

Norges miljø- og biovitenskapelige
universitet
Fakultet for samfunnsvitenskap
Handelshøyskolen

Masteroppgave 2014
30 stp

Hvordan skal fortidens bygg møte fremtidens klimakrav?

**- En analyse av Total Concept som
verktøy for ambisiøse oppgraderinger.**

Yesterday's buildings meet
tomorrow's climate.

- An analysis of Total Concept as
a tool for ambitious upgrades.

Kristine Aarnseth Kirkbak

FORORD

Denne oppgaven markerer slutten på min master i økonomi og administrasjon ved Handelshøyskolen ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet våren 2014 og inngår som en obligatorisk avslutning på studiet, hvor den vektlegges 30 av totalt 120 studiepoeng.

Jeg har stor interesse for bygg, miljø og initiativ på dette feltet som kan ha positiv betydning for fremtiden. Interessen for dette har vokst gjennom studieløpet ved NMBU, og jeg ble derfor svært glad da jeg i samarbeid med Statsbygg fikk mulighet til å skrive min masteroppgave om dette temaet. Statsbygg hadde akkurat startet med forskning – og utviklingsprosjektet Total Concept, og jeg ble tidlig tiltenkt en rolle for å kunne analysere dette energieffektiviserende verktøyet og metoden. Denne muligheten er jeg svært takknemlig for.

Oppgavens tema har vært å se på hva Total Concept kan bidra med for å fremme ambisiøse oppgraderinger på eksisterende bygg i fremtiden, og problemstillingen er utarbeidet i samarbeid med SINTEF og Statsbygg høsten 2014.

Jeg ønsker å takke min hovedveileder Jens Bengtsson for god og konstruktiv hjelp gjennom hele prosessen. Videre ønsker jeg å takke Statsbygg for introduksjon til emnet og for at dere raskt og imøtekommende har svart på mine spørsmål. Jeg vil rette en stor takk til alle dere i AF Gruppen, Multiconsult, Hjellnes Consult og SINTEF som har avsett tid fra deres hektiske jobbhverdag for å svare på mine spørsmål og stilt til intervjuer. Uten denne verdifulle informasjonen hadde ikke oppgaven blitt til. Til slutt ønsker jeg å takke min Christopher for viktige innspill og god hjelp gjennom hele prosessen.

Oslo, 14. mai 2015

Kristine Aarnseth Kirkbak

SAMMENDRAG

Norge er blant landene som bruker desidert mest energi til drift av i bygg i verden, og den eksisterende bygningsmassen representerer et enormt potensiale for energibesparelser. Staten har en uttalt målsetning om å redusere energibruken i norske boliger og yrkesbygg med 50 % innen 2040. Likevel har lave kraftpriser og fokus på nye fremfor eksisterende bygg bidratt til en stadig økning i energibruken i norsk bygningsmasse det siste tiåret.

Total Concept er en metode og et verktøy utviklet av svenske BELOK, for å foreta lønnsomhetsanalyser av energieffektiviserende tiltak i eksisterende bygg. Konseptets overordnede formål er å oppnå så høy energibesparelse som mulig ved oppgradering, samtidig som byggherrens krav til avkastning overholdes.

Denne analysen er basert på en casestudie av Vegkontoret på Steinkjer som først ut i Norge oppgraderes ved anvendelse av Total Concept, i et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk og Statsbygg. Videre er dagens praksis for energieffektivisering av eksisterende bygg kartlagt, gjennom dybdeintervjuer med sentrale aktører i byggebransjen. Målet med denne oppgaven har vært å undersøke hvordan Total Concept kan bidra til å øke ambisjonsnivået ved oppgradering av eksisterende bygg i fremtiden.

Ved dagens praksis for energieffektivisering av bygg ligger fokus i stor grad på å realisere kortsiktig bedriftsøkonomisk gevinst gjennom å utføre de isolert sett mest lønnsomme ENØK-tiltakene. Dette resulterer ofte i en begrenset energibesparelse (typisk opp til 20 %) i forhold til det som er teknisk og økonomisk gjennomførbart.

Analysen indikerer at bruk av Total Concept ved lønnsomhetsberegninger for ENØK-tiltak kan bidra til betydelig høyere energibesparelse ved oppgradering av eksisterende bygg, typisk opp til 50 %. Dette muliggjøres gjennom at man lar de isolert sett mest lønnsomme tiltakene kompensere for mindre lønnsomme eller ulønnsomme tiltak. Dette bidrar til at flere av de teknisk gjennomførbare tiltakene gjennomføres. Følgelig økes den totale energibesparelsen, samtidig som avkastningskravet til byggeier overholdes for tiltakspakken som helhet.

Statsbygg er en av Norges største eiendomsforvaltere og har bred innflytelse i den norske byggebransjen. Gjennom sin forskning og eventuelt videre satsning på Total Concept kan Statsbygg bidra til at verktøyet demonstreres i praksis, videreutvikles og får fotfeste blant både offentlige og private eiendomsforvaltere, konsulenter og leverandører. På denne måten kan konseptet bidra til en videreutvikling eller en mer omfattende endring av dagens praksis. Som et minimum kan det skape økt kunnskap, bevissthet og debatt rundt hvordan man på en bærekraftig måte skal klare å halvere energiforbruket i norsk bygningsmasse.

ABSTRACT

Norway's energy consumption in buildings is among the highest in the world, and our existing building stock represents a vast potential for energy savings. The Government has targeted a 50 % reduction in the total energy consumption for residential and commercial buildings by 2040. Nonetheless, low electricity costs and a high focus on new rather than existing buildings has led to a steady increase of the energy consumption in buildings over the past decade.

Total Concept is a methodology and tool developed by Swedish BELOK for profitability analyses of energy efficiency measures in existing buildings. The overarching aim of the concept is to achieve the highest possible energy savings during upgrades, while maintaining the required rate of return.

This analysis is based upon a case study of Vegkontoret at Steinkjer which is the first building in Norway to be upgraded using Total Concept, carried out by SINTEF Byggforsk in collaboration with Statsbygg. Furthermore today's best practice for energy efficiency measures in buildings has been mapped through interviewing key players in the construction industry. The aim of this assignment has been to investigate how Total Concept can contribute to increasing the level of ambition during rehabilitation of existing buildings in the future.

In today's practice for energy efficiency upgrades in buildings, focus is largely on gaining short term commercial profits through conducting the measures that are individually most profitable. This often results in limited energy savings (typically up to 20 %) compared to what is technically and economically achievable.

This analysis indicates that using Total Concept in profitability analyses can return significantly higher energy savings in energy efficiency projects for buildings, typically up to 50 %. This is achieved by allowing the most profitable measures to compensate for the less profitable or unprofitable measures. Through this approach a higher share of the technically achievable measures can be included. As a result the total energy savings are increased, while the required rate of return is satisfied for the package of measures.

Statsbygg has a broad influence in the Norwegian construction industry. Through their research within Total Concept, they can contribute to demonstration of the tool, further development and a foothold for the methodology among public and private property managers, consultants and contractors. This could lead to further development or a more comprehensive change of today's best practice. As a minimum it could create increased knowledge, consciousness and debate with regards how we will manage to reduce today's energy consumption in the Norwegian building stock by half.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	i
SAMMENDRAG	iii
ABSTRACT	v
TABELLISTE	x
FIGURLISTE	xi
1. INNLEDNING.....	13
1.1. TEMA FOR OPPGAVEN.....	13
1.2. PROBLEMSTILLING.....	14
1.3. AVGRENSNINGER.....	14
1.4. DISPOSISJON.....	15
1.5. DEFINISJONER.....	16
2. BAKGRUNN	17
2.1. KLIMAPOLITIKK OG NORSKE MÅL	17
2.1.1. Byggsektoren i Norge og norske mål	17
2.2. SAMFUNNSANSVAR I STATEN.....	18
2.3. OM STATSBYGG.....	19
2.4. STATSBYGGES MILJØSTRATEGI.....	20
2.4.1. Nybygg.....	21
2.4.2. Oppgradering av eksisterende bygningsmasse	21
2.5. TOTAL CONCEPT	22
2.5.1. Utbredelsen av Total Concept i Sverige	23
2.5.2. Total Concepts tre trinn.....	25
2.6. CASESTUDIE: VEGKONTORET PÅ STEINKJER.....	28
3. TEORETISK FORANKRING.....	29
3.1. BEGREPER	29
3.2. DEFINISJON BYGGSTANDARDE.....	29
3.3. ENERGI I BYGNINGER.....	31
3.3.1. Bygningens egenskaper	31
3.3.2. Tekniske installasjoner.....	32
3.3.3. Ytre klimapåkjenninger	33
3.4. ENERGISTATISTIKK.....	34
3.4.1. Energiareal.....	34
3.5. INVESTERINGER.....	34
3.5.1. Investeringer i offentlig virksomhet	36
3.5.2. Investering i energieffektiviseringstiltak i bygg.....	36
3.5.3. Avkastningskrav	36
3.5.4. Risiko og usikkerhet.....	37
3.6. INVESTERINGSANALYSE.....	38
3.6.1. Tilbakebetalingsmetoden (Paybackmetoden)	38
3.6.2. Nåverdimetoden.....	39
3.6.3. Annuitetsmetoden	40
3.6.4. Internrentemetoden	40
3.6.1. Internrentemetoden versus tilbakebetalingsmetoden	41

4. METODE	43
4.1. TO FORSKNINGSMETODER	43
4.2. FORSKNINGSDSIGN OG VALG AV METODE	44
4.2.1. Litteraturstudium	45
4.2.2. Intervjuer og samtaler	45
4.2.3. Casestudie	47
4.3. RELABILITET OG VALIDITET	47
4.4. ETISKE VURDERINGER	48
5. NORSK BYGGSEKTOR: ENERGIFORBRUK OG MÅL	49
5.1. ENERGIBRUK I NORGE	49
5.1.1. Energibruk i norsk byggsektor	49
5.1.2. Mål for energieffektivisering	50
5.1.3. Enovatilskudd og andre insentiver	51
5.2. ENERGIBRUK I STATSBYGG	51
5.2.1. Statsbyggs portefølje	51
5.2.2. Energibruk i eksisterende bygningsmasse	52
5.2.3. Statsbyggs kraftavtale	54
5.2.4. Statsbyggs ambisjoner for energieffektivisering	55
6. TRADISJONELL ENERGIEFFEKTIVISERING	57
6.1. VALG AV TILTAK	57
6.2. LØNNSOMHETSANALYSER	58
6.3. TYPISK ENERGIBESPARELSE I DAG	58
6.4. INDIVIDUELLE FORSKJELLER	59
6.4.1. Byggherrens ønsker	60
6.5. DAGENS PAKKELØSNINGER	60
6.6. OPPFØLGING	61
7. VEGKONTORET PÅ STEINKJER: TOTAL CONCEPT I PRAKSIS	62
7.1. PRESENTASJON AV PROSJEKTET	62
7.2. BYGGETS TILSTAND	63
7.3. VALG AV TILTAK	64
7.3.1. Trinn 1: Energieffektiviserende tiltak	64
7.3.2. Dynamisk justert utgangspunkt	65
7.4. TILTAKSPAKKE MED TOTAL CONCEPT	69
7.4.1. Resultat	71
8. HOVEDFUNN OG DRØFTING	75
8.1. ETABLERING AV TILTAKSPAKKE	75
8.1.1. Beregning av lønnsomhet for enkelt-tiltak	75
8.1.2. Valg av tiltakspakke: Energibesparelse og samlet lønnsomhet	77
8.1.3. Lønnsomhetsvurdering for tiltakspakken som helhet	79
8.1.4. Fra eksisterende bygg til forskriftskrav (TEK10)	82
8.2. USIKKERHET OG RISIKO	83
8.2.1. Usikkerhet i lønnsomheten for enkelttiltak	83
8.2.2. Risiko ved gjennomføring av tiltakspakke	86
8.2.3. Livssyklusanalyser	87
8.3. ANDRE MULIGE GEVINSTER VED BRUK AV TOTAL CONCEPT	88
8.3.1. Programvaren: Totalverktøy	88
8.3.2. Kommunikasjon mellom ingeniører og økonomer	89
8.4. TOTAL CONCEPT SOM VERKTØY FOR Å NÅ KLIMAMÅL	90

8.4.1.	Utviklingen fram til 2040	90
8.4.2.	Energieffektivisering av yrkesbygg	91
8.4.3.	Statsbygg som driver for mer ambisiøse ENØK-tiltak	93
9.	KONKLUSJON	95
10.	FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	97
11.	REFERANSER.....	98
VEDLEGG.....	101
	<i>VEDLEGG 1: Forkortelser</i>	<i>101</i>
	<i>VEDLEGG 2: Kopi av lønnsomhetsberegning tradisjonell metode</i>	<i>102</i>

TABELLISTE

Tabell 1 Forskjellen på kvantitativ og kvalitativ metode satt i system.	44
Tabell 2 Forskningsdesign.	45
Tabell 3 Utgangspunkt for dybdeintervju.	46
Tabell 4 Nøkkeltall Statsbyggs Energirapport 2014.	53
Tabell 5 Energibruk og areal for Statsbyggs portefølje de siste 4 år	54
Tabell 6 Utvalgte hovedtall Årsrapport 2014 for Statsbygg.	55
Tabell 7 Nøkkeltall Vegkontoret i Steinkjer fra Energistatistikk 2014.	63
Tabell 8 Levetid og energibehov for eksisterende, TEK10 og passivhusnivå, samt investering fra TEK10 til passivhusnivå.	65
Tabell 9 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 1: Skifte av vinduer og dører	66
Tabell 10 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 2: Utvendig etterisolering av tak.	66
Tabell 11 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 3: Behovsstyrt LED-belysning.	67
Tabell 12 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 4: Fra CAV til DCV.	67
Tabell 13 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 5: Utvendig etterisolering av fasader.	68
Tabell 14 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 6: Bergvarmepumpe.	68
Tabell 15 Økonomisk inndata lønnsomhetsberegning.	69
Tabell 16 Lønnsomhet av tiltakspakke i energibesparelse, kostnad og sum internrente	70
Tabell 17 Inndata til energisimulering Total Concept fra eksisterende bygg, via TEK10 og opp til passivhus.	73
Tabell 18 Valg av tiltakspakke ved ulike scenarier for avkastningskrav, samt økonomiske nøkkelparametere og total energireduksjon for de ulike pakkene.	78

FIGURLISTE

Figur 1 Energibruk yrkesbygg og boliger for perioden 1994-2012.	18
Figur 2 Oversikt antall eiendommer hvor TC har blitt anvendt.	24
Figur 3 Resultat for tre bygninger som har gjennomført Total Concepts tre steg.	25
Figur 4 Eksempel tiltakspakke i internrentediagram.	26
Figur 5 Utvikling av krav til energirammer i ulike TEK for ulike typer yrkesbygg.	30
Figur 6 Energibalanse i bygninger.	31
Figur 7 CAV. Kontinuerlig luftmengde.	32
Figur 8 VAV. Variabel luftmengde.	32
Figur 9 DCV. Behovsstyrt luftmengde.	33
Figur 10 Korrelasjonen mellom levetid, internrente og inntjeningstid.	42
Figur 11 Energiforbruk Fastlands-Norge fordelt på formål.	49
Figur 12 Norsk byggsektors energimål fram til 2040.	50
Figur 13 Oversiktstegning Vegkontoret på Steinkjer.	63
Figur 14 Energibesparelse isolert sett opp mot pakke hvor synergieffekter er tatt hensyn til.	69
Figur 15 Tiltakspakke Vegkontoret på Steinkjer illustrert i internrentediagram.	71
Figur 16 Internrente for tradisjonell og Total Concept metode ved de respektive tiltakspakker.	76
Figur 17 Likheter og forskjeller ved utarbeidelse av tiltakspakke ved bruk av TC og vanlig praksis.	77
Figur 18 Total reduksjon i energibehov for bygget sett i sammenheng med inntjeningstiden.	80
Figur 19 Illustrasjon av hvordan TC for Vegkontoret på Steinkjer tar utgangspunkt i TEK10.	82
Figur 20 Prognose kraftpris år 2020 og 2030.	84
Figur 21 Sensitivitet tiltak 4: Fra CAV til DCV.	85
Figur 22 Illustrerer energibruken i norsk byggsektor de siste ti år, samt målet om halvering av energiforbruket i 2040.	90
Figur 23 Illustrasjon av mulig effekt ved full implementering av Total Concept.	92
Figur 24 Energibruk per kvm i 332 bygg i Statsbyggs portefølje.	93

1. INNLEDNING

1.1. TEMA FOR OPPGAVEN

Denne masteroppgaven omhandler Total Concept, en metode og et verktøy for å gjennomføre energieffektivisering av eksisterende bygg. Målet for oppgaven er å belyse hvordan bruk av Total Concept eventuelt kan bidra til at energibesparelsen blir høyere enn ved bruk av den tradisjonelle praksisen for energieffektivisering som benyttes i dag. Oppgaven sammenligner dagens metodikk og praksis opp mot Total Concept, hvilke energibesparelser som typisk oppnås ved de ulike tilnærmingene, samt ser på ulike risiko- og usikkerhetsmomenter ved investering i energibesparende tiltak. Med vanlig eller tradisjonell metode menes de metoder som blir brukt i bransjen i dag til å beregne lønnsomhet for ulike tiltak i forbindelse med oppgradering av bygg. Videre kobles dette til samlet energibruk i Statsbyggs portefølje og den totale norske bygningsmassen. Det undersøkes hvordan Total Concept som verktøy kan bidra til at Statsbygg og andre eiendomsforvaltere oppnår ambisiøse miljø- og klimamål gjennom energieffektivisering av eksisterende bygg. Oppgaven er utformet i samarbeid med Statsbygg og SINTEF.

SINTEF etterspurte tidlig i 2014 potensielle oppgraderingsprosjekter hos sine partnere.¹ Disse prosjektene skulle inngå som pilotbygg, der Total Concept skulle benyttes for å finne en optimal tiltakspakke for energieffektivisering. Et bygg som ble valgt for dette formålet er Vegkontoret på Steinkjer. Formålet med oppgraderingen er å forbedre inneklimate og oppgradere bygget til passivhusstandard² gjennom bruk av Total Concept-metodikken. Eksisterende bygningsmasse er et av Norge og Statsbyggs store utfordringer, og ambisiøse oppgraderinger kan komme samfunnet til gode på sikt. Et viktig aspekt i oppgaven er samfunnsansvar i staten, hvor Statsbygg spiller en sentral rolle.

¹ Statsbygg og Forsvarsbygg

² Byggestandard hvor det gjennomføres *passive* tiltak. Dette kan være ekstra isolasjon, ekstra gode vinduer, ekstra god tetthet etc., samt gjenvinning av varme som kommer fra ventilasjonsanlegg.

1.2. PROBLEMSTILLING

Målet med denne masteroppgaven er å gjennomføre en analyse av tradisjonell metode og Total Concept, og avdekke hva Total Concept eventuelt kan bidra med for å fremme ambisiøse oppgraderinger av eksisterende bygningsmasse. På bakgrunn av ovennevnte temabeskrivelse vil følgende problemstilling være utgangspunkt for oppgaven:

Hvordan kan bruk av Total Concept bidra til å fremme mer ambisiøs energieffektivisering av eksisterende bygg?

Herunder:

- Hvordan kan anvendelse av Total Concept-metodikken bidra til at flere av de teknisk mulige energieffektiviseringstiltakene ved eksisterende bygg gjennomføres, og på den måten bidra til høyere energibesparelse?
- Hvilke andre aspekter ved Total Concept kan bidra til å gi økte energibesparelser ved oppgradering av eksisterende bygg?

For å svare på problemstillingen er det essensielt å innhente informasjon om hvordan den representative praksisen for energieffektivisering av eksisterende bygg er i dag. Dette vil danne sammenligningsgrunnlaget for bruk av Total Concept som verktøy. I tillegg vil den valgte casestudien illustrere Total Concept som metode for videre analyse av forskjellene mellom disse to fremgangsmåtene ved energieffektivisering. Mer om dette vil bli presentert i kapittel 4 om metode.

1.3. AVGRENSNINGER

Oppgaven vil bli avgrenset til kun å gjelde de økonomiske og samfunnsøkonomiske aspektene ved det valgte tema. Tekniske detaljer angående bygg og energi på ingeniørnivå vil bli presentert overordnet dersom det er høyst nødvendig for forståelse av oppgaven.

1.4. DISPOSISJON

Kapittel 2 *Bakgrunn* vil innlede oppgaven med å gi leseren tilstrekkelig bakgrunnskunnskap om Statsbygg, byggsektoren i Norge, klimapolitiske mål og på generell basis bygge opp under temaet for oppgaven. Til slutt vil det bli en introduksjon av Total Concept, hvor det vil bli viet relativt mye plass til innføring av metoden. Dette for å gi leser tilstrekkelig kunnskap til å ta fatt på resten av oppgaven.

Kapittel 3 *Teori* vil ta for seg det økonomiteoretiske grunnlaget, som omfatter investeringer og ulike typer lønnsomhetsanalyser med mer. Det vil også bli gjennomgått ulike aspekter omkring usikkerhet og risiko ved investeringer, samt generelt om energibruk i bygninger.

Kapittel 4 *Metode* drøfter metodevalgene og valg av forskningsdesign, hvordan innsamlingen av data er blitt utført, samt reliabilitet, validitet og etiske vurderinger.

Kapittel 5 *Norsk byggsektor* vil presentere energibruken i Norge i dag, samt ulike mål for fremtiden.

Kapittel 6 *Tradisjonell energieffektivisering* presenterer tradisjonell metode basert på informasjon fra aktører i bransjen.

Kapittel 7 *Vegkontoret på Steinkjer* vil presentere casestudiet, og gi en grundig innføring i investeringen som skal foretas i forbindelse med oppgraderingen av bygget ved bruk av Total Concept.

Kapittel 8 *Hovedfunn og drøfting* vil presentere ulike funn og drøfte disse i henhold til problemstillingen for oppgaven.

Kapittel 9 *Konklusjon* vil søke å konkludere på bakgrunn av resultatene og diskusjonen. Videre forskning og begrensninger vil bli viet et delkapittel som en endelig avslutning.

Avslutningsvis kommer en *referanseliste*, samt *vedlegg*.

1.5. DEFINISJONER

Begrepene verktøy og metode brukes synonymt i teksten når Total Concept omtales. Dagens praksis omtales synonymt ved bruk av begrepene tradisjonell, dagens og vanlig praksis/metode synonymt.

Tradisjonell praksis er herunder hvilken fremgangsmåte de ulike energirådgiverne per dags dato benytter når de skal utføre energiberegninger for å utarbeide en tiltakspakke.

I denne oppgaven vil begrepet oppgradering brukes fremfor rehabilitering selv om disse begrepene ofte brukes om hverandre.

Rehabilitering er *"reparasjonsarbeider som strekker seg utover de mindre, løpende vedlikeholdsoppgavene, og som fører bygningen tilbake til dens opprinnelige standard."* [1]

Oppgradering omfatter *"arbeid som hever bygningens standard i forhold til eksisterende eller opprinnelig standard"*. [1]

Oppgradering er mest dekkende for den formen for ombygging som blir presentert i denne oppgaven, siden målet er en standardheving ved bruk av energieffektiviserende tiltak.

Ambisiøs oppgradering og *energieffektivisering* dekker mange typer oppgraderinger eller rehabiliteringer. [2] Definisjonen på *"ambisiøs oppgradering"* er gjerne diffus, men i denne sammenheng vil det innebære en helhetlig oppgradering av høy kvalitet, hvor langsiktige og omfattende miljøhensyn blir ivaretatt.

2. BAKGRUNN

Kapittel 2 vil gå nærmere inn på bakgrunn for oppgaven, samt gi en grundig innføring i verktøyet Total Concept.

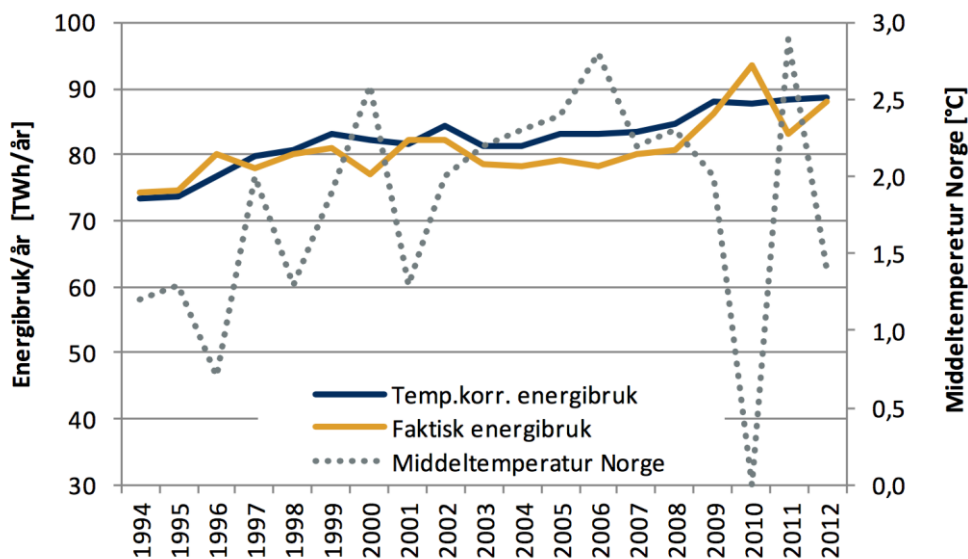
2.1. KLIMAPOLITIKK OG NORSKE MÅL

«Det norske samfunnet står overfor store omstillinger. En viktig årsak er at verdens klimagassutslipp må kuttes for å begrense farlige, menneskeskapt klimaendringer. Under forhandlingene av en ny, internasjonal klimaavtale i Paris i desember, må Norge, og verden, ta nye og modige skritt på vei mot lavutslippssamfunnet». Dette uttalte statsminister Erna Solberg i februar 2015. [3] Regjeringen foreslår at innen 2030 skal Norge kutte klimautslippene med 40 % sammenlignet med 1990. EU leder an i dette arbeidet, og regjeringen tar sikte på at Norge skal samarbeide og slutte seg til EUs klimarammeverk.

Flere studier hevder at energieffektivisering er det enkleste og billigste klimatiltaket. [4] På bakgrunn av dette er det derfor per dags dato bred politisk og faglig enighet om at energieffektivisering må prioriteres, nå og i fremtiden. Et viktig budskap er at *”Den mest miljøvennlige energien er den man slipper å produsere”*. [4] I tillegg til den klimavennlige gevinsten, vil en vesentlig andel energieffektiverende tiltak også være bedriftsøkonomisk lønnsomme.

2.1.1. Byggsektoren i Norge og norske mål

40 % av all energibruk i Norge brukes i bygg. [4] Det er med andre ord mye å hente på energisparing på dette feltet, og regjeringen ønsker at Norge skal få en mer energieffektiv bygningsmasse. Figur 1 viser energibruk for yrkesbygg og boliger i Norge i perioden 1994 til 2012. Representative tall for årene 2013 og 2014 er henholdsvis 84 og 80 TWh/år.



Figur 1 Energibruk yrkesbygg og boliger for perioden 1994-2012. [5]

De siste årene har det vært stor framgang i teknologi og utvikling av miljøvennlige og energieffektive bygg. [6] I 2015 vil mest sannsynlig³ energikravet på nye bygg bli skjerpet inn fra TEK10⁴ til passivhusnivå⁵, og fra og med 2020 skal alle nye bygg være nær nullenergibygge, etter krav fra EU. [7] I februar 2015 kom Regjeringen med nye forslag om å kutte ned på energibruken ytterligere slik at nye bygg blir mer klimavennlige. Dette innebærer kutt på 26 % i boliger og 38 % i næringsbygg, sammenlignet med dagens nybygg. [8] Forslaget går i korte trekk ut på at det settes klare krav til 1. Hvor mye energi et bygg skal ha bruk for, og 2. Hva slags energikilde som skal installeres for oppvarming.

2.2. SAMFUNNSANSVAR I STATEN

«Regjeringen forventer at alle norske selskaper tar samfunnsansvar, uavhengig av om de er privat eller offentlig eid, og uavhengig av om de har sin virksomhet i Norge eller i andre land. Regjeringen forventer at selskaper med statlig eierandel arbeider systematisk med sitt samfunnsansvar og er ledende på sine områder». [9]

³ Kommunal- og moderniseringsdepartementet har uttrykt ønske om at energikrav på passivhusnivå innføres fra 2015. Dette er ikke avgjort enda.

⁴ Teknisk forskrift som inneholder minimum av egenskaper en bygning må ha for å oppføres lovlig i Norge (mer om dette temaet i kapittel 3.2).

⁵ Bygg som bruker minimalt med energi. Benytter passive energieffektiviserende tiltak som ekstra isolasjon, ekstra gode vinduer og lignende (mer om dette temaet i kapittel 3.2).

Oppmerksomheten rundt samfunnsansvar i næringslivet er økende, både i Norge og globalt. Staten har spilt en avgjørende rolle for at Norge har en meget høy andel bedrifter som er dyktige på samfunnsansvar. [10] Staten har tidligere slitt med fokuset på samfunnsansvar i sine egne rekker, og de har som resultat av dette havnet i skyggen av de private selskapene som har ligget i front i utviklingen, også innenfor modernisering og energieffektivisering av bygg. Det er et paradoks at staten har satt strenge krav til norske selskaper, men unngått å vende speilet mot seg selv. Denne trenden er i ferd med å snu, og Statsbyggs tunge fokus på energieffektivisering er et eksempel på dette.

