmål om presisering av svar vise at intervjueren faktisk lytter og er interessert (Brinkmann og Kvale, 2009).

Det ble gjort lydopptak av intervjuene. På denne måten er det lettere å sitere ordrett. Når man i tillegg slipper å notere, har man mulighet til å vise større interesse for hva intervjuobjektet meddeler. Lydopptak øker i tillegg reliabiliteten. Bakdelen med lydopptak er at noen mennesker er noe ukomfortabel med dette, og dermed ikke prater like fritt som de vanligvis ville gjort.

Forfatteren utarbeidet en intervjuguide i forkant av intervjuene. Intervjuguiden var hovedsakelig ment som en veiledning, og spørsmålene ble både tilpasset situasjonen og intervjuobjektet. Denne guiden finnes i vedlegg 2. Intervjuobjektene ble også oppfordret til å komme med innspill utover selve spørsmålene.

Intervjuobjektene

Tabell 6: Intervjuobjektene i denne oppgaven

Aktør:	Representant:	Sted:	Dato:
Byggherre: Trondheim kommune, utbyggingsenheten	Lile, Randi Byggherre	Åsveien skole, Trondheim	24.03.14
Arkitekt: Eggen Arkitekter AS	Solem, Bård Sverre Sivil arkitekt	Åsveien skole, Trondheim	27.04.14
Totalentreprenør: Betonmast Trøndelag AS	Hinsverk, Tore Prosjektleder	Hovedkontor Betonmast Trøndelag	05.05.14
Totalentreprenør: Betonmast Trøndelag AS	Aarhaug, Reidar Tømrerbas	Åsveien skole, Trondheim	26.04.14

3.4 Del 2 og 3: casestudie

Oppgavens andre formål er å kunne sette CO₂-besparelsene opp i mot merkostnadene. Tredje formål går ut på å finne inntjeningstiden for de ekstra investeringene. Begge disse formålene krevde bruk av kvantitativ metode. I dette tilfellet ble en casestudie av et bestemt byggeprosjekt gjennomført.

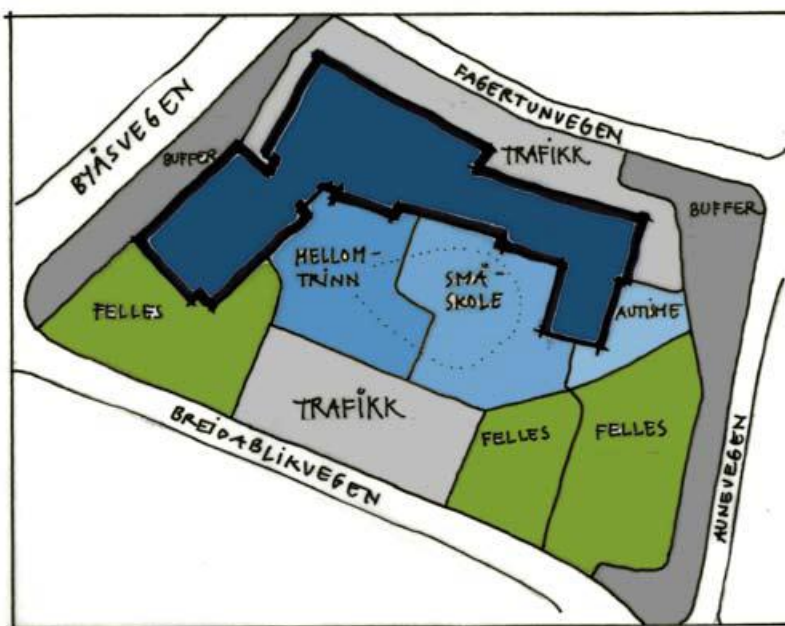
En casestudie er en studie av én enhet (Store Norske Leksikon, b). Denne enheten studeres i dybden. Dette kan for eksempel være en kommune, en bedrift eller et bestemt problem. I casestudier har man mulighet til å kombinere ulike metoder. En svakhet er at det er vanskelig å utlede generelle betraktninger på bakgrunn av en studie av én enhet (Store Norske Leksikon, b). Denne oppgavens case er Åsveien skole i Trondheim.

3.4.1 Caseobjektet, Åsveien skole

Åsveien skole består av en barneskole for totalt 630 elever, senter for 20 elever med diagnoser innen autismspekteret og en flerbrukshall. Skoledelen og flerbrukshallen har et omtrentlig bruttoareal på henholdsvis 8 800 m² og 2 350 m². Totalt bruttoareal er 11 150 m². Byggestart var i juli 2013 og prosjektet forventes ferdigstilt februar 2015.

Brøset er Trondheims pilotprosjekt innen områdeplanlegging, og nå blir Åsveien skole Trondheims pilotprosjekt innen bygg. Miljø ble satt på dagsorden ved oppstart av regulering. Kompakt bebyggelse, minimum oppholdsareal, trafikksikre adkomster og bevaring av eksisterende vegetasjon ble jobbet med fra start.

Tomta er skrånende mot sør-øst med i alt 17 m høydeforskjell. Skoleanlegget er lagt avtrappende i terrenget og plassert i nordre del med utearealer på sørsiden. Utearealet er sonedelt på fire ulike nivåer med universell tilgjengelighet. Byggets plassering har flere fordeler. Plasseringen danner en buffersone mot parkering og Byåsveien. På denne måten skjermer bygningsvolumet utearealene mot trafikkstøy og støv. Plassering av undervisningsrommene mot nord reduserer behovet for solskjerming og kunstig belysning. Mot sør utnytter man seg av eksisterende vegetasjon og skjerm for å begrense sollyset. Tomtas hovedadkomst reduserer i tillegg behovet for tungtransport inn i bolig gatene i byggefasen. Hoveddisposisjonen av tomten er illustrert i Figur 13.



Figur 13: Skisse av hoveddisposisjonen av tomten (Løvetanna landskap)

Åsveien skole skal utføres med passivhus-standard, og prosjektet har fått tilsagn om støtte midler fra Enovas program for passivhus.

Prosjektet utføres av Betonmast Trøndelag gjennom en totalentreprisekontrakt, der Trondheim Kommune er byggherre. Prosjektgjennomføringen startet med en samspillsfase. En samspillsfase gjennomføres ofte når kompleksiteten i prosjektet er høy og man ønsker tidlig involvering av både entreprenør og rådgivere.

Nye Åsveien skole er et pilotprosjekt i programmet Framtidens byer. For at et prosjekt skal få status som pilotprosjekt kreves, som presentert i teoridelen, bruk av en rekke løsninger som presser utslippene av klimagasser kraftig ned. Både barneskolen og flerbrukshallen er illustrert i Figur 14.



Figur 14: Illustrasjon Åsveien skole (Eggen Arkitekter)

3.5 Del 2: Kostnadsberegningene

For å kunne beregne merkostnadene ved å oppgradere bygget fra TEK 10-standard til passivhus-standard samt kostnadene klimagassreduksjonene medfører, behøver man to elementer:

1. Et sammenligningsbygg
2. En kostnadsoversikt

3.5.1 Sammenligningsbygget

TEK 10 stiller krav til u-verdier på både vinduer, yttervegg, tak og gulv. Se Tabell 7. Åsveien skole er, som illustrert i tabellen, prosjektert med langt lavere u-verdier.

Tabell 7: Krav til u-verdier (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010)

	TEK 10	Åsveien skole
Vindu	1,20 W/m ² K	0,08 W/m ² K
Yttervegg	0,18 W/m ² K	0,13 W/m ² K
Tak	0,13 W/m ² K	0,09 W/m ² K
Gulv	0,15 W/m ² K	0,09 W/m ² K

Sammenligningsbygget er forsøkt å skulle representere et tradisjonelt bygg, bygd etter kravene i TEK 10. Bygget forutsettes å ha et bæresystem av plasstøpt betong, hulldekker og stålsøyler. Veggene er bindingsverksvegger. Både vegger, tak og gulv har isolasjonstykkelser som tilfredsstiller kravene i Byggteknisk forskrift.

Ved Åsveien skole benyttes ubehandlet trekledning. Vanligvis velger man derimot å overflatebehandle trevirket. Overflatebehandlingen gir en film som beskytter trevirket mot nedbryting på grunn av klimapåkjenninger. Treverket kan behandles med enten beis eller maling. Strukturen i treverket synes best ved bruk av beis, mens maling gir en dekkende overflate og beskytter treverket best over tid. Sammenligningsbygget i denne oppgaven forutsettes derfor å være malt.

3.5.2 Kostnadsoversikt

«Norsk Prisbok» fra 2013 ble benyttet i denne oppgaven. «Norsk Prisbok» er en samling av prisdata på hva det koster å bygge boliger, kontorer, forretningsbygg, parkeringsanlegg, skoler, barnehager, idrettshaller, sykehjem og andre bygg. Boken oppdateres årlig og versjonen fra 2013 er basert på prisnivået i februar 2013.

Prisene må betraktes som gjennomsnittspriser. Det tas ikke hensyn til ulike variasjoner som forekommer fra prosjekt til prosjekt, og heller ikke et svakt fungerende marked. Alle priser er oppgitt uten merverdiavgift.

Regionale kostnadsforskjeller forekommer. Dette skyldes ulikheter i transport, arbeid, klima og byggeskikk og tradisjoner. Det er mulig å gjennomføre en justering av prisen mellom ulike byer i Norge. For Trondheim, og dermed Åsveien skole, er denne faktoren 0,99. For prosjekter i sentrum av byer, kan det vurderes om det bør legges på et ekstra påslag på grunn av trange riggforhold og liknende (Norconsult Informasjonssystemer AS og AS Bygganalyse, 2013). I denne oppgaven er det valgt å se bort i fra disse korreksjonene, da dette er en sammenligning og begge alternativene representerer de samme regionale forskjellene og bygges med de samme riggforholdene.

Det er viktig å merke seg at det ligger både eksakt og skjønnsmessig informasjon bak disse dataene. Den eksakte informasjonen omfatter standarder, tekster, reseptmengder, elementmikser mm. Den skjønnsmessige informasjonen omfatter priser, enhetstider, påslag og prosentvurderinger. På grunn av dette kan feilkildene være mange og store, men med en

systematisk gjennomgang basert på tilgjengelig informasjon vil likevel resultatet med stor sannsynlighet gi klare indikasjoner på virkeligheten.

I vedleggene 3 til 10 finnes detaljer rundt beregningen av merkostnadene. For å gjøre det enkelt for leseren er kodene fra Norsk Prisbok benyttet. Disse kodene følger bygningsdelstabellens oppbygning.

Prisene i Norsk Prisbok inkluderer kostnadene til både materialer og arbeidskraft. Prinsippet for utregning av enhetspriser kommer frem i Formel 3.

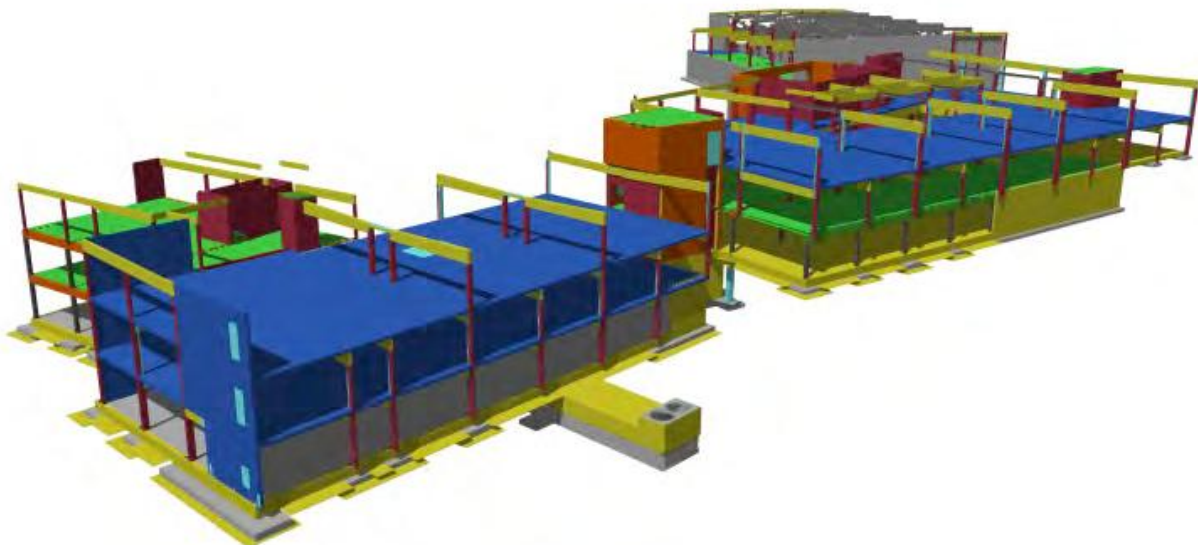
Formel 3

$$\text{materialpris} + (\text{tid} \times \text{timepris}) \times \text{påslag} = \text{enhetspris}$$

Materialkostnaden i beregningene skal være fratrukket alle rabatter, men inkludere kapp, spill og festemateriell. Timesprisen inkluderer utbetalt lønn, alle sosiale utgifter og andre godtgjørelser. Påslaget skal omfatte dekningsbidrag, risiko og fortjeneste (Norconsult Informasjonssystemer AS og AS Bygganalyse, 2013).

Beregningene har blitt utført for ulike deler av bærekonstruksjonen, samt klimavegger og innvendige vegger. Åsveien skoles bærekonstruksjon er illustrert i Figur 15. Konkret om fremgangsmåten for hver enkelt bygningsdel i tillegg til beregningsresultatene finnes i resultatdelen.

Figur 15 viser bæresystemet ved Åsveien skole. Elementer tegnet på figuren i fargene blå og rød er massivtre, grønn er hulldekker, gule og grå skiver er plass-støpt betong, gule dragere er limtre og oransje er betongelementer.



Figur 15: Bæresystem Åsveien skole (Eggen Arkitekter)

3.6 Del 3: Inntjeningstidspunkt

For å besvare det tredje spørsmålet i oppgaven må en del forutsetninger og informasjon på plass. Merkostnadene ved passivhus-standard beregnes i del to av denne oppgaven og dette resultatet brukes videre i del tre. Årlige energibesparelser kan hentes ut i fra en rapport, som er utarbeidet av COWI, for prosjektet. I tillegg må det gjøres antakelser om energipris, økonomisk levetid, kalkulasjonsrente, restverdi og endring i drifts- og vedlikeholdskostnader.

Økonomisk levetid:

Et byggs økonomiske levetid er det samme som den reelle levetiden, og overskrider ikke den tekniske levetiden. Økonomisk levetid er nådd når totaløkonomien ved å beholde og vedlikeholde bygget er mindre gunstig enn å rive bygget (Multiconsult, 2009).

I følge EeBGuide benyttes en levetid på 50 år både i Frankrike og Tyskland (EeBGuide, b). I klimagassregnskapet er det lagt inn en levetid på 60 år, bortsett fra noen unntak som kledning, dører, glassfelt og himling. Velger derfor å benytte en økonomisk levetid på 60 år i disse beregningene også. Skolebygg har høyere slitasje enn for eksempel kontorbygg. Velger likevel ikke å senke levetiden da materialvalg har stor betydning for levetiden, og gode materialvalg dermed vil redusere slitasjen på skolebygget.

Kalkulasjonsrente:

Direktoratet for økonomistyring fastsetter risikofri realrente lik 2 %, med to ulike risikotillegg. Det skilles mellom normale prosjekter med lav eller moderat risiko, og prosjekter med betydelig systematisk risiko.

Tabell 8: Kalkulasjonsrente (Direktoratet for økonomistyring)

	Risikofri realrente	Risikotillegg	Kalkulasjonsrente
Normale prosjekter	2 %	2 %	4 %
Unntak	2 %	4 %	6 %

Dette prosjektet faller under kravene til ekstern kvalitetssikring (KS1 og KS2) og dermed skal det egentlig foretas særskilte beregninger for kalkulasjonsrenten (Direktoratet for økonomistyring). Det er i denne oppgaven likevel valgt å benytte tabellen fra DFØ og se bort i fra dette da dette ville vært for omfattende å gå inn på.

Restverdi:

Restverdien er verdien av bygget ved endt levetid. Dette er en analyse av merkostnadene opp i mot tilknyttede besparelser behøver ikke restverdien være kjent.

Driftskostnader:

Figur 12 i teorikapitlet, av Bjørberg, viser gjennomsnittlig fordeling av FDV-kostnader for en kontorbygning. Dette ses som i stor grad overførbart til en skolebygning, selv om en

skolebygning ofte har noe høyere slitasje. Driftskostnadene for det prosjekterte bygget forventes å være nesten de samme som driftskostnadene for sammenligningsbygget. Antar derfor at driftskostnadene er like med unntak av energikostnaden.

Energikostnad:

Energirammene i TEK 10 for skolebygg er 120 kWh/m² oppvarmet BRA. For idrettshallen er tilsvarende 170 kWh/m² (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010).

Energibehovet, til det prosjekterte bygget, er beregnet av COWI i rapporten «Åsveien skole. Energistrategi og resultater». Rapporten er datert: 20.08.2013 og resultatene vises i Tabell 9.

Tabell 9: Beregnet netto energibehov og rammekrav i henhold til TEK 10 (COWI, 2013)

	Beregnet netto energibehov, kWh/m ²	TEK 10 rammekrav, kWh/m ²	Differanse, kWh/m ²
Skolebygg	65,9	120,0	50,1
Flerbrukshall	96,4	170,0	73,6

Strømpris:

Strømprisen varierer mye både pga. varierende forbruk og pga. variasjoner i vannmagasinenes fyllingsgrad. Det ble hentet inn data på strømpriser fra ulike aktører.

Statistisk sentralbyrå publiserer med jevne mellomrom statistikk på kraftpriser. Åsveien skole, og andre undervisningsbygg, havner under tjenesteytende næringer i denne statistikken. Prisene for tjenesteytende næringer, basert på tall fra 2013, er oppgitt uten avgifter til 34,50 øre/kWh (SSB, 2014).

Nettleien for næringskunder var per 1.jan 2013, i Sør-Trøndelag 27,5 øre/kWh (NVE).

For nettleie hos Trønderenergi er det ulike takstsatser. NMT som er den aktuelle nettleietariffen for skolebygg. Her er nettleien delt opp i tre typer avgifter; fastbeløp, effekttariff og energikostnad. Energifkostnaden deles igjen i energipris og forbruksavgift (Trønderenergi Nett AS).

Tabell 10: Strømkostnader for tjenesteytende næringer (Trønderenergi Nett AS)

Del av nettleie	Pris eks. mva.
Fastbeløp	8 800 kr/år
Effekttariff	500 kr/kW av høyeste effekttime i løpet av siste løpende år
Energipris	6,30 øre/kWh
Forbruksavgift	12,39 øre/kWh

Benytter prisen oppgitt fra SSB og legger til forbruksavgiften. For tjenesteytende næringer kan man altså forvente at strømprisen er omtrent 47 øre/kWh. Setter strømprisen lik 50 øre/kWh og benytter dette i beregningen.

Vedlikeholdskostnader:

Siden langtidserfaringer med passivhus i Norge er begrenset, er det vanskelig å trekke gode konklusjoner i forhold til vedlikeholdskostnaden. SINTEF har i en rapport systematisert erfaringer med passivhus. I rapporten hevder de at det av de analyserte studiene ikke er mulig å si at passivhus innebærer større utfordringer for vedlikehold av bygningskroppen enn konvensjonelle bygg (Klinski et al., 2012).

Det er mange faktorer som påvirker drifts og vedlikeholdskostnadene. Utforming av gulvflatene og grad av vegghengt innredning, som toaletter og reoler vil ha innvirkning på kostnaden for renhold. For fasaderenhold er tilgjengelighet og vindusplassering avgjørende. For energikostnadene er soneinndeling, automatikk og regulering svært gunstig. Som man ser er det mulig å plukke ut parametere som har innvirkning på driftskostnadene. Hvordan miljøtiltakene påvirker disse parameterne er derimot mye verre å trekke gode konklusjoner fra da det først og fremst er designet på bygget som er avgjørende. Er det da mulig å vurdere hva som er valgt ut i fra estetiske preferanser og hva som er velbegrunnede valg med mål å redusere driftskostnadene? På grunn av denne problematikken er det i denne oppgaven valgt å se bort i fra designmessige påvirkninger på driftskostnadene.

Det er valgt å fokusere på vedlikeholdskostnadene av yttersjiktene da disse er prinsipielt ulike for det prosjekterte bygget og sammenligningsbygget. Dette innebærer en sammenligning av vedlikehold for asfalt takbelegg og lett-tak, samt ubehandlet og behandlet trekledning.

Vedlikehold trekledning:

Sammenligningsbygget i denne oppgaven forutsettes å være malt. Malt trekledning må vedlikeholdes hvert 8. år, dersom middels vedlikeholdsintervall (SINTEF Byggforsk). Se Tabell 11 med forslag til intervaller for vedlikehold og utskifting. Vedlikeholdet er også beskrevet i tabellen.

Tabell 11: Intervaller for vedlikehold og utskifting, 235 utvendig flater (SINTEF Byggforsk)

Bygningsdel	Materiale/konstruksjon	Tiltak	Intervaller (år)		
			Kort	Middels	Lang
235 Utvendig overflate	Trekledning eller laft, malt	Maling. Kledningen vaskes og påføres soppdrepende middel. Løs maling og alt nedbrutt tre fjernes ned til friskt tre. Flekker med bart trevirke og eksponert endaved grunnes med penetrerende oljegrunding og flekkmales. Til slutt påføres to strøk maling.	6	8	12
	Trekledning eller laft, dekkbeiset	Beising. Kledningen vaskes og påføres soppdrepende middel. Løs overflatebehandling og alt nedbrutt tre fjernes ned til friskt tre. Flekker med bart trevirke og eksponert endaved grunnes med penetrerende oljegrunding og flekkbeises. Til slutt påføres to strøk beis. Meget slitt beis påføres ett strøk upigmentert oljegrunding før det beises.	4	6	8
	Trekledning eller laft, beiset	Beising. Kledningen vaskes og påføres soppdrepende middel. Løs overflatebehandling og alt nedbrutt tre fjernes ned til friskt tre. Flekker med bart trevirke og eksponert endaved grunnes med penetrerende oljegrunding og flekkbeises. Til slutt påføres to strøk beis. Meget slitt beis påføres ett strøk upigmentert oljegrunding før det beises.	2	4	6

En eventuell miljømessig gevinst av overflatebehandling avhenger av hvor mye lengre levetid panelene får ved overflatebehandling og hvilken belastning overflatebehandlingen utgjør på miljøet. I spesielt heldige tilfeller kan en ubehandlet trekledning ha en holdbarhet på flere hundre år. Under slike forutsetninger vil de fleste overflatebehandlinger gi et negativt miljøbidrag.

Levetiden til trekledning, enten den er behandlet eller ikke, er i følge SINTEF Fag omtrent 60 år. I løpet av denne tidsperioden skiftes til sammen 10 % av kledningen ut. Ved dårlig detaljering er utskiftingen større (Plessner et al., 2013). Da utskiftingen er lik for sammenligningsbygget og det faktiske bygget har dette ingen innvirkning på denne oppgavens beregninger.

Vedlikehold takteking:

Lett-taket er tekket med folie. Vedlikeholdet av taket ser ut til å være det samme som om taket skulle vært tekket med asfaltbelegg. Se Tabell 12. Ser derfor bort i fra dette i de videre beregningene.

Tabell 12: Intervaller for vedlikehold og utskifting. 262 Takteking (SINTEF Byggforsk)

Bygningsdel	Materiale/konstruksjon	Tiltak	Intervaller (år)		
			Kort	Middels	Lang
262 Takteking	Asfaltbelegg	Reparasjon. Lokale skader repareres med lapper av asfalttakbelegg. Små sår i belegget utbedres midlertidig med asfaltkitt.	5	10	15
		Omlegging. Gammel tekning børstes ren. Blærer og valker skjæres ned før nytt belegg legges.	15	25	35
	Takfolie, mekanisk festet	Reparasjon. Lokale skader (hull mv.) utbedres med lapper av tilsvarende kvalitet. Lappene seises på av spesialfirma.	5	10	15
		Omlegging. Ny takfolie legges normalt oppå gammel folie.	15	25	35

3.7 Klimagassregnskapet, Åsveien skole

For Åsveien skole skal klimagassregnskapet utarbeides tre ganger; prosjektert, utført og i drift. Klimagassregnskapet skal utarbeides alle tre gangene med verktøyet klimagassregnskap.no. På tidspunktet denne oppgaven ble skrevet var kun klimagassregnskap del 1, som prosjektert, utarbeidet så beregningene er basert på dette.

