

Prosjektnotat

GLITNE – mer miljøvennlige bygg

Metode og verktøy for økonomisk verdsetting av miljøeffekter

VERSJON

Endelig versjon

DATO

2012-02-06

FORFATTER(E)

Kristin Holthe

Silje Wærp

OPPDRAGSGIVER(E)

GLITNE-samarbeidspartnere

OPPDRAGSGIVERS REF.

Ole Gustavsen, Tarald
Lundevall (Snøhetta)

PROSJEKTNR

21461

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

41 inkl. vedlegg

SAMMENDRAG

GLITNE har vært et forsknings- og utviklingsprosjekt gjennomført i perioden 2006-2010 med Snøhetta AS som prosjektansvarlig. Prosjektet ble støttet med midler fra BIA-programmet i Forskningsrådet, Bygningsteknisk etat (BE) og Husbanken. En rekke industri- og bransjepartnere deltok.

Hovedmålet med GLITNE har vært å frembringe nødvendig kunnskap om hvordan miljøeffektive bygg kan gjøres mer konkurransedyktige. Som resultat av prosjektet det foreslått en modell for utvidet produsentansvar; Byggenæringens miljøfond og Tiltaksmodellen. Videre ble en metodikk for økonomisk verdsetting av et utvalg miljøindikatorer integrert i et eksisterende verktøy for å kalkulere byggekostnader, ISY Calcus. Casebygg bidro til utvikling og uttesting.

Dette notatet underbygger resultatene allerede dokumentert gjennom prosjektperioden, med spesiell vekt på metode, verktøy og casebygg. Det påpekes at resultatene som her presenteres er fra uttesting av metode for økonomisk verdsetting i et verktøy (ISY Calcus). Resultatene som fremkommer i casene må derfor ses på som indikasjoner på hvordan resultatet kan se ut, ikke fullstendige beregninger.

I 2012 ventes det en St.meld om Bygningspolitikk i Norge. Det er grunn til å tro at virkemidler for en mer energi og miljøvennlig byggenæring får en sentral plass. Resultatene fra GLITNE, med både forslag til virkemiddel og pilotversjonen av verktøy, er gode utgangspunkt som ved videre utvikling kan bidra til en mer energi, miljø og klimavennlig byggenæring.

UTARBEIDET AV

Kristin Holthe og Silje Wærp

GODKJENT AV

Mads Mysen

PROSJEKTNOTAT NR**SIGNATUR****SIGNATUR****GRADERING**

Åpen

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
1 Innledning.....	6
1.1 Bakgrunn.....	6
1.2 Om metoden.....	7
1.3 Om verktøyet og valg av case.....	7
2 Metode og miljødata.....	9
2.1 Livsløpsvurderinger av bygninger og bygningsmaterialer.....	9
2.2 Valg av prinsipp for økonomisk verdsetting og miljøtema.....	11
2.3 Klima – økonomisk verdsetting.....	11
2.4 Avfall – økonomisk verdsetting.....	14
2.5 Helse- og miljøfarlige stoffer – økonomisk verdsetting.....	17
2.6 Oppsummering.....	18
3 Verktøy.....	19
3.1 Verktøy i GLITNE.....	19
3.2 Calcus - verktøy for kalkyle i tidligfase.....	20
3.3 Klima- og BIMkalkyle i CALCUS.....	22
3.4 GLITNE og CALCUS – begrunnelser for valg.....	23
4 Presentasjon av casebyggene og datainnsamling.....	24
4.1 Valg av casebygg.....	24
4.2 Datainnsamling.....	26
4.3 Avgrensninger.....	27
5 Resultater.....	28
5.1 Økonomisk verdsetting av klima – "klimakroner".....	28
5.2 Økonomisk verdsetting av avfall – "avfallskroner".....	31
5.3 Sammenstilling av resultater.....	33
5.4 BIM og Tou Park.....	34
5.5 GLITNE og byggeprosess.....	36
6 Foreløpige konklusjoner og videre arbeid.....	37
7 Referanser.....	38
Vedlegg 1 Avfallshåndtering - dagens praksis.....	40

Forord

GLITNE er et forsknings- og utviklingsprosjekt gjennomført i perioden 2006-2010 med Snøhetta AS som prosjektansvarlig. Prosjektet er støttet med midler fra BIA-programmet i Forskningsrådet. En rekke industri- og samarbeidspartnere har deltatt, og representerer store deler av verdikjeden i byggenæringen.

Hovedmålet med GLITNE-prosjektet er å frembringe nødvendig kunnskap om hvordan miljøeffektive bygg kan gjøres mer konkurransedyktige. Dette omfatter utvikling av metode og verktøy for å synliggjøre miljøkonsekvenser i bygg. Videre skal det foreslås modell for utvidet produsentansvar i bygg.

Produsentansvar på byggverk nevnes i Kommunal- og Regionaldepartementets NOU 2005:12 *"Mer effektiv byggelovgivning II"* [1] som et aktuelt fremtidig virkemiddel i byggelovgivningen. Imidlertid heter det at *"Per i dag er faktagrunnlaget for svakt til at det er mulig å anslå hvilke tilsiktede eller utilsiktede konsekvenser en slik ordning vil kunne ha. Bedre faktagrunnlag er altså en forutsetning før en eventuell anbefaling om at produsentansvar er en egnet ordning for bygninger."*

Snøhetta og Bellona hadde en klar intensjon om at et system som belønnet miljøvennlige bygninger måtte utvikles og forankres hos representanter for alle aktører i byggenæringen. Med dette som mål startet GLITNE.

Arbeidet i GLITNE har vært delt i 3:

- Komme frem til en enkel og allment akseptert metode for økonomisk verdsetting av miljøeffekter for bygg.
- Å utvikle et verktøy som skal danne grunnlaget for innføringen av utvidet produsentansvar
- Frembringe nødvendig kunnskap for å foreslå en modell for utvidet produsentansvar til det beste for næringen.

Dette notatet underbygger resultatene allerede dokumentert gjennom prosjektperioden i rapporter, artikler og presentasjoner, samt gjennom flere seminar, med spesiell vekt på metode, verktøy og casebygg. Arbeidet med å foreslå en modell for utvidet produsentansvar er dokumentert i Mysen et. al (2010): Forslag til Byggenæringens miljøfond og Tiltaksmodellen, SINTEF Byggforsk prosjektrapport 54 [41].

Arbeidet med utvikling av metode, verktøy og uttesting av case har skjedd gjennom arbeidsmøter med grupper av partnere og møter med partnere enkeltvis. FoU IT-partner har vært sentral i dette arbeidet. I tillegg er modellbygg i kalkulasjonsverktøyet benyttet i [41].

Sammendrag

Initiativtakerne til prosjektet, Snøhetta og Bellona, hadde en klar intensjon om at et "system" som belønnet miljøvennlige bygninger måtte utvikles og forankres hos representanter for alle aktører i byggenæringen. Systemet det ble tatt utgangspunkt i var virkemiddelet utvidet produsentansvar. Dette virkemiddelet er innført for en rekke produkter, som for hvitevarer, emballasje, drikkeflasker/kartonger etc., og er basert på et grunnprinsipp i norsk miljøvernpolitikk; at forurensere betaler. For hele byggverk representerer dette virkemiddelet noe helt nytt. Produsentansvar på byggverk nevnes i Kommunal- og Regionaldepartementets NOU 2005:12 "Mer effektiv byggelovgivning II" som et aktuelt fremtidig virkemiddel i byggelovgivningen. Imidlertid heter det at "Per i dag er faktagrunnlaget for svakt til at det er mulig å anslå hvilke tilsiktede eller utilsiktede konsekvenser en slik ordning vil kunne ha. Bedre faktagrunnlag er altså en forutsetning før en eventuell anbefaling om at produsentansvar er en egnet ordning for bygninger." At "forurensere betaler" innebærer at man klarer å få et inntrykk av størrelsen på "betalingen" i forhold til miljøbelastning, det vil si enkelt synliggjøre miljøkonsekvensen for et byggverk i form av kr/øre. Med dette som utgangspunkt startet GLITNE.

Resultatene i GLITNE er en utviklet metodikk som økonomisk verdsetter miljøeffekter innen for tre miljøtema (global oppvarming, avfall og helse- og miljøfarlige stoffer). Metoden er integrert og testet ut i et eksisterende verktøy for kalkulering av byggekostnader (ISY Calcus). Det er gjennomført uttesting av metode og verktøy i 5 byggcase, hvorav et case er en bygningsinformasjonsmodell. Parallelt med dette er det utviklet for foreslått én modell for utvidet produsentansvar; tiltaksmodellen, samt forslag til Byggenæringens miljøfond, for å forvalte systemet. Dette notatet underbygger resultatene allerede dokumentert gjennom prosjektperioden i rapporter, artikler og presentasjoner, med spesiell vekt på metode, verktøy og casebygg.

Utvikling av metode for økonomisk verdsetting av miljøeffekter

Å utvikle en metode for økonomisk verdsetting av miljøeffekter knyttet til bygg innebærer å pløye ny mark både i Norge og internasjonalt. Det innledende arbeidet (state-of-the-art-rapport) for metode og verktøy er publisert i Strand-Hanssen, S. (2008): "GLITNE DP1: Miljøvurderingsmetoder for bygg og økonomisk vektning av miljøeffekter. Høringsutgave til partnere", SINTEF Byggforsk. I artikkelen Strand-Hanssen, S., Holthe, K., Mysen, M., (2008): "The Norwegian RTD-project GLITNE: How can extended producer responsibility contribute to more sustainable buildings", SINTEF Byggforsk ble GLITNE presentert ved World Sustainable Building Conference i Australia.

Prinsippet "gjenopprettende tiltak" ble valgt i metoden, i tillegg til å avgrense antall miljøtema i metoden. De miljøtema det er etablert økonomisk verdsetting for er:

- Utslipp av klimagasser, global oppvarming (miljøindikator: kg CO₂-ekvivalenter)
- Avfall (miljøindikator: kg avfall)
- Helse- og miljøfarlige stoffer (miljøindikator: for eksempel gram av bestemt kjemikalie)

Den store utfordringen med uttesting av metoden i GLITNE har vært tilgang på miljødata. Spesielt utfordrende har det vært for helse- og miljøfarlige stoffer, men også CO₂-utslipp knyttet til materialer er i dag ikke fullstendige data for alle materialer. Det skjer en kontinuerlig utvikling, mot forhåpentligvis mer livsløpsbaserte miljødata.

Utvikling av verktøy for miljøriktig beslutning

Tidlig i prosjektperioden ble en spørreundersøkelse gjennomført blant partnere for å kartlegge behovene knyttet til blant annet metode og verktøy. Resultatene fra spørreundersøkelsen finnes i rapporten Ovesen, H. (2008): Utredning. Oppsummering av spørreundersøkelse blant partnere i GLITNE (prosjektintern). Basert på behov og ønsker fra partnerne i prosjektet falt valget på et eksisterende kalkulasjonsprogram for å beregne byggekostnader; ISY Calcus.

Programsystemet ISY Calcus er utarbeidet og eiet av Norconsult Informasjonssystemer i samarbeid med AS Bygganalyse. Ca 550 norske bedrifter har per i dag abonnement på verktøyet, blant disse er arkitekter, entreprenører, byggeiere, rådgivere etc. ISY Calcus er kalkyleverktøy og et verktøy for utarbeiding av

tidligfasevurderinger (www.nois.no, [32]). Verktøyet kalkulerer mengdedata fra databaser over materialer og elementer, og inneholder over 1500 predefinerte elementer (sammensatte konstruksjoner). ISY Calcus hadde en allerede eksisterende mulighet for å bruke bygningsinformasjonsmodeller (BIM) og åpne standarder for utveksling av data, noe som var et viktig ønskemål for GLITNE-verktøyet. Metode og verktøy er testet ut i flere casebygg, for å vurdere hvordan det kunne brukes til miljøforbedring og innovasjon i industrien.

Casestudier: Uttesting av metode og verktøy

Bruk av konkrete byggeprosjekter har vært sentralt i arbeidet med både utvikling og test av metode og verktøy i GLITNE. Det er partnerne i GLITNE som har bidratt med byggeprosjekter (case), og som selv har vært sterkt involvert i å innhente data, legge det inn i Calcus og vurdere resultatene.

Verktøy-delen av GLITNE, inkludert muligheter med BIM, miljødata, kalkulasjonsprogram og foreløpige resultater fra casene er presentert ved to internasjonale konferanser:

- Holthe et al. (2008): "Digital schemas for modeling and exchanging environmental information on buildings". Proceedings from the World Sustainable Building Conference, Australia, 2008.
- Holthe (2009): "Improved building design by joint calculating building costs and environmental costs?" Proceedings from CIB IDS conference Improving Construction and Use through Integrated Design Solutions, Finland, 2009

Utarbeidelsene av disse konferansepublikasjonene er gjort i samarbeid med Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB).

Totalt er GLITNEs metode og verktøy testet ut i 5 byggcase. Disse er:

- Bjørnsrudskog barnehage (Snøhetta). Barnehagen er basert på Snøhetta Modular
- Sverresgate (kontorbygg, Entra)
- Brynsengfaret (kontorbygg, Entra)
- Sirkeltomta (kombinert kontor og forretningsbygg, Teknobygg)
- Tou Park (byggningsinformasjonsmodell, NCC)

Byggcasene har fått økonomisk verdsetting (kr/BTA) for miljøtemaene

- Utslipp av klimagasser, global oppvarming (miljøindikator: kg CO₂-ekvivalenter)
- Avfall (miljøindikator: kg avfall)

Disse to temaene er også integrert og testet ut i Calcus, avfallsmodulen kun i en pilot/test-versjon. På området helse- og miljøfarlige stoffer ble metodeutviklingsarbeidet for omfattende innenfor prosjektets rammer til å integreres i Calcus, i tillegg mangel på relevante miljødata.

Uttesting av metode og verktøy i flere casebygg, har gitt partnerne for prosjektet som helhet erfaring i hvordan denne typen verktøy kan brukes til miljøforbedring og innovasjon i industrien. Uttestingen av Tou Park, der en eksisterende BIM på IFC-format (åpen standard for utveksling av data) viste spesielt potensialet for gjenbruk av data, mulighet for å få en klimakalkyle/"klimakroner" og avfallskroner tidlig i prosessen som innspill til å designe og prosjektere miljøriktig. Ved å bruke økonomisk verdsetting av miljøeffekter får også man enhet som kan sammenliknes med andre kostnader, som for eksempel byggekostnader, noe som bidrar til økt beslutningsstøtte.

GLITNE gjenbruk er et tilknyttet prosjekt finansiert av Husbanken. Her har man gjort en kartlegging i bransjen om hvilke materialer og komponenter som skiftes ut ofte i bygg og har stor miljøbelastning. Slike materialer bør være tilrettelagt for fremtidig gjenbruk. Resultatet av arbeidet er oppsummert i artikkel Wærp, Silje; Holthe, Kristin (2009): Turn-over rate and environmental load for building materials - Checkpoints in design process. SASBE 09 "Building smartly for a changing climate", 15.-19.06.09, Delft, Nederland.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Å utvikle ny og eksisterende bygningsmasse i en mer energi- og miljøvennlig retning er en av de viktigste oppgavene for byggenæringen. I forhold til de miljøbelastningene som byggenæringen representerer i dag, vil energieffektivisering i bygg og mer miljøriktig bygging, drift og vedlikehold gi betydelige og viktige bidrag til at Norge kan nå internasjonale forpliktelser på området. Dokka et. al. (2009) viser at Norge kan spare 12 TWh innen 2020, der i underkant av 10 TWh er frigjort elektrisitet. For å utløse dette potensialet må tiltak gjøres i både nybygg, ved rehabilitering og resterende eksisterende bygg. Frigjort energi kan brukes til elektrifisering av andre sektorer og bidra til å redusere Norges klimagassutslipp.

Bruk av råmaterialer i byggenæringen og mengdene med avfall knyttet til produksjon av byggevarer, bygging, rehabilitering og riving er betydelige. Frå det offentlige ståsted, med Miljøverndepartementet og KLIF i front, er det lagt ned betydelig arbeid for å styre og få kontroll på avfallstrømmene, spesielt med tanke på farlig avfall. Det er også gjennomført kontrollaksjoner på byggeplasser for å kartlegge næringens rutiner. Gjennom arbeid med Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall [2] har private aktører i byggenæringen selv løftet byggeavfall fram som et viktig miljøtema. De siste årene har Byggavfallskonferansen vært gjennomført, med tema som miljøkartlegging og sanering, håndtering av avfall og regelverk på agendaen. Konferansen har hatt stor deltakelse fra et bredt spekter av aktører i næringen, noe som illustrerer interessen for å oppdatere seg, lære og utvikle kunnskapen på tema.