Mange bedrifter anser det å ta samfunnsansvar som positivt, da det gjerne fører til fornøyde kunder og positiv merkevarebygging. Oppmerksomheten rundt samfunnsansvar øker og stadig flere bedrifter ser viktigheten av dette. Mange har kommet langt i arbeidet med utviklingen av interne retningslinjer, oppfølging og rapportering for å dokumentere hvordan bedriften tar samfunnsansvar. [11] For både offentlige og private eiendomsforvaltere bør tiltak i forbindelse med energieffektivisering inngå som en naturlig del.

2.3. OM STATSBYGG

Statsbygg er en statlig forvaltningsbedrift under kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD). Statsbyggs oppgaver går ut på å være statens byggherre, eiendomsforvalter, eiendomsutvikler og sentrale rådgiver i bygge- og eiendomssaker. Dette innebærer å *"tilby gode og funksjonelle lokaler til statlige virksomheter, og å realisere vedtatte samfunnspolitiske mål i forhold til arkitektur, statlige planinteresser, kulturminnevern og miljø"*. [12] Ved å realisere nettopp disse målene ønsker Statsbygg å vise samfunnsansvar.

KMD har per dags dato det overordnede ansvaret for statens bygge- og eiendomspolitikk. Statsbygg er med andre ord en svært viktig aktør for iverksetting av statlig politikk innen energieffektivisering i bygg. Hvert år legger KMD rammene for Statsbyggs virksomhet for det kommende året.

Overordnede prioriteringer for 2014 var blant annet å vise samfunnsansvar og å vise vei for andre aktører i bransjen. Ved å gjennomføre ulike tiltak bestemt av departementet ville Statsbygg *"bidra til en positiv utvikling i byggenæringen og motvirke sosial dumping"*. [14]

⁶ «Det er sosial dumping både når arbeidstakere utsettes for alvorlige brudd på helse-, miljø- og sikkerhetsregler, herunder regler om arbeidstid og krav til bostandard, og når de tilbys lønn og andre ytelser som er uakseptabelt lave sammenliknet med hva norske arbeidstakere normalt tjener eller som ikke er i tråd med gjeldende allmenngjøringsforskrifter der slike gjelder» 13. Andersen, T., *Utarbeiding av en handlingsplan med tiltak mot sosial dumping og arbeidslivskriminalitet i Norge*. . 2014-2015.

I tillegg til ønsket om å være et forbilde og ledende på markedet, ønsker Statsbygg å legge stor vekt på å redusere virksomhetens samlede belastning på miljøet. Sammen med samarbeidende oppdragsgivere og andre aktører har de et mål om å jobbe sammen for å redusere energibruken, prioritere fornybare energikilder og vektlegge bruk av miljøvennlige materialer. *"Som en av landets største eiendomsforvaltere, med 2,8 millioner kvadratmeter bygningsmasse i inn- og utland, har Statsbygg et ansvar for å være en pådriver og en rollemodell for resten av næringen"*. [15] Dette gjenspeiles i deres miljøstrategi.

2.4. STATSBYGGS MILJØSTRATEGI

Statsbygg driver kontinuerlig og planmessig miljøarbeid, og det settes stadig ambisiøse miljømål i tråd med myndighetenes krav, i tillegg til ønsker fra leietakerne. Statsbygg ønsker å satse på de beste løsningene med tanke på energiomlegging, energibruk, redusert bruk av giftige/farlige stoffer og klimautslipp. I tillegg til dette vurderes også hvordan energiforbruket kan minimaliseres i hele porteføljen. [16] Et klart miljømål for fremtiden er at gjennomsnittlig energibruk i Statsbyggs portefølje skal reduseres til under 200 kWh/m²/år per bygg i gjennomsnitt, i tillegg til utfasing av olje, gass – og elkjeler som primæroppvarming på sine eiendommer.

Statsbygg selv har fokus på at holdningsendring er det viktigste. For å møte fremtiden må vi alle bidra, og dette krever en fundamental endring i holdningene blant byggeiere og leietakere når det kommer til klima- og miljøbevissthet. Statsbygg ønsker å motivere og hjelpe sine leietakere til å tenke miljø og klima blant annet ved redusert energibruk. Dette skjer blant annet gjennom oppfølging og rådgivning, energieffektiviseringskampanjer, samt at energistatistikk for hver eiendom blir utarbeidet hvert år. [16] En av de aller største miljøutfordringene til Statsbygg ligger i *eksisterende* bygningsmasse. Her jobber Statsbygg med å redusere energibruken, og forskningen på Total Concept som energieffektiviseringsverktøy er et ledd i satsingen.

Statsbyggs miljø- og klimaansvar forsterkes ved at de har påvirkningskraft til å få andre aktører til å ta riktige valg. De kan synliggjøre alternativer for resten av bransjen, blant annet ved å eksemplifisere ulike tiltak og metoder. Byggesektoren står for en stor andel av sluttenergibruk, klimautslipp og avfall, og det er derfor viktig at sektoren blir en del av lavutslippssamfunnet. [17]

Miljøstrategien til Statsbygg består fortrinnsvis av mål og strategier for de neste fire årene, men også langsiktige planer som strekker seg fram til 2030.

De langsiktige miljøambisjonene til Statsbygg er å [17]:

- Jobbe for en klimanøytral eiendomsportefølje
- Leverer nullutslippsbygg
- Bidra til redusert miljøfotavtrykk fra staten
- Den interne virksomheten skal være et godt eksempel

For å nå disse målene jobber Statsbygg med å oppnå høyere standard på nye bygg, samt oppgradering av eksisterende bygningsmasse. Sistnevnte representerer som nevnt den største utfordringen når det kommer til energibruk.

2.4.1. Nybygg

Dagens standard for bygg er TEK10. En tredel av Statsbyggs nybygg leveres nå med passivhusstandard eller bedre, etter krav fra EU om at alle bygg skal være tilnærmet nullenergibygg fra 2020 (2.1.1). Statsbygg forbereder seg på å levere dette fra 2018. I tillegg ønsker Statsbygg å alltid velge de mest miljøvennlige materialene samt å bygge arealeffektivt, hvor sistnevnte reduserer materialbruken, investeringskostnadene og driftskostnadene ytterligere.

2.4.2. Oppgradering av eksisterende bygningsmasse

Det er som tidligere nevnt den eksisterende bygningsmassen til Statsbygg som er deres største utfordring i forhold til blant annet energibruk (2.1). Flere bygg er gamle, og må rehabiliteres og/eller oppgraderes for å tilfredsstille kravene som er satt fra regjeringen og EU. Eksempel på effektiviserings tiltak Statsbygg jobber med i eksisterende bygninger er:

- (1) Etterisolering av vegger og tak
- (2) Utskifting til energieffektive lysarmaturer og lyskilder
- (3) Utskifting til energieffektive vinduer
- (4) Isolering av rør, ventiler og pumper
- (5) Behovsstyring av lys, varme og ventilasjon

Statsbyggs eksisterende bygningsmasse er variert og kompleks, og faktisk mulighet for oppgradering for det enkelte bygg avhenger av ulike faktorer, for eksempel bruksområde, brukshyppighet, slitasje, vernede eiendommer med mer. Noen bygg eldes raskere enn andre, og for å sikre at byggene skal leve så lenge som mulig, vil materiale av kvalitet, smarte løsninger (smarte bygg⁷) være et fortrinn når oppgraderingen og/eller rehabiliteringen settes i gang. For noen eldre bygg kan det dog være mer hensiktsmessig og lønnsomt å bygge nytt, enn å oppgradere.

Ved bruk av kompetente ansatte og ny teknologi vil man kunne få et skifte i driften av eiendommene. Dette innebærer samarbeid i forbindelse med *forskning og utvikling (FoU)*, for blant annet utvikling av nye konsepter for forvaltning – og driftsfunksjonen i Statsbygg. [18] Total Concept er et prosjekt som ligger under forskning – og utviklingsavdelingen i Statsbygg.

2.5. TOTAL CONCEPT

Ved planlegging av renovering av eksisterende bygninger vil man kunne identifisere en god del tiltak som har som formål å minske bygningens energibehov. Noen av disse kan enkelt gjennomføres uten store kostnader og vil isolert sett være lønnsomme for bedriften. Dette er også i hovedsak dagens praksis, hvor eierne ønsker å gjennomføre det som er *høyst nødvendig* (TEK10), og de aller største investeringene og risikoelementene blir dermed unngått. De tiltakene som imidlertid *virkelig* reduserer energibehovet betraktelig, krever relativt store investeringer fra eierne. Disse blir også som regel kun gjennomført om de isolert sett er lønnsomme og oppfyller kravet til avkastning eller andre fastsatte vilkår og samfunnsøkonomiske aspekter som eierne anser som viktig. Det overstyrende fokuset på enkelttiltakenes lønnsomheter og på å minimere finansiell risiko kan ofte resultere i at den samlede energibesparelsen ved en oppgradering blir relativt lav. Fra et samfunnsøkonomisk og miljømessig perspektiv er målet å maksimere energibesparelsen.

I forbindelse med ovennevnte problemstilling har BELOK utviklet verktøyet Total Concept. BELOK er en organisasjon som sammen med Sveriges *Energimyndigheten* og 19 av Sveriges største eiendomsbesittere⁸ jobber sammen for å komme opp med energieffektive løsninger for

⁷ Smarte bygg er gode bygg for både ytre miljø og innemiljø. Smarte bygg betyr ikke bare avansert styringsteknologi, men smart utvikling av helhetlige bygningskonsepter som er ressurseffektive og av høy kvalitet.

⁸ Medlemmer av BELOK (Høst 2014):

fremtidens bygg. For å møte EUs krav og mål om nær nullenergibygg fra 2020 (2.1.1), må energibehovet i bygg minske dramatisk. Dette innebærer at byggherrenes ambisjoner ved oppgradering/rehabilitering av eksisterende bygg må øke. Formålet med Total Concept er å oppnå maksimale energibesparelser i eksisterende bygg, på en kostnadseffektiv måte.

Total Concept er et energieffektiviseringsverktøy som er rettet mot å minske eksisterende bygningers energibehov gjennom kostnadseffektive *tiltaks pakker*. Det innebærer at man ser på de teknisk mulige energieffektiviseringstiltakene som en pakke, i stedet for enkeltvis. Dermed vil tiltak som tradisjonelt ville blitt valgt bort som følge av at de ikke er lønnsomme kunne bli inkludert og gjennomført, forutsatt at pakken som helhet er lønnsom. De mest lønnsomme tiltakene kompenserer for de mindre lønnsomme tiltakene. Ideen er at dette skal gi rom for flere tiltak og øke den totale energibesparelsen. Total Concept har som mål å vise at implementering av ambisiøse oppgraderingspakker for eksisterende yrkesbygg kan tilfredsstille lønnsomhetskrav fastsatt av byggherren, og dermed bli en markedsdriver for oppgradering av eksisterende bygningsmasse mot nær nullenergibygg. [19]

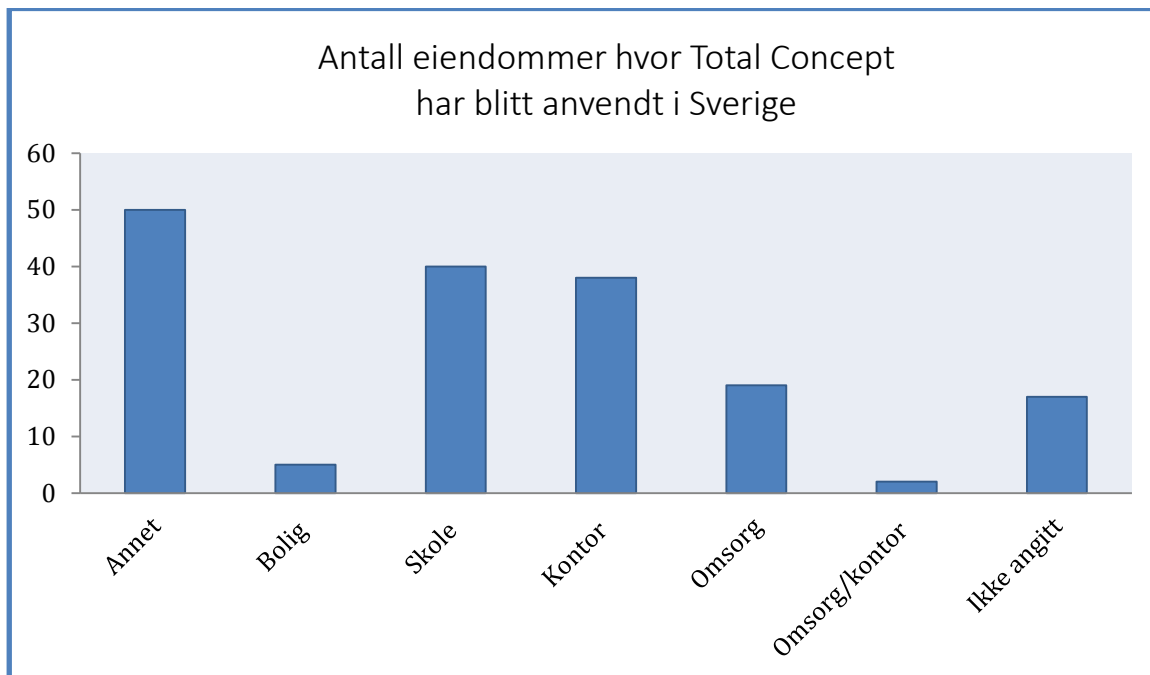
Kriteriet for hvor mange tiltak som kan inngå i en tiltakspakke basert på Total Concept er at internrenten for pakken ikke skal være mindre enn det fastsatte kapitalkravet fra eieren. Kapitalkravet er bestemt på bakgrunn av eierens økonomiske betingelser og vilkår. I tillegg til dette vil Total Concept også ta hensyn til endringer i energipriser ved å anslå den relative energiprisøkningen i fremtiden.

2.5.1. Utbredelsen av Total Concept i Sverige

Resultater kunngjort av BELOK i desember 2014 viser at Total Concept-metodikken har blitt anvendt i forbindelse med oppgradering av 171 eiendommer, i tillegg til nær 100 eiendommer som ikke offisielt er bekreftet. Disse eiendommene er hovedsakelig lokalisert i Sverige. Det anslås at ca. 260 eiendommer har anvendt Total Concept i forbindelse med oppgradering av bygg, og man har i mange tilfeller klart å halvere energibruken ved bruk av tiltakspakker som *totalt sett* oppfyller avkastningskravet til virksomheten. I noen tilfeller har energibesparelsen vært på hele 70 % [20], samtidig som eiernes krav til lønnsomhet blir tatt hensyn til.

Akademiska Hus, Castellum/Harry Sjögren, Diligentia, Fabega, Fortifikationsverket, Jernhusen, Locum, Lokalförvaltningen Göteborg, Malmö Stad Serviceförvaltningen, Midroc, Skolfastigheter i Stockholm, Specialfastigheter, Statens Fastighetsverk, Swedavia, Vasakronan, Västfastigheter, Hufvudstaden, AMF Fastigheter.

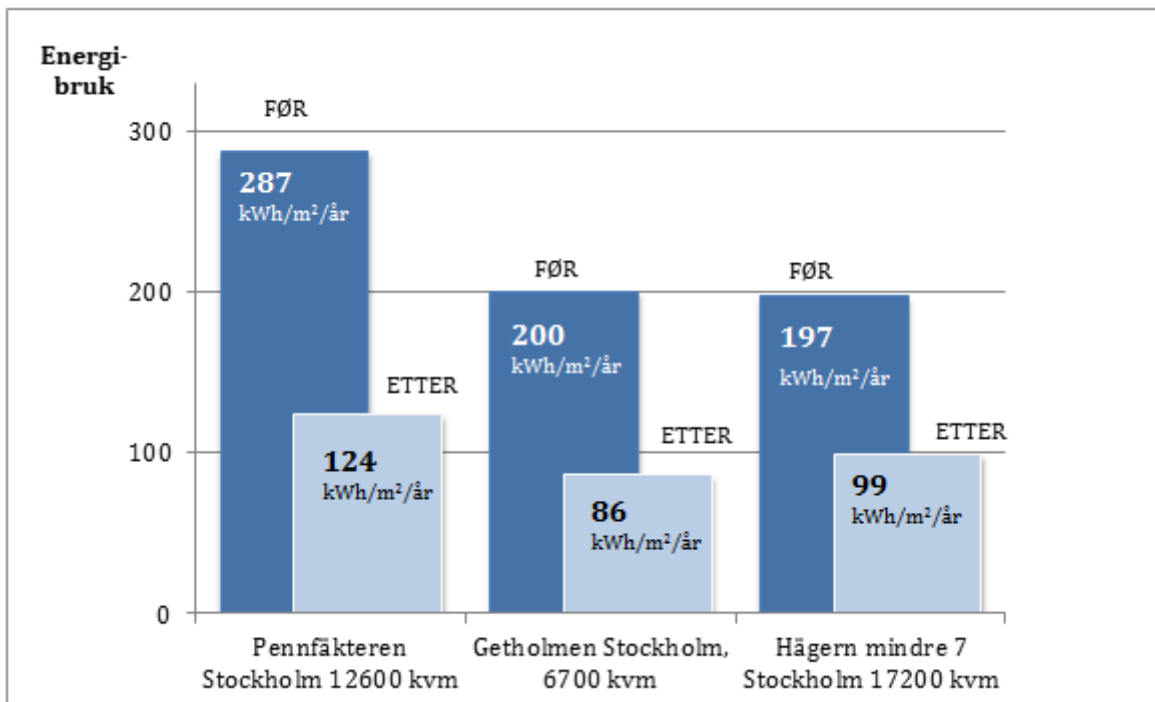
Figur 2 illustrerer utbredelsen av Total Concept i Sverige, hvor de 171 dokumenterte eiendommene er representert.



Figur 2 Oversikt antall eiendommer hvor TC har blitt anvendt, totalt 171 dokumenterte eiendommer. [21]

Det framgår av figur 2 at den vanligste bygningstypen er *annet*. Dette inkluderer blant annet idrettsanlegg, jernbanestasjoner og fengsel.

Figur 3 viser resultatet for tre eiendommer i Sverige som har gjennomført energieffektivisering gjennom Total Concept-metodikken. Eiendommene er typiske yrkesbygg av varierende størrelse, og ansees som representative eksempler for den samlede bygningsmassen i både Norge og Sverige. De kan vise til energibesparelser på mellom 50-57 % og lønnsomhet mellom 12-15 %. Lønnsomheten er beregnet som en avkastning på investert kapital. [22]



Figur 3 Resultat for tre bygninger som har gjennomført Total Concepts tre steg for energieffektivisering. Byggene reduserte energibehovet med henholdsvis 57 %, 57 % og 50 %. Lønnsomheten (internrenten) var henholdsvis 15 %, 13 % og 12 %. [22]

2.5.2. Total Concepts tre trinn

Under vil Total Concepts tre trinn gjennomgå i detalj.

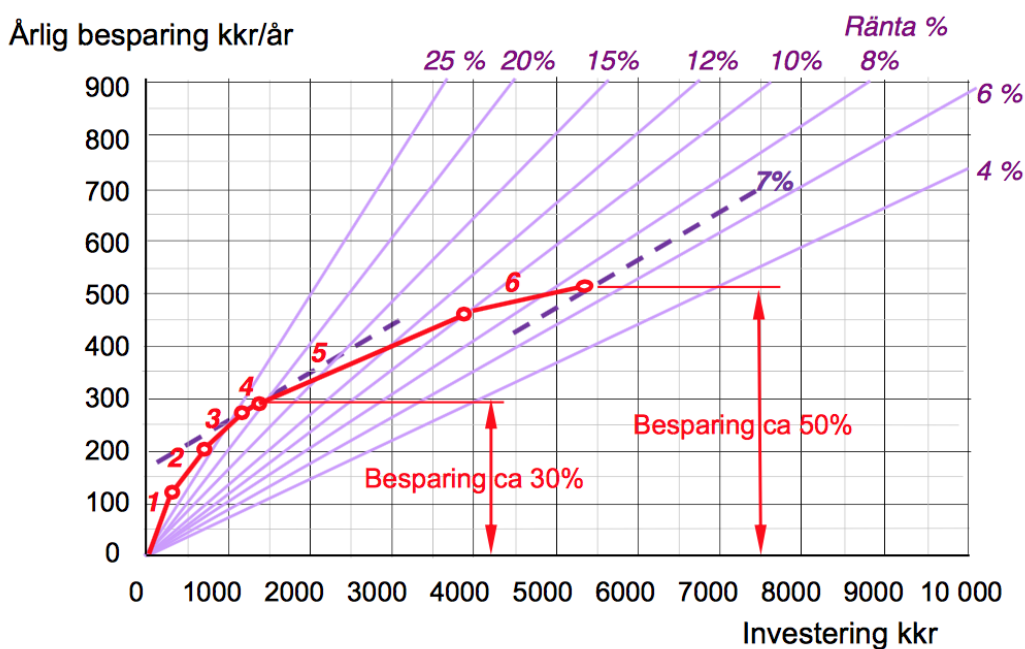


Trinn 1: Utvikling av tiltakspakke

I trinn 1 av Total Concept regner man ut hvilken pakke av energieffektiviseringstiltak som gir størst energibesparing og som i tillegg er lønnsom. Et prosjekt som skal gjennomgå en oppgradering basert på Total Concept innledes med en kvalifisert og teknisk gjennomgang av den aktuelle eiendommen. I denne fasen identifiserer man tiltak som kan være mulig å gjennomføre i et energieffektiviseringsperspektiv for så å analysere kostnaden for hvert tiltak, i tillegg til å vise energibesparingen hvert aktuelt tiltak har potensiale til å gi. Dette er en grundig analyse av både eiendommens tilstand og aktuelle tiltak. [23]

I neste steg vil lønnsomhetsanalyser bli utført, hvor hvert tiltak blir rangert ut fra dens lønnsomhet basert på internrentemetoden. Denne beregningen utføres ved at tiltaket som er mest lønnsomt basert på internrenten velges først, før en ny energiberegning vil bli gjort på bakgrunn av at det første tiltaket blir gjennomført. En ny energiberegning vil deretter bli utført på bakgrunn av de to første tiltakene. De tiltakene som *til sammen* oppfyller kravet til lønnsomhet fra byggeier vil bli satt sammen i en såkalt *tiltaks pakke*. [23] Dette utføres ved hjelp av Totalverktøy⁹.

De mulige kombinasjonene av tiltak (tiltaks pakke) ved bruk av Total Concept illustreres i et internrentediagram (figur 4). Her tilsvare lilla linjer ulike internrenter, og den mørkelilla linjen viser avkastningskravet til byggherren som er satt til 7 % i eksemplet. Figuren viser energibesparelsen som tiltakene gir ved de ulike tiltakene (Røde punkter 1 til 6 tilsvarer tiltak nummer 1 til 6). Gjennom å kombinere tiltak i en helhetlig pakke, kan man inkludere flere tiltak da de lønnsomme tiltakene bidrar til at tiltak som på egen hånd hadde vært ulønnsomme kan inkluderes. På denne måten er det funnet at energibesparelsen kan økes betraktelig i forhold til tradisjonell praksis – opp til 50 % eller mer.



Figur 4 Eksempel tiltaks pakke i internrentediagram. [23]

⁹ Totalverktøy; Programvaren som brukes i forbindelse med Total Concept.

Totalverktøy utfører lønnsomhetsberegningene basert på økonomiske parametere som mates inn. Sluttresultatet av en slik lønnsomhetsanalyse vil vise hvilke tiltak som kan gjennomføres basert på at internrenten for pakken holdes under kapitalkravet fastsatt fra eier.

Kortfattet består trinn 1 av:

- Innhente grunndata og sammenstilling av tekniske grunnleggende data for bygningen.
- Energianalyse og identifisering av tiltak.
- Energiberegninger.
- Kostnads kalkyler
- Lønnsomhetsberegninger og produksjon av tiltakspakker under Total Concept.
- Rapportering og presentasjon av tiltakspakker

En av forutsetningene for at det skal tas en beslutning om investering er at lønnsomhetsanalysens grunnlag er lett å tolke, både økonomisk og teknisk. En annen forutsetning er at det må være rimelig sikkert at man virkelig får den årlige besparelsen, samt at tiltakspakkens virkelige kostnad er som den har blitt forespeilet. Trinn 1 av Total Concept er svært viktig og en sentral brikke for at hele prosjektet skal lykkes.

Trinn 2: Gjennomføring av tiltakspakke

I trinn 2 av Total Concept skal byggherren gjennomføre den planlagte tiltakspakken i dens helhet. Dette trinnet bygger på anskaffelser, prosjektering og etter hvert bygging/installasjon. Disse stadiene er lik som i en helt vanlig ombygging, men feil og endringer underveis må unngås for enhver pris ettersom den forventede energibesparelsen (og dermed poenget med Total Concept) da kan endres. Det er også viktig å forsikre seg om at det er mulig å følge opp energibruken ved endt prosjekt. For at den spådde energibesparelsen skal oppnås må eiendommen og de tekniske systemene fungere som forutsett i de tekniske/økonomiske analysene. [23]

Sammenfattet består trinn 2 av

- Detaljprosjektering av tiltak
- Bygging/utførelse av arbeid
- Funksjonskontroll/test

Trinn 3: Evaluering og oppfølging

Målet med trinn 3 er å følge opp energibruken og analysere prosjektet ved å se på det endelige utfallet. Energifbruken bør følges opp gjennom målinger minst hver måned i et helt år. Resultatet av disse målingene vil til slutt bli brukt i en avsluttende rapport, hvor en etterkontroll av lønnsomheten også vil bli presentert. Lønnsomhetsutfallet beregnes i form av internrenten for hele tiltakspakken og sammenlignes med internrenten som ble beregnet under trinn 1 av Total Concept. Dersom det er store avvik bør disse kartlegges og årsaken bør bli gjort rede for. [23]

Sammenfattet består trinn 3 av

- Måling av energibruken etter ombygging og installering.
- Etterkontroll av lønnsomheten.

2.6. CASESTUDIE: VEGKONTORET PÅ STEINKJER

Vegkontoret på Steinkjer er sammen med Høgskolen i Volda en del av Total Concept-satsingen i Norge. Statsbygg har satt de to byggene til disposisjon som et forsknings - og utviklingsprosjekt (FoU-prosjekt). Statsbygg er interessert i Total Concept som metode for fremtidig bruk. Denne analysen vil se nærmere på anvendelsen av verktøyet ved Vegkontoret på Steinkjer, for å illustrere bruk av Total Concept og vurdere resultatene i detalj. Caseprosjektet blir gjennomgått i kapittel 5 *Vegkontoret på Steinkjer: Total Concept i praksis*.

3. TEORETISK FORANKRING

Dette kapitlet har som formål å gi en generell oversikt over teorien rundt oppgavens tema. Dette kapitlet vil i hovedsak bestå av teori omkring investeringer og lønnsomhet i prosjekter. Det vil også bli presentert et utvalg sentral teori knyttet til energi generelt og energibehov i bygninger, i tillegg til ulike tekniske begreper som vil bli brukt utover i oppgaven.

3.1. BEGREPER

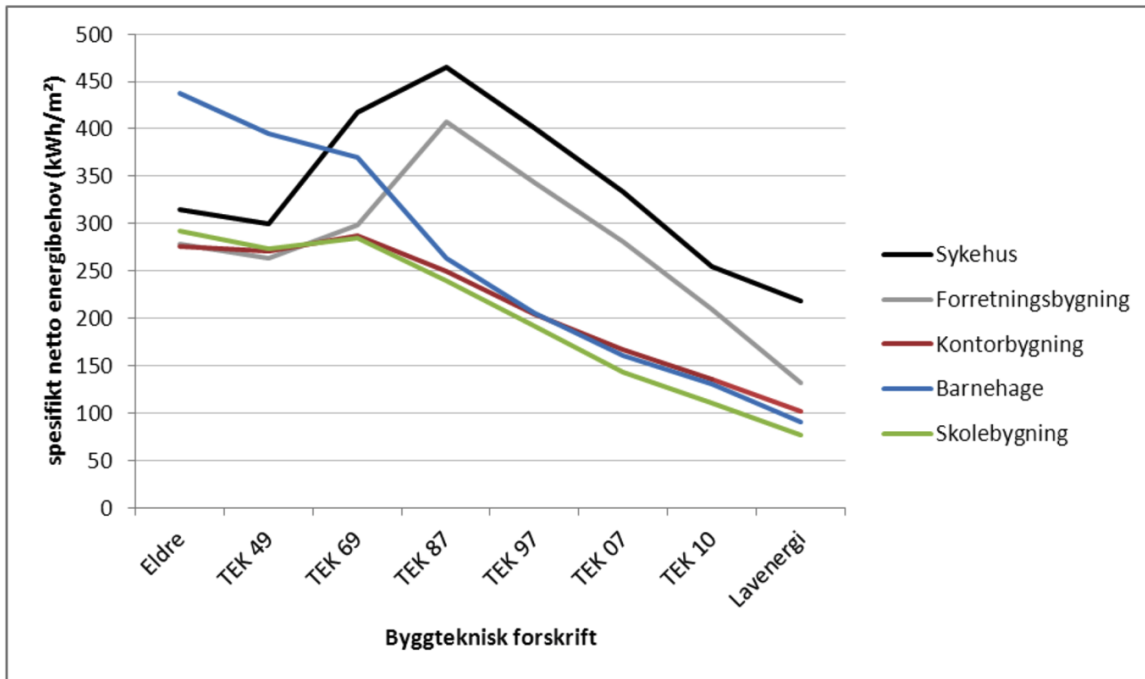
Watt (W) er en standard enhet for måling av effekt. Effekt er et uttrykk for hastigheten energi omformes med fra én form til en annen. Eksempelvis hvor raskt elektrisk strøm forbrukes eller produseres. En *megawatt (MW)* tilsvarer 1000 watt.

Kilowatttime (kWh) er en standard enhet for måling av energi. 1 kWh er den mengden energi som tilsvarer en effekt på 1 kilowatt i 1 time. Én megawatttime (*MWh*) tilsvarer 1000 kilowattimer.