Da flere formål er lokalisert i samme bygg, må bygget beskrives i to deler, flerbrukshall og barneskole.

3.7.1 Energimodul-skolen

Referanseforbruket av energi er valgt lik TEK 10-rammen for skolebygg. Dette tilsvarer 120 kWh/m² (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010). Med 48 % el-spesifikt behov tilsvarer dette 12,4 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013a).

Netto energibehov ved passivhusberegning i henhold til Sintef Byggforsks prosjektrapport 42/2009 er av Reinertsen (datert: 05.06.2012) beregnet til 59,7 kWh/m²år.

Energiberegningen er utført i SIMIEN, versjon 5.012. Skolens varmebehov dekkes 100 % av fjernvarme. Med en el-spesifikk andel på 58 % blir beregnet utslipp 7,8 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013a).

Netto energibehov for skolen er, ut ifra disse beregningene, redusert med 50 %. Netto utslipp av klimagasser er redusert med 37 % (Eggen Arkitekter v/ Breidablikk, 2012).

El-spesifikk energibruk er beregnet til å være 49 % lavere enn TEK 10-kravet. Dette på grunn av redusert energibruk til belysning ved hjelp av stor grad av behovsstyring. Varmebehovet er 56 % lavere enn TEK 10. Dette skyldes at bygningskroppen har svært lite transmisjons- og infiltrasjonstap og at det går lite energibruk til ventilasjon grunnet høy temperaturvirkningsgrad og lav SFP-faktor.

Referansebygget i klimagassregnskap.no benytter elektrisitet og varmepumpe til oppvarming, mens det prosjekterte bygget benytter fjernvarme. Klimagassregnskap.no regner med at elektrisitet etter hvert kommer til å bli utslippsfri. I følge beregningsmodellen er det gunstig å benytte enten direkte eller indirekte elektrisitet til oppvarming. Da det i prosjektet Åsveien skole skal benyttes fjernvarme gjør dette det umulig å oppnå maksimale utslippsreduksjoner for energimodulen. For å oppnå maksimale utslippsreduksjoner burde det vært benyttet elektrisitet eller biobrensel til oppvarming (COWI, 2013).

3.7.2 Energimodul- flerbrukshallen

Energimodulen for flerbrukshallen følger samme prosedyre som for skolebygget.

Referanseforbruket er TEK 10s energiramme for idrettsbygg. Dette tilsvarer 170 kWh/m²år (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010). 170 kWh/m² år medfører 16,4 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013a).

Det prosjekterte bygget har et utslipp på 11,2 kg CO₂-ekv. pr. m² år i følge klimagassregnskap.no (Sandberg, 2013a).

Klimagassregnskapet for flerbrukshallen viser en forbedring på 32 %. Grunnen til at denne forbedringen ikke er større er at mye av energien går til oppvarming av tappevann, og dermed er vanskelig å redusere. For å bedre dette ytterligere må fjernvarmen være basert på fornybare energikilder eller så må energien komme fra lokale fornybare energikilder. I Trondheim er den største energikilden til fjernvarmen avfall.

Det antas å være et lite kjølebehov for både skolen og flerbrukshallen. Dette er ikke tatt inn i disse beregningene. Dette kjølebehovet er tenkt løst med frikjøling av ventilasjon mot brønnpark. Frikjøling benyttes for å minske kjølebehovet uten å tilføre ekstra energi.

3.7.3 Transportmodulen- skolen

Sentral lokalisering av et bygg med nærhet til et godt kollektivtransporttilbud er ofte en avgjørende faktor for klimapåvirkningen. Reduksjonen av transportrelaterte utslipp fra bruk av bygningen, ved god beliggenhet, kan reduseres opp mot 50 til 70 %. Grunner til dette er for det første, at sentral beliggenhet gir kortere reiselengder. For det andre vil større andel av reisene bli foretatt med sykkel, til fots og kollektivt da tilbudet gjerne er godt og parkeringsmulighetene ofte blir tilsvarende begrenset (Civitas/Statsbygg, 2012).

En reise har alltid både et start- og et slutt punkt. Av den grunn blir kun halvparten av reiselengdene bokført på det gitte bygget. I dette tilfellet vil halve lengden bokføres på boligen og halve lengden på skolebygget.

RVU er den nasjonale reisevaneundersøkelsen. RVU-data fra 2009 til 2011, indikerer at arbeidsreiser for ansatte i skoler er vesentlig kortere enn gjennomsnittet, altså 5 km i stedet for 10 km. Dette er tall hentet fra RVU-data bearbejdet av Svein Åge Relling (Eggen arkitekter v/Breidablikk, 2012). Klimagassutslippet for skolens referansebygg, er beregnet til 3,55 kg CO₂-ekv. pr. m² år. Personbiler bidrar med hele 74 % (Sandberg, 2013b).

Ved Åsveien skole er det prosjektert begrenset med parkeringsplasser. Det er kun en dekning på omtrent 25 %, noe som antas å føre til en økning i både gående, syklende, samkjøring og kollektive reiser. For elevene vil kort avstand og redusert tilgjengelighet med bil ha de samme virkningene som for de ansatte.

Prosjektert bygg er beregnet til 2,81 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013b). Samlet effekt for ansatte og elever utgjør en reduksjon på 21 % av klimagassutslippet.

3.7.4 Transportmodulen- flerbrukshallen

Til fritidsaktiviteter er det generelt høy andel bilbruk. Trondheim kommunes tiltak, som et forsøk på å motvirke dette, er plassering av busstopp i begge retninger. Disse busstoppene er plassert med svært kort avstand fra, og med meget godt belyste gangstrekninger til flerbrukshallens hovedinngang.

Referansebygget har et klimagassutslipp på 4,4 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013b).

For flerbrukshallen ble det utført beregninger for både ansatte og andre brukere. Utslippet er beregnet til 2,1 kg CO₂-ekv. pr. m² år. Dette tilsvarer en reduksjon på litt over 30 % (Sandberg, 2013b).

3.7.5 Konstruksjons og anleggsfasen

Klimagassregnskapet ved Åsveien skole innbefatter ikke modulen konstruksjons- og anleggsfasen. Da modulen inngår på klimagassregnskap.no følger en kort utdypning likevel.

Konstruksjons og anleggsfasen omhandler utslipp fra utgraving, varetransport, transport av tjenester og tilrettelegging av tomt. Det beregnes, på klimagassregnskap.no, utslipp knyttet til energibruk for transport, arbeidsmaskiner og stasjonær energibruk (Civitas/Statsbygg, 2012).

Det er mulig å beregne utslippene til denne modulen ved Åsveien skole også. Da må type drivstoff anslås for alle maskiner og kjøretøy. Her er inndelingen fossilt drivstoff, biodrivstoff og nullutslippsdrivstoff. Hastigheten på transporten er også avgjørende for utslippene. Jo høyere gjennomsnittshastighet, jo lavere utslipp på strekningen. Dette kommer av at man unngår start og stopp i like stor grad. For Åsveien skole ville hastigheten bli anslått som over 50 km/t i alle tilfeller, da transporten ankommer fra hovedvei og ikke igjennom byen. Det må i tillegg antas en gjennomsnittlig kjørestrekning og antall liter drivstoff forbrukt av anleggsmaskinene på plassen anslås.

3.7.6 Materialmodul-skolen

Prosjektet Åsveien skole har vurdert alternative løsninger og valgene har til stor grad blitt tatt med fokus på de enkelte løsningenes klimagassutslipp.

Justert referansebygg

Som sammenligningsgrunnlag ble referansebygget modifisert til et justert referansebygg. Å etablere et justert referansebygg var et ønske fra Trondheim kommune. Dette bygget er justert for følgende aspekter:

- Større areal av yttervegg under mark
- Mindre areal av yttervegg over mark
- Ekstra innervegger på grunn av brukere med ulike autismediagnoser. I det justerte referansebygget øker innerveggenes andel fra 13 % til 17 %.

For begge referansebyggene er det antatt grunn og fundamenter av betong og et bæresystem av stål.

Referansebygget valgt for barneskolen er beregnet til å tilsvare et utslipp på 5,7 kg CO₂-ekv. pr. m² år. Det justerte referansebygget er beregnet med et utslipp lik 6,3 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013a). Dette er beregnet ut i fra et antatt materialforbruk, med et tilsvarende CO₂-utslipp.

Det foreløpige prosjekterte bygget har et beregnet utslipp på 5,1 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013a).

Ser at de beregnede utslippene for skolebygget kun er 20 % lavere enn for det justerte referansebygget. Dette skyldes at endringene i grunn og fundamenter ikke er lagt inn. Da denne posten utgjør den høyeste andelen av klimagassutslippene vil dette være betydningsfullt.

3.7.7 Materialmodul-flerbrukshallen

I det justerte referansebygget minker ytterveggenes andel fra 16 % til 14 %. Innerveggenes andel minker fra 9 % til 7 %.

For flerbrukshallen har det beregnede referansebygget et utslipp av klimagasser tilsvarende 8,0 kg CO₂-ekv. pr. m² år. Det justerte referansebygget har et utslipp lik 7,4 kg CO₂-ekv. pr. m² år (Sandberg, 2013a). Denne reduksjonen skyldes mindre andel innervegger.

Materialmodulen for den prosjekterte flerbrukshallen var på det tidspunktet denne oppgaven ble skrevet ikke utarbeidet. I klimagassrapporten brukt i denne oppgaven er dette ikke tatt hensyn til. Man kunne kanskje antatt at flerbrukshallen representerer en tilsvarende klimagassreduksjon i materialmodulen som for skolebygget. Dermed ville klimagassutslippet for flerbrukshallens materialmodul bli omtrent 6 kg CO₂-ekv. pr. m² år.

3.7.8 Oppsummering

Tabell 13: Oppsummering klimagassregnskap Åsveien skole-barneskolen

Barneskolen [kg CO ₂ -ekv./m ² år]			
	Referanse	Justert ref.	Prosjektert
Energimodul	12,4	12,4	7,8
Transportmodul	3,55	3,55	2,81
Materialmodul	5,7	6,3	5,1
Totalt:	21,65	22,25	15,7

Reduksjon fra justert referansebygg til prosjektert bygg er for barneskolen 29,5 %. (27,5 % reduksjon i forhold til referansebygg.)

Tabell 14: Oppsummering klimagassregnskap Åsveien skole-flerbrukshallen

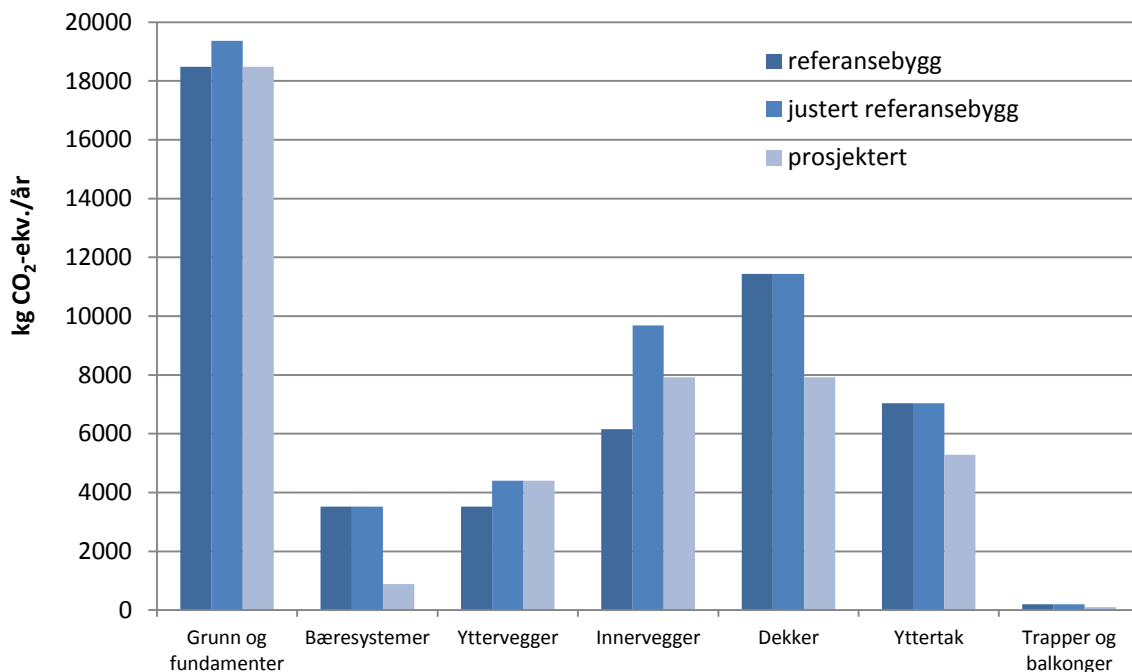
Flerbrukshallen [kg CO ₂ -ekv./m ² år]			
	Referanse	Justert ref.	Prosjektert
Energimodul	16,4	16,4	11,2
Transportmodul	4,4	4,4	2,1
Materialmodul	8,0	7,4	7,4*
Totalt:	28,8	28,2	20,7

*Ikke utført klimagassberegninger, i materialmodulen, for det prosjekterte bygget.

Reduksjon fra justert referansebygg til prosjektert bygg er for flerbrukshallen 26,5 %. (28 % reduksjon i forhold til referansebygg.) Dersom man regner med at materialmodulen vil ha tilsvarende reduksjoner som skolebygget for materialmodulen vil det totale utslippet bli 19,3 kg CO₂-ekv. pr. m² år. Dette medfører en reduksjon fra justert referansebygg på 32 %. (33 % i forhold til referansebygg.)

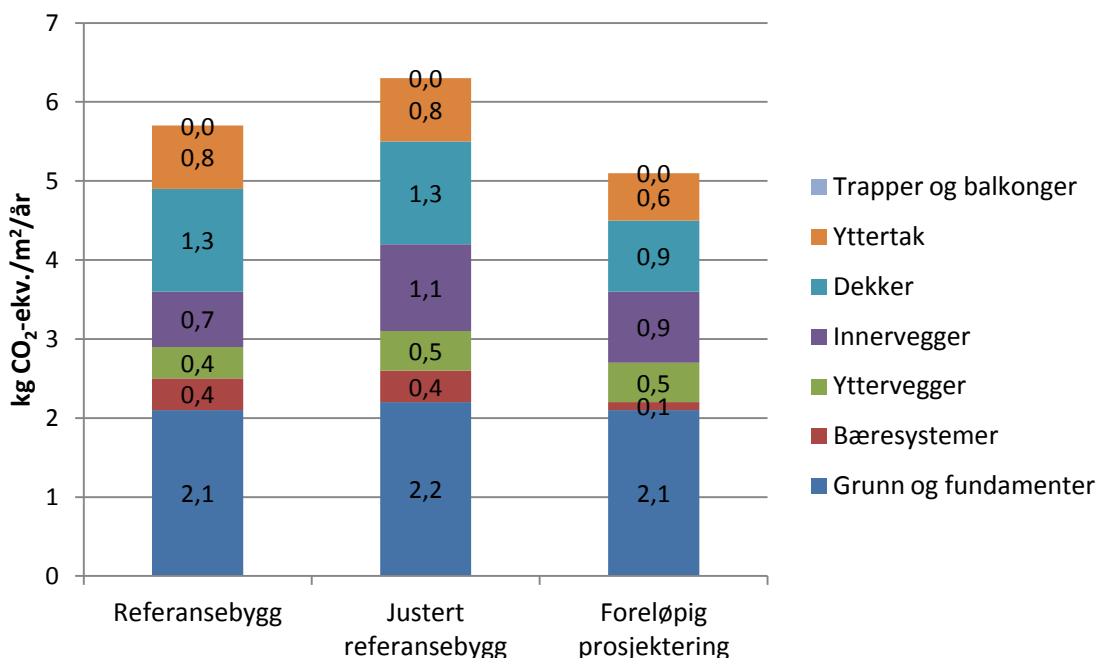
Figur 16 illustrerer materialmodulen av klimagassregnskapet for barneskolen, og viser tre sett med stolper: referansebygg, justert referansebygg og prosjektert.

Ser at prosjektert kommer svært godt ut, med verdier under det justerte referansebygget. Dette er spesielt tydelig for bæresystemer, dekker, yttertak og innervegger. Man kan observere at det ikke er spart spesielt mye på posten «grunn og fundamenter». Dette skyldes at det er vanskelig å spare på mengden betong i grunn. I tillegg er ikke den innblandede flyveasken inkludert i beregningen. Dette belyses nærmere i diskusjonsdelen. Det er kun marginale forskjeller for «trapper og balkonger». Dette er ikke uventet da utgangspunktet er lavt. Likevel observerer man en relativ besparelse.



Figur 16: Materialmodul for barneskolen (Eggen Arkitekter v/Solem, 2013)

Figur 17 viser en sammenstilling av materialmodulen i klimagassregnskapet. På denne figuren tydeliggjøres forskjellen de prosjekterte løsningene utgjør i forhold til referansebygget ved hjelp av en sammenstilling av alle materialmodulene. Figuren illustrerer at endringene gjør et tydelig utslag på klimagassregnskapet.



Figur 17: Sammenstilling av materialmodul, barneskolen (Eggen Arkitekter v/Solem, 2013)

Klimagassregnskapet har sine svakheter. Bak dataene ligger en rekke antakelser om blant annet utslippsfaktorer, grad av tilstedeværelse, utførelse, mengder og menneskelig adferd. Resultatene representerer dermed en viss usikkerhet. Dette belyses nærmere i diskusjonen.

3.8 Elementer som ikke inngår i klimagassregnskapet

3.8.1 Tekniske installasjoner

Tekniske installasjoner er ikke inkludert i klimagassregnskapet. Dette betyr at elektro, rør- og varmeanlegg og ventilasjon ikke er inkludert. Årsaken til at tekniske installasjoner ikke er inkludert er at foreløpige estimater tyder på at andelen av utslippet som skyldes disse installasjonene i et bygg er beskjedne, anslagsvis mindre enn 1-2 % (Selvig, 2012).

Generelt kan man forvente at de tekniske installasjonene i passivhus i forhold til ordinære bygg er noe dyrere pga. et mer komplisert ventilasjonsanlegg.

Likevel stilles det ikke strengere krav til luftmengder for passivhus, enn for boliger bygget etter dagens regelverk. Kravene til spesifikk luftmengde er de samme i TEK 10 som i passivhus etter standard NS 3701.

SFP-faktoren skal i følge TEK 10, for andre bygg enn boliger, ikke overskride $2,0 \text{ kW/m}^3/\text{t}$ (Forskrift om tekniske krav til byggverk, 2010). Denne faktoren er derimot strengere ved passivhus-standard. Da skal den ikke overskrive $1,5 \text{ kW/m}^3/\text{t}$ (Standard Norge, 2012). Man bør ha et kanalnett med lave hastigheter for å oppnå lav SFP. Dette medfører behov for overdimensjonerte kanaler, for å oppnå nødvendig trykkfall, som igjen medfører høyere kostnader.

3.8.2 Inventar

Inventar er heller ikke inkludert i klimagassregnskapet. Det er liten sannsynlighet for at inventaret i passivhus skiller seg betydelig fra inventaret i tradisjonelle bygg.

3.9 Metodikken bak klimagassregnskapet.no

På klimagassregnskap.no er bygningsdelene delt opp i undergrupper. For hver undergruppe ligger materialvalg listet. Ved beregning av klimagassutslippet for en bygningsdel legges oppbygningen inn, del for del, og summen av klimagassutslippene representerer bygningsdelens totale klimagassutslipp.

Hovedprinsippet for beregningene av klimagassutslipp, på klimagassregnskap.no, er vist i Formel 4.

Formel 4

$$\begin{aligned} & \text{innsatsfaktor/aktivitet} \times \text{utslippsfaktorer (CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2\text{O)} \\ & = \text{klimagassutslipp (CO}_2\text{ – ekv.)} \end{aligned}$$

De tre følgende eksemplene er basert på løsninger fra caseprosjektet og er inkludert for å gi leseren bedre forståelse av både verktøyet klimagassregnskap.no og tankegangen bak valg på bakgrunn av klimagassregnskap.no.

Eksempel 1: CO₂-besparelse ved å velge et dekke av massivtre sammenlignet med et hulldekkedekke

Dekkene som sammenlignes har den samme brannmotstanden (EI60).

Tabell 15: CO₂-utslipp massivtredekke

Massivtredekke	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Linoleum	3,64
Gulvspanplate	7,0
Gulvgipsplate	1,93
Trinnlydplate	17,04
Massivtredekke 180 mm	2,34
Systemhimling (20 mm systemhimling gips)	12,64
Totalt utslipp:	65 kg CO₂-ekv./m²

Tabell 16: CO₂-utslipp hulldekke

Hulldekke	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Linoleum	3,64
Avretting (betong)	45,12
Hulldekke 265 mm	102,57
Systemhimling (20 mm systemhimling gips)	12,64
Totalt utslipp:	164 kg CO₂-ekv./m²

Ser ved en sammenligning at hulldekker representerer nærmest en tredobling av CO₂-utslippet i forhold til massivtredekker. Her er det altså mye å spare i forhold til klimapåvirkning.

Antakelser:

- Gysing og fuging av hulldekker: 0,05 m³ betong per m²
- Gipsplater: 9 kg/m²
- Linoleumsbelegg: 1,8 kg/m²
- Sponplater: 8 kg/m²

Eksempel 2: CO₂-besparelse ved å velge yttervegg av massivtre sammenlignet med vanlig stenderverk

Ytterveggskonstruksjonene som sammenlignes har begge en u-verdi på 0,15 W/m²K.

Tabell 17: CO₂-utslipp massivtrevegg

Massivtrevegg	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Massivtreskive 100 mm	1,3
Mineralull 200 mm, densitet 70 kg/m ³	11,09
GU-gips	1,95
Ubehandlet trekledning 22 mm	0,57
Totalt utslipp:	15 kg CO₂-ekv./m²

Tabell 18: CO₂-utslipp stenderverksvegg

Stenderverksvegg	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Gips 13 mm	5,84
X-finér 15 mm	8,78
Mineralull 300 mm	16,63
Trestender 2x48x148 mm	0,46
GU-gips	1,95
Ubehandlet trekledning 22 mm	0,57
Totalt utslipp:	34 kg CO₂-ekv./m²

Ser av tabellene at ytterveggskonstruksjoner av massivtre tilsvarende under halvparten av CO₂-utslippet sammenlignet med yttervegg av stenderverk.

Eksempel 3: CO₂-besparelse ved å velge lett-tak sammenlignet med en takkonstruksjon av hulldekker

Begge alternativene har samme brannmotstanden, EI 60, og lik u-verdi (0,09 W/m²K).

Tabell 19: CO₂-utslipp lett-tak

Lett-tak	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Taktekking, membran	0,15
Taktro 19 mm	0,74
Treflens 48 x 121 mm c/c 600mm	2,41
120 mm mineralull	9,98
Stålhøyde høyde 360 mm	23,50
360 mm mineralull	19,96
Dampspærre 0,2 mm	0,0007
48 x 98 mm nedlekting	1,91
100 mm tung steinull	6,82
TRP-plate 20 mm	2,25
Totalt:	68 kg CO₂-ekv./m²

- Tung steinull = 90 kg/m³, hentet fra lett-tak.no

Antakelser:

- Resirkulert aluminium
- Aluminium: 2 700 kg/m³
- TRP-plate: 4,32 kg/m² med en tykkelse på 0,5 mm. Aluminium. Glassull, standard, lett bygningskvalitet: 0,2 kN/m³, ca. 20 kg/m³
- Membran: tykkelse 2,4 mm
- Taktro: tykkelse 22 mm
- Stålprofil: 50 kg/m²

Tabell 20: CO₂-utslipp tak av hulldekke

Hulldekke	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv./m ²]
Taktekking membran	0,15
100 mm Rockwool (175 kg/m ³) takfall	19,88
280 mm Rockwool (95 kg/m ³)	30,22
Diffusjonssperre	0,0007
265 mm betong hulldekke	102,57
Totalt:	152 kg CO₂-ekv./m²

Antakelser:

- Antar gysing og fugging av hulldekker: 0,05 m³ betong per m²

Ser at lett-taket kun representerer halvparten av klimagassutslippet, sett i forhold til en takkonstruksjon av hulldekker.

3.10 Usikkerheter

Det er mange faktorer som kan ha gitt beregningsresultatene utført i denne oppgaven variasjoner som ikke stemmer med virkeligheten. Dette skyldes både usikkerhet rundt inndata og ulike parameteres sensitivitet.

