



## Vegkontoret i Steinkjer

### Energieffektivisering ved bruk av Total Concept metoden



Oppdragsgiver: Statsbygg, Resty Garcia

Prosjekt utført av: SINTEF Byggforsk,  
Anna Svensson  
Anders-Johan Almås  
Mads Mysen

Dato: 23.01.2014

Denne rapportmalen er utarbeidet som en del av prosjektet “The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings”, støttet av Intelligent Energy Europe Programmet. Kontraksnummer: IEE / 13/613 / SI2.675832  
Prosjektets hjemmeside: [www.totalconcept.info](http://www.totalconcept.info)

Version 1.1- Januari 2015



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

**Ansvarsfraskrivelse**

*Eneansvar for innholdet i denne publikasjonen ligger hos forfatterne. Det betyr ikke nødvendigvis at det gjenspeiler oppfatningen av EU. Verken EACI eller EU-kommisjonen er ansvarlig for bruk som kan gjøres av informasjonen som finnes deri.*

## Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn .....	4
2	Prosjektets omfang og metodikk .....	4
3	Dagens tilstand av bygningen og de tekniske systemene .....	5
3.1	Bygningen .....	5
3.2	Bygningens bruk og funksjoner.....	6
3.3	Inneklima.....	6
3.5	Bygningskroppen.....	7
3.4	Tekniske systemer .....	7
3.4.1	Ventilasjon.....	7
3.4.2	Oppvarming .....	8
3.4.3	Kjøling.....	8
3.4.4	Belysning og utstyr.....	9
4	Energibruk og energiforsyning.....	9
4.1	Energistatistikk .....	9
4.2	Brukeren .....	9
4.3	Utgangspunkt for vurdering av energieffektiviseringstiltak.....	9
5	Identifisering av energieffektiviseringstiltak .....	10
5.1	Tiltak 1 - Vinduer og dører.....	11
5.2	Tiltak 2 - Utvendig etterisolering av tak.....	11
5.3	Tiltak 3 - Belysning til behovsstyrt LED.....	11
5.4	Tiltak 4 - CAV til behovsstyrt ventilasjon.....	12
5.5	Tiltak 5 - Utvendig etterisolering av vegger.....	13
5.6	Tiltak 6 - Luft-vann varmepumpe til bergvarmepumpe .....	13
6	Tiltakspakke basert på Total Concept metoden.....	14
6.1	Inndata for lønnsomhetsberegninger .....	14
6.2	Resultater.....	14
7	Konklusjoner .....	15
	Vedlegg 1. Inndata til energisimulering: TEK10 og Passivhus.....	16
	Vedlegg 2. Inndata til energisimulering: Eksisterende bygning.....	17

## 1 Bakgrunn

SINTEF Byggforsk har etterspurt potensielle rehabiliteringsprosjekter hos våre partnere Statsbygg og Forsvarsbygg. Prosjektene skal inngå som pilotbygg, der Total Concept metoden skal brukes for å finne en optimal tiltakspakke for energieffektivisering. Statsbygg sitt bygg i Steinkjer, der Statens Vegvesen har sitt kontor, har behov for oppgradering og utvidelse. Oppgraderingsprosjektet skal utføres av HENT som en totalentreprise i samspill.

## 2 Prosjektets omfang og metodikk

Byggherrens hovedmål med rehabiliteringen er å forbedre inneklimate og utvide lokalene med et tilbygg. Byggherren har også mål om å oppgradere bygget til passivhusstandard.

Målet med dette prosjektet er å gjennomføre Trinn 1 av Total Concept metoden<sup>1</sup> for å lage en tiltakspakke med energieffektiviseringstiltak i Vegkontoret sitt bygg i Steinkjer. Arbeidet (trinn 1) er basert på følgende viktige aktiviteter:

- Innsamling av grunnleggende informasjon om bygningen og sammenstilling av tekniske data.
- Energitilstandsanalyse og identifisering av energisparende tiltak.
- Estimering av investeringskostnad.
- Energiberegninger.
- Lønnsomhetsberegninger og fastsetting av en tiltakspakke.