3.2. DEFINISJON BYGGSTANDARDER

Passivhus bruker mindre energi til oppvarming sammenlignet med "vanlige" hus. Standarden for passivhus setter "minstekrav til energibehov til oppvarming, beregningskriterier og minstekrav til bygningsdeler og installasjoner". [24] Det er vanlig å benytte såkalte passive tiltak, som for eksempel ekstra isolasjon, ekstra gode vinduer, ekstra god tetthet, samt gjenvinning av varme som kommer fra ventilasjonsanlegg.

Tekniske forskrifter (TEK) sikrer at tekniske krav i forbindelse med energi oppfylles. Disse kommer som regel i et tiårsintervall med noen unntak, hvor siste er *TEK10* fra 2010. Figur 5 viser forbedringen i energieffektivitet fra eldre forskrifter fram til i dag hvor passivhus/lavenergihus trolig blir det neste. Tallene bak TEK representerer årstallet som en gitt forskrift stammer fra.

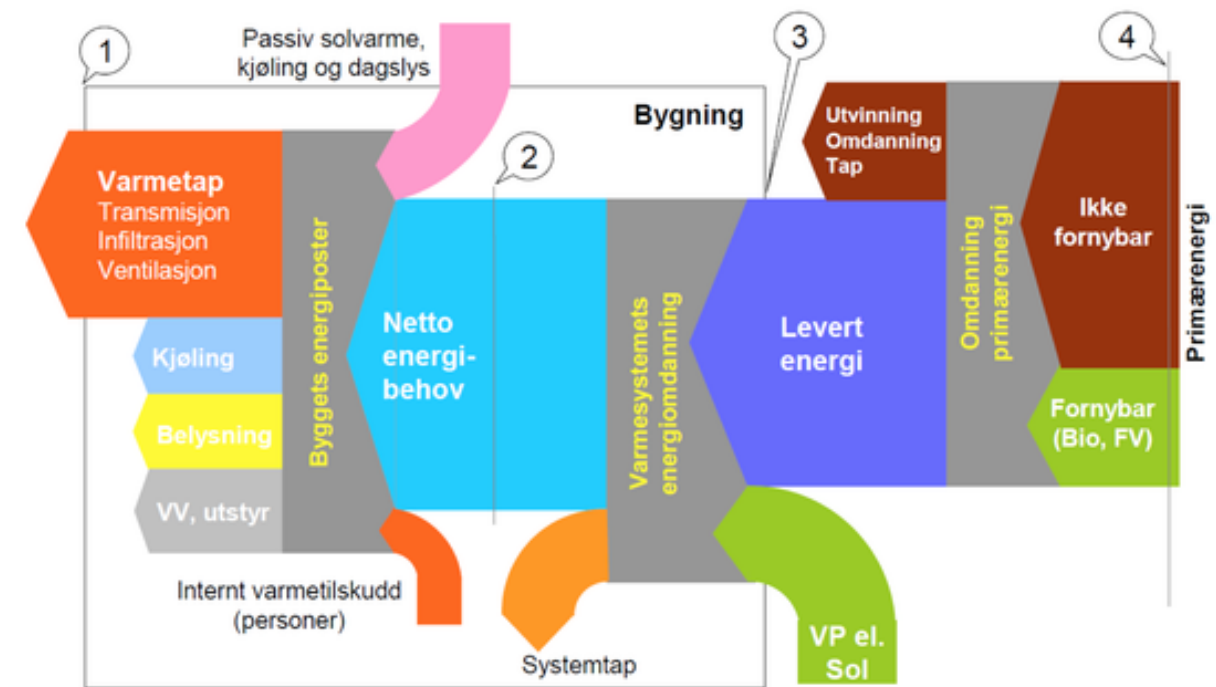


Figur 5 Utvikling av krav til energirammer i ulike TEK for ulike typer yrkesbygg. [25]

Passivhus har enda ikke blitt en formell forskrift, men vil mest sannsynlig bli det innen 2015.
(2.1.1)

3.3. ENERGI I BYGNINGER

Energibehovet i bygninger er en større prosess som består av mange ulike faktorer knyttet til bygningsfysiske egenskaper, tekniske installasjoner, varmetilskudd og klimapåkjenninger. Denne prosessen er illustrert i figur 6 og forklares overordnet videre i kapittelet.



Figur 6 Energilansanse i bygninger. (Illustrasjon: Anders-Johan Almås v/ Multiconsult)

3.3.1. Bygningens egenskaper

Følgende punkter beskriver de tekniske utfordringene i et bygg utover de lastbærende¹⁰. Eksempler er:

- (1) Varmetransport (transmisjon), hvor for eksempel kuldebroer tilsvarer en høy andel av varmetapet. Kuldebroer er deler av konstruksjonen med betydelig lavere standard enn resten, og vil føre til varmetap.
- (2) Luftlekkasjer (infiltrasjon) innebærer utettheter i bygningen, samt åpne dører og vinduer.

¹⁰ En bygningsdels evne til å motstå brannpåkjenning uten at den mister sine konstruktive egenskaper i en gitt tidsperiode.

3.3.2. Tekniske installasjoner

Ventilasjonsanlegg

Ventilasjonsanlegg utgjør en stor andel av det totale energibehovet til en bygning da det skal sikre et godt inneklima med lavt energibruk. Mange eldre bygg i dag mangler et tilfredsstillende ventilasjonsanlegg i forhold til nåværende krav. [26] Det skilles mellom tre ulike typer ventilasjon:

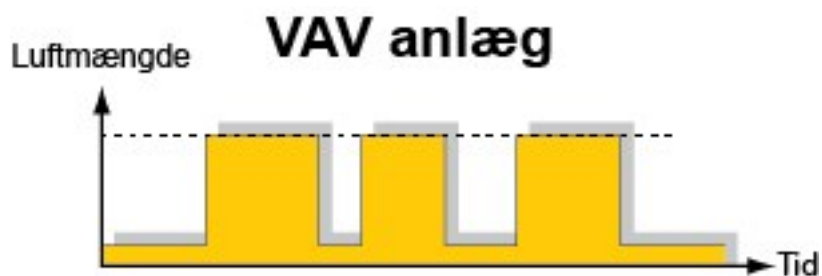
CAV – Konstant luftmengde



Figur 7 CAV. Kontinuerlig luftmengde. Bilde: Exhausto.no

CAV (Constant Air Volume) representerer en enkel og billig form for ventilasjonsstyring og er ofte brukt i dagens, og spesielt eldre bygninger. Typisk er at ventilasjonen står på fra 07:00 til 16:00 ved bruk av tidsur. CAV benyttes når det er jevnt behov for ventilasjon og det er liten variasjon i person – og varmebelastning.

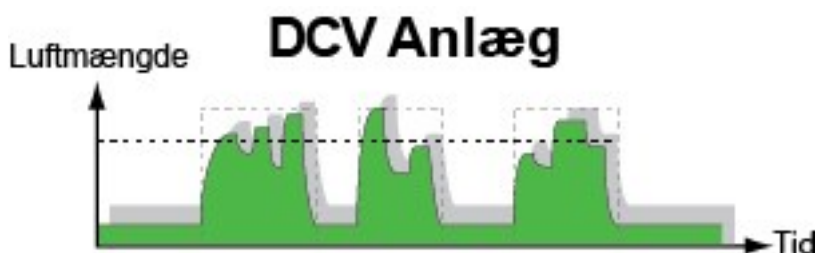
VAV – Variabel luftmengde



Figur 8 VAV. Variabel luftmengde. Bilde: Exhausto.no

VAV(Variable Air Volume)-anlegget gir mulighet til å styre ventilasjonen avhengig av når ulike soner planlegges å brukes. Den tar ikke hensyn til hvor mye det belastes i perioden. VAV benyttes når rom brukes periodevis, og det er lite variasjon i person – og varmebelastning.

DCV – Behovsstyrt luftmengde



Figur 9 DCV. Behovsstyrt luftmengde. Bilde: Exhausto.no

DCV (Demand Controlled Ventilation) innebærer trinnløs regulering av luftmengden individuelt for hver sone. I tillegg til å endre ut fra bruk, kan det reguleres med tanke på belastning. DCV benyttes når rommene brukes periodevis og det er stor variasjon i person – og varmebelastning.

Andre element som vil spille inn på energibalansen i bygninger er vifter, varmeanlegg og fjernvarme.

3.3.3. Ytre klimapåkjenninger

Klimapåkjenninger som variasjoner i temperatur, vind og sol kan påvirke energibruken i et bygg. For eksempel har forskjellen på temperatur inne og ute mye og si, og ved energiberegninger er det viktig å vite middeltemperaturen for stedet hvor bygningen ligger. Klimastedets laveste temperatur er det også viktig å ha kjennskap til. Det kreves mer energi for å holde et bygg på Finnmark varmt enn et bygg på Sørlandet. Ved stor solpåkjenning er det også viktig at det kan oppstå overskuddsvarme som eventuelt må ventileres bort.

3.4. ENERGISTATISTIKK

Formålet med energistatistikker er å redegjøre for energibruken det foregående år. Dette gjøres ikke bare for å kunne stadfeste reelt energiforbruk, men ved å korrigere dette forbruket med tanke på drifts- og klimaendringer vil det være sammenlignbart fra år til år, og eiendom til eiendom. Det er to typer korrigerer som utføres: *Klimakorrigert* og *driftsnormert*. [27]

Klimakorrigert energibruk baserer seg på faktiske utetemperaturer og utføres for at man skal kunne sammenligne resultatene for et varmt år med et kaldt år.

Driftsnormert energibruk korrigerer for hvor lenge hver bygning er i bruk, per dag. Hver bygning i Statsbyggs portefølje har ulikt bruksmønster, og selve bygningene er heller ikke sammenlignbare. En bygning som brukes døgnet rundt, er ikke sammenlignbart med et bygg som blir brukt en typisk hverdag fra 08-16. Denne korrigeringen kalles driftsnormeringen.

Energiforbruk deles inn i *levert energi* og *spesifikk energiforbruk*. Levert energi er totalt energiforbruk levert til et bygg i kWh, hvor spesifikk energiforbruk er energiforbruk fordelt på bygningsmassens areal (m²).

3.4.1. Energiareal

Av arealet (m²) et bygg består av er det kun en spesifikk del av det som bruker energi. Dette kalles energiareal og tilsvarer oppvarmet (BRA) i m² som med hensikt varmes opp til 15 grader eller mer. Uoppvarmede rom, slik som kulvert, garasje, kjeller etc. som ligger utenfor bygningens klimaskjerm, skal ikke være med i beregningsgrunnlaget for energiareal. [27]

3.5. INVESTERINGER

Vår fremtidige velferd er i stor grad avhengig av at investeringene er lønnsomme. En investering innebærer langsiktig kapitalbinding i anleggsmidler, eller i finansobjekter som aksjer, obligasjoner og lignende, og målet med en investering er at den helst skal lede til fremtidig avkastning. Hvert enkelt investeringsobjekt er unikt og egenskapene varierer ut fra forventet avkastning, risiko og likviditet.

I enhver bedrift er beslutninger om investeringer blant de viktigste vedtak som fattes. Investeringer er ofte kapitalkrevende og mange investeringer er i tillegg også i praksis irreversible. Større investeringer kan ha stor betydning for hvordan bedriftens fremtid vil arte seg.

Investeringsbeslutninger omfatter i følge Boye og Koekebakker[28] følgende trinn:

(1) Generering av investeringsforslag.

"Dette trinnet innebærer som regel engasjement fra hele organisasjonen, og foregår på et underordnet nivå. Det er vanlig at lavere nivå kommer med forslag som berører seg og sin enhet, og at høyere nivå kommer med forslag til investeringer som påvirker flere enheter. På dette trinnet er det viktig at det legges til rette for at flere kan delta med sine forslag, slik at de muligheter som ligger der for kostnadsreduksjon og nye satsinger utnyttes på best mulig måte."

(2) Estimering av kontantoverskudd.

"Når man skal vurdere lønnsomheten av en investering må man budsjettere den forventede kontantstrømmen for investeringen. Dette innebærer at man budsjetterer investeringsutlegg og løpende inn – og utbetalinger i investeringens levetid. I tillegg er det viktig å budsjettere verdien av investeringsobjektet ved levetidens slutt. Til slutt er det en fordel om arbeidet med budsjettering av kontantstrømmen blir kvalitetssikret."

(3) Evaluering og valg av investeringer som anses å være interessante for bedriften.

"Ved vurdering av lønnsomheten til en investering, må man gjøre investeringens kontantoverskudd sammenlignbar gjennom en diskontering. I denne sammenhengen kommer avkastningskravet inn, og størrelsen på avkastningskravet skal reflektere hvilken kompensasjon sparerne forlanger for å utsette konsum, i tillegg til risikoen knyttet til den aktuelle investering. Det sies at en investering er lønnsom om de positive kontantoverskuddene er større enn investeringsutlegget. Det er dog ikke selvsagt at investeringen bør gjennomføres. Investeringen kan for eksempel ha konkurrenter som er mer lønnsomme, eller en kan mangle kapital eller andre ressurser til å gjennomføre alle investeringer som tilsynelatende går under statusen lønnsom."

(4) Kontroll.

"Etter at investeringen er gjennomført bør man kontrollere om kalkylens forutsetninger har slått til. Denne kontrollen er viktig, da dette skjerper dem som fremmer investeringsforslagene. Kontrollen vil dermed hindre at kalkylene blir urealistiske. Tilbakemelding på arbeid man har gjort er også viktig i den forstand at man lærer av eventuelle feil og kan dermed forbedre fremtidige kalkyler."

I store bedrifter er det vanlig praksis at finansavdelingens oppgave er å sørge for at investeringsforslagene blir vurdert på en god måte. Dette kan gjøres ved bruk og/eller kontrollering av investeringskalkyler, samt at de også kan bestemme hvilket avkastningskrav som skal benyttes.

3.5.1. Investeringer i offentlig virksomhet

Tidligere har det ikke vært vanlig å benytte økonomiske analyser av investeringsprosjekter i offentlig virksomhet, da kultur, tradisjon, regnskapsregler og formål har gjort dette vanskelig. [29] Offentlige prosjekter har normalt ikke som mål å være profittmaksimerende, men heller oppfylle samfunnsspesifikke behov som for eksempel skoler og sykehus. I dag settes det større krav i forbindelse med effektivisering, og konkurranseutsetting fører til at det offentlige må rette mer fokus mot lønnsomheten i prosjektene de ønsker å gjennomføre. I prosjekter som kan tallfestes økonomisk bør det foretas lønnsomhetsberegninger, og spørsmålet er som oftest knyttet til størrelsen på kalkulasjonsrenten, nærmere bestemt avkastningskravet. [29]

3.5.2. Investering i energieffektiviseringstiltak i bygg

Energieffektivisering av bygg kjennetegnes av kapitalkrevende og som regel irreversible initialinvesteringer, som har til hensikt å gi en årlig besparelse i form av redusert energibehov i de påfølgende år. Investeringene kjennetegnes normalt av levetid på 10–40 år, hvorpå rehabilitering/oppgradering igjen kan bli nødvendig. Enkelte av tiltakene for energieffektivisering kan også medføre fremtidige kostnader i forbindelse med drift og vedlikehold. I de neste kapitlene gjennomgås det teoretiske grunnlaget for investeringsanalyse og veien til en investeringsbeslutning. Kraftprisen regnes som den klart viktigste driveren for kostnadsbesparelse i forbindelse med investeringer i energieffektivisering i bygg. Dette fordi besparelsene hovedsakelig er knyttet til redusert behov for elektrisk energi.

3.5.3. Avkastningskrav

Avkastning er et mål på lønnsomhet som viser hvordan verdien av en eiendel er endret fra et tidspunkt til et annet, da definert som enten tap eller gevinst. Avkastningskravet er kort fortalt det investoren krever å få tilbake ved en investering. Gir en investering lavere avkastning enn avkastningskravet bør den ikke gjennomføres, da aksjonærenes formue vil bli redusert. [30] «Avkastningskravet skal reflektere hvilken avkastning eierne og de andre kapitalinvestorene kan oppnå ved alternativ plassering av kapitalen med samme risiko». [28]

Ved offentlige prosjekter gjelder andre avkastningskrav enn i det private. Dette kommer av at det offentlige ikke har spesifikke lønnsomhetsformål (3.5.2), og ikke tar hensyn til risikoaspektene på samme måte som i privat sektor. NOU anbefaler at *"relevant risikofri kalkulasjonsrente er langsiktig, risikofri realrente før skatt* [29]. Videre er:

Realrente = rente – prisstigning.

I 2014 var realrenten på ca. 2 % [31], med følgende typiske risikotillegg i offentlig sektor:

Prosjekter med:

Lav risiko	+ 0,5 %
Middels risiko	+ 2,5 %
Høy risiko	+ 4,5 %

Basert på den risikofrie realrenten nevnt ovenfor på 2 % vil dette bety reelle kalkulasjonsrenter på henholdsvis 2,5 %, 4,5 % og 6,5 %.

For private aktører vil risikotillegget og dermed det samlede avkastningskravet typisk ligge vesentlig høyere.

3.5.4. Risiko og usikkerhet

Mer eller mindre alle organisasjoner og enkeltpersoner utsettes kontinuerlig for risiko. Det kan være knyttet til ulike forhold, som for eksempel helse, miljø, sikkerhet og økonomi. [30] Denne oppgaven vil ta for seg finansiell risiko, som er et sentralt tema knyttet til områdene rente, valuta, råvarepriser og egenkapital.

Uansett hvilken definisjon som blir valgt, vil den alltid inneholde to sentrale elementer. Det første er at man aldri kan være sikker på selve *utfallet* av investeringen. Man kan for eksempel aldri være 100 % sikre på hva strømprisene blir det neste året. På den andre siden innebærer det å gjøre en investering alltid at det er en *mulighet* for tap. [30] Risiko illustreres i funksjonen nedenfor.

$$\text{Risiko } (x) = \text{Sannsynlighet } x \text{ konsekvens}$$

Risiko er altså lik sannsynligheten for at en hendelse inntreffer multiplisert med konsekvensen av at den eventuelt inntreffer. En risiko kan være stor av to grunner. Hendelsen trenger ikke være spesielt farlig, men risikoen kan være stor på grunn av at det kan være høy sannsynlighet for at den inntreffer. Motsatt kan en risiko være stor ved at konsekvensen er enorm, selv om sannsynligheten er mikroskopisk.

Et viktig aspekt når man vurderer å investere, er graden av kunnskap. Jo mer man kan om det man skal investere i, jo mindre er risikoen for at det kan gå galt. Den mest effektive metoden for å redusere risiko er med andre ord å tilegne seg god nok kunnskap. Dette kan være kunnskap om bedriften generelt, strategier, kunnskap om bransjen, globale aspekter, samt kunnskap om seg selv. [32]

3.6. INVESTERINGSANALYSE

Når en investor skal bedømme om en mulig investering er lønnsom eller skal velge mellom flere investeringsalternativer, foretas en investeringsanalyse. Det finnes flere typer investeringsanalyser. Hva investeringen innebærer og hvor grundig man ønsker å være, er faktorer som ligger til grunn når man velger en type investeringsanalyse. De følgende kapitlene går nærmere inn på de mest tradisjonelle metodene, henholdsvis *nåverdimetoden*, *internrentemetoden*, *annuitetsmetoden* og *paybackmetoden*.

3.6.1. Tilbakebetalingsmetoden (Paybackmetoden)

Tilbakebetalingsmetoden er en relativt enkel metode, hvor man går inn på hvor mange år det tar før investeringen man har gjort er inntjent. Det er normalt å se bort fra renter. Inntjeningstiden finnes ved å regne seg fram til det antall år (T) som resulterer i at følgende ligning er tilfredsstillt [28]:

$$CF_0 = \sum_{t=1}^T CF_t$$

CF_t – er kontantoverskudd eller innbetalingsoverskuddet i år t .

CF_0 – er investeringsutgiften.

T – er tilbakebetalingstiden

Enklere illustrert slik:

$$\text{Tilbakebetalingstid}(\text{år}) = \frac{\text{Investering (kr)}}{\text{Årlig besparing} \left(\frac{\text{kr}}{\text{år}}\right)}$$

Investeringen anses som lønnsom om den gir inntekt eller besparelser som betaler investeringen over tid. Ulempen med metoden er at den kan være for unøyaktig og grov, og ikke tar hensyn til renten eller investeringens livslengde. Metoden er derfor velegnet til investeringer av nye maskiner i produksjonsindustrien hvor man må ha høye lønnsomhetskrav på investeringer som skal fremme produksjonseffektivitet. Kravet til tilbakebetalingstid kan her ligge på rundt to år. Det sies at tiltak med lang økonomisk livstid, som forventes å være i drift over lengre tid, normalt ikke vil dra nytte av tilbakebetalingsmetoden. [28] En ukritisk anvendelse av tilbakebetalingsmetoden kan styre mot en kortsiktig investering uten hensyn til kvalitet.

3.6.2. Nåverdimetoden

For å sammenligne kostnader som påløper i perioden benyttes nåverdimetoden. Denne metoden går ut på at besparelsen som antas å fås som følge av tiltakene som blir gjort, neddiskonteres til investeringstidspunktet i år 0, og summeres til netto nåverdi (NNV). Formelen for netto nåverdi er:

$$NV = -\frac{CF_0}{(1+i)^0} + \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} = -CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

CF_t – er kontantoverskudd eller innbetalingsoverskuddet i år t .

CF_0 – er investeringsutgiften.

n – er levetiden.

i – er kalkulasjonsrenten.

Enklere illustrert slik:

$$\begin{aligned} & \text{Nåverdisummen av årlige besparelser } A_0 \text{ (kr)} \\ & = \text{Årlig besparing } a \text{ (kr)} \times \text{Nåverdifaktor } I(r, n) \end{aligned}$$

Hvor $I(r, n)$ er nåverdifaktoren ved kalkulasjonsrenten r og levetiden n .

For at investeringen skal være lønnsom må netto nåverdi være positiv. Nåverdimetoden tar hensyn til investeringens økonomiske livstid og viser dermed et mer rettmessig bilde enn hva for eksempel tilbakebetalingsmetoden gjør.

3.6.3. Annuitetsmetoden

Ved annuitetsmetoden gir man uttrykk for hvor lønnsom investeringen er *per år* i levetiden. Dermed regnes investeringen om til en årlig kostnad fordelt over levetiden og sammenlignes med årlige besparelser. Dette er motsatt fra hvor nåverdien gir uttrykk for lønnsomheten av et prosjekt gjennom *hele dens levetid*. I annuitetsmetoden fordeler man nåverdien på de enkelte år, og det er i så måte en sammenheng mellom disse to metodene (annuitetsmetoden og netto nåverdimetoden). Det er imidlertid viktig å kontrollere at kontantoverskuddene ikke varierer, og det er hensiktsmessig å påse at de er like gjennom hele levetiden. [28] En investering er lønnsom når de årlige nettobesparelsene er større enn den årlige kostnaden.

Om man investerer et beløp $I_0(kr)$ som skal tilbakebetales under de følgende n år kan årskostnaden (kapitalkostnaden) $i \left(\frac{kr}{\text{år}}\right)$ for dette beregnes slik:

$$\text{Investeringens årskostnad } i \left(\frac{kr}{\text{år}}\right) = \text{Investering } I_0(kr) \times \text{annuitetsfaktor } P(r, n)$$

hvor $P(r, n)$ er annuitetsfaktoren ved renten r og levetiden n .

Årlig kontantoverskudd må minst dekke kostnadene knyttet til investeringen.

3.6.4. Internrentemetoden

Internrentemetoden er en metode for å bedømme lønnsomheten av en investering, ved at man ser på hva den faktiske avkastningen blir i %. Ved en nåverdiberegning er den kalkulasjonsrenten som gjør at den diskonterte summen av de årlige besparelsene er like stor som investeringskostnaden lik internrenten. Internrenten forteller oss hvilken avkastning vi oppnår fra den kapital som er bundet i et prosjekt til enhver tid. «En investering er lønnsom dersom internrenten er høyere enn avkastningskravet». [28] Dette er den kalkulasjonsrenten som gir netto nåverdi (NNV) = 0. Nåverdien av alle inn- og utbetalinger på investeringstidspunktet blir sammenlignet med hverandre. Er nåverdien positiv, bør prosjektet gjennomføres. Den rentesatsen man bruker ved diskonteringen – betegnet rentekrav, avkastningskrav eller kapitalkostnad – skal angi hva det koster å bruke egen- og fremmedkapital. [28] Avkastningskravet reflekterer hvilken avkastning eierne og andre kapitalleverandører kan oppnå ved alternativ plassering av kapitalen, men med samme risiko – også kalt en alternativbetragtning. Internrenten finnes ved bruk av følgende formel løst med hensyn på p (den rente som gir 0 i nåverdi):

$$-CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+p)^t} = 0$$

Hvor

CF_t – er kontantoverskudd eller innbetalingsoverskuddet i år t . (= løpende innbetalinger – løpende utbetalinger)

CF_0 – er investeringsutgiften.

n – er levetiden.

p – er rentekravet.

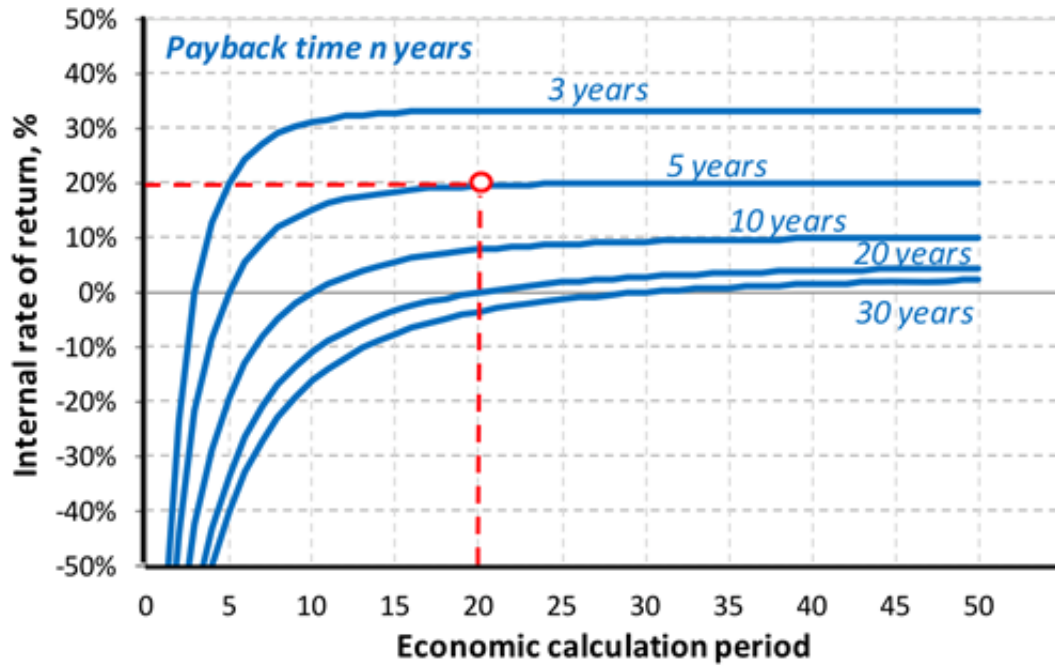
Som nevnt ovenfor vil en investering gjennomføres om internrenten er høyere enn avkastningskravet.

Svakheter ved internrentemetoden er at den vil ikke fungere i prosjekter hvor det ikke er fastsatt noe avkastningskrav, samt om prosjektet har flere internrenter. I og med at internrentemetoden angir avkastningen i prosent, kan det i tillegg være lett å dra feilkonklusjoner da man ikke får fram skalaforskjeller. (Eks: Det er bedre med et resultat som tilsvarer 1 % av 1 000 000 kr enn 10 % 10 kr.)

Hvor nåverdien er et absolutt mål (i kr) er internrenten et relativt mål (i %). Om investeringsutgiften og kontantoverskuddene da øker til det dobbelte, vil for eksempel nåverdien ved bruk av nåverdimetoden også dobles, men internrenten vil forbli uendret.

3.6.1. Internrentemetoden versus tilbakebetalingsmetoden

Figur 10 illustrerer korrelasjonen mellom levetiden, internrenten og tilbakebetalingstiden på generell basis. Investorer ønsker lav nedbetalingstid når de skal investere. Det går frem av figuren at en investering med en levetid på 20 år trenger en internrente på 20 % for å oppfylle kravet til tilbakebetalingstid på for eksempel 5 år. I for eksempel byggsektoren vil dette være et svært høyt avkastningskrav.



Figur 10 Korrelasjonen mellom levetid, internrente og inntjeningsstid. [20]

4. METODE

Ved arbeid med en masteravhandling er det viktig med en god metode og riktig valg av forskningsdesign. Hvilken metode man til slutt velger avhenger av hvilke forskningsspørsmål man stiller. Ut fra disse må man resonnerer seg fram til hvordan man best mulig kan få svar på disse spørsmålene. Alt i alt dreier det seg om hvordan man kan gå frem for å få den informasjonen man trenger, og samtidig vurdere hvordan man kan bearbeide denne informasjonen til å besvare de aktuelle forskningsspørsmålene.

Dette kapittelet fokuserer på å beskrive metode, hvordan oppgaven ble til, hvordan data har blitt hentet inn, samt hvordan disse har blitt behandlet. Til slutt presenteres oppgavens etiske vurderinger, samt validitet og reliabilitet.