Usikkerhet er mangel på kunnskap om fremtiden (Samset, 2008). Usikkerhet innebærer at det oppstår en differanse mellom nødvendig og tilgjengelig informasjon ved beslutningstidspunktet. Flere parametere endrer seg også over tid, og dette gjør det vanskelig å presentere en fremtidsprognose.

Det mangler noe data i Norsk Prisbok, og på klimagassregnskap.no. Det er først og fremst standardkomponenter og tradisjonelle bygningsdeler som er ført inn her. Dermed må man gjøre vurderinger og antakelser på bakgrunn av et noe tynt grunnlag. Dette kan kanskje ses som en form for kvalifisert gjetning og gjelder også for materialer i sammenligningsbygget og den økonomiske utviklingen i fremtiden. En av de mest utslagsgivende antakelsene, i forhold til oppgavens resultater, er muligens levetid.

Det skilles mellom systematisk og usystematisk usikkerhet. Systematisk usikkerhet virker på samme måte, i samme retning eller på flere elementer og vil på denne måten totalt sett kunne utgjøre store forskjeller. Usystematisk usikkerhet påvirker derimot kun enkeltvis og kan slå ut i flere retninger (Samset, 2008). I denne oppgaven spiller nok både systematisk og usystematisk usikkerhet en rolle. Eksempel på systematisk usikkerhet er korreksjonsfaktoren for prisdataene fra Norsk Prisbok.

Til mengdeberegningen er programmet Geometra benyttet. Dette er et mengdeberegningsprogram, eid av Trimax AS, der man definerer målestokken på tegningene ved å måle opp en kjent avstand. Deretter måler man ut lengder, areal eller volum. Dette leses ut av programmet og kan justeres etter hva man er ute etter. Ved denne metoden kan dermed både målestokken og oppmålingen være feil. Dette er eksempel på usystematiske feil.

I denne oppgaven spiller nok sensitiviteter en større rolle enn usikkerheter. Derfor er sensitivitetsanalyser gjennomført og blir presentert i diskusjonsdelen. En av de mest sensitive parameterne, altså en parameter som har stor innvirkning på resultatet, er strømprisen.

Datakvaliteten både i Norsk Prisbok og på klimagassregnskap.no har også betydning. Klimagassberegningene er basert på Statsbyggs data om materialer og komponenter. Verken Norsk Prisbok eller klimagassregnskap.no var utfyllende nok til beregningene i denne oppgaven. Dette ble løst ved hjelp av antakelser og alternative fremgangsmåter, som å kontakte fagpersoner.

Det er vanskelig å vurdere bygg i tidsperspektiv, da det helst bør være en dynamisk analyse (Kristjansdottir, 2013). Energiforbruk og CO₂-utslipp fra materialer varierer mye ut i fra endret bruk, utskiftninger og liknende. En del av beregningene er verifiserbare (etterprøvbare), men langt ifra alle. Beregninger som er verifiserbare er for eksempel energiforbruk, og utslipp fra transport. Utslipp fra transport kan kartlegges gjennom en spørreundersøkelse.

4 Beregninger og resultater

Dette kapitlet er tredelt. I første del legges resultatet av intervjurunden frem, deretter grunnlaget for beregningene og resultatene fra beregning av merkostnader og inntjeningspunkt.

4.1 Intervjuer

Miljøfokus som konkurransefortrinn

De tre representerte organisasjonene har en bevisst miljøvennlig holdning. Det er tydelig at dette ses på som et konkurransefortrinn. Innledningsvis blir det illustrert hvordan Trondheim kommune, Eggen Arkitekter og Betonmast Trøndelag jobber mot å bli mest mulig miljøvennlig.

Trondheim kommune (som byggherre) gjennomfører flere tiltak for å være miljøvennlig. Deres ansatte disponerer ikke parkeringsplasser. Dette er et bevisst valg som fører til at de ansatte benytter kollektivtransport eller sykler til jobb. Hvis Trondheim kommunes ansatte må kjøre i arbeidstiden har de el-biler til disposisjon. I tillegg er Trondheim kommune ISO 14000-sertifisert. Dette medfører at de må oppfylle krav til miljømessig forbedring fra år til år.

Miljøfokus er, i følge Solem, en del av Eggen Arkitekters profil. For dem er det viktig å være i forkant. De er i tillegg en miljøfyrtårnbedrift, og har stort fokus på etterutdanning og deling av kompetanse mellom sine ansatte. Solem har selv stor interesse for miljø og har jobbet videre med klimagassregnskapet for Åsveien skole på eget initiativ.

Betonmast Trøndelag har en bevisst holdning til valg av miljøvennlige materialer, kildesortering og strømsparing. Disse tiltakene gir i tillegg entreprenøren kostnadsbesparelser. Betonmast Trøndelag er inne i en prosess for å bli ISO 14000-sertifisert etter organisatoriske endringer i konsernet. Dersom man ser spesifikt på prosjektet Åsveien skole er de ansatte i Betonmast Trøndelag blitt flinke til å redusere bilbruken ved samkjøring eller sykling. I tillegg jobber både anleggsledelsen og fagarbeiderne i mot 100 % sorteringsgrad, selv om kravet som er satt av Trondheim kommune er 70 %.

Prosjektleder ved Åsveien skole mener miljøfokus er et viktig konkurransefortrinn for Betonmast Trøndelag, spesielt når de konkurrerer om prosjekter. Det offentlige setter ofte miljø som et vektet kriterium i anbudsprosessen, og han ser en økning av private aktører som følger etter. På grunn av dette er det viktig for Betonmast Trøndelag å tilegne seg kompetanse og å dokumentere denne kompetansen. Gjennom dette, i tillegg til å ha en god plan på gjennomføring i henhold til miljøkrav håper man å score høyt i evalueringen av anbudet. Ved Åsveien skole inngikk miljø indirekte som et kriterium innen det vektete kriteriet Kvalitet.

Holdninger blant aktørene

Arkitekten og prosjektlederen er enige i at holdningene til miljøvennlig bygging, blant de involverte i prosjektet, har vært svært gode. Solem mener at de fleste aktørene i byggeprosessen ved prosjektet var positive til miljømessig satsing og trekker frem entreprenøren som svært miljøfokuset i starten. Likevel synes han interessen på den tekniske siden og blant statikerne med fordel kunne vært noe høyere.

Også tømmerne ved Åsveien skole er positive til miljøvennlig bygging. Aarhaug forklarer at de fleste synes det er givende med nye løsninger og utfordringer.

Samspillsfasen

Prosjektet Åsveien skole startet med en samspillsfase. Liles erfaring som byggherre ved Åsveien skole, er at denne samspillsfasen var nødvendig og at den har medført et ryddig forhold mellom entreprenør og byggherre. Det ville i følge Lile også ha vært et alternativ å gjennomføre prosjektet som en samspillskontrakt. Da måtte en incitamentsmodell blitt utarbeidet. Likevel ser ikke Lile dette som nødvendig da hun mener at de fleste store utfordringene var ryddet av veien etter samspillsfasen, og at Trondheim kommune etter denne fasen hadde lagt forholdene godt til rette for entreprenøren.

På grunn av endringer i entreprenørens organisasjon var det ikke mulig å få entreprenørens synspunkter i forhold til dette.

Klimagassregnskap.no handler i stor grad om kunnskapstilegnelse

Trondheim kommune ville utarbeide et klimagassregnskap ved å benytte verktøyet klimagassregnskap.no. Dette ønsket de i følge Lile fordi flere prosjekter bruker det samme verktøyet. Både FutureBuilt og Fremtidens Bygg benytter klimagassregnskap.no og dermed har man sammenlignbare prosjekter.

Både Lile og Solem påpekte at Klimagassregnskap.no er i startfasen. Det er en del av et forsknings og utviklingsarbeid, men er i følge Lile et sted å starte.

«Klimagassregnskap.no er på en måte i støpeskjea» – Solem

Dette utsagnet utdyper Solem med å fortelle at klimagassregnskap.no startet på bar bakke. På grunn av dette hevder Solem at brukervennligheten ikke er optimal, men at verktøyet har den fordel at alt er samlet på et sted. Taktikken han anbefaler er å prøve seg litt frem i verktøyet og på denne måten opparbeide seg en forståelse av hvordan det fungerer.

Klimagassregnskap.no er i følge Solem nyttig fordi verktøyet gir et bevisst forhold til valg. Det blir enklere å velge et produkt fremfor et annet, begrunnet med redusert klimagassutslipp.

Solem mener også at noe av det viktigste med å benytte klimagassregnskap.no er den kunnskapen man tilegner seg. Etter hvert opparbeider man seg kunnskap om hvilke produktvalg som er avgjørende for totalbildet. Han har selv sett at isolasjon og gips ofte står for 95 % av utslippet. Da er det klart at et fokus på å redusere disse to materialene vil være

klimamessig lønnsomt. Å velge tre- eller stålstender vil i følge Solem nærmest være ubetydelig i totalregnskapet.

Lile mener klimagassregnskapet etablerer en metodikk og er enig med Solem i at det bidrar til å øke kompetansen. Man begynner å tenke over materialvalg i et livsløpsperspektiv og det er dette Lile mener gjør det interessant, men også komplisert. Hun forteller at:

«Kunnskapen er det viktige i pilotprosjekter».-Lile

Både arkitekt og byggherre er enige i at gjennom klimagassregnskap.no vil produsentene også se at det settes fokus på miljø. Kommunen må i følge Lile etterspørre gode fremtidsløsninger for å tvinge bransjen til å gå etter. Lile omtaler dette som en forpliktelse til å etterspørre klimavennlige løsninger. I tillegg mener hun de må sette høye mål slik at bransjen har noe å strekke seg etter.

Solem oppsummerer klimagassregnskap.no på en god måte:

«Klimagassregnskap.no er et verktøy for å velge. Det viser et regnskap» -Solem

Entreprenøren har derimot lite erfaring med klimagassregnskap.no fra før, men høster mye erfaring fra dette prosjektet.

Gjennomfør heller få miljøvennlige tiltak på en skikkelig måte

Lile er veldig fornøyd med satsingen på tre i prosjektet samt overvannsbedet. Dette er i tillegg til å fungere som overvannshåndtering et viktig pedagogisk element for barna på skolen. Lile tror barna vil synes det er gøy å se vannet gjøre noe annet enn å forsvinne.

Sedumtak som takløsning blir ikke gjennomført på Åsveien skole. Lile påpeker at man ikke kan gjøre alle tiltakene på ett og samme prosjekt og siden Åsveien skole allerede har et tiltak for overvannshåndtering, nemlig regnbedet, sier hun seg fornøyd på dette området. Det er viktig å velge noen tiltak og heller gjennomføre de tiltakene man velger på en skikkelig måte.

CO₂-utslipp- en ekstra faktor som det må tas hensyn til

Det var interessant å finne ut om caseprosjektet hadde en høyere vanskelighetsgrad enn tilsvarende bygg, enten på tegnebrettet eller på byggeplassen. Gjennom intervjuene kom det fram at caseprosjektet verken er vanskeligere å prosjektere eller utføre, men noen ekstra aspekter må tas i betraktning.

Fra arkitektens ståsted er det ikke mer komplisert å prosjektere et miljøvennlig bygg. Han sier likevel at man må være mer bevisst i prosessen. Solem utdyper at forskjellen ligger i at man får inn en ekstra faktor, nemlig CO₂-utslipp. Denne faktoren skal også tas hensyn til, noe som fører til ekstra tidsbruk og gjør prosessen mer komplisert.

Det er ved Åsveien skole i følge Aarhaug ganske mange detaljer å sette seg inn i. Dette er likevel noe han ser på som spennende, selv om det tar ekstra tid.

Løsningene ved Åsveien skole er i følge Aarhaug ikke vanskeligere å bygge enn ellers. Utfordringen ved passivhus er ofte tettingen. Han forteller at de har funnet en bra løsning på tetting som de gjennomfører så han tror ikke det blir et problem å oppnå tetthetskravene satt for prosjektet. Han har også vært med på prosjekter med svært gode målinger tidligere. De har tidligere hatt målinger av lekkasjetall nede i $0,15 \text{ h}^{-1}$, $0,11 \text{ h}^{-1}$ for haller, og disse byggene hadde ikke krav til passivhus-standard. Kravet ved Åsveien skole er $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Aarhaug ser ikke på utførelsen av bygget som mer tidkrevende enn andre skolebygg. Det eneste han kan fremheve som tar lengre tid er i dette tilfellet er det doble bindingsverket i ytterveggene. Denne løsningen ble valgt fordi u-verdien for ytterveggen bedres gjennom et homogent isolasjonssjikt og lavere treandel.

50 % klimagassreduksjon – ikke et absolutt krav

Opprinnelig var målsettingen ved Åsveien skole en klimagassreduksjon på 50 %, innenfor stasjonær energibruk og materialbruk. Når målet om 50 % klimagassreduksjon ble satt, var sammenligningsgrunnlaget TEK 07. Dersom man benytter TEK 10 som sammenligningsgrunnlag blir målsettingen enda mer utfordrende å oppnå. Det er i følge Lile spesielt for materialmodulen vanskelig å oppnå 50 % reduksjon. Dette skyldes blant annet at tre er et vanlig materialvalg for skoler. Kontorbygg er det derimot lettere å gjøre reduksjoner for, da disse byggene i hovedsak føres opp i mur eller betong. For et kontorbygg vil en substitusjon av betong til tre dermed gjøre store utslag, mens denne muligheten mangler for skolebygg. I tillegg ligger Åsveien skole i skrående terreng, noe som utelukker muligheten til å spare klimagassutslipp i forbindelse med betong i grunn.

Lile forteller at 50 % heller ikke ble satt som et absolutt krav. Hadde dette blitt gjort ville entreprenørene som ga tilbud sett seg nødt til å prise inn risikoen dette medfører og prosjektet ville automatisk blitt dyrere for kommunen. Dette utdyper hun med:

«Det som er viktig for oss er at vi setter de riktige målene». -Lile

Sjeldent avvik mellom prosjektert og utført

Aarhaug hevder at det svært sjeldent er forskjeller mellom de prosjekterte løsningene og det som bygges. Dersom dette er tilfellet skyldes det som regel at prosjekteringen henger etter og at beslutninger må tas på plassen pga. tidspress.

Passivhus er et salgsargument

Åsveien skole er i tillegg til å være et foregangsprosjekt for klimagassreduksjoner et passivhus bygget etter kravene i NS 3701. Dette blir av samfunnet sett som verdifullt:

«Passivhus er et salgsargument» -Solem

Likevel forteller ikke begrepet passivhus hvor mye energi du har brukt på å bygge huset. Passivhus går kun på hvor mye energi bygget bruker i drift.

Vil massivtre alltid være dyrere enn betong?

Massivtre er i dag dyrere enn betong. Dette kommer av at det er mindre konkurranse i markedet. Det er svært få leverandører av massivtre. Lile mener at dersom vi ikke etterspør massivtre vil konkurransen heller ikke øke. Trondheim kommune ønsker konkurranse i markedet, og på grunn av dette kan ikke kommunen gjøre alle valg utelukkende basert på pris. Å velge massivtre i Trondheim kommunes prosjekter mener Lile vil være med på å stimulere til økt konkurranse. Forhåpentligvis vil økt etterspørsel føre til en optimalisering av produksjonen og flere aktører som konkurrerer om kundene.

I følge Hinsverk er byggekostnadene ved Åsveien skole litt høyere enn ved tilsvarende tradisjonelle skolebygg. Dette skyldes bygningskonstruksjonene samt de kostbare sammenføyningene. Hinsverk tror ikke det er mulig å bygge miljøvennlig uten noen form for økte kostnader.

Lile påpeker at merkostnaden ved massivtre ikke bør tillegges alt for mye vekt:

«Hvis man ser på merkostnaden av massivtredekkene kontra betongdekkene i forhold til investeringen som gjøres, er merkostnaden lav». –Lile

Lile mener også det er viktig å se på nytteverdien og våge å tenke litt utover det man har gjort tidligere. I tillegg har Trondheim kommune forpliktet seg til å bruke tre, gjennom TREbyen Trondheim.

Aarhaug er positiv til bruk av massivtre da innfesting blir enklere. I tillegg legger han til at bygget blir renere ved økt bruk av massivtre. På denne måten slipper man mye av betongsølet, noe som gjør det enklere å arbeide etter prinsippene for Rent Tørt Bygg. Ved bruk av massivtre har man på den andre siden fuktproblematikken, da massivtreet «vandrer i forhold til vær og vind», spesielt før bygget er tett.

Erfaringer å ta med seg videre til neste prosjekt

Åsveien skole var i utgangspunktet ikke et Fremtidens Bygg-prosjekt. Dette ble først bestemt tre måneder før prosjektet gikk ut på anbud. Hvis dette hadde kommet tidligere er det flere aspekter Solem tror hadde vært annerledes. Da hadde han blant annet ønsket å rendyrke massivtreet og optimalisert spennviddene i bygget ut i fra det. Hinsverk støtter Solem i denne vurderingen. I følge Solem kunne all betong i dekker og vegger vært erstattet av massivtre. På denne måten hadde man sluppet svært mange grensesnitt og redusert antall aktører involvert i både prosjektering og utførelse. Konklusjonen er dermed:

«Å rendyrke og forenkle materialbruk har verdi» -Solem

Ved Åsveien skole er det mange aktører involvert i prosjekteringen og oppføringen av bæresystemet, da det er både massivtre, hulldekker, plasstøpt betong og lett-tak. Hinsverk ser i ettertid at det hadde vært gunstig å involvere en egen rådgivende ingeniør innen bygg (RIB) for å koordinere prosjekteringsprosessen mellom disse aktørene. Denne RIB-en kunne ha håndtert grensesnittene i tillegg til å ha hovedansvaret for bærekonstruksjonene.

Det er god økonomi i å redusere arealet

«Det er de bygde kvadratmeterne som fører til klimagassutslipp». -Lile

Det er altså arealene som har størst utslag på klimagassutslippene samt er mest kostnadsdrivende. Ved Åsveien skole ble det derfor gjennomført et revidert skisseprosjekt før prosjektet gikk ut på anbud. Her ble arealene redusert ned så mye som mulig. Lile omtaler ellers Åsveien skole som et prosjekt med nøktern arkitektur og uten ekstravaganse.

I likhet med Lile trekker Solem frem at det er viktig å fokusere på arealplanleggingen av bygget. Å redusere arealet vil føre til gevinster for klima og spesielt økonomi.

Trondheim kommune skiller seg fra de andre to aktørene i og med at de er en offentlig aktør og jobber etter målsettinger satt av politikerne. Disse målsetningene er satt i en klima- og energihandlingsplan. Trondheim Kommune har i følge Lile en forpliktelse til å gå foran som et forbilde. Som stor kommune mener hun de har mulighet til å tenke langsiktig fordi de skal drifte byggene etterpå og mulighet til å tenke profesjonelt siden de har så mange bygg.

For Trondheim kommune kan det være aktuelt å benytte klimagassregnskap.no for alle deres prosjekter av en viss størrelse. Det vil da være nødvendig å etablere ulike nivåer slik at ikke alle prosjekter nødvendigvis har like omfattende klimagassregnskap. Man må vurdere ressursbruk, og en forenklet metodikk kan i enkelte tilfeller være nødvendig. Det påpekes at:

«Det å lage et klimagassregnskap er ikke nødvendigvis interessant, det er målsettingene som er interessant». -Lile

Utviklingen videre

Alle intervjuobjektene er avhengige av å følge utviklingen i byggebransjen. De har overraskende like meninger om hvordan utviklingen kommer til å bli. Det er full enighet om at utviklingen går i mot mer og mer miljøfokus. Hinsverk påpeker at miljøfokuset i byggebransjen er i startfasen, og at han forventer en økende interesse for dette fremover.

I fremtiden ser både Solem og Hinsverk for seg at å dokumentere CO₂-utslipp kan komme som et krav i Byggteknisk forskrift. Dermed vil kunnskap innen dette området bli svært ettertraktet.

Lile ser for seg mer og mer prefabrikasjon grunnet økende krav om kort byggetid. I den forbindelse ser hun massivtre som en optimal løsning, og forventer å se flere bygg med massivtreelementer fremover.

I følge Lile er det viktig å få opp kunnskapen om hva som monner i forhold til å redusere klimagassutslipp. Gipsbransjen er et godt eksempel på dette. Denne bransjen hadde tidligere høye utslipp, men i de siste årene har det blitt jobbet med å oppnå lave utslipp fra produksjonen. Dermed blir det vanskeligere å oppnå en reduksjon på 50 %, da

utgangspunktet blir lavere. Likevel er dette et godt tegn da det viser en positiv utvikling i bransjen.

Solem mener at ved at det nå settes fokus på miljø vil man forhåpentligvis få produsentene til å investere i ny teknologi og jobbe for å utvikle deres prosesser og produkter i en miljøvennlig retning. Solem legger til at betongindustrien forsøker å følge i samme spor som gipsbransjen. Likevel er ikke dette like enkelt da deres utslipp skyldes 60 % kjemiske reaksjoner, og det i realiteten kun er de siste 40 % de kan jobbe med å redusere.

Aarhaug ser, i likhet med både Lile, Solem og Hinsverk for seg at utviklingen går i mot mer og mer miljøvennlige bygg.

«Det koster mer, men i det lange sikt vil man spare på det.» -Aarhaug

4.2 Merkostnader, Åsveien skole

Massivtresøyler:

Åsveien skole har 100 stk. massivtresøyler av ulike dimensjoner. Se vedlegg 7. I vedlegget er det beregnet en gjennomsnittsverdi for bredde og tykkelse på søylene, men Norsk Prisbok mangler data for massivtresøyler av så store dimensjoner. Derfor ble det valgt å kontakte leverandører for å få oppgitt veiledende pris på søyler med dimensjoner lik gjennomsnittsverdiene. Denne prisen ble oppgitt, på e-post, til omtrent 1 000 kr/lm eksklusiv merverdiavgift.

Alternativt kunne det vært benyttet stålsøyler i bygget. Dimensjoner og plassering er ikke direkte overførbart, da de ulike materialene har ulik bæreevne ved de forskjellige spennviddene. Likevel ble det valgt å anta at et bygg med hulldekker og stålsøyler ville hatt omtrent like mange søyler som dette bygget, altså at 100 søyler byttes fra massivtre til stål. I Norsk Prisbok er prisene oppgitt per kilo. SINTEF Byggforsks blad 520.235 ble benyttet til å anslå vekten per søyle. Brannisolering av stålet og topp- og fotplater er tatt med i beregningen (SINTEF Byggforsk, 2011).

Det er, ved å benytte disse forutsetningene, mulig å spare 350 000 kr, ved å bytte fra massivtre-søyler til stålsøyler.

Massivtredekker:

Arealet av massivtredekkene ble målt opp ved bruk av programvaren Geometra. Mengdene finnes i vedlegg 3. Tykkelsen på massivtredekkene ved Åsveien skole er ikke listet i Norsk Prisbok. Det ble derfor valgt å skalere opp prisen oppgitt for massivtredekker med tykkelse lik 210 mm. Denne faktoren velges lik 1,1.

For å oppnå et sammenligningsgrunnlag må tykkelsen på hulldekkene velges. Spennvidden vil avgjøre nødvendig tykkelse. Forutsetter at hulldekker med lik tykkelse som de som er brukt i resten av bygget kan substituere massivtredekkene. Prisdatabene for begge

alternativene er oppgitt som kvadratmeterpriser, så dette er direkte sammenlignbart. Beregningene vises også i vedlegg 3.

Det er en potensiell besparelse på 5 280 000 kr ved å bytte fra massivtredekker til hulldekker.

Isolasjonstykkelser, yttervegger av bindingsverk:

På Åsveien skole er det prosjektert yttervegger med både 300 og 400 mm mineralull. Entreprenøren har valgt å blåse inn isolasjonen. Ved blåseisolering benyttes biler med spesialmaskiner. Denne løsningen er tidsbesparende, i tillegg til at logistiksituasjonen på byggeplassen bedres da isolasjonen verken må fraktes eller lagres på plassen.

Isoleringskostnaden, i denne oppgaven, er likevel beregnet ut i fra prisdataene i Norsk Prisbok, altså tradisjonell metode for isolering. Dette skyldes at det ikke er data på innblåsingsisolasjon i tabellene i Norsk Prisbok.

TEK 10 krever en u-verdi for ytterveggene på $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. En isolasjonstykkelse på 250 mm i yttervegg vil, for λ lik $0,37 \text{ W/mK}$ (36 mm stender), oppfylle kravene i TEK 10 (SINTEF Byggforsk, 2006). På bakgrunn av dette er vegger med 250 mm isolasjon valgt som sammenligningsgrunnlag. Det ble målt ut hvor store arealer av hver type isolasjonstykkelse som var tegnet, og beregningene ble basert på dette. Beregningene av merkostnadene kan ses i vedlegg 5. Her kommer merkostnaden frem lik 175 000 kr.