Følgende bakgrunnsinformasjon, mottatt fra Statsbygg og fra tilstandsanalysen, er brukt i dette prosjektet:

- Byggetegninger (Ark-tegninger og VVS-tegninger)
- Energirapport fra energimerkingen, Prosjektutvikling Midt-Norge, 2013.08.16 [1]
- Tilstandsvurdering betongrehabilitering og etterisolering, Rambøll, 2014.01.08 [2]
- Vegkontoret i Steinkjer- Utfasing av HKFK, PlanConsult VVS, 2012.03.12 [3]
- Statsbygg energirapport, 2013 [4]
- LCC-rapport, HENT, 2014.01.07 [5]
- SVV Steinkjer Ombygging og tilbygg Forprosjekt, HENT et. al, 2014.01.13 [6]
- SVV Steinkjer Kontorbygg Utredning passivhus, Rambøll, 2013.12.13
- Intervjuer av bygningens driftsansvarlig og eiendomsforvalter
- Skisseprosjekt, 2013
- Årsstatistikk for bruk av vann for 2013

En grundig energitilstandsanalyse er utført av Rambøll og PlanConsult. En energiberegning av bygningen er simulert ved hjelp av simuleringsverktøyet SIMIEN

---

<sup>1</sup> Mer detaljer om Total Concept metoden finnes i: "The Total Concept method. Guidebook for implementation and quality assurance". 2014, [www.totalconcept.info](http://www.totalconcept.info)

versjon 5.022. Beregningene av investeringskostnader er basert på kostnadstall fra budsjettet til entreprenøren HENT ved sammenligning mellom TEK10 og Passivhustiltak.

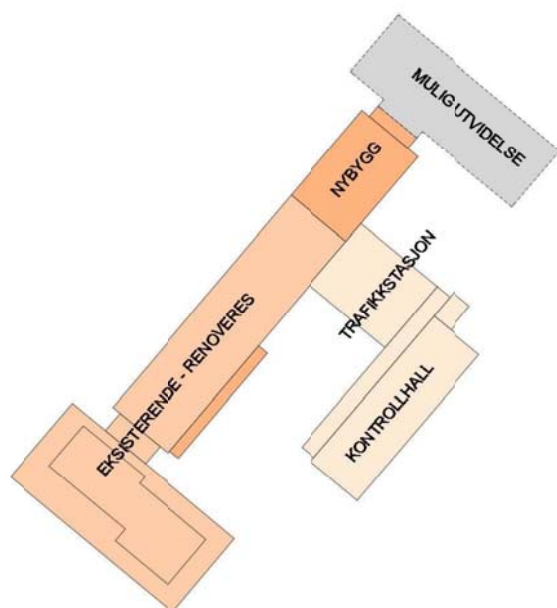
Rapporten er delt inn i følgende avsnitt:

- Dagens tilstand av bygningen og de tekniske systemene  
*Oppsummering av dagens tilstand av bygningen, bygningens bruk, inneklima og tekniske systemer*
- Energi og energiforsyning  
*Oversikt over gjeldende energibruk i bygningen og bygningens energibalanse beregnet med simuleringsprogrammet. Etablering av et utgangspunkt for det eksisterende bygget for videre vurdering av energieffektiviseringstiltak.*
- Identifiserte energieffektiviseringstiltak  
*Oversikt over identifiserte energieffektiviseringstiltak og forventet energi- og kostnadsbesparelser.*
- Tiltakspakke basert på Total Concept metoden  
*Resultatene av lønnsomhetsberegninger: detaljer om tiltakspakken som oppfyller lønnsomhetskravene fra byggherren / kunden, total investeringskostnad og beregnet total energi og kostnadsbesparelser etter gjennomføring av tiltakspakken.*
- Konklusjoner  
*Konklusjonene fra prosjektet etter gjennomføring av Trinn 1 av Total Concept metoden.*

## 3 Dagens tilstand av bygningen og de tekniske systemene

### 3.1 Bygningen

Bygningsmassen består av tre fløyer bygget i ulike byggetrinn; 1967, 1976 og 1984. Den opprinnelige delen besto av en én etasjers bygning (trafikkstasjon) inkludert en kontrollhall samt nordøstfløyen i 3 etasjer. Sydvestfløyen ble bygget i 1967 med opprinnelig 3 etasjer, men ble påbygd med 2 etasjer til i 1984. Bygningen har et oppvarmet areal på 4330 m<sup>2</sup>, eksklusiv kontrollhallen og trafikkstasjonen. Bygningen er plassert mellom Heggeåsen skibakke i nordvest og Steinkjerelva i sydøst. Det er et ønske av leietakeren, Statens Vegvesen om å utvide bygningen med et tilbygg i samband med oppgraderingen.