4.1. TO FORSKNINGSMETODER

Innsamling av informasjon og data kan på overordnet basis hovedsakelig utføres med to ulike metoder; *kvalitativ* og *kvantitativ metode*. Disse to tilnærmingene kan også sees i sammenheng, såkalt bruk av en komplementær metode. Forskjellen på de to tilnærmingene ligger i hovedsak på hvordan man går fram for å få tak i aktuell informasjon, men også i hvilken detaljgrad man ønsker svar. Hvilken problemstilling man har valgt gir ofte en indikasjon på hva slags metode som er mest hensiktsmessig å benytte.

Kvalitativ metode

Kvalitativ metode brukes når man skal forske på et tema hvor svarene ikke kan tallfestes eller for eksempel når forskningsspørsmålet omhandler opplevelser, tanker, holdninger og forventninger. Det mest fornuftige å benytte er intervjuer hvor man lett kan avdekke tanker, følelser, faktaopplysninger og synspunkter rundt temaet man belyser. Dette er muligheter man normalt ikke får ved bruk av kvantitative metoder hvor resultatet i større grad kan konkretiseres.

Kvantitativ metode

Kvantitativ metode er basert på en tilnærming hvor resultatene man får i stor grad er målbare. Et ønske kan være å kartlegge utviklingen av noe spesifikt, da det er svært enkelt å registrere resultatet i et skjema som lett kan tolkes senere. Den formen for kvantitativ metode som er mest benyttet er spørreundersøkelser. Ulempen ved bruk av kvantitativ metode er at man underveis i

undersøkelsen ikke har mulighet til å stille oppfølgingsspørsmål, og det er i så måte en nokså avgrenset forskningsmetode. For at en undersøkelse basert på kvantitativ tilnærming skal være pålitelig er det fordelaktig om det er et betydelig antall respondenter. Jo flere respondenter, jo mer representativ er resultatet. Tabell 1 illustrerer forskjellen på kvantitativ og kvalitativ metode.

Tabell 1 Forskjellen på kvantitativ og kvalitativ metode satt i system. [33]

	Kvalitativ	Kvantitativ
Spørsmålstype	Utdypende, utforskende	Begrenset mulighet til å utdype/utforske
Størrelse på utvalg	Liten	Stor
Mengde informasjon fra hver respondent	Stor	Variierende
Krav til intervjuer/markedsanalytiker	Intervjuer bør ha forutsetninger innen psykologi og intervjuer	Krever generell kjennskap til ulike analyseteknikker
Hjelpemidler	Videopptak, lydopptak, spørreskjema, bilder	Spørreskjema, data
Mulighet til å gjenta undersøkelse med samme resultat	Liten	Stor
Analysedesign	Eksplorativ	Deskriptiv

4.2. FORSKNINGSDESIGN OG VALG AV METODE

Formålet med undersøkelsen er sentral når man skal fatte et valg angående forskningsmetode. Det finnes flere typer design for å innhente data, hvor det er spesielt fem design som er mest kjent. Disse er illustrert i tabell 2.

Tabell 2 Forskningsdesign. [34]

<i>Design</i>	Kvalitativ	Kvantitativ
Eksperimentell	<i>Mulig:</i> Dog ikke vanlig	<i>Sjelden:</i> Klassisk design for årsaksanalyse
Tverrsnitt	<i>Veldig vanlig:</i> Samtaleintervju med et lite utvalg	<i>Veldig vanlig:</i> Spørreundersøkelse med et stort utvalg
Langsgående	<i>Vanlig:</i> Feltobservasjon, eller flere samtaler på forskjellige tidspunkt. Endring i fokus.	<i>Vanlig:</i> Panelundersøkelse
Casestudie	<i>Veldig vanlig:</i> Feltobservasjon eller intervju i forbindelse med et case	<i>Vanlig:</i> Spørreundersøkelse i et case
Komparativ	<i>Vanlig:</i> Sammenligne flere case på grunnlag av feltobservasjon eller intervjuer.	<i>Vanlig:</i> Sammenligne flere case på grunnlag av spørreundersøkelse

For å få svar på problemstillingen er det mest hensiktsmessig at avhandlingen baserer seg på både kvalitativ og kvantitativ metode. Dette kalles flermetodedesign, også kalt metodetrianglering, og denne formen for metode kan også styrke troverdigheten til arbeidet ved at problemstillingen blir belyst fra flere aspekter. [35] Innhenting av data i denne avhandlingen vil i hovedsak bestå av kvalitative metoder som litteraturstudium, intervjuer og casestudier, i tillegg til behandling av kvantitative data.

4.2.1. Litteraturstudium

Litteraturstudiet gjennomgår temaet investeringer og ulike investeringsanalyser, samt risiko og usikkerhet. Dette er gjort for å lettere forstå prinsippene i både Total Concept og tradisjonell metode. Hensikten med litteraturstudiet er å samle de ulike aspektene ved en investering, og hva som står bak en beslutning om å investere. Usikkerhetsmomenter og risiko er også relevant i forbindelse med analysen, samt ulike aspekter ved temaet energieffektivisering. Litteraturstudiet blir hovedsakelig benyttet for å ramme inn oppgaven.

4.2.2. Intervjuer og samtaler

For å få hentet inn nødvendig data har det i løpet av perioden vært avgjørende å ha løpende kontakt med henholdsvis Statsbygg og SINTEF. De har gitt verdifull informasjon omkring hvor relevant informasjon kan hentes.

For å få fatt på alle aspekter rundt energieffektivisering og Total Concept er det viktig å ikke bli for snever i arbeidet med å belyse temaet. Som en del av kartleggingen av tradisjonell metode og tilnærming er det foretatt dybdeintervjuer med ingeniører i henholdsvis AF Gruppen, Hjeltnes Consult, SINTEF og Multiconsult. Hensikten med intervjuene er å få et dypere innblikk i hva vanlig praksis er i dag, samt generelle tanker rundt verktøyet og metoden Total Concept. Intervjuene er utført i flere etapper på forskjellige tidspunkt i prosessen, ut fra hvilken informasjon det var behov for. Et av intervjuene er gjennomført via mailkorrespondanse, hvor spørsmålene fra tabell 3 var satt som utgangspunkt, hvor det var mulighet for oppfølgingsspørsmål.

Tabell 3 Utgangspunkt for dybdeintervju.

	Spørsmål	Kommentar:
1	Hva er ambisjonene for energibesparelse (i %) når et bygg skal rehabiliteres, og hva er gjennomsnittlig besparelse med fasiten i hånden?	<i>Svevende spørsmål, men oppfatninger / gjennomsnitt er ok.</i>
2	Hvordan/hva/hvem bestemmer valg av tiltak? Kartlegger man ALLE tiltak, eller velger man bare tiltak man er kjent med/mest vanlig/sier seg selv/er mest safe?	<i>Har det mye å si hvem som gjør analysen? For eksempel om én aktør er veldig komfortabel/ekspert på noen type tiltak, og noen andre ville kanskje utelukket disse.</i>
3	I hvilken grad tenker man «pakke» og total energibesparelse i forhold til de tiltakene som isolert sett er lønnsomme (i praksis)?	<i>Hva har fokus når de gjør energiberegningene - avkastningen eller energibesparelsen (økonomien i det, eller tenker de klima?)</i>
4	I hvilken grad har byggeier faste krav til avkastning og hvordan foreslås evt. tiltak ut fra dette?	<i>Blir avkastningskravet presentert først, for så å jobbe ut fra dette, eller motsatt.</i>
5	Er det noe å hente for samfunnet ved å tenke mer helhetlig ved energieffektivisering, ref. TC? Hva kan man generelt bli bedre på for å oppnå høyere energibesparelse, fra et samfunnsøkonomisk ståsted?	<i>At de ulønnsomme tiltakene får innpass, gjør at energibesparelsen blir løftet ytterligere, enn om de ikke hadde vært med. De lønnsomme tiltakene veier opp for de ulønnsomme økonomisk sett.</i>
6	Tanker omkring Total Concept?	<i>Åpent spørsmål.</i>

Svarene som er gitt i forbindelse med intervjurundene danner grunnlaget for videre analyse av dagens praksis for energieffektivisering av eksisterende bygg.

Innhenting av data fra disse informantene er verdifullt for å få et større perspektiv på temaet. Et viktig moment er om det i dag blir benyttet en tilsvarende pakkeløsning som Total Concept tilbyr, men at det ikke har noe spesifikt navn. I tillegg vil det være nyttig å få ingeniørers synspunkt på Total Concept. I næringslivet vil det alltid oppstå forskjellige trender i hvordan oppgaver og problemer skal løses på best mulig måte. Det er mange tilfeller av «keiserens nye klær» hvor lik fremgangsmåte blir presentert på nytt, bare med et nytt navn. På denne måten "narres" folk til å tro at dette er noe nytt og revolusjonerende, selv om det i realiteten kun er en gammel metode. Er Total Concept et slikt tilfelle, eller tilfører det bransjen noe nytt?

4.2.3. Casestudie

Verktøyet og metodikken Total Concept blir belyst ved bruk av en case. Dette blir gjort for å vise bruken av Total Concept i praksis. Informasjon om Total Concept-prosjektet Vegkontoret på Steinkjer har blitt hentet inn ved bruk av rapport fra SINTEF Byggforsk. Informasjon om Total Concept-metodikken er samlet inn via bruk av håndboken og material fra utvikleren BELOK. Casestudien har blitt støttet opp om av erfaringsrapporter fra Sverige hvor Total Concept er utbredt.

4.3. RELABILITET OG VALIDITET

Under vitenskapelig forskning er relabilitet og validitet viktig. Uten tilstrekkelig grad av relabilitet og validitet vil ikke forskningen ha den kvalitet som kreves for å kunne bli betraktet som vitenskapelig, og skiller seg dermed ikke fra annet alminnelig journalistisk arbeid. [36] Dersom flere kan gjennomføre samme studie med likt resultat vil dette styrke relabiliteten i studien. Det er verdt å nevne at det er vanskelig å måle relabilitet og validitet når de er utarbeidet på bakgrunn av kvalitative tilnærminger. [37]

Denne studien baserer seg i stor grad på kvalitative innsamlingsmetoder, hvor det er blitt foretatt dybdeintervjuer for å avdekke dagens praksis på energieffektivisering av bygg. De utvalgte intervjuobjektene er personer med erfaring fra bransjen. De representerer fire forskjellige bedrifter, noe som styrker oppgaven, da de ulike har forskjellige synspunkter og holdninger, samt utøver ulik praksis. Det foreligger usikkerhet i svarene man innhenter under

slike intervjuer, da det er særdeles personavhengig. Ulike aspekter som er viktige kan ubevisst ha bli utelatt.

Gjennom håndbok fra utvikleren BELOK, prosjektrapport fra Vegkontoret på Steinkjer og erfaringstall fra Sverige anses datagrunnlaget for Total Concept-metodikken og verktøyet som robust. Metodikken er likevel relativt ny, og mangler bygg som har vært ferdigstilt ved bruk av Total Concept gjennom flere år, noe som gjør metoden fortsatt noe usikker.

Validiteten til en undersøkelse forteller oss noe om man har fått målt og undersøkt det man i utgangspunktet hadde ønske om å måle. Relabiliteten forteller oss noe om påliteligheten i arbeidet som har blitt utført. Jo flere like målinger som hadde gitt likt resultat hver gang, jo bedre relabilitet har arbeidet fått. For å kunne levere en studie, med god relabilitet og validitet er det viktig å ha fokus på dette gjennom hele oppgaven, fra forarbeid til siste slutt.

4.4. ETISKE VURDERINGER

«En etisk avveining eller dilemma er knyttet til en beslutning, en handling eller et utsagn».
[38]

Det er viktig at man følger etiske retningslinjer under en forskningsprosess. Spesielt under intervjuer med de ulike aktørene i bransjen er det fare for at mer enn "ren informasjon" som har direkte relevans med oppgaven blir besvart. Det er viktig som forsker at man er oppmerksom på dette aspektet for å kunne beskytte informantene som er involvert i prosjektet. Under kommunikasjonen bør man være bevisst på å oppdage avvik fra informasjon man i utgangspunktet er på jakt etter. I tillegg er det viktig å ha i minne at hver enkelt informant deltar frivillig, og det er som følge av dette viktig at man ikke misbruker informantenes tillit.

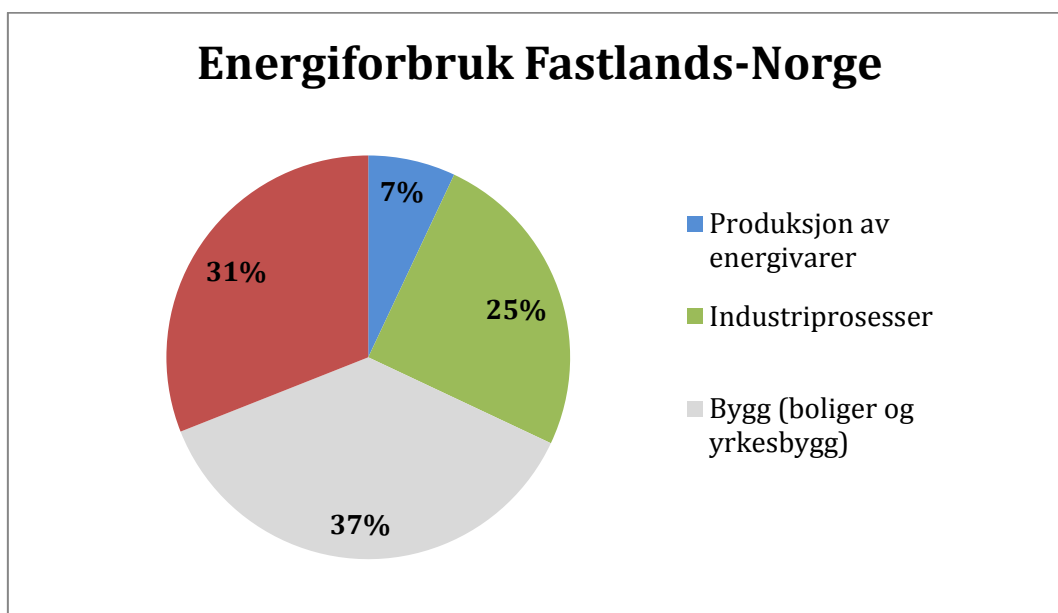
Utfordringer i forbindelse med intervjudelen av oppgaven vil være at ingeniører i de respektive firmaene er svært tro til sin måte å jobbe på. At Total Concept blir presentert som en potensielt mer energieffektiv metode kan plassere de i en forsvarsposisjon, både for egen arbeidsplass og den metoden de praktiserer. Det er derfor viktig at man viser at man vil belyse temaet objektivt, og at fokus er å innhente informasjon som kan hjelpe med å besvare problemstillingen. Å være kritisk til andres måte å jobbe på er ikke i oppgavens intensjon. Derimot er hensikten å belyse og diskutere hvordan man kan utvikle dagens metodikk for å gi høyere energibesparelser i norsk bygningsmasse, og herunder hvordan Total Concept som verktøy kan bidra til å oppnå dette fellesmålet.

5. NORSK BYGGSEKTOR: ENERGIFORBRUK OG MÅL

Kapittel 5 vil ta for seg byggsektoren i Norge, hvor energibruk og mål for fremtiden vil være en sentral del. Det er fokusert på energiforbruket i Fastlands-Norge, som ekskluderer utenriks sjøfart og oljevirkksomhet og – boring på norsk kontinentalsokkel.

5.1. ENERGIBRUK I NORGE

Det fremgår av kapittel 2.1.1. at nærmere 40 % av energibruken i Norge kommer fra bygg. Begrepet bygg inkluderer boliger og yrkesbygg. Resten av energibruken stammer fra industriprosesser, produksjon av energivarer, samt all transport. Energibruken illustreres i figur 11.



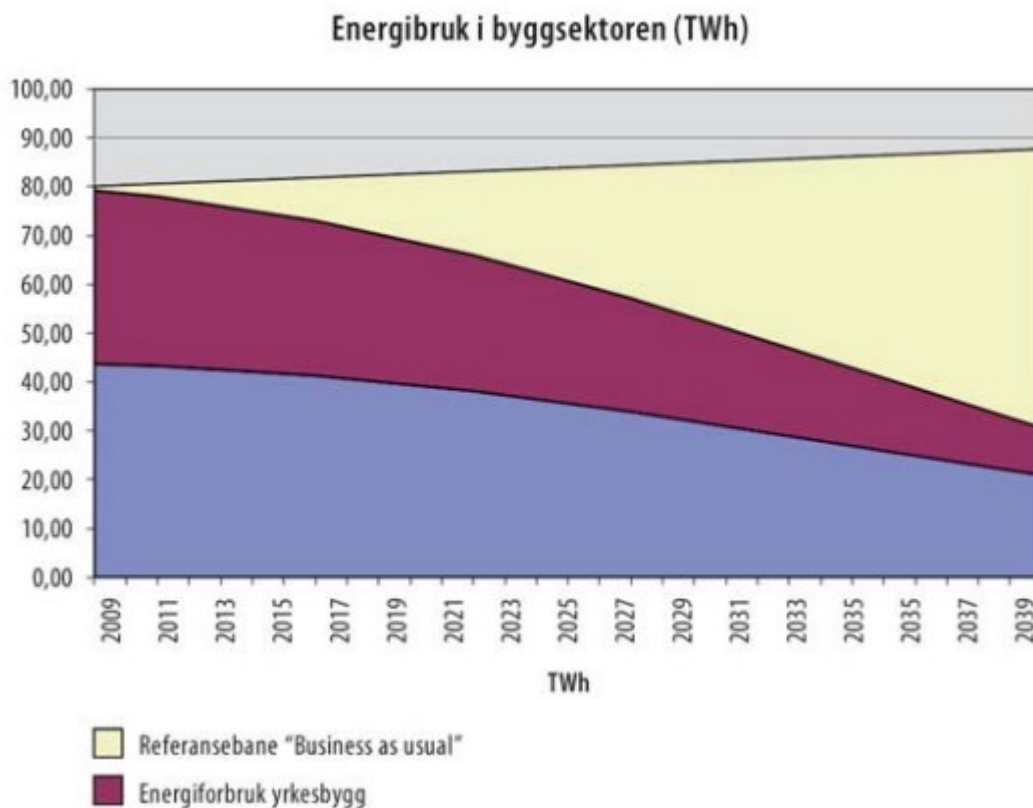
Figur 11 Energiforbruk Fastlands-Norge fordelt på formål. (Illustrasjon: SSB)

5.1.1. Energibruk i norsk byggsektor

Av et energiforbruk på totalt 234 TWh i Norge i 2014 står byggsektoren for 80 TWh. Samlet energibruk i byggsektoren er fordelt på henholdsvis yrkesbygg og boliger, hvor yrkesbygg utgjør omtrent 45 % (36 TWh) og boliger 55 % (44 TWh).

5.1.2. Mål for energieffektivisering

Lavenergiutvalget¹¹ i Norge utførte i 2009 en analyse av det teoretiske potensialet for energibesparelse i norsk bygningsmasse.



Figur 12 Norsk byggsektors energimål fram til 2040. [39]

Figur 12 illustrerer norsk byggsektors energimål fram til 2040. Av figuren kan man se at det er større potensiale enn målsettingen tilsier for å spare energi. Hvor stor andel yrkesbygg utgjør i denne sammenhengen er skravert og illustrert i rosa.

Basert på det teoretiske besparingspotensialet fastsatte utvalget følgende mål for fremtidig energibruk i norske boliger – og yrkesbygg

Energibruk i:

2020: 70 TWh

2030: 55 TWh

2040: 40 TWh

Målsetningen tilsvarer en halvering av energiforbruk i bygg på under 30 år. For å nå disse målene krever det en stor satsing på ikke bare nye bygg, men også eksisterende bygningsmasse.

¹¹ Et utvalg som gir anbefalinger på vegne av regjeringen om hvordan Norge kan styrke arbeidet med å energieffektivisere bygg- og industriktoren. (lavenergiprogrammet.no)

Det fremgår av rapporten at det er sektoren selv som må ta ansvar og utvikle verktøyene for å nå disse målene. [39] Det stilles også krav til myndighetene ved utforming av krav og forskrifter næringen plikter å følge.

5.1.3. Enovatilskudd og andre insentiver

Enova bidrar med tilskudd til energieffektiviserende tiltak utover det som kreves i de byggetekniske forskriftene. Formålet med disse tilskuddene er å bidra til at flere velger energieffektive løsninger, utover det som kreves av forskriftene. De støtter både enkelttiltak som for eksempel varmepumper og solfangere samt fjerning av oljekjeler, i tillegg til helhetlige oppgraderinger. Tilbudet om Enova-tilskudd gjelder i næringslivet så vel som på det private markedet.

Ulempen med *Enova-tilskuddet* er at det ikke støtter passive tiltak som ekstra isolasjon og bedre vinduer. De mest energieffektive tiltakene er de tiltakene som reduserer varmetapet i et bygg, og følgelig reduserer energibehovet. Det vil ikke være et poeng å installere en varmepumpe om vegger og vinduer ikke er tette.

Skattefradrag ved gjennomføring av energieffektiviserende tiltak er initiativ som regjeringen tidligere har lovet som per dags dato ikke har fått gjennomslag enda.

5.2. ENERGIBRUK I STATSBYGG

Statsbygg er Norges nest største byggherre og har følgelig stor påvirkningskraft på resten av næringen. Det gjør Statsbygg til en viktig aktør når energibruken nå skal reduseres betraktelig.

5.2.1. Statsbyggs portefølje

Statsbygg forvalter 2,8 mill. m² eiendom, hvor drøyt 100 000 av disse er lokalisert i utlandet. Energiarealet utgjør forøvrig 1,7 mill. m², fordelt på 223 eiendommer. [27]

Av Statsbyggs portefølje er det kun en svært liten del som tilfredsstillen TEK10 standard eller bedre (passivhus). [40] En stor del av bygningsmassen trenger oppgradering, og det er et kontinuerlig fokus på energieffektivisering av porteføljen. Hvor stor del av bygningsmassen som trenger oppgradering er komplekst, og kan ikke tallfestes med mindre man går ned på detaljnivå. Dette avhenger av mange faktorer, blant annet hvilket år eiendommene er bygd og eventuelle oppgraderinger som er gjennomført i senere tid. Ved behov vil byggene bli analysert

og det blir utarbeidet en tilstandsrapport. Her vil eventuelle mangler på eiendommen bli avdekket, med forslag til tiltak som bør utføres. Dette trenger ikke nødvendigvis å bety energieffektiviserende tiltak, men også andre nødvendige tiltak for å vedlikeholde eiendommen.

Mange bygg forbruker unødvendig mye energi og er i generelt dårlig forfatning (2.1.2). Regjeringen har satt som mål at alle bygg (ny og eksisterende bygningsmasse), anlegg og uteområder som er rettet mot allmennheten skal være universelt utformet¹² innen 2025. Dette skjer parallelt med at Statsbygg utfører systematisk oppgradering av eksisterende bygningsmasse, samt at alle nye bygg skal være nær nullenergibygg.

Studier viser at tiltak for energieffektivisering og universell utforming ikke bør ses uavhengig av hverandre. Gjennom det strategiske forskningsprogrammet "God boligkvalitet for alle – utfordringer og løsninger for etterkrigstidens boligblokker" (REBO) er det blitt utført en flerfaglig studie med fokus på miljøvennlig energibruk og universell utforming. Fokuset var å øke kunnskapen og driverne for økt måloppnåelse slik at man kan forene det kortsiktige og langsiktige perspektivet. Både universell utforming og ambisiøs energieffektivisering kan utføres når en oppgradering uansett skal gjennomføres, og følgelig bidra til at prosjektene kan bli mer kostnadseffektive. På bakgrunn av de nasjonale og internasjonale klimamålene bør ambisjonene for energieffektivisering være høye ved oppgradering av eksisterende bygningsmasse. [41]

5.2.2. Energibruk i eksisterende bygningsmasse

Datagrunnlaget fra denne delen av oppgaven er innhentet fra Statsbyggs Energirapport for 2014, hvor samlet energiforbruk for Statsbyggs portefølje for 2014 har vært sentralt. Rapporten er en årlig rapport med formål å redegjøre for energibruk i Statsbyggs eiendommer. Dette er nyttig for Statsbygg, da de har kontinuerlig kontroll på energibruken i sine eiendommer, samt at de kan sammenligne statistikken fra år til år, og sådan holde følge med utviklingen. For at dette sammenligningsgrunnlaget skal være mest mulig korrekt, må resultatet klimakorrigeres og driftsnormeres (3.4). Rapporten angir både korrigert og ukorrigert energibruk.

¹² Bygninger og uteområder som er tilrettelagt for alle, inkl. personer med funksjonsnedsettelse.

Ikke alle Statsbyggs eiendommer er med i det statistiske grunnlaget, men de er likevel representert i rapporten for å vise faktisk energibruk. De 109 eiendommene som ikke er inkludert i statistikken, har spesielle spesifikasjoner som gjør at de ikke er sammenlignbare med andre eiendommer. De kan blant annet mangle vesentlige opplysninger eller ha åpenbare feilregistreringer, samt ekstreme variasjoner, som vil gi et feil bilde av den endelige statistikken.

Energibruket i en typisk Statsbyggseiendom er fordelt på henholdsvis oppvarming, og typiske bruksområder som kundens installasjoner, utstyr, lys, PC. Statsbygg har anslått at fordelingen mellom disse to bruksområdene er 50/50. Derfor vil kun 50 % av forbruket på den enkelte eiendom bli klimakorrigert, siden den delen av energiforbruket har gått til varme, og følgelig vært påvirket av utetemperatur. Ved små svingninger i klima vil klimakorrigeringen gjøre tallene sammenlignbare fra år til år.

Selv om år 2014 var et usedvanlig varmt år (varmeste år siden 1900) [27], har Statsbygg valgt å holde på den teoretiske beregningsmodellen hvor det er 50/50 fordeling på varme og bruk. Nøkkeltall fra Statsbyggs energirapport for 2014 er presentert i tabell 4.

Tabell 4 Nøkkeltall Statsbyggs Energirapport 2014.

Antall eiendommer	223	stk.
Energiareal	1 712 299	m ²
Leverte energi	308 025	MWh
Energibruk klimakorrigert	347 965	MWh
Energibruk klimakorrigert og driftsnormert	343 280	MWh
Spesifikk energibruk	180	kWh/m ² /år
Spesifikk energibruk klimakorrigert	203	kWh/m ² /år
Spesifikk energibruk klimakorrigert og driftsnormert	200	kWh/m ² /år

Videre i oppgaven tas det utgangspunkt i spesifikk energibruk som er klimakorrigert og driftsnormert. Dette fordi denne gir det mest korrekte bildet på faktisk energibruk. I tabell 5 er energibruk for Statsbyggs eiendommer de siste fire år illustrert.

Tabell 5 Energibruk og areal for Statsbyggs portefølje de siste 4 år

År	Energiareal [1000 m ²]	Energibruk [Driftsjustert og klimakorrigert MWh]	Spesifikt energibruk [Driftsjustert og klimakorrigert kWh/m ² /år]
2011	1 625	336 430	207
2012	1 651	328 928	199
2013	1 694	338 697	200
2014	1 712	343 280	200

Resultatet for den ordinære porteføljen i 2014 er spesifikk energiforbruk 200 kWh/m²/år. Dette er samme resultat som i 2013, men på grunn av at 2014 var et unormalt varmt år tolkes det dit hen at det reelle resultatet er bedre enn i 2013. [27] Dette tyder på at fokuset Statsbygg har hatt på ENØK¹³-arbeid i 2014 har lyktes.

I 2014 ble det gjennomført ENØK-tiltak for 9,1 mill. kroner på Statsbyggs eiendommer. [27] Dette er en økning på 2,3 mill. kroner fra 2013 hvor det ble gjennomført tiltak for 6,8 mill. kroner. [42] Det har i tillegg til fokuset på ENØK-tiltak medgått 8,8 mill. til utfasing av oljekjeler. Dette kommer som følge av et krav regjeringen har satt om at det skal bli forbudt å fyre med fyringsolje fra 2020. Et årlig forbruk på 4000 l fyringsolje gir et CO₂ utslipp på 10 tonn - dette tilsvarer til sammenligning et årlig forbruk av 4-5 personbiler. [43] Dette kan ses i sammenheng med det gode resultatet for 2014.

5.2.3. Statsbyggs kraftavtale

Statsbygg har siden 2005 tilbydd sine leietakere en fastprisavtale på strøm. Dette er en frivillig ordning, hvor Statsbyggs leietakere på de ulike forvaltningseiendommene fritt kan velge om de vil være med i avtalen. Per i dag inkluderer dette ca. 70 % av porteføljen. [27] Statsbygg er ikke clearingkunde¹⁴, da de har inngått avtale med rådgivere, p.t Bergen Energi som bistår med «time to market». [40] Statsbygg får da fullmakt hos deres kunder som representerer et volum på mange titalls GWh, men ikke i eget navn.

¹³ ENØK = Energiøkonomiserende (effektiv drift)

¹⁴ Ha ansvar for fysisk og finansiell handel med energi i eget navn og for egen risiko. Med andre ord er det leietakeren som går inn i en avtale som Statsbygg har forhandlet frem.

Den fysiske leveransen kommer i dag fra Ishavskraft. Denne avtalen gjelder fram til 31. august 2015. For perioden 1. januar 2015 til 31. august 2015 er kraftprisen bundet til 30,35 øre/kWh inkl. påslag til leverandør og opprinnelsesgaranti¹⁵ for de som ønsker å benytte seg av avtalen.

[44] For mange av kundene har dette ført til store besparelser, blant annet i 2006 da fastprisavtalen var satt til 28,29 øre/kWh, og markedsprisen befant seg i intervallet 60 – 80 øre/kWh. De leietakerne som var med i avtalen på dette tidspunktet hadde et samlet forbruk på 140 GWh. Dette tilsvarer mellom 40 og 60 mill. kr i løpet av et år. Det er imidlertid viktig å presisere at det er Statsbyggs kunder som nyter godt av denne avtalen, og ikke Statsbygg selv.

”Vi forhandlet frem denne avtalen som et tilbud til våre kunder. For dem som ønsket å være med på denne fastpriskontrakten, var det et smart valg. De har hatt en besparelse på ca. 5 % i forhold til en spotprisavtale,” sa daværende direktør i eiendomsforvaltning i Statsbygg, Harald Unstad i 2008.

[45]

Denne avtalen fører blant annet til redusert usikkerhet og risiko omkring strømpriser, samt at det gir en økonomisk forutsigbarhet for fremtiden. Kraftprisen er lite forutsigbar, og det er knyttet risiko til å tegne avtale om fast kraftpris. Dette går imidlertid begge veier, og fordelene er som nevnt den økonomiske forutsigbarheten som er ønskelig for mange leietakere. Lønnsomheten i energieffektiviseringstiltak for bygg avhenger i stor grad av kraftprisen, da kostnadsbesparelsen i stor grad vil bestå av redusert strømbehov. Fast kraftpris bidrar til å begrense usikkerheten vedrørende tiltakenes lønnsomhet i de årene den gjelder.

5.2.4. Statsbyggs ambisjoner for energieffektivisering

Det nåværende ambisjonsnivået til Statsbygg er at *klimakorrigert og driftsnormert energibruk pr. kvadratmeter* ikke skal overstige 200 kWh (2.1). I tabell 6 illustreres energibruken og vedlikeholdskostnadene for Statsbyggs eiendomsportefølje de siste 5 årene.

Tabell 6 Utvalgte hovedtall Årsrapport 2014 for Statsbygg. [46]

	2010	2011	2012	2013	2014	Gjennomsnitt siste 5 år
<i>Brutto forvaltningsareal inkl. utlandet. [mill. m²]</i>	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	-
<i>Klimakorrigert og driftsnormert energibruk. [kWh/m²]</i>	201	207	199	200	200	202
<i>Vedlikehold [kr/m²]</i>	245	219	238	252	326	256

¹⁵ Opprinnelsesgarantier er en merkeordning for elektrisitet for å vise strømkunden at en mengde kraft er produsert fra en spesifisert energikilde. (nve.no)

Det fremgår av tabell 6 at Statsbygg de siste årene har opprettholdt målet om ikke å overstige 200 kWh/m²/år i gjennomsnitt for porteføljen. Det betyr imidlertid ikke at Statsbygg ikke lenger fokuserer på å energieffektivisere sin portefølje. Med en bygningsmasse som stadig blir eldre og presses i forhold til økt bruksbehov, vil den eksisterende bygningsmassen by på utfordringer i fremtiden. De nasjonale og internasjonale klimamålene, som blant annet krever at bygningsmassen i Norge skal halvere sitt energibruk i bygg fram til 2040 krever sitt av Statsbygg. Ambisjoner om å være et forbilde for resten av næringen gjør at Statsbygg stadig må tenke nytt, også når det gjelder den eksisterende bygningsmassen.

6. TRADISJONELL ENERGIEFFEKTIVISERING

Som forklart i kapittel 5 har Statsbygg et behov for å energieffektivisere bygningsmassen. Målet om å være et forbilde for resten av byggenæringen krever økte ambisjoner og nye verktøy for å kunne vurdere den mulige nytten av Total Concept i denne sammenheng er det derfor viktig å ha dagens praksis som sammenligningsgrunnlag.

For å finne ut hva som representerer tradisjonell metode for energieffektivisering av eksisterende bygg i dag er det blitt foretatt dybdeintervjuer med representanter fra henholdsvis AF Gruppen, Hjellnes Consult, SINTEF og Multiconsult (4.2.2). Disse aktørene arbeider med dette på daglig basis og er i stor grad leverandører og samarbeidspartnere for Statsbygg og andre eiendomsforvaltere i Norge. Det følgende kapitlet vil gjøre rede for de opplysninger som er blitt kjent som følge av samtale/dybdeintervjuene og videre hva som kjennetegner vanlig praksis i dag.

6.1. VALG AV TILTAK

I dagens praksis utføres det befaringer på eiendommene hvor nødvendig informasjon om bygg og drift blir innhentet for videre analyse. Denne befaringen med videre tett oppfølging anses som viktig, og konsulentene registrerer store forskjeller på hvordan bygg driftes. [47] Med andre ord er selve kartleggingen av byggets tilstand og energibruk, samt inntjening av tiltak i utgangspunktet lik ved dagens praksis og Total Concept. Videre vil informasjonen innhentet fra befaringer og samtaler med vaktmestere/driftsledere resultere i en antakelse av hvilke tiltak som kan være aktuelle. Disse vil videre bli plottet inn i et Excel-ark hvor lønnsomheten beregnes. [47-49] Allerede på dette stadiet vil ulønnsomme tiltak som regel anses som uaktuelle, og de blir utelatt fra en eventuell tiltakspakke.

6.2. LØNNSOMHETSANALYSER

Den tradisjonelle metoden for energieffektivisering av næringsbygg i dag går i stor grad ut på å oppgradere bygg slik at de tilfredsstiller minimumskravet for bygninger, som per dags dato er TEK10. Når TEK10 er oppnådd, ser man eventuelt videre på hvilke tiltak som kan gi *lønnsomme* energibesparelser utover dette. Det er da vanligvis de(t) mest lønnsomme tiltak(ene) som velges, utover det som må gjøres for å tilfredsstille forskriftskravene i henhold til TEK10. [50] Tradisjonell praksis i dag for å beregne lønnsomheten ved disse ulike tiltakene er i hovedsak tilbakebetalingsmetoden, hvor nåverdi også blir beregnet. [48, 49] beregningen i Excel inngår det en rekke funksjoner, blant annet tiltakets levetid, energibesparelse i kWh/år, kostnadsbesparelse kr/år, investeringskostnad, nåverdi og inntjeningstid. Et representativt eksempel på et Excel-ark som benyttes i bransjen i dag er illustrert i vedlegg 2. [48, 49]

Det kommer frem av intervjuobjektene at inntjeningstiden har vektlegges tyngst ved innsalg av spesielt én grunn; den er mest lettforståelig for begge parter. Ingeniører som ikke har økonomibakgrunn ønsker å bruke tilbakebetalingsmetoden, da den metoden er lettest å forstå, samt at kundene etterspør denne metoden, også dette på grunn av dens enkelthet. [51] Det er imidlertid en kombinasjon av nåverdi og tilbakebetalingsmetoden som benyttes. Ingen av intervjuobjektene oppgir at internrentemetoden benyttes på deres arbeidsplass ved utarbeidelse av tiltakspakker. Ved innsalg mener aktørene generelt at det bør det benyttes nøkkeltall som byggherre er kjent med og forstår betydningen av. Da er det gjerne inntjeningstid og årlig kostnadsbesparelse som bidrar til å selge inn tiltakene. Enkelte byggherrer kan imidlertid ha et forhold til internrentemetoden og dermed ønske en presentasjon av internrenten for tiltakene og/eller for pakken som helhet. [47-49]

6.3. TYPISK ENERGIBESPARELSE I DAG

Ved oppgradering av eksisterende bygg må byggherren og konsulent/leverandør bli enige om ambisjonsnivå med hensyn til energibesparelse. Ved dagens praksis søker de aller fleste å tilfredsstille forskriftskravet. Kun et fåtall er mer ambisiøse. [50] Dagens energibesparelse ved energieffektivisering av eksisterende bygg ligger typisk på et nivå hvor det er minimum 10 %, og opp til 30 % besparelse å hente ved prosjektering. [47, 49] Typisk lander den på rundt 15-20 % etter en periode med målinger av faktisk energibruk (ca. 2-4 år).

I andre tilfeller kan byggherre ha ambisjoner om en viss prosentvis kostnadsbesparelse, typisk 10-20 %. Eventuelt ligger ambisjonene å oppnå en viss energistandardmerking, eksempelvis passivhusnivå. [48] Flere byggeiere stiller klare krav til konsulenter og entreprenører når disse tildeles oppdrag for energieffektivisering av bygg. Disse kravene er i hovedsak rettet mot tilfredsstillelse av forskriftskravet TEK10, og tiltak utover dette baserer seg på et ønske om økt lønnsomhet eller et ønske om å profilere seg som miljøbevisst. [50] Med høye krav menes at mange forventer betydelige energi – og kostnadsbesparelser, samtidig som de forventer relativt lave investeringskostnader. Det finnes eksempler på kunder som ikke ønsker å kjøpe tiltak med mindre nedbetalingstiden er ned mot tre år. Dette er i praksis svært vanskelig. [47]

Konkurransen i markedet for leveranse av energieffektiviseringstiltak har økt betraktelig de siste årene både på konsulent – og entreprenørsiden, blant annet gjennom at enkelte aktører tilbyr garantiordninger for energibesparelser. Dette innebærer at en entrepris garanterer byggherren et minimum av årlig reduksjon i energiutgifter knyttet til en gjennomført tiltakspakke. I disse avtalene er reduksjon i årlige utgifter til strøm som regel hovedfokus, samt nedbetalingstid for de investeringene tiltakene innebærer. Flere oppdragsgivere setter høye krav, krav som er vanskelige å innfri i praksis. Konkurransen i markedet kan bidra til at urealistiske tiltakspakker med kunstig høy avkastning selges inn, noe som gjerne fører til konflikter mellom leverandør og byggherre i ettertid. [47]

Det er generelt betydelig forskjell på relativt små private bedrifter og større, profilerte byggherrer (eksempelvis Statsbygg). De små private aktørene har ofte mindre eller uavklarte krav og ambisjoner for energibesparelser. [48] De vurderer gjerne inntjeningstid og årlig besparelse ut fra det leverandørene selger inn, og de tar investeringsbeslutning på dette grunnlaget. Mangelen på forhåndsdefinerte krav til energibesparelse og fokuset på inntjeningstid ved tiltakene bidrar ofte til mer begrensede besparelser enn det som ville vært både teknisk og økonomisk mulig (ofte ned mot 10 %) De større byggherrene kan dog ha tydeligere og mer ambisiøse krav til internrente og/eller inntjeningstid på forhånd. [48]

6.4. INDIVIDUELLE FORSKJELLER

I dag velges vanligvis energieffektiviseringstiltakene for eksisterende bygg i henhold til forskriftskravene (TEK10) og/eller noen av de mest lønnsomme tiltakene utover dette (6.2), men normalt ikke mer enn det. [50] Det er imidlertid store forskjeller på *hvem* som utfører arbeidet med å lokalisere og velge de energieffektiviserende tiltakene. En person kan være god på eksempelvis varmpumper og ser automatisk etter muligheter for installasjoner av dette,

hvor en annen kan være god og føler seg mer komfortabel med å anbefale ventilasjonstiltak. Om det er usikkerhet rundt lønnsomheten til et tiltak eller vedkommende ikke føler seg komfortabel med eller har lite erfaring med en type tiltak, kan dette bli nedprioritert og utelatt fra tiltakspakken. [49] Usikkerheten rundt tiltak er den viktigste faktoren til at tiltak blir utelukket, da leverandøren risikerer å få bot eller måtte svare garanti dersom kravet til lønnsomhet ikke blir innfridd i ettertid. [47]

Fokuset ved utarbeidelse av en pakke ligger hovedsakelig i de økonomiske nøkkeltallene, hvor den *totale energibesparelsen* og dermed klimaaspektet ofte blir glemt. Det erkjennes fra flere hold at dette fokuset er tilsidesatt til fordel for krav til avkastning og inntjeningstid. [47-49] Å selge inn, reklamere og informere kunden om klimavennlige tiltak er ikke utbredt den dag i dag og kommer i andre rekke. Dette kan resultere i mindre ambisiøse oppgraderinger.

6.4.1. Byggherrens ønsker

Det er vanlig praksis å spørre kunden/byggherren om de har noen ønsker med tanke på tiltak. Noen byggherrer har preferanser på forhånd og disse ønskene går ofte ut på bygningsmessige tiltak med lav besparelse for å kunne oppdatere bygningsmassen sin. Dette kan være funksjonelle og/eller visuelle løsninger som ikke er karakterisert som energieffektiverende. [47] I tillegg kan kundene ha individuelle fokusområder som er mer ønsket fremfor andre tiltak. [48]

6.5. DAGENS PAKKELØSNINGER

I den tradisjonelle praksisen i dag vil alle energieffektiverende tiltak presenteres som en pakke, men synliggjør i hovedsak lønnsomheten isolert sett for hvert enkelt tiltak. [48] Kravene i TEK10 er derimot relativt spesifikke og gir ikke rom for å omfordele noe særlig basert på økonomi. [50] Rådgiverne har til syvende og sist et ønske om å presentere en pakke for kunden med god avkastning som inneholder lønnsomme tiltak. [47]

Når konsulenter går på befaringer for kunden vil de finne, presentere og selge flest mulig tiltak. Det er det som genererer inntekt, men byggherren står fritt til å velge ut de tiltakene som de ønsker å gjennomføre, eksempelvis kun de mest lønnsomme. [47] Et viktig poeng her er at tiltakene påvirker hverandre og om et tiltak blir valgt bort vil dette mest sannsynlig påvirke noen av de andre tiltakene, og man risikerer at avkastningen på disse blir dårligere. Fokuset ligger gjennomgående på de bedriftsøkonomiske aspektene. Konsulenten/leverandøren kan føle et stort ansvar for at tiltakspakken skal innfri forventningen, spesielt når garantiordninger tilbys

(6.2). Ved avvik fra beregnet besparelse ved prosjektering vil leverandørselskapet bøtelegges, og tilliten vil følgelig svekkes ved en neste anbudskonkurranse.

6.6. OPPFØLGING

Etter at tiltakene er utført og bygget er ferdig, vil bygget kontinuerlig bli oppfulgt av leverandør. På grunn av garantien de har satt, vil denne oppfølgingen være viktig, da besparelsen som er lovd på forhånd kan være vanskelig å holde om ikke de har kontroll på utviklingen i ettertid av ferdigstillelsen.

7. VEGKONTORET PÅ STEINKJER: TOTAL CONCEPT I PRAKSIS

Kapittel 7 vil ta for seg Vegkontoret på Steinkjer som i disse dager oppgraderes ved bruk av Total Concept-metodikken. Prosjektet vil presenteres på generelt grunnlag, og resultater fra Total Concepts trinn 1 vil presenteres.

7.1. PRESENTASJON AV PROSJEKTET

Total Concept har, selv om det har blitt utprøvd på flere hundretalls bygg i Sverige, ikke befestet sin posisjon i Norge. SINTEF gjennomfører i disse dager Norges første pilotprosjekter med metoden og verktøyet, hvor Statsbygg har stilt to bygg til rådighet som har behov for oppgradering. Dette er henholdsvis Høgskolen i Volda og Vegkontoret på Steinkjer.

Total Concept på Vegkontoret i Steinkjer er et forskningsprosjekt som gjennomføres i perioden mars 2014 - mars 2017. Prosjektets arbeidspakkeleder er SINTEF, som jobber på vegne av Statsbygg. Prosjektet er finansiert av EUs Intelligent Energy-Europe Programme og budsjettet er på omtrent 1,8 mill. Euro totalt. Oppgraderingsprosjektet skal utføres av HENT¹⁶ som en totalentreprise. Denne avhandlingen vil ta for seg vegkontoret på Steinkjer, for en grundigere presentasjon og analyse.



Vegkontoret i Nord-Trøndelag (Foto: Morten Stene, 2006)

¹⁶ HENT AS er en landsdekkende entreprenør som gjennomfører alle typer byggeprosjekter.

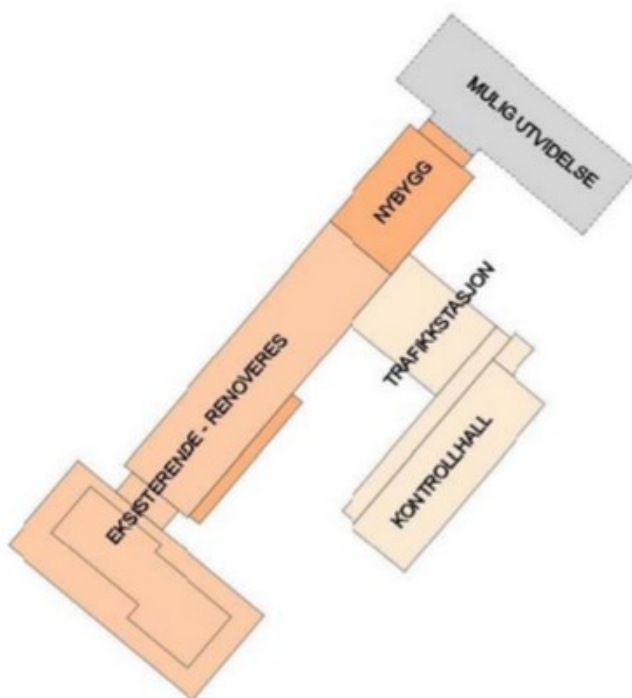
7.2. BYGGETS TILSTAND

Tabell 7 viser nøkkeltall for Vegkontoret i Steinkjer for 2014. Dette viser at bygget ligger under 200 kWh/m² som er Statsbyggs mål, men det er ikke synonymt med at bygget driftes energieffektivt. Dette momentet drøftes nærmere i kapittel 8.4.

Tabell 7 Nøkkeltall Vegkontoret i Steinkjer fra Energistatistikk 2014.

Areal	<i>m²</i>	5685
Energiareal	<i>m²</i>	4330
Total energibruk	<i>kWh</i>	1 082 740
Spesifikk energibruk	<i>kWh/m²</i>	171

Selve bygningen består av tre bygg fra ulike byggetrinn, henholdsvis 1967, 1976 og 1984. Leietakeren, Statens Vegvesen, har i tillegg til oppgraderingen et ønske om å utvide bygningen med et tilbygg. Oversiktstegning av Vegkontoret på Steinkjer er illustrert i figur 13.



Figur 13 Oversiktstegning Vegkontoret på Steinkjer. [52]

7.3. VALG AV TILTAK

7.3.1. Trinn 1: Energieffektiviserende tiltak

I første omgang har SINTEF Byggforsk utført trinn 1 av Total Concept, og utarbeidet en rapport hvor en tiltakspakke med energieffektiviseringstiltak er presentert. Det er blitt utført en energitilstandsanalyse på forhånd av henholdsvis Rambøll og PlanConsult, og en energiberegning er simulert ved hjelp av simuleringsverktøyet SIMIEN (versjon 5.022). [52] Investeringskostnadene og beregninger knyttet til disse er i hovedsak basert på kostnadstall fra budsjettet til entreprenøren HENT.

Statsbygg har som mål å oppgradere hele bygget opp til passivhusnivå. Dagens forskriftskrav sier imidlertid at *"ved endring av en bygningsdel, må tiltaket tilfredsstillere minimumskravet i dagens forskrift. Ved hovedombygging, eller ved bruksendring, skal hele forskriften (TEK10) gjelde."* [52] Vegkontoret på Steinkjer tilfredsstiller ikke forskriftskravene i TEK10, men disse må derfor likevel legges til grunn når beregningene skal gjøres med tiltak opp til passivhusnivå. Resultatet (energibesparelsen og investeringskostnaden) for tiltakspakken tar med andre ord kun hensyn til forskjellen mellom TEK10nivå og passivhusnivå og reelt vil disse forskjellene altså være større og resultatet bedre. Likevel, for at resultatet skal være representativt for videre arbeid må det gjennomføres på denne måten.

I trinn 1 ble det identifisert seks energieffektiviserende tiltak og tabell 8 illustrerer energibesparelsen og investeringskostnadene for de enkelte tiltakene isolert sett. Tall fra eksisterende bygg, via TEK10 og opp til passivhusnivå, er presentert, samt investeringskostnadene fra TEK10 til passivhusnivå. TC-rank (Total Concept rank) representerer hvor lønnsomme tiltakene hver for seg, dersom det skulle gjennomføres som eneste tiltak.

Tabell 8 Levetid og energibehov for eksisterende, TEK10 og passivhusnivå, samt investering fra TEK10 til passivhusnivå. [52]

<i>Energi-effektiviserende tiltak</i>	<i>TC-rank</i>	<i>Levetid [år]</i>	<i>Eksisterende [kWh/m²/år]</i>	<i>TEK10 [kWh/m²/år]</i>	<i>Passivhus [kWh/m²/år]</i>	<i>Energi-besparelse [MWh/år]</i>	<i>Investering TEK10 til PH [NOK]</i>
<i>Vinduer og dører</i>	1	30	193,9	165,9	156,9	39,0	109 600
<i>Vegger – utvendig isolering + tetthet</i>	2	40	193,9	186,5	153,6	142,5	1 037 635
<i>Tak – utvendig isolering</i>	3	40	193,9	189,8	188,1	7,4	58 729
<i>Ventilasjon – fra CAV til DCV</i>	4	15	193,9	191,5	157,2	148,5	1 335 000
<i>Behovsstyrt LED belysning</i>	5	15	193,9	193,9	189,3	19,9	286 000
<i>Varmepumpe</i>	6	15	193,9	128,6	134,5	17,8	1 400 000

7.3.2. Dynamisk justert utgangspunkt

Videre vil hvert tiltak justeres dynamisk ut fra hvilke tiltak som velges i hvilken rekkefølge. Det mest lønnsomme tiltaket fra tabell 5 velges som første tiltak (TC rank 1). Videre utføres en ny energiberegning med ny rangering av resterende tiltakene, tiltak 2 velges og en ny rangering av de resterende tiltakene utføres, også videre. [52] Dette illustreres under, hvor hvert tiltak presenteres i rangert rekkefølge.

Merk at tiltak som velges som tiltak nr. 2 og utover får lavere energibesparelse når de velges som et senere tiltak i pakken, enn det de i utgangspunktet hadde isolert sett (tabell 9). Kun tiltaket som velges først opprettholder sin opprinnelige beregnede besparelse som isolert tiltak. Dette skyldes altså at man dynamisk justerer utgangspunktet for hvert tiltak. Når et nytt tiltak velges, er det mindre potensiale for energibesparelse igjen til det neste grunnet de bygningsfysiske synergieffektene mellom tiltakene.

(1) Nye vinduer og dører

Å skifte vinduer og dører er det mest lønnsomme tiltaket. I stedet for å oppgradere fra eksisterende bygning til TEK10 vil alle vinduer og dører byttes til passivhusvinduer – og dører. Levetiden er satt til 30 år, og investeringen er 109 600 kr. Den beregnede årlige energibesparelsen for tiltaket er satt til 39 000 kWh/år. Internrenten ved dette tiltaket er 34 %. Tallene er illustrert i tabell 9. [52]

Tabell 9 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 1: Skifte av vinduer og dører

	Levetid (år)	Investering (kNOK)	Intern rente (%)	Årlig energi- besparelse (MWh)	Årlig kostnads- besparelse (kNOK)	Annen besparelse (kNOK)	Total kostnads- besparelse (kNOK/år)
Vinduer og dører	30	109,6	34,0	39	35,1	0	35,1

(2) Utvendig etterisolering av tak

På grunn av tekniske faktorer vil en utvendig etterisolering av taket ha en relativt lav investeringskostnad, og det kommer lønnsomt ut i beregningene. Levetiden er satt til 40 år, og investeringen er 58 700 kr fra TEK10 til passivhusnivå. Beregnet energibesparelse er satt til 5200 kWh/år, og internrenten for tiltaket som tiltak nr. 2 i tiltakspakken er 9,53 %. [52]

Tabell 10 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 2: Utvendig etterisolering av tak.

	Levetid (År)	Investering (kNOK)	Intern rente (%)	Årlig energi- besparelse (MWh)	Årlig kostnads- besparelse (kNOK)	Annen besparelse (kNOK)	Total kostnads- besparelse (kNOK)
Tak – utvendig isolering	40	58,7	9,5	5,2	4,7	0	4,7

(3) Endring av belysning til behovsstyrt LED

Energibehovet til belysningen vil etter beregningene halveres ved endring fra tradisjonell til behovsstyrt LED. Dette vil imidlertid øke oppvarmingsbehovet. 54,6 MWh (elektrisitet) – 26,9 MWh (økt oppvarmingsbehov) = 27,7 MWh. En slik endring vil

også redusere da det vil være færre skifte av lyspærer, som er estimert til 5000 kr per år. Levetiden er estimert til 15 år, og investeringen er estimert til 286 000 kr. Energibesparelse er beregnet til 27 700 kWh/år. Internrenten for tiltaket som tiltak 3 i pakken er 8,25 %. [52]

Tabell 11 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 3: Behovsstyrt LED-belysning.

	Levetid (År)	Investering (kNOK)	Intern rente (%)	Årlig energi- besparelse (MWh)	Årlig kostnads- besparelse (kNOK)	Annen besparelse (kNOK)	Total kostnads- besparelse
Behovsstyrt LED belysning	15	286	8,2	27,7	24,9	5	29,9

(4) Oppgradering av ventilasjonsanlegget fra CAV til behovsstyrt ventilasjon

Behovsstyrt ventilasjon (DCV) justerer luftmengden etter hvor mye hvert rom blir brukt. Dersom det er relativt lav tilstedeværelse, vil den justere seg deretter, og omvendt. Levetiden for ventilasjonsanlegget er estimert til 15 år med en ekstra investering på 1 335 000 kr og en beregnet energibesparelse på 129 500 kWh/år. Internrenten som tiltak 4 i pakken er 5,57 %. [52]

Tabell 12 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 4: Fra CAV til DCV.

	Levetid (År)	Investering (kNOK)	Intern rente (%)	Årlig energi- besparelse (MWh)	Årlig kostnads- besparelse (kNOK)	Annen besparelse (kNOK)	Total kostnads- besparelse
Ventilasjon fra CAV til DCV	15	1335	5,6	129,5	116,5	0	116,5

(5) Utvendig etterisolering av fasader inkludert forbedret lufttetthet og kuldebroer

Ved å etterisolere fasadene på bygget vil man forbedre tettheten og redusere kuldebroene. Levetiden for ytterveggene er estimert til 40 år med en investering på 1.038 mill. Energibesparelsen er estimert til 3 900 kWh/år. Internrenten for tiltaket som nr. 5 i pakken er - 5,58 %. [52]

Tabell 13 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 5: Utvendig etterisolering av fasader.

	Levetid (År)	Investering (kNOK)	Intern rente (%)	Årlig energi- besparelse (MWh)	Årlig kostnads- besparelse (kNOK)	Annen besparelse (kNOK)	Total kostnads- besparelse
Vegger: utvendig isolering	40	1038	-5,6	3,9	3,5	0	3,5

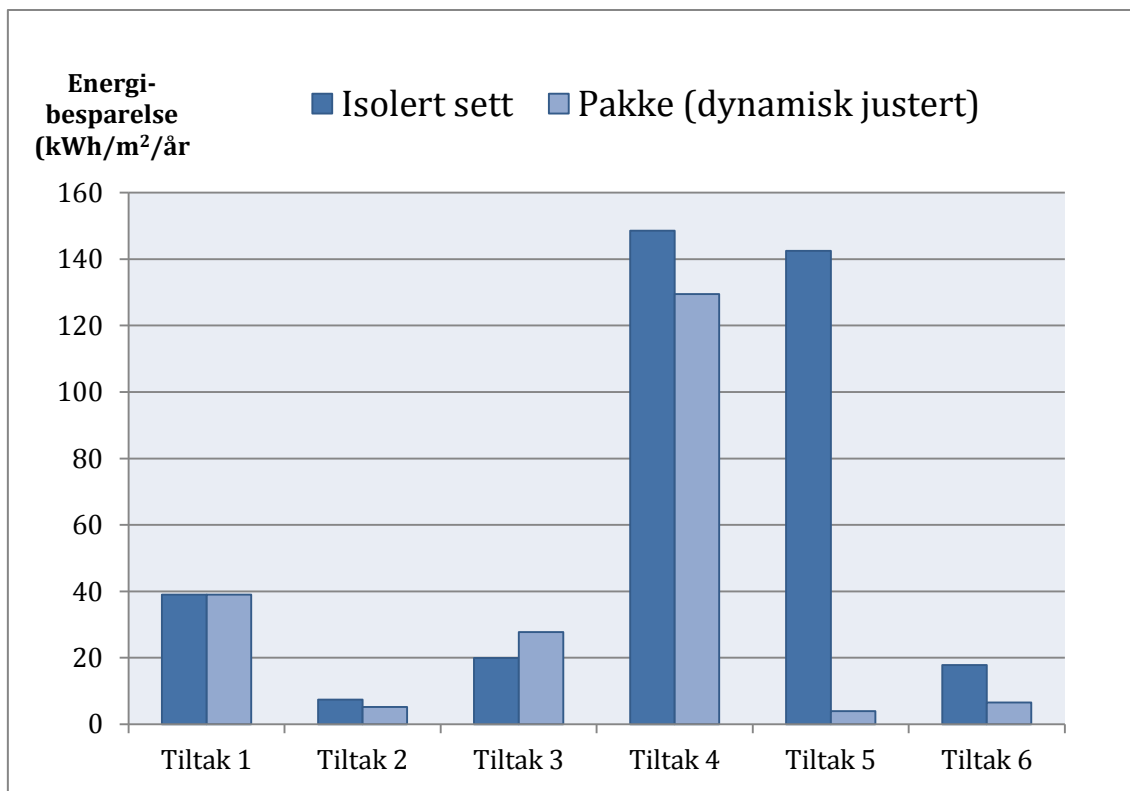
(6) Installasjon av bergvarmepumpe

Energikilden for Vegkontoret på Steinkjer er per dags dato to oljekjeler og en elkjele. Kravet ved TEK10nivå er luft-vann varmepumpe. En større investering som kan gi ytterligere energibesparelse i et kaldt klima er en bergvarmepumpe. Levetiden er estimert til 15 år med en investering på 1 400 000 kr. Energibesparelsen er beregnet til 6 500 kWh/år. Potensialet for energibesparelse er følgelig blitt redusert i takt med at de andre 5 tiltakene har blitt utført. Internrenten for tiltaket som tiltak 6 i pakken er negativ på -18 %. [52]

Tabell 14 Energi- og kostnadsbesparelse tiltak 6: Bergvarmepumpe.

	Levetid (År)	Investering (kNOK)	Intern rente (%)	Årlig energi- besparelse (MWh)	Årlig kostnads- besparelse (kNOK)	Annen besparelse (kNOK)	Total kostnads- besparelse
Varmepumpe	15	1400	-18	6,5	5,9	0	5,9

Figur 14 viser forskjellen på besparelsen for hvert tiltak ved å se på potensialet isolert sett, versus i en pakke hvor tiltakene påvirker hverandre og den besparelsen de kan gi. Eksempelvis vil tiltak 5 (vegger: utvendig isolering og tetthet) gå fra å være nr. 2 på rangeringen isolert sett til å befinne seg ned på 5.plass når den inkluderes i en pakke. Tiltaket vil alene spare relativt mye energi, men de bygningsfysiske synergieffektene med de andre tiltakene som gjennomføres vil påvirke dette tiltaket til å gå fra en potensiell besparelse på 142,5 MWh/år isolert sett, til 3,9 MWh/år som tiltak nummer 5 i pakken.



Figur 14 Energibesparelse isolert sett opp mot pakke hvor synergieffekter er tatt hensyn til.

7.4. TILTAKSPAKKE MED TOTAL CONCEPT

De seks tiltakene har gjennomgått en energi- og lønnsomhetsberegning hver for seg. Nå vil tiltakene på bakgrunn av Statsbyggs avkastningskrav, bli sett på som en investeringspakke, hvor pakken i sin helhet må tilfredsstillе kravet. Internrenten er fastsatt til 4,15 % av Statsbygg. Videre er det estimert en relativ økning av energiprisen med 2 % over inflasjonen og økonomisk levetid er satt til 60 år. [52] Disse parameterne er illustrert i tabell 15 nedenfor.

Tabell 15 Økonomisk inndata lønnsomhetsberegning.

Internrentekrav	4,15 %
Energiprisøkning	2,0 %
Energipris termisk energi ¹⁷	0,90 kr
Energipris elektrisitet	0,90 kr
Økonomisk levetid	60 år

¹⁷ Termisk energi: Levert energi i form av varme. Dette kan være fjernvarme eller varme som distribueres fra en varmesentral i bygget (for eksempel bio- og/eller oljekjel).

Parameterne ovenfor blir plottet inn i programvaren til Total Concept, Totalverktøy. I den videre lønnsomhetsberegningen har de ovennevnte energieffektiviserende tiltakene blitt vurdert, og de er rangert i rekkefølge etter lønnsomhet i tabell 16. Tabellen viser at de fem første tiltakene tilfredsstiller kravet til lønnsomhet ut fra avkastningskravet på 4,15 %, som en helhetlig pakke (ref. kolonne *Sum internrente*)

Tabell 16 Lønnsomhet av tiltakspakke i energibesparelse, kostnad og sum internrente. [52]

<i>Energi-effektiviserende tiltak</i>	<i>Levetid (År)</i>	<i>Investering (kNOK)</i>	<i>Internrente (%)</i>	<i>Energi-besparelse (MWh/år)</i>	<i>Kostnadsbesparelse (kNOK)</i>	<i>Annen besparelse (kNOK)</i>	<i>Total kostnadsbesparelse (kNOK)</i>	<i>Sum internrente (%)</i>
<i>Vinduer og dører</i>	30	109,6	34,0	39	35,1	0	35,0	34
<i>Tak – utvendig isolering</i>	40	58,7	9,5	5,2	4,7	0	4,7	25,6
<i>Behovsstyrt LED-belysning</i>	15	286	8,2	27,7	24,9	5	29,9	16,3
<i>Ventilasjon- fra CAV til DCV</i>	15	1335	5,5	129,5	116,6	0	116,5	9,32
<i>Vegger – utvendig isolering + tetthet</i>	40	1038	-5,6	3,9	3,5	0	3,5	4,22
<i>Varmepumpe</i>	15	1400	-18	6,5	5,9	0	5,9	0,78

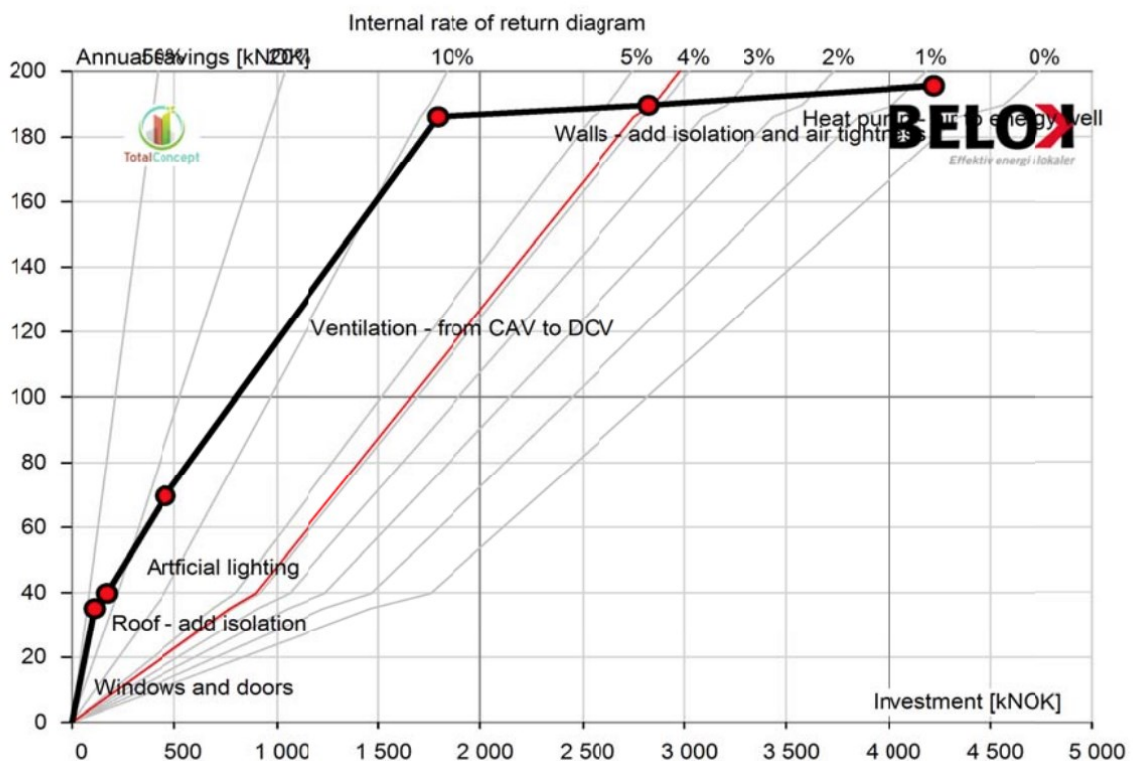
7.4.1. Resultat

Fra TEK10 til passivhus

Figur 15 illustrerer internrentediagrammet for Total Concept metoden for caset Vegkontoret på Steinkjer. Den røde linjen illustrerer internrenten på 4,15 %, og vi ser at linjen for pakken som inkluderer varmepumpe (ender til høyre i bildet) faller utenfor avkastningskravet. Vi vil da sitte igjen med fem energieffektiviserende tiltak, som vil bli gjennomført i trinn 2.

Disse er:

- (1) Vinduer og dører
- (2) Tak - utvendig isolering
- (3) Behovsstyrt LED-belysning
- (4) Ventilasjon - fra CAV til behovsstyrt ventilasjon (DCV)
- (5) Vegger - utvendig etterisolering



Figur 15 Tiltakspakke Vegkontoret på Steinkjer illustrert i internrentediagram. [52]

I internrentediagrammet er tiltakene illustrert ved røde prikker, og det fremgår at en pakke bestående av 5 tiltak samlet sett tilfredsstillende avkastningskravet på 4,15 % (rød linje, figur 15).

Oppsummert gir den valgte tiltakspakken for oppgradering av Vegkontoret ved bruk av Total Concept følgende resultater:

Tiltakspakken vil redusere den leverte energien fra TEK 10 til passivhusnivå med: 205 300 kWh/år, 47,4 kWh/m²/år. Byggets energibehov reduseres altså med 32 % fra TEK10 til passivhus.

Tiltakspakkens totale kostnad ved å gå fra TEK10 til passivhusnivå er 2 827 300 kr og gir en summert internrente på 4,22 %. [52]

Fra eksisterende bygning til passivhus

Den totale energibesparelsen fra eksisterende bygning til passivhusnivå er: 394 896 kWh/år, 91,2 kWh/m²/år. [52] Byggets energibehov reduseres altså med 53 %.

Besparelsen og kostnadene fra eksisterende bygning til TEK10 ses bort fra i lønnsomhetsberegningen (7.3.1), men tilsvarer nær dobbelt så mye som besparelsen som kommer frem av beregningene fra TEK10 til passivhusnivå. Det gjøres fordi man anser delkostnaden for å oppnå TEK10 som irrelevant, fordi man er lovpålagt å oppnå denne standarden ved oppgradering av eksisterende yrkesbygg. TEK10-standard gjelder dessuten andre forhold enn kun det som er knyttet til energiforbruk, som inneklimate og materialbruk. Dermed fokuseres det utelukkende på investeringskostnader og tilhørende energibesparelse tilknyttet å gå fra TEK10 til passivhus.

Tabell 17 illustrerer de ulike spesifikasjonene på bygget for henholdsvis eksisterende bygg, TEK10 og passivhusnivå. Ut fra tabellen kan man se at det er stor forskjell fra eksisterende til passivhus, og følgelig mindre forskjell fra TEK10 til passivhus, som beregningene stammer fra.

Tabell 17 Inndata til energisimulering Total Concept fra eksisterende bygg, via TEK10 og opp til passivhus.

<i>Energiltak</i>	<i>Enhet</i>	<i>Eksisterende</i>	<i>TEK10</i>	<i>Passivhus</i>
<i>Vinduer og dører</i>	[W/m ² K]	2,4	1,2	0,8
<i>Vegger – utvendig isolering</i>	[W/m ² K]	0,41	0,22	0,16
<i>Vegger – lekkasjetall</i>	[/h]	3,5	1,5	0,4
<i>Vegger – Norm. Kuldebroverdi</i>	[W/(m ² *K)]	0,12	0,09	0,03
<i>Tak – utvendig isolering</i>	[W/M ² K]	0,23 / (0,33)	0,13	0,08
<i>Ventilasjon – fra CAV til DCV</i>				
<i>Ventilasjonsluftmengde i driftstiden</i>	[(m ³ /h/m ²)]	7	10	6
<i>Ventilasjonsluftmengde utenfor driftstiden</i>	[(m ³ /h/m ²)]	2	3	1
<i>Temperaturvirkningsgrad for varmeveksler</i>	[%]	60	80	83
<i>Behovsstyrt LED belysning</i>	[W/m ²]	8	8	4
<i>Energiforsyning</i>		El-kjele 100 %	Luft-vann-varmepumpe 85% oppvarming 0% kjøling	Bergvarmepumpe 85 % oppvarming 60 % kjøling

Fremtidig driftsendring

Dagens beregninger er blitt gjort på bakgrunn av hvordan Vegkontoret på Steinkjer antas å bli benyttet i fremtiden. Disse tallene er igjen basert på hvordan det har blitt benyttet i fortiden, og energibruken i bygget de siste årene gir en god pekepinn på bruken. I tillegg foreligger det data på hvor mange timer per dag ventilasjon, belysning og utstyr er i bruk. Per 2014 er disse fastsatt til 12 timer, og brukstiden på bygget er på ca. 9 timer per dag. Ved betydelige driftsendringer på bygget vil beregningene som er utført være upresise. Et eksempel på en eventuell driftsendring på Vegkontoret i Steinkjer kan være at bygget skal leies ut til kursvirksomhet på kveldstid eller lignende. Dette vil gi utslag på energibruken, og følgelig årsresultatet til bygget.

Fremtidige relative energiprisendringer

Total Concepts Totalverktøy tar hensyn til fremtidige prisendringer, hvor det på generell basis er rimelig å tro at energiprisene fortsatt kommer til å stige mer enn den gjennomsnittlige inflasjonen. [23] I caset Vegkontoret på Steinkjer er det estimert en relativ økning av energiprisen med 2 % over inflasjonen. [52] Kraftprisen vil i stor grad avgjøre hvor lønnsom tiltakspakken er. Dette vil illustreres nærmere i kapittel 8, hvor det er blitt foretatt en sensitivitetsanalyse for et av tiltakene for endringer i de ulike parameterne *investering, kraftpris og energibesparelse*.

8. HOVEDFUNN OG DRØFTING

I dette kapitlet drøftes de ulike aspektene ved de to metodene basert på informasjonen som foreligger i kapittel 5-7.

8.1. ETABLERING AV TILTAKSPAKKE

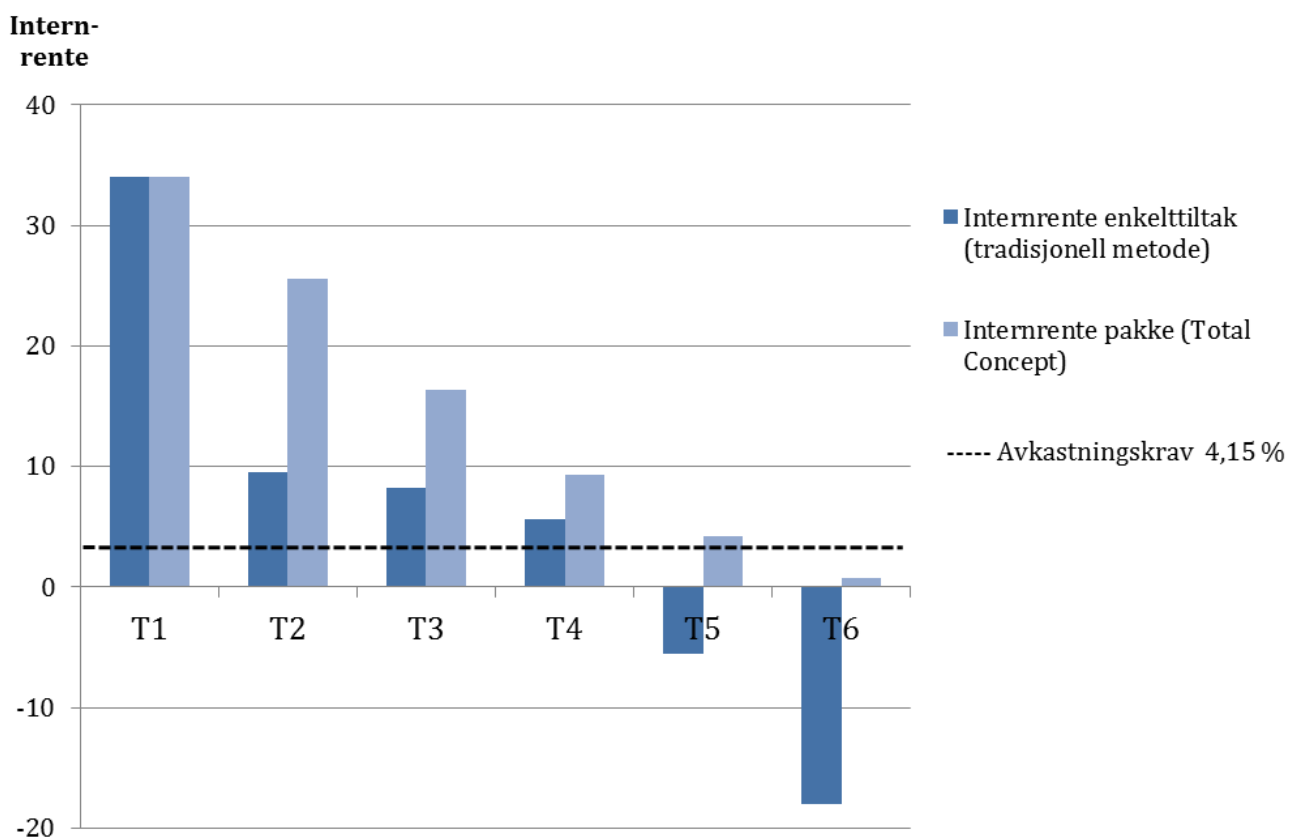
Det er mange likheter mellom Total Concept-metodikken og dagens praksis. Den tekniske tilnærmingen er i utgangspunktet identisk, ved at man utfører en analyse av byggets tilstand og energibruk, og deretter kartlegger de energieffektiviserende tiltak som er teknisk mulig å gjennomføre gitt byggets fysiske egenskaper og bruksområder.

8.1.1. Beregning av lønnsomhet for enkelt-tiltak

Internrentemetoden: Total Concept vs. vanlig praksis

Kapittel 7 viste hvordan Total Concept benytter *dynamisk justert utgangspunkt* for å rangere de ulike tiltakene og å beregne deres energibesparelse *som en del av pakken*. Ved dagens praksis benyttes også dynamisk justert utgangspunkt på samme måte for å ivareta hensyn til synergieffekter. Forskjellen ligger i hvilke kriterier som legges til grunn for valg av tiltak som skal inngå i en lønnsom tiltakspakke.

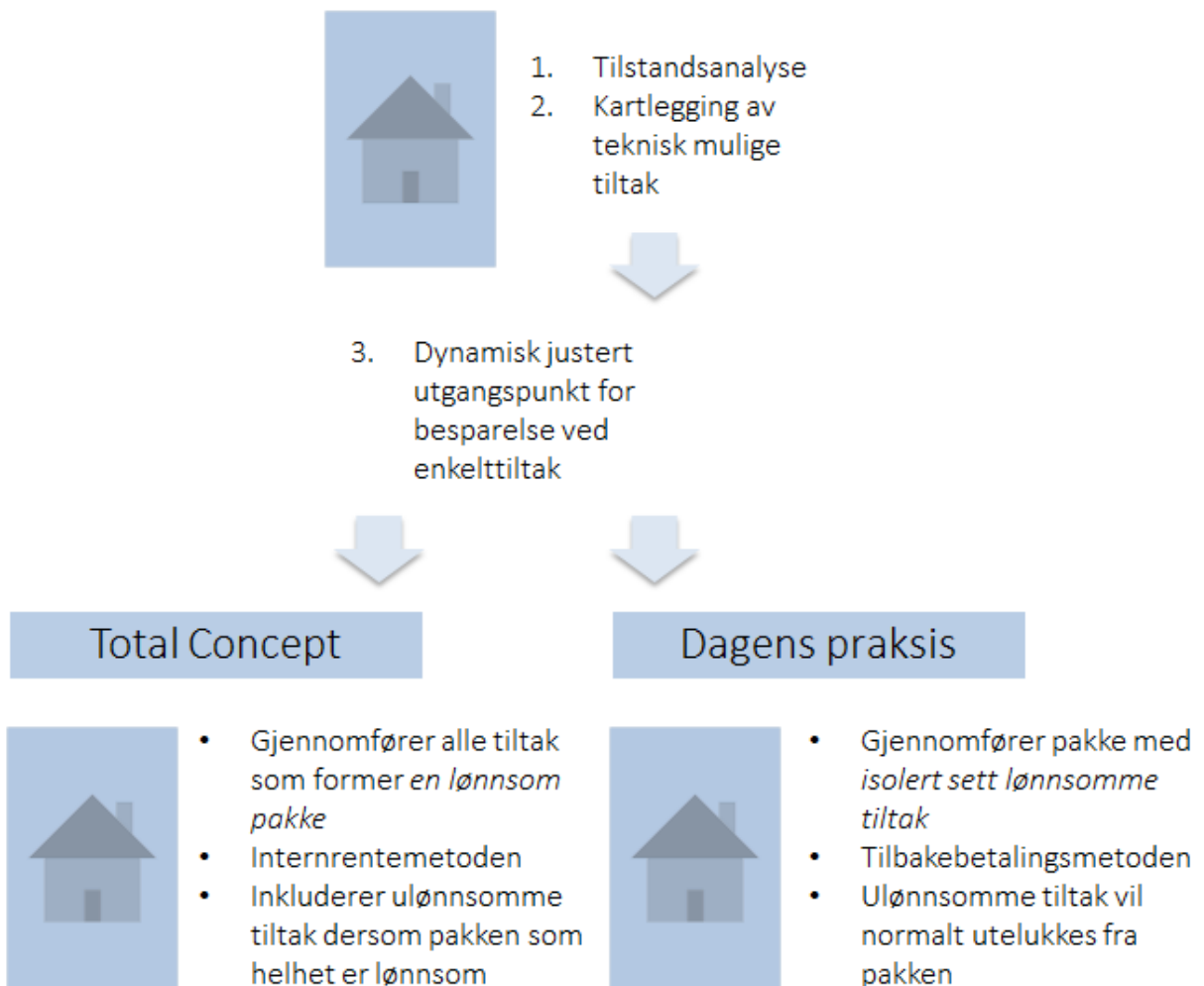
I figur 16 er beregningen av internrenten for tiltakene identifisert for Vegkontoret ved bruk av Total Concept satt opp mot tradisjonell tilnærming. Ved dagens praksis vil man fokusere på internrenten ved det enkelte tiltak og deretter velge de tiltak som isolert sett tilfredsstillende avkastningskravet. I anvendelsen av Total Concept ser man i praksis bort fra internrenten til det enkelte tiltak og ser utelukkende på hvordan *summen av internrenten* utvikler seg for hvert tiltak som legges til i pakken.



Figur 16 Internrente for tradisjonell og Total Concept metode ved de respektive tiltakspakker.

Det fremgår av figur 16 at ved Total Concept vil en pakke bestående av fem tiltak vurderes som lønnsom fordi den samlet sett tilfredsstillende avkastningskravet. Ved vanlig praksis vil normalt sett kun de fire tiltakene som isolert sett tilfredsstillende avkastningskravet vurderes som aktuelle for gjennomføring.

Likhetene og forskjellene ved den overordnede utformingen av tiltakspakker er oppsummert i figur 17.



Figur 17 Likheter og forskjeller ved utarbeidelse av tiltakspakke ved bruk av TC og vanlig praksis.

8.1.2. Valg av tiltakspakke: Energibesparelse og samlet lønnsomhet

Resultatforskjellene ved anvendelse av Total Concept og dagens praksis er videre illustrert i tabell 18, ved å sammenstille hvilke tiltak som mest sannsynlig hadde blitt gjennomført ved de respektive tilnærmingene for Vegkontor-caset. For å synliggjøre hvordan ulike tiltakspakker utarbeides ved de to metodene, er det lagt til grunn tre ulike scenarier for avkastningskrav. Det er valgt å vurdere ulike scenarier fordi avkastningskravet ved energieffektivisering vil variere for ulike byggherrer. Generelt vil private aktører ha et vesentlig høyere avkastningskrav enn Statsbygg og andre offentlige forvaltere. Det er valgt to ekstra scenarier hvor avkastningskravene er satt til 9 % og 14 %. Disse tallene er ofte reelle avkastningskrav, fortrinnsvis i privat sektor. Statsbygg-kravet på 4,15 % er beholdt som et eget scenario, representativt for offentlige eiendomsforvaltere. Øvrige egenskaper ved caset forblir uendret.

Tabell 18 Valg av tiltakspakke ved ulike scenarier for avkastningskrav, samt økonomiske nøkkelparametere og total energireduksjon for de ulike pakkene.

		Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
Avkastningskrav		4,15 %		9 %		14 %	
Tiltak	IR*	Total Concept	Vanlig praksis	Total Concept	Vanlig praksis	Total Concept	Vanlig praksis
1. Vinduer og dører	34	JA	JA	JA	JA	JA	JA
2. Tak – utvendig isolering	9,5	JA	JA	JA	JA	JA	NEI
3. Behovsstyrt LED-belysning	8,3	JA	JA	JA	NEI	JA	NEI
4. Ventilasjon- fra CAV til DCV	5,6	JA	JA	JA	NEI	NEI	NEI
5. Vegg – utvendig isolering + tetthet	-5,6	JA	NEI	NEI	NEI	NEI	NEI
6. Varmepumpe	-18	NEI	NEI	NEI	NEI	NEI	NEI
Sum internrente [%]		4,2	9,3	9,3	25,6	16,3	34,0
Total investering [kNOK]		2827	1789	1789	168	454	110
Årlig energibesparelse [kWh]		205	201	201	44	72	39
Årlig kostnadsbesparelse [kNOK]		190	186	186	40	70	35
Inntjeningsstid [år]		23	12	23	5	18	4
Total reduksjon i energibehov for bygget		32 %	31 %	31 %	7 %	11 %	6 %

*Internrente (%) for tiltaket isolert sett etter dynamisk justering

Tabell 18 viser at caset for Vegkontoret med avkastningskravet til Statsbygg på 4,15 % (**scenario 1**) gir minimal forskjell i den totale energibesparelsen ved de to ulike tilnærmingene for valg av tiltakspakke. Dette skyldes at internrenten til flesteparten av tiltakene tilfredsstiller avkastningskravet også isolert sett etter tiltaksrangering med dynamisk justering. Dessuten gir det siste tiltaket som inkluderes ved TC (tiltak 5) relativt lav besparelse etter dynamisk justering. Dette er en tilfeldig egenskap ved akkurat dette caset, gitt tiltakene som er identifisert i kombinasjon med avkastningskravet som er lagt til grunn for Statsbygg.

I scenario 1 vil det være oppsiktsvekkende for de fleste dersom man skulle følge Total Concept sin anbefaling og øke investeringen med over 1 million kroner, for i praksis å oppnå en minimal økning i energibesparelse kontra den man oppnår ved vanlig praksis (tabell 18). I teorien er det *samfunnsøkonomisk* optimalt å gjennomføre tiltak 5 så lenge pakken i sin helhet er lønnsom. Likevel er det lite trolig at man ville fått med en byggherre på et slikt tiltak. I hovedsak skyldes dette at en så stor investering med så liten ekstra energibesparelse vil øke risikoen dramatisk, gitt *usikkerheten* som ligger i beregningene (beskrives nærmere i delkapittel 8.2).

Scenario 1 kan være et eksempel på at man i anvendelsen av Total Concept ikke nødvendigvis må eller bør inkludere alle tiltak som er mulig å gjennomføre innenfor avkastningskravet. Her bør det legges til at Total Concept som verktøy illustrerer nettopp dette gjennom sin grafiske fremstilling av de mulige tiltakskombinasjonene i internrentediagrammet (figur 15 i kapittel 7). Selv om de strenge kriteriene for valg av tiltak som ligger inne i programvaren kan promotere urealistiske tiltak (som tiltak 5 i stor grad kan påstås å være), kan det uansett være nyttig for en beslutningstaker å ha alle mulighetene synliggjort. Dette kan gi god oversikt og muligens et styrket grunnlag for diskusjon rundt ambisjoner og risikovilje. Samtidig står man naturligvis fritt til å velge bort de mest ulønnsomme eller risikofylte tiltakene, også ved bruk av Total Concept.

Scenario 2 (tabell 18) hvor et høyere avkastningskrav hos byggherren er lagt til grunn, gir stor forskjell i total energibesparelse mellom de to tilnærmingene. Ved bruk av Total Concept oppnås en energibesparelse på 31 %, mens man ved tradisjonell tilnærming kun oppnår 7 %. Dette skyldes at kun to av tiltakene isolert sett har internrente på mer enn 9 % etter den dynamiske justeringen (tabell 16, kapittel 7), og dermed utelukkes ved tradisjonell tilnærming.

For **scenario 3** (tabell 18) er forskjellen for Total Concept og dagens praksis betydelig, da Total Concept gir en dobbelt så høy besparelse som ved tradisjonell tilnærming. De simulerte resultatene for dagens praksis i tabell 18 understøttes gjennom dybdeintervjuene med bransjeaktørene.

8.1.3. Lønnsomhetsvurdering for tiltakspakken som helhet

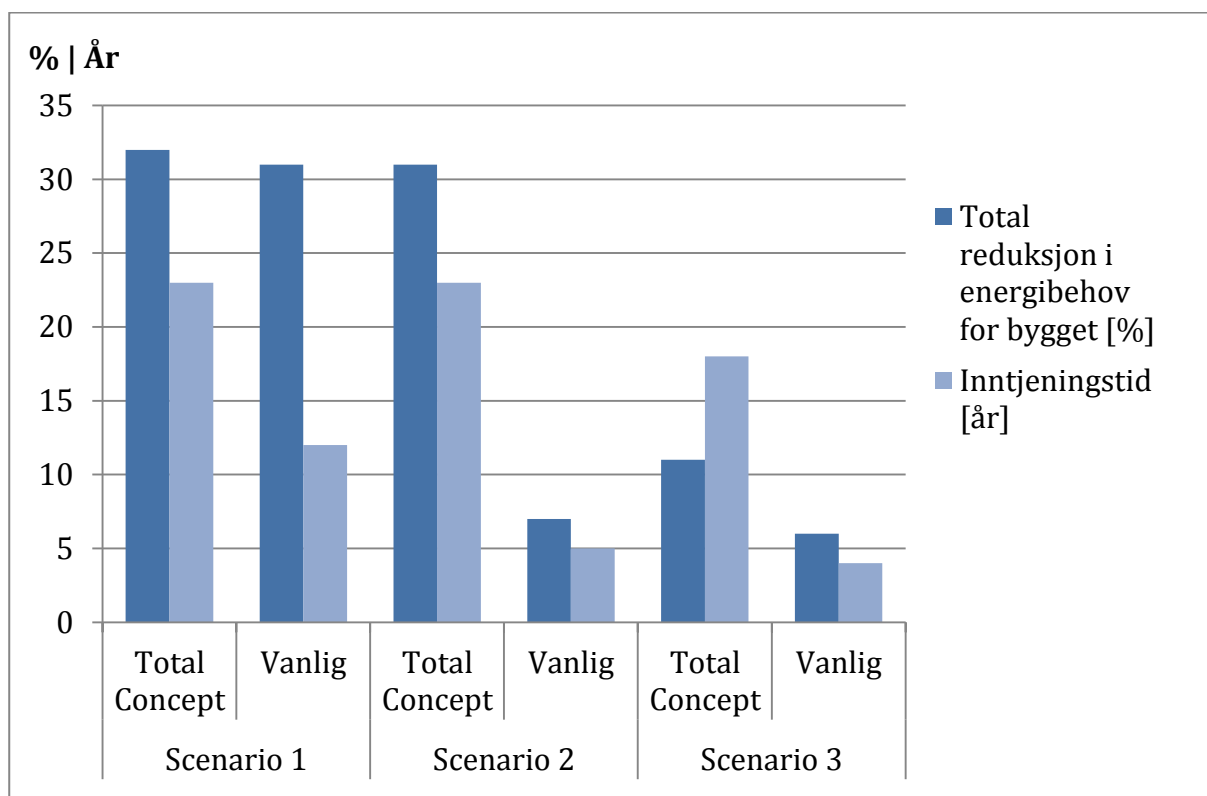
Det er demonstrert i det foregående at lønnsomhetsvurderingen for enkelttiltak og derav sammensetningen av tiltakspakke ved de to metodene baserer seg fundamentalt forskjellige økonomiske kriterier, som gir betydelige forskjeller i den totale energibesparelsen og tilhørende økonomisk resultat. Når tiltakspakken først er etablert er det imidlertid også vesentlig forskjell

på hvordan tiltakspakken *presenteres* ved dagens praksis og Total Concept, herunder hvilke økonomiske nøkkeltall det fokuseres på.

Undersøkelsen av dagens praksis viser entydig at det er et gjennomgående fokus på inntjeningstid (tilbakebetalingsmetoden) som grunnlag for investeringsbeslutning. Årlig estimert energi- og kostnadsbesparelse som helhet presenteres gjerne også. I de fleste tilfeller beregnes ikke summert internrente for tiltakspakken.

Tilbakebetalingsmetoden

I figur 18 illustreres inntjeningstiden for tiltakspakkene i caset Vegkontoret på Steinkjer i et stolpegram, sett i sammenheng med total energireduksjon i % for hvert tiltak. Dette er basert på resultatene presentert i tabell 18.



Figur 18 Total reduksjon i energibehov for bygget sett i sammenheng med inntjeningstiden.

Tilbakebetalingsmetoden favoriserer tiltak som er lønnsomme på kort sikt. Som illustrert i tabell 18 favoriserer dette tiltak med isolert sett høy internrente. Det fremgår særlig av scenario 2 og 3 i tabell 18 at dette kan gå sterkt på bekostning av den totale energibesparelsen som er teknisk og økonomisk mulig for det enkelte bygg.

Ettersom investeringer i energieffektiviserende tiltak som regel forventes å være i drift i lang tid (15 - 40 år), vil tilbakebetalingsmetoden normalt sett gi et svært ufullstendig bilde av den faktiske lønnsomheten. Et viktig poeng her, er at ettersom det ved vanlig praksis normalt sett treffes enkelttiltak med lav inntjeningsstid (under 10 år) er det ofte tilfelle at reinvesteringer for tiltak med kort levetid (10-15 år) ikke innlemmes i analysen. Dette kan være en klar svakhet ved dagens praksis, ettersom det gir et upresist bilde av lønnsomheten og energibesparelsen for tiltakspakken på lang sikt. Total Concepts Totalverktøy krever at det legges inn reinvestering for et tiltak med for eksempel 15 års levetid, dersom økonomisk levetid for pakken som helhet er satt til f.eks. 40 år. Dette kan bidra til å sikre større presisjon i de langsiktige lønnsomhetsberegningene for tiltakspakken som helhet, ved at fremtidige kostnader i forbindelse med vedlikehold av tiltakene tas høyde for. Et eksempel på dette er tiltak 4 i Vegkontor-caset, hvor det blant annet er lagt inn kostnad for utskifting av ventilasjonsaggregat etter 15 år.

Internrentemetoden

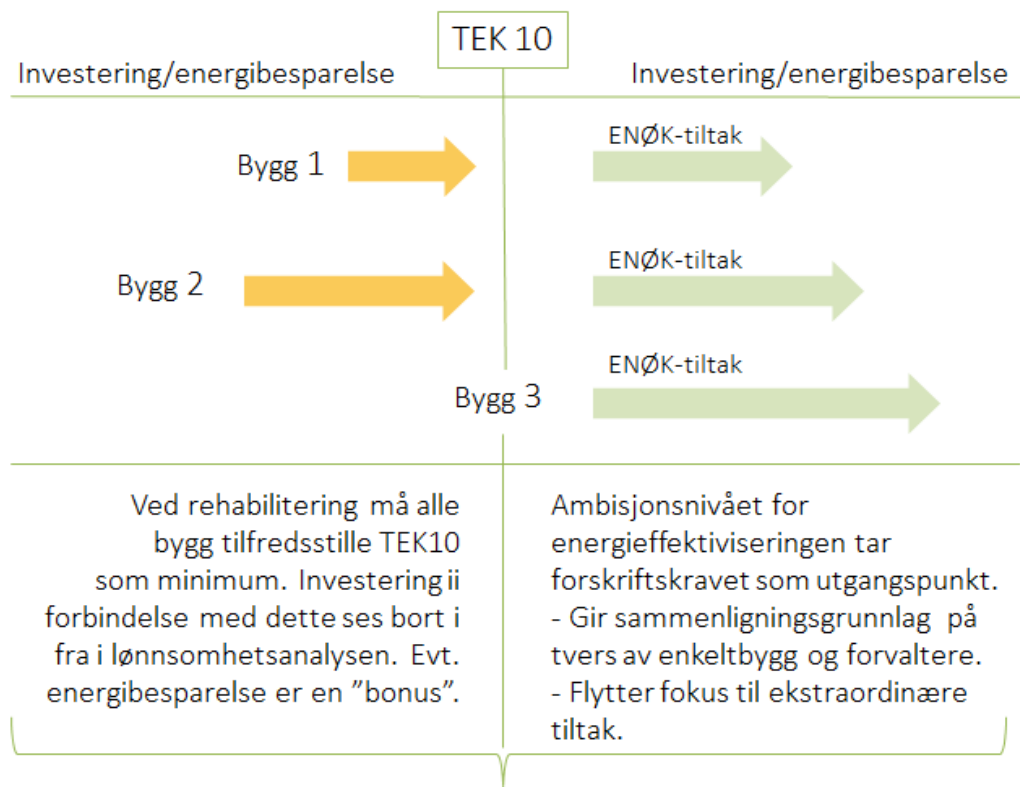
Generelt i økonomisk teori ansees internrenten som det mest korrekte nøkkeltallet når nåverdien av ulike investeringer skal sammenlignes. Dette bør også være tilfelle for sammenligning av ulike sammensetninger (pakker) av energieffektiviseringstiltak. Hverken inntjeningsstid eller årlig kostnadsbesparelse sier noe om den relative lønnsomheten for investeringen som helhet. I utviklingen av Total Concept har dette vært ansett som den mest fremtredende svakheten ved dagens praksis. Ved å fokusere på den samlede internrenten for de mulige kombinasjonene av tiltak, kan man direkte sammenligne den faktiske avkastningen hver mulige tiltakspakke gir, opp mot byggherrens avkastningskrav.

De ulønnsomme tiltakene i en TC-pakke kan representere en betydelig energibesparelse. Faktisk kan et tiltak som er bedriftsøkonomisk ulønnsomt (har isolert sett internrente som er lavere enn avkastningskravet) godt være blant tiltakene som har høyst energibesparelse, og dermed øke den samfunnsøkonomiske gevinsten betraktelig. Dette synliggjøres særlig gjennom tiltak 4 i tabell 18. Ved scenario 2 og 3 velges dette tiltaket bort ved vanlig praksis, fordi det har marginalt lavere internrente enn avkastningskravet isolert sett. I Total Concept kompenseres de mest lønnsomme tiltakene for tiltak 4 sin marginale mangel på lønnsomhet, og ivaretar avkastningskravet for pakken som helhet. Dermed inkluderes tiltak 4 og øker den årlige energibesparelsen med 130 000 kWh, selv etter dynamisk justering. Fra et samfunnsøkonomisk ståsted representerer dette tiltaket en betydelig gevinst.

Det som av mange kan anses som en bedriftsøkonomisk ulempe ved internrentemetoden er at den fører til lengre inntjeningstid for tiltakspakken som helhet, enn ved dagens praksis. Dette er en automatisk konsekvens av at man ved Total Concept søker å maksimere energibesparelsen ved å inkludere mindre lønnsomme og ulønnsomme tiltak så langt det er mulig innenfor avkastningskravet.

8.1.4. Fra eksisterende bygg til forskriftskrav (TEK10)

På Vegkontoret i Steinkjer ser man bort i fra kostnaden og energibesparelsen fra eksisterende bygg til TEK10, ved å konstatere at det må gjøres uansett, grunnet forskriftskravet som gjelder ved oppgradering. Det å gå fra eksisterende bygg til TEK10 medfører gjerne en betydelig energibesparelse i seg selv. Ved å se på tilfredsstillelse av forskriftskravet som en forutsetning for ytterligere oppgradering og energibesparelse flytter man fokus over på de mer ambisiøse tiltakene, og får i tillegg med energibesparelsen fra TEK10 til passivhus. Det vil variere i hvilken grad oppgraderinger må til før ulike bygg oppfyller TEK10. Fordelen med tilnærmingen som benyttes i Vegkontor-caset er dermed at det er lettere å sammenligne resultatene fra energieffektivisering fra prosjekt til prosjekt, da grunnlaget er satt ut fra en spesifikk forskrift. Denne tankegangen er illustrert i figur 19.



Må ses i sammenheng ved teknisk gjennomføring

Figur 19 Illustrasjon av hvordan TC for Vegkontoret på Steinkjer tar utgangspunkt i TEK10.

8.2. USIKKERHET OG RISIKO

8.2.1. Usikkerhet i lønnsomheten for enkelttiltak

Når man gjør beregninger av energieffektiviserende tiltak, vil det alltid være usikkerhet rundt de faktiske, målte resultatene. Beregningene er basert på en rekke tekniske og økonomiske antagelser, og man kan ikke med sikkerhet fastslå hvor mye hvert enkelt tiltak faktisk vil spare, eller hva det vil koste over flere år. I Total Concept ligger det usikkerhet i tallene som er blitt beregnet omkring besparelser og forespeilet forbruk. Det er besparelsene som er den viktige faktoren for gjennomføring av Total Concept, og pådriveren for gjennomføring. En investering gjennomført på bakgrunn av Total Concept er omfattende og investorene må være sikre på at avkastningskravet blir holdt.

I forbindelse med Total Concept vil blant annet råvarerisiko være sentralt, hvor for eksempel strømprisene kan variere og sådan påvirke hvert enkelt tiltak positivt eller negativt. Strømprisene vil i forbindelse med et bygg være avgjørende for resultatutviklingen.

Sensitivitet for endring i nøkkelvariabler

Samtlige nøkkelvariabler som inngår i lønnsomhetsberegningen for det enkelte tiltak er basert på antagelser og er beheftet med en viss usikkerhet. Tiltak 4 (fra CAV til DCV) blir brukt som eksempel for å illustrere de viktigste elementene av usikkerhet som påvirker den faktiske lønnsomheten (uttrykt ved internrente) for et enkelt tiltak. Grunnet synergieffektene for de ulike tiltakene vil sensitiviteten være av lik karakter for samtlige tiltak.

Investeringskostnad

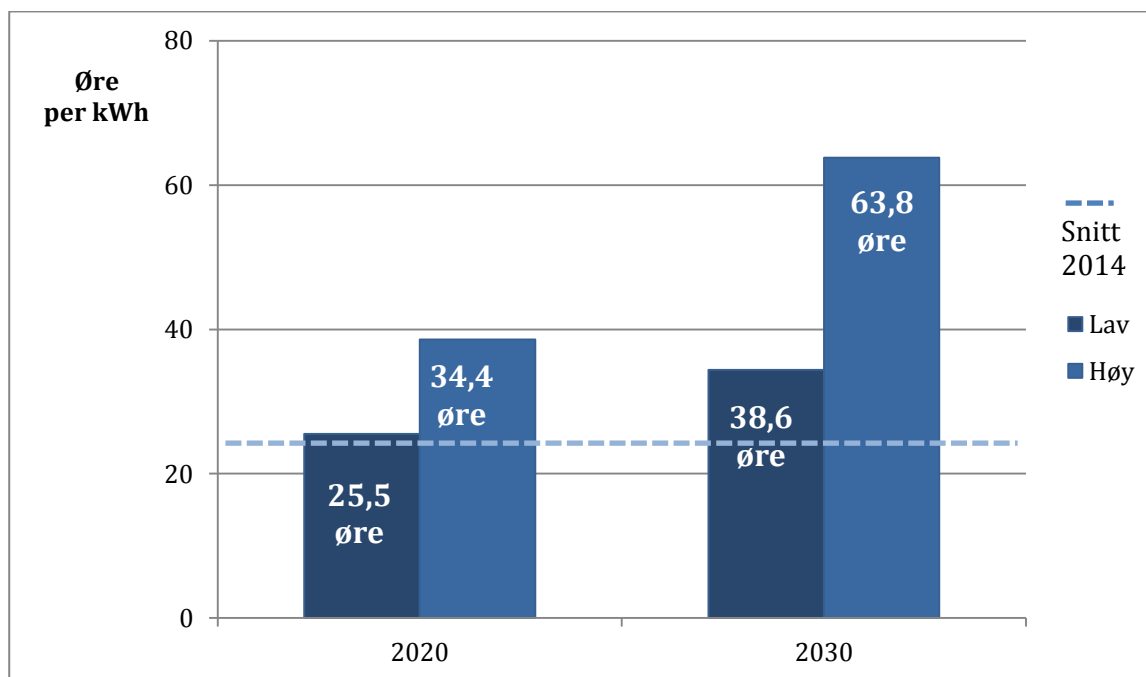
Den prisen man antar at en investering i et energieffektiviseringstiltak vil ha er ikke en fasit, og det ligger betydelig usikkerhet i den beregnede kostnaden. Flere faktorer vil spille inn ved den endelige investeringskostnaden, og antagelsene som blir gjort er i all hovedsak basert på erfaringstall. Det kan forekomme endringer i tiltakene underveis i prosjekteringen etter ønske fra eksempelvis byggherre. Disse faktorene vil spille inn på den endelige investeringen. I sensitivitetsanalysen i figur 21 er det gått ut fra et intervall på $\pm 10\%$ endring i investeringskostnaden, og figuren illustrerer hvordan internrenten for tiltaket reagerer på disse endringene. En usikkerhet på $\pm 10\%$ anses som representativ for de fleste kostnader i forbindelse med materiell og utførelse av energieffektiviseringstiltak.

Årlig energibesparelse

Årlig energibesparelse avhenger av hvordan tilstandsanalysen og beregningene er utført på forhånd. Disse antagelsene er i hovedsak basert på erfaringstall fra hvert enkelt tiltak fra tidligere prosjekter. I sensitivitetsanalysen i figur 21 er det gått ut fra et intervall på $\pm 10\%$ endring i årlig energibesparelse, hvor figuren illustrerer hvordan internrenten reagerer på disse endringene.

Kraftpris

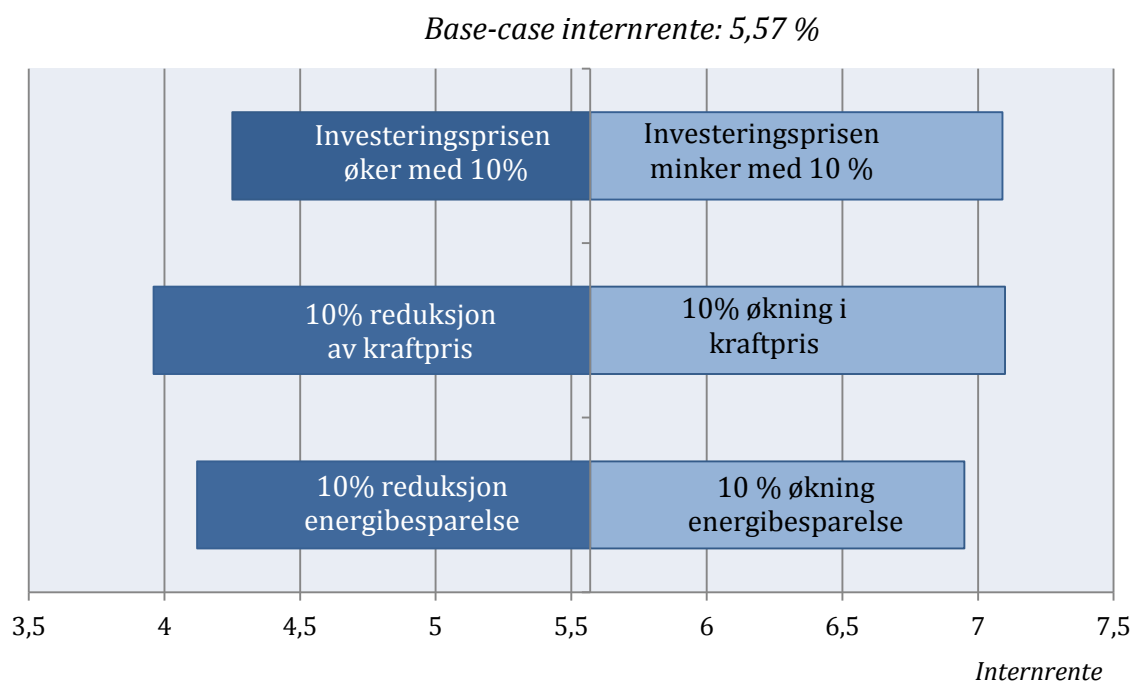
Gjennomsnittlig kraftpris i 2014 var omtrent 25 øre og dagens kraftpris er ca. 20 øre.¹⁸ Det ligger stor usikkerhet i hvordan kraftprisen vil utvikle seg i årene som kommer. I caset Vegkontoret i Steinkjer går de ut fra en kraftpris på 90 øre per kWh i beregningen. Denne estimerte prisen inkluderer også nettleie, men virkelig pris p.t vil ikke tilsvare 90 øre tatt dette i betraktning. I caset antas *en relativ økning av energiprisen med 2 % over inflasjonen*, noe som tas i betraktning i forbindelse med inndata i programvaren Totalverktøy. Ved å benytte kunstig høy kraftpris ved forhåndsberegning, vil energibesparelse (i kr) bli mindre enn beregnet og resultatet vil få negativt avvik i virkeligheten. Tiltakene går langt fram i tid og kraftprisen kan variere betydelig gjennom tiltakets levetid. I figur 20 blir prognosen for kraftpris i 2020 og 2030 presentert.



Figur 20 Prognose kraftpris år 2020 og 2030. [53]

¹⁸ Nordpool Spot 10.05.2015

Utfallsrommet for fremtidig kraftpris er stort, og det faktiske resultatet av en energieffektivisering avhenger av virkelig kraftpris. I dagens praksis benyttes det i tillegg flere ulike antagelser på kraftpris, noe som fører til usikkerhet. I sensitivitetsanalysen i figur 21 er usikkerhet i kraftpris satt til $\pm 10\%$ basert på de ulike scenarioene over. Internrenten for tiltaket endrer seg i betydelig grad ved de ulike scenariene.



Figur 21 Sensitivitet tiltak 4: Fra CAV til DCV.

Figur 21 illustrerer sensitiviteten for tiltak 4 når investeringspris, kraftpris eller energibesparelsen reduseres/økes med 10 %. Figuren viser at dersom kraftprisen skulle reduseres med 10 % i forhold til det man la til grunn i prosjekteringen så reduseres internrenten for tiltaket 1,6 prosentpoeng. En økning i kraftpris vil gi en tilsvarende økning i internrenten til over 7 %. Med andre ord; jo høyere kraftpris jo mer gunstig er investeringen.

Figur 21 viser at internrenten for tiltaket også er svært sensitiv for avvik mellom beregnet og faktisk investeringspris og energibesparelse. Lignende sensitivitetinnhold gjelder for de øvrige tiltakene, og dette antyder at en tiltakspakke bør være lønnsom med god margin for at den skal utgjøre et godt grunnlag for en investeringsbeslutning.

Drift- og vedlikeholdskostnader

I tillegg til nøkkelvariablene som er beskrevet ovenfor, kan enkelte energieffektiviseringstiltak gi økning eller reduksjon i byggets drift – og vedlikeholdskostnader (for eksempel vedlikehold av ventilasjonsaggregat). Disse bør inngå i investeringsanalysen, men vil sjelden være av utslagsgivende omfang eller innebære betydelig usikkerhet for investeringens lønnsomhet. [47]

Tiltakets faktiske levetid

Det er også betydelig usikkerhet knyttet til tiltakets faktiske levetid. Et tiltak kan leve lengre eller kortere enn beregnet, og resultatet vil påvirke endelig lønnsomhet for tiltaket. Det kan generelt lønne seg å være noe konservativ når man antar den økonomiske levetiden for et tiltak. Dersom den tekniske levetiden løper over dette, vil det kunne ha svært positiv effekt på den faktiske lønnsomheten på lang sikt.

8.2.2. Risiko ved gjennomføring av tiltakspakke

Gitt usikkerheten i den faktiske lønnsomheten ved enkelttiltakene, vil det alltid være en risiko for at tiltakspakken i realiteten blir mindre lønnsom enn estimert ved prosjektering.

Total Concept som finansiell risikodriver

Som vist i denne analysen gir Total Concept normalt sett høyere finansiell risiko enn ved dagens praksis gjennom tyngre investeringer og lengre inntjeningstid. Selv om avkastningskravet til byggherre vil inkludere risikotillegg i henhold til interne retningslinjer, må dette alltid ses i sammenheng med størrelsen på investeringen og inntjeningstiden. Dette forsterkes av at investeringer i energieffektiviseringstiltak normalt sett er irreversible.

Risikoreduserende aspekter ved Total Concept

Enkelte aspekter ved Total Concept kan bidra til å redusere finansiell risiko på lang sikt. Mer helhetlig og omfattende oppgradering, samt langsiktige tiltak kan redusere risikoene for krav om nye investeringer på kort sikt, som følge av:

- Nye forskriftskrav
- Ny intern miljøprofil
- Kort levetid ved enkelttiltak
- Bruks – og driftsendringer ved bygget som utfordrer byggets energieffektivitet

Disse faktorene bør tas hensyn til ved beslutninger knyttet til energieffektivisering, for å sikre bærekraftige tiltakspakker.

Fremtidig driftsendring

En fremtidig driftsendring har stor betydning på resultatene i analysen, og en av de største utfordringene er at eventuelle endringer i bruksmønster ikke blir informert om, og ei heller dokumentert i senere tid. Dette kan derfor føre til avvik som blir av stor betydning for det beregnede resultatet. Eventuelle endringer i drift på Vegkontoret på Steinkjer kan som nevnt i kapittel 7 være at eksempelvis bygget blir leid ut til kursvirksomhet på kveldstid. Forbruket vil variere med tiden, og det er viktig at det jevnlig måles og korrigeres, slik at man etter en gitt tid kan få beregnet faktisk energibesparelse som følge av tiltakspakken.

8.2.3. Livssyklusanalyser

Ved gjennomføring av tiltak kan det være andre faktorer som spiller inn, utenfor selve byggeprosjektet. Dette er aspekter som spiller inn i den samfunnsøkonomiske vurderingen av en oppgradering. Eksempler på dette kan være hvor energikrevende produksjonen av et material er, eller om det blir gjort utslipp av klimagasser i forbindelse med produksjon av materialer. Dette er aspekter som er vanskelig å tallfeste, men som er vel så viktig å ta stilling til for tiltakshaver.

8.3. ANDRE MULIGE GEVINSTER VED BRUK AV TOTAL CONCEPT

Følgende delkapittel vil ta for seg andre mulige gevinster ved bruk av Total Concept, utover de aspekter som er direkte knyttet til lønnsomhetsanalysen.

8.3.1. Programvaren: Totalverktøy

Programvaren i praksis

Programvaren Totalverktøy sammenfatter informasjonen og illustrerer den via internrentediagrammet og tabeller. Ut fra et gitt avkastningskrav vil Totalverktøy regne seg fram til den tiltakspakken som maksimerer teknisk mulig energibesparelse. Det faktum at det er en programvare som regner seg fram til det resultatet, kan føre til tidsbesparelser. Ved dagens praksis benyttes egendefinerte Excel-ark, hvor beregningene skjer manuelt ved bruk av formler i Excel. Det er anledning for å gjøre individuelle endringer, og det er en risiko for at det kan gjøres feil. Det er som nevnt i kapittel 6.4 store individuelle forskjeller ved valg av tiltakspakker i dagens praksis. I Totalverktøy vil ikke denne muligheten finne sted, da tiltakspakkene blir utformet automatisk basert på inndata fra bygget og en konsekvent økonomisk modell. Mer om dette vil diskuteres nedenfor.

Forståelse av lønnsomhetsanalyser

Totalverktøy kan bidra til å løse utfordringene knyttet til forståelse og bruk av lønnsomhetsanalyser blant ingeniører i bransjen. Programvaren er brukervennlig, samtidig som det er et komplekst verktøy på innsiden. Det stiller krav til forarbeid i forkant av analysen, ved befaringer og andre tilstandsanalyser, men kan fortsatt gjøre selve lønnsomhetsanalysen enklere. I tillegg vil grafene og tabellene som utarbeides være lette å forstå, både for kunde og konsulent. Dette kan gjøre innsalg av ambisiøse tiltakspakker enklere. Det stiller derimot krav til kundene om at de forstår hvordan internrentemetoden fungerer. Dette er ikke nødvendigvis like enkelt.

Ved store investeringsbeslutninger er det viktig at beregningsarbeidet er tilstrekkelig kvalitetssikret. Den økonomiske modellen som Total Concept bygger på er godt dokumentert i en brukermanual som er utarbeidet i forbindelse med verktøyet. På denne måten er verktøyet transparent i forhold til detaljene i beregningene som foretas. Likevel har man liten eller ingen mulighet til å justere eller kontrollere formelverket på det aktuelle prosjektet. Dette er en klar svakhet. I et Excel-ark har man mulighet til å justere og kontrollere formelverket, men dette gir også større rom for å gjøre feil.

Totalverktøy har ingen modul som beregner inntjeningstiden på tiltakene. Dette kunne vært nyttig for de kundene som etterspør svar på dette. En slik beregning kan likevel beregnes separat.

8.3.2. Kommunikasjon mellom ingeniører og økonomer

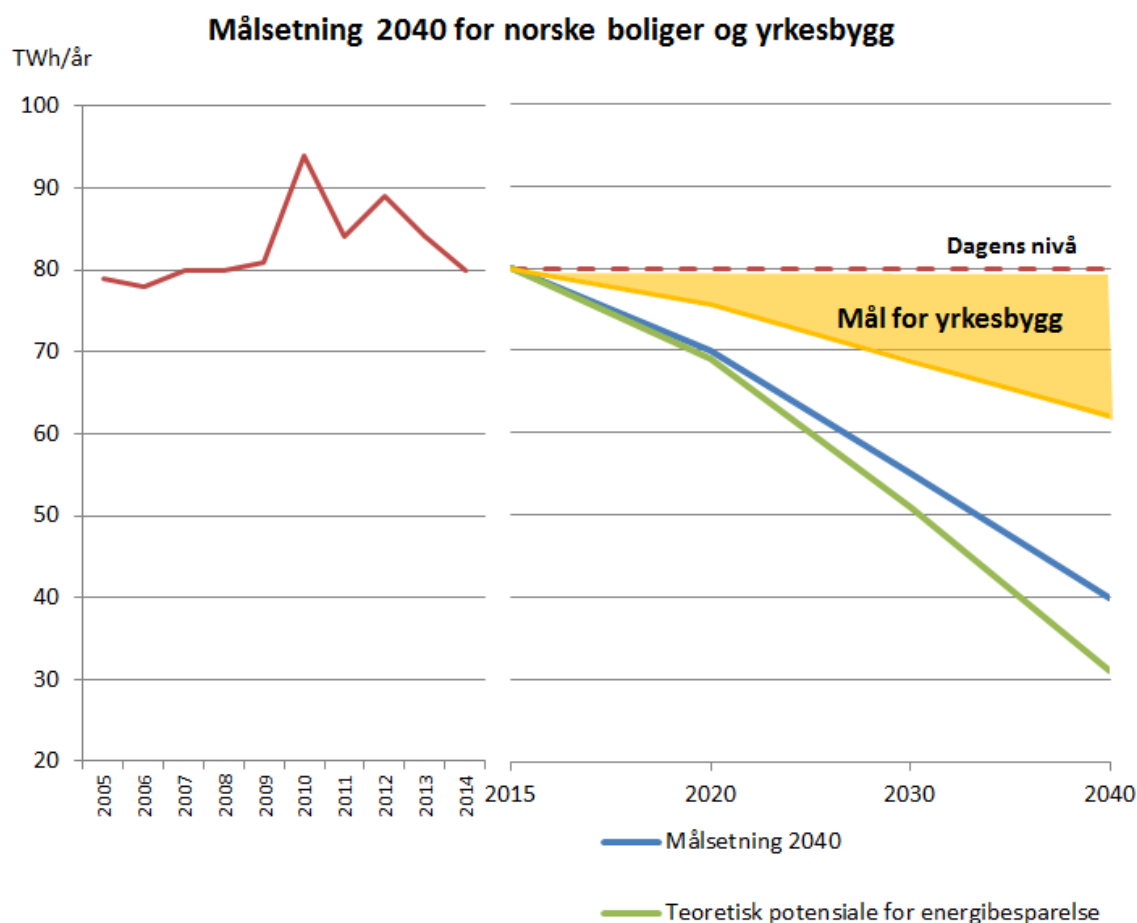
Kommunikasjon mellom ingeniører kunne i følge de forespurte aktørene vært bedre på generell basis, og har blitt omtalt som et «problemområde». Det er på nåværende tidspunkt tidvis stor avstand i måten disse fagområdene arbeider på, og hvorvidt de forstår hverandre. I dag er det normalt sett ingeniører som sitter med det økonomiske ansvaret (6.2) ved energieffektiviseringsprosjekter. De fleste av disse har ikke en tung økonomisk bakgrunn og favoriserer tilbakebetalingsmetoden, som er ansett som den mest lettfattelige og relativt enkle metoden. Ved tunge investeringer følger et stort ansvar. Flere ingeniører bekrefter at dette, i kombinasjon med usikkerhet rundt faktisk lønnsomhet, kan føre til unødvendig stor grad av forsiktighet. Dette kan føre til at tiltak som i realiteten er økonomisk bærekraftige blir utelatt.

Total Concept kan gjøre lønnsomhetsanalyser mer lettfattelig og forståelig for alle parter, ved at programvaren Totalverktøy automatisk utfører lønnsomhetsanalysen basert på inndata og fremstiller resultatene grafisk. Dette poenget har gitt positive reaksjoner i dybdeintervjuene. Å gi økonomer og ingeniører et felles språk bør tilstrebes når det omhandler betydelige investeringer og vanskelige beslutninger.

8.4. TOTAL CONCEPT SOM VERKTØY FOR Å NÅ KLIMAMÅL

8.4.1. Utviklingen fram til 2040

Målene Lavenergiutvalget anbefalte i 2009 var ambisiøse og det er opp til næringen å gjennomføre tiltak som fører til at målene blir nådd (5.1.2). Figur 22 oppsummerer energibruken i norske boliger og yrkesbygg de siste ti år, samt projeksjoner videre fram til 2040 basert på ulike scenarier.



Figur 22 Illustrerer energibruken i norsk byggsektor de siste ti år, samt målet om halvering av energiforbruket i 2040.

Figur 22 viser at det teoretisk beregnede energisparingspotensialet i norske bygg, selv med hensyn til befolkningsvekst, er på godt over 50 % (grønn linje). Ut fra dette har Lavenergiutvalget definert svært ambisiøse mål om reduksjon i energibehovet til norske bygg på 50 % innen 2040. Som figuren viser er nærmere halvparten av denne besparelsen tiltenkt yrkesbygg (gult skravert område), mens resten av potensialet ligger i boliger.

Videre viser figuren at dersom dagens nivå opprettholdes, så antas energibehovet i norsk bygningsmasse å forholde seg stabilt på rundt 80 TWh/år.

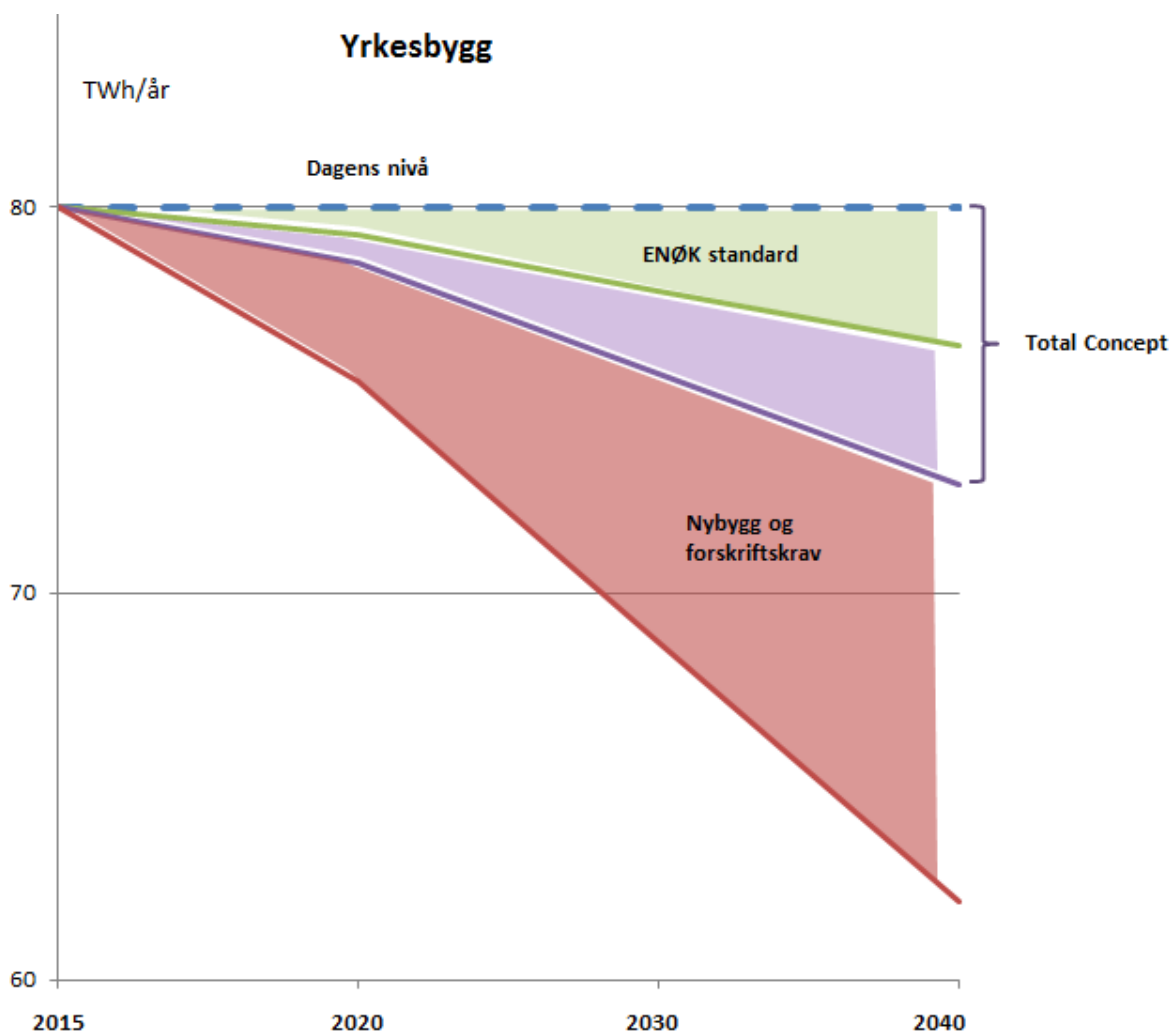
8.4.2. Energieffektivisering av yrkesbygg

For å illustrere en potensiell effekt av bred implementering av Total Concept i det norske markedet for energieffektivisering, er det i figur 23 sett på hvordan ENØK-tiltak i yrkesbygg kan bidra til å nå 2040-målet for energieffektivisering. Det er også analysert hvordan ENØK-tiltak vil bidra i denne sammenheng dersom dagens praksis opprettholdes. Det er antatt at Total Concept i hovedsak vil anvendes og ha størst effekt i yrkesbygg, selv om metodikken også er overførbart til boliger.

Følgende antagelser ligger til grunn for scenarioene i figur 23:

- 1.5 % av alle eksisterende yrkesbygg gjennomfører energieffektivisering (ENØK-tiltak) årlig. [39]
- Ved dagens praksis oppnås i gjennomsnitt 20 % energibesparelse ved ENØK-tiltak. [39]
- Ved Total Concept oppnås i gjennomsnitt 40 % energibesparelse ved ENØK-tiltak. Denne antagelsen er basert på erfaringstallene fra anvendelse av Total Concept i Sverige, og er tilknyttet stor usikkerhet. Her bør det huskes at den totale energibesparelsen ved Vegkontoret på Steinkjer var på omtrent 50 % når man inkluderer besparelsen fra eksisterende bygg til TEK10. Først og fremst vil dette avhenge av i hvor stor grad Total Concept implementeres i Norge. I dette scenariet er det antatt at Total Concept får stor utbredelse frem mot 2040 og blir ny «best practice» for energieffektivisering av eksisterende bygg. Dette for å illustrere det fulle potensialet som kan ligge i utbredt anvendelse av Total Concept som tilnærming.

Figuren nedenfor er et utsnitt av figur 22 som tar yrkesbygg-segmentet i nærmere betraktning.



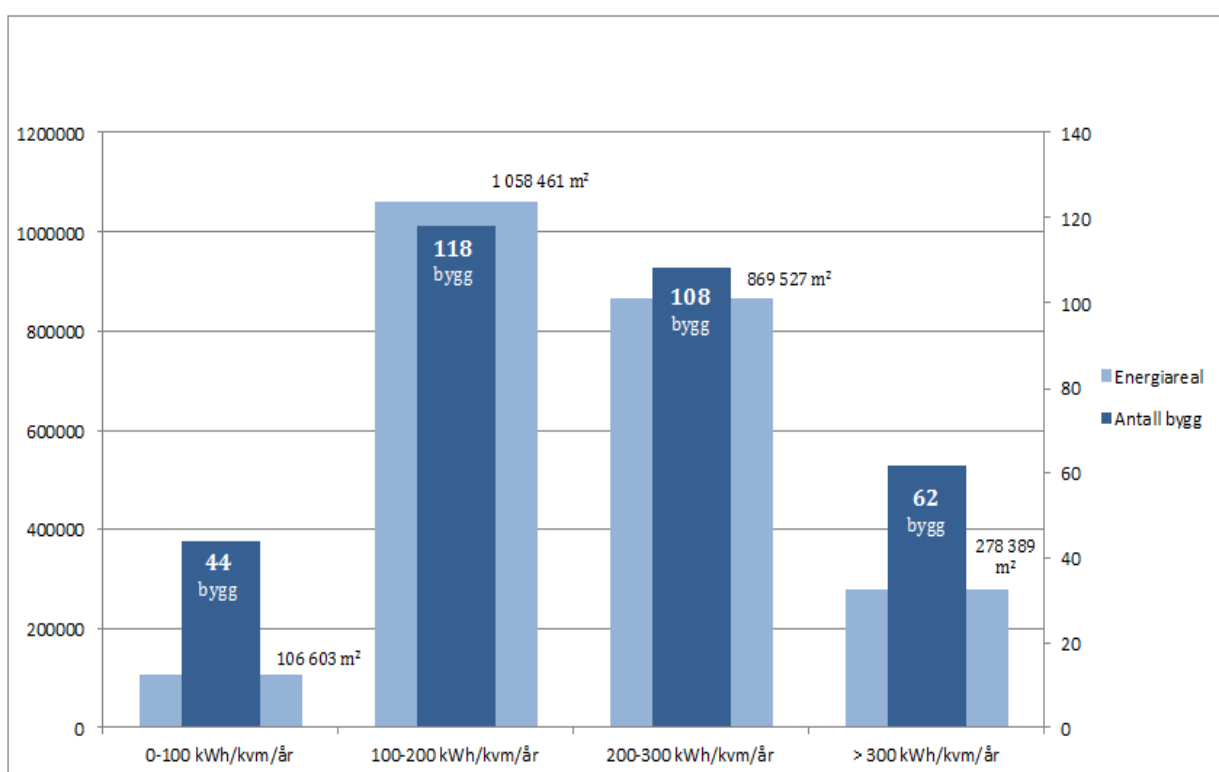
Figur 23 Illustrasjon av mulig effekt ved full implementering av Total Concept.

Figuren antyder at Total Concept kan bidra sterkt til å styrke bidraget fra energieffektivisering av den eksisterende bygningsmassen for å nå 2040-målene for yrkesbygg, dersom det får fotfeste som ny praksis i dette markedet. Den øvrige energibesparelsen i segmentet for yrkesbygg vil måtte dekkes av strengere forskriftskrav for nybygg.

8.4.3. Statsbygg som driver for mer ambisiøse ENØK-tiltak

Som vist ovenfor vil de svært ambisiøse målene fastsatt av staten for fremtidig energibruk i bygg kreve omfattende oppgradering av eksisterende bygningsmasse. Som en av Norges største forvaltere av yrkesbygg, er det rimelig å anta at Statsbygg vil være en viktig driver i det omfattende arbeidet som ligger foran bransjen.

I dag er det overordnede målet til Statsbygg å ligge under 200 kWh/m²/år i gjennomsnitt for porteføljen. I figur 24 er byggene som er inkludert i energirapporten (332 bygg) illustrert basert på hvor mye de forbruker per m².



Figur 24 Energiforbruk per kvm i 332 bygg i Statsbyggs portefølje.

Figur 24 viser at en stor andel av Statsbyggs portefølje trolig vil ha behov for omfattende energieffektivisering for å bidra til å nå 2040-målene. Dermed har man på bakgrunn av samarbeidet med SINTEF og foreløpige erfaringer fra Vegkontoret på Steinkjer trolig et godt utgangspunkt for å prøve ut Total Concept i flere bygg. Dersom denne satsningen lykkes, kan Statsbygg være godt posisjonert til å implementere dette som ny praksis i sitt virke. I hvilken grad dette eventuelt kan påvirke bransjen for øvrig er usikkert og vil i stor grad avhenge av andre faktorer, som politisk press i forhold til fastsatte klimamål, utvikling av forskriftskrav og andre pålegg fra myndighetene, samt den generelle økonomiske utviklingen i landet.

Det er neppe realistisk å anta at økende bevissthet rundt samfunnsansvar i seg selv vil være nok i denne sammenhengen.

Statsbyggs potensielle rolle i et økt ambisjonsnivå ved oppgraderinger av eksisterende bygningsmasse, herunder anvendelse av Total Concept, vil trolig være knyttet til å spre kunnskap om verktøyet og dets mulige fordeler, samt å bidra til kompetanseheving i praktisk bruk av verktøyet. Særlig kan det å bidra med pilotprosjekter for å eksemplifisere verktøyet ha betydelig effekt, og bryte ned barrierer for mer utbredt anvendelse. Et viktig aspekt i det videre arbeidet kan være å måle faktiske resultater ved case-prosjektene i årene fremover, for å bidra til etablering av et solid erfaringsgrunnlag for bruk av Total Concept i norsk byggsektor.

9. KONKLUSJON

Denne analysen og erfaringer fra Svensk byggsektor viser klare samfunnsøkonomiske fordeler ved bruk av Total Concept i lønnsomhetsberegning for energieffektiviseringstiltak i bygg. Verktøyets anvendelse av internrentemetoden identifiserer tiltakspakker som *maksimerer den potensielle energibesparelsen* som er mulig innenfor byggherrens avkastningskrav. Dette står i kontrast til dagens praksis, som i de fleste tilfeller vil lede til betydelig høyere internrente for pakken som helhet, enn hva byggherre faktisk krever. Fra et samfunnsøkonomisk ståsted er dette uheldig, fordi det går på bekostning av den totale energibesparelsen som oppnås.

I dagens praksis for energieffektivisering av bygg, foreligger det i mange tilfeller usikkerhet og uklarhet rundt lønnsomhetsberegning for tiltakspakker. Dette skyldes variasjon i hvilke metoder og lønnsomhetskriterier som legges til grunn, samt at det i stor grad er ingeniører med begrenset økonomifaglig bakgrunn som har ansvar for analysene. Total Concept-programvaren beregner og synliggjør på en oversiktlig måte de mulige kombinasjonene av tiltak og den samlede avkastningen for hver tiltakspakke. Dette kan bidra til å styrke grunnlaget for diskusjon på tvers av fagområder og gi et mer robust fundament for investeringsbeslutning.

Total Concept medfører tyngre investeringer med lengre inntjenings tid enn hva som er vanlig ved dagens praksis for ENØK-tiltak, noe som bidrar til å øke kapitalbehovet og den finansielle risikoen for byggherren. Dermed vil anvendelse av Total Concept gjerne forutsette at det foreligger et ønske om å ta samfunnsansvar, pålegg fra myndighetene eller andre insentiver forbundet med å nå de nasjonale målene om redusert energibehov i norsk bygningsmasse.

Dersom 2040-målene om halvert energibruk i norsk bygningsmasse skal nås, må ambisjonsnivået ved energieffektivisering økes dramatisk. Fokuset må dreies fra å maksimere kostnadsbesparelser på kort sikt, til å maksimere *energibesparelser* på lang sikt. En slik omstilling vil trolig kreve både holdningsendringer, innskjerping av forskriftskrav og mest sannsynlig støtteordninger for private aktører. I tillegg vil det kreve metoder og verktøy som bidrar til å fremme og synliggjøre hvordan ambisiøse oppgraderinger kan gjennomføres på en økonomisk bærekraftig måte. Her kan den tilnærmingen og metodikken Total Concept representerer potensielt spille en sentral rolle.

Med sin brede innflytelse blant de øvrige aktørene i bransjen, vil Statsbygg gjennom en eventuell videre satsning på Total Concept kunne bidra til at verktøyet demonstreres i praksis og videreutvikles. Slik kan konseptet få fotfeste blant både offentlige og private eiendomsforvaltere, konsulenter og leverandører. Statsbygg er godt posisjonert for en ledende rolle, fordi de har ønske om og mulighet til å ta et særlig høyt samfunnsansvar som offentlig aktør. I tillegg har Statsbygg som vist i denne avhandlingen en bred portefølje med et betydelig potensiale for energibesparelser, og er i gang med de første Total Concept pilotprosjektene. Gjennom en videre utbredelse kan Total Concept potensielt bidra til videreutvikling eller en mer omfattende endring av dagens praksis. **Som et minimum kan det skape økt kunnskap, bevissthet og debatt rundt hvordan man på en bærekraftig måte skal klare å halvere energiforbruket i norsk bygningsmasse.**

10. FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

Selv om det foreligger referanser i Sverige vil det være interessant å videreutvikle konseptet i Norge. Det ville blant annet vært nyttig å se videre på hvordan konseptet kan være til nytte for norske aktører, som komplement til eller videreføring av vanlig praksis i Norge. Det vil også være interessant å se på hvordan verktøyet kan implementeres i privat sektor hvor kravene til lønnsomhet ofte er høyere enn i det offentlige.

Det er flere aspekter ved Total Concept som kan studeres mer inngående, blant annet en omfattende sensitivetsanalyse for å belyse usikkerheten det medfører å gjennomføre en tiltakspakke med internrente så nær avkastningskravet. SINTEF og Statsbygg er også i gang med beregninger tilknyttet oppgradering av Høgskolen i Volda ved bruk av Total Concept. Også for dette bygget kunne det vært interessant med en mer inngående analyse, hvor for eksempel ulike scenarier for avkastningskrav og utvikling i fremtidig kraftpris analyseres i større detalj.

Da Total Concept fortsatt er et ungt prosjekt under utvikling må flere år med oppfølging og måling av pilotprosjektene foreligge før man kan konkludere med hvor effektivt verktøyet er for bruk i Norge. En utvidet oppfølging og analyse for Vegkontoret på Steinkjer inkludert målt energibruk, vil bli gjennomført av SINTEF i perioden 2014-2017.

11. REFERANSER

- [1] Iddeng, L. and V. Hellstrand, *Utbedring og ombygging av boligselskaper*. 2010.
- [2] Hauge, Å., S. Mellegård, and K. Amundsen, *Beslutningsprosesser i borettslag og sameier*. 2011.
- [3] Regjeringen, *Ny og mer ambisiøs klimapolitikk*. 2015:
<http://www.regjeringen.no/nb/aktuelt/ny-og-mer-ambisios-klimapolitikk/id2393609/>.
- [4] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Energieffektivisering av bygg*. 2010:
http://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf.
- [5] Norges vassdrags- og energidirektorat, *Energibruksrapporten 2013 – Fremtidens energibruk i bygninger*. 2014:
http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/2014/rapport2014_11.pdf.
- [6] Regjeringen, *Klimavennlige bygg for fremtiden*. 2015:
<http://www.regjeringen.no/nb/aktuelt/klimavennlige-bygg-for-fremtiden/id2396220/>.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet, *Nye energikrav til bygg*. 2015:
http://dibk.no/globalassets/aktuelle-horinger/160215_nye-energikrav-til-bygg/horingsnotat_160215.pdf.
- [8] Regjeringen, *Oppsummering: Energikrav TEK10*. 2010:
http://www.regjeringen.no/contentassets/f2403a418ccf4b20be4c8d3138c346a0/energikrav_tek10.pdf.
- [9] Regjeringen. *Et mangfoldig og verdiskapende eierskap*. 2013-2014.
- [10] dagensperspektiv.no, *Staten sliten med samfunnsansvar*. 2007:
<http://www.ledelse.as/staten-sliter-med-samfunnsansvaret>.
- [11] Altinn. *Hva er samfunnsansvar?* 2011 [cited 2015 20.02].
- [12] Regjeringen. *Statsbygg*. 2015 [cited 2015 23.01].
- [13] Andersen, T., *Utarbeiding av en handlingsplan med tiltak mot sosial dumping og arbeidslivskriminalitet i Norge*. . 2014-2015.
- [14] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Tildelingsbrev 2014 - Statsbygg*. 2014:
http://www.regjeringen.no/upload/KMD/STA/dokumenter/Tildelingsbrev_14_Statsbygg.pdf
- [15] Statsbygg. *Miljøsatsing i Statsbygg* 2014.
- [16] Statsbygg. *Miljøvennlig drift i Statsbygg*. 2015 [cited 2015 20.03].
- [17] Statsbygg, *Miljøstrategi 2015-2018*. 2014:
<http://www.statsbygg.no/Files/samfunnsansvar/miljo/Miljostrategi2015-2018.pdf>.
- [18] Statsbygg. *Effektiv drift*. [cited 2015 20.03].

- [19] SINTEF. *Vise at ambisiøs oppgradering av eksisterende yrkesbygg kan være lønnsomt*. 2014.
- [20] CIT Energy Management, *The Total Concept method: Guidebook for Implementation and Quality assurance*. 2013:
<http://totalconcept.info/method/guidelines-tools/>.
- [21] Norbäck, M., *Totalmetodikens utbredning*. Desember 2014:
http://belok.se/download/genomforda_projekt/Totalmetodikens_utbredning_2014.pdf.
- [22] BELOK, *Belok Totalprosjekt*. 2014:
http://belok.se/download/totalmetodiken/BELOK_totalprosjekt_lores_med_h%C3%B6rn.pdf.
- [23] BELOK, *TOTALMETODIKEN - Handbok för genomförande och kvalitetssäkring*. 2014, BELOK
http://belok.se/download/Totalprosjekt_handbok-utbildningsmaterial_jan_2014.pdf.
- [24] Standard Norge, *Norsk Standard 3700 (NS3700) Kriterier for passivhus og lavenergihus*. 2013.
- [25] Multiconsult Analyse&Strategi, *Potensial - og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg*. 2011.
- [26] Mysen, M., *Inneklima og ventilasjon i skoler*. 2005.
- [27] Statsbygg, *Energirapport 2014*. 2015:
<http://www.statsbygg.no/files/publikasjoner/rapporter/StatsbyggEnergirapport2014.pdf>.
- [28] Boye, K., *Finansielle emner*. 2006: J.W. Cappelens Forlag.
- [29] Hoff, K.G., *Grunnleggende bedriftsøkonomisk analyse*. 2006: Universitetsforlaget AS.
- [30] Bredesen, I., *Investering og finansiering*. 2011: Gyldendal Akademisk.
- [31] Statistisk Sentralbyrå, *Konsumprisindeksen*. 2015:
<http://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kpi/maaned/2015-04-10-content>.
- [32] Fundamentalanalyse.no, *Hva er risiko?* <https://fundamentalanalyse.no/tema/hva-er-risiko/>.
- [33] Andersen, F., et al., *International markedsføring*. 2011.
- [34] Bryman, A., *Social Research Methods*. 2004: Oxford.
- [35] Johannessen, A., L. Christoffersen, and P.A. Tufte, *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag* 2011: Abstrakt forlag.
- [36] Silverman, D., *Qualitative Research*. 2011: SAGE Publications Ltd.
- [37] Thaagard, T., *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode*. 2013: Bergen Bokforlaget.
- [38] Næringslivets hovedorganisasjon (NHO), *Etikk i næringslivet*. 1994:
<http://home.hit.no/~tarberg/pers/h98/etikk3.htm>.

- [39] Lavenergiutvalget, *Energieffektivisering*. 2009:
[http://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/rapporter/oed_energieffektivisering_lavop
p.pdf?id=2286484](http://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/rapporter/oed_energieffektivisering_lavop
p.pdf?id=2286484).
- [40] Bjerknes, M., *Statsbygg*. 2015.
- [41] SINTEF, *Energirehabilitering nødvendig for å nå klimamål*. 2014:
[http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2F
pdf&blobheadervalue1=Content-
Disposition%3A&blobheadervalue1=+attachment%3B+filename%3D%22Pressemelding.pdf
%22&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1274503472283&ssbinary=true](http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2F
pdf&blobheadervalue1=Content-
Disposition%3A&blobheadervalue1=+attachment%3B+filename%3D%22Pressemelding.pdf
%22&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1274503472283&ssbinary=true).
- [42] Statsbygg, *Energirapport 2013*. 2014.
- [43] Enova, *Utfasing av oljekjel*.
[http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-
losninger/oppvarmingsalternativ/utfasing-av-oljekjel/utfasing-av-oljekjel/508/1252/](http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-
losninger/oppvarmingsalternativ/utfasing-av-oljekjel/utfasing-av-oljekjel/508/1252/).
- [44] Statsbygg, *Ny elkraftavtale for Statsbygg*. 2014 [cited 2015 29.04].
- [45] bygg.no, *Statsbygg sparte 5 millioner strømkroner*. 2008 [cited 2015 01.05].
- [46] Statsbygg, *Årsrapport 2014*. 2015:
http://www.statsbygg.no/Files/omOss/aasrapport_2014.pdf.
- [47] Olsen, H.R., *AF Gruppen*. 2015.
- [48] Holsted, R., *Hjellnes Consult* 2015.
- [49] Weydahl, E., *Multiconsult*. 2015.
- [50] Almås, A.-J., *SINTEF*. 2015.
- [51] Haugen, I., *Hjellnes Consult*. 2015.
- [52] SINTEF Byggforsk, *Vegkontoret i Steinkjer: Energieffektivisering ved bruk av Total
Concept metoden* 2014.
- [53] Kringstad, A., *Kraftsystemet i Norge og Europa mot 2035*. 2013:
[http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Kundeportalen/Presentasjoner og
dokumenter/Nasjonalt kraftsystemmote 2014/Europeiske kraftsystemet mot 2035.pdf](http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Kundeportalen/Presentasjoner og
dokumenter/Nasjonalt kraftsystemmote 2014/Europeiske kraftsystemet mot 2035.pdf).

VEDLEGG

VEDLEGG 1: Forkortelser

m ²	kvadratmeter
m ³	kubikmeter
KMD	Kommunal – og Moderniseringsdepartementet
W	watt
h	timer
kW	kilowatt
kWh	kilowatttime
MW	megawatt
MWh	megawatttime
GW	gigawatt
GWh	gigawatttime
TW	terrawatt
TWh	terrawatttime
K	kelvin
FoU	Forskning og Utvikling
TEK	Byggteknisk forskrift
CAV	Constant Air Volume (konstant luftmengde)
VAV	Variable Air Volume (variabel luftmengde)
DCV	Demand Controllet Ventilation (behovsstyrt luftmengde)
IR	internrente
LED	Light Emitting Diodes (lysdiode)
BRA	bruttoareal
kNOK	norske kroner i tusen
ENØK	energiøkonomisering (effektiv energibruk)

VEDLEGG 2: Kopi av lønnsomhetsberegning tradisjonell metode

Saksnummer: 0
 Adresse: 0
 Type bygning: 0
 Konsulent: 0

Version 1.43

Lønnsomhetsberegning											
Nr.	Tiltaksbeskrivelse	Leve- tid [År]	Besparelse		Energi- kilde [O/E/F/S]	Antatt virkelig bruttokostnad [kr]	Enøk tilskudd [kr]	Lønnsomhetsberegning		Inntj.tid [år]	
			Energi [kWh]	Effekt [kW]				Nåverdi [kr]	Nåverdikvot [kr/kr]		
			Brutto energipris		Olje(O): Ei. (E): Effekt:		Fj.varme(F) Snitt/annet(S) Rente:		kr/kWh kr/kWh %		
							7,0				
#	Varmegjenvinnig i vent. anlegg	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Energioptølingsyst. (EOS)	10	0	0	E			#VALUE!		#VALUE!	
#	Drift- og vedlikeholdsinstr. (DV)	10	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Individuell varmemåling	10	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolasjon innblåst i yttervegg	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolasjonsmatte yttervegg	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Tetteister vindu/dører	15	0	0	E			#VALUE!		#VALUE!	
#	Tetting overg. tak/gulv-vegg	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Vindu/dør/port halvtimp. utsk	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Vindu/dører/porter - utskift.	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolasjon innblåst i gulv	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolasjon av randsone gulv	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isol. innevegg mot kalde rom	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolasjonsmatte i gulv	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolere lofts Luke	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isol. innbl. yttertak/mot kaldt loft	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isol. matte yttertak/mot kaldt loft	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Kuldebro - eliminerings	30	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Beredersystemet - tiltak	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Sparsesjer	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Vannsparende armatur	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Varmepumpe sanitæranlegg	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Bioenergianlegg	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Kjelvegentral - automatikk	10	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Fjernvarme - overgang	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	
#	Isolere rør, ventiler	15	0	0	S			#VALUE!		#VALUE!	



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no