Innvendige massivtrevegger:

Det er prosjektert med ti typer innervegger som består av massivtreskiver. Disse veggtypene må tilfredsstille ulike krav til både brann og lyd. For å kunne gjennomføre beregningene ble det valgt ut tilsvarende vegger i bindingsverk for hver veggtype av massivtre. Disse bindingsverksveggene oppfyller både lydkravene og brannkravene som er satt for massivtreveggene. Videre ble kostnadsforskjellen mellom de to veggene beregnet ut i fra Norsk Prisbok. I enkelte tilfeller manglet data for de rette komponentene. Ofte er kun enkelte tykkelser på materialer listet i boken. I slike tilfeller ble det benyttet skjønn for å velge en post fra Norsk Prisbok som kunne representere kostnadssituasjonen best mulig. Denne skjønnsmessige vurderingen representerer en feilkilde i beregningene. I vedlegg 6A er tilpasningene som er gjort ført opp i kommentarfeltet til høyre.

Etter kostnadsberegningene av begge veggtypene, ble mengdene tatt ut. Denne mengdeberegningen finnes i vedlegg 6B. Deretter ble den totale kostnadsbesparelsen kalkulert, og ført i samme vedlegg. Den totale, potensielle, kostnadsbesparelsen ved å bytte ut massivtreveggene med bindingsverksvegger er i overkant av 2 000 000 kr.

Lett-tak:

Skolen og flerbrukshallen er prosjektert med lett-tak. Som sammenligningsgrunnlag er det valgt hulldekker med tekking. Det er listet data på komplett tak av hulldekker, men ulike spennvidder, i Norsk Prisbok.

Lett-taket som benyttes ved Åsveien skole har en isolasjonstykkelse på omtrent 450 mm. Dette tilsvarer en u-verdi lik $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$. Norsk Prisbok har ikke data på slike elementer og det ble derfor valgt å kontakte leverandøren for å få oppgitt en veiledende pris. Veiledende pris ble oppgitt, på e-post, til omtrent $1\,100 \text{ kr/m}^2$. Dette er kostnaden for elementene ferdig montert inkludert himling og ferdig tekking. Som resten av prisene ble veiledende pris oppgitt uten merverdiavgift.

Beregningene finnes i vedlegg 4. Ser av beregningene at lett-taket er rimeligere enn tak bestående av hulldekker. Kostnadsforskjellen blir dermed en besparelse på $2\,000\,000 \text{ kr}$.

Trekledning:

Ubehandlet trekledning er en billigere løsning da den ikke skal overflatebehandles. Kostnadsforskjellen ligger, som ventet, i selve behandlingen. Se vedlegg 10.

Her er løsningen med ubehandlet trekledning billigere enn å behandle trekledningen. Resultatet er dermed en negativ kostnadsøkning, altså en kostnadsbesparelse, på omtrent $800\,000 \text{ kr}$.

Vinduer:

Vinduene på Åsveien skole har en u-verdi lik $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Denne verdien finnes ikke for vinduer i Norsk Prisbok. Benytter postene for vinduer med u-verdi lik $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette vil mest sannsynlig gi en litt lavere kostnadsøkning enn hva som er virkelig i dette tilfellet. TEK 10 krever en u-verdi for vinduer lik $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vinduer med denne u-verdien er dermed sammenligningsgrunnlaget.

Norsk Prisbok differensierer ikke mellom ulike størrelser på trevinduer. Dette gjøres derimot for aluminiumsvinduer. På grunn av dette ble det valgt å benytte aluminiumsvinduer som sammenligningsgrunnlag, selv om bygget er prosjektert med trevinduer. Andel vinduer, av hver av de tre definerte størrelsene, ble summert i regnearket. Se Vedlegg 9.

Det ble altså sammenlignet aluminiumsvinduer med u-verdi $0,9$ og $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ved å benytte prisene fra Norsk Prisbok ble det beregnet en potensiell kostnadsbesparelse på i overkant av $470\,000 \text{ kr}$.

Ytterdører:

Da det i Norsk Prisbok ikke er oppgitt u-verdier på ytterdørene, ble det valgt å se bort i fra disse i beregningene. Det er i tillegg relativt få dører i klimaskallet, så dette ville neppe bli utslagsgivende. Porter ble heller ikke inkludert av samme årsak.

Isolasjon i grunn:

Det er 300 mm EPS under bakkenivå for Åsveien skole. Dette ble ikke optimalisert, men heller overdimensjonert da man arbeidet under tidspress. Isolasjonen måtte legges ned før man hadde energiberegningene for bygget klare.

TEK 10 ble benyttet som sammenligningsgrunnlag også her. I Byggteknisk forskrift settes krav til u-verdi for gulv på grunn og mot det fri. Denne u-verdien skal være lavere enn 0,15 W/m²K.

Det ble gjort noen overslag på størrelsen av de ulike delene av bygget. Byggets grunnforhold gjorde at bygget kunne fundamenteres direkte i den originale leira eller på berg (Multiconsult, 2010). I følge Tabell 21, hentet fra betongelementboken, vil en isolasjonstykkelse på 150 mm tilfredsstille kravet til u-verdi med brukbar margin. På Åsveien skole er det, som sagt, 300 mm isolasjon i grunn. Det er dermed mulig å spare halvparten av materialet.

Tabell 21: Omtrentlige isolasjonstykkelser[mm] for å tilfredsstille u=0,15 W/m²K (Betongelementforeningen, 2010)

Golvets størrelse			Grunnforhold (dybde under terreng = 0 m)			Grunnforhold (dybde under terreng = 2,5 m)		
Bredde (m)	Lengde (m)	Areal (m ²)	Leire	Annen løsmasse	Fjell	Leire	Annen løsmasse	Fjell
10	10	100	175	185	200	145	160	190
10	20	200	160	170	195	130	150	180
12	50	600	135	145	180	100	125	165
15	100	1500	100	125	165	70	105	150
20	20	400	130	145	175	100	120	165
20	40	800	100	125	160	70	100	150
20	50	1000	90	115	155	60	95	145
40	40	1600	50	80	135	20	55	120
20	80	1600	75	105	150	45	85	135
50	80	4000	5	25	95	0	5	80
80	100	8000	0	0	45	0	0	35

Beregningene er vist i vedlegg 8. Det er i følge disse beregningene en potensiell kostnadsbesparelse i underkant av 650 000 kr. Da isolasjonstykkelsen i ettertid har blitt sett på som overdreven i forhold til energibesparelsene og skyldes tidspress, ses denne merkostnaden bort i fra.

Tekniske installasjoner:

Multiconsult og SINTEF har samarbeidet om en rapport hvor de evaluerer merkostnadene ved oppgraderinger blant annet fra TEK 10-nivå til passivhus-standard. Resultatene gjelder for et kontorbygg på 3600 m². Dette ses som overførbart til Åsveien skole. Økningen av kostnadene til ventilasjon er vist i Tabell 22.

Tabell 22: Merkostnader (inkl. mva.) for å gå fra TEK 10 til passivhus etter NS 3701. Utsnitt fra tabell (Multiconsult/SINTEF, 2012)

	TEK 10	Passivhus	Merkostnad (inkl. mva.)
Ventilasjon	SFP = 2,5 kW/m ³ /s η = 80 %	SFP = 1,5 kW/m ³ /s η = 82 %	300 kr/m ²

I følge Multiconsult og SINTEF (2012) må man vanligvis gå opp en aggregatstørrelse sammenlignet med TEK 10 for å nå krav til SFP og virkningsgrad. I tillegg må man inn med VAV-system (Variable Air Volume) som styres etter temperatur, og CO₂-konsentrasjon i større soner, samt tilstedeværelsesstyring. Total merkostnad for ventilasjon er avrundet til 300 kr/m² BRA inkl. mva.

Resten av prisdatabene benyttet i oppgaven er eksklusiv merverdiavgift. I Norge har vi 25 % mva. på ordinær omsetning av varer og tjenester. Merkostnad uten mva. blir dermed 240 kr/m².

Andre merkostnader ved passivhus:

Det må kanskje gjøres tiltak for å redusere kuldebroer. I tillegg kan det være nødvendig med ekstra tetting for å tilfredstille kravet til lekkasjetall. Velger likevel å se bort i fra dette i denne oppgaven da dette er noe uhåndterbart og ikke er forventet å gjøre store utslag.

Merkostnader totalt:

Tabell 23: Potensielle besparelser for prosjektet Åsveien skole

Bygningsdel:	Potensiell besparelse	
Dekker	5 280 000	Kr
Tak	-2 000 000	Kr
Søyler	350 000	Kr
Yttervegger	175 000	Kr
Innervegger	2 150 000	Kr
Isolasjon i grunn	-	Kr
Vinduer	500 000	Kr
Kledning	-800 000	Kr
Ventilasjon	2 640 000	Kr
Totalt:	8 300 000	Kr

Kostnad per kg CO₂-ekv. spart over prosjektets livsløp:Tabell 24: Kostnad per kg CO₂-ekv. spart over byggets levetid

	Prosjektert klimagassreduksjon [kg CO ₂ -ekv./m ² år]	Prosjektert klimagassreduksjon [kg CO ₂ -ekv.]
Barneskolen	6,55	3 458 400
Flerbrukshallen	8,1	1 142 100
Totalt:		4 600 500

Her er det ikke tatt hensyn til at materialmodulen for flerbrukshallen ikke er ferdig utarbeidet. I realiteten er klimagassreduksjonene noe større enn hva som er vist her.

Kostnaden per kg CO₂-ekvivalenter spart er, i henhold til Formel 5, 180 øre. Ved å inkludere en tilsvarende klimagassreduksjon innen materialmodulen for flerbrukshallen som for skolebygget ville denne kostnaden blitt omtrent 170 øre per kg CO₂-ekvivalenter spart.

Formel 5

$$Kostnad = \frac{\text{total merkostnad}}{\text{total klimagassreduksjon}} = 1,80 \frac{kr}{kg CO_2 - ekv. spart}$$

4.3 Inntjeningspunkt for merkostnadene ved Åsveien skole:Ekstrainvestering fra TEK 10 til passivhus:

8 300 000 kr. (Se beregninger av merkostnader i forrige avsnitt.)

Energibesparelser:

Tabell 25: Beregnede årlige energibesparelser

Energibesparelse pr m ² skolebygning x areal skolebygning	Energibesparelse pr m ² flerbrukshall x areal flerbrukshall
50,1 kWh/m ² x 8737 m ²	73,6 kWh/m ² x 2182 m ²
437 724 kWh	160 595 kWh
Totalt: 598 319 kWh	

Energipriser:

Strømprisen ble tidligere forutsatt til 50 øre/kWh. Dette tilsvarer med de beregnede energibesparelsene 300 000 kr i året.

Antar en jevn prisøkning for strøm i fremtiden slik at nåverdien av strømutgiftene vil være de samme som i dag.

Økonomisk levetid:

Økonomisk levetid er i oppgaven satt til 60 år. Se kapittel 3.6.

Realrente:

Realrenten er satt i kapittel 3.6 til 2 %.

Vedlikehold trekledning:

Forutsetter at man kan se bort i fra nåverdiberegninger da all prisdata ville blitt justert i samme retning, og på den måten ikke blir av betydning for resultatene.

Den malte fasaden på sammenligningsbygget skal, som vist over, vedlikeholdes hvert 8. år. Over byggets levetid, satt til 60 år, medfører dette sju runder med vedlikehold. Pga. manglende data antas prisen på vedlikehold lik halvparten av kostnaden ved første gangs maling. Hvert 8. år ville da vedlikeholdskostnaden blitt rundt 400 000 kr.

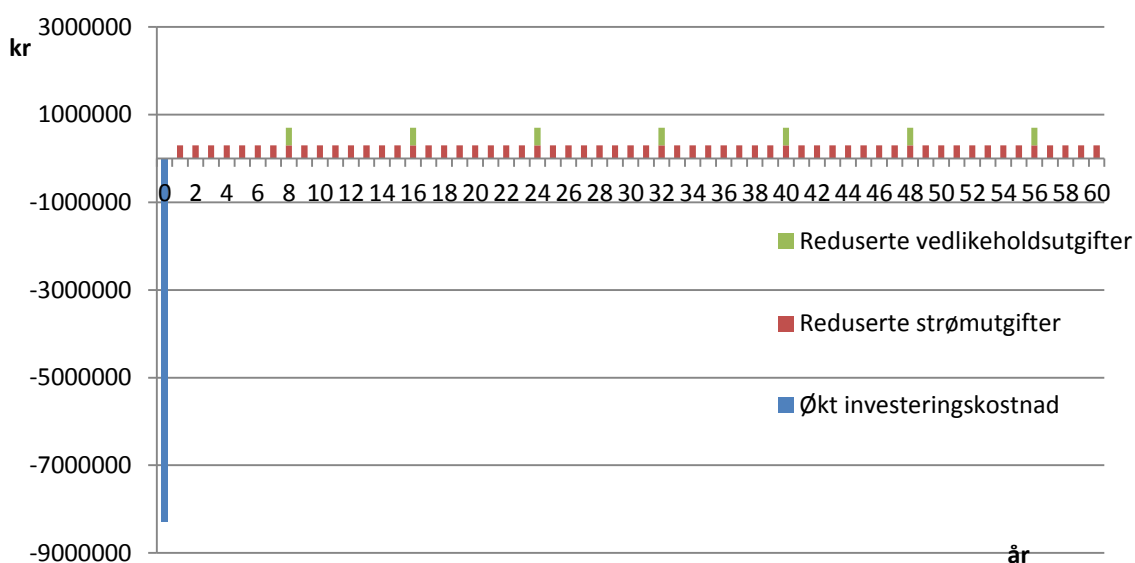
Vedlikehold av det tekniske anlegget:

Det er noe høyere krav til ventilasjonsanlegget i et passivhus sammenlignet med et bygg bygd i forhold til kravene i TEK 10. Ventilasjonsanlegget i et passivhus må ha mer effektive varmegjennvinnere, mer effektive vifter og motorer, behovsstyring og lav SFP-faktor.

Man kan kanskje se for seg at økt grad av automatisering vil kunne føre til større behov for drift og vedlikehold. Likevel, basert på erfaringer fra andre bygg, skal ikke ventilasjonsanlegget kreve mere vedlikehold enn ventilasjonsanlegg i et tradisjonelt bygg (Klinski et al., 2012).

Illustrasjon av differanse mellom prosjektert og sammenligningsbygget i kontantstrømmer:

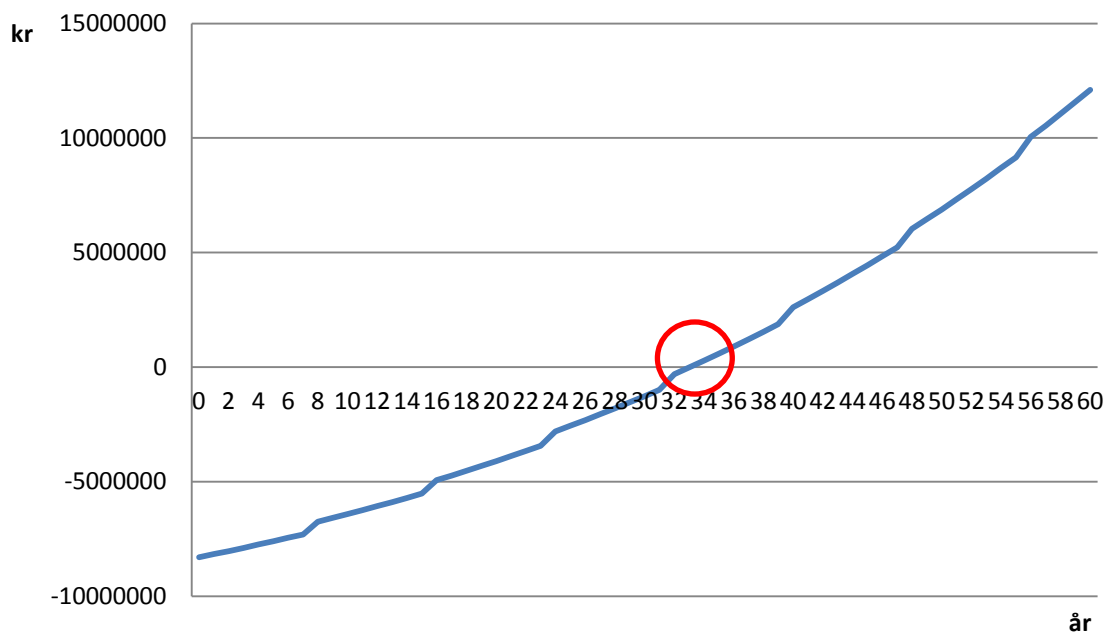
Figur 18 illustrerer hva som skiller kontantstrømmene i det prosjekterte bygget fra sammenligningsbygget. Økte utgifter er illustrert som en søyle nedover, mens besparelser i utgifter er illustrert som søyler oppover.



Figur 18: Differansen i kontantstrømmer for prosjektert bygg og sammenligningsbygget

Inntjeningspunkt ved 2 % realrente:

I datasettet bak Figur 19 er investeringskostnad, reduserte strømutgifter, reduserte vedlikeholdsutgifter for utvendig panel og avsetning i forhold til realrente lagt inn. Krysningen med y-aksen tilsvarer merkostnaden. Sprangene skyldes intervallene for vedlikehold av utvendig kledning, altså et sprang hvert 8.år. Inntjeningspunktet finnes i krysningpunktet mellom grafen og x-aksen. Med disse antakelsene vil prosjektet nå inntjeningspunktet etter 33 år. Ved utløpet av levetiden, altså etter 60 år, vil investeringen ha gitt en avkastning på omtrent 12 000 000 kr.



Figur 19: Inntjeningspunkt for merkostnadene ved Åsveien skole

I henhold til denne oppgavens beregninger er ikke merkostnadene lønnsomme dersom man skal kreve 4 % kalkulasjonsrente. Prosjektets internrente er 3,8 %. Det betyr at ved en rente på 3,8 %, og alle andre faktorer uendret, vil merkostnadene akkurat tjenes inn over prosjektets levetid.

5 Vurderinger

I dette kapittelet diskuteres funn fra intervjuene samt beregningene, og generelle utfordringer og betraktninger rundt oppgaven blir presentert.

5.1 Del 1, Holdninger til miljøetsatsing:

Miljø er i økende grad et tema, og det virker ikke som om dette snur med det første. Jo bedre folks økonomi er, jo mer kan de ta seg råd til å betale for miljøvennlige løsninger. Man kan kanskje påstå at å være miljøvennlig er blitt moteriktig. Noen valg om å være miljøvennlig er i tillegg økonomisk forsvarlige. Etterisolering og innstallering av varmepumpe er eksempler på dette. Et annet eksempel på moteriktig miljøvennlighet er el-biler. Likevel skyldes nok ikke det økte salget av el-biler kun deres moteriktighet, men også reduserte avgifter ved bruk og stor teknisk utvikling på området.

I utbyggingsprosjekter er det prosjekteringsgruppen som har størst mulighet til å påvirke hvilke klimapåvirkninger bygget skal ha. Disse aktørene velger utformingen av løsningene med tilknyttede detaljer. Gjennom dette ligger en del av material og produktvalgene fast, mens noe overlates til entreprenøren. Alle material og produktvalg representerer utslipp tilknyttet både tilvirkning, transport og avfallshåndtering, og disse er en del av byggets totale klimagassutslipp. Da det er denne gruppen som har mest mulighet til å redusere klimagassutslippene kan en hevde at en kompetanseheving blant disse aktørene er stedet å starte.

Byggherren er bestiller av byggeprosjektet. Han/hun legger føringslinjene for hva som skal bygges, og kan på denne måten påvirke både prosjekteringsgruppen og entreprenøren. Byggherren velger hvor stort ansvar som skal overføres, og hvor mye han/hun selv ønsker å delta i prosessene. En deltakende byggherre har større sikkerhet for å få det bygget han/hun ønsker. Ved å sette krav om miljøvennlig bygging tvinger man resten av aktørene til å jobbe i denne retningen.

Entreprenøren har kontroll på både bestillinger og avfallshåndteringen. Entreprenøren kan også spare store summer på å arbeide for lavest mulig restmengder. Restmengder er, i dette tilfellet, overskuddsmateriell. Restmengder blir ofte kastet, noe som for entreprenøren medfører både sløsing av materialer og økte avfallskostnader. En mulighet er å sende tilbake restproduktene, en slags retur til leverandør. Dette ville senket avfallsproduksjonen, men det må vurderes om dette er økonomisk og miljømessig gunstig med tanke på transport tilbake igjen. Prekutt reduserer avfallsmengden på plassen betydelig, men øker avfallsmengden hos grossist, slik at avfallsmengden totalt sett er uendret. Fordelen er likevel at man slipper transport av overskuddsmateriell fra fabrikk til byggeplass, og mindre transport betyr redusert klimagassutslipp.

På spørsmål om hva entreprenøren gjør for å være miljøvennlig vil nok det første de fleste fagarbeiderne svarer være kildesortering. Dette er ikke uventet da dette er det mest synlige tiltaket på byggeplassen. En ryddig og rengjort byggeplass er også et tegn på en effektiv og

lønnsom produksjon. I tillegg legges ofte hovedfokus på dette da det medfører direkte kostnader for entreprenøren og det er enkelt å synliggjøre økonomiske gevinster av å kildesortere mest mulig. De økonomiske gevinstene kommer av at myndighetene i større og større grad differensierer avgiftene for ulike typer avfall og innfører detaljerte regler for håndtering av produksjonsavfall. Det er likevel viktig å merke seg at dette egentlig er siste trinn i prosessen. Avfallsreduksjon oppnås først og fremst, og på en enkel måte, ved valg av gode løsninger.

Konkurransen fra utlandet har økt de siste årene. Materialer og produkter blir importert til landet. Dette skyldes i stor grad at prisnivået, spesielt prisen for arbeidskraft, er lavere i andre land enn her hjemme. Dersom miljøpåvirkning eller klimagassutslipp blir avgiftsbelagt i Europa vil dette være fordelaktig for næringen her hjemme. Norske produkter har som tidligere vist, ofte lavere utslipp enn de gjennomsnittlige verdiene for europeiske produkter. Nok et argument mot import er klimagassutslippene i forbindelse med transport.

Det ser ut som om en holdningsendring er i gang i byggebransjen og dette er nok også nødvendig i tiden fremover. Ser man igjen på bilbransjen kan man observere at for få år siden handlet annonsene om motorvolum og hestekrefter. I dag reklamerer bilselgerne ofte med hvor lavt CO₂-utslipp og forbruk av drivstoff bilene har. Byggebransjen kan, som sagt, se ut til å utvikles i samme retning. Arkitektens påstand om at passivhus er blitt et salgsargument viser kanskje at dette stemmer.

Caseprosjektet:

Fagarbeidere på byggeplass arbeider ofte akkord. Det vil si at deler av lønna deres er produksjonsavhengig. Dette var i forkant forventet at skulle være selve basisen for deres motivasjon. I dette caseprosjektet kommer det fram av samtaler med fagarbeidere på byggeplassen, at nye løsninger og nysatsninger likevel blir sett på som spennende og dermed motiverende.

Det ble i intervjurunden påpekt mindre interesse for den miljømessige siden av prosjektet fra statikerne og de tekniske fagene. Dette skyldes nok at fokuset for disse fagene ligger på andre aspekter enn miljø og klimagassutslipp. Her er nok funksjonelle krav og brukerbehov hovedprioritet. De tekniske fagene er heller ikke inkludert i verktøyet klimagassregnskap.no, noe som følgelig ikke stimulerer til å øke aktørenes fokus på miljø. Dette kan bygges opp under ved det gamle ordtaket «you can't manage what you don't measure».

Alle aktørene var positive til miljøvennlig bygging og fant motivasjon i nyskapning og nye utfordringer. Uansett hvor oppriktige informantene fremstår er det vanskelig å si om dette er aktørenes oppriktige meninger. Ved slike spørsmål har de fleste mennesker en forståelse av at det finnes et «riktig» svar, de vet hva de bør svare for å sette seg selv eller arbeidsgiveren i best mulig lys. Man får likevel frem at alle aktører forstår viktigheten av å fokusere på miljø, uavhengig av deres egne personlige meninger.

Det har vært utskiftninger i entreprenørens organisasjon på Åsveien skole i løpet av prosjektgjennomføringen. Dette medfører dessverre at enkelte erfaringer, blant annet fra samspillsfasen, ikke kommer frem i denne oppgaven.