**Bilde 3.1** Oversiktstegning over bygningene for Vegkontorer i Steinkjer (Kilde: Voll Arkitekter)

### 3.2 Bygningens bruk og funksjoner

Bygningen består i hovedsak av kontorer for Vegvesenets personal samt kantine i første etasjen av østfløyen. Personalet jobber etter vanlige kontortider. Driftstiden for tekniske installasjoner i bygget er 9 timer per dag. Det begynner å bli trangt i dagens lokaler, og det er derfor behov for et tilbygg. En del av bygningen er også en kontrollhall, men denne er ikke inkludert i videre vurderinger.



**Bilde 3.2.** Planløsning i kontorlokalene i vest og østfløyen.

### 3.3 Inneklima

Personalet klager på dårlig inneklima, spesielt i de delene av bygningen med de eldste ventilasjonsanleggene. Endringer i planløsningen har også forverret inneklimaet. Kravet til inneklima det er tatt utgangspunkt i for dette arbeidet er basert på arbeidsmiljøloven og klasse 2 i NS EN 15251.

### 3.5 Bygningskroppen

Grunnforholdene under bygningen er ifølge tidligere rapporter indikert å være tørrskorpeleire over et bløtere leirelag med morene under dette igjen. Det skal skiftes ut masser ned til faste morenemasser. De eksisterende bygningene er direkte fundamentert på morenemasser over fjell [6].

Bygningen er av plasstøpt betong med dekker, bjelker, søyler og vegger som primære bygningsdeler. Fasadene er av 150 mm tykk betong, innvendig isolert med 100 mm isolasjon og har en U-verdi på 0,41 W/m<sup>2</sup>K. Enkelte betongsøyler er plassert i ytterveggen og skaper store kuldebroer. Dekkene har konstruktive tykkelser på 140-200 mm.

Det er utført betongprøver for vurdering av betongskader på eksisterende fasade. For å redusere videre korrosjonsprosess i betongen anbefales utvendig etterisolering av fasaden og god ventilasjon innendørs [1].

Vinduene ligger i store horisontale vindusbånd mellom betongskivene. Vinduene er originale koblede vinduer med gjennomsnittlig U-verdi på 2,4 W/m<sup>2</sup>K.

Lekkasjetallet er ikke målt, men estimert til 3,5 h<sup>-1</sup>.

Alle fløyer har flatt tak med 150 mm isolasjon på 150 mm betong. Takene har en U-verdi på 0,23 W/m<sup>2</sup>K, bortsett fra over teknisk rom som har U-verdi 0,33 W/m<sup>2</sup>K.

Gulvet er gulv på grunn og har, med en antatt isolasjon på 100 mm, en ekvivalent U-verdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

**Tabell 3.5.** U-verdier på eksisterende bygningskropp

Bygningsdel	Eksisterende U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]
Tak	0,23/0,33
Gulv	0,15 ekv.
Vegger	0,41
Vinduer	2,4

### 3.4 Tekniske systemer

#### 3.4.1 Ventilasjon

Den aktuelle delen av bygningen har totalt 6 stk. ventilasjonsanlegg, samt noen mindre rene avtrekksystemer. 2 av anleggene er fra 1976 og er i dårlig forfatning. Disse to har også en lav gjenvinningsgrad på 42 og 62 %. Anleggene har en gjennomsnittlig SFP på 3,7 kW/(m<sup>3</sup>/s) [1]. Den totale effekten for kjølebatteriene er på 166 kW og effekt for varmebatteriet er på 287 kW.

**Tabell 3.4.1** Ventilasjonsanleggene i den aktuelle bygningen (Kilde: Energivurdering av ventilasjonsanlegg)

Systemnr	Installasjonsår	Virkningsgrad [%]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	Betjener
36.01	1996	70	2,29	Trafikkavdelingen
36.02	1997	72	4	Østfløy 1.-3. etg
36.03	1976	46	5,8	Vestfløy 1. etg
36.04	1976	62	3,2	Vestfløy 2.-3. etg
36.05	1986	75	-	Vestfløy 4.-5. etg

#### 3.4.2 Oppvarming

Bygningen har 2 stk. oljekjeler á 350 kW og 1 stk. elektrokjele på 225 kW. Kjelenes dekker forvarming av varmt tappevann, romoppvarming og varmebatterier for ventilasjon. Den elektriske kjelen er prioritert og utgjør 99 % av oppvarmingen [4]. Romoppvarmingen distribueres via et høyvarmesystem av radiatorer og vannbåret varmebatteri til ventilasjonen (80/60 °C). Påbygget i vestfløyen (4.-5. etg.) har i dag helelektrisk oppvarming via panelovner. [3]