Miljøriktig materialvalg, basert på standardisert livsløpsbasert miljødokumentasjon som EPDer (Environmental Product Declaration, miljødeklarasjoner), har vært tema i en rekke miljøprogram og -oppfølgingsplaner for byggeprosjekter, spesielt av store offentlige aktører som Statsbygg. Til tross for dette er mengden av denne typen dokumentasjon begrenset, noe som også vises i databasen til EPD-Norge (www.epd-norge.no). Samtidig kan man spore en økende interesse og behov for å dokumentere miljøinformasjon. For produkter til byggverk er Teknisk forskrift klar: Helse, miljø og hygiene skal, i tråd med Byggværedirektivet[3], dokumenteres for på lik linje med andre kvaliteter i produkter til byggverk (§ 3.1).

I kjølevannet av energimerkeordningen og energisertifikat, har interessen for miljøklassifisering og -sertifisering av bygninger igjen blusset opp i Norge. Grønn Byggallianse (www.byggalliansen.no) har ledet arbeidet med å komme til enighet om valg av en internasjonal miljøvurderingsmetode som kan tilpasses norske forhold. I 2010 ble Norwegian Green Building Council (www.ngbc.no) stiftet og står ansvarlig for tilpassing av miljøklassifiseringsmetoden BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) til norske forhold (www.breeam.org). Behovet for én miljøklassifiseringsmetode for bruk i norsk byggenæring bunner bl.a. i behovet for å komme fram til en omforent måte å vurdere miljøkvaliteter i bygg på. Utvilsomt vil både det offentlige krav og ønske om mer miljøvennlige bygg av både offentlige og private aktører gjøre at miljøkvaliteter i bygg blir et konkurransefortrinn og en driver i utvikling mot mer miljøvennlige bygg.

Det eksisterer en rekke verktøy, veiledere og sjekklister for bruk i ulike faser av byggeprosessen, for å bidra til mer energi- og miljøvennlig bygging, drift og vedlikehold. Verktøyene spenner fra enkle regneark til mer avanserte simuleringsverktøy tilpasset for eksempel bygningsinformasjonsmodeller (BIM). En av de største utfordringene i dag er kanskje at de ulike verktøyene og veilederne ikke er tilpasset enkeltaktører eller deres behov for miljøinformasjon på et gitt tidspunkt. Byggeprosessen er kompleks, informasjonsmengden stor og antall aktører involvert mange, så dermed er det naturlig nok ikke et enkelt verktøy som for eksempel kan bidra til både å sette miljømålsetninger, utvikle en miljøvennlig design og prosjektering. Behovet for mer integrert design er stort, der de gitte aktørene får mulighet til å ta beslutninger basert på konkret informasjon. Samtidig er det i et prosjekts tidligste fase at man har størst mulighet for å påvirke valg av løsninger, og her de største endringene kan foretas

med minst mulig kostnad. For å kunne ta mest mulig riktig beslutning er det også her et betydelig behov for å få et så riktig bilde som mulig av konsekvensene av valgene, både miljømessig og kostnadmessig.

Mangel på miljødata er også en betydelig barriere for mer energi- og miljøvennlig bygging og for å få til mer integrert, miljøvennlig planlegging, design og prosjektering. Dette gjelder både på material- og produktnivå, samt for bygningselementer, konstruksjoner og for hele bygg. Erkjennelsen av at miljøriktig bygging så langt det er mulig må baseres på betraktninger som tar hele livsløpet til bygget i betraktning er økende, det vil si livsløpsvurderinger, LCA (Life Cycle Assessment). En EPD for en byggevare er en LCA og skal være utarbeidet bl.a. på ISO 21930 [4] og ISO 14025 [5] samt generell metodikk for livsløpsvurdering [6], [7]. Men veien fra en LCA for en byggevare og til et helt bygg er både tid- og ressurskrevende. Til nå har metodikk for å gjøre miljømessige livsløpsvurdering av konstruksjoner og hele bygg ikke vært ferdig utviklet. Det er nå under utvikling i internasjonal standardisering [8].

Utgangspunktet for GLITNE har vært at med å økonomisk verdsette miljøeffekter, så kan man skape en felles referanseramme for hvilken påvirkning de ulike valgene i et bygg får for miljøet. Kroneverdien er fellesnevneren og den målbare enheten som kan sammenliknes med andre kostnader, for eksempel byggekostnader for oppføring av et byggverk. Ved å integrere denne metodikken i et verktøy, så muliggjør dette å vurdere ulike valg og tiltak i et bygg opp mot hverandre. Forutsetning har da vært at GLITNE-metodikken har vært testet ut i et verktøy som kan brukes på flere stadier i byggeprosessen, der resultatene kan vurderes og brukes av flere aktører.

1.2 Om metoden

Metoden i GLITNE er basert på økonomisk verdsetting av miljøeffekter. Økonomisk verdsetting innebærer at man setter en økonomisk verdi, som norske kroner, på en potensiell miljøeffekt som kommer som følge av for eksempel et konkret prosjekteringsvalg i et byggverk. Miljøeffekten er knyttet til både produksjon av for eksempel en byggevare, som sammen med flere materialer og byggevarer kan utgjøre en ytterveggskonstruksjon, samt en scenariebaset framtidig driftssituasjon og avhending. Et perspektiv som ivaretar hele livsløpet for et bygg har vært sentralt i GLITNE.

Det ble tidlig et behov for å avgrense antall miljøtema som GLITNE-metoden kunne ta for seg. Valgene falt tre tema, som både er på den nasjonal- og internasjonale miljøarenaen;

- Utslipp av klimagasser og global oppvarming
- Bygningsavfall
- Skade på helse og ytre miljø som følge av bruk av helse- og miljøfarlige stoffer

Økonomisk verdsetting av miljøeffekter kan baseres på en rekke ulike prinsipper som miljøskatter og gjenopprettende tiltak. Innenfor området er det gjennomført betydelig forskning og en rekke studier, men få som kunne tas direkte i bruk for formålet i GLITNE, det vil si økonomisk verdsette bidrag til potensiell global oppvarming, bruk av helse- og miljøfarlige stoffer som i framtida kan bidra til miljø- og helseskader. Så det har vært et behov for å forenkle og tilpasse hva som praktisk sett har vært mulig å gjennomføre i prosjektperioden.

Som prinsipp for økonomisk verdsetting er gjenopprettende tiltak valgt.

1.3 Om verktøyet og valg av case

En viktig føring for arbeidet med verktøy i GLITNE har vært at det skal kunne brukes til å beregne relevante miljøbelastninger knyttet til et byggeprosjekt. Vi har valgt å definere dette som "miljøkalkulering", det vil si at verktøyet fungerer som en kalkulator og kan beregne for eksempel utslipp av klimagasser fra material, til bygningselement og til slutt hele bygg.

En viktig føring har vært at verktøyet skal kunne brukes til forbedring ved mer miljøriktig design og påfølgende innovasjon i byggenæringen der miljøriktige valg blir belønnet. Dette krever at flere aktører i næringen kan bruke og få tilgang til vurderingene i verktøyet på en enkel måte, gjennom flere stadier i byggeprosessen. Et viktig ledd i dette har vært at verktøyet skulle gjøre bruk av bygningsinformasjonsmodeller(-ing) (BIM).

Med introduksjonen av BIM i byggenæringen, som muliggjør utveksling og deling av data på åpne formater (slik som IFC), kan utveksling av miljøinformasjon og miljøvurderinger bli en helt naturlig del i alle ledd i en byggeprosess.

Med bakgrunn i føringer for verktøyet ble det valgt å teste ut GLITNE-metodikken i et eksisterende verktøy, Calcus. Calcus er et kalkulasjonsprogram for beregning av byggekostnader, og beregner byggekostnader basert på predefinerte databaser over materialer og bygningsselementer. Allerede eksisterende i verktøyet var mulighet for å beregne klimagasser, samt gjøre bruk av bygningsinformasjonsmodeller.

5 casebygg er brukt for å teste ut metode og verktøy i GLITNE, hvorav ett er en digital bygningsinformasjonsmodell (BIM). Casene har også hatt en viktig rolle i å se på tilgjengeligheten av data (både miljødata og annet) i byggeprosessen. I valg av case ble det lagt vekt på at ulike bygningstyper skulle være representert, i tillegg til at byggene skulle være på ulike steder i byggeprosessen. GLITNE metodikken ble tidligere i prosjektet også testet ut på konkrete produkter, basert på miljødeklarasjoner.

2 Metode og miljødata

Målsetningen i GLITNE har vært å komme fram til en metodikk som økonomisk verdsetter miljøeffekter, og som tar livsløpet til bygget i betraktning når miljøpåvirkning av ulike tiltak synliggjøres. Ønsker og krav til metoden ble beskrevet i Strand-Hanssen, (2008)[9], og var blant annet:

- Metoden må være teoretisk gyldig (inkluderer reproduserbarhet)
- Metoden skal ha gyldighet i markedet
- Metoden kan ikke være for ressurskrevende, verken når det gjelder å utvikle vektene eller holde de oppdaterte
- Metoden bør baseres på et prinsipp som gjør resultatene lett kommuniserbare
- Metoden må inkludere viktige miljøindikatorer
- Metoden må være fleksibel slik at nye effekter kan legges til, også uten at det må gjøres nye beregninger for de andre effektene

For å imøtekomme de ulike kravene, har det både vært gjennomført litteraturstudier, verksteder med partnerne involvert i GLITNE og gjort løpende vurderinger i forhold til valg av verktøy. Hovedtrekkene i metodikken presentertes i dette kapitlet.

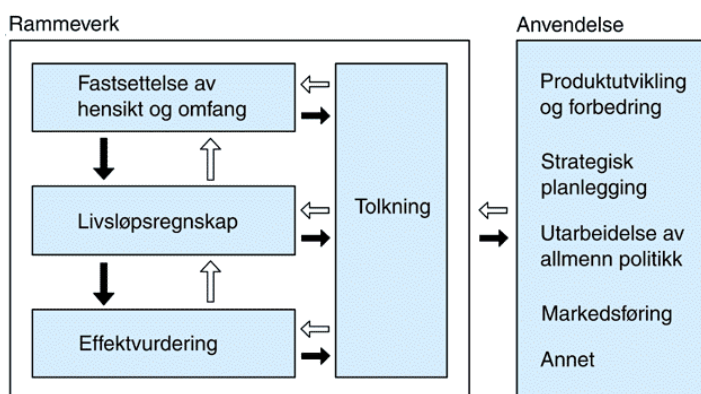
2.1 Livsløpsvurderinger av bygninger og bygningsmaterialer

I GLITNE har målet vært å legge prinsipper for livsløpsvurderinger til grunn, både for miljødata for produkter og bygningsmaterialer (miljødeklarasjoner), og hele bygg. Dette er i tråd med internasjonal standardisering på området og ligger til grunn i standard for miljøvurdering av bygg [8], i tillegg til at det er anerkjent metodikk i byggenæringen generelt. Det er imidlertid viktig å påpeke at GLITNE ikke har tatt mål av seg å gjennomføre fulle livsløpsvurderinger, med alt det innebærer.

Livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) tar for seg miljøaspektene og mulige miljøpåvirkninger (f. eks. bruk av ressurser og miljømessige konsekvenser av utslipp) gjennom hele produktets livsløp, fra anskaffelse av råmateriale, gjennom produksjon, bruk, sluttbehandling, gjenvinning og endelig avhending [6], [7].

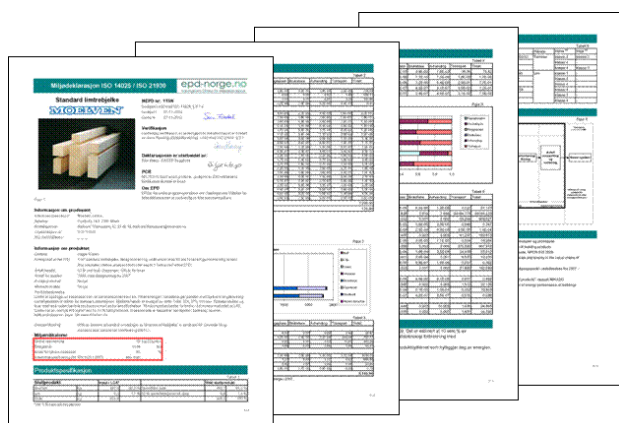
Det er fire faser i en LCA-studie (se figur 1):

1. Fastsettelse av hensikten og omfanget
2. Livsløpsregnskapsfasen
3. Livsløpseffektvurderingsfasen
4. Tolkningsfasen



Figur 1: Faser i en livsløpsvurdering, SINTEF Byggforsk (2010) [11].

Omfanget av en LCA, inklusive systemgrensene og detaljeringsnivå, avhenger av emnet og den tiltenkte bruken av studien. En miljødeklarasjon (Environmental Product Declaration, EPD) av en byggevare er basert på LCA og følger definerte ISO standarder for livsløpsvurdering for byggeprodukter [4][5]. Miljødeklarasjonen er et kortfattet dokument som beskriver miljøegenskapene til et produkt. En miljødeklarasjon dokumenterer ressursforbruk og miljøpåvirkninger gjennom hele produktets livsløp (råvareuttak, produksjon, bruksfase og avhending). Hensikten med miljødeklarasjoner er, i tillegg til å dokumentere miljøegenskaper til et produkt, å tillate sammenlikning av to produkter som hører til samme produktkategori. Miljødeklarasjoner er ment for kommunikasjon mellom profesjonelle aktører, såkalt "business to business" dokumentasjon og utarbeides over fire sider, se figur 2.



Figur 2: EPD-dokument på fire sider [10].

For å vurdere et bygg gjennom et potensielt livsløp, innebærer også å lage scenarier basert på dagens praksis for drifts- og avhendingsfasen. For livsløpsvurdering av byggeprodukter er disse scenariene fastsatt i produktkategoriregler (PCR) for byggeprodukter. I Norge har man hatt egne produktkategoriregler for ulike produkter (PCR-dokument. www.epd-norge.no). I GLITNEs prosjektperiode pågikk et europeisk standardiseringsarbeid knyttet til PCR, som nå har blitt en standard; NS 15804 [12]. Eksisterende og nye PCRer revideres og utarbeides nå i tråd med NS 15804.

I PCR-dokumentet angis også antatt levetid for produkt. I f.eks. PCR for platematerialer [13], er funksjonell enhet satt til på 60 år. Dette innebærer at platematerialet skal tjene funksjonen i bygget i 60 år inkludert drift, vedlikehold og eventuell utskiftning. Da må det lages scenarier som for bygge, drifts og avhendingsfase og man må kjenne til levetiden for produktet. For miljøvurdering av hele bygg er ikke disse scenariene fastsatt. Dette gjør det utfordrende å se på hele bygg. Vårlig praksis i LCA er at levetiden for hele bygg settes til 60 eller 100 år. I GLITNE har det vært viktig å teste ut metode og verktøy også med tanke på samspillet med virkemiddelet utvidet produsentansvar. Etter diskusjoner og vurderinger i arbeidsgruppene i prosjektet, kom man frem til at når et bygg har stått i 30 år, vil det med høy sannsynlighet være gjenstand for en rehabilitering, det vil si i forhold til en byggesaksgang måtte meldes inn som et nytt tiltak. Dette tallet vil naturligvis variere fra bygg til bygg, fra den enkelte bygningstype til den andre. Men som et utgangspunkt ble det derfor bestemt at byggcasene skulle vurderes ut i fra et driftsperspektiv på 30 år.

I GLITNE var målet å basere miljødata på EPDer. Situasjonen var i prosjektperioden, og er fortsatt per i dag slik at svært få EPDer eksisterer. Den samme situasjonen eksisterer også for produktkategoriregler. Konsekvensen blir at analyser og vurderinger gjennomføres basert på ulik praksis, samt at manglende miljødata fører til redusert kvalitet (nøyaktighet) i analysene. Det er et betydelig behov for å øke mengden generelle og spesifikke data (EPDer), samt å utarbeide PCRer.

2.2 Valg av prinsipper for økonomisk verdsetting og miljøtema

Å utvikle en metode for økonomisk verdsetting av miljøeffekter knyttet til bygg innebærer å pløye ny mark både i Norge og internasjonalt. Økonomisk verdsetting av miljøeffekter er derimot et stort fagområde som har vært i bruk siden 1960-tallet i USA, noe senere i Europa og Skandinavia. I Norge er mye arbeid gjort ved Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB).

Økonomisk verdsetting av miljøeffekter baserer seg på menneskers villighet til å betale en sum penger ("willingness to pay", WTP) for å unngå skade på miljøet, eller villighet til å akseptere en kompensasjon ("willingness to accept", WTA) som følge av at det har oppstått skader på miljøet platematerialer [36]. Metoden som er utviklet i GLITNE skal både synliggjøre miljøkvaliteter i bygg uttrykt i en verdi (kroner), samt danne grunnlag for å fastsette størrelsen på virkemiddelet utvidet produsentansvar for bygg ("Extended Producer Responsibility", EPR). I GLITNE er ikke formålet å finne en verdi på et naturområde, men kostnadene knyttet til et utslipp eller forbruk av en materialressurs. I Strand-Hanssen (2008) ble det gjort en gjennomgang av eksisterende metoder for økonomisk verdsetting av miljøeffekter og en vurdering av egnethet for GLITNE. Resultatet fra dette arbeidet avdekket fire metoder/prinsipper som det ble vurdert som interessant å gå videre med, og av disse ble prinsippet gjenopprettende tiltak valgt.

