Bacheloroppgave

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Thale Vassnes Stefansson

Synne Eide Rapp

Nødstrøm til nytt sykehus i Drammen

Bruk av fornybar energi til miljøvennlig nødstrømsforsyning

Bacheloroppgave i Fornybar Energi
Veileder: Magnar Eikerol
Mai 2020

NTNU
Kunnskap for en bedre verden

NTNU
Institutt for vareproduksjon
og byggteknikk

Oppgavens tittel: Nødstrøm til nytt sykehus i Drammen	Dato: 20.05.2020 Antall sider: 70			
	Masteroppgave:		Bacheloroppgave	X
Navn: Synne Eide Rapp – 492894 & Thale Vassnes Stefansson – 492888				
Veileder: Magnar Eikerol				
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Alemayehu Gebremedhin				

Rapporten tar for seg nødkraftforsyningen til det nye sykehuset i Drammen, med utgangspunkt i Høyspent AS med samarbeidspartnere (Glitre Energi Produksjon AS og sykehusledelsen i Drammen) sitt forslag. Hensikten med oppgaven var å finne ut om driften av anlegget er både teknisk-økonomisk og miljø-teknisk gunstig. Problemstillingen var;

«Hvordan kan en oppnå optimalisert drift av en nødforsyningssentral på en miljøgunstig og økonomisk måte?»

Litt teori om lover, forskrifter, mål, energikilder, strømnett og komponenter til nødkraftforsyning ble presentert først. Foreslått nødkraftforsyning fra arbeidsgiver og samarbeidspartnere ble lagt frem etter teorien. Videre ble løsninger med bruk av effektbatterier til effektglatting, utbygging av solcellepanel, biodiesel kontra anleggsdiesel, biogass kontra naturgass og utslipp tilknyttet til anlegget analysert. Analysen ser også på totale drifts- og vedlikeholdskostnader av utvalgte komponenter. Basert på resultatene konkluderes det med at den miljøvennlige driften er betydelig dyrere enn en fossil drift. Likevel vil Høyspent AS med partnere sitt forslag gi en pekepinn på hvordan lignende bygg kan forsynes for å nå både Norges og verdens klimamål. Med økonomisk støtte fra ENOVA vil Energi-bygget være et nullutslippsbygg med bruk av rene brensler og solcellepaneler til egenforsyning. Det anbefales at flere land og politikere gir støtte til miljøvennlige tiltak for å motivere flere.

Stikkord:

Nødkraftforsyning
Klimagassutslipp
Effektglatting
Miljø- og økonomisk gunstig drift

Synne Eide Rapp

Synne Eide Rapp

Thale Vassnes Stefansson

Thale Vassnes Stefansson

Abstract

This bachelor thesis reflects on the new public hospital in Drammen and its emergency power supply. The plan is that the emergency power will be supplied by renewable energy sources such as solar energy, biogas and biofuel as demanded by electricity supplier Glitre Energi Produksjon AS. The research question is:

How to achieve optimized operation of emergency power supply in an environmentally beneficial and economical way?

The research topic is intended to reflect on how the renewable power supply meets Norway's climate strategy, as well as the established Paris Agreement and UN's sustainability development goals, while operating in an economical and environmental manner.

Firstly, the theoretical basis for the analysis is presented. Furthermore, the intended building plan for the emergency power plant, the Energy Building is presented. Solutions such as using power batteries for peak shaving, solar panel development, biofuel versus diesel fuel, biogas versus liquefied natural gas and emissions associated with the plant is critically analysed. A part section of the analysis also looks at the total operating and maintenance costs of some selected components. Based on the results of the analysis, it is concluded that the Energy Building's environmentally friendly operation will result in significantly higher costs compared to using fossil fuels. Nevertheless, GEP's proposal will give a clue as to how similar buildings can be supplied to achieve both Norway's and the world's climate targets. With the help of ENOVA's support, the Energy Building will be a zero-emission building using clean fuels and solar panels for self-supply.

Forord

Bacheloroppgaven er gjennomført som et avsluttende prosjekt på bachelorprogrammet Bachelor i ingeniørfag, fornybar energi ved Fakultet for ingeniørvitenskap og Institutt for vareproduksjon og byggteknikk på NTNU i Gjøvik. Oppgavene vektlegges med 20 studiepoeng og blir vanligvis gjennomført gruppevis der 2-3 studenter skriver sammen. Valg av oppgave skal være relatert til studentenes studieprogram.

Høyspent AS var oppdragsgiver, der de har gitt av egen arbeidstid til veiledning uten kompensasjon. Rapporten er hovedsakelig en utredning der foreløpig nødstrømløsning fra Høyspent AS med samarbeidspartnerne (Glitre Energi Produksjon og sykehusledelsen i Drammen) analyseres. Oppdragsgiver vil derfor gjennom denne rapporten få dypere innsikt i klimakonsekvensene og kostnadene tilknyttet løsningen, samt kunnskap om potensialet for reduksjon av klimagassutslipp, samtidig som lover og forskrifter opprettholdes.

Temaet for oppgaven ble valgt på bakgrunn av hvordan tidligere nødstrømløsninger har påvirket klimaet med fossile brennstoff med høye klimagassutslipp. Prosessen med arbeidet har vært lærerikt og interessant, samtidig som den har styrket studentenes evne til å samarbeide. Som gruppe er vi fornøyde med resultatet og det gode samarbeidet.

Vi vil gjerne takke:

- veileder Magnar Eikerol for god oppfølging og veiledning
- daglig leder for Høyspent AS Ola T. Eide, daglig leder for Høyspent Øst AS Geir Viktor Johnsen og ansatt i Høyspent AS Anett Johnsen Vonheim for veiledning gjennom prosessen
- Geir H. Ingeborgrud representant fra ECO-1, Thomas Høyer representant fra Fuel-service, Christoph Heyerhoff representant fra Tesvolt GmbH, Gisle Hegstad representant fra Glitre Energi Produksjon og Marianne Langvik representant fra Biokraft AS for e-postveiledning

Vi ønsker Høyspent AS lykke til videre med prosjektet.

Innholdsfortegnelse

Abstract iii
Forord iv
Innholdsfortegnelse v
Figurliste vii
Tabelliste viii
1 Innledning 1
2 Teori 4
2.1 Fornybar og ikke-fornybar energi 4
2.2 Lover og forskrifter 5
2.3 Strømnett 6
2.3.1 Kontrollanlegg 8
2.4 Strømaggregater 8
2.4.1 Dieselaggregat 8
2.4.2 Gassaggregat 10
2.5 Solenergi 11
2.6 Batterier og energilagring 13
2.6.1 Avbruddsfri strømforsyning 13
3 Elvebyen Energisentral 14
3.1 Forsyning 14
3.2 Energibyggets oppbygging 16
3.2.1 Aggregater og generatorer 19
3.2.2 Effektbatterier 20
3.2.3 Solcelleanlegg 22
4 Analyse 23
4.1 Økonomisk analyse 26
4.1.1 Normal drift, hovedforsyning 27
4.1.2 Effektbatterier til nøddrift og effektglatting 30
4.1.3 Nøddrift, 2 dieselaggregat, 1 gassaggregat 32
4.1.4 Nøddrift, sol 35
4.1.5 Nøddrift, totale drift- og vedlikeholdskostnader 38

4.2 Miljøanalyse 39
4.2.1 Normal drift, hovedforsyning 39
4.2.2 Nøddrift, effektbatterier (Litium-ion batteri) 41
4.2.3 Nøddrift, 2 dieselaggregat, 1 gassaggregat 41
4.2.4 Nøddrift, sol 45
5 Diskusjon 47
5.1 Økonomi 47
5.2 Miljø 48
5.3 Lover, forskrifter, mål og etikk 48
5.3.1 Etikk 48
5.3.2 Lover, forskrifter og mål 52
5.4 Sterke og svake sider 53
6 Konklusjon 54
Litteraturliste 56

Figurliste

Figur 1:Vassdragsenergi, tidevannsenergi, bioenergi, geotermisk energi, vindenergi, bølgeenergi og solenergi 5
Figur 2: Oversiktsbilde over strømnettet 7
Figur 3: Dieselaggregat 9
Figur 4: Biogassaggregat 10
Figur 5: Snitt av solcelle 12
Figur 6: Solcellepanel 12
Figur 7: Elvebyen energiparks beliggenhet 14
Figur 8: Enlinjeskjema Elvebyen Energisentral 15
Figur 9: Konseptskisse for Energibygget 16
Figur 10: Enlinjeskjema nøddrift 18
Figur 11: Tidslinje for oppstartstid ved strømbrudd 18
Figur 12: Oversikt over strømaggregatene med hvilke drivstoff de kan bruke 19
Figur 13: Container med batterirom, kontrollrom, vekselretterrom med mer 21
Figur 14: Energibyggets plassering ved siden av Drammen Fjernvarme 22
Figur 15: Eksempel på energiforbruk i sykehus 24
Figur 16: Arealbruk per klokkeslett 25
Figur 17: Arealbruk per ukedag 25
Figur 18: Utslipp av klimagasser i Norge 26
Figur 19: Effektforbruk dagens sykehus 27
Figur 20: Spotpris for Oslo i mai 28
Figur 21: Spotpris for Oslo i januar 28
Figur 22: Effektglatting med batteri 30
Figur 23: Plantegning av nye Drammen Fjernvarme 35
Figur 24: Årlige day-ahead priser 2004-2019 37
Figur 25: Nasjonal varedeklarasjon 40
Figur 26: kort sammenligning av drivstoffene 42
Figur 27: klimapåvirkning av drivstoffer fra forskjellige råvarer og ved ulike trinn i fremstillingen. 43
Figur 28: Oversikt over mulig bruk av biogass og biogjødsel 44
Figur 29: CABRISS-Prosjektets strategiske konsept, en sirkulær produksjonskjede 46

Tabelliste

Tabell 1: Begrepsforklaring 2
Tabell 2: Strømnettet i Norge 7
Tabell 3: Forskjellige typer distribusjonsnett 7
Tabell 4: Driftsmoduser effektbatterier 20
Tabell 5: Aktivitetsbruk sykehus 24
Tabell 6: Investeringskostnader for innovativ og fossil løsning. Merkostnader og beregnet støttebeløp fra ENOVA 27
Tabell 7: Pris normalforsyning sommer og vinter 29
Tabell 8: Besparelser med effektbatterier 31
Tabell 9: Pris pr klokkeslett med og uten effektbatterier vinter og sommer 31
Tabell 10: Årlig besparelse ved bruk av batterier 31
Tabell 11: Priser på ulike typer diesel 33
Tabell 12: Sammenligning av priser ved 24 timers drift av en dieselgenerator 33
Tabell 13: Årlig kraftproduksjon ved utbygging 36
Tabell 14: Totalkostnad med ENOVA-støtte 36
Tabell 15: Besparelser solcelleanlegg 37
Tabell 16: Årlige drift- og vedlikeholdskostnader 38
Tabell 17: Antatte årlige drift- og vedlikeholdskostnader 39

1 Innledning

Ethvert sykehus har et krav om å ha tilfredsstillende og pålitelig strømtilførsel i bygget. Dette kan være strømforsyning bestående av en hovedforsyning fra et strømnett, en reserve-forsyning og en nødstrømsforsyning. Ved bortfall av hoved- og reserveforsyningen skal nødstrømsforsyningen automatisk kobles på for å opprettholde driften. I tilfeller der det er nødvendig å sikre liv, helse, miljø, omgivelser og tap av materielle skader er dette spesielt viktig (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2017). Disse tilfellene faller alle under kravene til drift av sykehus, hvor strømtilførselen må være best mulig til enhver tid.

Konsekvensene av å ikke levere pålitelig strøm på sykehus grunnet feil fra hovedforsyning kan i verste fall føre til dødsfall. Livsopprettholdende elektromedisinsk utstyr vil ha et behov for pålitelig strøm til enhver tid for å kunne utføre sin hensikt. Dette er en av grunnene til at det er stilt formelle krav i Forskrift om Elektriske Lavspenningsanlegg (FEL) om forsyningen av slike bygg. Kravene finnes i forskriften på Lovdata sine nettsider (Lovdata, 2018).

Til nødkraftforsyning brukes det vanligvis fossilt brensel til å drive et aggregat som forsyner strøm til bygget. Dette kan medføre signifikante mengder forurensning i lufta. De fleste forskere mener at klimaendringene og global oppvarming hovedsakelig er menneskeskapt, grunnet blant annet denne forurensingen. Flere studier har kommet fram til at omtrent 97 prosent av forskerne er enige om at klimaendringene er menneskeskapte. Professor Jens Hesselbjerg Christensen sier at de 97 prosentene ikke kan sies å være den endelige sannheten, men at det nok ikke er så langt unna (Persson, 2019).

Fra 2019 til 2024 bygges det et nytt sykehus på Brakerøya i Drammen kommune, som nå skal satse på en miljøvennlig nødkraftforsyning med hovedfokus på biodiesel, biogass og solenergi, i håp om at andre også vil gå i samme retning. Glitre Energi Produksjon (GEP) vil stå for strømforsyningen til sykehuset og har også et ønske om å bruke disse energikildene til effektglatting i sitt eget hovednett.

Bakgrunn for valgt tema er FNs bærekraftmål, Parisavtalen, Klimaloven og Forskrift om pålitelig og tilfredsstillende strømtilførsel, da studentene ville være med på å bidra til utviklingen mot et lavutslippssamfunn. Dette spesielt med tanke på å kunne bidra til at et

fremtidig samfunn kan bestå av sykehus og andre offentlige bygg med renere nødkraft-forsyning. Problemstillingen i denne oppgaven var;

«*Hvordan kan en oppnå optimalisert drift av en nødforsyningssentral på en miljøgunstig og økonomisk måte?*»

Med optimalisert drift menes pålitelig strømtilførsel samtidig som den er miljø- og økonomisk gunstig. Bachelorrapporten undersøker om det er mulig å oppnå miljøgunstig og pålitelig strømtilførsel til det nye sykehuset i Drammen, samtidig som investeringen kan forsvares. Dette gjøres ved å se på normal strømforsyning med effektglatting og nødkraftforsyning med solcelleanlegg, effektbatterier og aggregater drevet på biodrivstoff.

Rapporten er delt opp i hovedkapitler og underkapitler med teori først som legger grunnlag for hva som analyseres, diskuteres og konkluderes med. Dette ble gjort for å kunne svare best mulig på problemstillingen. Første delen beskriver generell teori rundt strømforsyning, samt teori om ulike komponenter som kan brukes til strømforsyning og som kanskje er best egnet til nødstrømsforsyning og eventuell effektglatting. Videre ble foreslått løsning beskrevet, før den ble analysert. Alternativer som kanskje kunne være med på å gjøre løsningen enda mer økonomisk og miljøgunstig ble også analysert. Økonomiske- og miljøresultater ble diskutert til slutt, samt hvorvidt resultatene forholdte seg til lover, forskrifter, mål og etikk. Mulige sterke og svake sider ble også diskutert før endelige konklusjoner ble tatt.

Begreper med forklaring vises i tabell 1.

Tabell 1: Begrepsforklaring

Hovedforsyning	Den normale strømforsyningen fra nett eller annet permanent forsyningssystem. Også kalt normalforsyning i denne rapporten.
Reserveforsyning	Forsyningssystem som benyttes for å opprettholde normal drift og produksjon ved bortfall av hovedforsyning.
Nødstrømsforsyning/ nødkraftforsyning	Strømforsyning som brukes til både ved bortfall av reserve- og hovedforsyning. Forsyningssystem som automatisk kobles inn der dette er nødvendig for å sikre liv, helse, miljø, omgivelser og mot tap av og alvorlig skade på materielle verdier.

Driftsavbrudd	Uteblitt leveranse av strøm som fører til nedsetting av drift en viss tid i et anlegg som produserer, konsumerer eller overfører elektrisk energi.
Driftsforstyrrelse	Enhver unormal tilstand som oppstår i et anlegg. Uforutsette hendelser og manuelle handlinger som fører til ufullkommenheter, driftsavbrudd eller driftsforstyrrelser.
Redundant	Systemer som jobber parallelt og speiler hverandre. Ved feil kan det ene systemet ta over oppgavene til det andre.
Mva.	Merverdiavgift 25 %
Vekselretter	Et apparat som produserer vekselspenning fra en likespenning.
Egenforsyning	Forsyning til Energibyggets eget interne strømforbruk.
Opprinnelsesgaranti	Opprinnelsesgarantier er en merkeordning for elektrisitet for å vise strømkunden at en mengde kraft er produsert fra en spesifisert energikilde. Ordningen ble innført med EUs første fornybardirektiv (Direktiv 2001/77/EC) for å gi forbrukere et valg mellom fornybar kraft og ikke-fornybar kraft. I Norge kan alle kraftprodusenter få opprinnelsesgarantier tilsvarende sin produksjon. En opprinnelsesgaranti tilsvarer 1 MWh produsert elektrisitet. Et anlegg som er godkjent for opprinnelsesgarantier er godkjent i fem år. (NVE, 2019).
TN-nett	Direktejordet nett (Jacobsson, 2007)
IT-nett	Nett med isolert nøytralpunkt (Jacobsson, 2007)
Bærekraftig	Dersom noe er bærekraftig tas det hensyn til miljø, økonomi og sosiale forhold. Det vil si at det tas hensyn til å dekke behovene til den nåværende generasjon uten å ødelegge mulighetene for at neste generasjon kan få dekket sine behov.
Transitteffekt	Effekten tar en vei eller flyter igjennom til en komponent eller et anlegg den i utgangspunktet ikke skal.
GEP	Glitre Energi Produksjon - del av Glitre Energi AS
GEN	Glitre Energi Nett - del av Glitre Energi AS

2 Teori

Teorien legger grunnlag for rapportens videre analyse og har fokus på generell teori om strømforsyning og de komponentene som kan egne seg til nødstrømsforsyning. Viktige lover, forskrifter og mål som er grunnleggende for å kunne finne svar på problemstillingen er også tatt med.

FNs bærekraftsmål er en felles arbeidsplan for verden som går ut på å bekjempe og utrydde fattigdom, samt å stoppe klimaendringene innen 2030. Mål nummer 7; «Ren energi for alle» går ut på å sikre tilgang på bærekraftig, moderne og pålitelig energi til en overkommelig pris for alle land. Mål nummer 13; «Stoppe klimaendringene», går ut på å umiddelbart jobbe for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem (FN-sambandet, 2020).

Parisavtalen er en internasjonal avtale som skal sørge for at verdens land klarer å begrense klimaendringene. Et av avtalens hovedpunkter sier at alle land er forpliktet til å kutte klimagassutslipp, selv om det forventes at rike land skal kutte mest. Andre hovedpunkter er at gjennomsnittstemperaturen ikke skal stige mer enn 2 grader, helst ikke over 1,5 grader, før århundret er over og at landene har en plan for hvordan de skal greie dette. De siste hovedpunktene sier at de rike landene *må* betale, de mindre rike *kan* betale, men at alle land *må* tilpasse seg klimaendringene (FN-sambandet, 2019).

Norge har nedfelt i klimaloven at de har som mål å redusere klimagassutslippet med minst 40 prosent innen 2030 fra referanseåret 1990. Et annet mål er også å være et lavutslippssamfunn innen 2050. Utslippene må da reduseres med 80-95 prosent fra 1990-2050. Den norske klimapolitikkens rammer blir satt av klimaloven. Virkemidler regjeringen har satt for å redusere utslippene er blant annet økonomiske virkemidler slik som avgifter og kvoter på utslipp, lovreguleringer og støtteordninger. Globalt satser Norge på klima- og miljørettet bistand til andre land for å få ned klimagassutslippene (Klima- og miljødepartementet, 2019).

2.1 Fornybar og ikke-fornybar energi

Fornybar energi kommer fra kilder som ikke kan brukes opp, men som jorda hele tiden produserer. Bruk av fornybare energikilder anses ofte som en forutsetning for bærekraftig

utvikling fordi kildene i liten grad vil påvirke det globale miljøet på jorda. Likevel kan disse kildene påvirke miljøet dersom det kreves avgjørende arealinngrep for å kunne nyttiggjøre seg av energien (Hofstad, 2019). Figur 1 viser noen former for fornybar energi.

Figur 1: Vassdragsenergi, tidevannsenergi, bioenergi, geotermisk energi, vindenergi, bølgeenergi og solenergi

Ikke-fornybare energikilder er lagret i naturen og kan ikke fornyes innenfor et menneskelig tidsperspektiv. Eksempler på ikke-fornybare energikilder er de fossile kildene olje, naturgass og kull, samt uran og thorium som brukes til produksjon av kjernekraft.