**Tabell 3.4.2** Varmeeffekt i fløyene, fordelt mellom distribusjonssystem

Østfløy	Radiatorer	98 kW
	Ventilasjon	35 kW
Vestfløy	Radiatorer (1-3. etg)	68 kW
	Panelovner (4.-5. etg)	40 kW
	Ventilasjon	203 kW
Trafikkavdeling	Radiatorer	18 kW
	Ventilasjon	16 kW
Kontrollhall	Radiatorer	50 kW
	Ventilasjon	27 kW
Hele bygningen	Varmtvann	25 kW

#### 3.4.3 Kjøling

Bygningsmassen er klimatisert og har kjøleanlegg, som består av et isvannanlegg fra 1975. Anlegget er plassert i Vestfløybygget og dekker komfortkjøling via kjøleabfler i 2. etg, samt komfortkjøling via ventilasjon for hele bygget. Komfortkjøling for østfløyen og trafikkavdelingen betjenes via ventilasjonsanlegg med lokalt plasserte DX-anlegg. Prosesskjøling av datarom, telesentral, avfallsrom, UPS rom og hovedtavlerom besørgeres av mindre DX-anlegg som er plassert lokalt ved de respektive rom/installasjoner. Det er til sammen 15 kjøleanlegg på bygget. DX- anleggene har en total effekt på 119 kW og isvannanlegget på 100 kW.

De flere mindre DX-anleggene er av eldre årgang og trenger å skiftes ut. I datarommet i 3. etg. må backup-anlegget kobles inn regelmessig da hovedenheten ikke klarer å takle kjølebehovet alene. Totalt er det 7 stk. mindre enheter fordelt på 5 stk. for Statsbygg og 2 stk. for bruker, med samlet kjøleeffekt på 68 kW med variasjon fra 6 til 17 kW per enhet. Disse anleggene er det da naturlig å erstatte sett opp i mot myndighetskrav om utfasing av R22 som kuldemedie [3].



Ihht forskriftskravet er det forbud mot å etterfylle KFK og HKFK kuldemedie i kjøleinstallasjoner. Et alternativ er å dekke kjølebehovet ved en varmpumpe, enten luft/vann eller med energibrønner som dekker oppvarmingsbehovet om vinteren og kjølebehovet resten av året.

#### 3.4.4 Belysning og utstyr

Delene av bygningen som behandles er i hovedsak kontorer. Det er hovedsaklig T5- og T8- armaturer på kontorene og korridorer. Effektbehov brukt i energisimuleringen for belysning er 8 W/m<sup>2</sup> og for utstyr 11 W/m<sup>2</sup>. Personbelastningen estimeres til 4 W/m<sup>2</sup>.

## 4 Energibruk og energiforsyning

### 4.1 Energistatistikk

Statsbygg har dokumentert målt energibruk for hele bygningen de siste 10 årene. Energirapporten for 2013 viser den totale målte leverte energien for 2013, graddagskorrigert samt korrigert mht. driftstider for hele bygningen inkludert kontrollhallen, se tabell 4.1. Totalt oppvarmingsbehov er på 79 kWh/m<sup>2</sup> for hele bygningen, der 99 % kommer fra elektrisitet og kun 1 % fra olje. Totalt levert energi fra elektrisitet, ekskludert til oppvarming, er 140 kWh/m<sup>2</sup>. En energimerking ble utført i 2013, med standardiserte verdier med et levert energibehov på 242 kWh/m<sup>2</sup> år.

**Tabell 4.1** Målt energibruk for vegkontoret i Steinkjer (Kilde: Statsbygg Energirapport 2013)

	Areal	Fastkraft	El-kjel	Olje	Oppvarming	Vann	Totalt	Totalt graddagskorrigert	Spes.graddagskorrigert	Driftstid teknisk anlegg	Spes.driftstids normert
Eiendomsnavn	m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	m <sup>3</sup>	kWh	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	timer/uke	kWh/m <sup>2</sup>
Vegkontoret i Nord-Trøndelag	5685	797350	444320	3661	447981	1232	1245331	1285792	226	80 (48)	181

Beregnet total energi for bygningens kontordel, dvs. eksklusiv kontrollhallen er:

Total beregnet levert energi: 193,9 kWh/m<sup>2</sup>  
 Beregnet levert oppvarmingsbehov: 99,4 kWh/m<sup>2</sup>  
 Levert energi belysning & utstyr: 60,7 kWh/m<sup>2</sup>

Det er dette som brukes videre som utgangspunkt for eksisterende bygning.