Med gjenopprettende tiltak menes tilbakeføring til et ønsket miljømål, og det regnes som et direkte, men konservativt mål på verdien av forbedringen i for eksempel en vannressurs eller et naturområde (Strand-Hanssen 2008). For en metode i GLITNE vurderes det som en fordel at metodikken er knyttet direkte opp mot faktiske kostnader ved et avbøtende tiltak. Prinsippet vurderes også som kommuniserbart i forhold til næringen.

Fordelene ved bruk av gjenopprettende tiltak er at dette er relativt greit å forstå, det er heller ingen kompliserte beregningsmetoder som legges til grunn. I arbeidsgruppene i GLITNE har responsen vært positiv til dette prinsippet og det ble påpekt at dette var et prinsipp som kunne gjøre det enkelt for næringa å få et eierskap til, og at dette kan gjøres enkelt og bygges ut etter hvert. Av negative aspekter ble det av partnerne understreket at det er viktig å ha kontroll med at man får med det man ønsker å få med.

Det ble også tidlig i prosjektperioden behov for å velge et antall miljøtema/indikatorer det skulle etableres økonomisk verdsetting for. Viktige indikatorer ble vurdert å være:

- Valg av utslipp av klimagasser, global oppvarming (miljøindikator: kg CO₂-ekvivalenter)
- Avfall (miljøindikator: kg avfall)
- Helse- og miljøfarlige stoffer (miljøindikator: for eksempel gram av bestemt kjemikalie)

De tre miljøtemaene er sentrale innsatsområder i norsk byggenæring og internasjonal politikk og standardiseringsarbeid [8],[14],[15],[16].

2.3 Klima – økonomisk verdsetting

Reduksjon av klimagasser fra byggenæringen, og dermed påvirkning på global oppvarming er en av de viktigste utfordringene for byggenæringen, og utslippsfaktorer, beregning, fastsettelse av scenarier er i dag gjenstand for forskning og utvikling i større prosjekt og satsninger som Zero Emission Building (ZEB Center), Concrete Innovation Center, KlimaTre, Lavenergiprogrammet, Framtidens byer, Future built etc. [37]. Utslipp av klimagasser skjer gjennom alle fasene av et byggs livsløp gjennom energibruk. Fra før kjenner vi til systemene med klimakvoter og CO₂-avgift. Det å sette en økonomisk vekt i forhold til prinsipper om gjenopprettende tiltak, innebærer imidlertid at GLITNE-prosjektet måtte se etter måter å verdsette effekter på.

I rapporten "Reduksjon av klimagasser i Norge. En tiltaksanalyse for 2020" (SFT 2007) [42] er det gjennomført en analyse som beskriver tekniske tiltak for å redusere eksisterende utslipp av klimagasser fram til 2020 (iht mål om å begrense global temperaturøkning til maks 2 grader Celsius). Analysen er oppdatering og utvidelse av tiltaksanalysen som SFT utarbeidet i 2005. I analysen er tiltak for reduksjon av klimagasser i flere sektorer i Norge vurdert og klassifisert i henhold til gjennomførbarhet (lav, middels og høy).

Alle tiltakene er klassifisert i tre ulike kostnadskategorier (SFT 2007):

- Lav: Under 200 kroner/tonn CO₂-ekvivalent
- Middels: Mellom 200 og 600 kroner/tonn CO₂-ekvivalent
- Høy: Mer enn 600 kroner/tonn CO₂-ekvivalent

Figur 1.1 i 2007-rapporten (side 5) viser tiltak med inntil kr 600 /tonn CO₂-ekvivalenter gir ca 5 mill reduserte CO₂-ekv. i forhold til et 1990-nivå. Rapporten beskriver i detalj hvilke tiltak som er lagt til grunn for fremskrivningene av klimagassutslipp mot 2020. Tiltak som er vurdert å ha høy gjennomførbarhet, er de som vurderes å ha få barrierer mot gjennomføring.

Kostnadene gjenspeiler årlige merkostnader ved gjennomføring av tiltaket, i forhold til eksisterende investeringer eller driftsforhold. Merkostnadene kalkuleres ut fra netto energipriser uten avgifter, slik at det er de samfunnsøkonomiske kostnadene som beregnes og sammenlignes. I GLITNE er det valgt å ta utgangspunkt i merkostnadene ved tiltak som vurderes å ha middels/høy gjennomførbarhet, det vil si 600 kroner/tonn CO₂-ekvivalent.

Dette er ikke direkte gjenopprettende tiltak, men en stabilisering, og gjenopprettelse. Av partnerne i prosjektet ble det vedtatt at dette er godt nok i forhold til valg prinsipp om gjenopprettende tiltak.

2.3.1 Klimagassutslipp over livsløpet. Valg i GLITNE

Utslipp av klimagasser er knyttet til flere faser av et byggs livsløp:

- Råvarefremstilling
- Produksjon av materialer
- Bygging
- Bruk/driftsfase av bygget (med vedlikehold, reparasjoner og utskiftninger)
- Avhending (ved endt livsløp)

Transport i de ulike fasene også et viktig element i det hele. Dersom man legger livsløpsdata til grunn, eksempelvis EPD for alle produktene/komponentene vil alle faser i et produkts livsløp være inkludert. For livsløpsvurdering av hele bygg må man også inkludere energiforbruk i driftsfasen. Metodikk for livsløpsvurdering av hele bygg er under utvikling i CEN [8]. I GLITNE har vi dermed måtte gjøre forenklinger i LCA metodikk samt benytte tilgjengelige miljødata.

Ved uttesting av metode i GLITNE er det valgt å ta med klimagassutslipp knyttet til materialer og bygging, samt for byggets driftsfase (scenariobasert). Dataene som er benyttet for klimagassutslipp for materialer er beskrevet i 2.3.2.

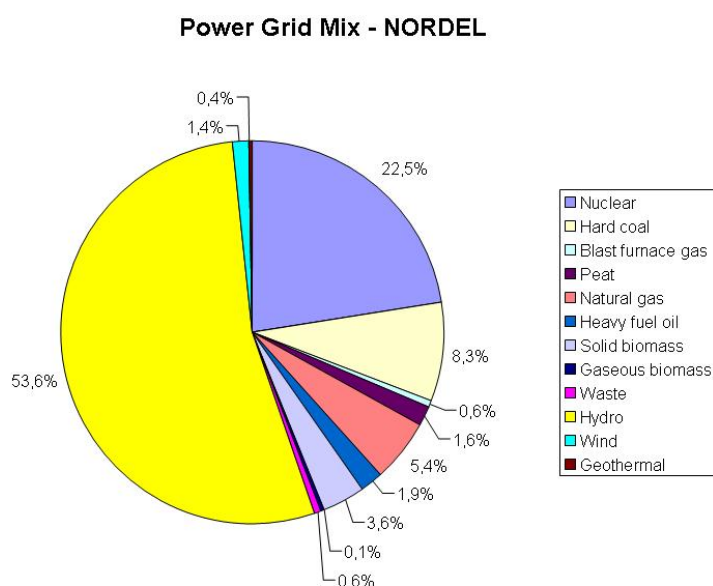
2.3.2 Klimagassutslipp fra ulike energikilder

Den energibruken som går med i alle fasene av byggets livsløp kan være basert på fornybare eller ikke fornybar energikilder (fossile brenslar). Klimabelastningen knyttet til energikildene (CO₂-ekvivalenter/kWh) vil i dermed variere. Videre varierer energikildene som går med til å lage elektrisitet, dermed også klimabelastningen knyttet til produksjon av elektrisitet.

CO₂-vekting av elektrisitet er gjenstand for mye diskusjon for tiden. Det finnes gode argumenter for å bruke både norsk, nordisk og europeisk elektrisitetsmiks. Mye av diskusjonen går også på hvorvidt prinsipper om opprinnelsesgarantier bør inkluderes eller ikke, samt grønne sertifikater osv. Det som er sikkert, er at de ulike valgene har store konsekvenser for resultatene av en LCA.

En nasjonal elektrisitetsmiks (elmiks) innebærer å bruke den elektrisitetsmiksen i den landet er varen produseres. Dersom produksjonen er i Norge benyttes norsk elmiks (utslipp 28 g CO₂-ekvivalenter/kWh), med en andel import fra det nordiske kraftmarkedet. Dette har blant annet vært gjort ved utarbeidelse av miljødeklarasjoner for norske treprodukter i FoU- prosjektet MIKADO[18].

Å bruke en nordisk elmiks kan innebærer å bruke tall fra Nordel. Nordel er et fellesorgan for de systemansvarlige nettselskapene i Norden. Organet gir ut årlig statistikk for produksjon og overføring i Norden (tilgjengelig på hjemmesidene for det Europeiske nettverket av systemoperatører for elektrisitets overføring, <https://www.entsoe.eu/index.php?id=65>). Da CO₂-belastningen på NORDEL-miksen varierer fra år til år, gir dette heller ikke en absoluttverdi, men den ligger i størrelsesorden 200 g CO₂ per kWh, for produksjon i Norge er også [17] en kilde (se figur 3 som viser energikildene som ble benyttet i den nordiske elektrisitetsmiksen i 2002).



Figur 3 Nordisk elektrisitetsmiks fra 2002, fordeling av energikilder Gæbi (2002).

"Union for the Co-ordination of Electricity Transmission" (UCTE) er assosiasjonen for systemoperatørene for elektrisk overføring i kontinental Europa. De gir ut statistikk om elektrisk overføring og produksjon i medlemslandene. Med europeisk elektrisitetsmiks er det ofte miks fra UCTE som brukes. International Energy Agency (IEA) gir også ut omfattende statistikk (både for Europa under ett og for det enkelte land og er tilgjengelig her <http://www.iea.org/stats/prodresult.asp?PRODUCT=Electricity/Heat>).

Energieffektivisering av bygg har stort fokus i Norge. Forskriftskrav går mot lavenergibygg og i framtiden passivhus. Kriteriet for passivhus er beskrevet blant annet i prosjektrapport 42 fra SINTEF Byggforsk, som beskriver kriterier for passivhus- og lavenergibygg for yrkesbygg [19]. Passivhus er:

- En meget godt isolert bygningskropp med minimale luftlekkasjer og kuldebroer, og med styrt ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning
- Oppvarmingsbehov og eventuelt kjølebehov med luftbåren oppvarming kan i mange tilfeller dekkes via ventilasjonsanlegget.

Dette er bygninger som skal ha behov for et minimum av tilført energi og herav også begrenset bruk av elektrisitet. Bruk av marginalitetsbetraktning er derfor benyttet som faktor for CO₂-utslipp fra elektrisitet. En marginalitetsbetraktning betyr at hver ny kWh benyttet er 1 kWh import fra Europa. Man regner da at marginalkraften kommer fra gasskraftverk. Det er benyttet en faktor på 395 g/kWh i [19]. Til sammenligning er CO₂-faktoren for andre energivarer gass 211 g/kWh, olje 284 g/kWh og fjernvarme 231 g/kWh.

Det forligger altså ikke konsensus i valg av CO₂-faktor for elektrisitet, og verdiene (norsk, nordisk, europeisk, marginalkraftsbetraktning etc.) vil gi ulike svar i et klimagassregnskap. I casestudier i GLITNE har man valgt å beregne casene med tilgjengelige miljødata for materialer og to alternativer for utslipp for elektrisitet i driftsfasen; en nordisk og en marginalitetsbetraktning. Klimagassutslipp fra materialer er vugge-til-port data og som tidligere nevnt er mye utslipp fra materialproduksjon knyttet til andre energikilder enn elektrisitet.

2.3.3 Klimagassutslipp materialer og produkter

Statsbygg har i flere år jobbet systematisk med klimagassregnskap for utbyggingsprosjekt og samlet inn klimagassutslipp knyttet til materialer og produkter til byggverk. Dette har resultert i klimagassregnskap.no [38]. Klimagassene beregnes i CO₂-ekvivalenter og inneholder Kyoto-definerte klimagasser, som CO₂, CH₄, N₂O, CF₄ og C₂F₆. De samme dataene er utgangspunkt for Klimakalkylen til ISY Calcus. I Klimakalkylen til ISY Calcus er klimagassene ytterligere komplettert av Bygganalyse og Norconsult informasjonssystemer.

Det er Klimakalkylen til ISY Calcus (med altså tall fra klimagassregnskap.no integrert) som ligger til grunn for uttesting av metoden i GLITNE. Tallene er ikke fulle livsløpsbaserte data. Dataene inkluderer:

- a) produksjon av råmateriale,
- b) transport til produksjonssted for basismateriale
- c) produksjon av basismateriale.

Dataene inkluderer ikke:

- d) transport til sekundært produksjonssted ("vindusfabrikken")
- e) sekundær produksjon ("sammensetting av vinduet") og
- f) transport til butikk og byggeplass.

I GLITNEs prosjektperiode (2006-2010) var klimatallene vært under utvikling, og de har vært i kontinuerlig utvikling også senere. ISY Calcus er et kalkulasjonsverktøy (se kapittel 3) som inkluderer alle typiske prislinjer som benyttes i kalkulasjon i byggeprosjekter. Det gir et godt grunnlag for at alle innsatsråvarer medtas i klimakalkylen, fremfor løsninger der man må teste materialmengder manuelt. Dette innebærer at blant annet klimagassutslipp knyttet til materialer som inngår i rigg og drift (oppføring av bygget), som bl.a. forskalingsmaterialer, er medtatt. Resultatene fra uttesting casebyggene er vist i kapittel 5.

2.4 Avfall – økonomisk verdsetting

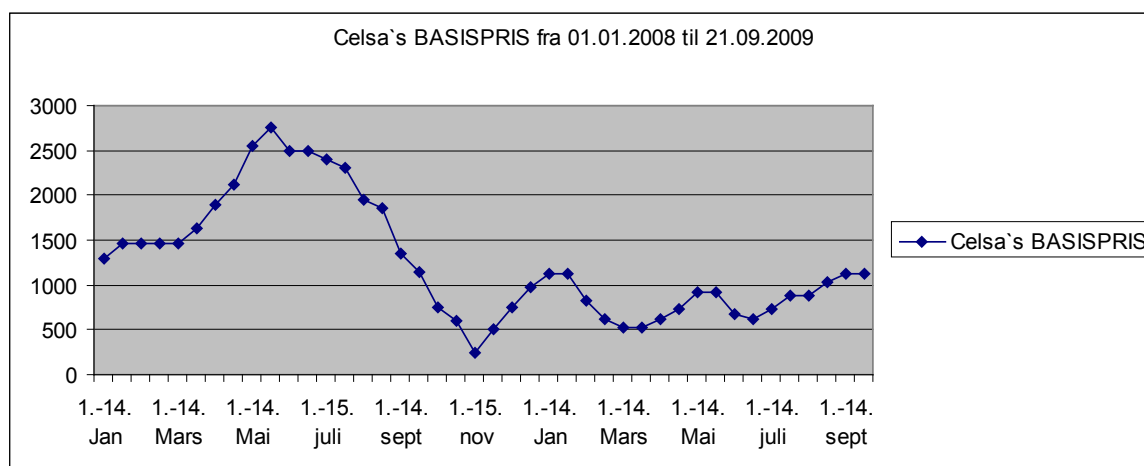
Kostnader til behandling av avfall vil i de fleste tilfeller gjenspeile den miljømessige kostnaden. Deponiforbudet for nedbrytbart avfall trådte i kraft 01.07.2009 og er hjemlet i avfallsforskriften [28]. Deponiforbudet gir forbud mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall. For byggeavfall vil det eksempelvis omfatte trevirke og papp. I [26] er det oppgitt reelle kostnader knyttet til avfallshåndtering som følge av deponiforbudet. Dette omfatter kostnader til innsamling og behandling. I tillegg er det beregnet en miljømessig nytte ved materialgjenvinning kontra deponering.

Det er en avgift for sluttbehandling av avfall, både avfall som deponeres og avfall som forbrennes [25]. Førlig avfall er unntatt fra denne avgiften. Avgiften på sluttbehandling av avfall ble innført i 1999 og er satt til å prisen miljøkostnaden for sluttbehandling av avfall. Avgiften er ment å stimulere til økt materialgjenvinning og reduksjon av avfallsmengder. I forbindelse med deponiforbudet er det foreslått endring av sluttbehandlingsavgiften.

I GLITNE metoden, og etter hvert i uttesting vha casene er det valgt å samle data for priser (markedspris) for håndtering av avfall. Det antas at disse kostnadene gjenspeiler og er representative for den miljømessige kostnaden, altså den kostnaden som vil påløpe for å håndtere avfallet på en miljømessig forsvarlig måte. Kostnadene for behandling av avfall fra innhentet i samarbeid med Veolia [27]. Kun fraksjonskostnaden er medtatt, det vil si kostnaden man har for å levere avfallet på avfallsmottak. Kostnader til riving, leie av containere og transport er holdt utenfor. Dette er priser som representerer en region (Oslo).