2.2 Lover og forskrifter

En del forutsetninger ble gjort på bakgrunn av noen forskrifter og lover rettet mot planlegging av elektriske anlegg og utslipp ved forbrenningsanlegg. Disse, sammen med de andre grunnlagene for valgt tema som ble nevnt i innledningen, la grunnlaget for rapportens hovedfokus. Lovene og forskriftene som ble sett på som viktigst er listet under:

- §16 Planlegging og vurdering av risiko
  Elektriske anlegg skal planlegges og utføres slik at mennesker, husdyr og eiendom er beskyttet mot fare og skader ved normal bruk og slik at anlegget blir egnet til den forutsatte bruk.
- §18 Fordelingssystem
  Anlegget skal planlegges og utføres slik at det fordelingssystem som benyttes for hele eller deler av anlegget sammen med de sikkerhetstiltak som er påkrevd for de ulike fordelingssystemene, ikke medfører

- *farlig strømgjennomgang,*
- *for høye temperaturer som kan føre til forbrenning, brann eller andre skadelige virkninger,*
- *avbrudd som kan medføre fare for mennesker, husdyr eller eiendom,*
- *skadelig påvirkning av andre deler av anlegget eller utstyr i eller tilkoplet dette.*

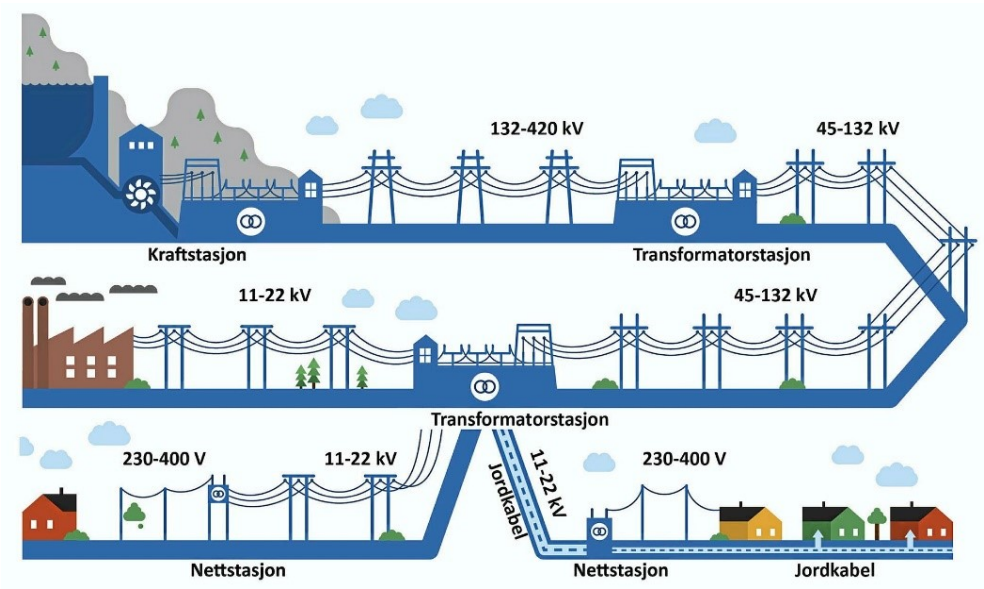
– §27 Utslipp til luft fra forbrenningsanlegg med rene brensler
  Den som driver forbrenningsanlegg med nominell tilført termisk effekt fra og med 50 MW må ha særskilt tillatelse fra forurensningsmyndigheten etter forurensingslovens § 11 første ledd, jf. forurensingsforskriften kapittel 36 vedlegg I. Den som driver forbrenningsanlegg som er kvotepliktig etter klimakvoteloven § 4, må ha særskilt tillatelse til kvotepliktige utslipp av CO_2 etter forurensningslovens § 11 annet ledd (Lovdata, 2020)

– §31 Avbrudd i strømtilførsel
  Anlegg hvor avbrudd i strømtilførselen kan medføre fare for personer, husdyr eller eiendom skal planlegges og utføres slik at vedlikehold, utskiftning m.m. kan skje uten at fare oppstår.
  Dersom uventet strømavbrudd vil kunne medføre fare for personer, husdyr eller omgivelser, skal behov for uavhengig strømtilførsel vurderes.

Paragraf 16,18 og 31 er under *Forskrift om Elektriske Lavspenningsanlegg* og setter blant annet krav til bruk av vern og beskyttelse mot strømdriftsavbrudd (Lovdata, 2018). Paragraf 27 er under *Utslipp til luft fra forbrenningsanlegg med rene brensler* og setter krav om begrensing av forurensing i henhold til Forurensingsloven (Lovdata, 2020).

2.3 Strømnett

Norges strømnett er delt inn i distribusjonsnett, regionalnett og transmisjonsnett. Figur 2 viser fordelingen av strømnettet fra transmisjonsnett til regionalnett og videre til distribusjonsnettet ut til industri og bebyggelse med lavspennings jordkabel (BKK, u.å.).



Figur 2: Oversiktsbilde over strømnettet

Transmisjonsnettet i Norge er eid av Statnett SF. Regional- og distribusjonsnettet har eiere som drives av forskjellige nettselskaper rundt i landet. Spesifikasjoner og spenningsnivå er vist i tabell 2 (EnergiNorge, u.å.).

Tabell 2: Strømnettet i Norge

Type nett	**Spenning**	**Spesifikasjon**
Transmisjonsnett	420kV	Nettet med høyest overføringsspenning.
Regionalnett	33kV, 110kV, 132kV	Der kraftproduksjonsanlegg ofte tilknyttes.
Distribusjonsnettet	0,4kV, 11kV, 22kV	Der forbruk til industri, husholdninger eller tjenesteyting ofte tilknyttes

Innenfor distribusjonsnettet skiller en mellom høyspenningsnett og lavspenningsnett. Grensen mellom høyspenning og lavspenning ligger på 1 kV AC og 1,5 kV DC. Spesifikasjoner er vist i tabell 3.

Tabell 3: Forskjellige typer distribusjonsnett

Høyspenningsnett	**Lavspenningsnett**
Består ofte av spenninger på 11 kV og 22 kV	Består ofte av 400V TN eller 230V IT
Går fra transformatorstasjon til nettstasjon	Transformeres fra høyspenning og går fra nettstasjonen ut til industri og husholdninger

2.3.1 Kontrollanlegg

For at et energisystem skal garantere best mulig kraftforsyning må alle anleggsdelene og delsystemene samarbeide og fungere korrekt. Vernsystemet i et anlegg har som hensikt å være den siste forsikringen som garanterer kraftsystemets kvalitet, sikkerhet og tilgjengelighet, samtidig som den garanterer at skader på personer og eiendom minimeres om feil inntreffer (Öhlén, 2007)

Vernet har to hovedoppgaver i energisystemet. Første hovedoppgave er å regulere balansen mellom produsert og konsumert energi via overvåkningssystemer fra driftssentralen. Den andre hovedoppgaven er å begrense konsekvensen av plutselige spenningstransienter ved å forhindre overslag mellom faser og jord. Apparater som vern hindrer derfor overbelastning og andre unormale driftsfall som kan skade anlegget og komponentene. Eksempler på feil kan være vibrasjoner i generatorer, overmagnetisering av transformatorer eller for lang starttid av motorer. For mindre alvorlige feil eller hendelser av ujevne driftsfall, kan manuell frakobling skje etter signal (Öhlén, 2007).

2.4 Strømaggregater

Et strømaggregat er en kombinasjon av flere enkeltmaskiner som omformer kjemisk energi fra for eksempel diesel, bensin eller gass, til elektrisk energi. Et aggregat kan bestå av en forbrenningsmotor (eks. diesel eller bensin) og/eller en turbin sammen med en generator (Andresen, 2019). Kjente bruksområder for strømaggregater er nødstrøm, reservekraft og frittstående strømforsyning til områder som ikke kan kobles på strømnettet.

2.4.1 Dieselaggregat

All fossil diesel som selges i Norge følger den europeiske standarden EN590. Standarden spesifiserer krav og testmetoder for markedsført og levert dieseldrivstoff til biler. Den inneholder opptil 7% fettsyre metylester (FAME) (Standard Norge, 2017).

En fordel med dieselaggregater er blant annet at en kan fylle med avgiftsfri diesel, også kalt anleggsdiesel, da dieselen ikke blir belastet med veibruksavgift fordi den skal brukes til nødstrøm og ikke vegtrafikk. Anleggsdiesel er på grunn av fritaket fra avgift, billigere enn vanlig bensin og diesel en kjøper til bil. Biodiesel blandes ikke inn i anleggsdiesel (Drivkraft

Norge, u.å.). Dette er fordi en slik blanding lettere tar opp vann som kan gi fare for bakterievekst i brennstoffsystemet (Oljevedlikehold AS, u.å.).

Et problem med diesel er dieseldyr som kan vokse i alle hydrokarbonsystemer. Disse oppstår fordi dieselolje inneholder betydningsfulle mengder vann, som fører til gode vekstvilkår for bakteriene. Dyrene er svært små, men utgjør et økende problem blant annet på grunn av utviklingen av forbrenningsmotorer med større renhetskrav til oljen, nye produksjonsmetoder for diesel, samt alder og kvalitet på lagringsanlegg for dieseloljer. Mikroorganismene er med på å skape driftsforstyrrelser, da de kan forårsake korrosjon som frigjør jernoksid som igjen kan ripe opp pumpestempler og bankes inn i utette dyser (Oljevedlikehold AS, u.å.).

Generatortankene til aggregatene vil, dersom de planlegges å brukes til bare nødstrøm, stå stille store deler av tiden. Fuel-service AS skriver på sine nettsider at:

> Nødstrømsgeneratortanker som står parate i lengre tid med lavt forbruk er i den største faresonen for å ha kontaminert diesel. Dette vil kunne føre til fatale utfall avhengig av hva nødstrømsgeneratoren skal levere strøm til (Fuel-service AS, u.å.).

For å forebygge slike fatale utfall og havari kan dieselpolering anbefales. Mer om dette er skrevet i analysen.

Dieselaggregater kan tilpasses til både IT- og TN nett. Figur 3 viser et dieselaggregat som selges hos MTU Power Solutions (MTU, u.å.).

Figur 3: Dieselaggregat

Biodiesel/fornybar diesel

Biodiesel er et biodrivstoff som i utgangspunktet skal kunne erstatte bruken av fossil diesel. Denne type diesel kan produseres av mange forskjellige organiske materialer, slik som

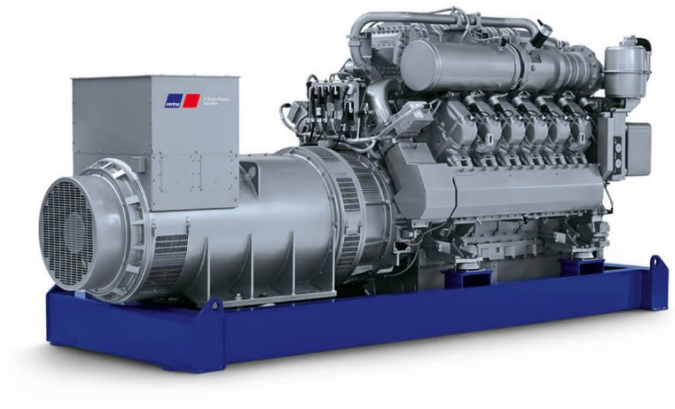
rapsolje og annet fett som kunne vært brukt i mat, eller trevirke og hogstavfall (Pedersen, 2017). Ulike biodieseltyper kan ha svært ulike sammensetninger basert på ulike produksjonsmetoder og råvarer.

Fatty Acid Methyl Ester (FAME) er basert på vegetabilske og/eller animalske oljer/fettstoffer. Vanligst i Norge er FAME basert på raps. En annen type biodiesel på markedet i Norge er HVO (hydrert vegetabilsk olje) og kan være basert på de samme organiske råvarene, men som har helt andre egenskaper, fordi produksjonen av HVO er svært ulik FAME sin (NAF, u.å.).

Ifølge Geir H. Ingeborgrud fra Eco-1 Bioenergi AS bruker Norge i dag fornybar diesel EN15940 som navn på 2. generasjons biodiesel fra det internasjonale navnet «Renewable diesel» og biodiesel EN14214 som navn på 1. generasjons biodiesel. Han bekrefter også at HVO som bedrifter leverer i dag kan inneholde både 1. - og 2. generasjons biodiesel (Ingeborgrud, 2020).

2.4.2 Gassaggregat

Gassaggregater er strømaggregater som bruker gass som drivstoff. Disse bygges gjerne med en gassturbin, en generator og en luftkompressor (Rosvold & Mæhlum, 2017). Gassaggregater er ikke like mye brukt i Norge sammenlignet med andre land. MTU Power Solutions med hovedkvarter i Tyskland leverer blant annet gassaggregater. Disse kan gå på naturgass, biogass og andre lignende gasser, og kan produsere både varme og elektrisitet kombinert. Figur 4 viser et biogassaggregats utseende med tilhørende gassgenerator (MTU, u.å.)



Figur 4: Biogassaggregat

Naturgass er gass som finnes i bergarter i jordskorpa, ofte sammen med råolje. Gassen er på lik linje med biogass dannet ved nedbryting av organisk materiale. Naturgass består hovedsakelig av 75 til 95 prosent metangass, men også av litt etan, butaner, propan og nafta (Lundberg et al., 2019).

Biogass

Biogass er en fellesbetegnelse på en blanding av metangass (CH_4) og karbondioksid (CO_2) som oppstår når organisk materiale som for eksempel matavfall råtner. Gassen ligner på naturgass, men har en lavere oppvarmingsverdi på grunn av en betydelig CO_2-andel. Biogass kan derfor tilføres en naturgassrørledning etter at karbondioksid er fjernet. Selv om nesten alt organisk materiale kan brytes ned, finnes det noen råstoffer som er bedre enn andre. Dersom avfallet råtner uten oksygentilgang, vil omtrent 60% bli metangass og resten bli karbon-dioksid. Metangass er brennbart og passer derfor svært godt som drivstoff i forbrennings-motorer for kraftproduksjon (Martinussen, 2017). Biogass kan avgi varme om gassen brennes direkte i en kjele. En forutsetning for produksjon av biogass er at råvaren er i en pumpbar form, altså at den ikke er for tørr, i tillegg til at prosessen må skje i et gasstett system (Norges Bondelag, 2011). Biogass kan også brukes til kraftvarmeproduksjon (produksjon av kraft og varme) (Çengel & Boles, 2015).

2.5 Solenergi

Solen er en gratis og klimavennlig energikilde som kan utnyttes lokalt. Hvert år mottar jorda rundt 15 000 ganger mer solenergi enn jordas forbruk av energi. På grunn av dette er solenergi en svært viktig ressurs og har et potensial for å bli bedre utnyttet i fremtiden. Norge mottar solinnstråling på mellom 700 og 1000 kWh/m2 per år, som betyr at energibehovet til et skyggefritt hus i Norge kan dekkes av solinnstrålingen (Norsk solenergiforening, u.å.).

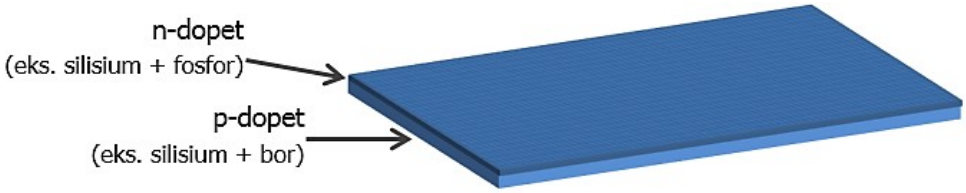
I dag finnes det to ulike teknologier for utnyttelse av energien:

- solceller
- solfanger

Solceller omformer energien fra sola til strøm mens solfangere omformer den til varme. Fordeler ved bruk av solenergi er blant annet at det er klimavennlig med tanke på lave

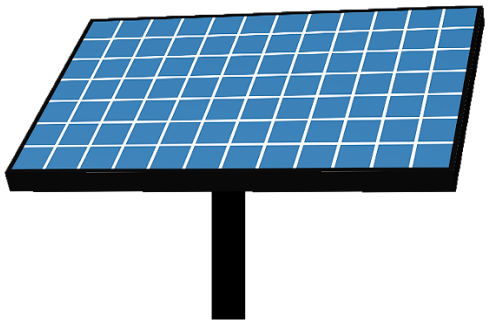
klimagassutslipp. Det er også lave tap i strømnettet da solcellene kan utnyttes lokalt og kan benyttes på både nye og eksisterende bygg.

Solceller er ofte laget av silisium dopet med bor og fosfor. Figur 5 viser et snitt av en slik solcelle (UngEnergi, 2019).



Figur 5: Snitt av solcelle

Flere solceller koblet sammen i serie kalles solcellepanel og flere solcellepaneler koblet sammen i parallell kalles et solcelleanlegg. Solcelleanlegg har ofte en levetid på cirka 20 år. Figur 6 viser et solcellepanel (UngEnergi, 2019).



Figur 6: Solcellepanel

Silisium har fire elektroner i ytterste skall. Doping med bor kalles p-doping eller positiv doping da det fortsatt blir underskudd av elektroner. En annen type doping er bruk av stoffet fosfor. Denne typen kalles n-doping eller negativ doping, fordi det blir overskudd av elektroner. På grunn av ladnings-forskjeller og lysfotoner fra sola løsnes det elektroner. Videre beveger elektronene seg fra solcellen gjennom en lukket krets og tilbake til solcellen og det hele gjentas. Når denne forflyttingen av elektroner skjer gjentatte ganger, skapes det strøm (UngEnergi, 2019).

Virkningsgraden til et solcellepanel er definert som forholdet mellom mottatt effekt fra lyset og avgitt elektrisk effekt. Et silisiumpanel har i dag normalt en virkningsgrad på cirka 20 %. Høyere virkningsgrad ved bruk av andre materialer er mulig, men dette har vist seg å ikke være økonomisk gunstig (UngEnergi, 2019).

Solcellepaneler, vekselrettere og batterier for energilagring er de viktigste komponentene i et solcelleanlegg til frittstående bruk. Komponentene trenger ikke å være tilkoblet til strømnettet.

2.6 Batterier og energilagring

Batterier er enheter som omformer kjemisk energi til elektrisk energi, og består av én eller flere galvaniske elementer eller celler med en bestemt cellespenning. Hvor mye energi batteriet kan lagre avhenger av hvor mye aktivt elektrodemateriale det har. Produktet av batteriets spenning, utladetid og utladestrøm angir mengden elektrisk energi som er lagret i batteriet. Mengden uttrykkes i watt-timer. Angitt kapasitet er oppgitt for best mulige forhold, og kan reduseres ved belastninger eller lave og høye temperaturer (Rosvold, et al., 2019).

Batterier kan også brukes til energilagring. Energilagringen skjer gjennom oppladbare batterier kalt akkumulatorer eller effektbatterier. Disse effektbatteriene kan lades opp gjentatte ganger og kan lagre elektrisk energi som senere kan hentes ut. Blyakkumulatorer er de eldste og mest brukte oppladbare batteriene i dag og brukes blant annet i bilbatteri. Litium-ion-batterier brukes i dag mye innen moderne elektronikk og i elektriske biler. Fordelene med disse batteriene er stor kapasitet og lav vekt. Nye litium-ion-batterier varer lengst ved oppladning til 80 prosent og ny opplading når 40 prosent gjenstår (Rosvold, et al., 2019).

2.6.1 Avbruddsfri strømforsyning

Avbruddsfri strømforsyning eller på engelsk Uninterrupted Power Supply, kort kalt UPS, anvendes blant annet for å sikre at driftskritiske sykehusapparater får strøm når normalforsyningen faller ut (Liseter, 2019). UPS-er forbindes ofte med dataanlegg der effektbehovet er relativt lite i motsetning til anlegg med reservekraftaggregater med større effektbehov. De fungerer normalt med vekselspenning fra det lokale vekselstrømnettet. Vekselspenningen utbedres hvor denne spenningen opprettholdes og lades i batteripakken til UPS-en. Likespenningen fra batteriet vekselrettes for å opprettholde en sinusformet spenning med samme frekvens og størrelse som lokalnettet. Spenningen som mottas fra vekselretteren tilkobles til forbrukere som ikke forstyrres av nettbortfallet (Lindgren, 2008).

3 Elvebyen Energisentral

En energisentral har som funksjon å forsyne et gitt bygg med energikilder som strøm og varme. Elvebyen Energisentrals hovedoppgave er å forsyne nye Drammen sykehus med nødstrøm og varme. Samtidig skal strømmen redusere effektuttaket fra det eksterne nettet gjennom effektglatting, i tillegg til å forsyne Drammen Fjernvarme med nødstrøm ment til utstyr som leverer funksjoner til nye Drammen Sykehus. Elvebyen Energisentral kommer heretter til å bli referert til som Energibygget eller anlegget. Hele kapittel 3 viser et forslag som Høyspent AS med samarbeidspartnere (Glitre Energi Produksjon (GEP) og sykehusledelsen i Drammen) har kommet med. Figur 7 er hentet fra GEPs ENOVA-søknad og viser Energibyggets beliggenhet i forhold til det nye sykehuset, markert som en grønn E nederst i venstre hjørne. Fjellheim trafostasjon er merket øverst i venstre hjørne.

Figur 7: Elvebyen energiparks beliggenhet

3.1 Forsyning

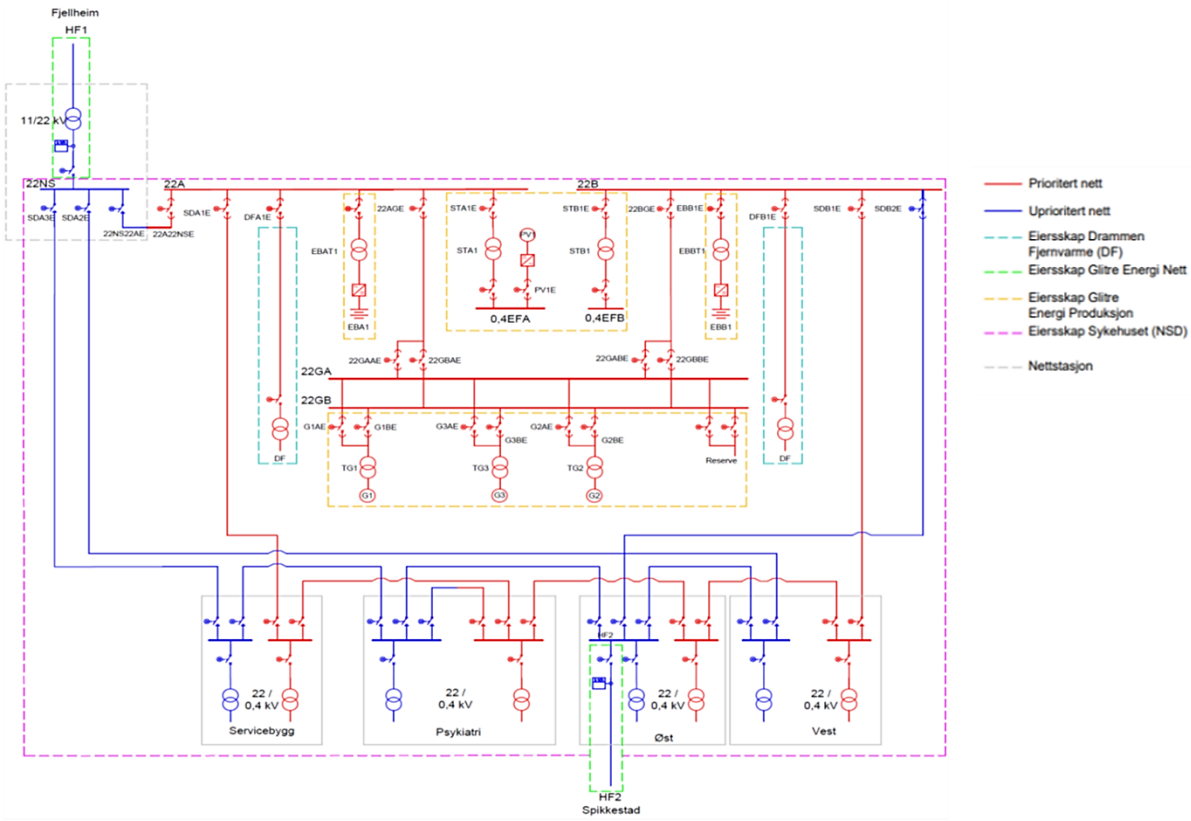
Glitre Energi Nett (GEN) vil fungere som sykehusets eksterne nettleverandør og Glitre Energi Produksjon (GEP) vil stå for byggingen, prosjekteringen og driften av Energibygget.

Sykehuset skal ha en tosidig høyspennings-normalforsyning med 11 kV fra Fjellheim (Forsyning 1) som opptransformeres med en 11/22kV mellomspenningstransformator plassert i energibygget eid av GEN og med 22 kV fra Spikkestad (Forsyning 2). Forsyningene kan ikke være sammenkoblet samtidig ettersom at de har forskjellige spenningsverdier. Ved brudd

i Forsyning 1 skal Forsyning 2 ta over. Dersom det er brudd i begge forsyninger skal Energibygget forsyne sykehuset. Forsyning 1 er altså sykehusets hovedforsyning og Forsyning 2 er reserveforsyningen.

En sammenkobling av Forsyning 1 og 2 i sykehusets nett vil medføre en parallellkobling mot GENs 132 kV regionalnett og Statnetts 420 kV /300 kV transmisjonsnett. Parallellkoblingen kan føre til transitteffekt i 11/22 kV nettet, som igjen kan føre til signifikante drifts-forstyrrelser og utfall i flere deler av nettet. En deling med det interne sykehusnettet bør finne sted, slik at dette unngås.

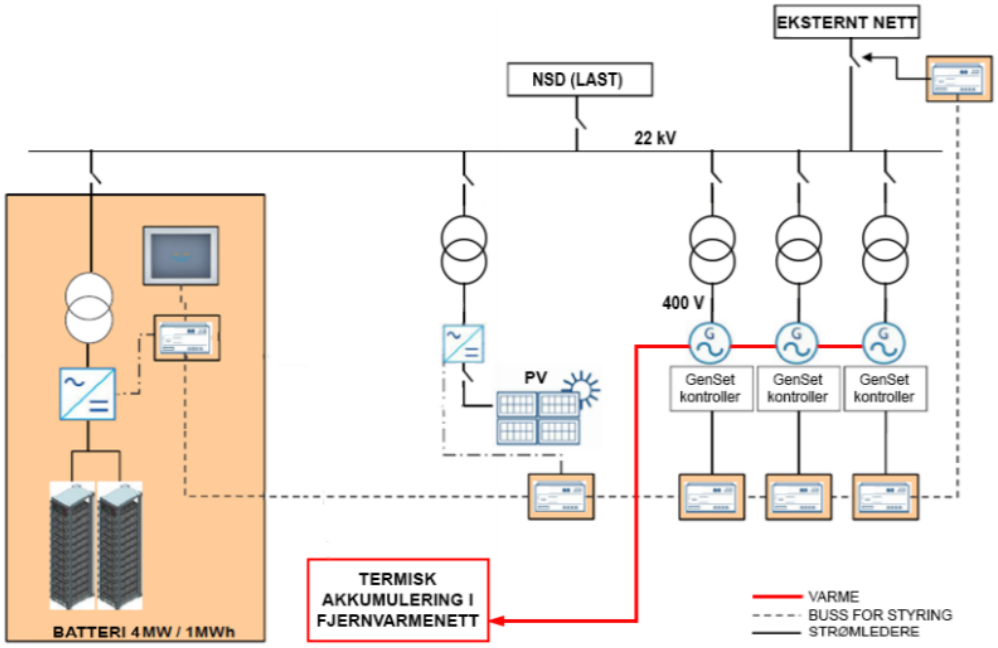
Det interne 22 kV høyspenningsnettet på sykehuset er delt inn i prioritert og uprioritert nett, se figur 8. I normaldrift skal både prioritert og uprioritert nett forsynes. Ved nettbortfall fra både Fjellheim og Spikkestad er det kun prioritert nett som skal forsynes. Sykehusets nett vil være ringmatet med egne nettstasjoner for prioritert og uprioritert last i de fire sykehusbyggene. En løsning med lastskillebrytere i nettet skal benyttes slik at hele eller halve ringen blir frakoblet ved feil i en komponent. Frakoblingsmetoden vil være avhengig av delingspunkt. Figur 8 viser enlinjeskjema over hvordan det er tenkt at forsyningen skal se ut.



Figur 8: Enlinjeskjema Elvebyen Energisentral

3.2 Energibyggets oppbygging

Strømforsyningens oppbygging er et tidlig prosjektforslag som baserer seg på kompromisser mellom samarbeidspartnerne med hensyn på kostnad, grensesnitt og funksjonalitet. Forslaget deres til oppbygning er ikke endelig og vil nok endres, men det er dette nåværende forslaget som har blitt brukt videre i denne rapporten. Dette blir beskrevet med hva som skal, tenkt eller er planlagt at skal gjøres. Energibygget planlegges å bli bygget med en 2N-løsning som innebærer to redundante og separate egenforsynte systemer med avgang til hver sin samleskinne. Figur 9 er fra ENOVA-søknaden og viser en oversikt over komponentene som er tenkt i Energibygget og hvordan det er tenkt at de skal kobles sammen.



Figur 9: Konseptskisse for Energibygget

GEP og samarbeidspartnerne ønsker å benytte fornybar energi og etablere anlegget vegg-i-vegg med Drammen Fjernvarme, for å oppnå en kompakt og meget energieffektiv løsning med vannkjøling av aggregatene. Vannkjøling av nødstrømsaggregatene vil da levere varme internt og til fjernvarme. Det planlegges for smart styring som skal innlemme og optimalisere de elektriske og termiske systemenes funksjoner som:

- Nødstrøm
- Elkraft og varme fra aggregater basert på biogass og avansert biodrivstoff. 7,5 MW_{el} + 7,0 MW_{th}

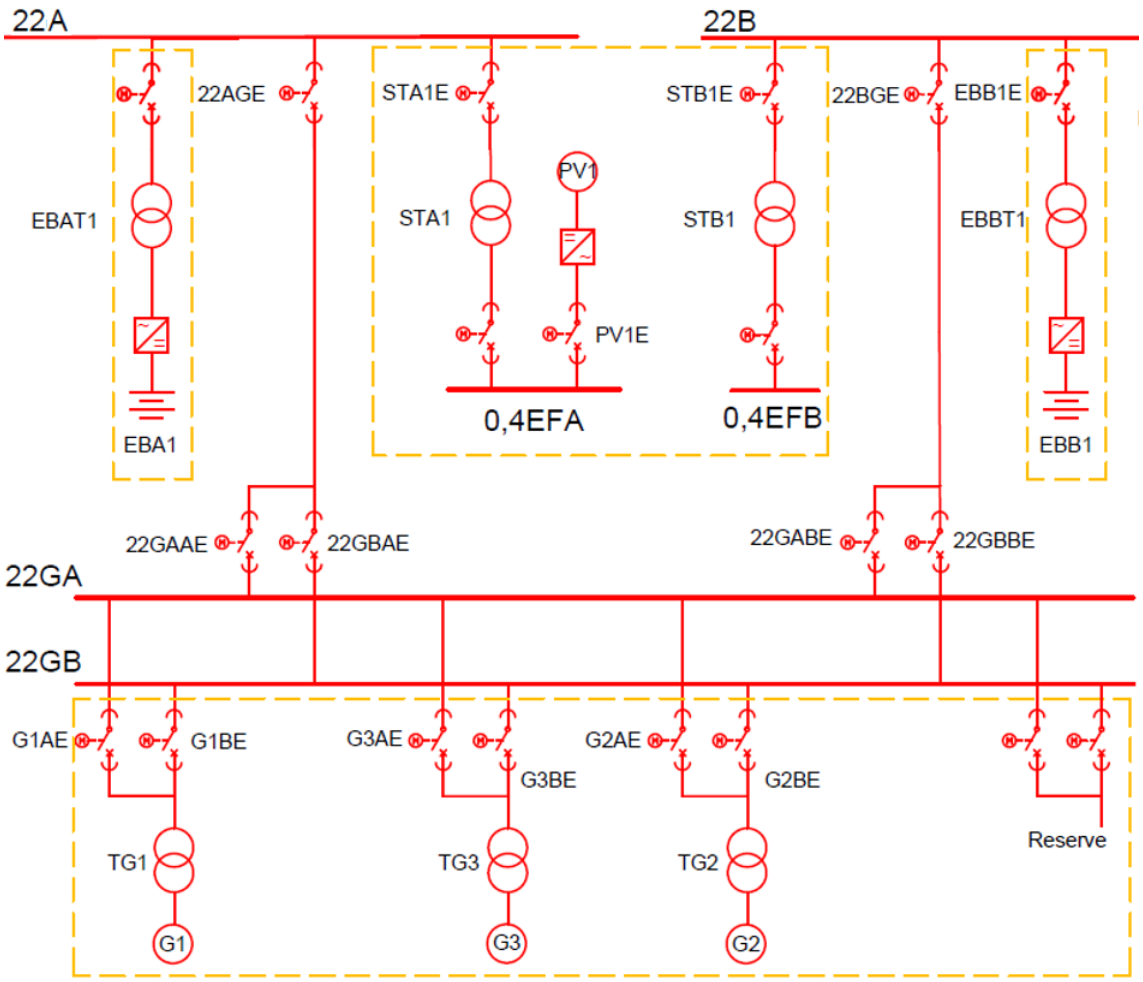
- Elkraft fra solceller
- Lagring av energi i Li-ion batterier
- Lagring av termisk energi i fjernvarmenettet
- Effektglatting – automatisert ved hjelp av maskinlæring og prediksjonsmodeller
- Effektreserve – forbruksutkobling fra eksternt nett. Deltagelse i regulerkraftmarkedet (RKOM)
- Smartgridteknologi og avansert styring

I nært samarbeid med store internasjonale leverandører har GEP ikke lyktes i å finne tilsvarende tekniske systemløsninger - verken for nødstrøm eller annen energiproduksjon.

Som nevnt i kapittel 3.1 vil utstyr tilkoblet nødstrømringen (prioritert nett) umiddelbart få lokalt lagret eller produsert strøm fra Energibygget. Samlet effektbehov til det nye sykehuset inkludert en viss sikkerhetsmargin er på 6,6 MW, hvorav 3,4 MW vil være på den prioriterte nødstrømringen som må kunne forsynes i minimum 24 timer. Videre kan anlegget avlaste det eksterne nettet i høyt belastede perioder, da det er betydelig effektreserve tilgjengelig i anlegget (11,5 MWel + 7,0 MWth).

Alle transformatorene i Energibygget skal etableres med nivå-, temperatur- og trykkovervåking, samt elektriske vern for å unngå skader på både transformatorene og anlegget.

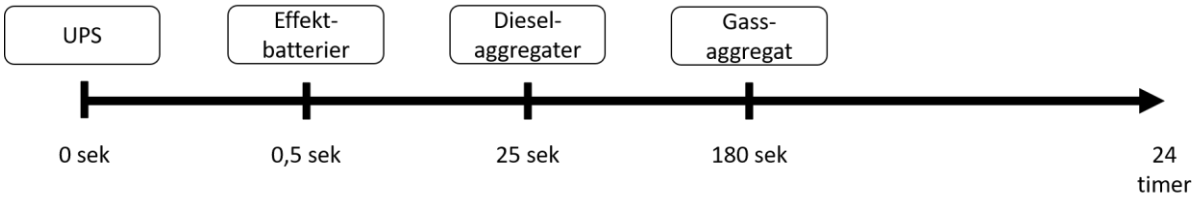
Figur 10 viser et mer avgrenset enlinjeskjema da nøddriften som driftes i Energibygget har vært fokuset i denne rapporten.



Figur 10: Enlinjeskjema nøddrift

Energibyggets egne lokale stasjonstransformatorer, merket som STA1 og STB1 på figur 10 skal være mellom 100-200 kVA med transformering til 400V. Disse skal være redundante i henhold til 2N-løsningen.

Figur 11 viser en tidslinje fra når komponentene starter å levere nødstrøm til det er gått 24 timer, som er minstekravet. Effektbatteriene vil ikke kunne levere nødstrøm fra start ettersom det kontinuerlig leverer strøm til normaldrift og bruker tid på å bytte over.

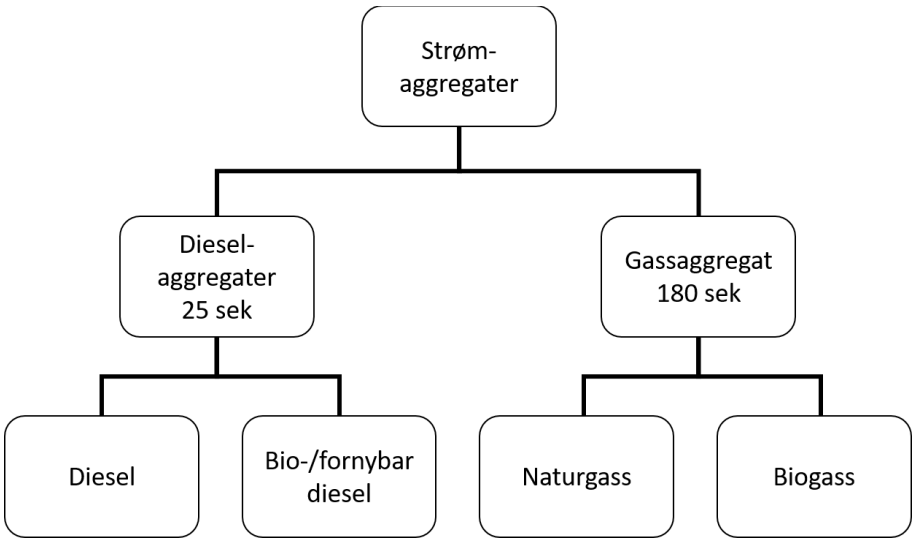


Figur 11: Tidslinje for oppstartstid ved strømbrudd

3.2.1 Aggregater og generatorer

Anlegget skal å bestå av 3 aggregater med en kapasitet på 4,5 MW. To av dem skal være dieselaggregater som primært skal benytte avansert andre generasjons biodiesel. Et gassaggregat som primært skal benytte biogass er den siste. Anleggsdiesel og naturgass skal også være mulig å bruke på aggregatene. Dette løses med to separate tanker og tilføringsledninger til hvert dieselaggregat for god drivstoffredundans til generatorene og en tank til gassaggregatet som kan benytte begge gasstypene.

Figur 12 viser en oversikt over de to strømaggregattypene som skal brukes, når de slås på etter strømbrudd i hovedforsyningen og de to drivstofftypene som kan brukes på hver av dem.



Figur 12: Oversikt over strømaggregatene med hvilke drivstoff de kan bruke

Aggregatenes tilhørende generatorer på 2,5 MW skal være basert på N+1 prinsippet og er merket som G1, G2 og G3 på figur 10. Disse er lagt inn på 11 kV med egne 11/22 kV transformatorer for opp-transformering. Transformatorene er på 3,6 MVA og er merket som TG1, TG3 og TG2 på figur 10, i den rekkefølgen.

Det spesielle med disse generatorene er at de må spesialbestilles fordi de ikke produseres til vanlig. Ved bestilling av generator er det også viktig å sørge for et godt magnetiseringssystem for å gi akseptabel spennings- og effektregulering.

Varmegjenvinning av eksos- og motortapsvarme fra aggregatene som ellers ville gått tapt, skal foregå med vannkjøling og en eksos- eller lydpotte. Varmen skal etter planen brukes sammen med fjernvarmen fra Drammen Fjernvarme. MTU Onsite Energy GmbH er ifølge

ENOVA-søknaden aktuell leverandør av generatorsett og varmegjenvinningsutstyr. Ved gunstig belastning er elektrisk virkningsgrad på disse aggregatene 43-44%, og med full varmegjenvinning av motor- og eksosvarme blir total virkningsgrad 85-86%. Samlokalisering med Drammen Fjernvarme gjør det derfor effektivt å bruke vannkjøling.

3.2.2 Effektbatterier

Hver samleskinne har tiltenkt et batteri merket som EBA1 og EBB1 på figur 10. Effektbatteriene har tilhørende transformatorer som er merket som EBAT1 og EBBT1.

Anleggets to effektbatterier skal være på 2MW peak per batteri. Tesvolt GmbH, et tysk selskap som leverer litium ion-batterier, er ifølge ENOVA-søknaden en aktuell leverandør da de er aktuelle med 4C battericelleteknologi som kan levere 4 MW effekt med 1 MWh batterikapasitet. De spesialiserer seg på batterilagring og batteriene deres kan koble seg til alle mulige energiprodusenter slik som sol og vind.

Anleggets effektbatterier er tiltenkt to hovedfunksjoner:

- Utjevne effekttopper
- Ligge inne som hurtig nødstrøm

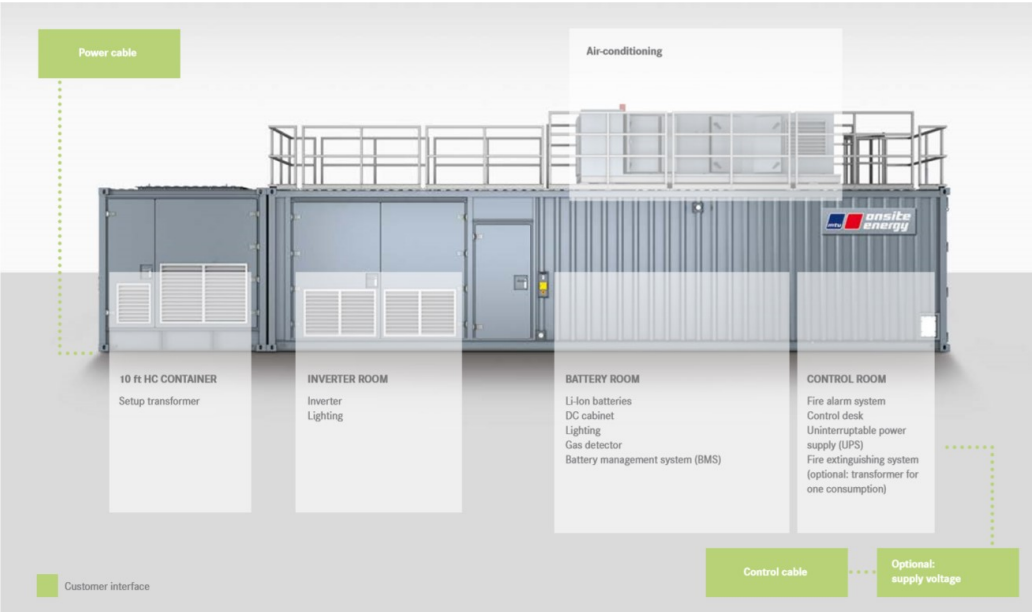
Effektbatteriene er også planlagt å fungere som en tilleggsfunksjon som i prinsipp vil levere nødstrøm ut over myndighetskravet til responstid.

For at batteriene skal kunne levere hurtig nødstrøm ved nøddrift inntil generatorene starter opp sin forsyning, må de ligge kontinuerlig innkoblet. Det bør også settes begrensninger i effektbatteriets logikk, på hvor lavt batteriet kan tappes under effektutjevning, for å fortsatt ha kapasitet igjen om et utfall av normalforsyningen skulle skje. Tabell 4 viser hvilke driftsmoduser som er beskrevet for batteriene.

Tabell 4: Driftsmoduser effektbatterier

Effektutjevning	Effektutjevning – parallelt med normal drift. Batterier aktive.
Lading	Lading parallelt med normaldrift eller nøddrift. Batterier inaktive.
Hurtig nødstrøm	Ved utfall av hovedforsyning fra eksternt nett, kan batteriene sammen med UPS-ene levere nødstrøm frem til generatorene har startet opp.

Batteriene som er planlagt skal ifølge ENOVA-søknaden bestå av flere battericeller, kalt en batterimodul. For å hindre overoppheting og brann, i tillegg til å minimere faren for kortslutning, er det også planlagt at modulene skal ha god lufting mellom cellene. Dette vil gjøre at batteriene er beregnet for microgrid-installasjonen og kan fungere som sentrale batterier som kontinuerlig sikrer det prioriterte nettet med strøm. Videre er det tenkt at batteriene skal stå inni beholdere, kalt containere, på 40 fot. Beholderne skal da også inneholde system for DC/AC-konvertering, aircondition, styring og brannslukning. Figur 13 viser eksempel på en slik containers utseende fra MTU, med tilhørende deler slik som batterirom, kontrollrom og ventilasjonsanlegg (MTU, u.å).



Figur 13: Container med batterirom, kontrollrom, vekselretterrom med mer

UPS kontra effektbatteri

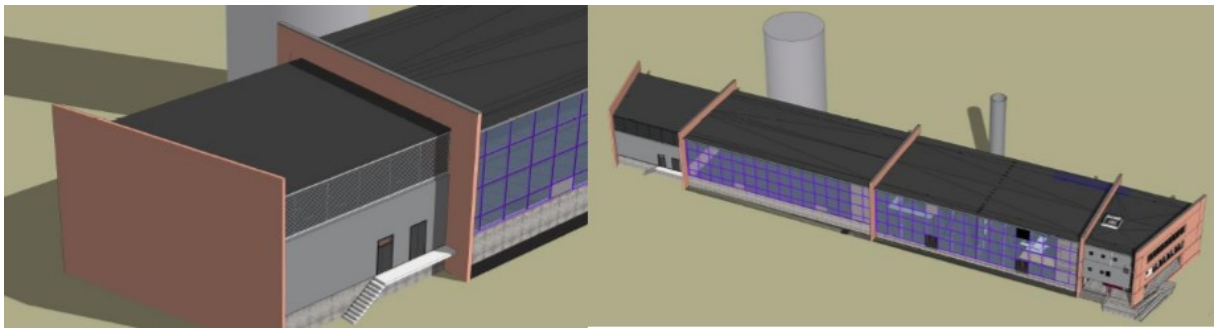
I ENOVA-søknaden uttrykkes det at GEP ønsker med det nye sykehuset i Drammen, å demonstrere at store effektbatterier med høy kapasitet og smart styring kan sikre uavbrutt strøm til store installasjoner slik som sykehus. Slik uavbrutt strøm kan en oppnå med inneliggende effektbatterier med høy kapasitet, sammen med en 1 MWh stor og sentralisert UPS-funksjon. Dette vil føre til et lavere behov for dyre lokale UPS-enheter. Likevel trengs det distribuerte UPS-er for å kunne sikre strøm til sykehusets kritiske utstyr inntil effektbatteriene kan overta ettersom at disse, som nevnt tidligere, er seriekoblet og derfor vil levere strøm til utstyret selv om det er driftsavbrudd. Effektbatteriene vil derimot, fordi de er

parallellkoblede komponenter, mate feilen i nettet med strøm og derfor ikke være tilgjengelige for det kritiske utstyret før feilen i nettet er frakoblet.

3.2.3 Solcelleanlegg

Anlegget skal også bestå av et solcelleanlegg på 100 kWp, merket som PV1 i figur 10. For å forenkle systemet, og redusere antall transformatorer i anlegget er det tenkt at solcelleanlegget skal kobles direkte på 400 V egenforsyningen til Energibygget. Det betyr at solcelleanlegget skal dekke egenforsyningen til Energibygget. STA1 på figur 10 fungerer som tilhørende transformator til solcelleanlegget.

Plasseringen av solcellene er ifølge ENOVA-søknaden planlagt å legges på taket til Drammen Fjernvarme. For å kunne levere 100 kWp er det tenkt at anleggets areal blir 530 m^2 med en årlig kraftproduksjon på omtrent 85 MWh. Dersom denne integreringen og styringen av solceller fungerer godt kan sykehuset ved en eventuell fremtidig utvidelse av solcelleanlegget stille med store takflater. Figur 14, hentet fra ENOVA-søknaden, viser hvordan det er tenkt at Energibygget kan bli bygget, altså inntil Drammen Fjernvarme. Solcellene vil da ligge på taket i figuren.



Figur 14: Energibyggets plassering ved siden av Drammen Fjernvarme

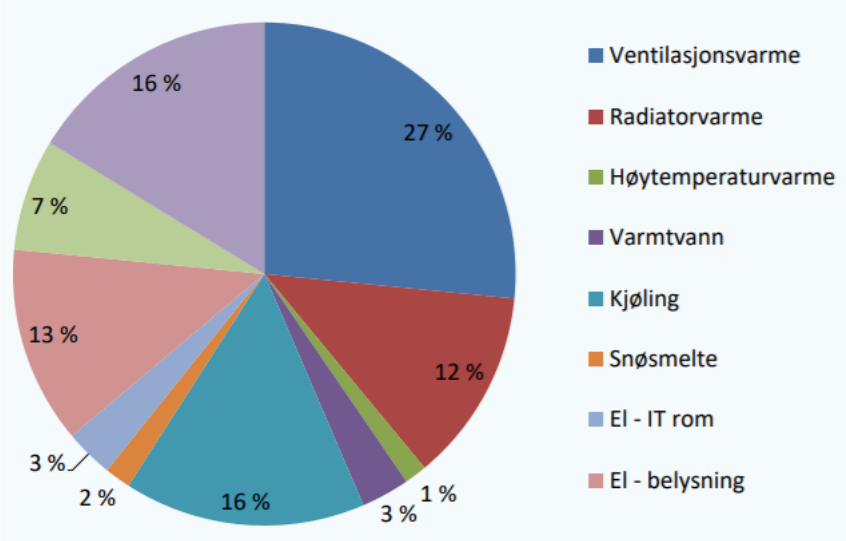
Bruk av solcelleanlegg vil gjøre internforsyningen billigere. Dersom strømmen ikke skulle blitt forsynt av solcelleanlegget ville den blitt matet fra det eksterne nettet.

4 Analyse

Analysedelen av rapporten består av to hoveddeler: teknisk-økonomisk analyse og miljø-teknisk analyse, hvor formålet er å finne optimal økonomisk og miljøgunstig løsning på driften av det nye sykehuset i Drammen. Dette blir gjort ved å vurdere løsningen som Høyspent AS (med samarbeidspartnere) har kommet med og vurdere andre mulige løsninger. Data er samlet inn etter søk på generell teori, gjennom samtaler med bedriften rapporten er skrevet for og gjennom dokumenter og rapporter tilsendt fra bedriften. Det er også samlet inn informasjon gjennom kontakt med andre aktuelle bedrifter. Data som er benyttet er nøye lest gjennom og sammenlignet med tanke på kildekritikk og kvalitetssikring av arbeid. Det er også sjekket hvorvidt kildene var oppdaterte hvis det ikke var oppgitt noe årstall, samt vurdert påliteligheten til kildene. Dette er gjort for å kvalitetssikre rapporten best mulig.

Den teknisk-økonomiske analysen ser på nye Drammen sykehus sitt antatte energiforbruk. Tarald Rohde foretok i 2011 en analyse, med fokus på arealbruken av sykehus i dag og pasientbesøk, som legger grunnlag for hvordan det antas at Drammen sykehus vil brukes. For å få lavere strømkostnader i høylastperiodene sees det på løsninger med effektbatterier som minimerer effekttoppene. Andre tekniske løsninger som gir lavere strømkostnader slik som utbygging av solceller, sees det også på.

Diagrammet i figur 15 viser eksempel på hvordan energiforbruket i et stort norsk sykehus kan se ut etter en undersøkelse gjort av SINTEF i 2008 (SINTEF, u.å.). I eksempelsykehuset er det varme til ventilasjon som dominerer energiforbruket.



Figur 15: Eksempel på energiforbruk i sykehus

Ettersom undersøkelsen av eksempelsykehuset er over 12 år gammelt og derfor har høyst sannsynlig dårligere isolering, antas lavere energitap på det nye sykehuset i Drammen og da spesielt om vinteren. Nye systemer og mer komplisert sykehusutstyr er likevel grunnen til at det antas at sykehuset vil få et høyere energibehov enn før.

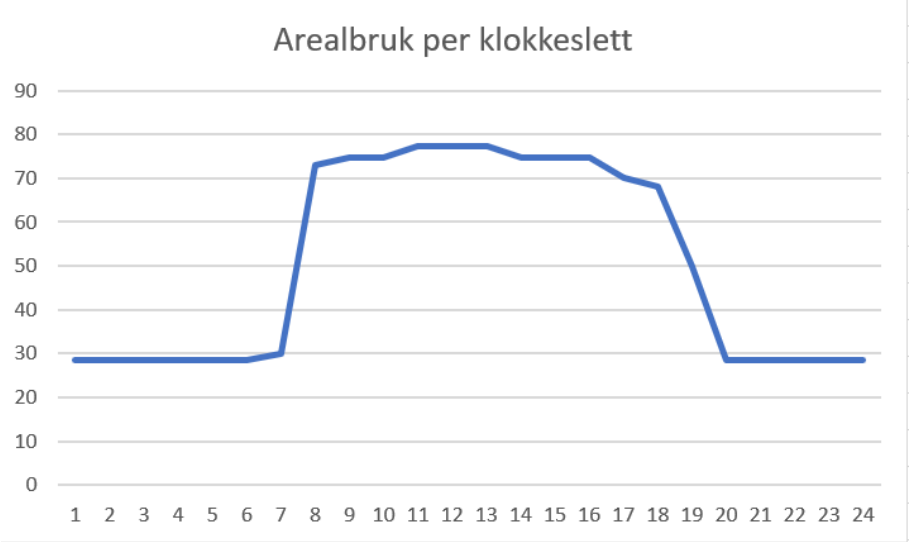
Ved normal drift påvirker pasientbesøk og arealbruk sykehusets effektbehov. Norsk Forskningsråd og forsker Tarald Rohde gjennomførte i 2011 en undersøkelse av tre forskjellige sykehus, der formålet var å finne brukstiden for areal i sykehus. Det er i Rohdes rapport belyst hvor mange pasienter som tas inn i løpet av døgnet og hvor lenge de aktuelle pasientene gjennomsnittlig vil være sengeliggende på sykehuset. Ut ifra dette konkluderer Rohde med arealbruk og energibruk av næringsbygget (Rohde, 2011). Det er viktig å presisere at det i denne rapporten går ut ifra gjennomsnittet til de forskjellige sykehusene for å få tilnærmet verdi til nye Drammen sykehus. Tabell 5 viser verdiene som er brukt for å legge grunnlaget til figur 16 og 17.

Tabell 5: Aktivitetsbruk sykehus

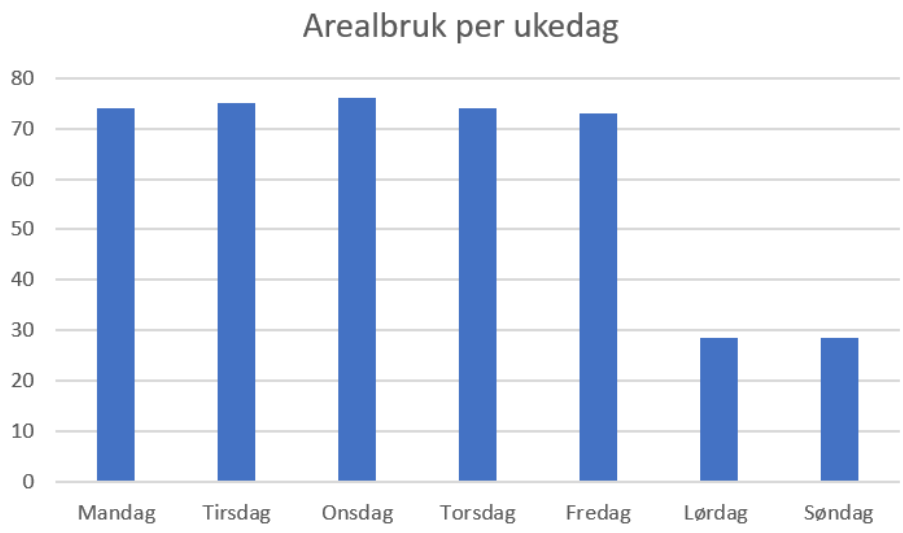
Aktivitet	**Totalt arealbruk**
Hele døgnet (24 timer, 7 dager i uken)	28,55 %
Aktivitet dagtid (8-16, hver ukedag)	46,2 %
Aktivitet utvidet dagtid (16-19, hver ukedag)	2,45 %

Resultatet av arealbruk per ukedag kan sees i figur 16, hvor diagrammets x-akse viser prosentandel av areal og y-aksen viser tilhørende klokkeslett. Det ble i Rohdes rapport

konkludert med at flest pasienter behandles mellom klokken 11-13, noe figuren også belyser. Figur 17 viser prosentandel per uke med ukedager og helgedager.



Figur 16: Arealbruk per klokkeslett



Figur 17: Arealbruk per ukedag

På bakgrunn av at det er allment akseptert at utslipp av klimagasser påvirker klimaet i verden og bidrar til økt temperatur i atmosfæren, er utslipp av klimagasser hovedfokuset i den miljø-tekniske analysen. Eksempel på klimagasser er karbondioksid, metan, lystgass, hydrofluorkarboner, perfluorkarboner og svovelheksafluorid (Energi og Klima, 2020). Kull, olje og gass står for mye av karbondioksidutslippet til atmosfæren og derfor er formålet å se på hvor mye utslipp av karbondioksid og andre klimagasser som kan reduseres ved å gå over til andre energikilder.

I 2018 var Norges utslipp av klimagasser på 52 millioner tonn CO_2-ekvivalenter, ifølge tall fra Statistisk sentralbyrå. Det er en økning på 1,1 % fra 1990. Sammenlignet med 2017 ble klimagassutslippet redusert med 0,9 % og fra 2015 til 2018 har utslippene i Norge falt med 2,4 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Figur 18 viser Norges klimagassutslipp fra 1990 til i dag (Energi og Klima, 2020).

Figur 18: Utslipp av klimagasser i Norge

4.1 Økonomisk analyse

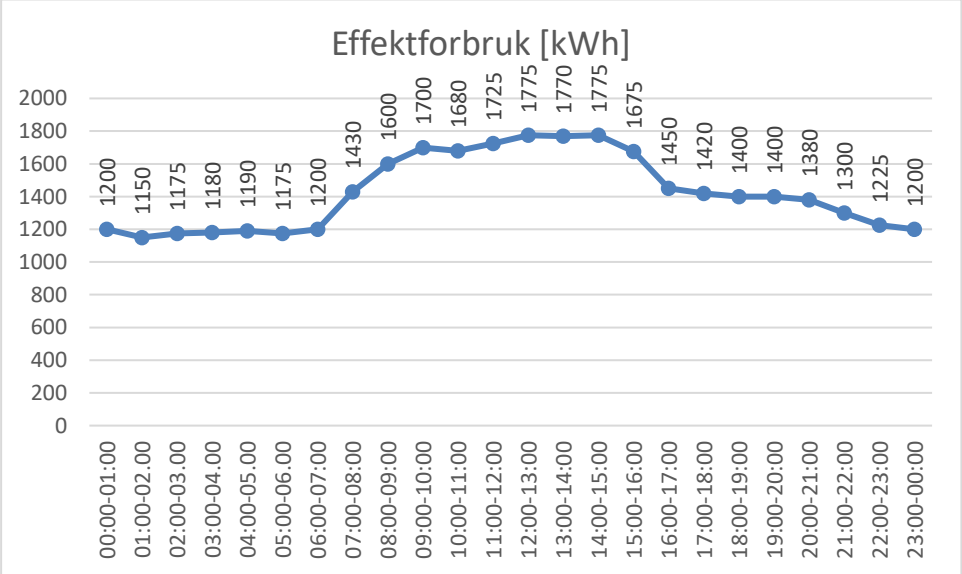
Tabell 6 er hentet fra ENOVA-søknaden GEP sendte for å få økonomisk støtte til å bygge sykehuset og viser planlagte investeringskostnader for innovativ og fossil løsning, samt merkostnader for grønn (miljøvennlig) løsning.

Tabell 6: Investeringskostnader for innovativ og fossil løsning. Merkostnader og beregnet støttebeløp fra ENOVA

	Innovativ energi- og klimateknologi	Base case diesel referanseprosjekt	Merkostnader grønn løsning
	kNOK	kNOK	kNOK
Innkjøp av tjenester (investering)	11 850	7 700	4 150
Egne timer (prosjektledelse, byggherrekostnader, koordinering)	5 850	4 800	1 050
Aggregater, varmegjenvinning, pipe, prosess og infrastruktur	31 610	27 290	4 320
Batterisystem AC/DC-kontroll, styring	8 808	-	8 808
Solcelleanlegg	920	-	920
Andre kostnader (investering i tomt og bygg)	20 300	20 300	-
Total sum	79 338	60 090	19 248

4.1.1 Normal drift, hovedforsyning

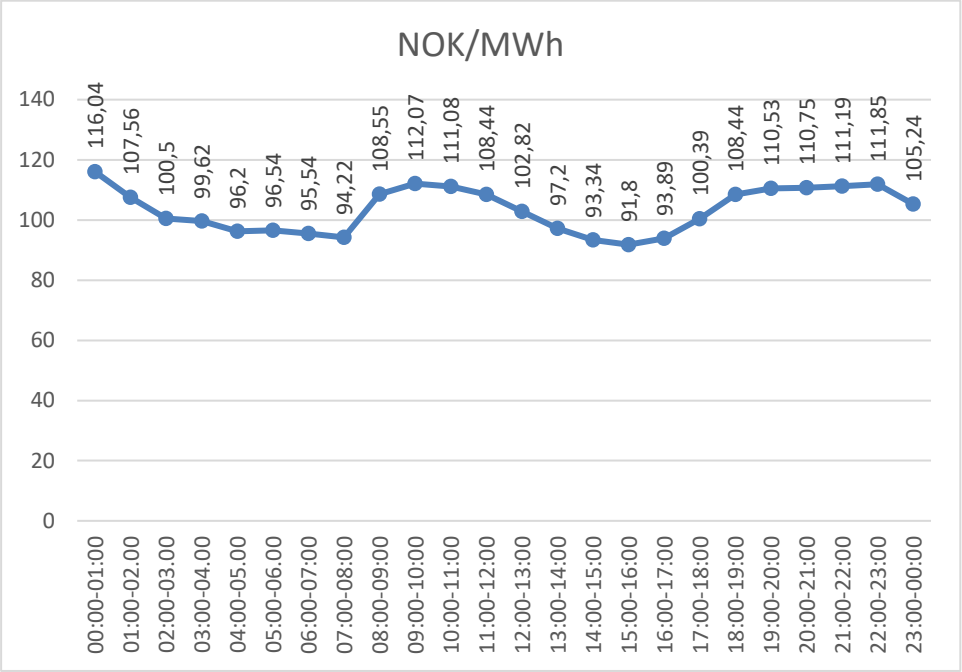
Som tidligere nevnt vil nye Drammen sykehus normalt forsynes av Fjellheim (Forsyning 1) eller Spikkestad (Forsyning 2). Figur 19 viser gjennomsnittlig effektforbruk for dagens Drammen Sykehus over årene 2015-2017, laget etter informasjon gitt i prosjektets ENOVA-søknad.



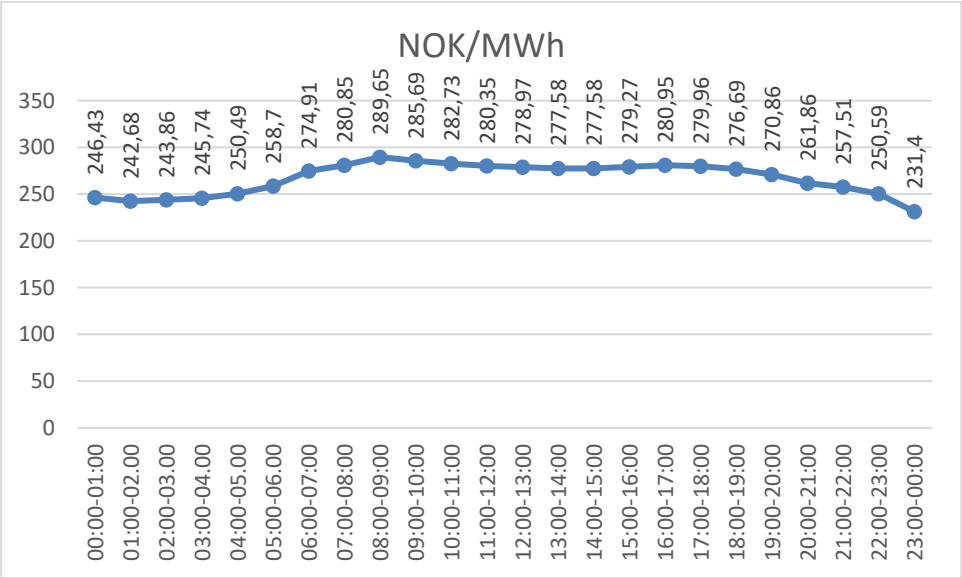
Figur 19: Effektforbruk dagens sykehus

Effektforbruket er ifølge figuren høyest midt på dagen fra 09:00 til 15:00. Dette forbruket støttes opp mot nevnte undersøkelse av Tarald Rohde om at det er på denne tiden sykehuset tar inn og behandler flest pasienter.

Figur 20 viser spotprisen for 16.05.20 og figur 21 viser prisen for 13.01.20 (Nord Pool, 2020).



Figur 20: Spotpris for Oslo i mai



Figur 21: Spotpris for Oslo i januar

Figuren bekrefter at spotprisen varierer og at det er høyere priser når forbruket øker. Figurene viser videre at det er dyrest strøm om vinteren. Norges magasinlagre og vindkraft påvirker

prisene, samt hvor kald vinteren er og hvor tørr sommeren var året før. Mild vinter i år ga rekordlave priser denne våren, samt også lave priser i januar. Prisen for normalforsyning for et sommerdøgn og et vinterdøgn med effektforbruket i figur 19 og spotprisene i figur 20 og 21, er vist i tabell 7.

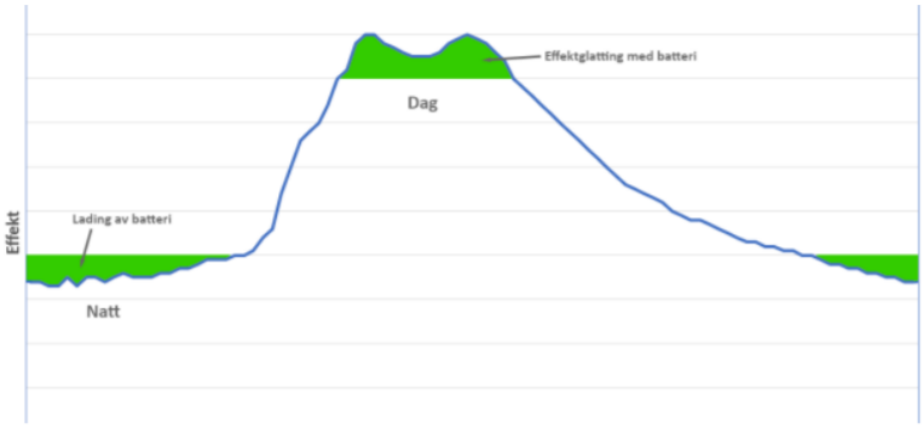
Tabell 7: Pris normalforsyning sommer og vinter

Klokkeslett	Januar [NOK]	Mai [NOK]
00:00-01:00	295,72	139,25
01:00-02.00	279,08	123,69
02:00-03.00	286,54	118,09
03:00-04.00	289,97	117,55
04:00-05.00	298,08	114,48
05:00-06.00	303,97	113,43
06:00-07:00	329,89	114,65
07:00-08:00	401,62	134,73
08:00-09:00	463,44	173,68
09:00-10:00	485,67	190,52
10:00-11:00	474,99	186,61
11:00-12:00	483,60	187,06
12:00-13:00	495,17	182,51
13:00-14:00	491,32	172,04
14:00-15:00	492,70	165,68
15:00-16:00	467,78	153,77
16:00-17:00	407,38	136,14
17:00-18:00	397,54	142,55
18:00-19:00	387,37	151,82
19:00-20:00	379,20	154,74
20:00-21:00	361,37	152,84
21:00-22:00	334,76	144,55
22:00-23:00	306,97	137,02
23:00-00:00	277,68	126,29
Hele døgnet	9 191,82	3 533,68

4.1.2 Effektbatterier til nøddrift og effektglatting

Ifølge Gisle Hegstad (fra GEP) vil driftskostnader rundt et effektbatteri være veldig avhengig av hvordan batteriet blir belastet og dermed levetiden på cellene. Hegstad nevner også at ved moderat belastning bør årlig driftskostnader kunne begrenses til under 5% av investeringen (Hegstad, 2020). Med informasjon fra tabell 6 blir årlige driftskostnader for hele batterianlegget estimert til $8\,808\,000\ \text{NOK} \times 0{,}05 = 440\,400\ \text{NOK}$

Effektforbruket til dagens Drammen sykehus ble presentert i forrige delkapittel. Litium-ion batterier kan bidra til effektglatting som kan gi lavere kostnader når det normalt ville være en effekttopp. Dette vil si, lavere kostnader når en i fremtiden kanskje vil ha høyere kostnader på effektbruk over en viss effektgrense. I tilfellet her er det 09:00-15:00, vist i figurene 19, 20 og 21. Grunnet dette er det tenkt et 24/7-bemannet smartgridsystem med blant annet automatisk effektglatting, som hele tiden vil være koblet mot driftssentralen til GEP. Figur 22 viser et eksempel fra prosjektets ENOVA-søknad på effektglatting med batteri.



Figur 22: Effektglatting med batteri

Effektbatteriene til Tesvolt GmbH kan ifølge GEP, som tidligere nevnt, levere batterier med 1 MWh batterikapasitet. Dersom det er behov for nødstrøm i ladeperioden, kan likevel ikke effektbatterienes fulle kapasitet benyttes til effektglatting. På bakgrunn av at batteriet skal kunne levere sykehusets og Drammen Fjernvarmes effektbehov på 3,8 MW, i de første 25 sekundene etter strømbrudd, blir det antatt at batteriene må ha en reserve på $3{,}8\ MW \times \frac{25}{3600} h \approx 0{,}03\ MWh$ tilgjengelig til enhver tid. Som nevnt i kapittel 2.6 har litium-ion effektbatteriene også en anbefalt oppladningsprosent på 80. Da blir tilgjengelig kapasitet til

effektglatting, med en sikkerhetsmargin på 60 kWh: $0{,}8 \times (1 - (0{,}07))MWh = 728\ kWh$. Tabell 8 viser besparelser med effektbatterier med samme kraftpriser som i forrige delkapittel.

Tabell 8: Besparelser med effektbatterier

Klokkeslett	Januar [NOK]	Mai [NOK]
09:00-10:00	207,98	81,59
10:00-11:00	205,83	80,87
11:00-12:00	204,09	78,94
12:00-13:00	203,09	74,85
13:00-14:00	202,08	70,76
14:00-15:00	202,08	67,95
09:00-15:00	1 225,15	454,96

Tabell 9 viser kostnadene for normalforsyning med og uten batteri tilgjengelig. Batteriene skal lades mellom 15:00 og 09:00. Strømprisene i den tidsperioden er derfor ikke tatt med.

Tabell 9: Pris pr klokkeslett med og uten effektbatterier vinter og sommer

Klokkeslett	Januar uten [NOK]	Mai uten [NOK]	Januar med [NOK]	Mai med [NOK]
09:00-10:00	485,67	190,52	277,69	108,93
10:00-11:00	474,99	186,61	269,16	105,75
11:00-12:00	483,60	187,06	279,51	108,11
12:00-13:00	495,17	182,51	292,08	107,65
13:00-14:00	491,32	172,04	289,24	101,28
14:00-15:00	492,70	165,68	290,63	97,73
09:00-15:00	2 923,46	1 084,42	1 698,30	629,46

For å finne årlige besparinger ved effektglatting er året delt inn i sommerhalvår og vinterhalvår. Årlige besparelser er vist i tabell 10.

Tabell 10: Årlig besparelse ved bruk av batterier

Tid	NOK
Vinter	223 589,88
Sommer	83 030,20
År	306 620,08

Det er viktig å presisere at prisen og effektforbruket varierer for hver dag. Dette er derfor en pekepinn på mulige besparelser.

Økonomisk levetid for investeringen av hele systemet er ifølge ENOVA-søknaden antatt til 20 år. Likevel er det størst usikkerhet knyttet til batterienes tekniske levetid. Batteriteknologi er i relativt rask endring og derfor forventes det at flere battericeller må byttes ut i løpet av prosjektets økonomiske levetid.

4.1.3 Nøddrift, 2 dieselaggregat, 1 gassaggregat

Andre land har erfart at bruk av biogass kan utnytte infrastrukturen for naturgass og dermed ta gassens markedsandeler. Sverige har for eksempel kommet langt i denne utviklingen. Det er en utvikling som er ønsket og forventet. Biogass er nå en mer begrenset ressurs enn naturgass. Dette er med på å påvirke prisene i tillegg til at det er økonomisk krevende å produsere biogass av tilstrekkelig god kvalitet og å transportere den til kundene. For å få best utnyttelse av biogassen er det derfor gunstig å bruke den til varme- og/eller kraftproduksjon der det er høyest betalingsvilje, størst klima- og miljøgevinst, samt der det er kortere avstand mellom kundene (Gasnor AS, u.å.).

Gisle Hegstad (fra GEP) legger ved et regneark i e-postsvaret sitt hvor det blant annet står at prisen på naturgass i uke 13 i 2020 var nede på 4,6 kr/kg, og at denne normalt ligger på 6-7 kr/kg. Med et antatt gassforbruk på 447 kg/h vil prisen per time normalt ligge på $6{,}5\,\frac{kr}{kg} \times 447\,\frac{kg}{h} = 2905{,}5\ kr/h$. Det var også antatt et dieselforbruk på 495 kg/h (Hegstad, 2020).

Ifølge Marianne Langvik (fra Biokraft AS) er flytende biogass mye dyrere enn naturgass til stasjonært formål. Den biogassen de selger er priset omtrent som diesel (Langvik, 2020). På bakgrunn av dette antas det en biogasspris på 10,50 kr/L som var prisen på diesel hos Cirkle K den 24.04.2020 (Circle K, 2020). Det blir antatt samme densitet for biogass og naturgass, og densiteten på naturgass er i væskefase 450 kg/m3 = 0,45 kg/L (ved 1 atm. og – 162 °C) (Gasnor AS, u.å.). Videre blir antatt pris per kilo $\frac{10{,}5\frac{kr}{l}}{0{,}45\frac{kg}{l}} = 23{,}33\ kr/kg$. Det gir da $23{,}33\,\frac{kr}{kg} \times 447\,\frac{kg}{h} = 10\ 430\ kr/h$.

Tabell 11 viser prisen for fornybar diesel 2G OFFROAD ment for bruk i aggregater, hos ECO-1 Bioenergi AS (Ingeborgrud, 2020) og gjeldende listepris for aktuelle dieseltyper levert hos Circle K, 24.04.2020 (Circle K, 2020).

Tabell 11: Priser på ulike typer diesel

Produkt	**Eks. mva. [kr/L)**
2G OFFROAD biodiesel	Cirka 12.50-13.00
Biodiesel B100 (Circle K)	10,54
Anleggsdiesel (Circle K)	7,75

Med densiteten til diesel på omtrent $0{,}85\ g/cm3\ =\ 0{,}85\ kg/dm3\ =\ 0{,}85\ kg/l$ (Lundberg, 2018) og Gisle Hegstad sin antakelse på dieselforbruk, blir antatt forbruk på dieselgeneratoren i liter per time $\frac{495\frac{kg}{h}}{0{,}85\frac{kg}{l}} = 582{,}353\frac{l}{h}$ = omtrent 583.

Dieselgeneratorene i 24 timers drift vil trenge $583\ {}^{l}/_{h} \times 24\ h = 13\ 992\ l$ med drivstoff. Tabell 12 viser hva det vil koste med 24 timers drift av en slik generator med de forskjellige drivstoffene, samt hvor mye det koster sammenlignet med anleggsdiesel. I tabellen er denne formelen brukt:

$$x\frac{kr}{l} \times 13\ 992\ l = y\ kr$$

Tabell 12: Sammenligning av priser ved 24 timers drift av en dieselgenerator

Produkt	**Pris eks. mva. [NOK]**	**Merkostnad [NOK]**
2G OFFROAD biodiesel	Cirka 174 900 – 181 896	Cirka 66 462 – 73 458
Biodiesel B100 (Circle K)	147 475,68	39 037, 68
Anleggsdiesel (Circle K)	108 438	-

Selv med den betydelige prisforskjellen vist i tabellen, har GEP planlagt at denne typen fornybar diesel skal brukes for å demonstrere miljøgevinsten av å bruke fornybare kilder til strøm- og varmeforsyning. Dette var også en av grunnene til at prosjektets ENOVA-søknad ble godkjent.

Videre er det opp til kjøper av generatoren, altså Glitre Energi Produksjon (GEP), hvor stor tanken skal være. Det antas at tankene til de to dieselgeneratorene vil romme 30 000 liter

hver, ettersom Høyspent AS sine lignende prosjekter har anlegg med generatorer tilsvarende til dette volumet.

Totalt vil de to tankene koste cirka 750 000-780 000 kr å fylle opp dersom 2G OFFROAD biodiesel blir brukt eller 632 400 kr å fylle opp dersom Biodiesel B100 blir brukt. Det er regnet med priser ekskludert merverdiavgift, siden det er snakk om et offentlig bygg.

I normaldriften av Energisentralen vil det være vedlikeholdskostnader. Thomas Høyer (fra Fuel-service) anbefaler at et dieselaggregat bør vedlikeholdes jevnlig og at bedrifter/ vedlikeholder har valget mellom å bruke to forskjellige løsninger når det gjelder dieselpolering (Høyer, 2020). Denne ene løsningen, kalt stasjonær løsning, går ut på at biodieseltankens innhold blir rengjort 1,5 gang med intervaller per 28. dag. En slik rensemaskin vil koste mellom 50 000 kr og 100 000 kr med tilleggskostnad på årlig filterbytte med pris på 2000 kr. Den andre løsningen, kalt mobil løsning, vil koste rundt 25 000 kr eller mer om dieselen er svært kontaminert. Prisen vil variere med hvor mange liter som er på tanken. En typisk rensemaskin til denne løsningen tar 16 000 per time, som vil føre til cirka 4 timers rensetid på Energisentralens to tanker.

Høyer forteller også at det er forskjell på vanlig anleggsdiesel og biodiesel med tanke på vedlikehold, og at det ved bruk av biodiesel anbefales hyppigere vedlikehold. Grunnen er at biodiesel har lettere for å tiltrekke seg vann, i tillegg til at den har kortere holdbarhet (Fuel-service AS, u.å.) (Høyer, 2020).

Geir H. Ingeborgrud forteller at deres fornybare diesel - EN15940 i ren form, er en homogen væske, og har langt bedre lagringskvalitet enn fossil diesel og biodiesel EN14214. Videre sier han at det likevel ved mye støv i lufta ved lufteuttak på tank, temperatursvingninger osv. vil oppstå kondens og partikler som kan komme inn i tankene. Derfor er det uansett anbefalt en filtrering av partikler og fukt i anlegg som står stille i lengre perioder (1 år+). Til slutt nevner han at samme rutiner som for fossil diesel følges, og samme drivstoffhygienekrav må følges med tanke på oppfølging av tank- og lagringsforhold (Ingeborgrud, 2020).

Det er planlagt at Energibygget skal bruke den stasjonære løsningen på grunnlag av lavere kostnad og anbefaling fra Fuel-Service. Rensemaskinen vil etter antakelser koste 80 000kr.

4.1.4 Nøddrift, sol

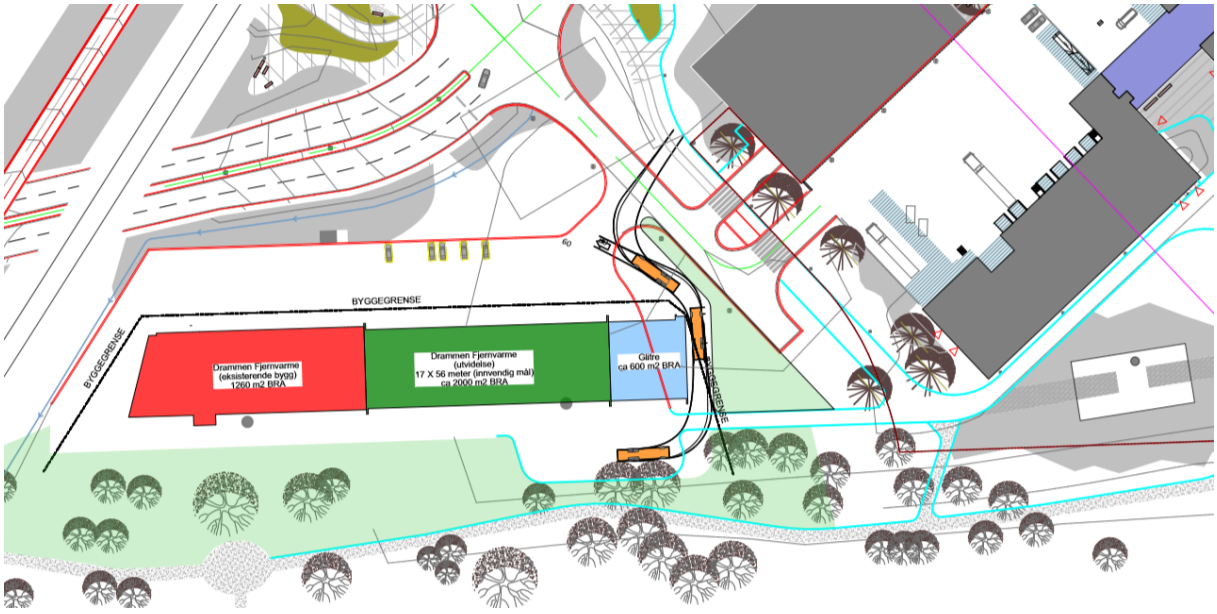
For å finne drift- og vedlikeholdskostnader er det brukt informasjon fra en rapport utgitt av ENOVA sammen med informasjonen gitt i tabell 6. På side 22 i rapporten sto det følgende:

> Drift- og vedlikeholdskostnader for PV-systemer i utgangspunktet er svært lave, da driften er automatisert og behov for ettersyn, kontroll og vedlikehold er minimal. Likevel kan uforutsett komponentsvikt eller andre hendelser føre til at kostnader påløper i anleggets levetid. Det er derfor vanlig å beregne årlige driftskostnader som en prosentsats av de totale investeringskostnadene (systemprisen). Drift- og vedlikeholdskostnader for systemtypene 'næringsbygg' og 'kraftverk' er antatt høyere enn for 'enebolig' med hhv 2 % og 0,5 % av investeringskostnad for disse anleggstypene. Forskjellen i disse kostnadene begrunnes med at en boligeier stort sett kan utføre de fleste driftsoppgaver på egen hånd, mens man for både næringsbygg og kraftverk benytter profesjonelle aktører og dermed pådrar seg kostnader til lønn eller serviceavtaler (ENOVA, 2013).

Som vist i tabellen er investeringskostnaden for tenkt opprinnelig solcelleanlegg på 920 000 NOK. Ved å bruke informasjonen gitt over ble årlige drifts- og vedlikeholdskostnader for solcelleanlegget estimert til å være på $920\,000\ NOK \times 0{,}02 = 18\,400\ NOK$.

En mulig løsning for å kunne spare penger i det lange løp kan være en større utbygging av solcellepaneler på fjernvarmebygget som ligger ved siden av sykehuset.

Drammen Fjernvarme planlegger utbygging av bygget slik det illustreres i plantegningene tilsendt av Anders Liang på figur 23. Eksisterende bygg er merket med rødt og utbyggingen er merket med grønt. Den nye energisentralen er merket med lys blå. Sykehuset er merket med grått.



Figur 23: Plantegning av nye Drammen Fjernvarme

Som nevnt i 3.2.3 er opprinnelig tenkt solcelleanlegg på 530 m^2 med en årlig kraftproduksjon på omtrentlig 85 MWh. Ved å utnytte taket til det nye fjernvarmebygget mer enn det som tidligere er tenkt, kan solcelleanlegget forsyne sykehuset med strøm i tillegg til egenforsyningen til Energibygget som opprinnelig er tenkt. Dette kan gi lavere driftskostnader. Hvor mye, er analysert senere i dette kapittelet.

Plantegningene i figur 23 viser innvendig bruksareal (BRA). Som tegningene illustrerer, vil det nye takarealet totalt, inkludert gammelt og nytt fjernvarmebygg, være på 3260 m^2 BRA. Grunnet vegger, isolasjon og annet vil utvendig areal være større enn 3260 m^2. Taket vil mest sannsynlig bestå av ventilasjonsanlegg, piper og lignende, og det vil derfor i denne analysen antas en andel som kan gi plass til dette. Med tanke på vedlikehold av takelementene og solcellene antas det derfor to meters avstand fra takende til solcelle, slik at det er plass til å bevege seg forbi. Et av alternativene blir derfor å doble opprinnelig tenkt anlegg slik at størrelsen blir på 1060 m^2. Alternativ nummer to blir full utbygging, hvor solcelleanlegget da vil ha en størrelse på 1250 m^2. Tabell 13 viser solcelleproduksjonen ved denne utbyggingen.

Tabell 13: Årlig kraftproduksjon ved utbygging

Løsning	Størrelse [m2]	Årlig kraftproduksjon [MWh]
Opprinnelig	530	85
Alternativ 1	1 060	170
Alternativ 2	1 250	200,5

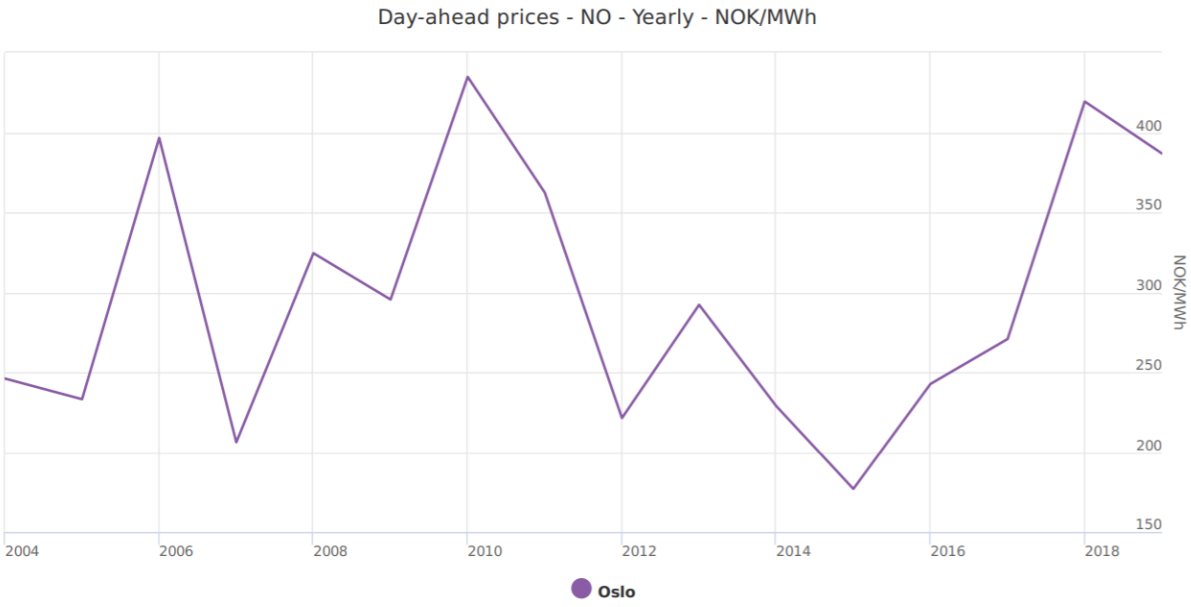
Tabell 14 viser kostnadsforskjellen til de forskjellige løsningene, antatt at totalkostnadene endrer seg proporsjonalt med størrelsen. Ettersom det i ENOVA-søknaden ble bedt om 45% støtte antas dette også for andre scenarioer.

Tabell 14: Totalkostnad med ENOVA-støtte

Løsning	Total [NOK]	ENOVA-støtte [NOK]	Etter støtte [NOK]
Opprinnelig	920 000	414 000	506 000
Alternativ 1	1 840 000	828 000	1 012 000
Alternativ 2	2 169 811	976 414	1 193 396

Alternativene vil med samme metode som nevnt tidligere i kapitlet ha årlige driftskostnader på 36 800 kr med alternativ 1 og 43 396,22 kr med Alternativ 2.

Årlige «day-ahead»-priser publisert på Nord Pool sine nettsider (Nord Pool AS, 2019) er hentet for å kunne videre sammenligne alternativene. Figur 24 viser en oversikt over gjennomsnittlig årspriser fra 2004-2019.



Figur 24: Årlige day-ahead priser 2004-2019

For å regne ut mulige besparelser brukes tall fra 2019 i utregningene nedenfor. Oslo som referansested blir brukt da dette var nærmeste sted av de områdene Nord Pool har brukt for Norge. Prisen for 2019 var på 386,84 NOK/MWh. Mulige besparelser ble regnet ut slik:

$$Årlig\ kraftprod.\,[MWh] \times 386{,}84\ NOK/MWh$$

Tabell 15 viser mulige årlige besparelser og besparelser etter 20 år.

Tabell 15: Besparelser solcelleanlegg

Løsning	**Besparelser årlig**	**Besparelser etter 20 år**
Opprinnelig	32 881,4 NOK	657 628 NOK
Alternativ 1	65 762,8 NOK	1 315 256 NOK
Alternativ 2	77 561 NOK	1 551 228,4 NOK

Etter støtte er det mulig å spare penger i det lange løp. Kostnadene vil være spart opp uavhengig av hvilken løsning etter litt over 15 år. Dette på grunn av proporsjonaliteten mellom kostnad og størrelse. Kostnadene antas å ikke være proporsjonale i realiteten og kostnadene for alternativene vil derfor kunne være noe lavere. Solcellene vil i tillegg kunne

levere strøm utover antatt levetid, men med lavere årlig kraftproduksjon. Ved å sammenligne årlige driftskostnader med årlige besparelser vil det selv ved en økning i driftskostnader lønne seg med en utbygging. Fjernvarmebygget har ifølge Fjordkraft gode solforhold og taket passer utmerket for solceller (Fjordkraft, u.å.). Både nåværende løsning og alternativene vil derfor lønne seg.

Ettersom at utbygging av solcelleanlegget vil gi høyere kraftproduksjon, vil det også være enda viktigere med vern mot overspenning og kortslutning for å beskytte anlegget i henhold til NEK400-7-712 *Strømforsyning med solcellesystemer* (NEK, 2018). Dette støtter også opp om kapittelet om Energibyggets kontrollanlegg og dets viktige oppgave. Ved feil i nettet vil solcelleanlegget vernes og beskyttes uten alvorlige påvirkninger.

4.1.5 Nøddrift, totale drift- og vedlikeholdskostnader

Kostnader knyttet til kontroller, tilsyn og vedlikehold er vanskelig å forutse siden anlegget ikke er ferdig bygget eller satt i drift. Ansvarlige for dette vil i anlegget være GEP evt. sammen med leverandører av utstyr eller tjenester, slik at tilsyn og vedlikehold skjer i henhold til leverandørmanualer. GEP har i ENOVA-søknaden regnet seg frem til årlige drift- og vedlikeholdskostnader på 1 155 000 NOK. Disse er vist i tabell 16, der «base case» er en fossil løsning.

Tabell 16: Årlige drift- og vedlikeholdskostnader

Hva	**[1000 NOK]**
Årlige drifts- og vedlikeholdskostnader «base case»	858
Maskinvedlikehold	280
Byggvedlikehold, offentlige avgifter, forsikring, lys og varme	70
Tilsyn og renhold	100
Driftssentraltjenester	250
Driftsleder, andel av delt funksjon	158
Årlige merkostnader til drift og vedlikehold med innovativ og fornybar løsning	297
Merkostnader maskinvedlikehold inkludert bytte av enkelte batterimoduler	170
Merkostnader driftsleder, andel av delt funksjon	127
Sum	1 155

Tabell 17 viser antatte årlige drift- og vedlikeholdskostnader. Det er antatt at det bare trengs 1 dieselaggregat og 1 gassaggregat ved nøddrift og det ble antatt 2 strømbrudd i året på 1 time hver. Det er også gått ut ifra at 2G OFFROAD biodiesel koster 12,75 kr/l. Utregningene på drivstoffene er regnet ut slik: $x\frac{NOK}{l/kg} \times y\frac{l/kg}{h} \times 2h = z\ NOK$

Tabell 17: Antatte årlige drift- og vedlikeholdskostnader

Komponent	**Pris [NOK]**
Effektbatterier	440 400
2G OFFROAD/Anleggsdiesel	14 866,5/9 036,5
Biogass/Naturgass	20 860/5 811
Solcelleanlegg 85 MWh	18 400
Filterbytte rensemaskin diesel	2 000

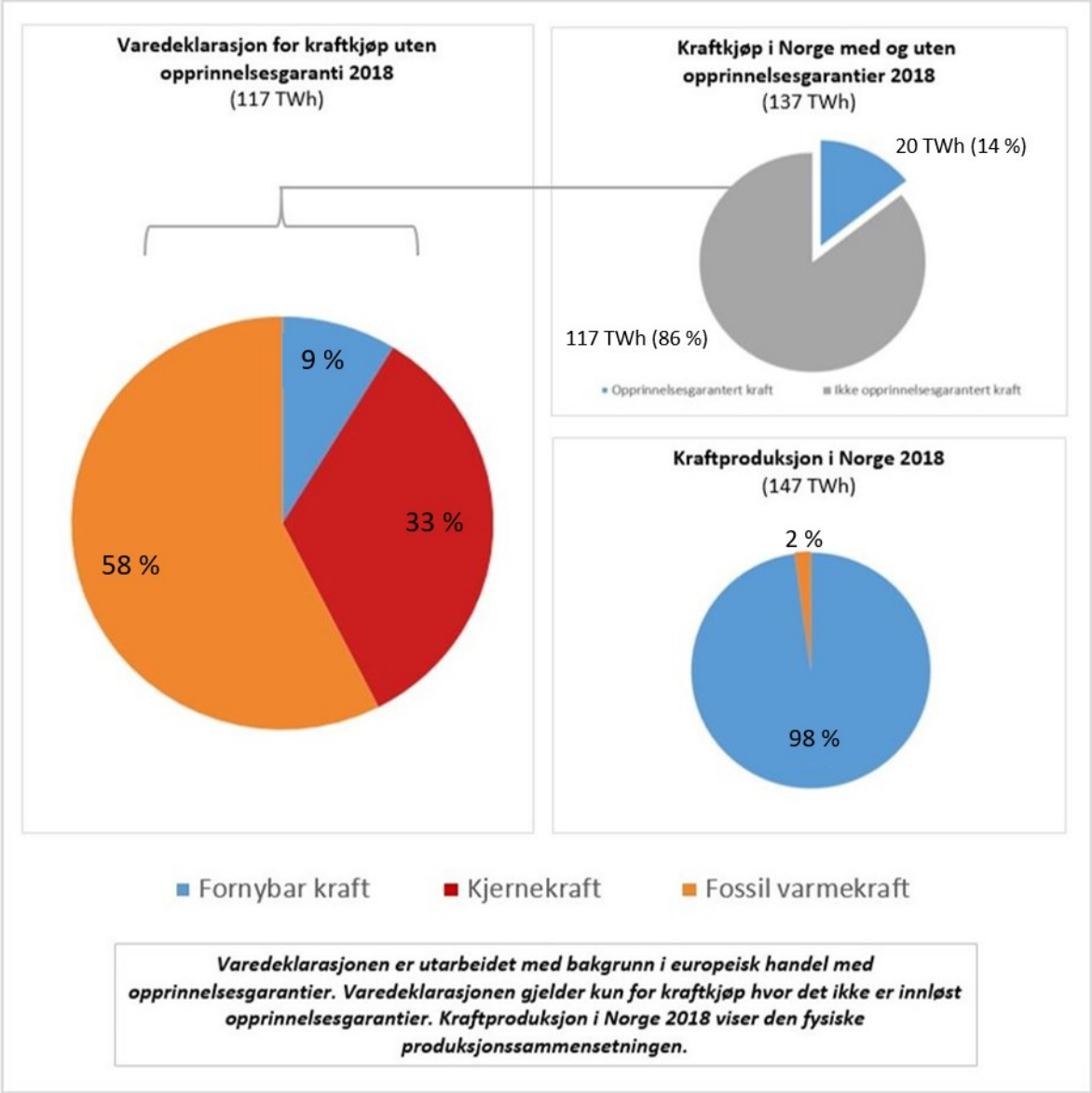
Summen for antatte årlige drift- og vedlikeholdskostnader er 496 526 NOK.

4.2 Miljøanalyse

Valg av energikilder påvirker strømnett, miljø og klima ulikt. Energikildenes påvirkning vurderes individuelt og opp mot hverandre ved bruk av tabeller, tekst og figurer. Dette gjøres for å kunne finne best løsning fra et miljø-teknisk perspektiv.

4.2.1 Normal drift, hovedforsyning

Glitre Energi AS skrev på sine nettsider: «Strømmen du kjøper hos oss er 100 prosent fornybar» (Glitre Energi AS, 2020). Bedriften garanterer at: «strømmen du kjøper fra Glitre Energi er produsert på ett av våre lokale vannkraftverk». Dette ble trolig skrevet på bakgrunn av at kunder har etterspurt bruk av fornybar elektrisk energi i strømnettet og ikke fossil. Ifølge Hanne Løvik forklarer Hafslund i en illustrasjon opprinnelsesgaranti slik: «Strømmen inn i huset er den samme, men ditt bidrag går direkte til miljøet» (Løvik, 2018). NVE sin nasjonale varedeklarasjon gjelder kun for kraftkjøp hvor det ikke er innløst opprinnelsesgarantier (NVE, 2019). Hovedforsyningen i planlagt drift antas derfor å være 100% fornybar. Figur 25 viser den nasjonale varedeklarasjon illustrert av NVE.



Figur 25: Nasjonal varedeklarasjon

CO_2-utslipp fra kraftproduksjon avhenger av energikilde, men ved beregning av Europeisk restmiks gjort av Association of Issuing Bodies (AIB) er det i AIBs beregning angitt disse CO_2-faktorene:

- Biogass: 176 g/kWh
- Gasskraft: 566 g/kWh
- Vindkraft: 20 g/kWh
- Vannkraft: 6 g/kWh

Brukes utslippstallene ovenfor kan CO_2-faktoren for norsk kraftproduksjon anslås til 18,9 g/kWh i 2018.

Utslipp av klimagassen metangass er svært alvorlig siden metangass bidrar 21 ganger mer til den globale oppvarmingen av kloden enn CO_2. Vannkraft bidrar til blant annet utslipp av metangass gjennom forråtning av gress og annet naturmateriale. Brasil er et eksempel på et land der det dannes kunstige innsjøer på områder hvor det ikke er naturlig vann fra før og som derfor bidrar til økt utslipp av metangass. I Norge er det litt annerledes fordi demningene ved våre kraftverk tar utgangspunkt i naturlige vann og i mindre grad kunstig dannede innsjøer. Likevel bidrar vannkraften i Norge til metanutslipp siden det også skjer her skjer forråtninger (Naturvernforbundet, 1996) (forskning.no, 2005).

4.2.2 Nøddrift, effektbatterier (Litium-ion batteri)

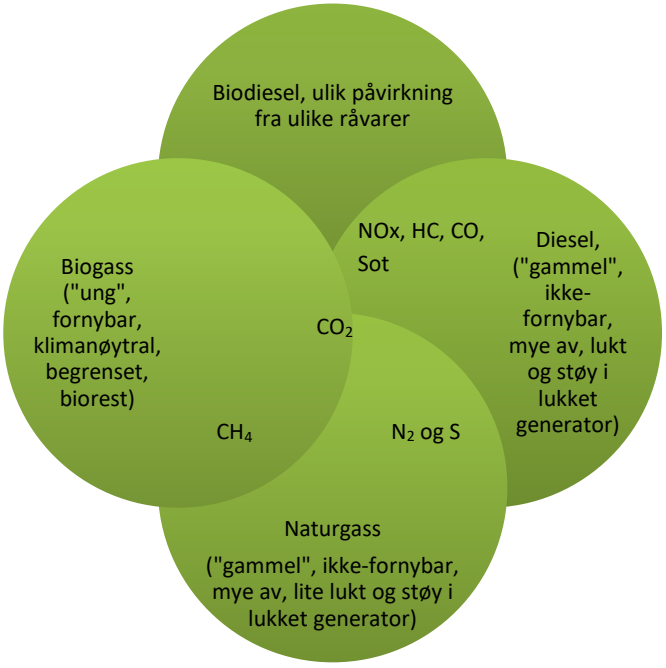
Litium ion-batterier er ikke giftige og er vurdert trygt for deponering, men dersom batteriet brister og kommer i kontakt med vann, kan det skape en giftig blanding som vil synke ned i grunnvannet (digidexo, u.å.). En mulig løsning kan være gjenbruk av batteriene, ved å resirkulere betydelige mengder verdifulle metaller, slik som kobolt, nikkel og kobber. Spesielt er kobolt en begrenset ressurs med mange sosiale, etiske, miljømessige og geopolitiske utfordringer, som bidrar til at gjenvinning blir enda viktigere (Røsholm, 2019).

LIBRES, Lithium Battery Recycling, er et norsk prosjekt som forsker på hvordan best mulig resirkulere litiumbatterier i Norge. Glencore Nikkelverk, Norsk Hydro og den finske bedriften Keliber er eksempler på store bedrifter som deltar i prosjektet. Resirkuleringen av batteriene går ut på å løse råstoffet, altså litiumet, i vann og deretter utvinne det. Denne utvinningen kalles hydrometallurgi, og er vanlig for nikkel og sink. Oppstart av pilotprosjektet er planlagt i 2024. Forskerne planlegger deretter ett fullt anlegg i år 2027 (Brandslet, 2019).

Representant fra Tesvolt GmbH, Christoph Heyerhoff, informerer om at det er mulig sende batteriene tilbake til Tyskland, uten ekstra kostnader og bli gjenvunnet i henhold til tyske myndigheters krav (Heyerhoff, 2020).

4.2.3 Nøddrift, 2 dieselaggregat, 1 gassaggregat

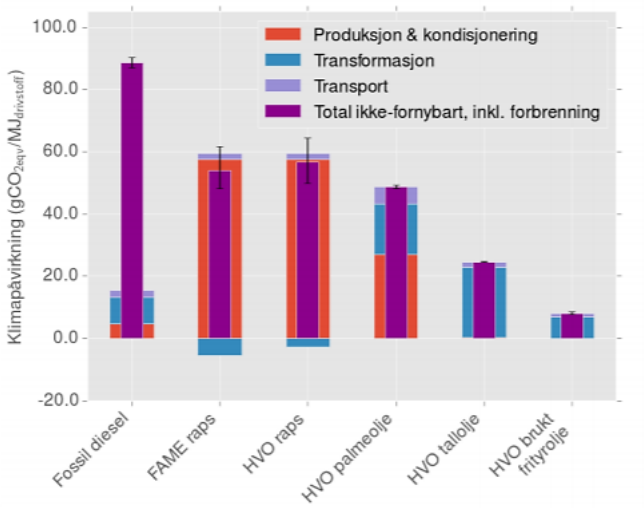
Aggregatene slipper ut gasser ved forbrenning av drivstoffene som kan påvirke klimaet i Norge og i verden. Figur 26 viser et diagram for sammenligning av de ulike drivstoffene med tanke på utslipp.



Figur 26: kort sammenligning av drivstoffene

Dieselmotorer slipper ut nitrogenoksider (NOx) og hydrokarboner (HC), i form av sotpartikler og minimale mengder karbonmonoksid (CO), i tillegg til karbondioksid (CO_2) ved forbrenning. Faktorer som påvirker utslippsnivået er motorens tekniske tilstand, drivstoffkvaliteten, tilstanden til innsprøytningsdysene for drivstoffet, forstøvingen av drivstoffet og, kanskje viktigst, justeringen av tidspunktet for innsprøytningen (Sarsten & Ellingsdalen, 2019).

Klimapåvirkningen til HVO sammenlignet med EN590-diesel vil være avhengig av hvilke råvarer som benyttes til å produsere HVO-drivstoffet, og hvor råvaren er produsert. HVO kan i verstefall gi et høyere klimabidrag. Figur 27 fra rapporten «Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel: HVO», viser klimapåvirkningen av drivstoffer fra forskjellige råvarer og ved ulike trinn i fremstillingen. Bidragene sine steg er fargekodet i grafen. Klimapåvirkningen er beregnet under forutsetning av at CO_2 som frigjøres ved forbrenning av fornybare drivstoffer ikke endret CO_2-balansen i atmosfæren (Weber & Amundsen, 2016).



Figur 27: klimapåvirkning av drivstoffer fra forskjellige råvarer og ved ulike trinn i fremstillingen.

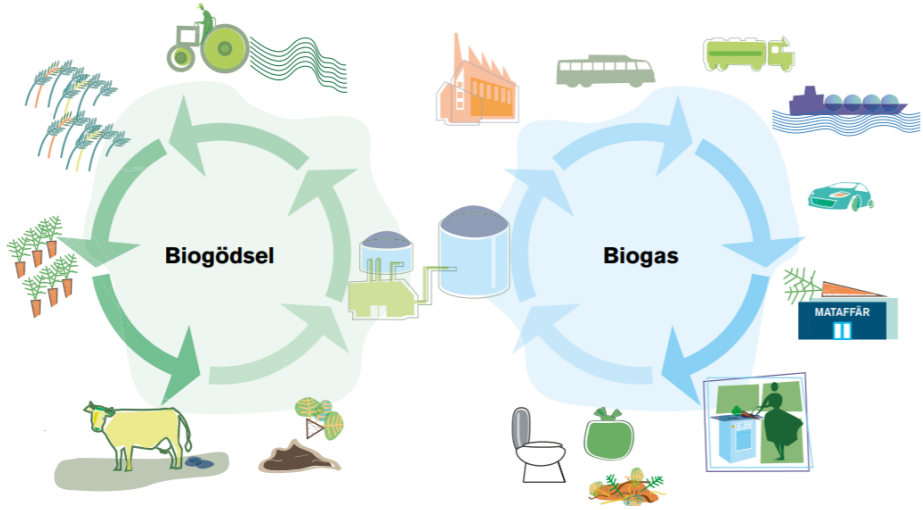
Figuren viser at alle drivstoffene påvirker klimaet, men at HVO-drivstoff laget av brukt frityrolje har svært lav klimapåvirkning i forhold til fossil diesel.

Eco-1 Bioenergi AS er sertifisert med ISCC EU som betyr at produktene de selger er bærekraftige i alle ledd fra produksjon til transport. Forbrenning av biodrivstoffet medfører ikke til økt CO_2-konsentrasjon i atmosfæren og regnes som klimanøytralt. Etter å ha benyttet en livssyklusanalyse har bedriften kommet frem til at klimagassreduksjonen ved å benytte deres produkter varierer mellom minimum 50 og 85% (Eco-1 Bioenergi AS, u.å.). Bedriften hevder også at deres fornybare diesel 2G OFFROAD tilpasset aggregater, ikke inneholder aromater (sykliske hydrokarboner) eller svovel, og har derfor ikke den sjenerende lukten som er karakteristisk for fossilt drivstoff. Eksosen vil være mindre synlig grunnet en betydelig reduksjon i innholdet av sot i dieselen. Den lokale luftforurensingen vil derfor minske drastisk (Eco-1 Bioenergi AS, u.å.).

I biogassanlegg produseres det metangass og karbondioksid som samles opp og brukes i gassaggregater. Organisk avfall og utslipp fra avfallet vil alltid være et biprodukt av hvordan mennesker lever, og ved å utnytte gassene til kraftproduksjon hindres utslipp av gassene uten at de blir brukt til noe først. Når en derimot tar opp naturgass fra et gassreservoar i jordskorpen og bruker det til kraftproduksjon, slippes det ut gasser som ikke ville bli sluppet ut hvis en ikke tok opp gassen.

Etter at gassene blir tatt ut i et biogassanlegg sitter en igjen med en biorest. Dersom bioresten blir brukt som gjødsel i jordbruket til matproduksjon kan den erstatte kunstgjødsel og hindre lettere utvasking av jorda, samt hindre at betraktelige mengder energi blir brukt i produksjon

av kunstgjødsel. Når biogjødsel utnyttes til ny matproduksjon bidrar dette til sirkulær bioøkonomi, hvor ressursene i avfallet utnyttes gjentatte ganger. Jorda mottar også karbon som hindrer erosjon og utarming. (Aarnes, 2011) (Norges Bondelag, 2011) (Martinussen, 2017). Figur 28 er hentet fra (Energigas Sverige, 2018) og viser hva biogassen og biogjødselen kan brukes til, og hvordan disse bidrar til en sirkulær økonomi.



Figur 28: Oversikt over mulig bruk av biogass og biogjødsel

Fordi naturgass i hovedsak består av metangass, er den ganske lik biogass. Ulik alder, samt at biogass er fornybar, er de viktigste ulikhetene. Likhetene betyr at CO_2 utslippene fra naturgassen og biogassen er de samme. Forskjellen på hvordan metangassen oppstår, gjør at naturgass må regnes inn i våre nasjonale utslippstall, mens biogass er klimanøytral (Gasnor AS, u.å.). Utslipp av svoveloksider (SO_X) som fører til forsuring av jord og vann, er nesten null for naturgass og biogass (Energigas Sverige, 2019).

Naturgass har i Norge etter nærmere 20 år med vanlig bruk gitt betraktelige miljøgevinster og økt forsyningssikkerhet for energi. Dette fordi naturgassen på mange områder har erstattet fossile brensler med lavere miljøkvalitet (Gasnor AS, u.å.). Fossile brensler har lavere miljøkvalitet fordi naturgass sammenlignet med kull og olje har vesentlig lavere utslipp av nitrogen, svovel og karbondioksid. Naturgass er derfor en av de reneste fossile brennstoffene når den brenner. Sammenlignet med dieselgeneratorer avgir likevel naturgassgeneratorer mer karbondioksid. Med tanke på lukt avgir naturgassgeneratorer svært lite, med mindre den lekker. Naturgassgeneratorer bidrar også til mindre støy enn dieselgeneratorer (Generator Source, u.å.), (LEL International, 2017). Cirka 80 % av naturgassen har erstattet oljeprodukter, mens cikra 20 % har erstattet elkraft og bedret kraftbalansen mot utlandet (Gasnor AS, u.å.).

4.2.4 Nøddrift, sol

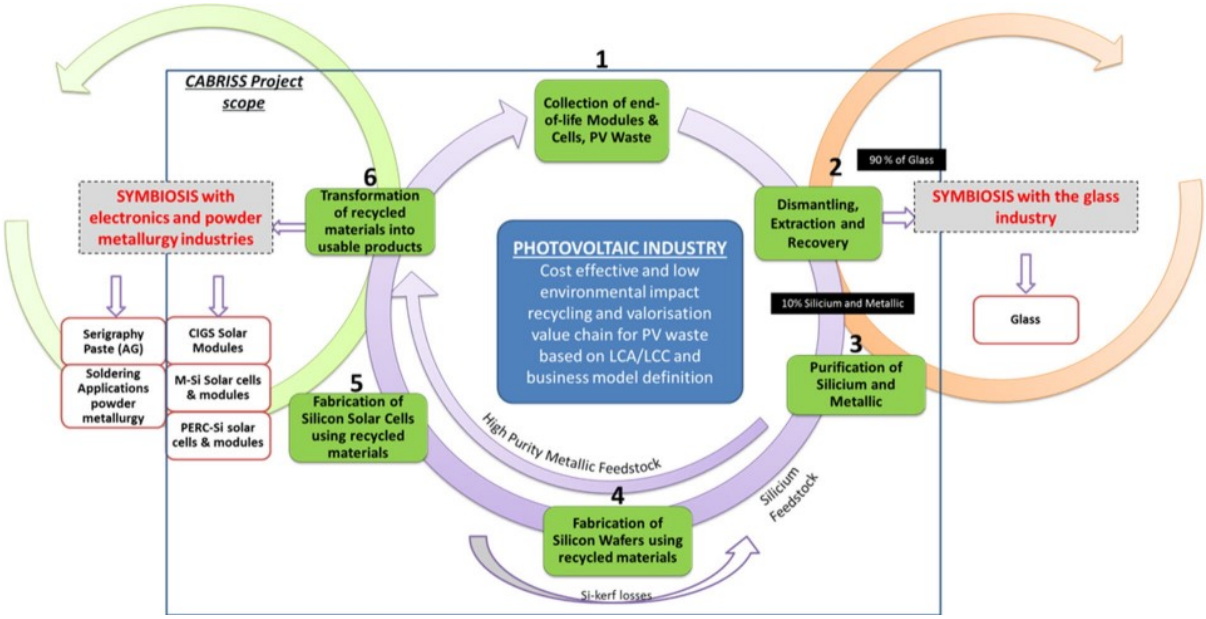
Solceller slipper ikke ut CO_2 i løpet av driftsårene. Selv om indirekte utslipp av CO_2 skjer under andre faser av livssyklusen, er disse betydelig lavere enn de utslippene som unngås. Silisium er det nest mest vanlige grunnstoffet i jordskorpen og er ikke helse- og miljøfarlig. Tynnfilm produseres på forskjellige måter, og noen av disse kan inneholde helse- og miljøfarlige stoffer. Flere av de største solcelleprodusenter er medlemmer av organisasjoner som PV CYCLE, som jobber for å resirkulere solcellepaneler (Norsk solenergiforening, u.å.).

Per-Ivar Nikolaisen siterer Professor Erik Stensrud Marstein i Teknisk Ukeblad at selv de «bruneste» solcelleanleggene er betydelig bedre enn de fossile alternativene, men at det ville vært bra for alle med økt bevissthet og betalingsvilje til å velge de mer miljøvennlige løsningene ved produksjon av solceller (Nikolaisen, 2016).

Med tanke på resirkulering av solcellepaneler skal 16 europeiske forskningsinstitusjoner og industribedrifter utvikle en ny resirkuleringsøkonomi for solcellepaneler gjennom et felles prosjekt kalt CABRISS. Prosjektet koordineres av franske CEA, der CEA og SINTEF valgte syv partnere hver til å bli med på prosjektet. SINTEF skulle se spesielt på resirkulering av silisium og indium, og skulle produsere wafere (tynne skiver) av resirkulert silisium (SINTEF, 2015).

Prosjektets resultater skal komme i løpet av 2020, men var ikke i april 2020 tilgjengeliggjort på SINTEF sine nettsider. Målet med prosjektet er gjenbruk av solceller og bedre avfallshåndtering, fordi PV-teknologier har eksistert (teknologier for solcelleanlegg/ fotovoltaisk anlegg) siden 1980 der produktene spredt i Europa nå representerer omtrent 8 millioner tonn fremtidig PV-avfall. Økningen kommer fra installasjonsbrudd og produksjonsskrot fra nedlagte paneler, men også fra økt bruk av solceller. PV-avfallet som kommer fra både produksjonsskrot og uttjente produkter bør ideelt sett demonteres og settes inn i en resirkuleringsindustriell prosess for å la alle råvarene hentes og føres tilbake på markedet (SINTEF, 2015).

Den sirkulære produksjonskjeden de jobber for vises i figur 29.



Figur 29: CABRISS-Prosjektets strategiske konsept, en sirkulær produksjonskjede

Produksjonskjeden illustrerer hvordan prosjektet vil vurdere alle typer Si-utklipp, og hvor silisiumet vil bli introdusert på nytt i verdikjeden for å lage et økosystem uten avfall (SINTEF, 2015).

PV CYCLE er en non-profit (ideell/null-profitt), medlemsbasert organisasjon som tilbyr kollektiv og skreddersydd avfallshåndtering, samt lovlig overholdelse av tjenester for selskaper og avfallsholdere over hele verden. Bedriften ble grunnlagt i 2007 av og for PV-industrien og inkluderer i dag et bredt spekter av avfallsprodukter i sin portefølje (PV CYCLE, u.å.). For land utenfor EU tilbyr PV CYCLE løsninger for avfallshåndtering og relaterte støttetjenester tilpasset kundenes behov. Deres internasjonale pakker dekker et- eller flere land og hjelper kundene deres med å oppfylle kundenes avfallskrav overfor anbud, mål-/resultatkort, administrasjon, investorer og forbrukere (PV CYCLE, u.å.).

Generelt dekker de:

- PV-modulavfall
- Elektrisk- og elektronisk utstyrsavfall
- Batteriavfall
- Industrielt avfall
- Emballasjeavfall
- Produksjonsskrot

5 Diskusjon

Høyspent AS ønsker sammen med Glitre Energi AS og ledelsen av det nye sykehuset, at det nye sykehuset i Drammen skal ha et framtidsrettet energisystem med et miljømessig preg, i tillegg til å ha et nødforsyningsanlegg tiltenkt til mer enn bare nødstrøm. I dette kapittelet drøftes det fram en mulig løsning på problemstillingen: *«Hvordan kan en oppnå optimalisert drift av en nødforsyningssentral på en miljøgunstig og økonomisk måte?».* I tillegg blir det vurdert hvorvidt løsningene tilfredsstiller alle lovene og forskriftene nevnt i teorikapittelet.

5.1 Økonomi

Analysen viser hvorfor økonomisk støtte kan være viktig og hvorfor andre anlegg, som egentlig ville ha brukt lignende miljøvennlige løsninger istedenfor fossile, kanskje ikke har valgt det på grunn av lav lønnsomhet. I den teknisk-økonomiske analysen er det derfor satt fokus på hvordan sykehuset og GEP kan minimere kostnadene ved bruk av fornybar energi.

Det nye sykehuset i Drammen har estimert daglig effekttopp når flest pasienter er innom, altså 09:00-15:00. Analysen la frem ulike tiltak som kan kutte disse effekttoppene og dermed spare vesentlige kostnader, spesielt på vinteren når strømprisene er høye. Tabell 10 viser at det er mulig å spare penger på effektglatting ved bruk av effektbatterier, spesielt på dager det er høy strømpris. En utbygging av solcelleanlegget (figur 13, 14 og 15) vil kunne føre til enda billigere normaldrift og høyere forsyningsverdi, fordi solcellene da kan forsyne sykehuset med strøm i tillegg til Energibygget. Eksempelvis ville disse løsningene vært ekstra nyttig sommeren 2018 og 2019, hvor prisen var unormalt høy i forhold til tidligere. Med de rekordlave strømprisene i år er det ikke snakk om like høye besparelser. Utbyggingen av solceller vil samtidig gi et større krav til ENOVA-støtte, noe som kunne ført til avslag slik at GEP selv måtte ha stått for kostnaden. Likevel er det ikke mye vedlikeholdsarbeid og driftskostnader knyttet til solcellepaneler.

For å sikre optimal bruk av dieseltypene ble det anbefalt av firmaet Fuel-Service, å bruke stasjonær løsning som renser dieseltypene (diesel-polerer) hver måned. Dette sikrer riktig kvalitet til enhver tid.

5.2 Miljø

Som nevnt i miljøanalysen viser normaldriften til 100 % fornybar energi. Prosentandel fornybar energi i nøddriften avhenger av hvilke drivstoff som brukes. Analysen viser at solceller er den mest utslippsvennlige kilden til strøm i løpet av driftsårene. Ved å sammenligne solcelleproduksjon med produksjon av biodrivstoffene, kan det argumenteres for at biodrivstoffene er mer klimavennlige, ettersom produksjonen av biodrivstoffene regnes som klimanøytrale, i motsetning til produksjonen av silisium. I et klimaperspektiv viser analysen at fossile energikilder er langt mindre klimavennlige enn de fornybare alternativene.

I miljøanalysen står det også om resirkulering av litiumbatterier. Med tanke på tidsplanen oppgitt der og at nye Drammen sykehus ikke skal åpnes før i 2025, virker planen for resirkulering i Norge lovende. Likevel er dette usikre mål som gjør at gjenvinningen ikke enda kan fastslås fullstendig.

Utbygging av solcelleanlegget vil ikke gi betydelige reduksjoner i klimagassutslipp siden vannkraften som leveres av Glitre Energi Nett (GEN), allerede er miljøvennlig. Likevel kan dette være et eksempel på hvordan andre land som kanskje bruker mindre miljøvennlige energikilder i sine strømnett, kan redusere klimagassutslipp.

5.3 Lover, forskrifter, mål og etikk

Prosjektet har gjennom analysen sett på løsninger til drift og videre utbygging av nye Drammen sykehus. Det vil i denne diskusjonen bli sett på de forskjellige etiske aspektene ved selve prosjektet, om forskriftene og lovene er fulgt og til slutt om resultatene kan være med på å nå FNs bærekraftsmål, målene nedfelt i Klimaloven og avtalene i Parisavtalen.

5.3.1 Etikk

Etiske aspekter ved prosjektet kan være utfordringer knyttet til rettferdig fordeling av ressurser, forurensing av luft og hensyn til fremtidige generasjoner. Andre etiske aspekter kan være utfordringer rundt sikkerhet ved levering av strøm. Sentrale etiske tema som er vurdert i denne analysen omfatter:

- *Er det riktig å fokusere på nullutslipp i drift av nye Drammen sykehus, fremfor å fokusere på likere fordeling av utslipp ved drift av alle sykehus, både nye og gamle, og bør en også se det opp mot et globalt nivå?*

  Utbyggere bør søke å finne de beste løsningene som er miljøgunstige og samtidig kostnadseffektive. De bør også se løsningene i et lengre tidsperspektiv, da nye reguleringer og innovasjoner kan medføre nye krav også for eksisterende anlegg. Drift med null utslipp fremfor drift med lavt utslipp, kan gi en eksponentiell vekst i kostnader. Tabell 17 viser eksempler på at det koster mer å levere strøm som tilnærmet gir null-utslipp. ENOVA-støtte er et godt eksempel på et forsøk på å motivere for løsninger som gir reduserte utslipp.

  Sett fra et klima- og miljøperspektiv burde støtteordninger vært enda mer utbredt, slik at utslippene kan reduseres raskere. Det er i første rekke våre lokale og sentrale politikere/myndigheter som må vurdere eventuelle nasjonale eller globale løsninger for eksisterende og nye anlegg. Likeledes er det politiske myndigheter som bør vurdere incentiver for å motivere til riktige løsninger som totalt for landet, bidrar til at Norges klimamål oppnås.

- *Vil utslippene påvirke luftkvaliteten på sykehuset, samt luftkvaliteten til de som arbeider og de som bor i nærområdet? Påvirker luftkvaliteten helsen til pasientene, andre i nærområdet, og hva med luftkvaliteten til den fremtidige generasjon?*

  Redusert forurensning og reduserte klimagassutslipp vil bedre luftkvaliteten til både pasientene og de som jobber og bor i nærområdet. Luftkvalitet på sykehus er spesielt viktig for pasienter med luftveissykdommer (astma, kols o.l.), men vil oppleves viktig for både ansatte og pasienter. Tiltak som reduserer utslipp, vil kunne redusere global oppvarming og bedre luftkvaliteten for fremtidige generasjoner.

- *Er riktig bruk av energikilder viktig for pasientsikkerhet i overgangen mellom hovedforsyning og nødstrømsforsyningen? Kan ledelsen med sikkerhet si at pasienter som trenger strøm for å overleve ikke trenger å bekymre seg for oppstartstiden til nødstrømmen?*

Det er et ufravikelig krav til løsningene at pasientsikkerheten ivaretas, uavhengig av hvilke energikilder som velges. Sykehuset og pasientene må være trygg på at strømforsyning og nødstrømløsninger fungerer sømløst. Dette oppnås gjennom gode UPS-løsninger, effektbatterier som kan kobles på raskt og som lades opp hver dag, samt dieselaggregater som jevnlig diesel-poleres for å unngå havari. Solcelleanlegg har også en viktig rolle i dette som gjennom kontinuerlig og forutsigbar drift gir strøm til Energibyggets nødstrømløsning.

- *Hva med uforutsatte hendelser? Burde nødstrømmen kunne levere strøm i mer enn 24 timer? Hva skjer dersom hovedforsyningen ikke kan starte opp etter 24 timer?*

  Det er svært sjelden at strømforsyningen faller ut i mange timer. I ekstreme tilfeller med ras eller større strukturelle skader på strømforsyningen, må det være nok tid til å kunne flytte pasienter eller etablere nødstrømløsninger også utover 24 timer. En slik løsning kan være at dersom aggregatene må være i drift i mer enn 24 timer kan det inngås avtaler med leverandører av drivstoff som kan sikre leveranse av drivstoff utover de 24 timene. I en krisesituasjon kan klimahensyn måtte vike for en kortere periode for å ivareta sikkerheten til ansatte og pasienter. Dette er dog et etisk dilemma.

- *Burde Glitre Energi AS opplyse om leveringssikkerhet og andre viktige hensyn som bør tas utenfor de kravene sykehuset har satt? Har de et etisk ansvar om å opplyse om viktig og nødvendig informasjon de sitter på som de ansvarlige for sykehuset kanskje ikke har kompetanse til å sitte på?*

  Sykehus er samfunnskritiske bygg, og utbyggere/entreprenører plikter å opplyse om viktig og nødvendig informasjon de sitter på for ikke å sette sikkerheten til pasienter og ansatte i fare. Viktig og kritisk informasjon inkludert risikovurderinger må gjøres tilgjengelig for ansvarlige (drifts-) funksjoner på sykehuset. Alle ansatte på sykehuset bør også være innforståtte med hva som skjer ved strømbrudd, slik at alle kan føle seg tygge på at pasientene blir ivaretatt. Her må regelmessige beredskapsøvelser gjennomføres.

- *Er det riktig å resirkulere materialer med tanke på nåværende og fremtidige generasjoner? Er det forsvarlig å bruke tid på å gi fremtidige generasjoner like mye av samme ressurs for eksempel silisium hvis det går utover teknologiutvikling og innovasjonen i samfunnet, som igjen påvirker fremtidige generasjoner. Kanskje en finner ut at den fremtidige generasjonen ikke trenger silisium i like stor grad?*

  Solcelleanlegget og effektbatteriene har lang levetid før de må byttes ut, men det må likevel tenkes bærekraftig i et lengre perspektiv. Løsningen bør ta høyde for at det i fremtiden vil stilles krav til resirkulering slik at både litium fra effektbatteriene og silisium fra solcellepanelene kan brukes igjen. Å bruke tid og ressurser på å ta vare på disse råstoffene bør lønne seg med tanke på at verdens råvarebeholdning allerede synker. Det vil derfor være etisk riktig å resirkulere produktene, når den tid kommer, for å forberede til de neste generasjoner og ikke bare fokusere på nåtid.

- *Vil det være nyttig å bygge ut større solcelleanlegg på Drammen Fjernvarmes tak enn tidligere tiltenkt, med tanke på risikable overspenninger og større behov for vern?*

  Et større solcelleanlegg vil føre til større behov for vern mot overspenninger og skade ved kortslutning på grunn av høy strømføring. Det anses derfor ikke som kritisk siden kontrollanlegget vil beskytte komponentene mot dette. Likevel vil mer fornybar energiproduksjon i et etisk perspektiv være et bedre alternativ enn andre alternativer.

- *Er det riktig å unngå eller minske bruk av aggregater gjennom å ha større ytelse på effektbatterier?*

  Det kan være riktig, men økt ytelse på effektbatterier krever en større ladekilde. Solceller kan bidra til dette, men den variable mengden dagslys i de ulike årstidene vil kunne påvirke solcellenes evne til strømlevering. Dette kan gå utover leveringssikkerhet som er livsviktig i dette tilfellet. Aggregater som renses jevnlig og som bruker biodrivstoff kan levere strøm uansett lysforhold, men er jo avhengig av å ha drivstoff tilgjengelig. Ingen av løsningene kan derfor sies å være perfekte til strømlevering.

5.3.2 Lover, forskrifter og mål

Rapporten har satt søkelys på at nye Drammen sykehus skal følge gitte lover og forskrifter, i tillegg til FNs bærekraftsmål, Klimaloven og Parisavtalen.

De fremhevede lovene ble presentert i kapittel 2.1 *Forutsetninger*. Paragraf 16, 18 og 31 er under *Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg* og støtter kravet om at nødstrømsforsyning må være til stede for et sykehus dersom både hoved- og reserveforsyningen svikter.

Ved driftsavbrudd kobles nødstrømsforsyningen inn og vedlikeholder kravet om tilfredsstillende pålitelighet av strøm, før hovedstrømforsyningen kobles på igjen. Det nye sykehuset i Drammen følger denne forskriften med et svært nøye planlagt nødforsynings-anlegg, i denne rapporten kalt Energibygget. Paragrafene setter også krav til personsikkerhet, noe anlegget støtter med fokus på vern og driftssikkert kontrollanlegg som ikke skal føre til skade. I tillegg setter lovene krav til pasientsikkerhet med tanke på apparater som ikke kan svikte, som igjen er avhengig av kontinuerlig strømtilførsel.

Ettersom Energibygget har nominell tilført termisk effekt over 50 MW, skulle det vært søkt om særskilt tillatelse fra forurensningsmyndigheten jf. §27. Ifølge ENOVA-søknaden var det ikke behov for utslippstillatelse etter uttalelsen gitt fra Fylkesmannen i Buskerud 07.12.2018.

I kapittelet om effektbatterier sto det litt om bruk av effektbatterier til effektglatting. Hvis nettselskapene i fremtiden kan utsette investeringer i ny kapasitet på grunn av en forutsigbar effektglatting og tilgjengelige effektreserver, kan dette resultere i god samfunnsøkonomi ved at alle sluttkunder som en følge av dette sparer nettavgift. Dette kan derfor være med på å sikre et av FNs bærekraftsmål «ren energi for alle».

Svaret på det første etiske spørsmålet i forrige delkapittel viser også til at gjennom hjelp fra ENOVA, kan tiltaket med å redusere utslipp ved nødstrøm bidra til at FNs bærekraftsmål nummer 13 «Stoppe klimaendringene» kan nås.

Bruk av fornybar energi til nødkraftforsyning har tidligere ikke vært en vanlig løsning, mye på grunn av lite utbredt teknologi. Derfor kan løsningen som er sett på i denne oppgaven være med på å redusere bruk av fossil energi og dermed bidra til at både FNs bærekraftsmål nummer 7 og 13 kan nås.

Som nevnt i innledningen går Parisavtalen ut på å stoppe klimaendringene, der det er forventet at de rike landene skal kutte mest klimagassutslipp. Det er også nevnt at Norge i klimaloven har som mål å redusere utslipp. Ved en gjennomføring av nødstrømløsningen som er analysert i denne rapporten vil løsningen være med på å bidra til både det målet nedfelt i klimaloven og forventningen til de rike landene.

5.4 Sterke og svake sider

Som nevnt i starten av analysen er det i arbeidet med rapporten søkt etter mest mulig pålitelige kilder. En sterk side ved rapporten kan derfor være den tette kommunikasjonen med andre bedrifter og fagpersoner. En svak side ved rapporten kan være at det ikke ble gjort noen spesifikke målinger, som gjør at rapporten ble mer informativ og teoretisk. Dette ble ikke gjort på grunnlag av at oppgaven er basert på en fremtidig løsning og ikke en løsning som allerede eksisterer. Likevel er det tatt med tidligere målinger som analysene i rapporten er basert på som vil støtte opp om det nye sykehusets bruk.

Fordi UPS-er, brytere og andre deler av kontrollanlegget uansett må være med i en fossil løsning er ikke kostnader knyttet til disse tatt med. Dette kan være en annen mulig svakhet da de kanskje kan påvirke kostnadene og miljøet, men sannsynligvis ikke i så høy grad. En annen mulig sterk side er at det ikke er lagt vekt på alle vedlikeholdskostnader som påløper uansett, men fokusert på kostnadene ved bruk av de fornybare energikildene kontra de fossile.

En siste svakhet kan være at det ikke ble sett på flere fornybare løsninger til strømproduksjon. Eventuelle løsninger kunne vært bruk av solceller også på taket til sykehuset eller bruk av vindmøller ved siden av sykehuset. Det er derfor viktig å presisere at analysen i all hovedsak har tatt utgangspunkt i GEPs ønsker, og at det derfor ikke er gått utenfor disse rammene med unntak av en mulig større utbygging av solceller på taket til Drammen Fjernvarme.

En annen sterk side med analysen i rapporten er at det er brukt verdier fra både 2019 og 2020 som vil føre til presise utregninger med tanke på årene fremover. Likevel er det viktig å presisere at det er over 4 år til sykehusets offisielle åpning og at både strømpriser, biodieselpriser og annet kan endre seg på disse årene. Rapporten kan likevel gi en god pekepinn, siden det antas at endringene ikke vil være bemerkelsesverdige.

6 Konklusjon

Prosjektets hovedmål er å finne en optimalisert løsning på hvordan den planlagte nødforsyningssentralen til nye Drammen sykehus kan driftes på en mest mulig miljø- og kostnadseffektiv måte. Planene for nødforsyningssentralen er utarbeidet av Glitre Energi Produksjon (GEP) og Høyspent AS, og det er i tillegg til mål om lave klimagassutslipp og kostnadseffektivitet, vurdert om lover, forskrifter, måloppnåelse og etiske aspekter er ivaretatt. Det er også vurdert om en mulig utvidelse av planlagt solcelleanlegg kan bidra til å bedre driftsøkonomien.

Resultatene viser til billigere fossil drift enn fornybar drift. Planlagt løsning kan forbedres for å oppnå bedre kostnadseffektivitet, i hovedsak gjennom effektglatting 09:00-15:00 på dagtid med betydelige årlige besparelser på opp 500 000 kr. En annen konklusjon er at ettersom anlegget allerede skal installere to effektbatterier tiltenkt til nødkraftforsyning, er det bedre at disse blir brukt enn at de skal stå stille store deler av året.

Energibyggets egenforsyning skal dekkes av et solcelleanlegg på Drammen Fjernvarmes tak. En oppgradering av dette anlegget ble vurdert for å kunne dekke mer av sykehusets forsyning med fornybar energi. Analysen konkluderte med at dersom 45% av investeringene dekkes gjennom ENOVA-tilskudd, vil det likevel ta 15 år til en slik løsning kan gi bedre driftsøkonomi basert på spotprisene på kraft vi har sett i 2019 (nettleie er ikke hensyntatt). Glitre Energi Nett (GEN) som i beskrevet løsning leverer hovedkraften til sykehuset, har for øvrig en opprinnelsesgaranti som tilsier at sykehuset allerede blir forsynt med fornybar energi. I et miljøperspektiv er derfor løsningene likeverdige i forhold til prosjektets mål.

Det planlagte anleggets aggregater skal i motsetning til lignende nødstrømanlegg, gå på fornybar biodiesel og biogass i stedet for fossile drivstoff. Det ble analysert forskjellen mellom disse både for drivstoffpris og vedlikeholdskostnader, hvor den miljøvennlige løsningen var svært dyr i forhold til den fossile, nesten fordoblet i pris. 2G OFFROAD var den fornybare dieseltypen det ble anbefalt å bruke i slike aggregater. Samtidig ble det presisert at dieselpolering av fornybar biodiesel må skje oftere i forhold til anleggsdiesel, ettersom sannsynligheten for dårligere kvalitet er høyere enn fossil diesel når aggregatene står lenge stille og ikke blir brukt.

GEP ønsker en miljøvennlig løsning og det ble sett på utslipp og resirkulering av noen av de utvalgte komponentene. Prosjektet har allerede fått utslippstillatelse basert på bruk av rent drivstoff, som i tillegg til nevnte opprinnelsesgaranti støtter opp miljøvennlig forsyning. Resirkulering av solcellepaneler og litium-ion batteriene ble sett på siden både litium og silisium er stoffer det kan bli mangel på i fremtiden. Det konkluderes med at begge stoffene i løpet av komponentenes antatte 20 års levetid vil resirkuleres på en miljømessig gunstig måte.

Til slutt konkluderes det med at GEP sin løsning på driften av Energibygget er svært god med tanke på fornybar energiproduksjon, utslipp og andre krav. Det er viktig å presisere at en slik løsning gir høye kostnader sammenlignet med et tradisjonelt fossilt anlegg, som vist i den økonomiske analysen. Kapasitetsfulle effektbatterier og kun én stor sentralisert UPS-funksjon vil derimot gi en lavere totalkostnad enn tidligere løsninger med flere lokale UPS-er.

Andre funn er at den analyserte løsningen kan gi gode innspill og motivasjon til lignende prosjekter i fremtiden når høye miljøkrav er viktig, både innenfor sykehussektoren og andre bygg i både Norge og utlandet. Funnene er også relevante for energisektoren generelt, og ikke bare nødstrømløsninger. Dette vil kunne bidra til å nå Norges klimamål når flere nullutslipps-anlegg etablereres, og eventuelt også internasjonale klimamål. Som rapporten viser, vil dessuten utvidet offentlig støtte og tilskudd fra for eksempel ENOVA være en forutsetning for mer miljømessige løsninger i fremtiden.

Litteraturliste

Aarnes, H. (2011, Februar 3). *Plantefysiologi*. Hentet Mars 17, 2020 fra UiO: Institutt for biovitenskap: https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/plfys/mineral/gjoedsel.html

Andresen, G. (2019, Juni 26). *aggregat - maskinteknikk*. Hentet Mars 17, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/aggregat_-_maskinteknikk

BKK. (u.å.). *Bli kjent med strømnettet.* Hentet Mars 24, 2020 fra https://nett.bkk.no/temaside/89cc07d4-4871-4b50-b0b8-0decf216d5f3?tab=7f59a21f-cdbd-454e-a5c0-d13173cb6bd4

Brandslet, S. (2019, Desember 9). *Nå skal litium også resirkuleres.* Hentet April 21, 2020 fra https://gemini.no/2019/12/na-skal-litium-resirkuleres/

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *THERMODYNAMICS: AN ENGINEERING APPROACH* (8. utg.). New York, USA: McGraw-Hill Education.

Circle K. (2020). *Drivstoffpriser.* Hentet April 23, 2020 fra Drivstoff: https://www.circlek.no/no_NO/pg1334073738687/business/milesDrivstoffbedrift/Priser.html

digidexo. (u.å.). *Farer av Lithium Ion batterier i søppelfyllinger.* Hentet Mars 3, 2020 fra digidexo: https://www.digidexo.com/d18ZMaMl.html

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2017, Mai 2). *Nødstrømsanlegg: Myndighetenes krav i forskrift og norm.* Hentet Februar 18, 2020 fra DSB Myndigheter: file:///C:/Users/Bruker/Downloads/JWGrav%20DSB%20%20%20Myndighetenes%20krav%20N%C3%B8dstr%C3%B8m%20rev%202%20(1).pdf

Drivkraft Norge. (u.å.). *Bensin og diesel.* Hentet April 15, 2020 fra https://www.drivkraftnorge.no/Drivstoff-og-energi/bensin-og-diesel/

Eco-1 Bioenergi AS. (u.å.). *Elproduksjon uten kvalmende lukt.* Hentet April 22, 2020 fra Bruksområder - Aggregat: https://eco-1.no/aggregat/

Eco-1 Bioenergi AS. (u.å.). *Sertifisert – Fornybart – Sporbart.* Hentet April 17, 2020 fra ECO-1: https://eco-1.no/sertifisering/

Energi og Klima. (2020, Mars 12). *Norges utslipp.* (A. Bjartnes, O. A. Øvrebø, L.-H. P. Michelsen, A. Jortveit, & L. Ursin, Red.) Hentet April 22, 2020 fra KLIMAVAKTEN: https://energiogklima.no/klimavakten/norges-utslipp/

Energigas Sverige. (2018, April 12). *NATIONELL BIOGASSTRATEGI.* Hentet April 22, 2020 fra Nationell biogasstrategi 2.0: https://www.energigas.se/library/2151/nationell-biogasstrategi-20.pdf

Energigas Sverige. (2019, Januar 14). *Biogas och miljön.* Hentet April 22, 2020 fra Fakta om gas: https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/biogas-och-miljoen/

EnergiNorge. (u.å.). *Nettstruktur og organisering: Strømnett.* Hentet Februar 13, 2020 fra EnergiNorge: https://www.energinorge.no/fagomrader/stromnett/kraftsystemet/nettstruktur-og-organisering/

ENOVA. (2013). *Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013.* Oslo: ENOVA.

Fjordkraft. (u.å.). *Sjekk ditt tak og finn pris for solcellepanel!* Hentet Mai 18, 2020 fra Fjordkraft: https://www.fjordkraft.no/solcellepanel/

FN-sambandet. (2019, November 5). *Parisavtalen.* Hentet Februar 10, 2020 fra FN-sambandet: https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen

FN-sambandet. (2020, Januar 28). *FNs bærekraftsmål.* Hentet Februar 11, 2020 fra FN-sambandet: https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal

forskning.no. (2005, April 1). *Vannkraft ingen miljøfrelser.* Hentet Februar 26, 2020 fra forskning.no: https://forskning.no/miljogifter-klima-alternativ-energi/vannkraft-ingen-miljofrelser/1040347

Fuel-service AS. (u.å.). *Rens av diesel i stasjonære tanker.* Hentet Mai 4, 2020 fra Fuel-service: https://fuel-service.no/dieselpolering-rens-av-diesel-i-tank/

Gasnor AS. (u.å.). *Energi og miljø.* Hentet Mars 31, 2020 fra Naturgass: https://gasnor.no/naturgass/energi-og-miljo/

Gasnor AS. (u.å.). *Typiske data naturgass.* Hentet Mai 8, 2020 fra Naturgass: https://gasnor.no/naturgass/typiske-data-naturgass/

Generator Source. (u.å.). *Natural Gas vs. Diesel Generators: Pros and Cons.* Hentet Mars 12, 2020 fra Generator Source: https://www.generatorsource.com/Natural_Gas_vs_Diesel_Generators.aspx

Glitre Energi AS. (2020). *HVORFOR BYTTE TIL GLITRE ENERGI?* Hentet Mars 17, 2020 fra Glitre ENERGI: https://www.glitreenergi.no/strom/hvorfor-bytte-til-glitre-energi/

Hofstad, K. (2019, April 11). *fornybare energikilder.* Hentet Februar 18, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/fornybare_energikilder

Jacobsson, K. A. (2007). Definitioner. I H. Blomquist (Red.), *ELKRAFTSYSTEM 1* (ss. 13-19). Malmo: Liber.

Klima- og miljødepartementet. (2019, Mars 19). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk.* Hentet Februar 10, 2020 fra Regjeringen.no: https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/

LEL International. (2017, September 11). *Natural Gas vs. Diesel Generators: Which One is Right for You?* Hentet Mars 12, 2020 fra LEL CRITICAL: https://www.wearelel.com/critical/blog/natural-gas-vs-diesel-generators-which-one-is-right-for-you

Lindgren, C. (2008). Speciella krav på strömförsörjning. I H. Blomquist (Red.), *ELKRAFTSYSTEM 2* (ss. 38-39). Stockholm: Elanders Sverige.

Liseter, I. M. (2019, September 23). *avbruddsfri strømforsyning.* Hentet Mai 16, 2020 fra Store Norske Leksikon: https://snl.no/avbruddsfri_str%C3%B8mforsyning

Lovdata. (2018, Mai 29). *Lovdata.* Hentet Februar 11, 2020 fra Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1998-11-06-1060

Lovdata. (2020, Januar 1). *Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften).* Hentet April 26, 2020 fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_8#KAPITTEL_8

Lundberg et al., N. H. (2019, Mai 15). *naturgass.* Hentet April 7, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/naturgass

Lundberg, N. H. (2018, November 16). *diesel.* Hentet Mai 3, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/diesel

Løvik, H. (2018, Juli 4). *Norge produserer 98 prosent fornybar kraft, men bruker 46 prosent fossil varmekraft fra Europa.* (J. M. Moberg, S.-E. Hole, O. P. Pedersen, & T. Haugstad, Red.) Hentet Mars 30, 2020 fra Tekninsk Ukeblad - OPPRINNELSESGARANTIER: https://www.tu.no/artikler/i-norge-produserer-vi-98-prosent-fornybar-kraft-men-vi-bruker-hele-57-prosent-fossil-varmekraft-fra-europa/441422

Martinussen, K. (2017, Mai 18). *Biogass - verdifullt, effektivt og med dobbel klimanytte.* Hentet Mars 10, 2020 fra Avfall Norge: https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/biogass-verdifullt-effektivt-og-kliman%C3%B8ytralt

MTU. (u.å). *Energy Storage System.* Hentet April 29, 2020 fra https://www.mtu-solutions.com/eu/en/applications/power-generation/power-generation-products/energy-storage.html

MTU. (u.å.). *Biogas Generator Sets.* Hentet April 5, 2020 fra https://www.mtu-solutions.com/eu/en/applications/power-generation/power-generation-products/gas-generator-sets/biogas-generator-sets.html

MTU. (u.å.). *MTU 0080 DS – MTU 0225 DS.* Hentet April 4, 2020 fra https://www.mtu-solutions.com/eu/en/applications/power-generation/power-generation-products/diesel-generator-sets.html

NAF. (u.å.). *Alt du må vite om drivstoff.* Hentet Februar 25, 2020 fra NAF veihjelp: https://www.naf.no/tips-og-rad/bilhold/teknisk-om-bilen/alt-du-ma-vite-om-drivstoff/#Diesel

Naturvernforbundet. (1996, Mai 20). *Store CO2-utslipp fra vannkraft.* Hentet Februar 26, 2020 fra Naturvernforbundet: https://naturvernforbundet.no/naturogmiljo/import/store-co2-utslipp-fra-vannkraft-article12429-1009.html

NEK. (2018). *NEK 400-7-712 Strømforsyning med solcellesystemer (PV-systemer).* Hentet fra Norsk Elektrotetknisk Komite: https://www.nek.no/wp-content/uploads/2017/12/NEK400-7-712_BETA_2017-12-15.pdf

Nikolaisen, P.-I. (2016, Oktober 31). *Grønt kappløp: Dette er de reneste og skitneste solcellene.* Hentet Mars 3, 2020 fra TU: https://www.tu.no/artikler/gront-kapplop-dette-er-de-reneste-og-skitneste-solcellene/363458

Nord Pool. (2020, Mai 16). *Day-ahead prices.* Hentet Mai 16, 2020 fra NORD POOL: https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/NO/Hourly/?view=table

Nord Pool AS. (2019, Desember 30). *Day-ahead prices.* Hentet Mai 3, 2020 fra NORD POOL: https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/NO/Daily1/?view=chart

Norges Bondelag. (2011, Juni). *Fakta om BIOGASS.* Hentet Mars 10, 2020 fra Norges Bondelag: https://www.bondelaget.no/getfile.php/13123523-1372659898/MMA/Nettbutikk/Kunnskapsmateriell/Biogass%20fakta.pdf

Norsk solenergiforening. (u.å.). *HVORFOR SOLENERGI?* Hentet Februar 18, 2020 fra NORSK SOLENERGIFORENING: https://www.solenergi.no/hvorfor-solenergi

Norsk solenergiforening. (u.å.). *SOLCELLER.* Hentet Mars 3, 2020 fra NORSK SOLENERGIFORENING: https://www.solenergi.no/solstrm

NVE. (2019, November 1). *Nasjonal varedeklarasjon 2018.* Hentet Mars 30, 2020 fra NVE: https://www.nve.no/energiforsyning/varedeklarasjon/nasjonal-varedeklarasjon-2018/

NVE. (2019, November 4). *Opprinnelsesgarantier og varedeklarasjon.* Hentet Mars 30, 2020 fra NVE: https://www.nve.no/energiforsyning/opprinnelsesgarantier-og-varedeklarasjon/

Oljevedlikehold AS. (u.å.). *BAKTERIEVEKST I MINERALSKE OLJER.* Hentet Februar 25, 2020 fra Oljevedlikehold AS: https://www.oljevedlikehold.no/hjem/dieseldyr

Oljevedlikehold AS. (u.å.). *DIESEL.* Hentet Februar 25, 2020 fra Oljevedlikehold AS: https://www.oljevedlikehold.no/hjem/diesel

Pedersen, B. (2017, Desember 12). *biodiesel.* Hentet April 17, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/biodiesel

Persson, C. P. (2019, Mars 26). *Er 97 prosent av forskerne enige om at klimaendringer er menneskeskapte?* Hentet Februar 10, 2020 fra forskning.no: https://forskning.no/klima-om-forskning-samfunn/er-97-prosent-av-forskerne-enige-om-at-klimaendringer-er-menneskeskapte/1302695

PV CYCLE. (u.å.). *GLOBAL.* Hentet April 23, 2020 fra http://www.pvcycle.org/services/global/

PV CYCLE. (u.å.). *PV CYCLE.* Hentet April 23, 2020 fra http://www.pvcycle.org/

Rohde, T. (2011). *Brukstid for areal i sykehus.* Norsk Forskningsråd.

Rosvold, K. A., & Mæhlum, L. (2017, Desember 12). *gasskraftverk.* Hentet April 14, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/gasskraftverk

Rosvold, K. A., Mathiesen, S., & Gunvaldsen, I. (2019, Juli 24). *batteri.* Hentet Februar 20, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/batteri

Røsholm, J. (2019, September 25). *LITIUM-ION BATTERI ER FREMTIDEN.* Hentet Mars 3, 2020 fra Elektronikkbransjen: https://www.elektronikkbransjen.no/artikler/litium-ion-batteri-er-fremtiden/465001

Sarsten, A., & Ellingsdalen, Ø. (2019, Juni 11). *dieselmotor.* Hentet Mars 2, 2020 fra Store norske leksikon: https://snl.no/dieselmotor

SINTEF. (2015, September 24). *CABRISS – Implementation of a circular economy based on recycled, reused and recovered indium, silicon and silver materials for photovoltaic and other applications.* Hentet April 23, 2020 fra Projects: https://www.sintef.no/en/projects/cabriss-implementation-of-a-circular-economy-based/

SINTEF. (2015, September 24). *CABRISS – Implementering av en sirkulær økonomi basert på resirkulert, gjenbrukt og gjenvunnet indium, silisium og sølvmaterialer for solceller og andre applikasjoner.* Hentet April 22, 2020 fra Prosjekter: https://www.sintef.no/prosjekter/cabriss-implementation-of-a-circular-economy-based/

SINTEF. (u.å.). *Energibruk i næringsbygg.* Hentet Mars 1, 2020 fra https://www.sintef.no/globalassets/project/interact/glimt-1_-energibruk-i-naringsbygg.pdf

Standard Norge. (2017, August 1). *NS-EN 590:2013+A1:2017.* Hentet April 20, 2020 fra https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=928453

UngEnergi. (2019, Juli 16). *Solceller.* Hentet Februar 18, 2020 fra UngEnergi: https://ungenergi.no/energikilder/solenergi/solceller/

Weber, C., & Amundsen, A. H. (2016). *Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel: HVO.* Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI). Hentet April 16, 2020 fra https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43045

Öhlén, C. (2007). Skydd av olika systemdelar. I H. Blomquist (Red.), *ELKRAFTYSTEM 1* (ss. 325-331). Malmö: Liber AB.

NTNU

Kunnskap for en bedre verden