### 4.2 Brukeren

Energibruket for brukerne i kontorbygningen er estimert til den samme som standardiserte verdier. Driftstiden er høyere i de deler av bygningen der det er kontrollhall og trafikkstasjon, men det er vanlig driftstid i resten av bygningen.

### 4.3 Utgangspunkt for vurdering av energieffektiviseringstiltak

Byggherren har en ambisjon om å komme opp til passivhusnivå, mens forskriftskravet for eksisterende bygninger krever at ved en endring av en bygningsdel, må tiltaket

tilfredsstill minimumskravet i dagens forskrift. Ved en hovedombygging, eller ved bruksendring, skal hele forskriften (TEK10) gjelde.

Det brukes et såkalt dynamisk justert utgangspunkt som blir endret for hvert enkelt energieffektiviseringstiltak.

Utgangspunktet for beregningen er energibruken når bygningsdelen tilfredsstiller forskriftskravene, minimumskrav i TEK10. Energibesparelsen og investeringskostnaden for energieffektiviseringstiltaket tar kun hensyn til forskjellen mellom TEK10-nivå og passivhusstandard.

## 5. Identifisering av energieffektiviseringstiltak

Seks store energieffektiviseringstiltak er definert for vegkontoret i Steinkjer.

- Nye vinduer og dører
- Utvendig etterisolering av tak
- Endring av belysning til behovsstyrt LED
- Oppgradering av ventilasjonsanlegget fra CAV til behovsstyrt ventilasjon
- Utvendig etterisolering av fasader inkludert forbedret lufttetthet og kuldebroer
- Installasjon av bergvarmepumpe

Beregninger er utført for eksisterende bygning og energieffektiviseringstiltak opp til TEK10-nivå med tilfredsstillende luftmengde, og videre opp til passivhusnivå. Vedlegg 1 viser U-verdi, lekkasjetall, kuldebroverdi, luftmengde, virkningsgrad, effektbehov og energikilde for de ulike tiltakene.

Tabell 5 viser energibesparelsen og investeringskostnaden for de enkelte tiltakene. Det mest lønnsomme tiltaket fra tabell 5 velges som første tiltak. Videre utføres en ny energiberegning med ny rangering av resterende tiltakene, tiltak 2 velges og en ny energiberegning med ny rangering av de resterende tiltakene utføres, osv.

**Tabell 5.** Levetid, energibehov for eksisterende, TEK10 og passivhusnivå samt investering fra TEK10 til passivhusnivå for de enkelte tiltakene.

Energieffektiviserings-tiltak	TC-rank	Levetid [year]	Eksisterende [kWh/m <sup>2</sup> år]	TEK10 [kWh/m <sup>2</sup> år]	Passivhus [kWh/m <sup>2</sup> år]	Energi-besparelse [MWh/år]	Investering TEK10 til PH [NOK]
Vinduer og dører	1	30	193,9	165,9	156,9	39,0	109600
Vegger- utvendig isolering + tetthet	2	40	193,9	186,5	153,6	142,5	1037635
Tak- utvendig isolering	3	40	193,9	189,8	188,1	7,4	58729
Ventilasjon - fra CAV til DCV	4	15	193,9	191,5	157,2	148,5	1335000
Behovsstyrt LED belysning	5	15	193,9	193,9	189,3	19,9	286000
Varmepumpe	6	15	193,9	138,6	134,5	17,8	1400000

## 5.1 Tiltak 1 - Vinduer og dører

Det mest lønnsomme tiltaket for Vegkontoret i Steinkjer er å skifte ut alle vinduer og dører. Ved dette tiltaket velger man å skifte ut de eksisterende vinduene og dørene til passivhusvinduer og -dører istedenfor til minimumskravet i TEK10, se vedlegg 1 for mer informasjon.

Levetiden for vinduer er estimert til 30 år, investeringen til 109 600 kr og energibesparelsen til 39 000 kWh.

Internrenten ved dette tiltaket er 34 %.