5.2 Del 2, Merkostnadene:

Del 2 av denne oppgaven er en kostnadsberegning. I den forbindelse ble prosjektets kostnader sammenlignet med det forfatteren ser som et tradisjonelt bygg, bygd etter kravene i TEK 10. Åsveien skole er et offentlig pilotprosjekt, og bygges som et passivhus med klimavennlige materialer. Dette er ganske unikt og dermed meget utfordrende å finne sammenlignbare data på. Det eksisterer derimot data på oppgradering av bygg fra TEK 10 til passivhus, og forfatteren har valgt å sammenligne med disse dataene i mangel på bedre alternativer. Disse sammenligningene finnes avslutningsvis i disse delkapitlene. Her må leseren ta i betraktning at Åsveien skole i tillegg til å ha passivhus-standard har vært bygd med et sterkt miljøfokus, med spesiell vekt på klimagassutslipp.

5.2.1 utfordringer ved klimagassregnskap.no

Man bør inkludere alle bygningselementene i klimagassregnskapet. Det er knyttet utslippsfaktorer til alle hovedelementene i et bygg. Likevel er noen materialtyper foreløpig ikke dekket av databasen for utslippsfaktorer. Et eksempel på dette er vindspærreduk som ligger inne uten klimagassutslipp. Materialer som ikke er dekket av databasen er typisk materialer hvor det ikke finnes godt nok dokumenterte utslippsfaktorer. Selv om det legges inn mengder i klimagassregnskap.no for disse materialene, vil det ikke beregnes utslipp basert på mengdene. En rekke bygninger har blitt uttestet og beregnet for å belyse dette. Brukermanualen for klimagassregnskap.no anslår at disse manglene vanligvis utgjør mindre enn 5 prosent av de samlede materialmengdene. Det er avgjørende å ha fokus på de bygningselementene som utgjør de største volumer eller vekt, for et riktigst mulig klimagassregnskap. Det hadde likevel vært en mulighet å legge til en slags korreksjon i regnskapet for de totale klimagassutslippene. Dette gjøres ikke i dag da man heller jobber med å komplettere verktøyet slik at alle materialer får tilhørende utslippsfaktorer lagt inn på klimagassregnskap.no.

I verktøyet klimagassregnskap.no ligger GWP-faktorer for ulike materialer inn. GWP står for Global Warming Potential, altså bidraget til global oppvarming i form av kilo CO₂-ekvivalenter. Disse GWP-faktorene er basert på gjennomsnittsverdier fra Europa. Det er disse faktorene første trinn i klimagassregnskapet er basert på. Andre og tredje trinn av klimagassregnskapet er basert på EPD-er. (EPD står for Environmental Product Declaration.) Dette er en miljødeklarasjon for en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste. Før trinn to i klimagassregnskapet skal altså EPD-er hentes inn fra leverandørene. De verdiene som samles inn er erfaringsmessig i hovedvekt norskproduserte materialer. Dette medfører vanligvis at disse materialene representerer lavere klimagassutslipp sammenlignet med GWP-ene. Dermed vil klimagassregnskapet tilsynelatende vise en forbedring fra prosjektert til utført, selv om det bygget som er prosjektert er identisk med det utførte. Her kan man

stille spørsmål ved verdien av å utarbeide både klimagassregnskap del 1 og 2. En sammenligning mellom disse to regnskapene blir ofte kun en illustrasjon på at høy grad av norskproduserte materialer gir lavere klimagassutslipp. Dette er ikke formålet med regnskapene. Likevel er det kanskje nødvendig å utarbeide del 1 når EPD- verdiene, per dags dato, ikke er like lett tilgjengelig som GWP-verdiene er i klimagassregnskap.no og at produsenter og leverandører ofte ikke er valgt på et så tidlig tidspunkt. Del 2 bør utarbeides for å illustrere den totale klimagasspåvirkningen det faktiske bygget utgjør.

Resirkulerte metaller kommer mye bedre ut av klimagassregnskapet enn materialer som er nyutvunnet. Dette medfører at aktører ønsker mest mulig resirkulert materiale. Man kan hevde at dette er feil tankegang. De nye metallene vil i fremtiden bli resirkulert, på lik linje med de resirkulerte metallene. Det økende behovet gjør at økt andel metaller blir satt i omløp, men dette vil ikke si at dette metallet forurenses mer. Det resirkulerte metallet har jo også en gang blitt utvunnet for første gang, og representerer dermed den samme forurensningen.

Referansebygget som blir beregnet på klimagassregnskap.no har XPS i grunnen. XPS har et meget høyt utslipp i klimagassregnskap.nos tidligfasemodul. I klimagassregnskap.nos prosjektertm modul finnes ikke denne XPS-isolasjonen. Det finnes kun en generell polystyren-isolasjon som har betydelig lavere utslipp enn tidligfasemodulens XPS. Dermed vil det automatisk se ut som det prosjekterte bygget har store besparelser sett i forhold til referansebygget, selv uten at det har blitt gjort noen tiltak. Dette er på mange måter samme problematikk som ved EPD kontra GWP, som tidligere diskutert.

Det er ved Åsveien skole benyttet betong med flyveaske. Flyveaske er et avfallsprodukt fra forbrenning av kull. Grunnet deponeringsutfordringer har man utviklet alternative bruksområder for flyveasken, hvorav bruk i sement og betong er den viktigste. Betongen ved Åsveien skole er iblandet 14,9 % flyveaske. Ifølge tidligfasemodulen på klimagassregnskap.no gir denne typen betong lavere utslipp enn betong uten flyveaske. Likevel er det ikke mulig å velge ulike betongtyper eller innblanding av flyveaske i prosjektertm modul. Lavere utslipp pga. flyveaske-betong vises dermed bare i bygningsdeler som er beregnet ut ifra tidligfasemodul. Denne mangelen er utslagsgivende for resultatet av klimagassregnskapet ved Åsveien skole.

Til og med brukermanualen til klimagassregnskap.no sier at beregningene ikke er vitenskap. Det står skrevet i brukermanualen at resultatene underveis i arbeidet skal gi *indikasjoner* på konsekvensene av valg. Bruksområdet er kanskje først og fremst å se hvilke valg som reduserer eller øker klimagassutslippene innenfor hver modul og som helhet. Når modulene er ferdig utfylt er resultatene en *indikasjon* på prosjektets klimagassfotavtrykk og klimaeffektivitet.

Dersom man henter mengder ut i fra BIM-modell av prosjektet og legger inn på klimagassregnskap.no er ikke kapp på byggeplass regnet med. Det kan diskuteres om det er

korrekt, da materialene som kastes også representerer klimagassutslipp. Kapp er avhengig av flere faktorer, men utgjør typisk 5-10 % av materialet. Avkapp er derimot regnet inn i prisdataene i Norsk Prisbok. Dermed vil kostnaden i forhold til utslippsreduksjonen være noe lavere enn den ville vært dersom kapp var inkludert i klimagassregnskapet.

Verken tekniske installasjoner eller inventar inngår i klimagassregnskapet. Elementer som ikke inkluderes i regnskapet vil få mindre fokus. Det er kjent at man fokuserer på de elementene som måles. Ved at både inventar og tekniske installasjoner også hadde vært innbefattet i klimagassregnskapet, ville kanskje fokus på miljøvennlige produkter økt også her.

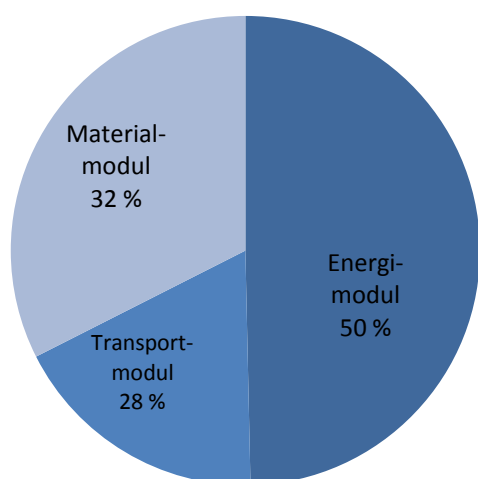
Klimagassregnskap.no bygger på mange antakelser og GWP-er fra europeiske materialer. Resultatene i verktøyet vil legge føringslinjene for materialvalg i prosjekter som benytter klimagassregnskap.no. På grunn av dette er det viktig at verktøyet videreutvikles og at feil eller mangler fanges opp.

5.2.2 Fordeling av klimagassutslippene

For bygg oppført på 70- eller 80-tallet, med oljefyr, vil energi i driftsfasen utgjøre hovedvekten av klimagassutslipp. Ligger bygget usentralt til eller mangler god kollektivbetjening vil det være transport i drift som utgjør tyngden. I flere tilfeller vil materialer utgjøre hovedvekten. Eksempler på det er passivhus, bygg med vanskelige grunnforhold, komplisert geometri eller bygg der det er brukt utslippsintensive materialer (Selvig, 2012).

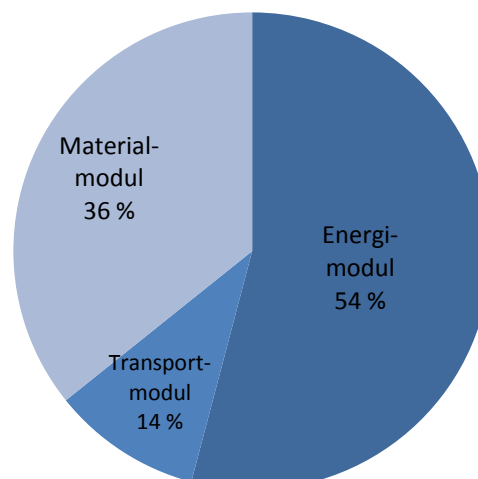
Sektordiagram utslippsfordeling ved Åsveien skole:

Barneskolen



Figur 20: Fordeling klimagassutslipp, barneskolen

Flerbrukshallen



Figur 21: Fordeling klimagassutslipp, flerbrukshallen

Ser av Figur 20 og Figur 21 at energimodulen er størst for begge deler av bygget. Den største forskjellen er at transportmodulen er forholdsmessig større for skolen sammenlignet med flerbrukshallen. Ser at selv om bygget er et passivhus, er ikke materialmodulen dominerende, slik den vanligvis er i følge Selvig. Dette skyldes nok fokuset på materialer og ikke kun energibruk, slik tilfellet er for passivhus. Et passivhus skal behøve minst mulig energi i bruk. Energibruk under oppføring er ikke et kriterium, og heller ikke klimagassutslipp i forbindelse med transport eller materialbruk.

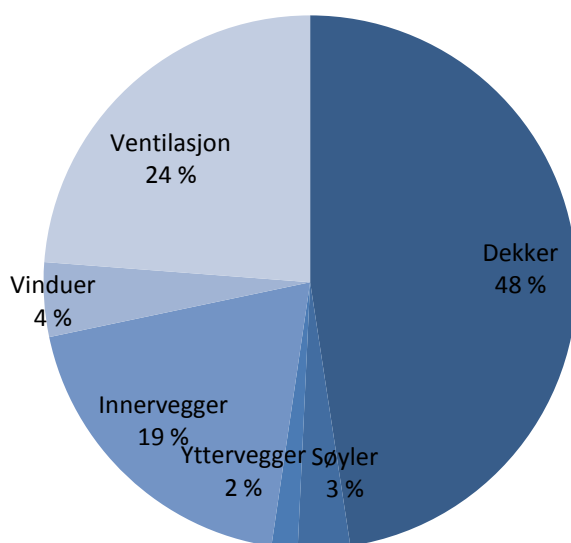
5.2.3 Fordeling av merkostnadene

Merkostnadene ble presentert i kapittel 4.2, og illustreres nå i Figur 22. Her kom det tydelig frem at dekkene medførte den største delen av merkostnadene. Denne kostnaden rettfærdiggjøres ved at massivtredekkene fører til meget store reduksjoner i klimagassutslipp. Tankegangen om å bruke penger der det monner kommer godt til nytte her.

Innervegger og ventilasjon bidrar også en del til å øke kostnadene. Innerveggene er tenkt å skulle være mer robuste ved utførelse i massivtre eller med massivtreskiver. God standard på ventilasjon og vinduer er tiltak som fører til bedre komfort på skolen. Gode u-verdier på vinduene hindrer trekk, og et effektivt ventilasjonsanlegg er avgjørende for godt inn klima.

Forfatteren forventet at tiltak som gir CO₂-besparelser ville være mer kostbare enn tilsvarende løsninger som ikke tar hensyn til klimagassutslipp. Dette er nok ikke en uvanlig forventning i dagens samfunn. Dette viste seg likevel ikke å stemme i noen tilfeller. Taket brukt ved Åsveien skole er rimeligere enn sammenligningsgrunnlaget fra Norsk Prisbok. Det samme gjelder å velge ikke å overflatebehandle trekledningen, også sett i et livsløpsperspektiv. Dermed er dette løsninger som bør vurderes uavhengig av om klimagassutslipp legges inn som en vektet faktor eller ikke.

Sektordiagram, fordeling av merkostnadene ved Åsveien skole:



Figur 22: Fordeling av merkostnadene

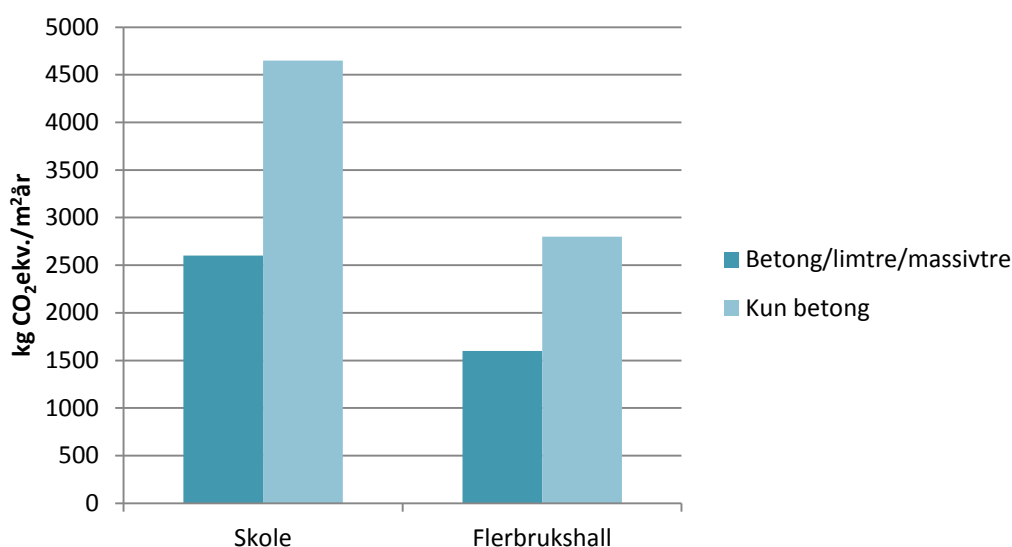
Vedlegg 11 er inkludert for å vise hvordan merkostnadene fordeler seg mellom flerbrukshallen og barneskolen. Kan i vedlegget observere at totalsummen for flerbrukshallen er negativ, noe som medfører at flerbrukshallen totalt sett er rimeligere enn sammenligningsbygget. Dette skyldes lett-taket og den ubehandlede trefasaden. Her er altså klimagassreduksjoner samt passivhus-standard oppnådd ved hjelp av økonomisk fordelaktige alternativer.

Kostnaden over prosjektets livsløp er 180 øre/kg CO₂-ekv. spart. Til sammenligning er CO₂-avgiften for bensin 40 øre/kg CO₂-ekv. Det er vanskelig å se for seg hvor mye en slik potensiell avgift på byggevarer vil bli satt til, men en lavere avgift enn for bensin er nok sannsynlig. Likevel kan en nok forvente at dersom tilsvarende avgifter blir innført vil dette være med på å drive byggebransjen i en miljøvennlig retning.

5.2.4 Gjennomtenkte produktvalg

Gjennom intervjuene og litteraturstudiet kom det frem at det viktigste formålet med klimagassregnskap.no og andre liknende verktøy var å hjelpe bransjen å ta gjennomtenkte valg, som vil ha minst mulig negativ påvirkning på klima. Går en nærmere inn på dette er det lett å se at klimagassutslippene kan reduseres betydelig ved gode material- og produktvalg.

Bæresystem



Figur 23: Sammenligning ulike bæresystemer (Eggen Arkitekter v/Solem, 2013)

Eggen Arkitekter gjennomførte ved starten av prosjektet Åsveien skole klimagassberegninger for alternative utførelser av bærekonstruksjonen. Alternativene som ble undersøkt var et bæresystem bestående av en kombinasjon av limtre, massivtre og betong, samt et bæresystem av kun betong. Det ble også her valgt å skille mellom skolen og flerbrukshallen. Figur 23 viser store utslippsreduksjoner både for skolen og for flerbrukshallen ved å benytte kombinasjonen limtre, massivtre og betong i stedet for et bæresystem av kun betong. Dette skyldes i hovedsak treets klimavennlige egenskaper.

Flyveasketilsetning

Ved Åsveien skole har alle plasstøpte betongkonstruksjoner betong med tilslag av flyveaske. Kravet var at tilslaget skulle medføre en reduksjon i utslipp av klimagasser på omtrent 15 % og at betongen skulle inneholde minst 15 % flyveaske. Betongen som ble brukt inneholdt 14,9 % flyveaske (NorBetong HeidelbergCementGroup). Dette kommer frem av produktspesifikasjonen i Tabell 26.

Tabell 26: Produktspesifikasjon, utsnitt fra NEPD nr.: 136N (NorBetong)

	[Masse kg/m ³]	Andel [%]	Datakvalitet
F A sement	317	14,9 %	EPD
0/8 sand	987	46,3 %	Litteraturdata
8/16 Grefsrud grus	329	15,4 %	Litteraturdata
12/22 Grefsrud grus	494	23,3 %	Litteraturdata
Plastiserende	1,6	0,1 %	Spesifikke databasedata
Superplastiserende	1,9	0,1 %	Spesifikke databasedata
Akselerator/retarder	-	-	-
Luftinnførende	-	-	-
Silika	-	-	-
Flyveaske	-	-	-
Totalt	2131	100 %	

Ved Åsveien skole ble betongen levert av NorBetong AS. Betongen de leverte tilsvarte, i følge Tabell 27, et klimagassutslipp på 212 kg CO₂-ekv./m³.

Tabell 27: Klimagassutslipp, utsnitt fra NEPD nr.: 136N (NorBetong)

Energibruk	1 368	MJ/m ³
- hvorav fossil energi	705	MJ/m ³
Utslipp av klimagasser	212	kg/m³

I følge klimagassregnskap.no, medfører plasstøpt betong et klimagassutslipp på 451,2 kg CO₂ ekv. /m³. I utslippsfaktorene inngår utvinning av råvarer og produksjon av materialene frem til ferdigstilling av produktet. Transport til byggeplass må beregnes i anleggsmodulen eller i egen beregning ved siden av modellen. EPD-en fra NorBetong AS viser at utslippet ved bruk av deres betong er under halvparten av utslippet som blir generert ut i fra klimagassregnskap.no.

Tabell 28: Sammenligning GWP og EPD betong

Materiale:	Klimagassutslipp:	Kilde:
GWP	451 kg CO ₂ -ekv/m ²	Klimagassregnskap.no
EPD	212 kg CO ₂ -ekv/m ²	NorBetong HeidelbergCementGroup

Kravet var satt til 15 % reduksjon av klimagassutslipp. Ved bruk av NorBetongs levering oppnås en klimagassreduksjon på hele 53 %. Denne klimagassreduksjonen er ikke lagt inn i klimagassregnskapet fra prosjekteringsfasen. Kan dermed forvente en betydelig endring på

denne posten i klimagassregnskapet fra prosjekteringsfasen til klimagassregnskapet for utførelsesfasen.

Ved en sammenligning av hulldekker og plastøpt betong må en huske å ta hensyn til at det i EPD for betongelementer også er innregnet miljødata for armering, eventuell isolasjon og utstøping. Tilsvarende må legges til for plastøpt betong. Dersom dette ikke gjøres vil plastøpt betong komme bedre ut enn det som er virkelig.

Vindtetting

Gips er et av materialene som representerer store utslipp av klimagasser. Derfor ble det på Åsveien skole bestemt at det skulle benyttes vindspærreduk i stedet for gips, som vindtetting av klimaskallet. På enkelte deler av bygget ble det likevel behov for å benytte gips grunnet brannkrav.

Tabell 29: Sammenligning utslipp gips og vindspærreduk

Materiale:	Klimagassutslipp:	Kilde:
Gips (GU)	1,9474 kg CO ₂ -ekv./m ²	(Klimagassregnskap.no)
Vindspærreduk	0,2 kg CO ₂ -ekv./m ²	(Norconsult Informasjonssystemer AS og AS Bygganalyse, 2013)

Verdiene for CO₂-utslipp i Norsk Prisbok er basert på samme forutsetninger som verdiene fra klimagassregnskap.no, blant annet en levetid på 60 år. Dette er dermed sammenlignbart. Ser av Tabell 29 at gips representerer et ti ganger så stort klimagassutslipp sammenlignet med vindspærreduken.

Isolasjon i grunn, EPS/XPS

Tabell 30: Sammenligning utslipp EPS og XPS

Materiale:	Klimagassutslipp:	Kilde:
EPS (ekspandert polystyren)	85,375 kg CO ₂ ekv./ m ³	(Klimagassregnskap.no)
XPS (ekstrudert polystyren)	137 kg CO ₂ ekv./ m ³	(Statsbygg)

Dataene i Tabell 30 viser altså at EPS er et langt mer miljøvennlig materiale enn XPS. Ved å velge EPS kan man redusere klimagassutslippene med 51,5 kg CO₂-ekv./ m³.

EPS er lett resirkulerbart og et rimeligere produkt enn XPS. EPS har derimot lavere trykkstyrke og fukttekniske egenskaper. På grunn av dette bør EPS kun benyttes i forbindelse med drenerte løsninger (Glava isolasjon, 2005).

Maling

Det er per dags dato ikke krav om å ha EPD for malingsprodukter. I Sverige er det imidlertid krav til at man skal ha en "Byggvarudeklaration/Miljødeklaration", så det vil nok skje en utvikling i Norge på dette området også. Dette vil med stor sannsynlighet medføre en endring i konkurranse for produsentene av maling. Spesielt offentlige prosjekter kan

forventes å bli pålagt å velge produsenter som kan vise til gode klimatall. Om private også følger etter er det vanskeligere å vurdere sannsynligheten for.

I følge klimagassregnskap.no tilsvarer 1 kg maling 2,91 kg CO₂-ekv. Ved å velge en ubehandlet trefasade kan dette utslippet i sin helhet elimineres.

Litervekten til maling kan ligge på omtrent 1,3 kg/l (Jotun, 2012), og det behøves 1 liter maling per 24 m² (IFI). Klimagassutslippet per m² veggflate vises i Formel 6.

Formel 6

$$\frac{2,91 \text{ kg CO}_2 - \text{ekv./kg}}{1,3 \text{ kg/l} \times 24 \text{ m}^2/\text{l}} = 0,0933 \text{ kg CO}_2 - \text{ekv./ m}^2 \text{ veggflate}$$

Med en trefasade på 3 623 m² blir utslippet 338 kg CO₂-ekv. per strøk maling. Over en levetid på 60 år, med intervaller for vedlikehold på 8 år, forventes 9 strøk med maling. Dette tilsvarer 3 tonn CO₂-ekv.

Per m² BRA utgjør dette 0,03 kg CO₂-ekv./m² gulvflate x strøk og 0,28 kg CO₂-ekv./m² gulvflate. Dette er altså økningen i klimagassutslipp en kunne forvente dersom man hadde valgt å overflatebehandle den utvendige kledningen. For å sette det i perspektiv tilsvarer dette omtrent 2 % av materialmodulen for prosjektet.

En livsløpsanalyse utført av Svenska Miljöinstitutet viser et betydelig høyere resultat enn dette og er tatt med i oppgaven for å belyse variasjonene for leseren.

Tabell 31: Resultater fra livsløpsanalyser av 1 m² malt utvendig panel og 1 m² ubehandlet innvendig panel (IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 1999)

Miljøindikator:	Enhet:	Innvendig panel – ubehandlet:	Utvendig panel – malt med vannbasert akrylmaling:
Global oppvarming	kg CO ₂ -ekvivalenter	0,44	5,56

Forutsetter at innvendig panel har en tykkelse på 15 mm og utvendig panel 22 mm. Velger å skalere opp antall CO₂-ekvivalenter med en faktor 1,47 pga. denne differansen i tykkelse. Får derfor ubehandlet utvendig panel på 0,65 kg CO₂-ekvivalenter per m². Behandlet utvendig panel er fortsatt 5,56 kg CO₂-ekvivalenter per m² (IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 1999).