Dersom man leverer avfall som må sluttbehandles (deponeres eller forbrennes) vil dette gi seg utslag i prisen man må betale for å levere avfallet. Likeledes vil man ved kildesortering og levering av fraksjonene betong og gips til materialgjenvinning få en redusert pris. Levering av førlig avfall vil normalt sett medføre en vesentlig høyere kostnad enn ordinært avfall. Unntaket er for materialer/komponenter der det er en utvidet produsentansvar ordning, eksempelvis for elektrisk og elektroteknisk avfall (EE) som leveres gratis (www.renøs.no). For enkelte førlige avfall fraksjoner er det etablert returordninger, for eksempel retur av isolerglassruter med PCB, som man får levert gratis (www.ruteretur.no).

Avfallsmarkedet er imidlertid en industri, med en stor markedsmessig etterspørsel etter noen råvarer. Metaller er per i dag en fraksjon man får betaling for å levere. Metallprisene svinger med børsene (Figur 4). Det kan være andre avfallsfraksjoner som kan bli gratis å levere i fremtiden.



Figur 4 For levering av metaller får man betalt per tonn, dette svinger med børsene. Figuren viser hva en stålprodusent (Kilde: Celsa) betaler for 1 tonn stål i en periode på 1 ½ år.

2.4.1 Scenarier for avfall i byggefase og endt livsløp

I vedlegg 1 "Avfallshåndtering – dagens praksis" er det laget scenarier for hvordan ulike avfallsfraksjoner vil bli håndtert ved endt livsløp og knyttet kostnader til avfallshåndteringen. Scenariene skal være basert på vanlig praksis for avfallshåndtering i dag. Resultatene viser at en del materialer per i dag mangler gode nedstrømsløsninger. Eksempelvis er plastrmaterialer ved endt livsløp i liten grad egnet til annet enn forbrenning.

Et annet "problemavfall" er mineralull, som ved bygging tas i retur, men som ved riving ikke kan gjenvinnes. Gips har tidligere vært et slikt "problemavfall" ved endt livsløp. For gips har man i dag etablert gjenvinningsanlegg. Veolia ser for seg at det i fremtiden vil få bedre nedstrømsløsninger for andre fraksjoner, for eksempel som følge av deponiforbud for organisk avfall.

Man kjenner til at ikke avfallsfraksjoner kan sorteres ut som rene fraksjoner (betong, trevirke etc.) og at enkelte fraksjoner blir farlig avfall ved endt livsløp. Det er derfor samlet data for avfallshåndtering i riveprosjekter. Data fra Veolia, SFT med mer (henviser) viser at mengde farlig avfall og blandet avfall varierer i riveprosjekter. Vanlige tommelfingerregler vi har valgt å legge oss på er:

- Farlig avfall – standard 1 vekt %.
- Andel blandet avfall 10 vekt %

Antakelse er tatt med inn i beregningene for avfall i byggefase og etter endt livsløp. Det betyr at 10 % av avfallet får en kostnad for avfallshåndtering som blandet avfall.

2.4.2 Scenarier i driftsfasen. Design for gjenbruk

Husbanken bidro til utvikling av avfallsmodulen i GLITNE, sammenfattet i [24]. Hensikten med arbeidet var å få fram indikasjoner på hvilke materialer og komponenter som skiftes ut ofte, slik at erfaringer med dette kunne tas hensyn til i planleggings- og prosjekteringsprosesser. Arbeidet ble gjennomført som en kartlegging hos en eiendomsforvalter samt en prosjekterende arkitekt.

Resultatene viste at for kontorbygg er følgende momenter viktige:

- Levetider for klimaskall, konstruktive elementer mm samsvarer med "teoretiske" levetider [20]
- Innenfor et intervall 5-15 år er de fleste innvendige materialer i en kontorbygning skiftet ut.
- Forandring i en komponent fører med seg flere, for eksempel ved flytting av vegger.
- En totalombygging av en kontorbygning gjøres etter 25 år

Det er gjennomført en forenklet miljøvurdering for materialer som skiftes ut ofte, som igjen er plassert inn i en matrise som ser utskiftning og miljøpåvirkning i sammenheng (figur 5). Materialer som er angitt i oransje bør være tilrettelagt for fremtidig gjenbruk/gjenvinning.

	Turnover rate		
	Low	Medium	High
High			Lightening fixture Interior walls
Medium			Plast vinyl Ceiling (plaster and mineral wool)
Low			Linoleum
Environmental impact	Need for demountable design		

Figur 5 Figuren viser en forenklet miljøvurdering for materialer som skiftes ut ofte i kontorbygg. Materialer merket med oransje-farge bør tilrettelegges for fremtidig gjenbruk/gjenvinning (figuren er basert på (21)).

Dette arbeidet er benyttet for å lage scenarier for utskiftninger i driftsfasen for byggcasene i GLITNE. De er relevante siden flesteparten av casene er kontorbygg. For avfall i driftsfasen er det benyttet utskiftningsintervall iht. SINTEF Byggforsk og denne kartleggingen. Dersom man bygger et svært fleksibelt bygg der man kan flytte vegger uten at det blir avfall etc. kan man dokumentere lavere utskiftningsintervall.

Det påpekes at valg gjort knyttet til scenarier for driftsfasen av byggcasene i GLITNE er overordnede og dermed også kun gir veiledende resultater. Ved mer detaljert fastsettelse av scenarier i driftsfase vil en grundigere gjennomgang av utskiftningsintervall være nødvendig.

2.5 Helse- og miljøfarlige stoffer – økonomisk verdsetting

Bruk av helse- og miljøfarlige stoffer har både en helseeffekt og en økologisk effekt. Helse og miljøfarlige stoffer har ikke spilt en sentral rolle i verken EPD eller LCA arbeidet, sannsynligvis på grunn av kompleksiteten. Målsetninger og avtaler går på reduksjon av risiko for spredning og konkrete tiltak når det gjelder enkeltstoffer [9]. Det er også avdekket få studier som går på kostnader knyttet til helse- og miljøeffekter av kjemikalier.

I byggebransjen er bruksfasen for produktet svært lang. Bruksfasen er også mindre kontrollert enn for forbruksprodukter med kortere levetid. Kjemikalier i bruk i byggeprodukter kan lekke ut til jord og grunnvann og gi emisjoner til inneluft. Det er et spørsmål hvor kjemikaliene tar veien når de tas i bruk i byggevarer.

I REACH skal brukeren av kjemikaliene i samarbeid med importør/produsent dokumentere at kjemikaliene ikke gir skadelig eksponering. Hvis informasjon om bruken mangler må myndighetene gå ut fra "worst case" scenarier, f.eks. at all kjemikaliebruk gir eksponering. Spørsmålet er hvilke type eksponering dette blir.

I byggevaredirektivet knyttes eksponeringen til bruksfasen og med hensyn til følgende hovedbruksområder:

- Påvirkninger på innneklima
- Påvirkninger på jord og grunnvann

Det er i dag stor etterspørsel etter livsløpsbasert kjemikalieinformasjon slik man har i EPD. Det er viktig input i miljøvurderinger i ulike faser av et byggeprosjekt. Det er fokus på substitusjon av helse- og miljøfarlige kjemikalier, f.eks. stoffer på prioritetslista til SFT. I Miljøsertifisering av bygg, der LEED og BREAM er systemer som vurderes i Norge kan input av kjemikalieinformasjon også være aktuelt.

Noe kjemikalieinformasjon er tilgjengelig i EPD for byggevarer. Vurdering av helse og miljøfarlige stoffer, slik det er lagt opp til i metoderapporten, krever imidlertid en svært omfattende kartlegging av kjemikaliebruk og utslipp. Dette har ikke vært mulig å gjennomføre i prosjektet, mye på grunn av manglende datagrunnlag.

I GLITNE ble følgende tilnærming til området forsøkt undersøkt:

- Helseeffekt: Bruk av DALY og verdien på statistisk liv
- Økologisk effekt: opprydningskostnad for miljøgiften PCB, og "oversette" denne til kostnaden ved opprydning av andre stoffer

Helseeffektene til kjemiske stoffer er i metoden/databasen IMPACT 2002+ benevnt med DALY. Et produkt som en score på menneskelig helse på 3 DALYs impliserer tap av 3 leveår totalt for en befolkning. Når det gjelder verdien av et år levd liv, så er dette forsøkt estimert flere steder. Verdien av et statistisk liv (VSL) er definert som verdien av en enhets reduksjon i forventet antall dødsfall over en gitt periode (Finansdepartementet, 2005).

De økologiske effektene ble undersøkt via en nordisk rapport [43], der kostnadene for EUs medlemsland ved opprydning av forurenset grunn og sjø på grunn av PCB-forurensning og innsamling av gamle produkter ble vurdert. Studien bekrefter at det oppnås stor nytte for miljøet ved å unngå kjemisk forurensning, og at det koster samfunnet dyrt å utsette miljøtiltak. Det ble videre vurdert at man via "benefit transfer" metodikk (det vil si å

overføre verdier av en ikke markeds-verdsatt vare funnet i en studie og bruke det i en sammenheng) kunne forsøke å skape en sammenheng mellom opprydningskostnaden for PCB og kostnaden ved rydde opp også etter andre stoffer som gir negative økologisk effekt.

Ut i fra et ressursperspektiv og med tanke på de FoU-utfordringene som lå i denne tilnærmingen ble det i diskusjoner med GLITNE-partnerne foreslått følgende:

- I utgangspunktet må vi forutsette at helse- og miljøfarlige stoffer brukes i de byggene som settes opp i dag / rehabiliteres
- Foreslåtte retningslinjer i GLITNE: dokumentere at ikke bruker et sett utvalgte stoffer
- Eksempelvis kan man bruke Prioritetslista til SFT som utgangspunkt, ev utfylle med flere prioriterte miljøgifter:
 - CMR (Kreftfremkallende, Mutagene, Reproduksjonsskadelige)
 - vPBT og PBT stoffer (lite nedbrytbare, bioakkumulerbare, alvorlig langtidsvirkninger på helse, svært giftige i miljøet)
- Diskutert sammenheng med EPR/virkemiddel
 - Tillegg i miljødepositum for at man uansett bruker disse stoffene?
 - Slippe tillegg i pris om man kan dokumentere at disse ikke er i bruk?
- Konklusjonen ble at vi visste for lite om hva som er i bruk og hvor stort dette beløpet faktisk skulle være.

I en eventuell videreføring av GLITNE vil arbeid med modulen helse- og miljøfarlige stoffer være viktig å arbeide videre med.

2.6 Oppsummering

Metoden i GLITNE har blitt utarbeidet basert på litteraturstudier (state-of-art) og diskusjoner i arbeidsgrupper. På denne måten har man ønsket å imøtekomme krav om teoretisk gyldighet, kopling mot et marked og kommuniserbarhet. Tre miljøtema/indikatorer ble valgt, og disse anses som viktige fokusområder i norsk og internasjonal byggenæring; klima, avfall og helse- og miljøfarlige stoffer. På grunn av varighet og ressurser i prosjektet, vil en eventuell videreføring av GLITNE kunne bidra til å få mer kunnskap på plass i alle de tre modulene. Valg av prinsippet "gjenopprettende tiltak" for vektingen anses som forståelig og lett å kommunisere.

Strukturen i metodikken tilsier at det enkelt kan legges til andre miljøtema/indikatorer. Dette er også videre ivarettatt i verktøy-delen (kapittel 3).

Prinsippene i metoden er ikke ressurskrevende å oppdatere. Beregningen basert på metoden krever imidlertid oppdaterte miljødata, og dette ressurskrevende å oppdatere, og ikke minst; svært mye miljødata finnes ikke med tilstrekkelig datakvalitet (representativt) per i dag.

3 Verktøy

Utgangspunktet for utvikling av metode og verktøy i GLITNE var at det skulle kunne benyttes til å beregne relevante miljøbelastninger knyttet til et byggeprosjekt (ved økonomisk verdsetting). På denne måten skulle metode og verktøy bidra til å identifisere best "miljødesign" (det vil si design/løsninger med lave "miljøkostnader"). Metode og verktøy ville da kunne brukes til forbedring og innovasjon. Videre tenkte man at metode og verktøy skulle kunne angi størrelsen på miljødepositumet, identifisert i virkemiddelet dokumenter i bl.a. prosjektrapport 54 fra SINTEF Byggforsk. Slik resultatene fra prosjektet foreligger, er det ikke en direkte sammenheng mellom metode/verktøy og antakelser på størrelsen på et slikt miljødepositum. Videre arbeid vil kunne muliggjøre dette.

Videre var det en viktig forutsetning at verktøyet kunne inngå som en del av de verktøy som allerede brukes i planlegging og prosjektering i dag. Et element i dette var kunnskapsfronten på teknologien rundt bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) og åpne standarder, som ved bruk av denne teknologien ville kunne bidra til mer integrert design. Dette ble oppnådd ved at metoden ble integrert i et allerede eksisterende kalkulasjonsverktøy, ISY Calcus.

Dette kapittelet tar for seg hovedtrekkene fra utviklingen av verktøyet. For øvrig dokumentasjon henvises det til artikler og presentasjoner (www.sintef.no/glitne).

3.1 Verktøy i GLITNE

Ønskene og behovene i GLITNE knyttet til utviklingen av et verktøy var mange, og gjenspeilet også de konkrete aktørene involvert i prosjektet, deres ønsker og interesser. Tidlig i prosjektperioden ble en spørreundersøkelse gjennomført blant partnere for å kartlegge behovene knyttet til blant annet metode og verktøy [39]. På spørsmål knyttet til hvorvidt verktøyet burde ha mulighet for å variere det tekniske nivået på miljøvurderingen avhengig av hvilken fase av planlegging og prosjektering bygget var i, så ble dette bekreftet. Forhold som ble trukket fram som viktige var:

- Byggenæringens kunnskap knyttet til miljø varierer veldig, og verktøyet må gjenspeile dette (ikke kreve for mye forhåndskunnskap)
- Brukergrensesnitt ("teknisk nivå") må gjenspeile hvilken fase bygget er i og brukeren på gitt tidspunkt

I tillegg ble det trukket fram at miljødeklarasjon (LCA-basert miljødokumentasjon) burde være utgangspunktet for en vurdering, og at jo mer miljøinformasjon man har tidligere i prosessen, jo bedre beslutningsgrunnlag har man.

Utvikling av metodikk og verktøy i GLITNE har hengt tett sammen, og de har utviklet seg delvis parallelt, og det har blitt valgt å legge vekt på følgende:

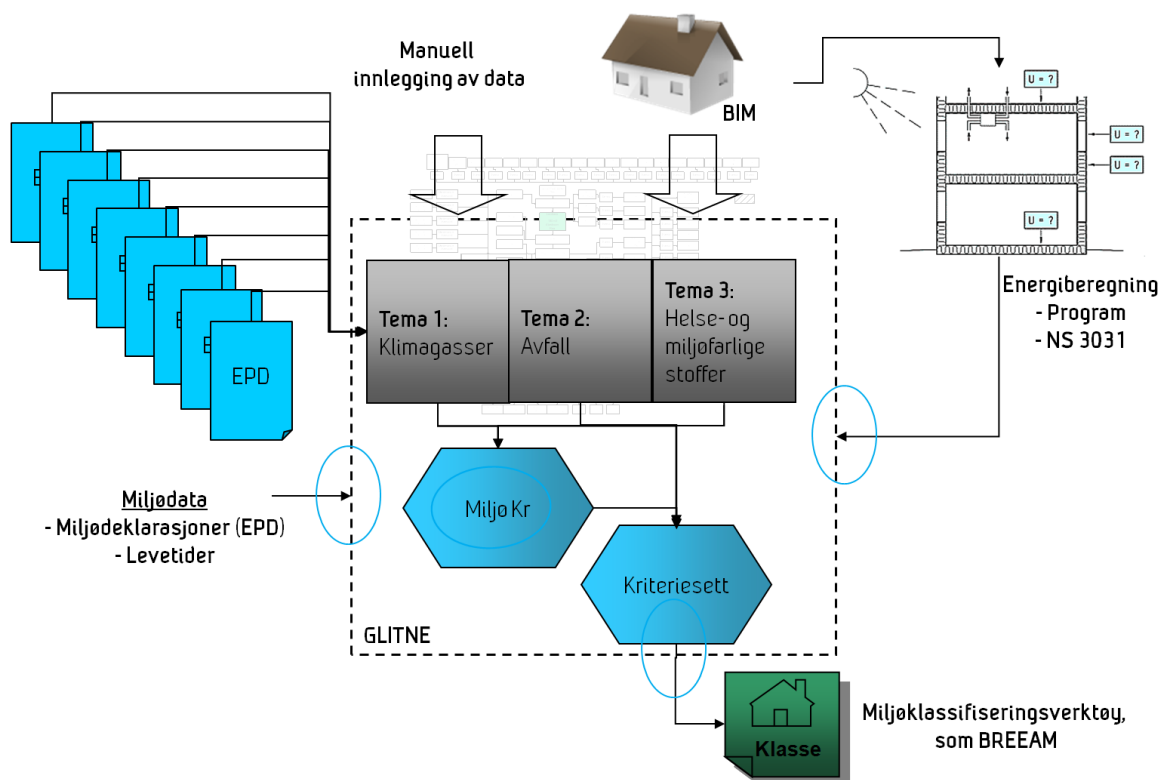
Metode

- Økonomisk verdsetting av miljøeffekter
- Miljøvurderinger gjennom hele byggets livsløp skal legges til grunn
- Miljøvurderingene skal være basert på miljødeklarasjoner (EPD). I EPDer oppgis levetid for byggevaren

Verktøy

- Skal kunne identifisere miljøbelastning i tidlig planleggingsfase, så vel som lenger ut i byggeprosessen
- Tilpasse behovene til gitt bruker (aktør i byggeprosessen)
- Inngå som en del av de verktøy som allerede brukes i planlegging og prosjektering i dag.
- Vise miljøpåvirkning av ulike designalternativ
- Ikke være et energiberegningsverktøy, men kunne vurdere energibruk og bidrag til global oppvarming for en scenariebaseret driftsfase, basert på for eksempel beregnet energibehov
- Kommunisere med en BIM basert på teknologi som gjør bruk av åpne standarder (som IFC), men også kunne gjøre bruk av manuell input

I Figur 6 oppsummeres en del av disse forutsetningene og valgene.



Figur 6: Overordnet skisse av GLITNE-verktøyet. Verktøyet er ikke et energiberegningsprogram, men skulle kunne bruke beregnet energibehov for å vurdere klimabelastning gjennom en driftsfase. Et av ønskene var at miljødata som ligger til grunn for miljøvurderingene skulle være basert på EPDer. Verktøyet skulle kunne utveksle informasjon med en BIM, men også kunne gjøre vurderinger basert på en manuell input ([40]).

Økonomisk verdsetting skal være basert på de tre valgte miljøtemaene Klima, Avfall og Helse- og miljøfarlige stoffer (i figuren illustrert ved Miljø Kr). Via et spesifisert kriteriesett, er det mulig å utvikle en sammenheng mellom GLITNEs kroneverdi og et fremtidig miljøklassifiseringsverktøy, som BREEAM NOR. Denne sammenhengen er ikke spesifisert ennå.

Med de forutsetningene som lå til grunn for utvikling av metodikk og verktøy i GLITNE ble mulighetene for å integrere metodikken i et eksisterende kalkulasjonsverktøy diskutert, og Calcus ble valgt.

3.2 Calcus - verktøy for kalkyle i tidligfase

Grunntanken bak GLITNE er å gi aktørene økt beslutningstøtte i valg av løsninger, ved å inkludere miljøhensyn. Ved å bruke økonomisk verdsetting av miljøeffekter får man en enhet som kan sammenliknes med andre kostnader, som for eksempel byggekostnader.

Programsystemet ISY Calcus er utarbeidet og eiet av Norconsult Informasjonssystemer i samarbeid med AS Bygganalyse. Ca 550 norske bedrifter har per i dag abonnement på verktøyet, blant disse er arkitekter, entreprenører, byggeiere, rådgivere etc.

Calculus er kalkyleverktøy og et verktøy for utarbeiding av tidligfasevurderinger [32]. Det er arealer som i hovedsak er de styrende parametrene i Calculus (målt etter NS 3940:2007 Areal- og volumberegninger av bygninger). Verktøyet kalkulerer mengdedata fra databaser over materialer og elementer, og inneholder over 1500 predefinerte elementer (sammensatte konstruksjoner). Elementdatabasen er bygget opp etter NS 3451:2009 Bygningsdelstabell. Videre inneholder det 43 såkalte modellbygg, det vil si ferdig definerte bygg som man kan bruke som utgangspunkt for kalkuleringen.

Calculus gir mulighet for å identifisere de viktigste kostnadsdriverne i et byggeprosjekt, og kostnader i elementdatabasen genereres opp basert på kostnadene på materialene.

Den kalkylen på byggekostnader som kan beregnes i Calculus for et byggeprosjekt, er basert på definisjon av byggekostnad i NS 3453 Spesifikasjon av kostnader i et byggeprosjekt. I Calculus brukes dette sammen med NS 3451 som dermed definerer en standard kontoplan, som gjør at utarbeidede kalkyler kan sammenliknes med erfaringstall og andre, liknede prosjekter.

Figuren under er et eksempel på konto 2.3 Yttervegger for et bestemt byggeprosjekt, der det er spesifisert at ytterveggene bl.a. består av glassfasader, betong, vinduer, dører etc. Mengde og enhetspris er basert på underliggende materialdatabase (se Figur 8, der det er vist hva glassfasaden av aluminium og glass, uten solavskjerming er bygget opp av). Byggekostnaden for hele konto 2.3 er estimert til ca kr 27 MNOK for dette eksemplet, der fasaden av glass og aluminium utgjør omlag 6.596 MNOK.

Elementer Kalkyle				
Løpenr.	Element	Mengde	Enhetspris	Sum
002	Glassfasader av aluminium og glass, uten solavskjerming	1 320,00	4 997,07	6 596 126
013	Betongyttervegg over mark, t = 250 mm, REI240, 100 kg stål pr m3 betong, B35	1 567,50	1 852,56	2 903 884
014	Vinduer, aluminium	1 650,00	5 209,16	8 595 114
015	Klimavegg med GU, 250 mm stålstenderverk	3 712,50	917,14	3 404 889
016	Platekledning, fibersement, mot klimavegg, overflatebehandlet med maling	3 712,50	835,40	3 101 429
017	Merkostnad for sprang o.l. i fasade	8 250,00	73,99	610 400
018	Karusellør	1,00	512 347,42	512 347
019	Bi-inngangspartier	8,00	17 973,19	143 785
020	Ytterdører i stål	15,14	16 232,17	245 716
021	Adkomstsystem for fasadevask	82,50	4 960,55	409 245
022	Solavskjerming, utvendige persienner	825,00	767,19	632 935
2.3	Yttervegger			27 155 872

Figur 7: Eksempel på oppbygging av konto 2.3 Yttervegg i Calculus. Byggekostnaden for dette konkrete eksemplet er estimert til kr 27 MNOK.

Nnummer	Navn	NS-Kode	NS-Tekst	Enhet	Fag	Sum
2.3.1.0600	Stålbæresystem for "frittstående" glassfasade...	P11	Hovedkomponent...	kg	07	1 624 986
2.3.3.0400	Aluminiumsprofiler for glassfasader - faste felt	R5	Vinduer, takvindu...	m	20	1 873 959
2.3.3.0401	Aluminiumsprofiler for glassfasader - åpningsba...	R5	Vinduer, takvindu...	m	20	533 338
2.3.3.0402	Tilslutninger til vegger	R	Monteringsferdige...	m	20	82 851
2.3.3.0403	Tilslutninger til tak	R	Monteringsferdige...	m	20	52 472
2.3.3.0404	Tilslutninger til gulv	R	Monteringsferdige...	m	20	62 599
2.3.3.0450	Isolerruter, normal solavskjerming U= 1,1-1,4. ...	R71.299	ISOLERRUTER M...	m2	20	1 269 744
2.3.3.0451	Isolerruter - merkostnad for sikkerhetsglass kla...	R71	Isolerruter	m2	20	61 129
2.3.3.0483	Isolerruter - merkostnad komb. P6A + klasse 2 ...	R71	Isolerruter	m2	20	375 627
2.3.7.0300	Motordrift av luker - pr m2 åpningsbare felt	R	KONSTRUKSJONE...	m2	20	406 278
2.3.7.0301	Styring av luker - pr m2 åpningsbare felt	R	KONSTRUKSJONE...	m2	20	253 143
2.3.002	Glassfasader av aluminium og glass, uten sol...			m2		6 596 126

Figur 8: Byggekostnaden for fasaden av glass og aluminium er bygget opp av underliggende materialer (enhetspriser i materialdatabasen) og beløper seg i dette eksemplet til 6.5 MNOK. Materialdatabasen består også av estimerte byggekostnader for bl.a. tilslutninger til vegger, tak og gulv etc.

Alle nødvendige data for å kalkulere byggekostnadene for et byggeprosjekt er med andre ord knyttet til objekter; det vil si i material- og elementdatabasen.

Grunnkalkylen i Calcus inkluderer summen av alle sannsynlige anslag, og anslår en deterministisk kalkyle uten tillegg for usikkerheter. Denne kalkylen dekker de identifiserte fysiske delene som inngår i kalkylen med de forutsetninger som er lagt til grunn. Grunnkalkylen inneholder ingen systematiske påslag for komplettering, forventede tillegg eller prosjektmargin. Dette skjer i basisestimatet, der kompletteringen av bygget er inkludert og dermed gir et tilnærmet komplett kalkylegrunnlag [32].

3.3 Klima- og BIMkalkyle i CALCUS

I 2009 ble klimakalkylen en del av Calcus, tilgjengelig for brukerne gjennom en integrert tilleggsmodul i verktøyet. Modulen beregner et klimagassregnskap for bygget, med mulighet for å gjøre betraktninger knyttet energiforbruk og påfølgende klimagassutslipp fra en potensiell driftsfase. Utslippsdataene er knyttet til materialer og elementer på samme måte som kostnadstallene, og dermed også forhåndsregnet for 40 modellprosjekter iht. bygningstypetabellen NS3457 (<http://www.nois.no/?aid=9099173>).

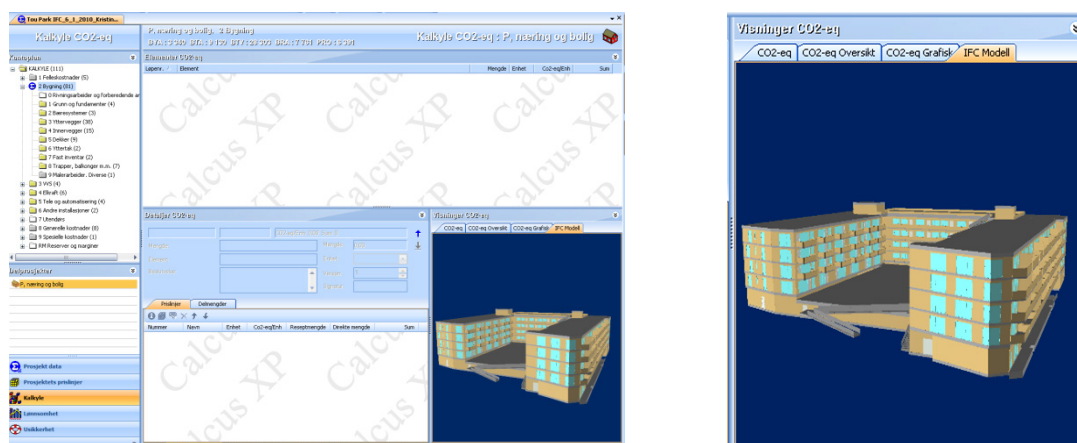
Figuren under illustrerer eksemplet med konto 2.3 Yttervegg, nå med klimagassutslipp knyttet til materialene.

Elementer CO ₂ -eq					
Løpnr.	Element	Mengde	Enhet	Co ₂ -eq/Enh	Sum
002	Glassfasader av aluminium og glass, uten solavskjerming	1 320,00	m ²	69,52	91 767
013	Betongyttervegg over mark, t = 250 mm, REI240, 100 kg stål pr m ³ betong, B35	1 567,50	m ²	1 193,34	1 870 556
014	Vinduer, aluminium	1 650,00	m ²	0,00	0
015	Klimavegg med GU, 250 mm stålstanderverk	3 712,50	m ²	0,00	0
016	Platekledning, fibersement, mot klimavegg, overflatebehandlet med maling	3 712,50	m ²	78,13	290 047
017	Merkostnad for sprang o.l. i fasade	8 250,00	m ²	624,27	5 150 196
018	Karusellør	1,00	stk	0,00	0
019	Bi-inngangspartier	8,00	stk	1,24	10
020	Ytterdører i stål	15,14	stk	0,00	0
021	Adkomstsystem for fasadevask	82,50	stk	0,00	0
022	Solavskjerming, utvendige persienner	825,00	m ²	6,67	5 502
2.3	Yttervegger				7 408 076

Figur 9: Utslippstall for klimagasser er knyttet til material- og elementdatabasene på samme måten som kostnadstallene i Calcus. Figuren viser konto 2.3 Yttervegger, nå med enheten CO₂-ekvivalenter.

Calcus slik gir også mulighet for å importere en bygningsinformasjonsmodell (BIM), slik at den kan brukes direkte til mengdeuttak og kalkyle. De mest brukte CAD-verktøyene tilbyr i dag BIM-funksjonalitet. Ved bruk av utvekslingsformat på åpne standarder og BuildingSMART-teknologi, gir dette derfor helt nye muligheter for en "levende" kostnadsmodell, fra ide - skisse - forprosjekt - detaljprosjekt. Med en endret design ved hjelp av et CAD-verktøy, kan man få opp både endrete kostnader og konsekvenser for et klimagassregnskap.

De ulike visningsmulighetene i Calcus gjør det mulig å se BIM-modellen i Calcus (Figur 10 illustrert ved Tou Park, som er IFC-basert bygningsinformasjonsmodell).



Figur 10: Visningsmulighetene i Calcus, illustrert ved en BIM-modell (Tou Park).

3.4 GLITNE og CALCUS – begrunnelser for valg

[9] viser at det finnes en rekke ulike miljøvurderingsverktøy og -metoder for bygg eller deler av bygg. Metodene og verktøyene spenner fra detaljerte LCA modelleringsverktøy på materialnivå, til LCA-baserte prosjekterings- og CADverktøy, til enklere sjekklister og klassifiseringssystem.

I GLITNE har utfordringen i å utvikle et verktøy at LCA-perspektivet skal ivaretas, en metodikk som inkluderer økonomisk verdsetting utvikles, og det hele integreres i et verktøy som også er kompatibel med BIM. Per i dag eksisterer det to verktøy som gir mulighet for miljøriktig prosjektering ved hjelp av kobling mellom BIM og miljødata. Dette er BSLCA og LCADesign, begge omtalt og diskutert i [34] og [35]. Både BSLCA og LCADesign kan importere en BIM på IFC-format (arkitektmodell). Det er litt ulikt for de to metodene hvorvidt elementdatabasen i verktøyet "kjenner igjen" bygningselementene i BIMen, og enten legger miljøegenskapene automatisk, eller bygningselementene i BIMen må koples med eksisterende material- og elementdatabase manuelt.

Mangelen på miljødata og databaser med livsløpsbasert miljødata (EPD) på et tilgjengelig format for utveksling av data er en viktig barriere for å vurdere miljøkvaliteter i bygg, og står som et betydelig hinder for å bidra til mer integrert design. Følgende momenter ble dermed viktige i valget av CALCUS som verktøy i GLITNE:

- Kalkulasjonsverktøy med stor utbredelse (vi "treff" en del av de brukergruppene vi var ute etter)
- Kan brukes i både en tidligfase og lenger ut prosjektering
- Gjenbruk av data (i material- og elementdatabasene ligger det en rekke data, data for miljø kan kalkuleres opp på samme måte)
- Hadde startet arbeidet med å integrere data for CO₂-ekvivalenter (klimagassregnskap)
- Vi kunne bruke eksisterende brukergrensesnitt
- Kravspesifikasjonen (hvilke data skal inn, hvordan skal miljøeffekter beregnes) gikk lettere

I de følgende kapitlene presenteres resultater fra caseberegninger, både manuelle beregninger, samt bruk av ISY Calcus.

4 Presentasjon av casebyggene og datainnsamling

Bruk av konkrete byggeprosjekter har vært sentralt i arbeidet med både utvikling og test av metode og verktøy i GLITNE. Det er partnerne i GLITNE som har bidratt med byggeprosjekter (case). De har selv har vært sterkt involvert i å innhente data, legge det inn i verktøyet (ISY Calcus) og vurdere resultatene.

Studiene av casebygg i GLITNE har hatt to hovedformål:

- Utvikle og teste ut metodikk og verktøy
- Vurdere tilgjengeligheten av data, både miljødata og andre

Videre har det også vært viktig å observere og vurdere hvordan GLITNE-verktøyet kan brukes i byggeprosessen, og hvilke effekter dette gir for resultatene i byggeprosjektet, samt aktørene involvert. Kunnskapsheving om viktige miljøtema har vært et sentralt mål i GLITNE.

I det følgende presenteres de ulike casebyggene som er valgt i GLITNE, vurderinger som er gjort og resultater av beregninger. Totalt 5 bygg er brukt for å teste ut metode og verktøy i GLITNE, hvorav ett er en digital bygningsinformasjonsmodell (BIM).

4.1 Valg av casebygg

I valg av case ble det lagt vekt på at ulike bygningstyper skulle være representert, i tillegg til at byggene skulle være på ulik sted i byggeprosessen. Dette er representert ved tre kontorbygg, ett næringsbygg og en barnehage. To av casene var ferdigstilte prosjekter. Tre av casene (Sverres gate, Sirkeltomta og Tou park) var på ulike stadier i prosjektperioden.

Bjørnsrudskog barnehage	Case levert av: Snøhetta
 Foto: Snøhetta	<i>Byggeår:</i> 2003 <i>Sted:</i> Dal, Eidsvoll kommune <i>Areal og bruksformål:</i> BTA ca 710 m², barnehage <i>Konstruksjon:</i> Modulsystem med massivtre, bindingsverk i tre og aluminiumsprofiler <i>Energiforbruk:</i> 274 kWh/BTA (bruksfase) <i>Energiforsyning:</i> elektrisitet, gass <i>Type data:</i> Byggetegninger, faktisk energiforbruk

Sverres gate- rehabilitering av kontorbygg  Foto: Entra	Case levert av: Entra <i>Byggeår: 2010</i> <i>Adresse: Sverres gate, Porsgrunn</i> <i>Areal og bruksformål: BTA 2500 m², offentlig kontor (rehabiliteringsprosjekt)</i> <i>Konstruksjon: bærekonstruksjon i betong, tegl i fasade</i> <i>Energiforbruk: 169 kWh/BTA (beregnet for driftsfase)</i> <i>Energiforsyning: elektrisitet og fjernvarme</i> <i>Type data: Byggetegninger, beregnet levert energi</i>
Brynsengfaret/Alnafossen kontorpark  Foto: Entra	Case levert av: Entra <i>Byggeår: 2003</i> <i>Adresse: Brynsengfaret 6, Oslo</i> <i>Areal og bruksformål: BTA 33282 m², kontorbygg</i> <i>Energiforbruk: 199 kWh/BTA</i> <i>Energiforsyning: elektrisitet (fastkraft og til varmepumpe), lokal fjernvarme</i> <i>Type data: Byggetegninger, data fra energioppfølgingssystem for driftsfasen</i>

Sirkeltomten- nybygg  Foto: Per Knudsen arkitektkontor AS	Byggherre: Nedre Elvehavn AS Tot. Entreprenør: Teknobygg <i>Byggeår:</i> Avsluttet vår 2010 <i>Sted:</i> Nedre Elvehavn, Trondheim <i>Areal og bruksformål:</i> Totalt 23 370 m² BTA, hhv forretning 9200 m², kontor 4170, parkering 10000 m² (ikke oppvarmet) <i>Konstruksjon:</i> Prefabrikkert bæresystem av betong/stål. Plassstøpt kjeller. Fasader av glass og aluminium, treverk, båndteking og fasadeplater. <i>Energiforbruk:</i> 160 kWh/m² (basert på arealet av de oppvarmede delene av bygg, det vil si ikke parkeringskjeller) <i>Energiforsyning:</i> Elektrisitet og fjernvarme. <i>Type data:</i> Byggetegninger, beregnet energibehov for driftsfasen.
Tou Park  	<i>Byggeår:</i> Ikke avgjort (vurderingene er basert på tilgjengelig bygningsinformasjonsmodell av prosjektet i forbindelse med anbudsinnbydelsen) <i>Sted:</i> Siriskjæret, Stavanger <i>Areal og bruksformål:</i> Totalt 8495 m² BRA, der andel bolig (leilighetene) utgjør 8075 m² BRA og forretning/kontor utgjør 420m² BRA. <i>Konstruksjon:</i> betong <i>Energiforbruk:</i> Prosjektet består av et nybygg etter standard for lavenergibygninger; Energiklasse B (66-100 kWh/m² for boliger i blokk). <i>Energiforsyning:</i> elektrisitet <i>Type data:</i> BIM, Anbudsbeskrivelse (byggteknisk beskrivelse)

4.2 Datainnsamling

Datainnsamling og innlegging av casebyggene i ISY Calcus er gjennomført av prosjektdeltakerne med casebygg (Entra, Teknobygg, Snøhetta og NCC) i samarbeid med Norconsult informasjonssystemer. Dataene om bygget er basert på ulike kilder som:

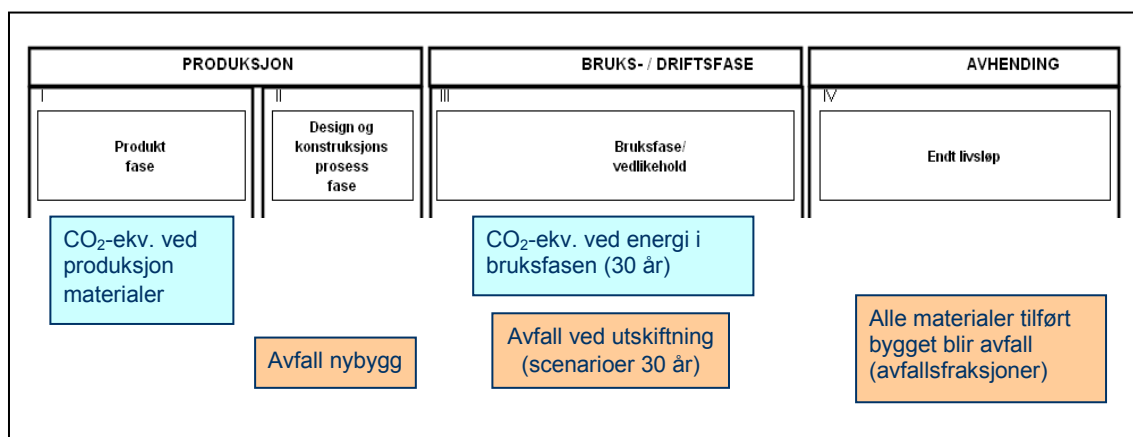
- Prosjektert materiale, inkludert tegninger
- Beregnet energiforbruk
- "As built" informasjon

- Driftsopplysninger

Fire av casene er lagt inn manuelt. Det er valg konstruksjonsløsninger og materialer i element- og materialdatabasen til Calcus som er tilnærmet likt de faktiske prosjekterte eller bygde løsninger. Det femte byggcasen, Tou Park, er en IFC-basert bygningsinformasjonsmodell. ISY Calcus er IFC-kompatibelt. Dette innebærer at IFC-modellen av Tou Park (tilgjengelig fra arkitekten) er importert i ISY Calcus koplet mot egenskapene i element- og materialdatabasene.

4.3 Avgrensninger

Figur 11 beskriver hvilke livsløpsfaser som er inkludert i casene. Det presiseres at dette ikke er fulle livsløpsvurderinger (LCA), men analysene dekker viktige deler i livsløpet.



Figur 11 Livsløpsfaser og miljøbelastninger som er medtatt i casevurderingene.

I case Bjørnsrudskog, Brynsengfaret, Sverres gate og Sirkeltomta er kun konto 2 iht. bygningsdelstabellen NS 3451 medtatt. Konto 2 omfatter kun de bygningsmessige arbeidene og ikke tekniske anlegg (se tabell 1). I case ToU park er alle kontoer inkludert.

Tabell 1 Konto 2 i Calcus, basert på Bygningsdelstabellen NS 3451.

Konto 2 i CALCUS[32] (Bygningsdelstabellen NS 3451):

- 2.0 Rivingsarbeider og forberedelser
- 2.1 Grunn og fundamenter
- 2.2 Bæresystemer
- 2.3 Yttervegger
- 2.4 Innervegger
- 2.5 Dekker
- 2.6 Yttertak
- 2.7. Fast inventar
- 2.8 Trapper, balkonger m.m.

5 Resultater

I det følgende presenteres resultatene for casebyggene ved økonomisk verdsetting av klimagasser og avfall. Det er ikke beregnet "miljøkostnader" for helse- og miljøfarlige stoffer.

Casebygget Tou Park kom på plass helt mot avslutningen av GLITNEs prosjektperiode. Det var viktig for resultatene i prosjektet at GLITNE fikk tilgang til Tou Park, da det gav muligheten både til å teste ut bruk av BIM i CALCUS, samt bruk CALCUS direkte til å beregne økonomisk verdsetting av klimagasser og avfall. Resultatene for Tou Park er derfor presentert for seg.

Det påpekes at resultatene som her presenteres er fra uttesting av metode for økonomisk verdsetting i et verktøy (ISY Calcus). Resultatene som fremkommer i casene må derfor ses på som indikasjoner på hvordan resultatet kan se ut, ikke fullstendige beregninger.

5.1 Økonomisk verdsetting av klima – "klimakroner"

Beregningen i såkalte "klimakroner" er basert på klimagassutslipp knyttet til produksjon av materialene og en scenariobasert driftsfase (ref. figur 11).

5.1.1 Materialer

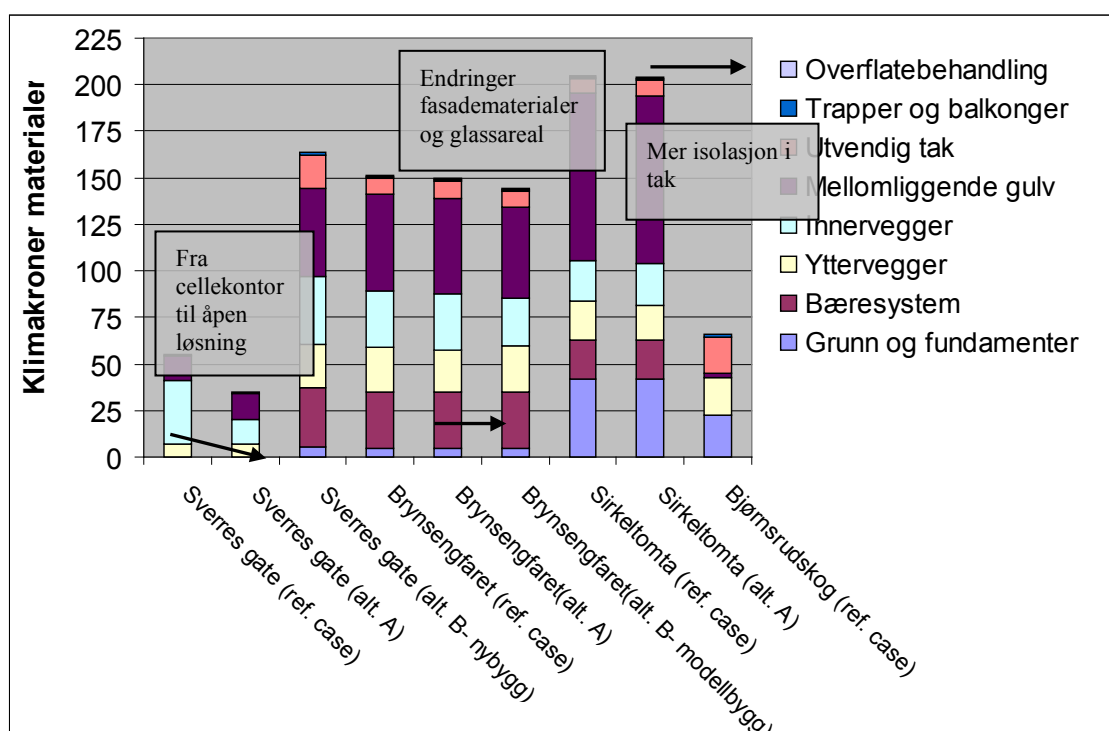
For Bjørnsrudskog barnehage, Sverresgate, Brynsengfaret og Sirkeltomta er det konto 2 (Bygningsdelstabellen) som danner grunnlag for beregningene av klimagasser knyttet til materialer og produkter. Dette innebærer bl.a. at alt av tekniske installasjoner ikke er medtatt. Beregningene til CO₂-ekvivalenter er gjort ved hjelp av Calcus Klimakalkyle. I løpet av GLITNEs prosjektperiode ble klimagassstallene i Calcus oppdatert. Bruk av de nyeste klimagassstallene er kun gjennomført for Tou Park. For de ulike byggene er referansecaset tilnærmet lik byggetegninger (Bjørnsrudskog barnehage, Sverresgate, Brynsengfaret, Sirkeltomta) eller i anbudspapirene/BIM (Tou Park). Derneft er det for flere av byggene sett på alternative løsninger, og utskiftninger av materialer/elementer er gjort ved hjelp av Calcus.

Tabell 2: Tabellen gir en beskrivelse av referansecasene for de ulike casebyggene. For tre av casebyggene er det også laget alternativer (Sverresgate, Brynsengfaret og Sirkeltomten). Alternativene er hovedsakelig brukt for å se hvordan ulike løsninger/materialbruk slår ut på i antall CO₂-ekvivalenter og "klimakroner".

Casebygg	Referansecase	Alt. A	Alt. B
Bjørnsrudskog barnehage (nybygg)	Byggetegninger	Ikke beregnet	Ikke beregnet
Sverresgate (rehabilitering)	Byggetegninger Materialmengdene/typene brukt til rehabiliteringen som er grunnlaget for beregningene Løsning med cellekontorer	Åpent kontorlandskap. - Ingen skillevegger (systemskillevegger og kontorfronter) - Lagt inn teppe (i stedet for linoleum) Ellers lik referansecase	Sverresgate, dersom det var et nybygg. Modellbygg fra CALCUS er lagt til grunn. Areal (BTA) og materialer tilsvarende Sverresgate.
Brynsengfaret (nybygg)	Byggetegninger Glass utgjør ca 40% av fasaden	Endret fasademateriale og glassareal. Byttet fibersementplater med stålplater (utgjorde 3000 m ²). Gikk ned 10 % på glassareal (både vindusareal og fasade), og erstattet dette med klimavegg m/ stålkledning.	Modellbygg fra CALCUS. Areal (BTA) og materialer tilsvarende Brynsengfaret

Sirkeltomten (nybygg)	Byggetegninger	Nytt alternativ for næringsdelen (1. og 2. etg.), ellers lik referansecase. - Yttervegg. Reduserer glassarealet. Byttet ut halvparten av teglforbrenningen med lakkerte stålkassetter, i tillegg til å øke arealet noe. - Yttertak: Legger inn mer isolasjon (100 mm ekstra på hele taket).	Ikke beregnet
-----------------------	----------------	--	---------------

Resultatene ved utregning av "klimakroner" er vist i figur 12, for de tre kontorbyggene med alternativer, samt Bjørnsrudskog barnehage (siste stolpe i figuren. For Bjørnsrudskog er kun referansecaset beregnet). Kg CO₂-ekvivalenter fra Calcus er omregnet til "klimakroner" der 1 kg CO₂ = 600 kr/tonn. Resultatet fremkommer i klimakroner per m² bruttoareal (BTA) av bygget.



Figur 12: Figuren viser klimakroner fra materialer for de tre kontorbyggene med alternativer fordelt på ulike deler av bygget (konto 2). For Bjørnsrudskog barnehage er det gjennomført en alternativ vurdering (figuren basert på [33]).

Figur 12 viser at ulike designløsninger gir seg ulike utslag på klimakronene. Det er alternativ A og B for Sverresgate (rehabilitering) som gir det mest åpenbare utslaget i beregning av klimakronene. Referansecaset Sverresgate har cellekontorer, og ved fjerning av innervegger ved omgjøring til åpen kontorløsning, reduserer dette klimautslippet forbundet med materialene, og dermed klimakronene. Sverresgate alternativ B er en beregning basert på modellbygg i Calcus. Alt. B viser de totale klimakronene, dersom Sverresgate hadde vært et nybygg. Et rehabiliteringsprosjekt sparer naturlig nok klimagassutslipp fra materialer. I dette tilfellet er ikke riving medtatt, noe som ville gi enda større besparelse for rehabilitering kontra riving og nybygg.

Endringer av fasademateriale i Brynsengfaret gir seg begrenset utslag. Det samme gjelder mer isolasjon i tak på Sirkeltomta. For større kontorbygg er en stor del av klimabelastningen fra bæresystem og dekker. Spesielt i kontorbygg med store parkeringskjellere og fundamenter, gir det små utslag med endringer på øvrige konstruksjoner.

Skal klimakronene til slike bygg reduseres må man altså gjøre tiltak med de store konstruksjonene som består av betong og stål. Gir prefabrikkerte betong bedre klimagassutslipp enn plassenstøpt? Slike vurderinger må gjøres i en tidlig fase, slik at man har anledning til å prosjektere om.

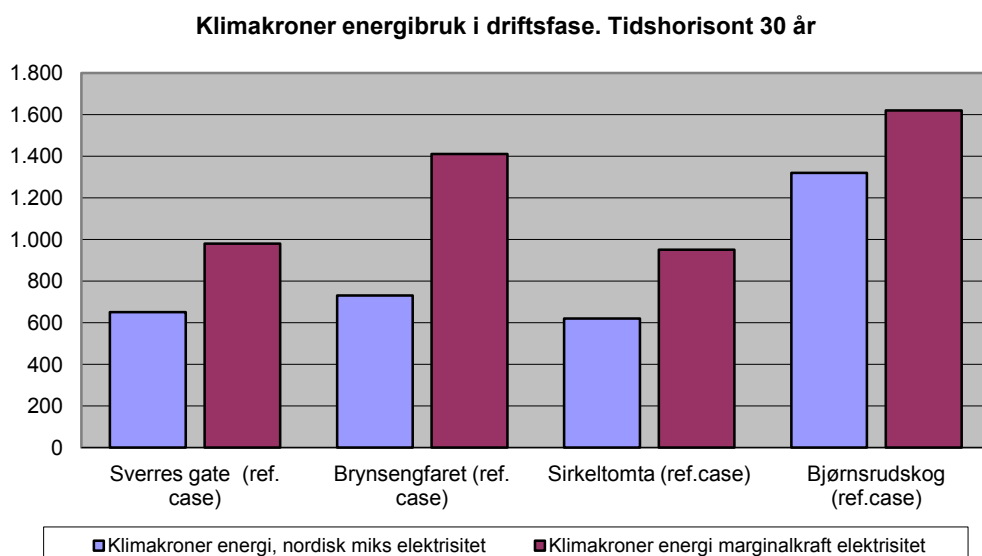
Bjørnsrudskog barnehage har en enklere konstruksjon enn kontorbyggene, dette gir seg utslag i klimakronene for materialene. Konseptet for barnehagen er en optimalisering mot lavere klimagassutslipp, ved bruk av resirkulert aluminium og tre som hovedmaterialer.

5.1.2 Driftsfase

Hvorvidt man ser klimagassutslipp fra en drifts/bruksfase av byggene over 30, 60 eller 100 år vil påvirke resultatene. En lengre tidshorisont vil gi lavere årlige utslipp, og bli tilsvarende mindre avgjørende enn produksjonsfasen av et bygg. I GLITNE er 30 år valgt som tidshorisont. Dette henger sammen med utvikling av virkemiddelet produsentansvar og det faktum at erfaring viser at etter 30 år må bygget med stor sannsynlighet i gjennom en omfattende oppgradering. Basert på dette er det derfor valgt en tidshorisont på også 30 år ved beregning av klimakostnader ved drift/bruk av byggene.

Beregning av energiforbruket i driftsfasen er både basert på opplysninger fra faktisk drift (forbruk og energiforsyning), samt beregnet energibehov/opplysninger om energiforsyning, se kapittel 4.1.

For å "oversette" energiforbruket av elektrisitet til klimagassutslipp er det i tillegg brukt nordisk og marginalitetsbetraktning. Figur 13 viser resultatene (det er kun referansecasene som er beregnet) i "klimakroner" per m² BTA. Ser vi på beregningene der en nordisk vektning av elektrisiteten er lagt til grunn, havner de tre kontorbyggene ganske likt ut, Brynsengfaret med noe høyere verdi. Alle byggene har elektrisitet og fjernvarme. Ved en vurdering med marginalitetsbetraktning blir utslagene mellom kontorbyggene tydeligere. Bjørnsrudskog bruker elektrisitet og gass i sin energiforsyning til bygget, noe som gir høyere verdi (klimakroner).



Figur 13 Klimakroner for energibruk i driftsfasen for de tre kontorbyggene og barnehagen (Bjørnsrudskog). Det er kun referansecasene som er beregnet. Tidshorisonten er 30 år. Både nordisk el. miks og marginalkraft er benyttet.

5.2 Økonomisk verdsetting av avfall – "avfallskroner"

I casene har vi beregnet "avfallskroner" for de ulike casene basert på generert avfall under bygging, scenariobaserte avfallsmengder i driftsfasen (30 år) og til slutt avhending. I tabell 3 er det gitt et eksempel på beregninger av avfallskostnader per fraksjon for Sirkeltomten. Der det ikke er beregning utskiftning i bruksperioden er dette satt = 1 (tilsvarende er 2 = én utskiftning, 1,25 tilsvarer at 25 % av materialene skiftes ut etc.).

Tabell 3 Oversikt over beregning av "avfallskroner" for Sirkeltomten for et utvalg materialer.

Materialer brukt i Sirkeltomten	Kg/m ²	Avfalls-fraksjon (iht. avfallsplan)	Kostnad per kg avfall	Avfalls-kroner kg/m ² BTA	Utskiftning innenfor 30 år	Avfalls-kroner inkl. utskiftning, kg/m ² BTA
Stål resirkulert	349,5	Jern og andre metaller	-0,7	-244	1,1	-270
Puss	20	Betong, tegl, leca etc.	0,2	4	1,25	5,5
Maling	6	Blandet avfall	1,6	10	2,0	20
Keramiske fliser	0,4	Betong, tegl, leca etc.	0,2	0,08	2,0	0,2
Polyetylen	0,2	Blandet avfall	1,6	0,25	2,0	0,5
Sink	0,1	Sink	-4,5	-0,26	1,0	-0,3
Kryssfiner-plater	72,2	Trevirke, ikke kreosot impregnert	0,8	59	1,0	59,2
Betong	1216	Betong, tegl, leca etc.	0,2	261	1,0	261,4

Basert på avfallskostnadene per fraksjon og avfallsplanen er avfallskostnader under bygging beregnet til kr 15/m² BTA (tabell 4).

Tabell 4 Beregnede avfallskostnadene ved bygging av Sirkeltomten.

Fraksjon (iht avfallsplan)	Mengde kg/m ² BTA	Avfallskroner kr/ m ² BTA
Førlig avfall	0,02	0,17
Rent trevirke	0,47	0,39
Papp, papir, kartong	0,13	0,00
Plast	0,13	0,00
Glass	0,09	0,03
Metaller	0,41	0,28
EE-avfall	0,01	0,00
Gips	0,47	0,42
Betong, tegl og takstein	0,47	0,10
Blandet avfall	8,56	14,05
Totalt	11	15

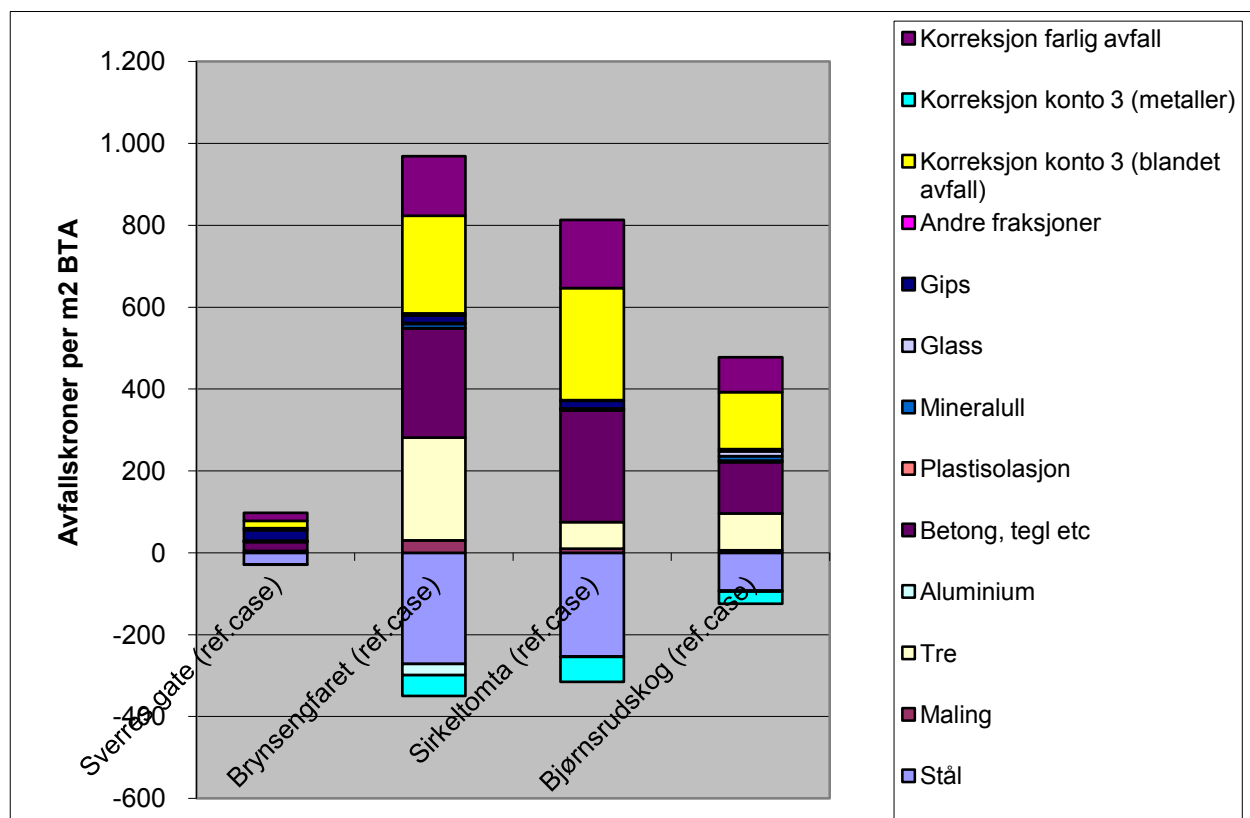
Til forskjell fra beregningen av klimakroner har man for avfallskroner valgt å ta med verdier (korreksjoner) for konto 3 (VVS) når avfallskostnader i driftsfæen og avhending skulle beregnes (tabell 5). En beregning av avfallskostnader for konto 2 basert på fraksjonskostnaden per kg avfall gir en verdi på kr 115 per m² BTA. Med antatte korreksjoner for konto 3, samt en vurdering av mengde førlig avfall blir ny avfallskostnad (fraksjonskostnad, transport og containerleie ikke inkludert) beregnet til 495 kr/m² BTA.

Tabell 5 Beregning av avfallskroner bruksfase og ved avhending av Sirkeltomta.

Poster for beregning av avfallskroner (konto 2 og 3)	Mengde i kr/m ² BTA
Konto 2 (fraksjonskostnad)	115
Korreksjon konto 3, blandet avfall +10 vekt %	274
Korreksjon konto 3 metaller + 5 %	-61
Korreksjon førlig avfall (1 vekt %)	167
Avfallskroner	495

Totalt for Sirkeltomten anslås avfallskroner til å være 15 + 495 = 510 kr/m² BTA.

En oppsummering av avfallskostnader for alle de 4 casebyggene er vist i figur 14 (kun referansebyggene). Metaller får man betalt for ved levering (negativ kostnad). For Sverresgate er det kun avfallsmengder ved selve rehabiliteringen som ligger til grunn.



Figur 14 En oversikt over avfallskostnader for de 4 casebyggene (referansecasene).

5.3 Sammenstilling av resultater

Tabell 6 viser en oversikt over alle beregnede klima- og avfallskostnader vist, med livsløpsfaser som illustrert i figur 11. Verdiene må ses på som overslag og indikative.

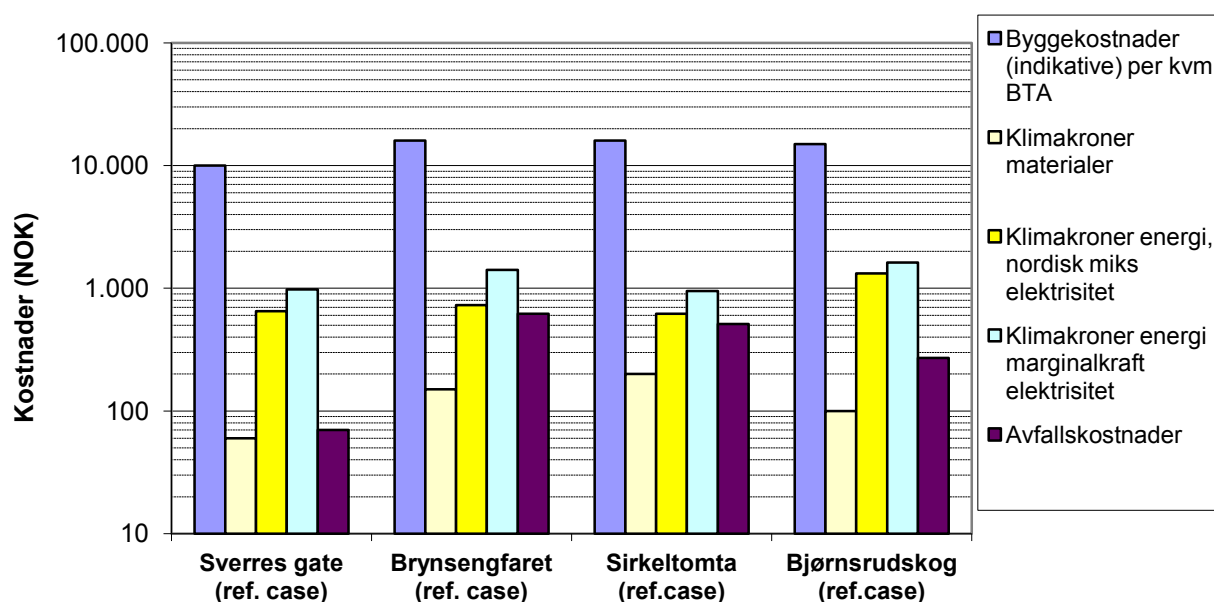
Tabell 6 Beregning av klima- og avfallskroner for casebyggene.

Casebygg	Totalt areal	Klima-kroner materialer	Totale avfalls-kostnader (nybygg, drift, avhending)	Klima-kroner driftsfase (nordisk)	Klima-kroner driftsfase (marginal)	Total "miljøkostnad" (inkl. nordisk/marginal)
	m² BTA	kr / m² BTA	kr / m² BTA	kr / m² BTA	kr / m² BTA	kr / m² BTA
Bjørnsrudskog	710	100	270	1320	1620	1690
						1990
Sverresgate (rehabilitert)	2500	60	70	650	980	780
						1110
Brynsengfaret	33282	150	620	730	1410	1500
						2180
Sirkeltomten	23370	200	510	620	950	1330
						1660

Resultatene viser at avfallskostnadene ligger mellom 500-600 kr/m² BTA for de to kontorbyggene som er nybygg. For Sverresgate er kun mengder ved rehabilitering medtatt (da totale materialmengder i eksisterende ikke var tilgjengelig). Det forventes at Sverresgate ville ha tilsvarende avfallskostnader som de to øvrige kontorbyggene. Beregning av klimakroner for materialer viser at denne utgjør ca 20-30 % av klimakroner beregnet for driftsfasen (nordisk elmiks) for de to nybygg kontorbyggene. Dersom det legges til grunn marginalitetsbetraktning til grunn blir driftsfasen tilsvarende mer betydningsfull.

Totalt sett for alle de fire casebyggene ser det ut til at miljøkostnaden beregnet i GLITNE ligger på mellom kr 700 – 1700 m²/BTA. Kvaliteten på data for materialer (CO₂) og vurderinger av ulik klimabelastning på elektrisitet er svært avgjørende for resultatet.

I en framtidig bruk av verktøyet kan byggekostnader og GLITNE miljøkostnader ses i sammenheng. Dette er illustrert i figur 15. Byggekostnadene er indikative, det vil si ikke basert på faktiske byggekostnader.



Figur 15 I en framtidig bruk av verktøyet kan byggekostnader og GLITNE miljøkostnader ses i sammenheng. Byggekostnader er indikative.

5.4 BIM og Tou Park

For casebygget Tou Park i Stavanger er ISY Calcus brukt for beregning av både klima- og avfallskroner. For Tou Park forelå det en Calcus-fil (IFC-format) som gjorde det dermed mulig å beregne både klima- og avfallskostnader ved hjelp pilotversjonen i ISY Calcus og få testet ut mulighetene ved bruk av bygningsinformasjonsmodellen (BIM). I prosjektperioden til GLITNE leverte NCC et anbud på Tou Park. Tou Park er tenkt som et kombinert bolig- og næringsbygg i totalt 5 etasjer. Tiltaket var planlagt utført som et lavenergihus Energiklasse B.

Resultatet av beregninger for Tou Park i GLITNE pilotmodulen i Calcus er vist i de påfølgende figurer. Det er tatt utgangspunkt i nordisk elektrisitmiks for både driftsfasen og for materialene (figur 16). Driftstiden er satt til 30 år. For å omgjøre klimabelastning til klimakroner er GLITNE-verdien 0,6 (600 kr/tonn CO₂-ekvivalent) lagt til grunn.

Energi/CO2 - Årlig forbruk Estimert energiforbruk pr. år : PBTA*0,85*100 Utslipp CO2-eq/kWh : 0,204 Antall år beregningen gjelder : 30	Utrechnet for byggets levetid Energiforbruk : 23 281 500 Utslipp CO2-eq : 4 749 426 Energiforbruk/BTA : 2 550,0 Utslipp CO2-eq/BTA : 520,2
Energi/CO2 - Under materialproduksjon Utslipp CO2-eq/kWh : 0,204	Kostnad pr. CO2-eq utslipp (kroneverdi) Kr/CO2-eq : 0,6

Figur 16 Skjerm bilde fra ISY Calcus. Det er mulig å legge inn estimert energiforbruk per år. Antall pr beregningen gjelder kan også varieres. I For Tou Park er det valgt en nordisk elmiks (0,204 CO₂-ekvivalenter/kWh) for både materialer og i en tentativ driftsfase.

Fordi Tou Park var en BIM-fil, var det mulig å beregne alle kontoene (ref. tabell 1) i Calcus uten manuell innlegging. Resultatene er vist i figur 17. Tou Park har materialmengder og energiberegninger iht. klasse B i Energimerkeordningen. Resultatene viser at belastning ved produksjon er tilsvarende like viktig som en tentativ driftsfase. Det totale arealet for Tou Park er 8495 m² BTA. GLITNE klimakroneverdien blir dermed 675 kr/m² BTA.

Beskrivelse	CO2-eq	CO2-kr
CO2-eq utslipp materialer	3 723 549	2 234 129
CO2-eq utslipp energi i produksjon	1 087 891	652 734
Σ Sum CO2-eq utslipp fra produksjon	4 811 439	2 886 864
- kWh energi i produksjon : 5 332 798 kWh		
- Utslipp CO2-eq/kWh under material produksjon : 0,204 kWh		
Σ Sum CO2-eq utslipp fra byggets energiforbruk over 30 år	4 749 426	2 849 656
- Estimert forbruk 23 281 500 kWh over levetid 30 år		
- Utslipp CO2-eq/kWh for energi i driftsfasen : 0,204		
Σ SUM CO2-eq utslipp over 30 år	9 560 865	5 736 519

Figur 17 Beregning av klimagasser og klimakroner for Tou Park. Beregningene viser at klimabelastningen ved produksjon av materialer er like stor som en tentativ driftsfase (skjerm bilde fra Calcus).

En tilsvarende vurdering av GLITNE avfallskostnader er også gjennomført ved hjelp av Calcus. Avfallsmodulen beregner en viss mengde avfall ved nybygging, men det er ikke tatt hensyn til utskiftninger ved drift. Figur 18 viser en oversikt over alle kontoer. VVS består av mye metaller, dermed en negativ kronverdi. Det samme gjelder for tele og automatisering. Per m²/BTA blir avfallskroner = 444.

Totalt for Tou Park blir dermed GLITNE miljøkostnad $675 + 444 = 1119$ kr /m² BTA. Dette er noe lavere enn for de to andre kontorbyggene som er beregnet manuelt.

#	Konto - Avfall	Avfall Kg	Avfall Kr
1	Felleskostnader	0	0
2	Bygning	16 369 692	3 775 761
3	VVS	13 606	-8 851
4	Elkraft	15 428	8 524
5	Tele og automatisering	1 110	-2 359
6	Andre installasjoner	1 375	77
7	Utendørs	0	0
8	Generelle kostnader	25	0
9	Spesielle kostnader	0	0
RM	Reserver og marginer	0	0
	SUM KALKYLE	16 401 237	3 773 151

Figur 18 Beregning av avfallskroner for Tou Park, summen gjelder hele arealet 8495 m² BTA (skjermbilde fra avfallsmodulen i Calcus, pilotversjon).

5.5 GLITNE og byggeprosess

Ved å integrere GLITNE-metode i Calcus, som også har BIM/IFC-funksjonalitet, ønsket prosjektgruppen å imøteset et av hovedønskene for verktøyutviklingen i GLITNE; at metoden skulle inngå som en del av de verktøyene som allerede brukes som del av planleggingen og prosjekteringen i dag. Ved å integrere GLITNE-metodikken i et eksisterende kalkulasjonsverktøy med mulighet for å kalkulere på en BIM, er dette godt ivarettatt.

Gjennom uttesting av metoden i case, fikk partnerne som var involvert en mulighet for å se hvordan dette kunne gjøres i praksis. Det er liten tvil om at en BIM er tidsbesparende i forhold til beregningene. Det er også lettere å variere enkelte parametre, for å se hvordan dette slår ut på resultatet.

Behovene for en mer integrert byggeprosess, som ivaretar både de ulike aktørenes behov og ønsker, prosesser og teknologi, er stor. Ved å kalkulere byggekostnader og miljøkostnader sammen, bidrar men til en mer integrert byggeprosess [33]:

- Gjenbruk av data (det er de samme "objektene", dvs. material- og bygningselementene, som bærer både kostnader og miljøegenskaper/kostnader)
- "Interoperability" (bruk av BIM og åpne formater som IFC)
- Bidrar til at et team av fageksperter/aktører jobbet sammen i en integrert prosess, fra idéfasen, fra til programmering til mer detaljert prosjektering
- Implementerer økonomisk verdsetting (miljøkostnader) i et allerede mye brukt verktøy, noe som øker sannsynligheten for at miljøriktig design blir en integrert del av beslutninger
- Øker beslutningsstøtten i design- og prosjekteringsfasen for de ulike aktørene involvert

Forhåpentligvis vil dette bidra til å spare tid, kostnader og redusere miljøpåvirkningen ved bygging og rehabilitering i framtida.

6 Foreløpige konklusjoner og videre arbeid

Utviklingen av de økonomiske vektene i GLITNE-metoden skulle følge prinsippet om gjenopprettende tiltak. For utslipp av klimagasser/global oppvarming ble en kroneverdig der stabilisering og gjenoppretting valgt (iht. 2 graders målet). For avfall er det fraksjonskostnaden som er lagt til grunn (kostnaden ved selve behandlingen av avfallet), og det antas at denne gjenspeiler miljøkostnaden. Basert på tid og ressurser i prosjektet er det kun utviklet retningslinjer for helse- og miljøfarlige stoffer, ikke verdier i kroner.

Metodikken ble utviklet parallelt med integrering i kalkulasjonsverktøyet ISY Calcus. Ved hjelp av casebygg er det dermed beregnet en GLITNE miljøkostnad både manuelt og ved hjelp av en BIM. Resultatene må ses på retningsgivende og ikke absolutte, da det er usikkerheter i både inndata og miljødataene. Datagrunnlaget for klimakalkylen i Calcus har også vært forbedret underveis.

Vurderingene viser imidlertid at miljøkostnadene (GLITNE-verdien) for nybygg kontorbyggene ligger på mellom 1110 og 1500 kr /m² BTA (med nordisk elmiks lagt til grunn).

Børnehagen Bjørnsrudskog ligger på ca 1700 kr/m² BTA og Sverresgate (rehabilitering) på 780 kr/m² BTA, der kun materialmengder brukt i selve rehabiliteringen danner grunnlag for resultatene.

En integrering og uttesting av GLITNE-metodikken i Calcus har vist at et verktøy kan danne grunnlag for beregning av et framtidig miljødepositum for bygg. Slik metoden er bygd opp, vil det være greit å kunne legge til nye miljømoduler utover klima og avfall. Det vil også kunne bidra til å få fram design og løsninger med de laveste miljøkostnadene.

Det videre arbeidet med GLITNE metode og verktøy vil kunne ha flere retninger:

- Videreutvikle flere moduler som kan beregne miljøkostnader
- Teste metodikken med flere casebygg for å få fram referanseverdier på miljøkostnaden
- Bruke metode og verktøy mer aktivt i planlegging, design og prosjektering for å avdekke når informasjon trengs og hvem som etterspør den
- Videreutvikle GLITNE-resultatene (både metode, verktøy og virkemiddel) i sammenheng med BREEAM Nor

Viktige drivere i en slik utvikling er forskrifter (som TEK 10), energisertifikat, miljøklassifisering og bevissthet rundt miljø som konkurransefortrinn, teknologi og bruk av BIM i byggenæringen. Dette vil åpne for en hel rekke nye verktøy som kan utveksle modeller og miljødata på ulike detaljeringsverktøy.

7 Referanser

- [1] NOU 2005:12. Mer effektiv bygningslovgiving II. Bygningslovutvalget for Kommunal og regionaldepartementet.
- [2] NHP nettverket (2007). Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012. www.byggemiljo.no
- [3] 89/106/EØF Rådsdirektiv av 21 desember 1988 om tilnærming av medlemsstatenes lover og forskrifter om byggevarer (Byggevaredirektivet)
- [4] ISO 21930:2007, *Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products*
- [5] NS-ISO 14025:2006, *Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer*
- [6] NS-EN ISO 14040:2006, *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*
- [7] NS-EN ISO 14044:2006, *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer*
- [8] CEN/TC 350 WI 011 "Sustainability of construction works, Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method" Environmental calculation".
- [9] Strand-Hanssen, S. (2008): GLITNE, DP 1: Miljøvurderingsmetoder for bygg og økonomisk vektning av miljøeffekter. Oppdragsrapport SINTEF Byggforsk.
- [10] Byggforskserien (2010), Byggdetaljer 470.103 *Miljødeklarasjon av byggevarer*, SINTEF Byggforsk, Oslo 2010 (<http://bks.byggforsk.no>)
- [11] Byggforskserien (2000), 470.101 *Livsløpsvurdering av bygninger og bygningsmaterialer*, SINTEF Byggforsk, Oslo 2000 (<http://bks.byggforsk.no>)
- [12] EN 15804. Sustainability of construction works- Environmental product declarations- core rules for the product category of construction products (CEN/TC 350, 2009)
- [13] Fossdal, Sverre (2007) Product- category rules (PCR) For preparing an environmental declaration (EPD) for Product Group Building boards. Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner www.epd-norge.no
- [14] Kommunal- og regionaldepartementet (2009). Bygg for fremtida. Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012. www.regjeringen.no/nb/dep/md
- [15] Miljøverndepartementet (2007). St. meld.nr 14 (2006-2007) Sammen for et giftfritt miljø- forutsetninger for en tryggere fremtid. www.regjeringen.no/nb/dep/md
- [16] CEN/TC 351 Mandate M366 (2005) Horizontal complement to the mandates to CEN/CENELEC concerning the execution of standardisation work for the development of horizontal standardised assessment methods for harmonised approaches relating to dangerous substances under the construction products directive (CPD). 2007-2012
- [17] Gabi (2002). www.gabi4.com PE international
- [18] Wærp, S; Grini, C; Folvik, K og Svånæs J (2009). Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter. Resultater fra MIKADO-prosjektet. Prosjektrapport nr. 50. SINTEF Byggforsk
- [19] Dokka et.al. (2009): Kriterier for passiv- og lavenergibygg - Yrkesbygg. Prosjektrapport nr 42, SINTEF Byggforsk
- [20] Byggforskserien (2010) 700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler. Oslo: SINTEF Byggforsk. (<http://bks.byggforsk.no>)
- [21] Nordby et.al (2006). Lifetime and demountability of building materials. Proceedings of the global built environment. Towards an integrated approach for sustainability.
- [22] Prioritetslisten. SFT. www.miljostatus.no
- [23] EN 15251:2007, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
- [24] Wærp, Silje; Holthe, Kristin (2009): Turn-over rate and environmental load for building materials - Checkpoints in design process. SASBE 09 "Building smartly for a changing climate", 15.-19.06.09, Delft, Nederland
- [25] Finansdepartementet (2010). Prop 1 S(2009-2010) kap 3.14 Avgift på sluttbehandling av avfall. Skatte-, avgifts og tollvedtak. Finansdepartementet.
- [26] SFT (2007) Forbud mot deponering av nedbrytbart avfall. Konsekvensutredning
- [27] Veolia (2010). Personlig meddelelser Veolia miljø. Indikative priser på levering avfall.
- [28] Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall. Avfallsforskriften.2009

- [29] Avfallsforskriften kap 15 om byggavfall. Veileder for avfallsprodusenter med flere. Nr 2357/2007 SFT 2007.
- [30] "6 viktige typer farlig avfall på byggeplass" Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP). Publisert juni 2009. www.byggemiljo.no
- [31] Dokka, T.H, Hauge, G., Thyholt, M., Klinski, M., Kirkhus, A. (2009): Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene! Prosjektrapport 40, SINTEF Byggforsk
- [32] ISY Calcus (2009): ISY Calcus Brukerdokumentasjon, August 2009. Versjon 5.0, Norconsult Informasjonssystemer, www.nois.no
- [33] Holthe (2009): "Improved building design by joint calculating building costs and environmental costs?" Proceedings CIB IDS, Espoo, Finland
- [34] Holthe, K., Thiis, T., Strand-Hanssen, S., Fossdal, S. (2008): Digital schemas for modeling and exchanging environmental information on buildings. Proceedings of the World Conference SB08, 21-24 Sept. 2008. 2861-2869.
- [35] Sivertsen, K. and Surnflødt, E. 2007, BuildingSMART and environmental assessment of buildings, Master Thesis, The Norwegian University of Life Sciences (UMB), Aas, Norway
- [36] Damigos, D. (2006): An overview of environmental valuation methods for the mining industry. Journal of Cleaner Production, Volume 14, 2006, Pages 234-247
- [37] Holthe et. al (2011): Konsensus. Metode for miljøvurdering (LCA) av bygninger – dagens praksis og anbefalinger. Rapport delprosjekt 1 – Konsensus Arena. SINTEF Byggforsk, Østfoldforskning.
- [38] Selvig, E., Cervenka, Z. 2008. Holistic life cycle GHG emissions associated with buildings. Proceedings of the World Conference SB08, 21-24 Sept. 2008.
- [39] Ovesen, Hege (2008): Utredning. Oppsummering av spørreundersøkelse blant partnerne i GLITNE. SINTEF Byggforsk
- [40] Strand-Hanssen, S., Holthe, K. and Ovesen, H. 2008. How can extended producer responsibility contribute to more sustainable buildings. Proceedings of the World Conference SB08, 21-24 Sept. 2008.
- [41] Mysen et. al (2010): Forslag til Byggenæringens miljøfond og Tiltaksmodellen, SINTEF Byggforsk prosjektrapport 54.
- [42] SFT (2007): "Reduksjon av klimagasser i Norge. En tiltaksanalyse for 2020". TA-2254/2007, ISBN 978-82-7655-514-1
- [43] Nordic Councils of Minister (2004): Cost of Late Action – the Case of PCB. TemaNord 2004:556. ISBN 92-893-1078-2, Copenhagen, Denmark

Vedlegg 1 Avfallshåndtering - dagens praksis

Tabellen beskriver vanlig avfallshåndtering på byggeplass og sluttavhending på godkjent mottak. Kilde er: [27][28][29][30]. Angivelse av farlig avfall er indikativ. Alle opplysningene er veiledende, produsenten kan ha andre opplysninger.

Type materiale	Avfallsfraksjon på byggeplass (ved endt livsløp)	Returordning på byggeplass	Type gjenvinning ved endt livsløp (vanlig praksis)
Aluminium nytt	Jern og andre metaller		Materialgjenvinning
Aluminium resirkulert	Jern og andre metaller		Materialgjenvinning
Asfalt	Asfalt		Materialgjenvinning
Betong	Betong, tegl, leca etc.; forurensset betong, tegl, leca etc		Materialgjenvinning, deponi
Fibersementplate	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Fugemasse akryl	Blandet avfall		Energigjenvinning
Fugemasse silikon	Restavfall		Energigjenvinning
Gassbetong	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Gipsplater	Gipsbaserte materialer	Ja	Materialgjenvinning, deponi
Glass	Glass		Materialgjenvinning
Keramiske fliser	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Kobber	Jern og andre metaller		Materialgjenvinning
Kork	Restavfall		Energigjenvinning
Trebaserte plater feks MDF, OSB, sponplater og kryssfinerplater	Trevirke, ikke kreosot impregnert		Energigjenvinning
Lettklinker	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Linoleum	Restavfall		Energigjenvinning
Maling	Restavfall	Ja	Energigjenvinning
Mineralull	Restavfall	Ja	Deponi
Mørtel	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Naturstein	Betong, tegl, leca et		Materialgjenvinning
PVC	Restavfall, farlig avfall		Energigjenvinning, Farlig avfall
Papir, papp	Papir, papp og kartong	Ja	Materialgjenvinning
Polyeter (skumgummi)	Restavfall, farlig avfall		Energigjenvinning
Polyetylen (PE)	Plast	Ja	Materialgjenvinning, Energigjenvinning
Polystyren (EPS, XPS)	Restavfall, farlig avfall		Energigjenvinning, farlig avfall
Polyuretan	Restavfall, farlig avfall		Energigjenvinning, farlig avfall
Porselen	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning, deponi
Polypropylen (PP)	Plast	Ja	Materialgjenvinning, Energigjenvinning
Puss	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Sement	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning

Sink	Jern og andre metaller		Materialgjenvinning
Skumglass	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Sponplater	Trevirke, ikke kreosot impregnert		Energigjenvinning
Stål nytt	Jern og andre metaller		Materialgjenvinning
Stål resirkulert	Jern og andre metaller		Materialgjenvinning
Takfolie	Restavfall		Energigjenvinning
Takpapp	Restavfall, førlig avfall		Energigjenvinning, deponi
Tegl	Betong, tegl, leca etc.		Materialgjenvinning
Teppe	Restavfall, førlig avfall		Energigjenvinning, Førlig avfall
Tre (behandlet, ikke impregnert)	Trevirke, ikke kreosot impregnert		Energigjenvinning
Tre (impregnert kobber, CCA, kreosot mm)	Førlig avfall		Førlig avfall
Vinyl (PVC)- belegg	Restavfall Førlig avfall		Energigjenvinning, Førlig avfall



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no