**Tabell 5.1.** Energi- og kostnadsbesparelse ved skifte av vinduer

	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi-besparelse [MWh]	Kostnads-besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads-besparelse [kNOK]
Vinduer og dører	30	109,6	34,01	39	35,1	0	35,1

## 5.2 Tiltak 2 - Utvendig etterisolering av tak

Taket er et flatt tak med U-verdi på  $0,23\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , bortsett fra tak over teknisk rom. Ekstra etterisolering av takene har en relativt lav investeringskostnad og kommer ut som et lønnsomt energieffektiviserings tiltak i beregningene, se vedlegg 1 for mer informasjon.

Levetiden for taket er estimert til 40 år. Investeringen er estimert til 58 700 kr fra TEK10 til passivhusnivå og energibesparelsen til 5200 kWh.

Internrenten for tiltaket som tiltak 2 i tiltakspakken er 9,53 %.

**Tabell 5.2.** Energi- og kostnadsbesparelse ved etterisolering av tak

	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi-besparelse [MWh]	Kostnads-besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads-besparelse [kNOK]
Tak- utvendig isolering	40	58,7	9,53	5,2	4,68	0	4,68

## 5.3 Tiltak 3 - Belysning til behovsstyrt LED

Ved skifte av vanlig tradisjonell belysning til LED-belysning halveres energibehovet til belysningen. Et slikt tiltak øker oppvarmingsbehovet, slik at energibesparelsen for bygningen blir:

$54,6\text{ MWh (elektrisitet)} - 26,9\text{ MWh (økt oppvarmingsbehov)} = 27,7\text{ MWh}$ .

Se vedlegg 1 for mer informasjon.

Investeringen innebærer også et redusert vedlikeholdsbehov, med færre skifter av lysepærer. Dette er estimert til 5 000 kr/per år.

Levetiden for belysningen er estimert til 15 år. Investeringen er stipulert til 286 000 kr og energibesparelse er 27 700 kWh.

Internrenten for tiltaket som tiltak 3 i tiltakspakken er 8,25 %.

**Tabell 5.3.** Energi- og kostnadsbesparelse ved behovstyrt LED belysning

	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi-besparelse [MWh]	Kostnads-besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads-besparelse [kNOK]
Behovstyrt LED belysning	15	286	8,25	27,7	24,93	5	29,93

#### 5.4 Tiltak 4 - CAV til behovsstyrt ventilasjon

Behovsstyrt ventilasjon justerer luftmengden etter tilstedeværelse i kontorene, hvis det er en lav tilstedeværelse, er det lav luftmengde og om det er høy tilstedeværelse er det fulle luftmengder. Også når kontoret brukes utenfor driftstiden tillater ventilasjonsanlegget å bruke lave luftmengde istedenfor fulle luftmengder med CAV. Ved å skifte ut CAV-anlegget i bygningen til et behovsstyrt ventilasjonsanlegg kan den gjennomsnittlige luftmengden for bygningen reduseres fra 10 til 6 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> i driftstiden og fra 3 til 1 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> utenfor driftstiden. Dette øker virkningsgraden på varmegjenvinningen med 3 % og reduserer SFP fra 2,0 til 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s), se vedlegg 1 for mer informasjon.

Levetiden for ventilasjonsanlegget er estimert til 15 år med en ekstra investering på 1 335 000 kr og en energibesparelse på 129 500 kWh.

Internrenten for tiltaket som tiltak 4 i tiltakspakken er 5,57 %.

**Tabell 5.4.** Energi- og kostnadsbesparelse ved behovsstyrt ventilasjon

	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi-besparelse [MWh]	Kostnads-besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads-besparelse [kNOK]
Ventilation - fra CAV til DCV	15	1335	5,57	129,5	116,55	0	116,55

## 5.5 Tiltak 5 - Utvendig etterisolering av vegger

Det er planlagt en etterisolering av ytterveggene på bygningen. En etterisolering av veggen inkluderer også en forbedring av tettheten og redusering av kuldebroene. Veggene etterisoleres til en U-verdi på 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Tiltak for tetthet og kuldebroer gir et lekkasjetall ned mot 0,6 h<sup>-1</sup> og normalisert kuldebroverdi ned mot 0,03 W/m<sup>2</sup>K, se vedlegg 1 for mer informasjon.

Levetiden for ytterveggen er estimert til 40 år. Investeringen er stipulert til 1 038 000 kr og energibesparelsen til 3 900 kWh.

Internrenten for tiltaket som tiltak 5 i tiltakspakken er -5,58 %.