Tabell 32: Differanse CO₂-utslipp behandlet og ubehandlet trekledning

CO ₂ -utslipp behandlet trekledning	5,56	kg CO ₂ -ekv./ m ²
CO ₂ -utslipp ubehandlet trekledning	0,65	kg CO ₂ -ekv./ m ²
Differanse	4,91	kg CO ₂ -ekv./ m ²
Differanse, totalt	17788	kg CO ₂ -ekv.

Dette er nesten seks ganger utslippet beregnet ut i fra tall fra klimagassregnskap.no og illustrerer hvor varierende slike dokumenterte tall er.

5.2.5 Utfordringer ved beregning av merkostnadene

Merkostnadene ved Åsveien skole skyldes nok ikke bare miljømessige ønsker. Det er også ønsker om et visst estetisk uttrykk. Ved mange av løsningene kan en nok si man får i pose og sekk. Massivtreet er et eksempel på dette. Det sies at inneklimate i massivtrehus er godt for beboerne, kjølig om sommeren, varmt om vinteren. Mennesker foretrekker bruk av treverk. Trematerialer blir oppfattet som naturlige, og blir foretrukket over andre produkter nettopp fordi de er naturlige. I tillegg hevdes det at stressnivået senkes når man er omgitt av trematerialer (Nyrud/ Treteknisk). På tross av dette ses massivtre i denne oppgaven kun som et miljømessig aspekt. Dette skyldes at det er vanskelig å sette en nytteverdi på treets egenskaper.

Det er valgt å se bort i fra løsninger som fordrøyningsbedet ved beregning av merkostnadene, da det er svært utfordrende å sette en inntjening for avlastningen av det kommunale avløpsnett. Regnbedet er nok også ment som et estetisk aspekt og, som Lile påpekte, et positivt pedagogisk element i barnas læring.

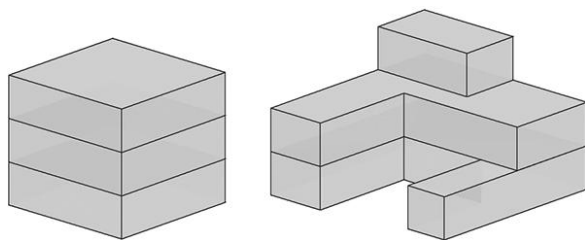
I tilfeller der det manglet prisdata i Norsk Prisbok ble leverandører kontaktet. Disse leverandørene ble bedt om å oppgi veiledende priser. Her er det viktig å merke seg at disse prisene er før forhandlinger og at disse prisene dermed kan være noe høyere enn hva kontraktssummen ville havnet på, da det er vanlig å forhandle før kontraktinngåelse.

Enkelte deler av bygget har blitt sett bort i fra, for eksempel porter og ytterdører. Dette er begrunnet med manglende informasjon i tillegg til minimale utslag på totalregnskapet, både klimamessig og kostnadmessig. Likevel innebærer dette en feilkilde.

For klimaveggene er det valgt å se på isolasjonstykkelsens økning av kostnadene. Det er likevel ikke bare isolasjonstykkelsen som påvirker kostnadsbildet. Det er flere andre hensyn som påvirker en helhetsvurdering. Vindtetthet, vindusareal og omhyllingsflate vil ha betydning. I tillegg burde man ta i betraktning arealtapet ved økt isolasjonstykkelse.

5.2.6 Arealeffektivitet

Det ble påpekt av både arkitekten og byggherren ved Åsveien skole at arealeffektivitet var meget utslagsgivende på klimagassregnskapet. Det er altså ikke kun valg av materialer og teknologier som påvirker miljøpåvirkningen. Bygningens geometri og utforming gir i tillegg tydelige konsekvenser for kostnadene. Mengden yttervegg kan for eksempel variere fra 40 til 90 % av bygningens totale bruttoareal (Norconsult Informasjonssystemer AS og AS Bygganalyse, 2013). Dette er illustrert i Figur 24.



Figur 24: Geometriens betydning for mengden yttervegg (SINTEF Byggforsk)

Ved Åsveien skole er ikke formen på bygget optimal dersom en vurderer mengden yttervegg opp i mot arealet. Dette er likevel et bevisst valg da formen på bygget er valgt pga. skjerming for støy og trafikk, i tillegg til at skolegården blir lunere.

Arealeffektivitet behøver ikke komme frem av klimagassregnskapet. Det er ulike måter å oppgi resultatet på, for eksempel CO₂-ekv./år og CO₂-ekv./m² år. Dersom man oppgir klimagassutslippet per m², kan man tilsynelatende komme bedre ut med et stort bygg enn med et arealeffektivt bygg.

5.2.7 Sammenligning

SINTEF har estimert ekstrakostnadene ved å bygge et kontorbygg med passivhusnivå. Se avsnitt 2.10.1. Sammenligningsgrunnlaget i denne studien er et bygg bygget etter kravene i TEK 07. Da kravene til u-verdier var de samme i 2007 som i 2010 velger forfatteren å se dette som tilnærmet sammenlignbart. SINTEF fant at kontorbygg vil ha ekstrakostnader på omtrent 720 kr/m² ved passivhusnivå (Dokka, 2009). Skolebygget vurderes som sammenlignbart med et kontorbygg. Rapporten inneholder ikke tilsvarende opplysninger som kan knyttes opp i mot flerbrukshallen.

Lavenergiprogrammet har beregnet merkostnadene for ulike bygningstyper. Se avsnitt 2.10.1. Også i dette tilfellet er Åsveien skole mest sammenlignbart med kontorbygget. For et kontorbygg på 3600 m² ble merkostnaden beregnet til 610 kr/m² (Lavenergiprogrammet, 2013).

BRA totalt er 11 150 m². Dermed blir merkostnaden per m², ved en total merkostnad på 8,3 millioner kroner, for Åsveien skole lik 740 kr/m².

Tabell 33: Oppsummering merkostnader for oppgradering til passivhus-standard

Kilde	Merkostnad
SINTEF (Dokka, 2009)	720 kr/m ²
Lavenergiprogrammet, 2013	610 kr/m ²
Beregnet for Åsveien skole	740 kr/m²

Åsveien skole handler ikke kun om å oppgradere til passivhusstandard. Først og fremst skal Åsveien skole redusere klimagassutslippene til et minimum. Sammenligningsdataene går egentlig kun på oppgradering til passivhusnivå. Verken kostnader for innvendige vegger,

dekker, søyler eller overflatebehandling skal inkluderes i en slik sammenligning. På grunnlag av dette kan en si at Åsveien skole kommer mye bedre ut enn disse sammenligningsdataene.

Barneskolen ble beregnet til et utslipp på 15,7 kg CO₂-ekv./m² år. Med et bruttoareal på 8800 m², 117 ansatte og 650 elever, inkludert elevene med autismediagnoser, utgjør dette 180 kg CO₂-ekv./person. Dette er kun 1,5 % av det totale utslippet per innbygger, beregnet av FN-sambandet og presentert i kapittel 2.1.

5.2.8 Utvikling fremover

Kan det forventes en læringseffekt for massivtre i årene fremover?

Massivtre er enn så lenge dyrere enn kombinasjonen stål og betong (Vevatne, 2013). Dette kan skyldes flere forhold. Tradisjonelt har de fleste store bygg blitt ført opp i betong og kun prestisjebygg har blitt ført opp i massivtre. Dermed har betongprosessen blitt industrialisert og man har på dette området opplevd en enorm læringseffekt.

Et annet fordyrende element for massivtre er mangelen på kompetanse. Både entreprenører og rådgivende ingeniører har liten erfaring med tre og kalkulerer inn et større risikopåslag.

I fremtiden kan en kanskje se tilsvarende læringseffekt for massivtre som man har opplevd for betong. Dersom markedet i økende grad etterspør massivtre kan man i tillegg utnytte stordriftsfordeler ved å etablere større fabrikker enn de som eksisterer i dag. På denne måten kan massivtre etter hvert bli både miljømessig fordelaktig, og økonomisk fordelaktig. Dersom massivtre blir økonomisk fordelaktig kan man sannsynligvis også forvente større grad av substitusjon fra betong.

Nye produkter:

Ut i fra klimagassregnskap.no, ser en at gips, betong og isolasjonsmaterialer står for de største klimagassutslippene. Som sivilarkitekt Solem påpekte er det dermed her det største forbedringspotensialet ligger.

Utslipp av klimagasser fra betong kommer hovedsakelig fra produksjonen av sement (over eller lik 90 %). Utslipet fra sementproduksjonen stammer fra to hovedkilder. Den første er spalting av kalkstein ved oppvarming og den andre er fra brenselet. Den kjemiske prosessen der kalkstein spaltes kan ikke endres. For å redusere utslippet må man benytte alternative råmaterialer og brenslere (Eldegard, 2013).

Flere produsenter produserer nå betong med redusert klimagassutslipp. NorBetong AS produserer «Lavkarbonbetong» og Unicon AS produserer «Miljøbetong». For å oppnå lavere klimagassutslipp benyttes sement med lave klimagassutslipp, og betongen tilsettes flyveaske eller andre tilsetninger som kan redusere sementandelen. Ved å redusere sementandelen i betongen reduseres klimagassutslippet.

Betong er et av de viktigste materialene i dagens bygg. I tillegg står betong for store deler av det totale utslippet. På grunn av dette kan en hevde at betongbransjen faktisk er forpliktet til å arbeide mot miljøvennlige prosesser og produkter.

Når det gjelder isolasjonsmaterialer er det forsket på vakuumisolasjonspaneler og andre høyeffektive isolasjonsmaterialer. Per dags dato er utfordringen fortsatt å finne løsninger som er økonomisk forsvarlige. Lærdommen både ut i fra intervjuene og utprøving av klimagassregnskap.no er at bransjen må satse på utvikling av produkter der det monner.

Myndighetene har et uttalt mål om å innføre passivhusstandard fra 2020 (Lassen, 2009). Dersom dette gjennomføres vil deler av kostnadene beregnet i denne oppgaven, som økte isolasjonstykkelser og bedret ventilasjonsanlegg, bli nødvendige for alle bygg.

Innføring av CO₂-avgifter:

Gjeldende TEK 10 stiller generelle krav til miljø slik at bygg må planlegges og produseres for en lavest mulig miljøbelastning. For å stimulere byggebransjen til å satse på teknologiutvikling og miljøsatsinger er kanskje innføring av CO₂-avgifter løsningen. Disse avgiftene kan knyttes til enkeltprodukter eller beregnes som en totalavgift per bygg ut i fra byggets totale klimagassutslipp. Dersom det siste blir løsningen vil verktøy som klimagassregnskap.no være avgjørende for gjennomføring av denne vurderingen. I tillegg må kanskje en form for kontrollerende organ opprettes.

5.3 Del 3, Inntjening:

Som for merkostnadene er det noen forutsetninger leseren bør ha klart for seg i forhold til denne delen av oppgaven også. Åsveien skole representerer, som tidligere forklart, betydelige klimagassreduksjoner i tillegg til løsninger som gjør bygget til et passivhus. Det har vært utfordrende å skille mellom miljøhensyn og passivhus-krav i denne oppgaven. Når inntjeningstider presenteres representerer disse inntjening av alle tiltak gjort på bygget. Som en korreksjon kunne muligens en inntjeningsverdi/pris blitt satt i forhold til reduksjon av klimagassutslipp. Dette ble likevel sett på som for omfattende og svevende til at det ble gjennomført. En tolkning av resultatene med dette i bakhodet gjør bygget meget fordelaktig både økonomisk og miljømessig.

5.3.1 Levetider

Miljøbelastninger og energibruk knyttet til forvaltnings-, drifts-, vedlikeholds- og utviklingsfasene (FDVU) har større betydning enn produksjonsfasen for det totale klimagassutslippet. Det er avgjørende å ha evne til å tenke langsiktig da byggingen av skolen påvirker de fremtidige innkjøpene. Løsningene som velges nå, med de tilhørende levetidene, avgjør kostnadsbildet i fremtiden. Dermed er det viktig å tenke over aspekter som slitasje og vedlikehold.

SINTEF Byggforsk har definert faktorer som vil avgjøre levetiden til en bygningskomponent. Disse ble presentert i kapittel 2.5. I tillegg til disse faktorene er intervaller for vedlikehold

avgjørende. Hvis det ikke utføres vedlikehold, vil levetiden bli kortere enn forutsatt. Bygninger som er utsatt for store klima- og miljøpåkjenninger, har høy alder eller lav kvalitet på materialer, prosjektering eller utførelse bør ha korte intervaller for utvendig vedlikehold og utskiftninger.

Skolebygninger er bygninger med typisk stor innvendig slitasje og bør hyppig vedlikeholdes. For en barneskole bør en forvente kortere levetid og vedlikeholdsfrekvens på for eksempel dører og vinduer, da bruken er hardere og mer hensynsløs. Likevel kan dette motvirkes ved gode material- og designvalg, i henhold til SINTEFS levetidstabell. Et eksempel på dette er, som Lile nevnte, de doble massivtreveggene mellom klasserom ved Åsveien skole. Dette er en robust løsning som forventes å være meget holdbar.

Det må velges en strategi for vedlikeholdet. Verdivedvarende vedlikehold er vedlikehold som utføres så ofte som nødvendig for at bygningen skal beholde sin verdi. Dersom det ikke er valgt en strategi vil bygningsdelen sannsynligvis få muligheten til å forfalle slik at det oppstår et vedlikeholdsetterlep. Dette kan føre til at levetiden til bygningsdelen blir kortere enn nødvendig. Forkortet levetid medfører en økning i totale kostnader. Det ble gjennomført en kost/nytte-analyse ved Åsveien skole i forbindelse med vurderingen av rivning eller rehabilitering av det gamle skolebygget. Ved en rehabilitering kunne man ha forlenget levetiden til den opprinnelige bygningen.

Man kan oppnå store kostnadsbesparelser ved nøyere vurdering av levetider. I følge Aikivouri, presentert i kapittel 2.5, skyldes rehabilitering sjelden at den tekniske levetiden er oppnådd. I følge hans studie er den tekniske levetiden nådd i kun i 17 % av tilfellene. Vanligvis igangsettes rehabilitering grunnet brukerkrav. Ofte rives også bygningsmassen uten å ha nådd sin økonomiske levetid, for å gjøre plass til mer moderne løsninger. Ved å ha forutsatt en lavere levetid i utgangspunktet kunne man ha benyttet materialer med lavere levetider, og på denne måten optimalisert materialbruken. For bygg som rives før sin økonomiske levetid er nådd kunne man for eksempel ha benyttet lavere betongkvalitet. Denne betongen er ofte mer miljøvennlig og det kan i enkelte tilfeller benyttes mindre betong også. Dersom en tester ulike betongtyper i tidligfasemodulen kan en observere at betong med høy styrke og bestandighet medfører høyere klimagassutslipp enn betong med lav styrke og bestandighet.

5.3.2 FDV-kostnader

Den mest avgjørende parameteren, i forhold til inntjening, i denne oppgaven er energikostnaden. Det er vanskelig å se for seg utviklingen av strømprisen i tiden fremover. Dette styres av både vannmagasinenes fyllingsgrad, forbruk, statens avgifter og subsidier samt teknologiutvikling. Byggets investeringer tjenes hovedsakelig inn gjennom reduserte strømkostnader, og derfor vil en for høy eller lav antatt strømkostnad forårsake store variasjoner i inntjeningspunktet til bygget.

God informasjon om bruk og drift av tekniske anlegg i et passivhus er avgjørende for effektiv bruk av bygningen. De fleste studier som er gjennomført er gjennomført på boliger. Disse viste at brukerne hadde fått for lite informasjon om styringssystemene og konsekvensene av ulike innstillinger til å kunne bruke bygningen optimalt (Klinski, 2012). Dette vil mest sannsynlig bli et mindre problem i en skolebygning som dette, da systemene blir styrt av en driftsleder ansatt av kommunen. Likevel er man selvfølgelig avhengig av at denne driftslederen besitter den rette kompetansen og får den nødvendige opplæringen.

5.3.3 Sensitivitetsanalyse

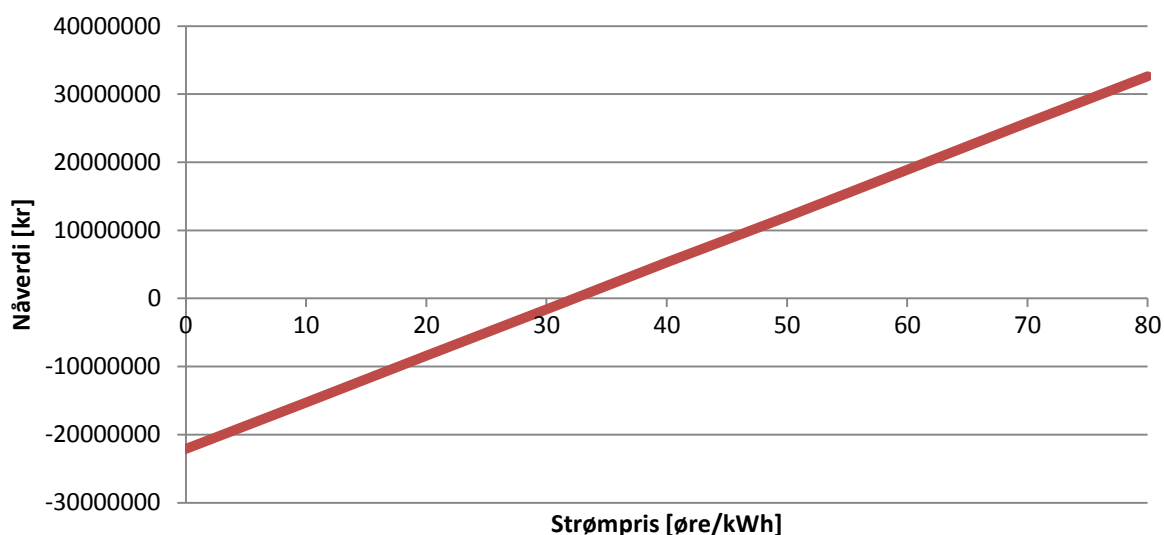
En sensitivitetsanalyse undersøker hvor følsom resultatvariabelen er for endringer i de faktorer som inngår i kalkylen. Sensitiviteten i beregningene testes ved å variere parametere og observere hvordan dette slår ut på resultatene. I realiteten vil flere parametere kunne endres samtidig og virke inn på hverandre.

Strømpris:

Strømprisen vil ha stor innvirkning på både nåverdien av investeringene og hvor lang inntjeningstiden blir. Dersom strømprisen blir lavere enn 32 øre/kWh, sett bort i fra inflasjon, vil ikke prosjektet nå sitt inntjeningspunkt i løpet av levetiden på 60 år. Dette forutsetter at alle andre faktorer er like. Tabell 34 og Figur 25 illustrerer dette.

Tabell 34: Strømpris ved en nåverdi lik 0

Strømpris	Inntjeningstid	Nåverdi
32 øre/kWh	60 år	0 kr
50 øre/kWh (antatt strømpris)	33 år	12 000 000 kr



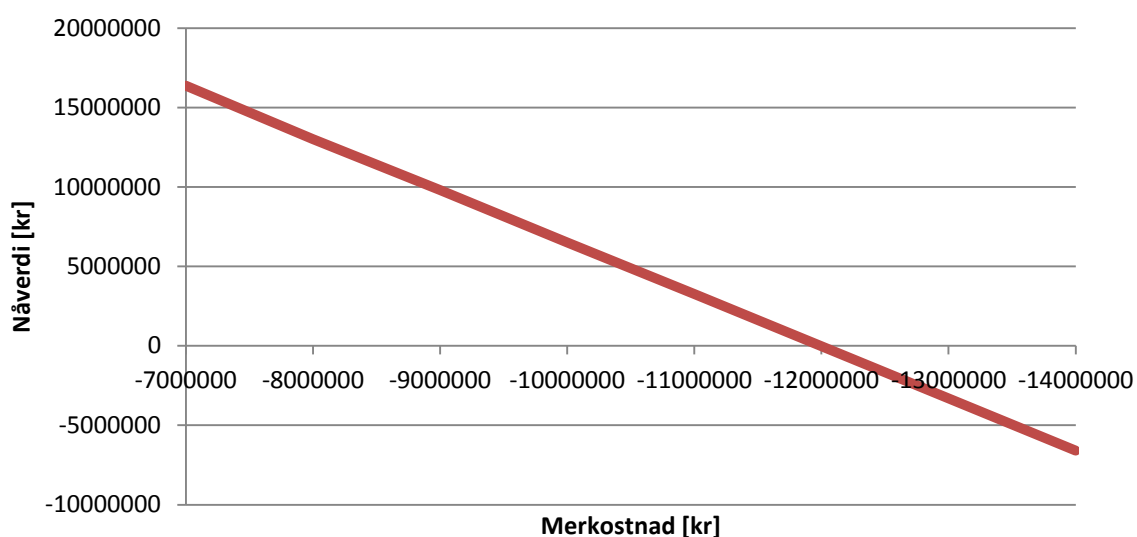
Figur 25: Sensitivitetsanalyse strømpris

Merkostnad:

Dersom merkostnaden blir høyere enn 12 000 000 kr vil ikke investeringen tjenes inn i løpet av levetiden. Dette er illustrert i Tabell 35 og i Figur 26. For å skape en forståelse av grad av sensitivitet tas det utgangspunkt i usikkerheter fra KS2. Ved beslutning om gjennomføring, eller slutt av forprosjekt, som KS2 er definert til, kan man anta en typisk usikkerhet på $\pm 10\%$. Dette er gitt ved størrelsen på standardavviket (Torp, 2006). Med en usikkerhet på 10 % er man nesten helt sikker på ikke å overstige merkostnaden som gir underskudd.

Tabell 35: Merkostnad ved en nåverdi lik 0

Merkostnad	Inntjeningstid	Nåverdi
12 000 000 kr	60 år	0 kr
8 300 000 kr (antatt merkostnad)	33 år	12 000 000 kr



Figur 26: Sensitivitetsanalyse merkostnad

Sensitivitetsanalysene avdekker robusthet. I dette tilfellet må strømprisen endres 36 % eller merkostnaden 45 % for at investeringen ikke vil tjenes inn over levetiden. Dermed vurderes disse resultatene som relativt robuste. Ved at flere parametere virker sammen er det viktig å merke seg at det kan oppstå forsterkende effekter, og større utslag på resultatene enn det som er vist her.

5.3.4 Valg av tiltak

Som tittelen på oppgaven antyder koster det samfunnet store verdier ikke å gjøre klimatiltak også. Endringer i klima forårsaker naturkatastrofer som koster ikke bare materielle verdier, men også menneskeliv. På bakgrunn av dette blir kostnaden av ulike tiltak ubetydelig i et samfunnsperspektiv.

Det er essensielt å vurdere om tiltaket er vesentlig eller ikke. Ressursene bør benyttes der de gir best virkning. En må derfor vurdere i hvilken grad tiltakene gir miljømessig avkastning. Her kan en nytte-kostnadsanalyse gjerne benyttes både for å vurdere enkeltalternativer og for å vurdere alternativene opp i mot hverandre.

Beslutningsprosessen er ikke alltid like rasjonell. Rasjonaliteten begrenses derimot av mange faktorer. Manglende, ufullstendig eller feilaktig informasjon er i mange tilfeller realiteten. Saken kan også være så kompleks at beslutningstaker ikke greier å skaffe seg god nok oversikt. Det er i tillegg store forskjeller i hvordan man tolker og bearbeider informasjon. To personer kan bli presentert den samme informasjonen, men likevel trekke ulike konklusjoner ut i fra grunnlaget.

Et mer velkjent problem er at beslutninger blir tatt under tidspress. Det er rett og slett ikke mere tid tilgjengelig for beslutningsprosessene, og for å oppnå kontinuitet må man ha raske avklaringer. Grafen i Figur 9 illustrerer dette poenget på en god måte.

Både defekter og overproduksjon påvirker miljøgassregnskapet. Dermed kan man si at «Lean» tankegang kan hjelpe mot miljøgassutslipp.

5.3.5 Klimagassregnskap kan benyttes til benchmarking

Ved at flere aktører benytter samme verktøy, i dette tilfellet klimagassregnskap.no, vil man ha store sammenligningsmuligheter. Dette ble også påpekt av Lile. Resultater fra tilsvarende prosjekter kan på denne måten også brukes til benchmarking.

5.3.6 Sammenligning

Multiconsult og SINTEF (2012) har beregnet tilbakebetalingstid til 10 år, ved en oppgradering fra TEK 10 til passivhusnivå. Se avsnitt 2.10.2. Denne tilbakebetalingstiden gjelder for kontorbygg, men også i dette tilfellet ses barneskolen på som sammenlignbar med et kontorbygg.

Dersom en bruker samme tankegang som i Multiconsult og SINTEFs rapport får prosjektet en tilbakebetalingstid på 14 år. Da er alle merkostnadene inkludert, også kostnadene som påløper grunnet CO₂-besparelser. Disse kostnadene skulle vært eliminert da sammenligningsgrunnlaget kun omhandler å øke standarden til passivhus-standard. Velger en å plukke ut kostnadene som går direkte på denne standardøkningen vil prosjektet komme svært mye bedre ut enn sammenligningsgrunnlaget.

5.3.7 Pilotprosjekt

Åsveien skole er designet for å fremstå som et eksempelbygg innenfor skolebygg både når det gjelder energibruk og bærekraft. Prosjektet er også et pilotprosjekt innen Fremtidens Bygg og skal redusere klimagassutslippet knyttet til transport, stasjonær energi og byggematerialer. Et pilotprosjekt skal være et forbildeprosjekt og gå foran som et godt eksempel for kommende byggeprosjekter. Dermed må det satses litt utover det tradisjonelle

og investeres i alternativ teknologi og løsninger. Behøver alle investeringer kunne rettfærdiggjøres?

Forbildeprosjekter vil være en lærings- og informasjonsarena som er meget viktig for å utvikle det nødvendige kompetansenivået i hele byggebransjen. Forbildeprosjekter er også viktig som drivkraft for utvikling av komponenter, systemer og konsepter.

Offentlige bygg skal gjerne ha noe mer særpreg enn andre bygg. Estetikk og variasjoner er kanskje spesielt viktig ved undervisningsinstitusjoner. I tillegg får svært mange mennesker glede av slike bygg.

Haapio og Viitaniemi (2008) avslutter sitt paper om verktøy for LCA-bedømming av byggverk med:

“Is it possible that “the high quality building” of today will be “the low quality building” of the future?”

Dette belyser et viktig poeng. Man bør ikke undervurdere dagens metoder og verktøy, men også ønske nye ideer velkommen og søke etter stadig forbedring. Pilotprosjekter er foregangsprosjekter for nye ideer.

I praktisk arbeid med miljø må en ta inn over seg de begrensninger som gjelder. Perspektivet på miljø må være vidt, og en må ha de globale virkningene med i tankene. Samtidig er det avgjørende at en i prioriteringsprosessen konsentrerer seg om de forhold vi kan gjøre noe med og som påvirker vår situasjon. En kan ikke ta alle verdens problemer inn over seg i et avgrenset byggeprosjekt.

6 Konklusjon

Det norske samfunnet går i mot mer og mer miljøfokus og miljøvennlige bygg har fått økt markedsverdi. Miljøengasjementet fra de ulike aktørene ved Åsveien skole skiller seg ikke fra denne trenden og var høyere enn det forfatteren forventet. Dersom aktørene ved Åsveien skole er representative for resten av bransjen, ser det ut som at byggebransjen er klar til å følge med på denne miljøvennlige utviklingen. Det forventes at miljøfokus vil være et konkurransefortrinn i fremtiden, og det er enighet om at å dokumentere CO₂-utslipp etter hvert kan komme som et krav i Byggteknisk forskrift.

Oppgavens hypotese var som følger; «aktørene i byggebransjen tror ikke klimagassreduksjoner er økonomisk lønnsomme». Denne hypotesen kan verken bekreftes eller avkreftes i denne omgang, da intervjuobjektene uttrykte et komplekst syn på dette. De var positive til konseptet passivhus. Andre miljøvennlige aspekter var det noe varierte meninger om. Selv mener forfatteren etter å ha gjennomført denne studien at miljøvennlig bygging kan være økonomisk lønnsomt dersom man har den rette kompetansen tilgjengelig på planleggings- og beslutningsstadiet.

Det er mange gode grunner for å utarbeide ett klimagassregnskap. Hovedårsaken er ikke at nytten av å ha et totalregnskap for bygget er spesielt stor, men heller at klimagassregnskap.no kan brukes som et verktøy for å foreta de riktige valgene i forhold til lokalisering av bygget, materialvalg og valg av løsninger. I tillegg er kunnskapen man erverver gjennom denne prosessen viktig. Gjennom et høyt miljøfokus og bruk av klimagassregnskap.no opparbeider man seg kompetanse som kommer til å være viktig i tiden fremover. Bruk av verktøyet klimagassregnskap.no sender i tillegg et signal til bransjen om at miljøvennlighet for produkter vektas og kommer til å etterspørres i økt grad fremover. Forhåpentligvis stimulerer dette produsenter til å utvikle sine produkter i en mer miljøvennlig retning.

Når det gjelder CO₂-besparelser er det viktig å tenke over hvor det monner å gjøre tiltak. Her er en nytte-kostnadsanalyse et alternativ. Erfaring fra klimagassregnskap.no viser at det vil lønne seg å gjøre tiltak som flyveasketilsetting i betong, reduksjon av gips og begrensnig av isolasjonsmaterialer. Disse tre materialene står for store mengder av utslippene i tradisjonelle bygg og tiltak vil dermed gjøre store utslag på totalregnskapet.

Beregningene i denne oppgaven viste de samlede merkostnader ved både å oppgradere fra TEK 10-standard til passivhus-standard samt tiltak for klimagassreduksjoner. Denne kostnaden ble beregnet til 8 300 000 kr. Dette tilsvarer kun 2 % av prosjektets totale investeringskostnad, og er dermed en liten investering i det store bildet. Internrenten for investeringene er 3,8 %. Investeringene vil altså bli tjent inn i løpet av levetiden så lenge avkastningskravet settes lavere enn dette.

Ved Åsveien skole blir kostnaden per sparte kg CO₂-ekv. 180 øre. Til sammenligning er CO₂-avgiften for bensin 40 øre/kg CO₂-ekv. Blir tilsvarende avgifter innført i tilknytning til CO₂-utslipp for bygninger vil dette være med på å drive bransjen i en miljøvennlig retning.

Å investere i løsninger som gir lavere u-verdier for vegger, gulv, tak, vinduer og dører anbefales, da disse investeringene medfører betydelige fremtidige besparelser. Ubehandlet trekledning vil senke vedlikeholdskostnadene for de utvendige fasadene i tillegg til at det gir bygget et naturlig utseende. I følge denne studien vil disse merkostnadene i forbindelse med oppgradering til passivhus samt materialvalg for klimagassreduksjoner tjenes inn i løpet av 33 år. Alt i alt kan en hevde at investeringene kan rettferdiggjøres økonomisk ut i fra denne studien. Det har vist seg at enkelte miljømessige aspekter også er meget fordelaktige fra et økonomisk synspunkt. Dette i tillegg til elementer som skaper inntjening over levetiden bør absolutt vurderes i fremtidige prosjekter.

7 Forlag til videre forskning

I denne oppgaven er det gjort overordnede vurderinger av kostnader og klimagassutslipp. Det er også gjort en del forutsetninger i forhold til fremtidige kostnader. De er mulig å gjøre disse beregningene enda mer detaljerte. Likevel er det nok mer interessant å gjennomføre en sammenligning mellom forutsatte og faktiske kostnader for case-bygget. Disse kostandene er avgjørende for inntjeningstiden og dermed interessant å se nærmere på.

Opgaven er fokusert rundt kun ett konkret case. Som videre arbeid kan det være aktuelt å foreta tilsvarende beregninger på flere casebygg av samme omfang for å se om konklusjonen holder også for disse byggene. Dette gjelder også for intervjurunden. Ved å intervju andre i liknende posisjoner som denne oppgavens intervjuobjekter, vil en ha mulighet til å kryss-validere intervjurundens resultater. Det kunne også vært interessant å intervju flere aktører i byggeprosessen, med andre rolle

r enn aktørene i denne oppgaven, for å oppnå et mer komplett bilde på deres tanker rundt miljøfokus. Dette vil da enten bygge opp under denne oppgavens aktørers påstander eller belyse uenigheter som da blir dokumentert.

Gjennom arbeidet med oppgaven er det synliggjort mangel på sammenlignbare data for kostnader i forbindelse med CO₂-besparelser. Her må omfattende studier til for å få opp et sammenlignbart grunnlag.

Det er også naturlig å studere utviklingen av verktøyet klimagassregnskap.no samt andre verktøy for klimagassberegninger videre.

Referanseliste

Aikivouri, M. A. (1999) *Critical loss of performance-what fails before durability*. Eighth international Conference on Durability of Building Materials and Components

Anda, S. (2002) *Miljøbevisst byggeprosess- en veiviser for byggherrer og prosjektledere som vil integrere miljø i prosjektet*. Håndbok utgitt av Økobygg

Betongelementforeningen (2010) *Betongelementboken*. 4. opplag. Tilgjengelig fra: http://www.betongelement.no/betongbok/BindE/Del_1/E3/3_3_U_verdier_for_gulv_pa_grunn.pdf (Hentet: 22.02.14) Oslo: Betongelementforeningen

Bjørberg, S. et al. (2007) *Livssyklus kostnader for bygninger*. 3. utgave. Tilgjengelig fra: <http://www.dibk.no/Documents/Eksisterende%20bygg/Publikasjoner/Livssyklus kostnader%20for%20bygninger.pdf> (Hentet: 11.02.14)

Brataas, J. (1999) *Miljøledelse. Hvordan møter bedriftene miljøutfordringene?* Kristiansand: Høyskoleforlaget

Brinkmann, S. og Kvale, S. (2009) *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag

Brønnøysundregistrene. EMAS. Tilgjengelig fra: <http://www.brreg.no/registrene/emas/emas.html> (Hentet: 03.02.14)

Byggemiljø. *Avfall og gjenvinning*. Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/category.php/category/Avfall%20og%20gjenvinning/?categoryID=282> (Hentet: 26.03.14)

Byggros. *DIADEM 50- Sedumtak*. Tilgjengelig fra: <http://www.byggros.com/no/produkter/12000-gronne-tak/gronne-taksystemer/sedumtak-50> (Hentet: 14.01.14)

Civitas/Statsbygg (2012) *Brukermanual www.klimagassregnskap.no Versjon 4. 10. oktober 2012*. Tilgjengelig fra: <http://www.klimagassregnskap.no/dok/kgr4-brukermanual-rev1.pdf> (Hentet: 07.02.14)

COWI (2013) *Åsveien skole. Energistrategi og resultater*. Datert: 20.08.2013.

Dalland, O. (2000) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 3. utgave. Oslo: Gyldendal akademisk

Direktoratet for økonomistyring. *Kalkulasjonsrente*. <http://www.dfo.no/no/Styring/Samfunnsokonomisk-analyse/Hvordan-gjennomfore-en-samfunnsokonomisk-analyse/Trinn-4-Beregne-samfunnsokonomisk-lonnsomhet/Kalkulasjonsrente/> (Hentet: 11.02.14)

Dokka, T. H. (2009) *Energieffektivisering i bygninger-mye miljø for pengene!* SINTEF Byggforsk. Prosjektrapport 40. Tilgjengelig fra:
<https://www.sintef.no/upload/SB%20prorrapp%2040.pdf> (Hentet: 28.02.14)

Ecobox, Grønn Byggallianse og Byggemiljø (2006) *Miljøtiltaksbank. Vurdering av lønnsomhet og miljønytte.* Tilgjengelig fra:
<http://www.byggemiljo.no/getfile.php/Filer/Milj%C3%B8tiltaksbank-151206.pdf> (Hentet: 22.04.14)

EeBGuide Project (a) *EeBGuide Guidance Document. Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Buildings Initiative.* Tilgjengelig fra:
http://www.eebguide.eu/eeblog/wp-content/uploads/2012/10/EeBGuide-A-FINAL-PR_2012-10-29.pdf (Hentet: 27.01.14)

EeBGuide Project (b) *Reference Study Period: Buildings.* Tilgjengelig fra:
<http://www.eebguide.eu/?p=999> (Hentet: 25.02.14)

Eggen Arkitekter AS v/Breidablik J. M. et. al. (2012) *Åsveien skole og flerbrukshall: Status klimagassregnskap pr. 17.12.2012.* Rapport

Eggen Arkitekter AS v/Solem B. (2013) *Åsveien skole-klimagassregnskap illustrasjoner.* 9.oktober 2013

Ekle, A. (2011) *Klima- og miljøhensyn har større fokus enn noen gang. Regnbed som overvannsverktøy.* Nettverkssamling, Framtidens byer 19. oktober 2011. Tilgjengelig fra:
http://www.regjeringen.no/upload/subnettsteder/framtidens_byer/samlinger/Nettverkssamling_Bergen_okt2011/Klima/Dag2/Groenne_loesninger_Arvid_Ekle.pdf (Hentet: 17.01.14)

Eldegard, J. (2013) *Den nye betongen. Hvordan velge riktige produkter- i et miljøperspektiv?* Tilgjengelig fra:
http://www.byggutengrenser.no/filer/nedlasting/Den%20nye%20betongen%2005092013%20web_0.pdf (Hentet: 30.03.14)

Evans, R. et al. (1998) *The long term costs of owning and using buildings.* London: The Royal Academy of engineering

FN-sambandet (2010) *CO₂-utslipp per innbygger.* Tilgjengelig fra:
<http://www.globalis.no/Statistikk/CO2-utslipp-per-innb> (Hentet: 24.05.14)

Forskrift om tekniske krav til byggverk, TEK 10 (2010) *Byggteknisk forskrift.* Tilgjengelig fra:
<http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489> (Hentet: 28.01.14)

Framtidens byer (2010) *Å bo i by kan bli det mest klimavennlige du gjør.* Tilgjengelig fra:
http://www.regjeringen.no/upload/subnettsteder/framtidens_byer/Brosjyrer/brosjyre2_tilt_rykk.pdf (Hentet: 12.01.14)

Fremtidens Bygg (2011) *Rapport Brøset*. Tilgjengelig fra:
<http://www.arkitektur.no/broset1?tid=158202> (Hentet: 15.01.14)

Glava isolasjon (2005) *Produktoversikt skumplast*. Tilgjengelig fra:
http://hms.cobuilder.no/doc/GLAVA/filesystem/2005/06/produktlist_skumplast_4115.pdf
(Hentet: 07.04.14)

Haanæs, S. et. al. (2004) *Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekter*. Concept rapport nr. 3. Trondheim: NTNU

Haapio, A. og Viitaniemi, P. (2008) *A critical review of building environmental assessment tools*. Environmental Impact Assessment Review 28

Hagen, K. P. (2009) *Miljøøkonomi og samfunnsøkonomisk lønnsomhet*. Concept rapport nr. 22. Trondheim: NTNU

Hagen, K. P. (2012) *NOU, Norges offentlige utredninger, Samfunnsøkonomiske analyser*. Avgitt til Finansdepartementet 3. oktober 2012. Oslo: O. Fredr. Arnesen

Hughes, W. et al. (2004) *Exposing the myth of the 1:5:200 ratio relating initial cost, maintenance and staffing costs of office buildings*. Tilgjengelig fra:
<http://www.reading.ac.uk/web/FILES/innovativeconstructionresearchcentre/icrc-16-d-ExposingtheMythofthe1-5-200Ratio.pdf> (Hentet: 19.01.14)

Husbanken (2013) *Hva er et passivhus?* Tilgjengelig fra: http://www.husbanken.no/miljo-energi/hva_er_et_passivhus/ (Hentet: 08.01.14)

IFI (Informasjonskontoret for farge og interiør) *Så mye maling trenger du*. Tilgjengelig fra:
<http://www.ifi.no/sa-mye-maling-trenger-du> (Hentet: 12.03.14)

IVL Svenska Miljöinstitutet AB (1999) *Livscykelanalys av färg*. IVL Rapport B 1338-A. Stockholm: Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning

Jacobs, T.O. og Jaques, E. (1990) *Measures of leadership*. West Orange, NJ: Leadership Library of America

Jacobsen, D. I. (2000) *Hvordan gjennomføres undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Kristiansand: Høyskoleforlaget

Jotun (2012) *Tekniske data. Drygolin oljemaling*. E020101. 12.2012

Kaufmann, G. og Kaufmann, A. (2003) *Psykologi i organisasjon og ledelse*. Bergen: Fagbokforlaget

Kleppe, P. (2006) *Hva betyr Corporate Social Responcibility i praksis?* Fafos Rådsprogram 2006-2008. Tilgjengelig fra: <http://www.faf.no/pub/rapp/10029/10029.pdf> (Hentet: 19.04.14)

Klimagassregnskap.no. Utviklet av statsbygg. Tilgjengelig fra:

<http://www.klimagassregnskap.no/portal/>

Klima- og miljødepartementet. *Klima*. Tilgjengelig fra:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/kld/tema/klima.html?id=1307> (Hentet: 10.02.14)

Kinski, M. et al. (2012) *Systematisering av erfaringer med passivhus*. Prosjektrapport 90. SINTEF Byggforsk for Husbanken

Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2013) *Fremtidens byer*. Tilgjengelig fra:

<http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/forside.html?id=551422>. (Hentet: 07.01.14)

Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2003-2004) *Stortingsmelding nr. 23: Om boligpolitikken*. Tilgjengelig fra:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/kmd/dok/regpubl/stmeld/20032004/stmeld-nr-23-2003-2004-/4/2/2.html?id=330388> (Hentet: 21.01.14)

Kommunal- og regionaldepartementet (2009) *Bygg for framtida*. Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012. H-2237

Kristjansdottir, T. SINTEF/ZEB (2013) *Utfordringer for beregninger av klimagassutslipp fra materialer for nullutslippsbygg*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/brod-miljo-frokost-med-faglig-pafyll5> (Hentet: 07.02.14)

Kuvaas, B. (2005) *Belønning og motivasjon: ytre og indre motivasjon som kilder til innsats og kvalitet i arbeidslivet*. Fra boken *Hvordan kan frynsegoder bli belønning?* Av Knudsen, K. og Ryen, A. (red.). Oslo: Cappelen

Lassen, N. et al. (2009) *Passivbygg som forskriftskrav i 2020*. Rapportnr. 119602. Samarbeid mellom Multiconsult og SINTEF. Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/upload/Rapport-Passivbygg_innen_2020.pdf (Hentet: 28.02.14)

Lavenergiutvalget (2009) *Energieffektivisering*. Tilgjengelig fra:

http://www.regjeringen.no/upload/OED/Rapporter/OED_Energieffektivisering_Lavopp.pdf (Hentet: 25.01.14)

Lavenergiprogrammet (2013) *Prosjektering av passivhus*. Tilgjengelig fra:

http://www.lavenergiprogrammet.no/getfile.php/Kursmaterieill/Kursmaterieill%20prosjektering%20av%20passivhus_low.pdf (Hentet: 03.03.14)

Lean Enterprise Institute (2009) *What is lean?* Tilgjengelig fra:

<http://www.lean.org/WhatsLean/> (Hentet: 08.04.14)

Lett-tak Systemer AS. *Lett-tak*. Tilgjengelig fra: <http://www.lett-tak.no/Innhold/Vis2/produkt/294>

(Hentet: 14.01.14)

Liker, J. K. (2004) *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill

Lovdata (2009) *Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg*. Tilgjengelig fra: <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665?q=energimerke> (Hentet: 20.04.14)

Malerud, S. og Kråkenes, T. (2006) *Metoder for flermålsanalyse, en oversiktsstudie fra GOAL*. Kjeller: Forsvarets Forskningsinstitutt

Miles, M.B. (1979) *Qualitative Data as an Attractive Nuisance: The Problem of Analysis*. Administrative Science Quarterly, vol. 24, utgave 4

Miljødirektoratet (2013a) *Klima globalt*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klima-globalt/> (Hentet: 14.01.14)

Miljødirektoratet (2013b) *CO₂-avgift*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klimanorge/Tiltak-og-virkemidler/CO2-avgift/> (Hentet: 20.04.14)

Multiconsult (2007) *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet. Innføring og prinsipper*. Tilgjengelig fra: http://www.metamorfose.ntnu.no/dok/rapporter/LivsloepsplanSept07_MC_Bjoerberg_LArs_en.pdf (Hentet: 19.03.14)

Multiconsult (2009) *Levetider i praksis-prinsipper og bruksområder*. Tilgjengelig fra: http://www.dibk.no/Documents/Eksisterende%20bygg/Publikasjoner/Levetider_i_praksis.pdf (Hentet: 11.02.14)

Multiconsult (2010) *Grunnundersøkelser. Datarapport*. Rapportnr. 413790-1. Datert: 19.02.2010

Multiconsult og PriceWaterhouseCoopers (2008) *Vedlikehold i kommunesektoren. Fra forbilde til forfall*. Rapport utarbeidet på oppdrag fra Kommunenes interesse- og arbeidsgiverorganisasjon

Multiconsult/Byggemiljø. Byggenæringens miljøsekretariat (2004) *En introduksjon til tilpasningsdyktighet i byggeprosjekter og i bygg- og eiendomsforvaltningen*. <http://www.byggemiljo.no/getfile.php/Filer/Tilpasningsdyktighet%20-%20Byggemilj%C3%B8veileder%2004.11.08.pdf> (Hentet: 22.01.14)

Multiconsult/SINTEF (2012) *Kostnadsoptimalitet. Energiregler i TEK*. Tilgjengelig fra: http://www.regjeringen.no/upload/KRD/Rapporter/Rapporter2013/Multiconsult_Sintef_Kostnadsoptimalitet_Energiregler.pdf (Hentet: 17.03.14)

NorBetong HeidelbergCementGroup. *NEPD nr.: 136N, Fabrikkbetong B25M60*

Norconsult Informasjonssystemer AS og AS Byggsanalyse (2013) *Norsk Prisbok 2013- et oppslagsverk for byggebransjen*

Norges vassdrags- og energidirektorat (2010) *Energimerking*. Tilgjengelig fra: <http://www.energimerking.no/no/Nyheter-om-Energimerking/Bade-bokstav-og-farge-skall-med/> (Hentet: 22.01.14)

Norske arkitekters landsforbund (2006a) *Sedumtak*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/miljotiltaksbank1> (Hentet: 10.01.14)

Norske arkitekters landsforbund (2006b) *Solskjerming*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/miljotiltaksbank1> (Hentet: 19.01.14)

Norske arkitekters landsforbund (2012) *Fremtidens Bygg*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/om-framtidens-bygg> (Hentet: 25.03.14)

Norsk Treteknisk Institutt (2006) *Håndbok- Bygge med massivtreelementer*. Treteknisk håndbok nr. 1. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt

Norsk Treteknisk Institutt (2009) *Ubehandlede trefasader*. FOKUS på tre nr. 30

Norsk Treteknisk Institutt (2011) *Trefokus*. FOKUS på tre nr. 20, revidert utgave

NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) *Nettleiestatistikk næringskunder-2005 og nyere*. Tilgjengelig fra: <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Nettleie1/Nettleiestatistikk/Nettleiestatistikk-naringskunder---2005-og-senere/> (Hentet: 17.03.14)

Nyrud, A. Q./ Treteknisk. *Kan trebruk i inn klima fremme helse og trivsel?* Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/fullstory.aspx?m=193&amid=12562> (Hentet: 19.02.14)

Pinder, C.C., (1998) *Work Motivation in Organizational Behaviour*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Plessner, T. S. W. et al. (2013) *Miljøanalyse av trefasader*. Oslo: SINTEF akademiske forlag

ProgramByggerne. *SIMIEN*. Tilgjengelig fra: <http://www.programbyggerne.no/> (Hentet: 01.03.14)

Property Magazine International (2010) *Commercial office tenants want green*. Tilgjengelig fra: <http://www.property-magazine.eu/commercial-office-tenants-want-green-15351/2.html> (Hentet: 20.04.14)

Regjeringen. *TREbyen Trondheim*. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/prosjektvisning.html?projectId=239925&id=705593> (Hentet: 24.03.14)

- Samset, K. (2008) *Prosjekt i tidligfasen - valg av konsept*. 1. utg. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag
- Sandberg, K. (2013a) *Åsveien skole. Klimagassberegning*. COWI Versjon 1, datert: 11.09.2013
- Sandberg, K. (2013b) *Åsveien skole. Klimagassberegning*. COWI Versjon 1.1, datert: 02.12.2013
- Scheibehenne, B. og Helversen, B. (2009) *Useful Heuristics*. Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan
- SedexGlobal. *Sedex*. Tilgjengelig fra: <http://www.sedexglobal.com/> (Hentet: 15.01.14)
- Selvig, E. (2012) *Klimagassregnskap.no/versjon 4*. Tilgjengelig fra: <http://www.klimagassregnskap.no/dok/kg4-dokumentasjonsrapport.pdf> (Hentet: 24.02.14)
- Senter for kunnskapsbasert praksis. *Kvalitativ metode*. Tilgjengelig fra: <http://kunnskapsbasertpraksis.no/kritisk-vurdering/kvalitativ-metode/> (Hentet: 05.02.14)
- Seppo, J. (2004) *The Environmental Impact of an Office Building throughout its Life Cycle*. Doktoravhandling. Espoo: Helsinki University of Technology
- Shen, L. Y. og Tam, V. W. Y. (2002) *Implementation of environmental management in Hong Kong construction Industry*. International Journal of Project Management. Oktober, 2002
Tilgjengelig fra: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786301000540>
(Hentet: 21.02.14)
- SINTEF Byggforsk. *700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. Byggforskserien
- SINTEF Byggforsk (2006) *Trehus*. Håndbok 53. Revisjon 2. Oslo: Norges Byggforskningsinstitutt
- SINTEF Byggforsk (2011) *Søylar av stål. Dimensjoneringstabeller*. Byggforskserien 520.235
Tilgjengelig fra: <http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/520235.pdf> (Hentet: 10.03.14)
- Sjøholt, O. (1998) *Fra separat miljøsystem til integrert byggstyring*. Prosjektrapport 1998
Oslo: Byggforsk Norges Byggforskningsinstitutt
- SSB (2014) *Elektrisitetspriser, 4.kvartal 2013*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/elkraftpris/>
(Hentet: 03.03.14)
- Standard Norge (2000) *NS-EN 13829 Bygningers termiske egenskaper. Bestemmelse av bygningers luftlekkasje. Differansetrykkmetode*. Oslo: Standard Norge

Standard Norge (2004) *Norsk standard NS-EN ISO 14001. Miljøstyringssystemer. Spesifikasjon med veiledning*. 2. utgave. Oslo: Standard Norge

Standard Norge (2012) *Norsk standard NS 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger-yrkesbygninger*. Oslo: Standard Norge

Standard Norge (2013) *Norsk standard NS 3454 Livssyklus kostnader for byggverk- prinsipper og klassifisering*. Oslo: Standard Norge

Standard Norge. *Miljøstyring - ISO 14000*.

<http://www.standard.no/no/Fagomrader/Miljo/ISO-14000-miljostyring/Miljostyring---ISO-14000/> (Hentet: 08.01.14)

Statkraft. *Fjernvarme*. Tilgjengelig fra: <http://www.statkraft.no/energikilder/fjernvarme/> (Hentet: 22.01.14)

Statsbygg. *Materialer referansebygg*.

<http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/nationalMuseum/PNN-CO2-Vedl1Material.pdf> (Hentet: 31.03.14)

Statsbygg og Forsvarsbygg. *LCC-web.no*. Tilgjengelig fra: <http://lccweb.no/> (Hentet: 14.01.14)

Statsbygg (2010) *Klimagassregnskap.no-gir ny innsikt for å redusere klimagassutslipp*.

Tilgjengelig fra:

<http://statsbygg.no/FilSystem/files/miljo/miljopublikasjoner/KlimagassNorsk2010.pdf> (Hentet: 08.01.14)

Store Norske Leksikon (a) *Overlys*. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/overlys> (Hentet: 23.01.14)

Store Norske Leksikon (b) *Case studie*. Tilgjengelig fra: http://snl.no/case_studie (Hentet: 06.04.14)

Torp, O. et al. (2006) *Kostnadsusikkerhet i store statlige investeringsprosjekter. Empiriske studier basert på KS2*. Concept rapport nr. 15. Trondheim: NTNU

Trefokus (2012) *Regnbed Risvollan*. Tilgjengelig fra:

<http://www.trefokus.no/OdataProjectDetails.aspx?m=1704&prjID=239928#ad-image-0> (Hentet: 17.01.14)

Trondheim kommune, Trondheim eiendom/utbyggingsenheten (2012) *Miljøkrav i byggeprosjekt- krav relatert til påvirkning av ytre miljø*. Rev. 1.1

Trondheim kommune (2014) *TREbyen Trondheim*. Tilgjengelig fra:

<http://www.trondheim.kommune.no/trebyen> (Hentet: 24.03.14)

Trønderenergi Nett AS. *Nettleiepriser næringskunder gjeldende fra 1. januar 2014*

Tilgjengelig fra: <http://tronderenerginett.no/nettleie/bedrift/priser-2014> (Hentet: 28.03.14)

TU Bygg (2013) *Byggebransjen begynner å bygge før de er ferdige med prosjekteringen.*

FAVEO-rapport for bygg21. Publisert 19.09.13 Tilgjengelig fra:

<http://www.tu.no/bygg/2013/09/19/byggebransjen-begynner-a-bygge-for-de-er-ferdige-med-prosjekteringen> (Hentet: 09.03.14)

UNICON AS. Cementir Holding. *Environmental Product Declaration*. ISO 14025

Vevatne, J. (2013) *Erfaringer ved bruk av tre i Norge i dag. Seminar 08.04.13, «Tre for bygg og bygg i tre.»* Tilgjengelig fra:

<http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/aktuelt/ErfaringerTreVevatne.pdf> (Hentet: 13.02.14)

Yin, R. K. (1989) *Case study research. Design and methods*. Newbury Park: Sage Publications

Østby-Deglum, E., Svalestuen, F. og Drevland, F. (2013) *Prosjekteringsledelse*. 2. utg. Trondheim: Kompendieforlaget

Østfoldforskning v/Rønning, A. et al. (2011) *Kunnskapsplattform for beregning av*

klimabelastning fra bygg og byggematerialer. Rapport nr. OR.02.11 Tilgjengelig fra:

http://www.regjeringen.no/pages/16046372/kunnskapsplattform_beregning_klimabelastning_fra_bygg_byggematerialer.pdf (Hentet: 01.05.14)

Vedleggsliste

Vedlegg 1: Oppgavetekst

Vedlegg 2: Intervjuguide

Vedlegg 3: Dekker

Vedlegg 4: Lett-tak

Vedlegg 5: Yttervegger

Vedlegg 6A: Innvendige vegger, sammenligning av egenskaper og enhetspriser

Vedlegg 6B: Innvendige vegger, mengder og potensiell besparelse

Vedlegg 7: Søylar

Vedlegg 8: Isolasjon i grunn

Vedlegg 9: Vinduer

Vedlegg 10: Behandling av utvendig trekledning, investeringskostnad og vedlikehold

Vedlegg 11: Merkostnader, flerbrukshallen

Vedlegg 1: Oppgavetekst**MASTEROPPGAVE**

(TBA4910 prosjektledelse, masteroppgave)

VÅREN 2014

for

Marianne Røstadli

Hva koster mest, å gjennomføre klimagassreduksjoner eller ikke?
En casestudie av byggeprosjektet Åsveien skole

BAKGRUNN

Jordas klima har endret seg merkbart de siste hundre årene. Ekstremvær som flom og tørke forekommer hyppigere, havnivået stiger og gjennomsnittstemperaturen øker. Konsentrasjonen av klimagassene CO₂, metan og lystgass i atmosfæren har økt betydelig, som et resultat av menneskelig aktivitet. Dette har resultert i økt drivhuseffekt og er trolig hovedårsaken til klimaendringene vi opplever. For å bremse denne utviklingen må utslippene av klimagasser reduseres.

Bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen blir kalt «40 %-næringen». Dette kommer av at næringen står for 40 % av Norges energiforbruk, 40 % av materialbruken og 40 % av avfallsproduksjonen. Næringen står nå overfor store utfordringer for å endre redusere disse tallene. Det er derfor et økende fokus på miljø, bærekraft og klimagassutslipp. På grunn av dette fokuset ble verktøyet klimagassregnskap.no utviklet og benyttes nå av aktører i bransjen.

OPPGAVE**Beskrivelse av oppgaven**

Oppgaven kobler klimagassregnskap for enkeltbygg opp i mot kostnader. I den forbindelse er byggeprosjektet Åsveien skole, i Trondheim i fokus. Dette er et pilotprosjekt innen Fremtidens bygg, som benytter en rekke løsninger som presser klimagassutslippene ned. Oppgaven skal undersøke holdninger til miljøvennlig bygging blant aktørene på prosjektet, merkostnadene klimagassreduksjonene samt oppgradering fra TEK 10 til passivhusnivå medfører, i tillegg til inntjeningen av disse kostnadene.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

Oppgavens hypotese er; «aktørene i byggebransjen tror ikke klimagassreduksjoner er økonomisk lønnsomme». For å undersøke hypotesen søker oppgaven å besvare tre delspørsmål:

- 1) Hvilke holdninger har ulike aktører i byggeprosessen til å gjennomføre CO₂-besparelser?
- 2) Kan det settes en pris per kilo CO₂-ekvivalenter som spares ved byggeprosjektet Åsveien skole?
- 3) Tjenes merkostnadene inn, sett i et levetidsperspektiv?

Målsetting og hensikt

Oppgaven søker å synliggjøre hvordan man kan gjøre klimagassreduksjoner, og kostnadene av disse. I tillegg ønsker oppgaven å gi et innblikk i holdninger til miljøvennlig bygging hos aktørene involvert i byggeprosessen.

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødige voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.
Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren ”Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU”.

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursionsjoner, skal studenten sette seg inn i ”Retningslinje ved feltarbeid m.m.”. Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i ”Laboratorie- og verkstedhåndbok”. Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Rolf André Bohne

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Tore Hinsverk (Betonmast Trøndelag)

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato:

Faglærer

Vedlegg 2: Intervjuguide

Anvisning av hvem som har blitt stilt spørsmålet: A: arkitekt, B: byggherre, P: prosjektleder, T: tømmerbas.

Hva motiverer ditt firma til å utvikle/prosjekttere/bygge miljøvennlig? (ABPT)

Gjennomfører dere noen tiltak for å være miljøvennlig? (ABPT)

På hvilken måte kan miljøfokus være et konkurransefortrinn for dere? (ABP)

Hvilke fordeler ser dere med miljøvennlig bygg? (ABPT)

Hvilke ulemper ser dere med miljøvennlige bygg? (ABPT)

Hvordan vil du vurdere vanskelighetsgraden ved Åsveien skole mtp. prosjektering/gjennomføring? (AT)

Hvorfor mener du man bør etablere et klimagassregnskap? (AB)

Hva er din mening om krav til utarbeidelse av klimagassregnskap? (P)

Hvordan synes du verktøyet klimagassregnskap.no fungerer? (A)

Ser du noen svakheter i beregningsmetoden? (A)

Hvordan vil du vurdere prisnivået ved byggingen av Åsveien Skole i forhold til et tradisjonelt bygg? Tror du det er mulig å bygge miljøvennlige bygg uten høyere kostnadsnivå? (P)

Hvilke erfaringer har du fra samspillsfasen? (BP)

Opplever du at alle aktører i prosessen er like positive til det høye fokuset på miljø ved dette prosjektet? (BP)

Hvile holdninger har tømmerne til miljøvennlig bygging? (T)

Greier man å gjennomføre løsningene på samme vis som prosjekteringen har antatt? (T)

Hvilket miljømessige aspekt ved bygget er dere mest fornøyd med? (AB)

Dersom dere skulle få et prosjekt, tilsvarende Åsveien skole, hva håper du blir gjort annerledes? Er det noe ved prosjektet du ønsker å ta med videre? (ABP)

Hvordan gjennomfører dere en kost/nytte-vurdering med tanke på miljøtiltak? Ville løsningene blitt de samme uavhengig av merkostnader? (B)

Hvilken utvikling, i forhold til miljø, ser du for deg fremover? (ABPT)

Har du en sluttkommentar? (ABPT)

Vedlegg 3: Dekker

		Tegning:	Tykkelser:
Dekke over 1. A	877 m ²	A12-02-A	246 mm
Dekke over 2. A	877 m ²	A12-03-A	246 mm
Dekke over 3. B	1912 m ²	A12-04-B	246 mm
Dekke over 4. B	198 m ²	A12-16 TAKPLAN	246 mm
<hr/>			
Totalt:	3864 m ²		

2.5.1.0810	Massive treelementer, bærende dekke, t = 210 mm	2080,52 kr/m ²
	Skalert pris, faktor 1,1	2288,57 kr/m ²
alt.		
2.5.1.0360	Hulldekker HD340, bruksområde inntil 15 m	922,14 kr/m ²
	Differanse:	1366,43 kr/m ²
<hr/>		
	Potensiell kostnadsbesparelse:	5279893 kr

Vedlegg 4: Lett-tak

A'	325 m ²	A-12-16 TAKPLAN
A	863 m ²	A-12-16 TAKPLAN
B	1945 m ²	A-12-16 TAKPLAN
C	1537 m ²	A-12-16 TAKPLAN
<hr/>		
Totalt:	4670 m ²	
<hr/>		

e-post alt.	Veiledende pris lett-takselement med u-verdi 0,09W/m ² K	1100 kr/m ²
2.6.2.0110	Taktekking, 2 lags papp	262,9 kr/m ²
2.6.1.0332	Isolasjon på tak, mineralull, skråskåren, gj.sn. T=300mm, klasse 37	322,41 kr/m ²
2.6.1.0410	Dampsperre, t=0,15mm plastfolie	58,16 kr/m ²
2.5.1.0240	Hulldekker HD265, bruksområde inntil 13m	821,7 kr/m ²
2.6.1.0300	Gysing og fuging av hulldekkeelementer i yttertak	58,5 kr/m ²
<hr/>		
	Totalt:	1523,67 kr/m ²
<hr/>		
	Prisdifferanse:	-423,67 kr/m ²
<hr/>		
	Potensiell kostnadsbesparelse:	-1978539 kr
<hr/>		

Vedlegg 5: Yttervegger

2.3.2.0345	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t=300 mm, klasse 37	253,48	kr/m ²
2.3.2.0300	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t=50 mm, klasse 37	84,42	kr/m ²
2.3.2.0320	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t=100 mm, klasse 37	106,55	kr/m ²
alt.			
2.3.2.0344	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t=250 mm, klasse 37	222,46	kr/m ²

Isolasjonstykkelse = 300 mm

1.etasje A'	32,51	lm
2.etasje A'	62,14	lm
3.etasje A'	62,14	lm
1.etasje A	68,12	lm
2.etasje A	108,27	lm
3.etasje A	108,27	lm
2.etasje B	56,9	lm
3.etasje B	147,62	lm
4.etasje B	147,62	lm
Totalt:	793,59	lm
Etasjehøyde 4 m:	3174,36	m ²
Etter fratrekk for vinduer:	2412,5136	m ²

Isolasjonstykkelse = 400 mm

3.etasje C	181,6	lm
Etasjehøyde 4 m:	726,4	m ²

Mengder klimavegg:

Klimavegg med isolasjonstykkelse 300 mm:	2412,5	m ²
400 mm:	726,4	m ²

Potensiell besparelse (kun mineralull) ved valg av 250 mm klimavegger:	174767	kr
--	--------	----

Vedlegg 6A: Innvendige vegger, sammenligning av egenskaper og enhetspriser

			Kommentar:
M1: 52dB, EI60			
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
2.4.2.0460	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=100mm, klasse 37	108,87 kr/m ²	
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
	M1 totalt:	2172,85 kr/m ²	
alt.			
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	Stålstender 95mm
2.4.2.0480	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=100mm, klasse 37	106,55 kr/m ²	Mineralull 120mm
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
	Alternativ vegg: (ca. 52dB, EI60)	1081,57 kr/m ²	
M2: 48dB, EI60			
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
2.4.2.0480	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=50mm, klasse 37	73,76 kr/m ²	
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
	M2 totalt:	2137,74 kr/m ²	
alt.			
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	Stålstender 95mm
2.4.2.0480	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=50mm, klasse 37	84,42 kr/m ²	Mineralull 45mm
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
	Alternativ vegg: (ca.48dB, EI60)	1059,44 kr/m ²	
M3: 40dB, EI30			
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
2.4.2.0458	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=30mm, klasse 37	56,72 kr/m ²	Mineralull 20mm
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
	M3 totalt:	2120,7 kr/m ²	
alt.			
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	Stålstender 95mm
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
	Alternativ vegg: (40-44dB, EI30)	975,02 kr/m ²	

			Kommentar:
M221: EI60			
2.4.1.0390	Massive treelementer, bærende innervegg, t=185mm	1756,93 kr/m ²	Massivtre 221mm
alt.	Samme løsning som for M2: (EI60)	1059,4 kr/m ²	
ML1: 52dB, EI60			
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	Lydstender
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	
2.4.2.0480	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=100mm, klasse 37	106,55 kr/m ²	
2.4.2.0240	Massive trelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
alt.	ML1 totalt:	1670,99 kr/m ²	
	Samme løsning som for M1: (52dB, EI60)	1081,57 kr/m ²	
ML2: 48dB, EI30			
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	Lydstender
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	
2.4.2.0458	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=30mm, klasse 37	56,72 kr/m ²	
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Mineralull i profil Massivtre 70mm
alt.	ML2 totalt:	1621,16 kr/m ²	
	Samme løsning som M1: (52dB, EI60)	1081,57 kr/m ²	
ML3: 48dB, EI30			
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	t=200
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	
2.3.2.0300	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t=50mm, klasse 37	84,42 kr/m ²	
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
alt.	ML3 totalt:	1648,86 kr/m ²	
	Samme løsning som M1: (52dB, EI60)	1081,57 kr/m ²	
M4: (31-34dB)			
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
alt.			
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	Under lydkrav
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
	Totalt. (30dB)	387,32 kr/m ²	

			Kommentar:
MS1: ikke krav			
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	
2.4.2.0470	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=70mm, klasse 37	91,12 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
	Totalt:	1655,56 kr/m ²	
alt.	Samme løsning som M1: (52dB, EI60)	1081,57 kr/m ²	
MS2: ikke krav			
2.4.2.0240	Massive treelementer, ikke bærende innervegg, t=100mm	1031,99 kr/m ²	Massivtre 70mm t=200mm
2.4.2.0400	Bindingsverk enkelt for innervegg, c/c 600, t= 100	89,88 kr/m ²	
2.4.2.0470	Isolasjon i gips innervegg, mineralull, t=70mm, klasse 37	91,12 kr/m ²	
2.4.6.0297	Gipsplate på innervegg, t=13mm	148,72 kr/m ²	
2.4.6.0406	Platekledning på innervegger, kryssfiner, t=15mm	293,85 kr/m ²	
	Totalt:	1655,56 kr/m ²	
alt.	Samme løsning som M1: (52dB, EI60)	1081,57 kr/m ²	

Vedlegg 6B: Innvendige vegger, mengder og potensiell besparelse

	Mulig besparelse per m ² , kr:	Mengder, m ² :	Total besparelse, kr:
M1	1091,28	69,95	76335
M2	1078,3	792,3	854337
M3	1145,68	184,4	211263
M221	697,53	32	22321
ML1	589,42	552,8	325831
ML2	539,59	430,1	232078
ML3	567,29	37,4	21217
M4	644,67	400,3	258061
MS1	573,99	246	141202
MS2	573,99	21,4	12283
Totalt:			2154928

Vedlegg 7: Søylar

	Mål søyle:	Antall:	Tegning:
Bygg A, 1.:			143A 01-1
	200x200	15	
	300x300	19	
Bygg A, 2.:			143A 02-1
	165x225	4	
	190x270	1	
	215x330	1	
	215x360	4	
	215x450	13	
	330x360	1	
	330x450	1	
	330x585	1	
Bygg B, 2.:			143B 02-1
	215x225	2	
	215x315	5	
	215x405	4	
	215x450	2	
	215x540	1	
	280x315	1	
	280x360	5	
	330x315	2	
	330x450	11	
	330x675	1	
	430x405	6	

Totalt:		
Antall:		100
Gj.snitt:		
Bredde:		263
Høyde:		347,7

e-post alt.	Veiledende pris massivtresøyler	4000 kr/stk
	Element: 2.2.C.005 Stålsøyler, firkantformede hulprofiler	
2.2.2.0190	Stålsøyler firkantformede hulprofiler	32,8
2.2.2.0200	Ståldetaljer, topp- og fotplater, braketter, konsoller etc.	2,5
2.2.5.0120	Brannbeskyttende maling av stålsøyler til REI30	0,9
2.2.5.0160	Brannbeskyttende isolasjon, stålsøyler, 25 mm, mekanisk festet	4,7
2.2.5.0170	Brannbeskyttende isolasjon, stålsøyler, 50 mm, mekanisk festet	1,7
	Sum element 2.2.C.005	42,6 kr/kg
	Antar 3 kg/lm (Byggforskserien 520.235)	511,2 kr/stk
	Potensiell kostnadsbesparelse per søyle:	3488,8 kr
	Total potensiell kostnadsbesparelse:	348880 kr

Vedlegg 8: Isolasjon i grunnTotalt grunnareal: 4525 m²

2.5.2.0220	Underlag for gulv på grunn. EPS t=50 mm, klasse 52	85,8 kr/m ²
2.5.2.0230	Underlag for gulv på grunn. EPS t= 100 mm, klasse 52	114,01 kr/m ²
	Kostnad 300 mm EPS	342,03 kr/m ²
	Kostnad 150 mm EPS	199,81 kr/m ²
	Differanse:	142,22 kr/m ²
<hr/>		
	Total potensiell besparelse:	643546 kr
<hr/>		

Vedlegg 9: Vinduer

2.3.4.0120	Vinduer, aluminium, åpningsbare, u-verdi=0,9	5495,99 kr/m ²
2.3.4.0130	Vinduer, aluminium, åpningsbare, u-verdi=1,2	4877,28 kr/m ²
Potensiell besparelse:		618,71 kr/m ²
2.3.4.0121	Vinduer, aluminium, åpningsbare, u-verdi=0,9 vindusareal>5 m ² <8 m ²	3898,84 kr/m ²
2.3.4.0131	Vinduer, aluminium, åpningsbare, u-verdi=1,2 vindusareal>5 m ² <8 m ²	3465,14 kr/m ²
Potensiell besparelse:		433,7 kr/m ²
2.3.4.0122	Vinduer, aluminium, åpningsbare, u-verdi=0,9 vindusareal>8 m ²	2849,96 kr/m ²
2.3.4.0132	Vinduer, aluminium, åpningsbare, u-verdi=1,2 vindusareal>8 m ²	2541,2 kr/m ²
Potensiell besparelse:		308,76 kr/m ²

02B, liste vinduer tre: (Eggen Arkitekter)

Antall vinduer med areal over 8 m ²	5 stk
Antall vinduer med areal mellom 5 m ² og 8 m ²	72 stk
Antall vinduer med areal under 5 m ²	145 stk
Totalt:	222 stk
Potensiell besparelse:	
Vinduer med areal over 8 m ² , snittareal: 9,9 m ²	15284 kr
Vinduer med areal mellom 5 m ² og 8 m ² , snittareal: ca. 6 m ²	187358 kr
Vinduer med areal under 5 m ² , snittareal ca. 3,5 m ²	313995 kr
Totalt:	516637 kr

Vedlegg 10: Behandling av utvendig trekledning, investeringskostnad og vedlikehold

2.9.3.140	Grunning + 2 strøk maling på panelt yttervegg	219,78 kr/m ²
	Mengde yttervegg:	3622,9 m ²
År 0:	Grunning + 2 strøk maling på panelt yttervegg	796241 kr
År 8, 16, 24...:	Antatt vedlikeholdskostnad	109,89 kr/m ²
	Kostnad hvert 8.år	398120 kr
	Total vedlikeholdskostnad	2786843 kr

Vedlegg 11: Merkostnader, flerbrukshallen

IV:	ML2	M4	MS1	MS1vk
3.etasje C	42,16	3,68	124,34	10,8
4.etasje C	145,4	0,8		
	187,56	4,48	124,34	10,8

	Mulig besparelse per m ² , kr:	Mengder, m ² :	Total besparelse, kr:
ML2		539,59	187,56
M4		644,67	4,48
MS1		573,99	135,14
Totalt:			181663

Vinduer:	Antall	Besparelse per stk	Totalt
Antall vinduer med areal over 8 m ²	0 stk	308,76 kr/m ²	0 kr
Antall vinduer med areal mellom 5 m ² og 8 m ²	5 stk	433,70 kr/m ²	13011 kr
Antall vinduer med areal under 5 m ²	7 stk	618,71 kr/m ²	15158 kr
			28169 kr

	m ²	kr/m ²	kr
Dekker			0
Tak	1537	-423,67	-651181
Yttervegger	726,4	137,57	99931
Innervegger			181663
Søyler			0
Isolasjon i grunn	1537	142,22	218592
Vinduer			28169
Overflatebehandling	726,4	-219,78	-159648
Totalt:			-282474