**Tabell 5.5.** Energi- og kostnadsbesparelse ved etterisolering av yttervegger

	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi- besparelse [MWh]	Kostnads- besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads- besparelse [kNOK]
Vegger- utvendig isolering	40	1038	-5,58	3,9	3,51	0	3,51

## 5.6 Tiltak 6 - Luft-vann varmepumpe til bergvarmepumpe

Energikilden for den eksisterende bygningen er to oljekjeler og en elkjele. Ved tiltak opp til TEK10 har man erstattet dette med luft-vann VP.

En større investering som kan gi en større energibesparelse i et kaldt klima, er en bergvarmepumpe, se vedlegg 1 for mer informasjon.

Levetiden for bergvarmepumpen er estimert til 15 år med en ekstra investering på 1 400 000 kr og en energibesparelse på 6 500 kWh. Energisparepotensialet er blitt redusert i takt med at man har utført de andre 5 tiltakene.

Internrenten for tiltaket som tiltak 6 i tiltakspakken er negativ: -18 %.

**Tabell 5.6.** Energi- og kostnadsbesparelse ved bergvarmepumpe

	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi- besparelse [MWh]	Kostnads- besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads- besparelse [kNOK]
Varmepumpe	15	1400	-18	6,5	5,85	0	5,85

## 6 Tiltakspakke basert på Total Concept metoden

### 6.1 Inndata for lønnsomhetsberegninger

Ved lønnsomhetsberegningene er det tatt utgangspunkt i byggherrens internrentekrav på 4,15 %. Det er videre estimert en relativ økning av energiprisen med 2 % over inflasjonen og økonomisk levetid er satt til 60 år.

Energipris per energikilde finnes i tabell 6.1.

**Tabell 6.1** Økonomisk inndata lønnsomhetsberegning

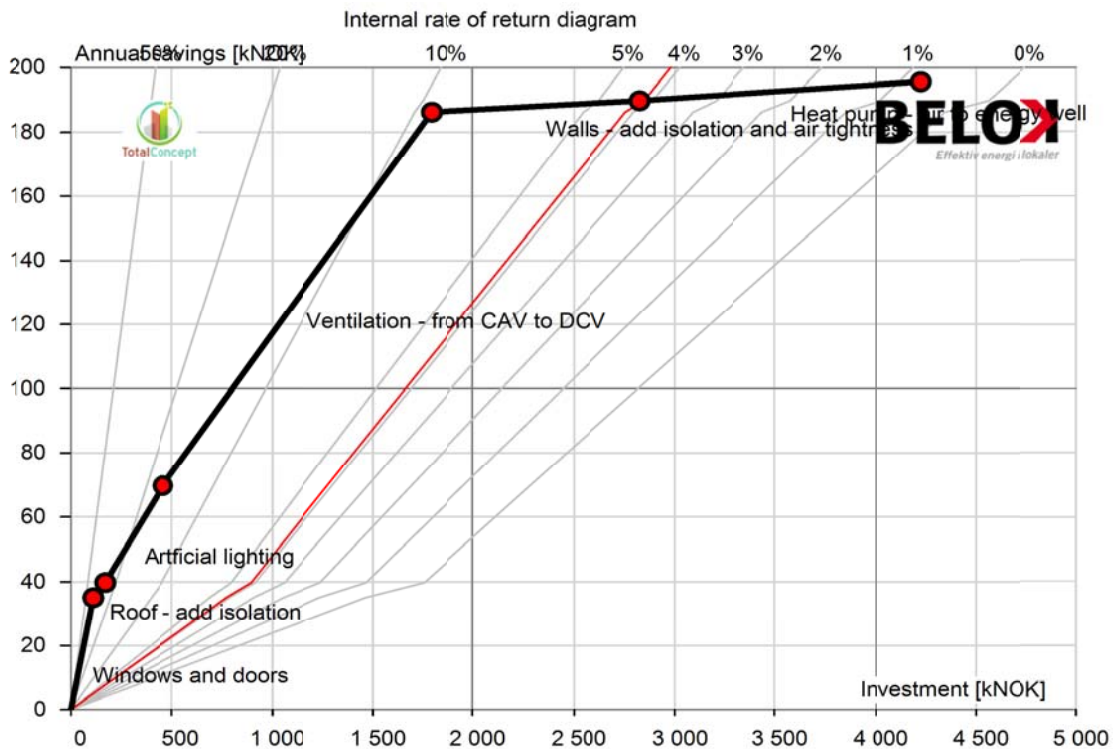
Internrentekrav	4,15 %
Energiprisøkning	2,0 %
Energipris termisk energi	1,0 kr
Energipris elektrisitet	1,0 kr
Økonomisk levetid	60 år

### 6.2 Resultater

Ved lønnsomhetsberegningen for oppgradering av vegkontoret i Steinkjer har 6 energieffektiviseringstiltak blitt vurdert. Tiltakene er rangert i rekkefølge etter lønnsomhet i tabell 6.2. Bilde 6.2a visualiserer investering og energibesparelse per tiltak. De 5 første tiltakene tilfredsstillers, som pakke, byggherrens internrentekrav på 4,15 %.

**Tabell 6.2** Lønnsomhet av tiltakspakke i energibesparelse, kostnad og internrente

Tiltak	Levetid [år]	Investering [kNOK]	Internrente [%]	Energi-besparelse [MWh]	Kostnads-besparelse [kNOK]	Annen besparelse [kNOK]	Total kostnads-besparelse [kNOK]	Sum Internrente [%]
Vinduer og dører	30	109,6	34,01	39	35,1	0	35,1	34,03
Tak- utvendig isolering	40	58,7	9,53	5,2	4,68	0	4,68	25,6
Behovstyrt LED belysning	15	286	8,25	27,7	24,93	5	29,93	16,3
Ventilasjon - fra CAV til DCV	15	1335	5,57	129,5	116,55	0	116,55	9,32
Vegger- utvendig isolering + tetthet	40	1038	-5,58	3,9	3,51	0	3,51	4,22
Varmepumpe	15	1400	-18	6,5	5,85	0	5,85	0,78



Bilde 6.2 Internrentediagram for Total Concept metoden

## 7 Konklusjoner

Ved hjelp av Total Concept metoden er en tiltakspakke med 5 energieffektiviseringstiltak definert.

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

Tiltakspakken reduserer den leverte energien fra TEK 10 til passivhusnivå med:

205 300 kWh/år, 47,4 kWh/m<sup>2</sup>år.

Den totale energibesparelsen fra eksisterende bygning til passivhusnivå er

394 896 kWh/år, 91,2 kWh/m<sup>2</sup>år.

Tiltakspakkens totale investeringskostnad fra å gå fra TEK10-tiltak til passivhustiltak er 2 827 300 kr og gir en summert internrente på 4,22 %.

## Vedlegg 1. Inndata til energisimulering: TEK10 og Passivhus

Energiltak	Enhet	Eksisterende	TEK10	Passivhus
Vinduer og dører	[W/m <sup>2</sup> K]	2,4	1,2	0,8
Vegger- utvendig isolering	[W/m <sup>2</sup> K]	0,41	0,22	0,16
Vegger- Lekkasetall (n50)	[/h]	3,5	1,5	0,4
Vegger- Norm. Kuldebroverdi	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0,12	0,09	0,03
Tak- utvendig isolering	[W/m <sup>2</sup> K]	0,23 (0,33)	0,13	0,08
Ventilasjon - fra CAV til DCV				
Ventilasjonsluftmengde i driftstiden	[(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ]	7	10	6
Ventilasjonsluftmengde utenfor driftstiden	[(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ]	2	3	1
Temperaturvirkningsgrad for varmeveklser	[%]	60	80	83
Behovstyrt LED belysning	[W/m <sup>2</sup> ]	8	8	4
Energiforsyning		Elkjele 100%	Luft-vann VP 85% oppvarming 0 % kjøling	Berg-varmepumpe 85 % oppvarming 60 % kjøling



## Vedlegg 2. Inndata til energisimulering: Eksisterende bygning

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1650	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1200	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1162	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	828	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	4330	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	12990	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,40	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,24	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,15	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,39	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	19,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	14	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	60	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	60,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,50	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,90	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,55	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingfaktor horisont/utspring (NØ/S/V):	1,00/1,00/0,83/0,48	
Inndata klima		
Beskrivelse	Verdi	
Klimasted	Værnes	
Breddegrad	63° 15'	
Lengdegrad	10° 33'	
Tidssone	GMT + 1	
Årsmiddeltemperatur	5,3 °C	
Midlere solstråling horisontal flate	108 W/m <sup>2</sup>	
Midlere vindhastighet	3,5 m/s	
Inndata energiforsyning		
Beskrivelse	Verdi	
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energiforsyning: 0,80 kr/kWh CO <sub>2</sub> -utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %	