

Kan Longyearbyens energibehov  
dekkes av kjernekraft?  
- En mulighetsstudie

Kristina Kvitne  
Matilde Waage Eikill  
Maria Blankenburgh Nilsen

Bacheloroppgave i Energiteknologi  
Bergen, Norge 2024





# Kan Longyearbyens energibehov dekket av kjernekraft?

## – En mulighetsstudie

Kristina Kvitne  
Matilde Waage Eikill  
Maria Blankenburgh Nilsen

Institutt for Maskin- og Maritime Studium  
Høgskulen på Vestlandet  
NO-5063 Bergen, Norge

Høgskulen på Vestlandet  
Fakultet for Teknologi, Miljø- og Samfunnsvitskap  
Institutt for Maskin- og Maritime Studium  
Inndalsveien 28  
NO-5063 Bergen, Norge

Omslag fotografi © Norbert Lümmer

English title: Can Longyearbyen's energy needs be met by nuclear power? – A feasibility study

Forfatter(e), studentnummer: Kristina Kvitne, 596226  
Matilde Waage Eikill, 602092  
Maria Blankenburgh Nilsen, 596231

Studieprogram: Energiteknologi  
Dato: Mai 2024  
Rapportnummer: IMM 2024-M78  
Veileder ved HVL: Nils Ottar Antonsen  
Oppdragsgiver: Norsk Kjernekraft AS  
Oppdragsgivers referanse: Øyvind Aas-Hansen

Antall filer levert digitalt: 18

## Forord

Dette prosjektet ble utarbeidet våren 2024 i forbindelse med bacheloroppgave i Energiteknologi ved Institutt for Maskin- og Maritime Studium (IMM) ved Høgkolen på Vestlandet (HVL) med prosjektnummer M78. Intern veileder for prosjektet var Nils Ottar Antonsen, som er assisterende instituttleder ved IMM. Oppgaven er gitt av Norsk Kjernerkeft AS med ekstern veileder Dr. Øyvind Aas-Hansen.

Prosjektet har utredet muligheten for at energibehovet i Longyearbyen kan dekkes av en mikro modulær reaktor (MMR).

Stor takk til Dr. Jonny Hesthammer, Dr. Øyvind Aas-Hansen, Steffen Sæle og Håvard Kristiansen fra Norsk Kjernerkeft AS og Nils Ottar Antonsen fra HVL for innspill og veiledning underveis i prosjektperioden.

En særskilt takk blir også rettet til Mons Ole Sellevold i Store Norske Energi AS, Gunn Irene Hommedal Kvitne, statsautorisert regnskapsfører, og Svalbardposten for stor hjelp, gode innspill og tips underveis i oppgaven.

Takk til deltakerne i spørreundersøkelsen, som tok seg tid til å svare og ga gruppen fine innspill til problemstillingen.





## Sammendrag

Rapporten diskuterer muligheten for å dekke behovet for elektrisitet i Longyearbyen ved hjelp av en mikro modulær reaktor (MMR). Kullkraftverket som har dekket behovet for strøm og varme i Longyearbyen hadde sin siste produksjonsdag i oktober 2023. Etter denne dato overtok reservekraftverket, som har 6 diesellaggregater, leveransen av strøm og varme. Dette er en foreløpig løsning inntil man finner en mer bærekraftig energiforsyning som ivaretar forsyningssikkerheten til en akseptabel kostnad. Denne studien undersøker om en MMR kan være et alternativ for å møte Longyearbyens energibehov, med fokus på økonomisk bærekraft, sikkerhet og lokal aksept.

Longyearbyen på Svalbard står, i likhet med andre arktiske og avsidesliggende samfunn, ovenfor utfordringer knyttet til å bytte ut diesel med mer miljøvennlige energikilder. Samfunnet i Longyearbyen er avhengig av strøm og varme, og kjernekraft er en karbonnøytral energikilde som produserer kontinuerlig termisk og elektrisk energi. Ved hjelp av metoder som energi- og økonomiberegninger ble lønnsomheten til prosjektet kartlagt og man fant ut at en MMR vil kunne dekke behovet til Longyearbyen uten å generere for mye overskudd.

Det ble utført en spørreundersøkelse blant innbyggerne på Svalbard for å kartlegge holdninger og kunnskap om kjernekraft, noe som gav innsikt i hvordan en MMR ville blitt mottatt. Dette ble positivt mottatt med hele 79% som svarte at de var for kjernekraft på Longyearbyen.

Selv om MMR viser seg å være økonomisk gunstig og bærekraftig, vil implementeringen ta tid. Usikkerhet rundt kostnader og tidsperspektiv, sammen med behovet for rask omstilling, utfordrer MMR som en umiddelbar løsning. Overgangen fra kull til diesel har skapt press for en langsiktig og bærekraftig energiløsning. Rapporten vurderer MMR som levedyktig, men realisering vil ta opptil 20 år grunnet utvikling av lovverk og byggeprosess. Dette svarer ikke på det presserende behovet som Longyearbyen har for en stabil energiforsyning innen 2030.





## Abstract

The report discusses the potential to address Longyearbyen's electricity needs using a Micro Modular Reactor (MMR). The coal-fired power plant, which previously supplied electricity and heat to Longyearbyen, had its last production day in October 2023. Following this, a backup power plant equipped with six diesel generators took over the supply of electricity and heat. This serves as a temporary solution until a more sustainable energy source can be identified, one that ensures supply reliability at a reasonable cost. This study examines whether an MMR could serve as an alternative to meet Longyearbyen's energy needs, focusing on economic sustainability, safety, and local acceptance.

Like other Arctic and remote communities, Longyearbyen on Svalbard faces challenges in replacing diesel with more environmentally friendly energy sources. The community relies on electricity and heat, and nuclear power presents itself as a carbon neutral energy source, providing continuous thermal and electrical energy. Using methods such as energy and economic calculations, the profitability of the project was assessed, concluding that an MMR would meet Longyearbyen's needs without generating excessive surplus.

A survey was conducted among Svalbard residents to assess attitudes and knowledge about nuclear power, providing insight into how an MMR would be received. This was positively received, with 79% expressing support for nuclear power in Longyearbyen.

Although MMR proves to be economically favorable and sustainable, implementation will take time. Uncertainties regarding costs and timelines, along with the need for rapid adaptation, challenge MMR as an immediate solution. The transition from coal to diesel has heightened the urgency for a long-term and sustainable energy solution. The report assesses MMR as viable, but realization could take up to 20 years due to the development of legislation and the construction process. This does not address Longyearbyen's urgent need for a stable energy supply by 2030.

*The abstract has been translated by the AI tool ChatGPT and quality-checked by the group members.*



## Innhold

Forord .....	V
Sammendrag .....	VII
Abstract .....	IX
Nomenklatur .....	XV
1. Introduksjon .....	1
1.1 Problemstilling .....	2
2. Metode .....	3
2.1 Teoretisk fremgangsmåte .....	3
2.2 Spørreundersøkelse .....	4
2.3 Innhenting av informasjon .....	5
3. Teori .....	7
3.1 Svalbard .....	7
3.1.1 Biologisk mangfold .....	7
3.1.2 Distribusjons- og fjernvarmenettet .....	8
3.1.3 Energiplan Longyearbyen .....	9
3.2 Hvorfor bruke kjernekraft? .....	9
3.2.1 Fisjon .....	10
3.2.2 Ulike generasjoner kjernekraftverk .....	11
3.3 Små og mikro modulære reaktorer .....	11
3.3.1 Mulige kjernereaktorer for Longyearbyen .....	13
3.4 Ulike aspekt ved kjernekraft som energikilde .....	15
3.4.1 Positive sider ved kjernekraft .....	16
3.4.2 Utfordringer ved kjernekraft .....	17
3.5 Eksisterende og tidligere løsninger .....	19
3.5.1 Kullkraftverk .....	19
3.5.2 Diesellaggregat .....	20

3.5.3	Andre alternativer til fornybare løsninger .....	21
3.6	Brensel og tilgang .....	22
3.7	Arktiske strøk .....	22
3.7.1	Konstruksjon .....	23
3.8	Regelverk.....	23
3.8.1	Avfallshåndtering .....	25
4.	Resultat .....	27
4.1	Energi- og økonomiberegninger.....	27
4.1.1	Energiproduksjon .....	28
4.1.2	Energipriser .....	28
4.1.3	Lønnsomhet.....	29
4.1.4	Sammenligning av energi- og økonomiresultat .....	31
4.2	Drift .....	32
4.2.1	Drift- og vedlikeholdskostnader.....	33
4.2.2	Brensel.....	33
4.2.3	Forsikring .....	34
4.2.4	Dekommisjonering .....	35
4.2.5	Plassering av et eventuelt kraftverk .....	36
4.3	Spørreundersøkelse.....	37
4.3.1	Feilkilder rundt spørreundersøkelsen .....	43
4.4	Dødelighet .....	44
4.5	Forsyningssikkerhet.....	45
4.6	Tidsperspektiv .....	46
5.	Diskusjon .....	48
6.	Konklusjon.....	52
7.	Referanser .....	54
	Liste over Figurer .....	61

Liste over Tabeller .....	62
Liste over Formler.....	63
Vedlegg .....	64



## Nomenklatur

<i>¢/kWh</i>	=	<i>Cent per kilowatt hours</i>
<i>BWR</i>	=	<i>Boiling Water Reactor</i>
<i>CO<sub>2</sub></i>	=	<i>Karbondioksid</i>
<i>DSA</i>	=	<i>Direktoratet for strålevern og atomikkerhet</i>
<i>EU</i>	=	<i>Den Europeiske Union</i>
<i>FN</i>	=	<i>De forente nasjoner</i>
<i>GIF</i>	=	<i>Generasjon IV Internasjonal Forum</i>
<i>GWh</i>	=	<i>Gigawatt hours</i>
<i>IAEA</i>	=	<i>Det internasjonale atomenergibyåret</i>
<i>kg</i>	=	<i>Kilogram</i>
<i>km<sup>2</sup></i>	=	<i>Kvadratkilometer</i>
<i>kV</i>	=	<i>Kilovolt</i>
<i>kWh</i>	=	<i>Kilowatt hours</i>
<i>kWp</i>	=	<i>Kilowatt Peak</i>
<i>LCA</i>	=	<i>Life Cycle Assessment</i>
<i>LWR</i>	=	<i>Lettvannsreaktor</i>
<i>MMR</i>	=	<i>Mikro modulær reaktor</i>
<i>MNOK</i>	=	<i>Millioner norske kroner</i>
<i>MW</i>	=	<i>Megawatt</i>
<i>MW(e)</i>	=	<i>Megawatt elektrisk</i>
<i>MWd/t</i>	=	<i>Megawatt day per tonne</i>
<i>MWh</i>	=	<i>Megawatt hours</i>
<i>NFD</i>	=	<i>Nærings- og fiskeridepartementet</i>
<i>NKK</i>	=	<i>Norsk Kjernekraft AS</i>
<i>NND</i>	=	<i>Norsk Nukleær Dekommisjonering</i>
<i>NOK</i>	=	<i>Norske kroner</i>
<i>NVE</i>	=	<i>Norges vassdrags- og energidirektorat</i>
<i>OED</i>	=	<i>Olje- og energidepartementet</i>
<i>PPM</i>	=	<i>Parts per million</i>
<i>PWR</i>	=	<i>Pressurised Water Reactor</i>
<i>ROS</i>	=	<i>Risiko og sårbarhetsanalyse</i>
<i>SE</i>	=	<i>Spesifikk Energipris</i>
<i>SEAS</i>	=	<i>Svalbard Energi AS</i>
<i>SMR</i>	=	<i>Små modulære reaktorer</i>
<i>SNSK</i>	=	<i>Store Norske Spitsbergen Kulkompani</i>
<i>SV</i>	=	<i>Spesifikk Varmepris</i>
<i>UNIS</i>	=	<i>Universitetet på Svalbard</i>





## 1. Introduksjon

Norges eneste kullkraftverk, Longyear Energiverk hadde sin siste produksjonsdag 19. oktober 2023 [1]. I løpet av oktober gikk Longyearbyen på Svalbard over til å få strøm og varme fra dieselmotorer og dieselkjeler i det som hittil har vært et reservekraftverk med seks aggregater [2]. Dette er en foreløpig løsning inntil man finner mer bærekraftige energiforsyninger som ivaretar forsyningssikkerheten til en akseptabel kostnad. Denne overgangen krever en balanse mellom økonomisk utvikling, sosial aksept og miljøbeskyttelse, hvor innføringen av rene og bærekraftige energiløsninger spiller en nøkkelrolle. En gjennomgang av verdens energibehov viser at fossile energikilder ikke lenger strekker til eller er forsvarlige på lang sikt, hverken miljømessig eller økonomisk. Dette er spesielt tydelig på et avsidesliggende og isolert sted som Svalbard, hvor energiforsyning og energiproduksjon møter unike utfordringer. Dette gir en spennende mulighetsstudie for bruk av kjernerkraft som en mulig løsning for bærekraftig energi.

Som et av de nordligste bebodde områdene i verden, representerer Longyearbyen en viktig tilstedeværelse for Norge i Arktis. Svalbardtraktaten fra 1920 gir Norge suverenitet over øygruppen [3], samtidig som den etablerer et demilitarisert område og åpner for like rettigheter for andre nasjoner til å drive kommersiell virksomhet og forskning der. Denne traktaten gjør Longyearbyen på Svalbard til et unikt geologisk knutepunkt, der Norge ikke bare må opprettholde internasjonalt samarbeid og tillit, men også ivareta egne interesser. I flere år har hovedmålene for Svalbardpolitikken vært preget av stor tverrpolitisk enighet om å sikre fred og stabilitet, beskytte miljøet og bevare øygruppens unike natur, samt å fremme forskning og bærekraftig utvikling.

En av de største utfordringene i Longyearbyen er den arktiske beliggenheten, som gjør forsyningssikkerheten av strøm og fjernvarme svært kritisk. Historisk sett har energiforsyningen i byen vært dominert av kullkraftverk, men grunnet bekymringer angående klimaendringer og lokale miljøpåvirkninger, har det vært et økende press for overgang til mer bærekraftige energikilder.

De nåværende planene for energiforsyning i Longyearbyen inkluderer overgangen til mer fornybare og miljøvennlige energikilder som vind- og solenergi, samt utbygging av en batteripark. I denne oppgaven vil gruppen undersøke om en mikro modulær reaktor (MMR) kan være et bedre alternativ for å møte Longyearbyens behov for strøm og varme. MMR representerer en ny tilnærming til kjernekraft, med mindre, modulære reaktorer som kan tilpasses lokale behov og være mer kostnadseffektive og sikrere enn et konvensjonelt kjernekraftverk. Denne tilnærmingen vil bidra til å utforske innovative løsninger for energiforsyning i arktiske samfunn, samtidig som man tar hensyn til de unike utfordringene og behovene som Longyearbyen står ovenfor.

### **1.1 Problemstilling**

Formålet med oppgaven var å undersøke om det var mulig å dekke Longyearbyens energibehov ved hjelp av kjernekraft. I oppgaven ble det undersøkt om prosjektet var økonomisk lønnsomt, i tillegg til muligheter og utfordringer dette kunne medføre. Den endelige problemstillingen ble følgende:

*Kan energibehovet til oppvarming og elektrisitet i Longyearbyen, dekkes av en mikro modulær reaktor (MMR)?*

Det ble utredet mulighetene for en mikro modulær reaktor ved Longyearbyen som en bærekraftig energiforsyning, i stedet for dagens diesellaggregat og dieselkjeler. Det ble også sett nærmere på hvordan man søker konsesjon om kjernekraft, og hvor lang tid det eventuelt kan ta før en MMR er på plass.

## 2. Metode

Gruppen har kartlagt forutsetningene og sett på både fordeler og ulemper med en MMR i Longyearbyen på Svalbard. For å kunne besvare problemstillingen har gruppen brukt forskjellige metoder, som energi- og økonomiberegninger, for å finne ut av dette.

For at prosjektet skal løses på best mulig måte har gruppen hentet inn info om eksisterende kjernekraftverk og kjernekraftverk under utvikling. Deretter ble det sammenlignet med andre løsninger og drøftet. I dette tilfellet er det et konkret prosjekt på en spesifikk plass som gruppen har valgt å se på, og derfor har det også blitt foretatt en anonym spørreundersøkelse for mennesker med tilknytning til Svalbard for å kartlegge hvordan et eventuelt kjernekraftverk ville blitt tatt imot av innbyggerne i Longyearbyen.

### 2.1 Teoretisk fremgangsmåte

Gruppen har foretatt energi- og økonomiberegninger for å kunne sammenligne og drøfte muligheter med kjernekraft. Investeringskostnader, drift og vedlikehold, renter, levetid og spesifikk energipris er alt viktig for å kartlegge mulighetene.

Energiberegninger viser hvor mye et kraftverk kan produsere i termisk og elektrisk energi. Man har en inputverdi, i form av effekt, som multipliseres med virkningsgrad og driftstid som gir en outputverdi, som representerer energikapasitet.

$$\text{Inputverdi [W]} \cdot \text{Virkningsgrad} \cdot \text{Driftstid [h]} = \text{Outputverdi [Wh]} \quad (1)$$

På denne måten har gruppen kartlagt hvor mye energi et kjernekraftverk produserer og sett om det oppfyller kravene som er satt. I dette tilfellet er kravet hvor mye strøm og fjernvarme innbyggerne og virksomhetene i Longyearbyen bruker.

For å finne ut om det er økonomisk lønnsomt må en regne ut nåverdi. Nåverdi (NV) er gitt ved

$$NV [kr] = B \cdot \left[ \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \right] - I_0 \quad (2),$$

hvor B er netto årlig kontantstrøm ved salg av energi, r er renter/100, n er levetid og  $I_0$  er investeringskostnader. Hvis nåverdien er positiv så er prosjektet per definisjon lønnsomt. I formelen er ikke restverdi tatt med, og det er forutsatt samme netto kontantstrøm hvert år. Det blir diskutert hvorvidt man skal ha med et ledd med restverdi basert på kostnader for

dekommisjonering. Den vil da bli trukket fra på samme måte som investeringskostnadene med  $S \cdot (1 + r)^{-n}$ , hvor S er negativ restverdi.

For å finne restverdien er man nødt å se på hva det årlige beløpet som blir satt av til dekommisjonering vil være etter n år. Sluttverdiformelen er gitt ved

$$S [kr] = \frac{a}{r} [(1 + r)^n - 1] \quad (3),$$

Hvor a er annuiteten, altså et konstant beløp som blir satt av årlig til dekommisjonering.

Spesifikk energipris (SE) og spesifikk varmepris (SV) er gitt ved

$$SE/SV = \frac{\text{Årskostnad}}{\text{Energi/Varme}} \left[ \frac{kr}{kWh} \right] \quad (4),$$

og hjalp gruppen med å kartlegge hva prisen for energi kan bli. Årskostnadene er summen av kapitalkostnader, energikostnader og drift- og vedlikeholdskostnader. Energiforbruk er kostnader for årlig energiforbruk, og driftskostnader er hva som er budsjettet for årlig drift og vedlikehold. Spesifikk varmepris er gitt ved samme formel som spesifikk energipris, hvor energien blir byttet ut med varme. Kapitalkostnader er gitt ved

$$\text{Kapitalkost. [kr]} = A \cdot \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] \quad (5),$$

hvor A er kapitalverdien, r er rente/100 og n er levetid. Beregninger som dette er viktig for å kunne sammenligne forskjellige løsninger på kraftverk, og se om kjernekraft kan stille på lik linje som andre alternativer. Dette ligger i grunn for videre diskusjon av prosjektet. Beregningene tar ikke forbehold om inflasjon, skatter, byggetid og uforutsette utgifter.

Disse formlene er hentet fra undervisning og undervisningsnotater i faget MAS123: Energi: Forbruk, kilder og teknologi, på Høgskulen på Vestlandet.

## 2.2 Spørreundersøkelse

Det har vært gjennomført en spørreundersøkelse. Ved hjelp av verktøyet SurveyXact ble det laget en anonym undersøkelse som ikke samler inn noe form for persondata annet enn kjønn, aldersgruppe og utdanning. Undersøkelsen var på syv spørsmål hvor deltakeren helst skulle kartlegge sin kunnskap om kjernekraft.

Spørsmålene som ble stilt i undersøkelsen vises i Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Spørsmål som ble stilt i spørreundersøkelse

Spørsmål	Svaralternativ				
<b>Bor du på Svalbard pr. dags dato?</b>	Ja		Nei		Har bodd der tidligere
<b>Hvor gammel er du?</b>	18-25 år	26-35 år	36-45 år	46-55 år	55+ år
<b>Hvilket kjønn har du?</b>	Mann		Kvinne		Annet
<b>Utdanningsnivå</b>	Ungdomsskole og videregående studiespesialiserende		Fagbrev	Høyere utdanning bachelornivå	Høyere utdanning master-/doktorgrad
<b>Hva er din kunnskap om kjernekraft?</b>	God		Middels	Lite	Ingen
<b>Er du åpen for utbygging av kjernekraft i Longyearbyen?</b>	Ja		Nei		Har ikke nok kunnskap
<b>Gjerne begrunn svaret ditt</b>	Kort begrunnelse av svaret				

Undersøkelsen ble distribuert i Facebook-gruppen «Ros & Info Longyearbyen» hvor prosjektgruppens medlemmer postet et innlegg med informasjon om bacheloroppgaven og hva undersøkelsen gikk ut på. Det kom inn 141 svar, hvor 135 av disse svarte på alle spørsmålene i undersøkelsen.

### 2.3 Innhenting av informasjon

Gruppen har vært i kontakt med representanter fra Longyearbyen lokalstyre for å finne ut av informasjon om hvor man kan distribuere spørreundersøkelsen. Det har også vært knyttet kontakt med Mons Ole Dyvik Sellevold i Svalbard Energi AS, som har gitt god informasjon rundt energiforbruk, lønn, plassering av eventuelle kraftverk og lignende i Longyearbyen. I tillegg til gruppens veileder i Norsk Kjernekraft AS, Øyvind Aas-Hansen, har man vært i kontakt med Håvard Kristiansen og Steffen Sæle i samme firma. Da gruppen skulle diskutere kostnader innenfor forsikring ble det sendt e-post til kommunikasjonssjef i Gjensidige, Christian Haraldsen, som besvarte spørsmål angående dette. Gruppen har også brukt

Energiplanen som Longyearbyen lokalstyre har utformet i innhenting av informasjon om tidligere og fremtidige planer om energiproduksjon. Om spørsmål rundt konsesjon og søknader på Svalbard har gruppen vært i kontakt med seniorrådgiver på Energiavdelingen i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Olav Karstad Isachsen.

## 3. Teori

I en artikkel postet av sysselmesteren på Svalbard 18. mars 2024 kommer det frem at Longyearbyen har utfordringer med energiforsyningen [4]. Sysselmesteren har anmodet Forsvaret om ekstra aggregater for å styrke energiforsyningen i byen. Dette blir gjort for å styrke reservekapasiteten og det er viktigere enn noen gang å sikre stabil energitilførsel til Svalbard.

Hensikten med denne rapporten er å undersøke om en mikro modulær reaktor (MMR) eller små modulære reaktorer (SMR) er egnet energikilde til å dekke Longyearbyens behov for energi. En vil søke å finne svar på dette ved å sammenlikne og analysere reaktorenes design og teknologi og ved å se på behovet til Longyearbyen.

### 3.1 Svalbard

Svalbard er en arktisk øygruppe som utgjør en del av kongeriket Norge. Den største øyen heter Spitsbergen og blir regnet som hovedøyen, der administrasjonssenteret er Longyearbyen [5]. Svalbard administreres av en sysselmester oppnevnt av den norske Kongen. Svalbard har 3 042 innbyggere [6], hvorav 2 617 bor i Longyearbyen og Ny-Ålesund [7] per 1. halvår 2024. Svalbard er et relativt tynt befolket område, med et landareal på 61 022 km<sup>2</sup>.

Svalbardtraktaten ble inngått 9. februar 1920 og trådte i kraft 14. august 1925 [3]. Dette er en internasjonal avtale som sikrer «Norges fulle og uinnskrenkende høihetsrett» over Svalbard, og norske lover og regler gjelder for området. Det er imidlertid full anledning for borgere og selskaper fra alle land som har sluttet seg til avtalen å bosette seg og å drive næringsvirksomhet, jakt og fiske i området.

Selv om Svalbard er en del av Norge, har Svalbard en spesiell juridisk status. Dette innebærer at Svalbard ikke er et fylke, kommune, eller eget valgdistrikt. Lokalstyret har ansvaret for noen spesifikke områder med myndighetsutøvelse, men det er viktig å merke seg at dette gjelder kun for Longyearbyen, ikke hele Svalbard [6].

#### 3.1.1 Biologisk mangfold

Dyrelivet på Svalbard er like unikt som landskapet, og består av isbjørn, polarrev, svalbardrein og ulike arter sel og hvaler. Bare 6-7 prosent av landarealet på Svalbard har vegetasjon. Trær og busker finnes ikke, og vegetasjonen består i hovedsak av ulike typer mose og lav [5]. Svalbard er også et viktig senter for forskning, med institusjoner som

Svalbard globale frøhvelv [8]. For å oppnå en bærekraftig fremtid i Longyearbyen er det viktig å sikre at det nye energisystemet er tilpasset de faktiske behovene byen har, og unngår unødige inngrep i den sårbare naturen.

Bosetningene på Svalbard har historisk sett vært knyttet til gruvevirksomhet, og det har vært kullselskapet, Store Norske, som eide og drev de fleste bosetningene [7]. Nå som gruvene er nedlagt er det arbeidsplasser innen turisme og forskning som har overtatt etter industrien [5]. Befolkningen på Svalbard utvikler seg mot å bli mer familieorientert, med et bredt spekter av sosiale og kulturelle aktiviteter.

### **3.1.2 Distribusjons- og fjernvarmenettet**

Etter nedleggelsen av kullselskapet Store Norske, var det viktig for regjeringen å legge til rette for at Longyearbyen skulle være et levedyktig lokalsamfunn som er attraktivt for familier [9]. Dette innebærer å tilrettelegge for nye næringer og infrastruktur som kan støtte et variert og bærekraftig samfunn på Svalbard.

Distribusjonsnettet for elektrisitet i Longyearbyen er en blanding mellom kabel og luftledning med nett på 11 kV og 22 kV av varierende kvalitet og alder, som trenger oppfølging og utskiftning snarest [10]. Fjernvarmenettet i Longyearbyen dekker sentrum av byen, Nybyen, havna, Hotellneset og flyplassen, og også her varierer alder og tilstand. Flere av de eldre rørføringene er dårlig isolert og preget av slitasje grunnet dårlig prosessvann. Forbedret styring av fjernvarmen, økt kvalitet på prosessvannet, og vedlikehold av varmevekslere og radiatorer kan potensielt redusere behovet av sirkulert vann og øke utnyttelsen av fjernvarmen. Forsyningsnettet for både elektrisitet og fjernvarme er relativt godt utbygget og har god dekning, men det er enkelte svakheter og det trengs større vedlikehold og utbedringer. Distribusjonsnettet har også begrenset kapasitet til å møte et økt kraftbehov, og trenger derfor å styrkes.

Energisystemet i Longyearbyen er et lukket system og det må til enhver tid være balanse mellom produksjon og forbruk på kraftnettet. For å sikre stabil og trygg leveranse som ivaretar krav til frekvens- og spenningskvalitet er det derfor hensiktsmessig med god koordinering, styring og regulering. Eier av all infrastruktur for distribusjon er lokalstyret gjennom Svalbard Energi, og det er de som ivaretar systemansvaret for området.



### **3.1.3 Energiplan Longyearbyen**

I energiplanen for Longyearbyen er fremtidig energibehov kartlagt som grunnlag for dimensjonering av fremtidig energisystem [10]. Sammen med regjeringens mål om å holde folketallet stabilt, forventes ikke energibehovet til Longyearbyen å øke fra dagens behov. I 2018 var energiforbruket i Longyearbyen 40 GWh elektrisk energi og 70 GWh termisk energi til å dekke fjernvarme, se vedlegg 7. Omstillingen til nye energikilder må balansere miljøhensyn med kostnadseffektivitet, for å sikre lave driftskostnader, men også en forutsigbar og stabil energitilgang for lokalsamfunnet.

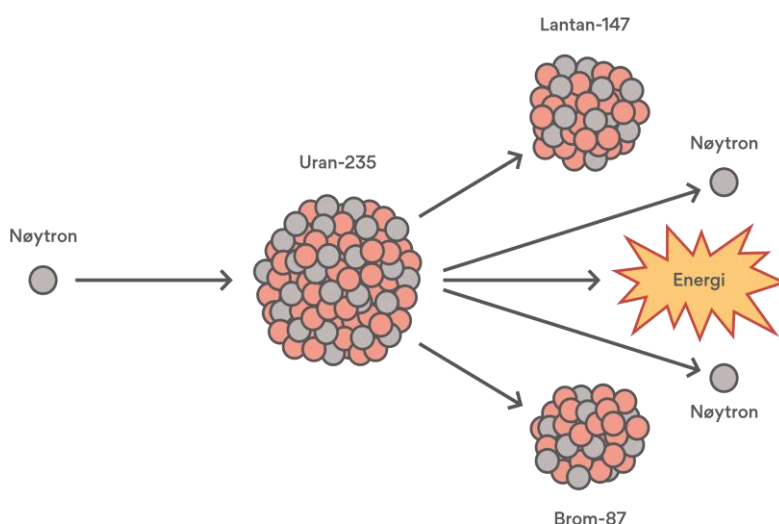
### **3.2 Hvorfor bruke kjernekraft?**

Det globale folketallet stiger, og behovet for elektrisk kraft øker. Om verden skal kunne nå de internasjonale klimamålene og forhindre konsekvensene av klimakrisen [11], må en ta i bruk innovativ og forbedret teknologi for å levere pålitelig og bærekraftig energi. Dette kan redusere verdens avhengighet av fossile brensler. Rundt 17% av verdens totale energiforbruk er fra fornybare energikilder [12]. Energi produsert fra fornybare kilder vil kunne skape bærekraftige byer og samfunn og støtte opp under FNs bærekraftsmål nr. 11. For å nå målene i Parisavtalen og være mer klimavennlig, er Norge nå i en pågående prosess hvor målet er å erstatte energi som er produsert fra fossile brensler med fornybar og bærekraftig energi.

Kjernekraft er den energien som frigjøres når en del av atomkjernens masse omdannes til energi, ved kjernefysisk fisjon [13]. Fisjon beskriver prosessen når en stor og tung atomkjerne splittes i to eller flere mindre kjerner, pluss noen frie nøytroner og energi. Ifølge FN er kjernekraft en viktig og utslippsnøytral energikilde som verden bør ta i bruk for å løse klimakrisen [12]. Kjernekraft er en karbonnøytral energikilde som har store evner for produksjon av varme og elektrisitet [14]. Dette bidrar til elektrisitetssikkerhet ved å opprettholde et stabilt strømnnett [15]. Selv om kjernekraft er en viktig lavutslippskilde for energi, er det delte meninger om teknologien. Flere mener at energikilden er trygg, nødvendig, og karbonnøytral, og påpeker også at vind- og solkraft ikke kan imøtekomme det fremtidige behovet for energi [16]. Andre viser til stråling, tidligere hendelser, radioaktivitet, og frykt for atomkrig i sin skepsis til teknologien. Ut fra livsløpsanalysene gjort av både FN og EUs vitenskapspanel, er kjernekraft den beste energikilden for natur, klima, folkehelse og økosystemer [17].

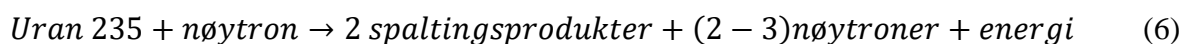
### 3.2.1 Fisjon

Kjernerkraftverk er en energikilde som produserer elektrisitet gjennom å kontrollere den kjernefysiske prosessen fisjon [18]. Fisjon er en reaksjon der atomkjernen deler seg i to eller flere mindre kjerner, samtidig som energi frigjøres. I fisjonsreaktorer er brenselet som benyttes Uran-235. Grunnstoffet uran er et metall som finnes i berggrunnen over store deler av verden, og som har to naturlig forekommende isotoper, Uran-235 og Uran-238. Selv om Uran-238 utgjør mesteparten av det totale uranet i verden, kan den ikke benyttes i en fisjonsreaktor, slik som Uran-235 kan. I fisjonsprosessen er det fisjonering av Uran-235 via en kollisjon med et nøytron som produserer energi [19]. Kollisjonen mellom urankjernen og nøytronet gjør urankjernen ustabil, og resulterer i spalting av kjernen. Spalting av urankjernen forårsaker to mindre atomkjerner, oftest Lantan-147 og Brom-87, men reaksjonen spalter også ut 2-3 nøytroner, samt energi i form av varme [13]. Nøytronene som er blitt utløst av uranspaltingen vil fortsette å kolliderer med uranatomer, som da vil føre til spalting og frigjøring av flere nøytroner og mer energi i en multipliserende effekt [19]. Når reaksjonen skjer gjentatte ganger, vil energi som frigjøres være i form av varme og stråling. Denne varmen brukes så til å varme opp kjølemiddelet, som ofte er vann, og omformer det til damp. Dampen brukes deretter til å spinne turbiner, som driver en generator, på samme måte som et kullkraftverk. Generatoren produserer så elektrisitet. Kontrollstaver med kadmium og bor har evnen til å absorbere nøytroner, og kan med det regulere aktiviteten i reaktoren [20].



Figur 3.1: Fisjon av uran-235 [13].

Energifrigjøringen under en fisjonsprosess kan formuleres på følgende måte [21]:



### 3.2.2 Ulike generasjoner kjernekraftverk

Den første og opprinnelige fasen av kjernekraftteknologi, var i perioden mellom 1940 og 1950, og omtales som generasjon I [22]. Hovedfokuset her var produksjon av elektrisitet, forskning og produksjon av materiale til kjernevåpen. Reaktorene i denne generasjonen var prototyper. Flertallet av dagens operasjonelle kjernekraftverk er fra generasjon II [22]. Reaktorer som faller under denne kategorien, ble produsert mellom 1960 og 1990. I denne kategorien er mye av teknologien forbedret, slik som sikkerhets- og pålitelighetssystemer. Effektiviteten er høyere og har generelt en bedre energiproduksjon. Reaktorene fra denne generasjonen er hovedsakelig letvannsreaktorer (LWR) hvor kokvannsreaktor (BWR) og trykkvannsreaktor (PWR) dominerer markedet [23].

Generasjon III/ III+ omfatter reaktorer som bygger videre på utviklet teknologi fra generasjon II [22]. Reaktorer som tilhører denne gruppen har en betydelig forbedring i sikkerhet, design, termisk effektivitet og drivstoffteknologi. Små modulære reaktorer (SMR) sin teknologi og design tilhører denne generasjonen. Reaktorer fra 1990 frem til i dag, refereres til som generasjon III/ III+.

Den siste generasjonen er gen IV, som medfører en radikal endring i reaktorteknologien [13]. Gen IV består av seks hoved teknologier, saltsmeltereaktor, gasskjølt hurtigreaktor, blykjølt hurtigreaktor, superkritisk vannkjølt reaktor, høytemperaturreaktor, og natriumkjølt hurtigreaktor [23]. Teknologien fra denne generasjonen tilbyr forskjellige drifts- og miljøforbedringer sammenliknet med eksisterende teknologi.

Kjernerkraftteknologi er stadig under utvikling, hvor forbedring av effektivitet og sikkerhet har vært i fokus. De ulike reaktorgenerasjonene viser hvordan teknologien har utviklet seg opp gjennom årene, og hvor langt den har kommet i dag, mot en mer effektiv og tryggere teknologi.

### 3.3 Små og mikro modulære reaktorer

Teknologien og designet i kjernekraftindustrien forbedres stadig, hvor blant annet kraftverkets applikasjoner er blitt forbedret [24]. Utviklingen, kunnskapen og teknologien rundt industrien har resultert i reaktortyper som har skapt global interesse, nemlig SMR og MMR. Den økende interessen for reaktorene er grunnet deres utmerkede egenskaper som effektiv arealbruk, forbedret sikkerhetssystemer, fleksibilitet og deres mindre størrelser [25]. SMR og MMR har et stort potensial innen kjernekraftindustrien, som kan medvirke positivt til verdens økende behov for fleksibel kraftproduksjon.

I dag finnes det mer enn 80 ulike SMR design og konsepter i forskjellig utviklingsstadier rundt omkring i verden [25]. SMR er mindre når det gjelder både størrelse og effekt sammenliknet med tradisjonelle kraftverk [26]. Reaktorene er konstruert til å produsere elektrisk kraft fra 10 MW(e) opp til 300 MW(e), noe som tilsvarer omkring en tredjedel av produksjonskapasiteten til tradisjonelle kraftverk. En av egenskapene og største fordel med SMR er standardisering og designforenkling, som kan resultere i en positiv innvirkning på kraftverkets investeringskostnader. Andre fordeler med tredje- og fjerdegenerasjonsreaktorer er at de er installert med et passivt sikkerhetssystem [27]. Disse sikkerhetssystemene sørger for at det ikke er behov for operatørrinnblanding eller elektrisitet for å iverksettes, og reaktoren kan automatisk stenges ned. I tillegg er SMR svært arealeffektivt, der reaktoren bruker rundt 2-3% av det totale landarealet til et tradisjonelt kraftverk. Sammenliknet med vind- og solkraft krever SMR et mye mindre areal og naturinngrep, samtidig som det produserer mer elektrisk kraft.

Grunnet sin mindre og modulære størrelse kan systemene og komponentene til SMR ferdigmonteres på fabrikker og transporteres ut til ønsket lokasjon for installasjon [26]. Teknologien og designet til SMR gir kraftverket muligheter til å være på steder som ikke er egnet for større kraftverk, for eksempel avsidesliggende steder som Longyearbyen. Selv med sin standardiserte størrelse og fleksibilitet tilbyr også SMR en vesentlig reduksjon i byggetid og planlegging. SMR kan enten installeres som et enkelt kraftanlegg eller som flermodulsanlegg, som vil si at de har evnen til å seriekobles [25]. En av SMRs mange fordeler er dens reduserte behov for påfylling av drivstoff. Hvor ofte de trenger påfyll kan variere fra 18 måneder til 7 år, avhengig av design og teknologi. Disse reaktorene har også potensialet til å kombineres sammen med fornybare energikilder som for eksempel sol- og vindkraft i et hybrid system.



Figur 3.2: Illustrasjon av GE Hitachi sin SMR, BWRX-300, [13].

MMR er reaktorer som har en vesentligere mindre størrelse enn SMR [28]. Mikro reaktorer er en underkategori av SMR som tilhører generasjonen Gen IV, hvor teknologien er svært umoden og i et tidlig stadium av utviklingsløpet [22]. MMR er utviklet for å produsere en mindre mengde elektrisk og termisk energi og har en elektriskproduksjonskapasitet opp til 10MW(e). I likhet med SMR blir også disse reaktortypene bygget i fabrikker, men her som et ferdig kraftverk før det blir transportert via veier eller skip til ønsket område og klar for drift. Dette fører til redusert byggekostnad og byggetid.



Figur 3.3: Illustrasjon av Westinghouse sin MMR, eVinci, [29].

Teknologien til SMR og MMR er fortsatt på et tidlig utviklingsstadium, men viser store potensialer som en levedyktig løsning innen kjernekraftindustrien. Med sitt modulære design, reduserte byggetid og investeringskostnader, avanserte teknologi og forbedrete sikkerhetssystemer, er disse reaktorene innovative innen reaktorteknologi. SMR eller MMR kan være en del av løsningen for Longyearbyen sitt energibehov.

### 3.3.1 Mulige kjernereaktorer for Longyearbyen

Tre ulike reaktorer av typen SMR og MMR blir i denne oppgaven sammenliknet mot hverandre, for å se hvilken reaktor som kan være mest gunstig for å dekke Longyearbyen sitt

behov, og bli en aktuell reaktor for byen. Reaktorene har ulike teknologi, både når det gjelder egenskaper og fordeler, men også i design. De tre reaktortypene som oppgaven tar for seg er: Rolls-Royce SMR, Westinghouse eVinci MMR og Westinghouse SMR. SMR-en til Rolls-Royce er en PWR. Westinghouse sin MMR eVinci er designet med kjøling ved hjelp av heatpipes, og deres SMR reaktor konstruert med integrert PWR design. Valget av MMR og SMR falt naturlig da det var lettest å finne informasjon om disse ulike reaktorene.

Rolls-Royce sin SMR er designet for å yte en elektrisk effekt på 470 MW(e) og 1358 MW(t) termisk effekt [30]. En SMR av Rolls-Royce vil okkupere et område på 21500 m<sup>2</sup> [31]. Med sin arealeffektivitet vil denne reaktortypen kreve omtrent en tidel av arealet sammenliknet med konvensjonelle kjernekraftverk [25]. Selskapet har også inngått et partnerskap med bedriften Norsk Kjernekraft AS, hvor formålet er å øke aksepten for kjernekraft i Norge, samt å utvikle prosjekter som kan realisere norske kjernekraftanlegg basert på SMR-er fra Rolls-Royce [32]. Denne avtalen vil ikke bare være en døråpner for Norge, men også for verden. Rolls-Royce er en av de internasjonale storaktørene som har kommet lengst i tilretteleggingen for å få kommersialisert SMR-reaktorer.

Westinghouse sin MMR eVinci symboliserer neste generasjons atomforskningsreaktor for fjernapplikasjoner [29]. eVinci er fortsatt i utviklingsfasen, men med sitt innovative design, vil reaktoren være en konkurransedyktig energikilde på pris [29], samt være en fleksibel kilde til varme og strøm [33]. eVinci vil kunne yte en elektrisk effekt på 5MW(e) og termisk effekt på 13MW(t) [29]. Heatpipes-teknologien har flere designfordeler ved seg, som forenklede systemer, økt pålitelighet, tap av kjølevæskeulykker reduseres, samt risiko forbundet med høyt systemtrykk reduseres [34]. Denne mikroreaktoren er gunstig på avsidesliggende og isolerte steder, som Longyearbyen, grunnet sin konstruksjon. I tillegg er mikroreaktoren installert med sikkerhetsfunksjoner som passiv varmefjerning og ulykkestolerant drivstoff, som øker sikkerheten til reaktoren [29].

Westinghouse sin SMR er av typen integrert PWR som produserer 800 MW(t) termisk energi og 225 MW(e) elektrisk energi [30]. Reaktordesignet til Westinghouse SMR er inspirert av teknologien og tidligere design fra Westinghouse. Denne typen SMR tar i bruk utprøvd teknologi og passive sikkerhetssystemer, for å oppnå de mest optimale sikkerhetsnivåene, samt reduksjon i antall anleggskomponenter som er nødvendig [35]. SMR-en vil kreve et landareal på 65000 m<sup>2</sup> [30].

Investeringskostnadene for de ulike kjernekraftverkene varierer, henviser til tabell 3.1. Av de to SMR-ene er det Rolls-Royce som har de høyeste investeringssummene, med 33 300 MNOK [22], mens Westinghouse sin SMR er noe lavere med 10 580 MNOK [36]. Derimot vil mikro reaktoren til Westinghouse ha en lavere pris på grunn av sin mindre størrelse. eVinci vil ha en forventet investeringskostnad på mellom 900 og 1200 MNOK, men kostnadene vil mest sannsynlig falle ned til 600 MNOK, når serieproduksjon av MMR-en starter opp [37]. I denne oppgaven tar man utgangspunkt i en investeringskostnad på 1200 MNOK.

Tabell 3.1: Oversikt over investeringskostnadene, drivstoffsyklus og forventet levetid til de ulike reaktorene.

Type SMR og MMR	Investeringskostnader (kr)	Drivstoffsyklus	Forventet levetid
<b>Rolls-Royce SMR</b>	33,3 milliarder	18 måned	60 år
<b>Westinghouse eVinci MMR</b>	0,6-1,2 milliarder	8+ år	40 år
<b>Westinghouse SMR</b>	10,58 milliarder	24 måneder	60 år

Både Rolls-Royce SMR og Westinghouse SMR har en forventet levetid på 60 år, mens Westinghouse MMR eVinci er konstruert for å være i drift i 40 år [30], se tabell 3.1. Teknologien og designet til reaktorene er ulike, spesielt når det kommer til kraftverkets behov for påfyll av drivstoff. eVinci har et redusert behov for drivstoffpåfyll, noe som er en stor fordel. Mikroreaktoren er konstruert til å gå i 8 år eller mer på maksimal kraft, før behovet for drivstoffs påfyll er nødvendig [29]. Rolls-Royce sin SMR må derimot påfylles hver 18. måned, mens SMR til Westinghouse er noe lengre med et påfyllingsbehov hver 24. måned, se tabell 3.1 [30].

### 3.4 Ulike aspekt ved kjernekraft som energikilde

For at verden skal kunne opprettholde sin nåværende levestandard, samtidig som energikilder med høye klimagassutslipp fases ut, trenger man nye energikilder og alternativer for kraftproduksjon [27]. Kjernekraft er et sensitivt og interessant tema innen kraftproduksjon, som har ført til store splittelser hos folk. Splittelsene har vært der siden 1950-tallet, da det første kraftverket sto klar til drift [38]. Mange mener at kjernekraft er løsningen på verdens økende behov for utslippsfri energi, og at det finnes ingen tryggere form for energiproduksjon, mens andre anser det som helt uaktuelt, og fremhever konsekvensene, risikoelementer og uløselige avfallshåndteringsproblemer [39].

### **3.4.1 Positive sider ved kjernekraft**

Høy energitetthet og stabil energikilde, stor leveringspålidelighet, effektiv arealbruk, karbonnøytral og konstant kraftproduksjon, er flere faktorer som kjennetegner kjernekraft [40]. Blant alle energikildene som produserer strøm, er kjernekraft en av energikildene med lavest døds- og utslippstall. Interessen for kjernekraft begynner å øke og flere påpeker at kjernekraft kan hjelpe å redusere menneskets avhengighet til fossile energikilder.

Forskning og utviklingsarbeid på kjernekraft i Norge er lav, selv med den økende interessen for energikilden. Med unntak av de nå nedlagte forskningsreaktorene på Kjeller og i Halden, har Norge nærmest ingen erfaring med kjernekraft og dens teknologi [41]. Forskningsmiljøet i Halden var verdensledende innen deler av forskningen på kjernekraft. En av de største fordelene med kjernekraft er at energikilden skaper store mengder energi [42] og produserer ikke utslipp som metan, CO<sub>2</sub> og svovel [43]. Den høye energitettheten til kjernekraft gjør energikilden mer relevant, grunnet reaktorens reduserte behov for drivstoff for å produsere samme mengde energi [44]. Kjernekraft anses som en energikilde med stort potensial, grunnet sin stabilitet og kapasitetsfaktor på over 93% [42].

Arealbruk og materialforbruk er en viktig faktor som må tas hensyn til når verden må redusere sin avhengighet til fossile kilder [45]. Sammenliknet med sol- og vindkraft skaper kjernekraft mer energi på et mindre landareal [46]. Oppskalering av fornybare energikilder resulterer i et økende behov for materialer. Sol- og vannkraft har et forbruk som krever henholdsvis 18 og 14 ganger mer materiale enn kjernekraft, mens vind har mer enn ti ganger så høyt materialbehov sammenliknet med kjernekraft, som krever mindre enn 1000 tonn per TWh [45].

I motsetning til vind og sol produserer kjernekraft energi uavhengig av værforholdene. Dette resulterer i en kontinuerlig og stabil energiproduksjon som gjør kjernekraft til en attraktiv energikilde.

En annen fordel med kjernekraft, er energikildens lange levetid. De konvensjonelle kjernekraftverkene fra 1970- og 1980-tallet som ble bygget i USA, hadde en estimert levetid på 30-40 år [19]. Grunnet mindre slitasje enn forventet og utbytting av slitte reaktordeler, har flere av disse kraftverkene vært i drift mye lenger enn først antatt. En rekke av disse reaktorene har vart opptil 60 år og enkelte reaktorer har vært i drift i 80 år. Teknologien og reaktordesignet på dagens reaktorer har utviklet seg en del på disse årene. Kjernekraftverk som bygges i dag er konstruert med en forventet levetid på 40-60 år. Teknologi som utnytter



fossile kilder har en levetid på 40 år, vindmøller kan være i drift i ca. 20-25 år og solceller i om lag 25-30 år.

Det blir antatt at SMR og MMR vil kunne ha evnen til å reguleres raskt, samt til å opprettholde en stabil elektrisitets- og varmeproduksjon [22]. Teknologien kan redusere og øke strømproduksjonen for å imøtekomme ulike krav fra strømmettet og svingninger i etterspørsel. Dette gjelder også i perioder med høy belastning, noe som er med på å forandre synet på kjernekraft i positiv retning. Konvensjonelle kjernekraftverk blir ofte brukt som en grunnlast [47].

Noe av det som gjør kjernekraft som energikilde så pålitelig og økonomisk effektiv for kraftproduksjon, er at kjernekraft ikke lar seg påvirke like lett av prissvingninger, som for eksempel en dieselmotor gjør [44]. I forhold til fornybare energikilder er kjernekraft dyrt. Renteutgifter ved lån, konstruksjonskostnadene og investeringskostnadene til kjernekraft er de største utgiftene, mye grunnet at kjernekraft er en industri med svært strenge sikkerhetskrav [21].

Ifølge livsløpsanalysene til FN og EUs vitenskapspanel, er kjernekraft den energikilden som er best egnet for både klima, økosystemer, folkehelse og natur [17]. En livsløpsanalyse, LCA (Life Cycle Assessment), er et verktøy som kartlegger og vurderer hele livsløpet til et produkt [48]. Faktorer som arealforbruk, forurensing, miljø og ressurspåvirkning og utslipp, inkluderes i slike analyser. Livsløpsanalysene som er blitt gjort på kjernekraftverk tar for seg hele livsløpet til energikilden, alt fra gruvedrift, dekommisjonering av anlegget etter endt levetid, utbygging, drift og avfallshåndtering [17]. Alle energikilder har positive og negative sider ved seg. Analysene som er blitt utført av EUs vitenskapspanel og FN påpeker at kjernekraft er minst like god som vind- og solkraft.

### **3.4.2 Utfordringer ved kjernekraft**

Motstanden mot kjernekraft er ofte bygget på en manglende kunnskap og interesse ovenfor teknologien og frykt for en eventuell ulykke [49]. Dette kan da føre til bekymringer, feiloppfatninger, og misforståelser som igjen kan hindre en riktig vurdering av energikilden.

Kjernekraft har en del høye kostnader, hvor renteutgifter på grunn av store investeringskostnader utgjør en stor del av utgiftene [50]. Utgifter som rivning, brensel, drift, og lagring av avfall er også kostnadsfaktorer som kommer med kjernekraft. Årsaken til de høye renteutgiftene er at långivere og investorer som låner penger ut er usikre på om den fremtidige politikken kan medføre stenging av kraftverkene før lånet er nedbetalt. Grunnet

energikildens høye investeringskostnader er det flere som stiller seg kritisk til teknologien. Kjernekraft er ikke bare en av de dyreste energikildene, men også en av de mest tidkrevende å realisere [38]. Dens lange planleggingsfase og utbyggingsprosess er enda en av ulempene som konvensjonelle kjernekraftverk bærer med seg og som fører til at folk stiller seg negative til teknologien. Det som kan påvirke og redusere kostnadene for kjernekraft er samlebåndsprinsippet [50]. Serieproduksjon av SMR-er vil ikke bare redusere kostnadene, men også planleggingsfasen, byggetid, og usikkerheten rundt dette fordi teknologien og designet har blitt bygget flere ganger før.

Mengdene radioaktivt avfall som produseres, spesielt av konvensjonelle kjernekraftverk, er en av hovedutfordringene med kjernekraft [51]. Dette avfallet er helseskadelig og radioaktivt, og er nødt til å lagres og isoleres fra mennesker og natur i opptil flere hundre tusen år. Radioaktivt avfall er avfall som oppstår gjennom menneskelig aktivitet, som gruvedrift og kjernekraftanlegg [52]. Dette avfallet har en konsentrasjon av radioaktive stoffer som kan være helsefarlig for både mennesker og miljø, hvis det ikke håndteres riktig. Det radioaktive avfallet er enten i gassform, flytende eller fast. Siden avfallshåndtering er et nasjonalt ansvar, må hvert land ha en egen plan for sikker lagring av avfall [53]. For Norge er det NND, Norsk Nukleær Dekommisjonering, som har ansvar for å finne mulige deponiløsninger for de nå nedlagte reaktorene. NND har i oppgave å håndtere alle typer menneskeskapt radioaktivt avfall i Norge [54].

I dag finnes det ikke en god nok permanent løsning for langtidslagring av radioaktivt avfall [51], og dette kan skape frykt og bekymringer for teknologien. Derimot anses midlertidige løsninger å være pålitelige, billige, og trygge [17]. Det finnes flere ulike midlertidige løsninger for lagring av avfallet, for eksempel lagring der brensel er plassert i tykke stålbeholdere, eller hvor brenselet puttes inn i vanntette beholdere og oppbevares flere hundre meter ned i bakken. Andre muligheter er deponi eller nedkjøling av avfall i store vannbassenger [55]. Inspirasjon fra olje- og gassindustrien har ført til nye ideer for lagring [56]. Lagring ved å benytte borehullsteknologi, har ført til idéen om å sende kapsler fylt med avfall ned i nye borebrønner som er stabile og uten svovel. For land som Norge som produserer små mengder høyradioaktivt avfall, vil denne teknologien anses som en kostnadseffektiv løsning.

Et annet viktig argument mot kjernekraft, som også har ført til flere diskusjoner og frykt blant folk, er spredning av atomvåpen [57], men strenge regelverk hindrer dette. I 1968 ble den

internasjonale avtalen, Ikkespredningsavtalen, vedtatt [58]. Denne avtalen skal forsikre at atomvåpen ikke spres til flere land, og tar for seg tre viktige mål: avvæpning, ikke-spredning og fredelig bruk av atomteknologi. Bombingene av de japanske byene i Hiroshima og Nagasaki under andre verdenskrig utløste frykt og redsel i verden, hvor denne atomfrykten er blitt forsterket blant annet grunnet krigen mellom Russland og Ukraina [38]. Flere skeptikere er bekymret for koblingen mellom kjernekraft som energikilde og atomvåpen [59]. Det flere ikke vet, er at det ikke er en direkte sammenheng mellom kjernekraft og atomvåpen. Å utvikle atomvåpen fra kjernekraftverk, er ekstremt krevende og kostbart. For å unngå at dette skal skje er det svært strenge internasjonale avtaler og mekanismer på plass.

I 2024 er det 38 år siden kjernekraftulykken i Tsjernobyl, der konsekvensene av hendelsen resulterte i store skader på både miljø og menneskehelse [60]. Høyt nivå av radioaktiv stråling, kjernefysisk nedsmelting, lekkasje, og spredning av radioaktive stoffer er eksempler på hvor alvorlige konsekvensene av slike ulykker kan være. For å unngå slike hendelser har sikkerhet rundt kjernekraft økt betraktelig [61]. Flere sikkerhetstiltak har blitt pålagt, og nye reaktorer har nå innebygde passive sikkerhetssystemer og nødstoppp.

### **3.5 Eksisterende og tidligere løsninger**

Energiforbruket i Longyearbyen var i 2018 40 GWh elektrisk energi og 70 GWh fjernvarme [62]. 50% av oppvarmet areal var boliger, og 40% var næringsbygg. Resten gikk til offentlig virksomhet. Med rundt 3000 innbyggere i 2024 [7], er energiforbruket høyere på Svalbard per person enn for personer på Norges fastland. Det høye forbruket kan kobles til flere punkter, blant annet dårligere teknisk standard på husene som gir høyt varmetap, og historisk sett tilgang til billig varme. Ser man på disse årsakene kan en diskutere at energiforbruket i Longyearbyen er høyere enn nødvendig, hvor redusering av dette kan være å utføre tiltak på eksisterende bygg for å gjøre dem mer energieffektive. Siden byen ikke skal vokse vil det være begrenset med nybygg i Longyearbyen [10]. Det er også en svært lav gjennomsnittstemperatur i byen, på så lite som 3,6 kuldegrader, noe som igjen vil presse forbruket av varme opp.

#### **3.5.1 Kullkraftverk**

Svalbard har, med sin spesielle natur, en lang historie med utvinning av kull, og siden 1916 har Store Norske Spitsbergen Kulkompani (SNSK) drevet med gruvedrift på øyen [63]. Regjeringen kunngjorde i 2021 utfasingen av kullkraftverket i Longyearbyen, og høsten 2023 ble den siste kullgruven stengt [64]. Longyear Energiverk slapp ut ca. 200 000 tonn CO<sub>2</sub>

hvert år i forbindelse med produksjon av strøm og varme til Svalbard [65]. Dette er høye utslippstall hvis man sammenligner med for eksempel Oslo by med rundt 640 000 innbyggere, som i 2017 slapp ut ca. 1 000 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Fra kullkraftverket på Svalbard ble det produsert strøm fra to turbiner. En mottrykksturbin som produserte strøm og fjernvarme og en kondensasjonsturbin som produserte strøm. Samlet elektrisk effekt lå på rundt 7 MW, da dampkjelen ikke hadde kapasitet til å produsere nok damp til mer. Mottrykksturbinen leverte rundt 13 MW fjernvarme [10]. I 2014 ble det installert et renseverk, som fjernet støv og svovel, grunnet strengere krav til utslipp. Dette medførte at det kun var mulig å kjøre en kjele av gangen, på grunn av kapasitetsbegrensninger. Kullkraftverket krevde høy kompetanse for å håndtere driftssituasjoner, og det måtte være kontinuerlig døgnvakt med minst to personer til stede hele tiden [10].

### **3.5.2 Dieselaggregat**

Høsten 2023 gikk Svalbard over til å bruke dieselaggregat for å erstatte kull som primær energikilde. Svalbard Energi AS (SEAS) la frem en plan om overgangen fra kull til diesel, som ble godkjent av lokalstyret i Longyearbyen, 19. september 2023 [66]. Dieselaggregatene ble tidligere brukt som reservekraftverk, og har lavere virkningsgrad. Det er også stort behov for vedlikehold hvor hver motor må stoppe etter 500 driftstimer. Det er montert to generatoranlegg med tre motorer på henholdsvis 2 MW og 1,75MW. I overgangsfasen er generatoranlegget med 3x2 MW sett på som hovedanlegg [10].

Hoved generatoranlegget ble installert våren 2021, og anlegget med 3x1,75 MW ble satt i drift i 2009. For hovedanlegget ble det også installert et anlegg for gjenvinning av varme våren 2023. Dette ble gjort med forventning om at varmegjenvinningen kunne oppnå samme energileveranse som strømproduksjon [10]. Ulempen med dieselaggregat er at de er mindre robuste hvis det skjer raske endringer i last. På den andre siden kan pådraget i motorene reguleres raskere enn kullkraftverk og gjør dem enklere å regulere. High-speed motorene som er installert har høye krav til vedlikehold som gjør at motorene til sammen får høye driftskostnader, sammenlignet med bruk av medium-speed motorer [10]. Ifølge SEAS vil overgangen fra kull til diesel koste rundt 212 millioner NOK samt en nedbemanning på 13 personer [66].

### 3.5.3 Andre alternativer til fornybare løsninger

Olje- og energidepartementet (OED) har sett på et utvalg alternative energiløsninger for fremtidig energiforsyning på Svalbard, med fokus på bærekraftige og fornybare løsninger [67]. Det er viktig for Longyearbyen at energiløsningen ikke fører til høye energikostnader for innbyggerne og virksomhetene, samtidig som at det er i tråd med Norges klimamål og er en sikker og trygg forsyning av kraft og varme. Regjeringen kom frem til at det var best å fase inn fornybar energiproduksjon gradvis for å ta vare på forsyningssikkerheten [67].

De fleste nybyggene i Longyearbyen blir bygget med solcellepanel, og det blir installert solceller på flere eksisterende bygg også. På flyplassen er det installert solceller med 137 kWp kapasitet samt en vindturbin med kapasitet på 6 kW [67]. Dette gir en årlig produksjon på 0,1 GWh til sammen. Avinor holder også på med et prosjekt som skal se på bruken av hydrogen eller biogass for å dekke energiforbruket ved flyplassen. ENOVA har delt ut støtte på 14,5 millioner norske kroner til fire fornybarhetsprosjekt i Longyearbyen, inkludert en batteripark, som skal gi en samlet reduksjon av energiforbruket med 21 GWh/år [67].

Sammen med Universitetetsenteret på Svalbard (UNIS) og SNSK skal lokalstyret i Longyearbyen også øke den tekniske og økonomiske forståelsen av geotermi [10]. Det blir vurdert som en sikker energikilde med stor pålitelighet. Geotermi produserer fornybar varmeenergi og vil kreve lite naturinngrep. Lokalstyret vil se på muligheten til å levere grunnvarme inn i fjernvarmenettet, og lagre termisk energi. Som energikilde er den uavhengig av vær og transport, og kan bidra til energisikkerheten som Longyearbyen er avhengig av.

Med en gjennomsnittstemperatur på 3,6 kuldegrader og sin nordlige beliggenhet er forsyningssikkerhet og beredskap viktigere for Longyearbyen enn på fastlands Norge [10]. Derfor stilles det store krav til forsyningssikkerheten for kraft- og varmeproduksjon på øya. Dagens reservekraftverk som er basert på diesel berøres kraftig av dette. Da lokalstyret skulle se på nye løsninger for å bidra til økt forsyningssikkerhet fant de at de mest økonomisk gunstige teknologiene ikke egner seg som elementer for dette. Dette innebærer blant annet lokale fornybare energikilder som sol og vind, som vil være avhengig av vær for å kunne produsere energi. Videre fant de også at geotermi og varmepumper vil være svært kostbare å skalere opp til nødvendig dimensjonerende effekt.

Kjernekraft ble ikke tatt med som en mulig energiløsning av lokalstyret i energiplanen for Longyearbyen, da de ikke vurderte dette som en fornybar energikilde.

### **3.6 Brensel og tilgang**

Siden Svalbard har hatt stor tilgang på kull, har kullkraftverket på øya hatt kortreist tilgang på materialet. Kullet som ble produsert av SNSK er bituminøse kull med brennverdi på 30-34 MJ/kg og egner seg godt som høyverdig kull til kjemisk industri [63].

Da regjeringen kunngjorde utfasingen av kull, og Svalbard gikk over til energi fra dieselaggregat ble øya avhengig av leveranse av diesel. Det er SEAS som er ansvarlig for innkjøp av diesel, og det skjer enten på det åpne markedet, eller via avtaler med drivstoffleverandører eller tankskip og rederier [66]. Dette gjør at strømprisen kan bli veldig uforutsigbar. Svalbard har heller ingen lov om forsyningssikkerhet som kan brukes til krav om volum og kvalitet. I en risikoanalyse utført av SEAS fremlegger selskapet sårbarhet rundt både transport, lager og distribusjon av diesel til Svalbard og i Longyearbyen [66]. Det er også utført en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS) av Multiconsult sommeren 2022 som viser til samme problem. Det jobbes også med å oppgradere delelager for å øke driftssikkerheten, samt å øke kompetansen på dette [10].

Et stort pluss for kjernekraft er at det kan øke forsyningssikkerheten, og samtidig redusere og stabilisere strømprisene [68]. Forsyningssikkerhet er kraftsystemet til strømmen sin evne til å levere kontinuerlig og kvalitetssikker strøm til forbrukerne [69]. Når det kommer til kjernebrensel, altså brensel brukt for å produsere kjernefysisk energi, er det uran som blir brukt.

For at uran skal karakteriseres som uranmalm, og dermed utvinnes, må konsentrasjonen være minst 1000 ppm (0,1%) [70]. Det er også avhengig av om uranet er lett å skille fra de andre grunnstoffene. Australia, Kasakhstan og Canada har de største uranreservene i verden, og i 2019 var Kasakhstan det største produsentlandet i verden og sto for 41,7% av årlig produksjon [71]. Kjernekraft er ikke ansett som en fornybar energikilde, noe som gjør at prisen på uran kan påvirke strømprisene, på lik linje som olje, kull og gass [72]. Det forskes i dag på å utvinne uran fra sjøvann som kan gjøre at tilførselen til grunnstoffet blir større enn forbruket [73].

### **3.7 Arktiske strøk**

Villmarksområdene på Svalbard er svært sårbare for klimaendringer og menneskelig påvirkning [74], og derfor er et av hovedmålene for norsk Svalbardpolitikk å ta vare på den

unike naturen i det som blir kalt en av Europas siste villmarker. Store deler av den arktiske villmarksnaturen er vernet som naturreservat og nasjonalpark. Naturreservat er den strengeste formen for områdevern og er ofte områder med truet, sjelden eller sårbar natur [75]. På Svalbard var det per 2022 opprettet 7 nasjonalparker og 22 naturreservater, der disse er vernet etter Svalbardmiljøloven. Svalbardmiljøloven er en norsk lov som tar for seg hvordan samfunnet skal ivareta miljøet på Svalbard [76]. Loven setter regler for både forvaltningsmyndighetene og enhver som befinner seg på Svalbard, og har som formål å opprettholde et tilnærmet uberørt miljø når det gjelder sammenhengende villmark, flora, fauna, landskapselementer og kulturminner [77].

### **3.7.1 Konstruksjon**

Da gruvedriften på Svalbard ble lagt ned høsten 2023, og Longyearbyen gikk over til dieselaggregat var det ikke lenger behov for det store kullkraftverket. Likevel er lokasjonen til kraftverket god med tanke på oppkobling til det eksisterende strøm- og fjernvarmenettet. En mikroreaktor kan plasseres der det gamle kraftverket står. På denne måten unngår man nye naturinngrep, og gjør minst mulig inngrep i den sårbare naturen på Svalbard [37]. Kjernekraft krever lite areal, og kan levere viktig og trygg energi til det kalde klimaet på øyen [78]. I juni 2023 ble det lagt frem et forslag fra Stortinget til regjeringen om å utrede muligheten for kjernekraft som en fremtidig løsning på Svalbard, og fordelene er store hvis man kan plassere dette på samme sted som kullkraftverket. Det kan også være hensiktsmessig å plassere kjernekraftverket litt utenfor bykjernen, som for eksempel på Hotellneset. Selv om energiproduksjon ved hjelp av kjernekraftverk anses som svært trygg, kan konstruksjon i umiddelbar nærhet til befolkningen påvirke den sosiale aksepten i negativ forstand.

### **3.8 Regelverk**

I norsk lovgivning kreves det spesiell tillatelse med vilkår før bygging av kraftanlegg over en viss størrelse kan settes i gang, dette kalles konsesjon [79]. I juridisk sammenheng er konsesjon en tillatelse fra offentlig myndighet til å drive en virksomhet, utnytte en naturresurs, kjøpe en eiendom, eller lignende [80]. Loven skal sikre at det tas tilstrekkelig hensyn til framtidige generasjoners behov. Denne søknadsprosessen er omfattende og krever grundig dokumentasjon og planlegging, og omfattes av kravene til atomenergiloven, jf. § 7. søknad om konsesjon og løyve, og må blant annet inneholde detaljert informasjon om den tiltenkte kjernekraftinstallasjonen, tekniske spesifikasjoner, sikkerhetsprotokoller, og miljøpåvirkning. Etter innsendt søknad vil den bli vurdert av relevante myndigheter i henhold til atomenergilovens bestemmelser og nasjonale sikkerhetsstandard, § 8. (vilkår for konsesjon

og løyve). Statssekretær i OED forklarer at det aldri før har blitt gitt konsesjon for kommersiell produksjon av elektrisitet fra kjernekraft i Norge [81].

Energiloven gjelder imidlertid ikke på Svalbard. Dette ble opplyst etter samtale med Olav Karstad Isachsen, seniorrådgiver hos energiavdelingen i Norges Vassdrag- og Energidirektorat (NVE). Dette betyr at man ikke trenger å søke om konsesjon i henhold til denne loven. Det er viktig å merke seg at fastlandet må søke konsesjon i henhold til både energiloven og atomenergiloven, mens Svalbard kun må forholde seg til atomenergiloven. Karstad Isachsen opplyser videre at i forbindelse med de endringene som skjer i energisystemet i Longyearbyen vurderes det om det er behov for flere regler for dette systemet, se vedlegg 3. Energiplanen for Longyearbyen beskriver også behov for å styrke lovverket rundt konsesjon for produksjon, distribusjon og salg av energi [10].

Forskrift om arealplanlegging i bosettingene på Svalbard regulerer blant annet hvordan kraftutbygging skal håndteres på Svalbard [82]. I henhold til forskriftens paragraf § 1. forskriftens formål, skal man legge til rette for samordning av de ulike interessene som knytter seg til arealdisponering. Man skal gi grunnlag for beslutninger om bruk og vern av ressurser og om utbygging, samt bidra til å fremme estetiske hensyn og ivareta det sårbare arktiske miljøet. Forskriften er utviklet for å legge grunnlaget for beslutninger om bruk og vern av ressurser, samt utføre nødvendige utbygginger. Formålet med forskriften er å legge til rette for at arealbruk og bebyggelse på Svalbard kan bidra til størst mulig nytte både for enkeltpersoner og samfunnets som helhet.

Lov om atomenergivirksomhet, også kalt atomenergiloven, skal regulere bruken av atomenergi i Norge [83]. Formålet er sikkerheten til både befolkning og miljøet, samt regulere og kontrollere bruken av kjernefysisk teknologi til blant annet energiproduksjon. Den fastsetter retningslinjer, regler og sikkerhetsstandarder for produksjon, håndtering, transport og lagring av atommaterialer. Atomenergiloven omfatter også territoriene Svalbard, herunder Longyearbyen, jf. § 58. Regjeringen kan vedta endringer i henhold til lokale forhold som måtte kreve tilpassinger [83].

Kapittel IV av lov om strålevern og bruk av stråling, tar for seg planlegging av uhells- og ulykkeshåndtering knyttet til kjernekraft [84]. Hensikten med strålevernloven er å sikre at det foreligger en omfattende beredskapsplan for å håndtere mulige uhell eller ulykker ved blant



annet kjernekraftanlegg. Beredskapsplanen inkluderer nødvendige tiltak for å beskytte befolkningen og miljøet mot skadelige virkninger av stråling i tilfelle av en nødsituasjon, i henhold til § 15. [84]. Loven krever også regelmessige evalueringer av beredskapsplanene for å sikre at de er effektive og oppdaterte. Det er operatøren av kjernekraftverket som er ansvarlig for sikkerheten [85]. I tillegg til både eksterne og interne egnevalueringer og inspeksjoner må man ha et uavhengig reguleringsorgan på tilsyn. Dette basert på Det internasjonale atomenergibyråets (IAEA) sikkerhetsstandard.

I praksis reguleres kraftutbygging og kjernekraftanlegg på Svalbard av forskriftene om arealplanlegging og atomenergivirksomhet. OED, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) og andre relevante myndigheter vil vurdere konsesjonssøknaden basert på atomenergilovens bestemmelser og nasjonale sikkerhetsstandarder. De vil deretter utføre nødvendige tekniske og miljømessige vurderinger og ta avgjørelser basert på gjeldende lover og bestemmelser.

Det er i all hovedsak staten, ved Nærings- og fiskeridepartementet (NFD), som eier all grunn i og rundt Longyearbyen. NFD leier ut parseller til de ulike aktørene på festeavtale. Om noe skal bygges innenfor Longyearbyen sitt planområde må man sende inn byggesøknad til lokalstyret i Longyearbyen. Da er det sysselmesteren som har den tilsvarende funksjonen som en statsforvalter har på fastlandet. Det vil si at selv om lokalstyret gir tillatelse kan Sysselmesteren legge ned vetorett og gi avslag. Se også, vedlegg 9.

I samsvar med kapittel III av lov om atomenergivirksomhet må operatører av kjernekraftverk sikre tilstrekkelig økonomisk dekning for eventuelle atomskader [83]. Dette innebærer at de må tegne godkjent forsikring eller stille med annen sikkerhet som er begrenset til et bestemt beløp per anlegg. I byggefasen er det vanlig å forsikre ulike deler av prosjektet mot kostnadsøkninger. Se også vedlegg 12. I driftsfasen må kjernekraftverket ha atomenergiforsikring, jf. atomenergiloven § 35 [83]. Departementet kan pålegge restriksjoner eller spesifisere krav til sikkerheten under transport av brensel og avfall, dette for å beskytte mot økonomiske konsekvenser av atomulykker.

### **3.8.1 Avfallshåndtering**

Forurensningsloven sier at man skal begrense forurensing, og arbeide for å hindre at det oppstår eller øker, jf. §1 [86]. Man skal også unngå avfallsproblemer. Med kjernekraftverk

oppstår det radioaktivt avfall under drift, vedlikehold og rivning av kraftverket [87]. Det er pålagt for kjernekraftverkene, ifølge felleskonvensjon om sikkerhet ved håndtering av brukt kjernebrensel, å ha et avfallshåndteringsprogram som dokumenterer alt fra håndtering av avfall, avfallsminimering, bearbeiding, transport og lagring til radioaktivt avfall og brukt atombrensel [88]. Konvensjonen sier også at enhver stat kan forby import av brukt brensel, og dette er innarbeidet i norsk lovverk. Avfallsforskriften §16-11 tillater eksport av radioaktivt avfall, men det krever tillatelse fra DSA og paragrafen setter vilkår for en slik tillatelse [89]. Westinghouse skriver på sine sider at brukt brensel kan returneres til produsenten [29]. Dette kommer frem i deres presentasjon av eVinci MMR, og kan antas å være en avtale som kan inngås hvis man velger å gå for deres løsning. Kostnadene ved dette er ikke kjent.

## 4. Resultat

Svalbard har et energiforbruk på rundt 40 GWh(e) og 70 GWh(t) i året. Med bakgrunn i disse tallene har gruppen utført energi- og økonomiberegninger med tall hentet fra to SMR-anlegg og et MMR anlegg for å finne ut hva som passer best i Longyearbyen. Det er regnet på tall fra Rolls-Royce SMR, Westinghouse SMR og Westinghouse eVinci MMR. Tidlige antagelser forutså at Westinghouse sin eVinci MMR kunne være godt tilpasset behovene i Longyearbyen. Et altfor stort anlegg som en SMR vil gi et stort overskudd av energi noe som vil resultere i en negativ nåverdi.

### 4.1 Energi- og økonomiberegninger

For å kunne gjennomføre økonomiberegninger var det nødvendig å sette noen forutsetninger. Vanligvis bruker kraftselskaper en rente på mellom 7% og 8% i beregninger av lønnsomhet ved utbygginger. Dette er for kraftutbygging innen vannkraft, noe man har lang erfaring med i Norge og som gir en god avkastning både for utbyggere og fallrettseiere, i et langsiktig perspektiv. Når det kommer til nye og moderne kraftkilder som en MMR, må man legge til grunn et lavere avkastningskrav som et uttrykk for usikkerheten knyttet til etablering av denne typen virksomhet, her også må man se på inntjeningen over en lang tidshorisont. Alt tatt i betraktning og etter samtaler med statsautorisert regnskapsfører Gunn Irene Hommedal Kvitne, er det konkludert med at 6 % er en fornuftig kapitalrente for dette prosjektet. Se vedlegg 1.

Tidlig i beregningene ble det antatt at 15 % av årskostnadene til de ulike kjernekraftverkene ville utgjøre drift- og vedlikeholdskostnader [90]. Dette ble brukt som et utgangspunkt i beregningene. Se også vedlegg 10. Dette er tilfellet for Westinghouse SMR og Rolls-Royce SMR. For Westinghouse MMR ble det utført mer nøyaktige beregninger. Dette blir nærmere forklart i kapittel 4.1.4.

Utregningene er gjort basert på antagelser og eksisterende tall som er funnet for de valgte kjernekraftverkene. I investeringskostnader for Rolls-Royce SMR og Westinghouse SMR har vært i henholdsvis euro og dollar, noe som har gjort at man må regne om til norske kroner. Det ble regnet med en valutakurs hvor 1 euro tilsvarte 11,475 NOK og 1 dollar tilsvarte 10,577 NOK basert på tall fra Norges Bank [91]. Siden prosjektet er basert på norske lover og regler, og plassert på Svalbard hvor valutaen er norske kroner, ble det bestemt å utføre økonomiberegninger i NOK, se vedlegg 10.

#### 4.1.1 Energiproduksjon

Det ble antatt en kapasitetsfaktor på 95% for alle de tre ulike reaktortypene som ble valgt. Antagelsen var basert på utsagn fra CEO til Rolls-Royce [22], og er tilfellet for flere amerikanske kjernekraftverk [92]. Dette gir enn brukstid på 8322 timer per år, og dermed kan produsert energi fra reaktorene per år regnes ut med formel 1 og bli vurdert opp mot behovet til byen. Man kan videre se at Rolls-Royce SMR og Westinghouse SMR sin output vil produsere altfor mye energi, som vist i Tabell 4.1, og man kan se at Westinghouse sin MMR vil passe bra i forhold til energietterspørselen i byen.

Tabell 4.1: Oversikt over energiproduksjon, elektrisk og termisk, for tre ulike kjernekraftverk.

	Westinghouse MMR	Westinghouse SMR	Rolls-Royce SMR
<b>Produsert energi [GWh/år]</b>	149,8	15212,6	8530,1
<b>Behov [GWh/år]</b>	110	110	110
<b>Overskudd [GWh/år]</b>	39,8	15102,6	8420,1

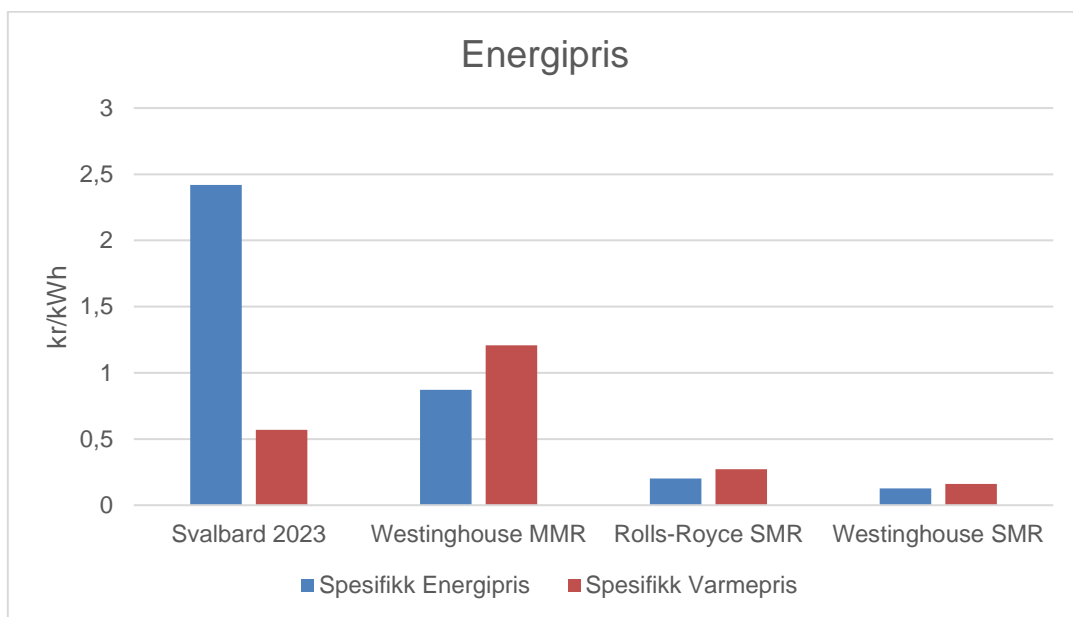
Ved en lavere kapasitetsfaktor på 70%, reduseres driftstiden til 6132 timer. Ved bruk av formel 1 for å beregne den årlige energiproduksjonen, vil man se at Westinghouse MMR vil fortsatt levere tilstrekkelig energi til Longyearbyen, med en årlig produksjon på 110 GWh. Se vedlegg 10. Da Westinghouse sin MMR er den som produserer minst, antyder dette at de andre reaktorene også vil kunne produsere tilstrekkelig energi selv med redusert kapasitetsfaktor.

#### 4.1.2 Energipriser

I beregningene er det valgt å anvende tall fra 2023 istedenfor å basere det på fremtidige antagelser gjort av Svalbard Energi, se vedlegg 2. Dette valget er grunnet ønsket om å vurdere eksisterende data framfor å spekulere om fremtidige energipriser. Det er tatt utgangspunkt i tariffene for 2023 som var på henholdsvis 2,42 kr/kWh for strøm og 0,57 kr/kWh for fjernvarme [93]. Dette er lagt til grunn for utregninger gjort når den årlige inntekten til et kjernekraftverk skal beregnes. Salgsinntekten er brukt i utregning av nåverdien til prosjektet. Det er verdt å merke at om beregningene blir gjort med tariff for perioden 2024-2027 vil inntektene øke fra 136,7 MNOK til 200,8 MNOK, altså 47 %, før drift- og vedlikeholdskostnader blir trukket ifra. Se vedlegg 13.

Historisk sett har strøm- og fjernvarmeprisen vært svært lav, men med bytte til dieselaggregat og dieselkjel i 2023 har man sett at strømprisen har steget [94] og er antatt å øke mer [10].

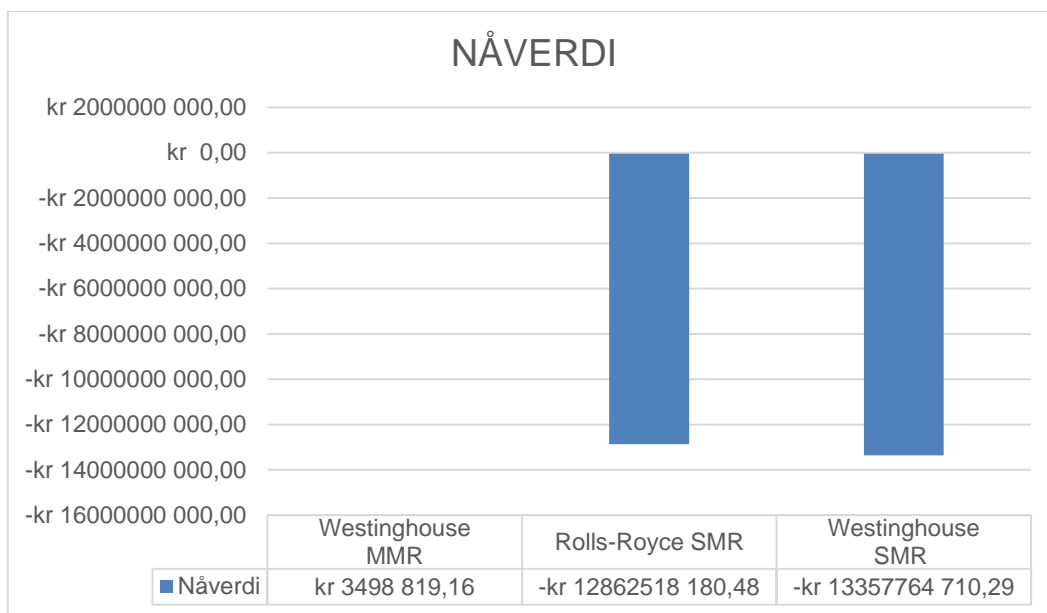
Prisen for fjernvarme har fortsatt å være lav. Svalbardposten skriver ofte om misnøye blant innbyggerne grunnet høye strømpriser. Ser man på spesifikk varmepris for Westinghouse sin MMR, på Figur 4.1, vil kostnaden for fjernvarme faktisk gå opp, mens den totale energiprisen vil bli lavere enn den har vært. På resultatet for SE og SV for Westinghouse sin SMR og Rolls-Royce sin SMR vil prisen som er regnet ut være ekstremt lav. Det er også viktig å se på hvor mye energi disse SMR'ene vil produsere i forhold til behovet. I Tabell 4.1 kan man se at overskuddet fra disse vil være stort. Det er mulig å tenke at man kan bruke det store overskuddet fra en SMR til annen industri, som for eksempel hydrogenproduksjon til skipsfart. Dette vil dog kreve større areal, som går utover den sårbare naturen.



Figur 4.1: Oversikt over spesifikk energi- og varmepris for tre ulike kjernekraftverk sammenliknet med strømprisen på Svalbard for 2023

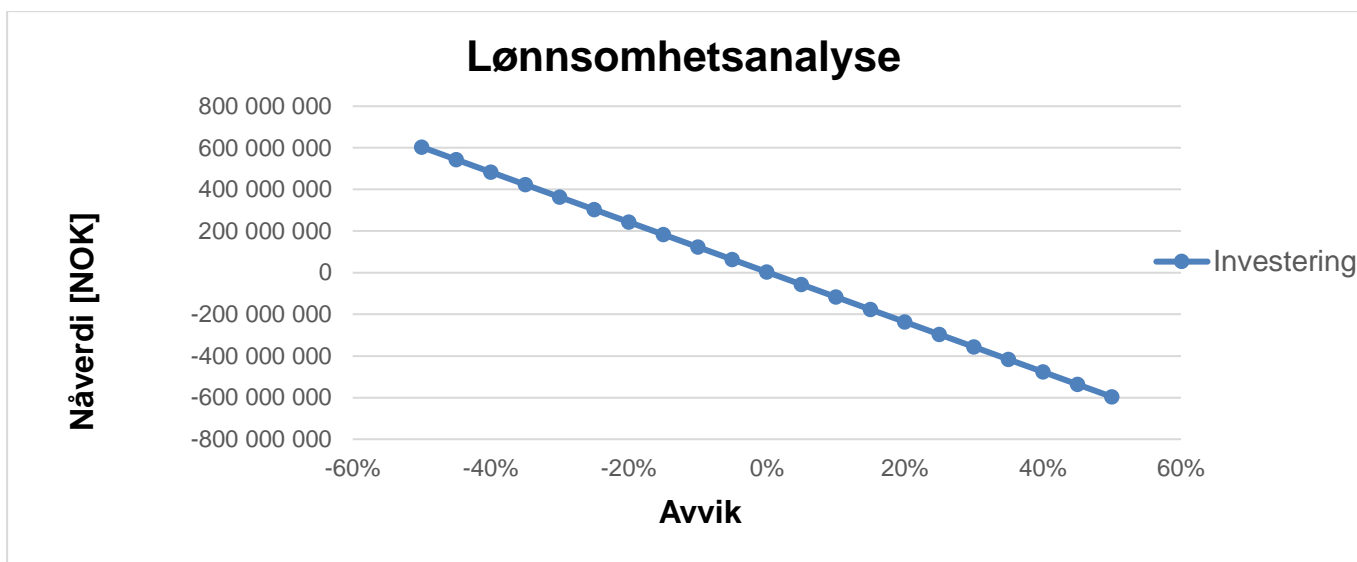
### 4.1.3 Lønnsomhet

Et viktig element i investeringsanalysen er å beregne nåverdi, se formel 2, basert på investeringer, salgsinntekter og utgifter. Man ser på både inn- og utbetalinger i løpet av et år, og bruker rente og levetid for å gjøre et estimat for hele investeringen. Positiv nåverdi gir indikasjon på en lønnsom investering. Selv om det er tatt hensyn for levetid tar man ikke hensyn til byggetid i denne formelen, noe som kan ha innvirkning på resultatet. Som vist på Figur 4.2, kan man se at bare Westinghouse sin MMR gir positiv nåverdi. Dette er altså det eneste kraftverket som vil være lønnsomt på Longyearbyen, med en nåverdi på 3,5 MNOK.



Figur 4.2: Oversikt over nåverdi for ulike kjernekraftverk.

Ved å beregne nåverdi fikk man en god indikasjon på hvilket anlegg som er lønnsomt. Gruppen bestemte derfor å regne videre på Westinghouse sin eVinci MMR. Det ble også utført beregninger for nåverdi med lavere investeringskostnad. Ved en investering på 600 MNOK for eVinci ble nåverdien på 603,5 MNOK. Altså 600 MNOK høyere enn ved en investering på 1200 MNOK. Da investeringskostnadene er antatt å ligge mellom 1200 og 600 MNOK ble det laget en lønnsomhetsanalyse, se Figur 4.3, som viser hvordan nåverdien endrer seg i henhold til ulike investeringskostnader. Investeringskostnadene varierer fra -50%, som tilsvarer 600 MNOK i investering, og opptil 50% avvik som tilsvarer 1 800 MNOK i investering. 0 % avvik tilsvarer 1 200 MNOK investering. Figur 4.3 viser at lønnsomheten er veldig sårbar, og at eventuelle endringer i investeringen kan gjøre utslag som gir negativ nåverdi. Man kan også merke seg at selv om nåverdien til eVinci viser positivt resultat er den svært lav, sammenliknet med investeringskostnaden.



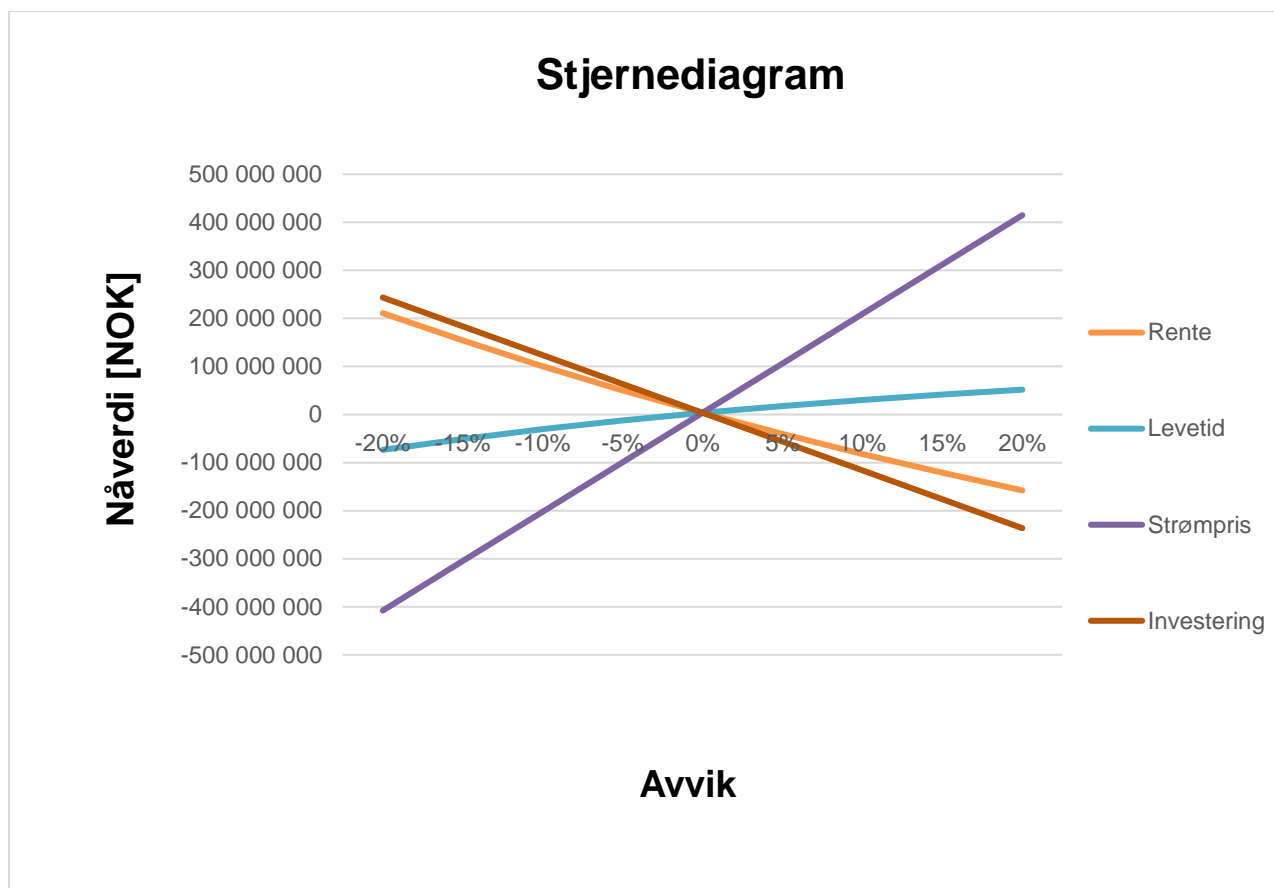
Figur 4.3: Lønnsomhetsanalyse som viser nåverdi basert på avvik fra -50% opptil 50% med investeringskostnad på 1200MNOK

Beregningene i denne oppgaven er beregnet med antagelser som ble besluttet med bakgrunn i dagens økonomiske situasjon. Kraftmarkedet er i stadig utvikling og med de 40 årene som er satt som levetid for eVinci MMR kan renter og strømpris endre seg og gjøre store utslag på lønnsomheten til prosjektet. Figur 4.4 er et stjernediagram som viser følsomheten for nåverdien dersom en av variablene: rente, levetid, strømpris og investering endrer seg. Diagrammet tok utgangspunkt i en investering på 1200 MNOK. Det er ikke tatt med hvordan inflasjon, skatter og uforutsette utgifter påvirker resultatet. Beregningene tar heller ikke hensyn til byggetid av et eventuelt kjernekraftverk.

#### 4.1.4 Sammenligning av energi- og økonomireultat

Antagelser som ble gjort før energi- og økonomiberegninger forutså at Westinghouse sin eVinci MMR ville være beste alternativ i Longyearbyen. Etter at beregningene er utført kan man konkludere med at dette var en rett antagelse. Utrekningene viser at både Rolls-Royce sin SMR og Westinghouse sin SMR vil få svært lav brukstid og dermed utnyttelse av investeringen som igjen gir negativ nåverdi. Altså vil prosjektet ikke bli lønnsomt hvis man går for disse alternativene.

Westinghouse sin eVinci MMR vil gi en positiv nåverdi, men den vil være veldig sårbar for endringer. Det vises til Figur 4.3. Det er også laget stjernediagram med avvik på opptil 20% for rente, levetid og strømpris som viser hvordan nåverdien vil endre seg. Dette er gjort for å kunne analysere følsomheten i prosjektet. Se Figur 4.4. Nåverdien er mest følsom for endring i strømprisen. Litt lavere strømpris og prosjektet er ulønnsomt.



Figur 4.4: Stjernediagram som viser avvik i rente, levetid, strømpris og investering, basert på 1200MNOK investeringskostnad.

Basert på disse resultatene blir det konkludert med at det er Westinghouse eVinci sin MMR som vil være riktig valg for Longyearbyen basert på de alternativene gruppen tok for seg, og vil være et godt alternativ til energiforsyningen på Svalbard.

#### 4.2 Drift

For å oppnå et funksjonsdyktig og driftssikkert anlegg er det viktig at det stilles strenge og korrekte krav til rutiner og drift. Et trygt, økonomisk, og pålitelig kjernekraftverk viser vanligvis forsiktig og konservativ drift med strenge og godt planlagte vedlikeholdstiltak for å minimere risikoen for både arbeiderene, lokalmiljøet, og lokalbefolkningen [95]. Med vedlikehold menes rutinemessige inspeksjoner og forebyggende tiltak som sikrer gode rutiner og systemer. Man passer og på at ulike komponenter har en tilfredsstillende standard og er av god kvalitet. Typiske rutiner ved dette er overhaling, reparasjon, og utskifting av systemkomponenter. Det er helt avgjørende for kjernekraftverket sin økonomi at anlegget fungerer som forutsatt, slik at drift- og vedlikeholdskostnader holdes på et minimum og at levetiden for utstyr blir som forventet.



#### 4.2.1 Drift- og vedlikeholdskostnader

Det ble først anslått drift- og vedlikeholdskostnader på 40 MNOK. Dette er tall som er blitt forutsatt og hentet fra en artikkel skrevet av Norsk Kjernekraft AS [37]. Etter nærmere beregninger ble tallet justert opp. I drift og vedlikeholdskostnadene er det satt av penger til lønn for driftspersonell, forsikring, og brensel. Det er diskutert om kostnad for dekommisjonering av kjernekraftverket skal regnes som en årlig utgift i form av et avsatt årlig beløp eller bli trukket fra nåverdien som en negativ restverdi.

Det antas at eVinci MMR krever rundt 30 arbeidere [37], fordelt på flere vaktlag. Med utgangspunkt i en gjennomsnittsårlønn for en ingeniør på 727 000 NOK i året, basert på statistikk fra fagforeningen Tekna [96], vil anlegget kreve minst 22 MNOK for å lønne alle arbeiderene hvert år. Arbeidsgiveravgiften på Svalbard er 0% [97], men man må derimot legge til sosiale kostnader i form av pensjon og feriepenger som kommer på rundt 14%. Dette utgjør 25 MNOK for lønn. Dette er blitt regnet på etter samtaler med statsautorisert regneskapsfører, Gunn Irene Hommedal Kvitne. Gruppen har deretter valgt å runde opp til 30 MNOK og dette er et utgangspunkt som blir brukt videre i beregninger for å finne de totale drift- og vedlikeholdskostnadene. Det er viktig å presisere at regler for Svalbard er annerledes enn for fastlandet, og kanskje sosiale kostnader vil være lavere eller høyere. Det er heller ikke tatt med skatt i disse beregningene. I samtaler med Mons Ole Sellevold i Svalbard Energi AS, kom det også frem at å regne rundt 1 MNOK i lønn, inkludert sosiale kostnader, vil være fornuftig, se vedlegg 8.

#### 4.2.2 Brensel

I driftskostnader inkluderes kostnaden for kjernebrensel. Her inkluderes håndtering av brukt brensel og avfallshåndtering. Kjernekraft kjennetegnes av høye investeringskostnader, men lave brenselskostnader [98]. Dette gir kjernekraft en stor fordel sammenlignet med for eksempel kullkraftverk. Halvparten av brenselskostnadene brukes til å behandle, anrike og produsere brenselselementer av uran. Tabell 4.2 gir en oversikt over prosessen og kostnadene knyttet til den. Ved en utbrenning på 45 000 MWd/t gir dette rundt 360 000 kWh elektrisitet pr. kilo som gir drivstoffkostnader på 0,46¢/kWh. Westinghouse skriver for øvrig på sine nettsider at som et sikkerhetstiltak brukes det TRISO-brensel, som er 19,75% anriket og er strukturelt mer motstandsdyktig mot nøytronbestråling, korrosjon, oksidasjon og høye temperaturer enn tradisjonelle reaktorbrenslere [29].

Tabell 4.2: Oversikt over prosessen av behandlingen av uran og kostnadene rundt dette [98].

Prosess	Mengde behov · pris	Kostnad	Del av totalen
Uran	8,9 U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> · \$94,6/kg	\$842	51%
Konvertering	7,5 kg · \$16	\$120	7%
Anrikning	7,3 kg · \$55	\$401	24%
Brensel produksjon	pr. kg	\$300	18%
Total	-	\$1663	100%

Etter samtaler med Håvard Kristiansen fra NKK ble det konkludert med at det er rimelig å anta rundt 5-12 øre/kWh for brensel til eVinci MMR, se vedlegg 12. I denne oppgaven er det regnet med drivstoffkostnader på 12 øre/kWh. Multipliserer man dette med den totale produserte energien til MMR'en, som er 149,8 GWh/år, får vi en årskostnad på 18 MNOK, se vedlegg 10.

#### 4.2.3 Forsikring

Operatører av kjernekraftverk står ansvarlig for eventuelle skader forårsaket av anleggene sine, uavhengig av feil, og er derfor forpliktet til å inngå ansvarsforsikring [99]. Grunnet de potensielle grenseoverskridende konsekvensene av en atomulykke er det etablert et internasjonalt system med konvensjoner for å regulere kjernekraft, som er supplert av nasjonal lovgivning [100]. I tilfelle av en ulykke som overstiger forsikringsdekningsgrensen, kan staten fungere som en forsikrer i siste instans [99].

Man kan anta at en MMR vil ha et mye mindre skadepotensiale enn et konvensjonelt kjernekraftverk, men en MMR vil også produsere vesentlig mye mindre elektrisitet. Man kan også regne med at utbygging av SMR og MMR vil bidra til mer standardisering av teknologien og at dette igjen fører til at flere reaktorer av samme type kommer i drift. Dette vil sannsynligvis redusere den faktiske risikoen og den opplevde risikoen, og dermed gjøre atomansvarsforsikring til et større marked, som igjen vil føre til billigere forsikring. Se vedlegg 12. Dette er alle faktorer som spiller inn, og som har blitt tatt høyde for i beregningene i denne rapporten. Internasjonale forsikringsselskaper har anslått at fullstendig ansvarsforsikring kan tilbys for en kostnad på 1-2 øre/kWh for konvensjonelle kjernekraftverk [100].

I Gjensidige sine styrende dokumenter er kjernerkraft nevnt eksplisitt som en type risiko de ikke vil påta seg, se vedlegg 15. «Dette henger sammen med at vi kun påtar oss risiko vi har kompetanse til å vurdere, og at vi ikke har slik kompetanse ettersom det ikke finnes noen tradisjon for kjernerkraftverk i Norge» forteller kommunikasjonssjef i Gjensidige, Christian Haraldsen. Videre formidler han at det er presisert for kjernerkraftverk, da Gjensidige har forsikret en forskningsreaktor i Halden i flere tiår.

Forsikring for MMR og SMR er det altså større internasjonale selskaper som tilbyr, og man kan derfor anta at prisene blir nokså like som for konvensjonelle kjernerkraftverk. For en MMR og SMR ble det derfor tatt utgangspunkt i 2 øre/kWh for atomansvarsforsikring. Med utgangspunkt i Westinghouse sin eVinci MMR ble den totale summen for atomansvarsforsikring bereknet til å bli 3 MNOK per år, se vedlegg 10.

Kostnader for brensel, lønn til 30 arbeidere og forsikring utgjør til sammen drift- og vedlikeholdskostnadene. Basert på antagelser som er gjort i forbindelse med utregningen blir de totale årskostnadene for drift og vedlikehold 51 MNOK. Dette ble høyere enn hva som tidligere er estimert av NKK som forutsatte drift- og vedlikeholdskostnader til 40 MNOK [37].

#### **4.2.4 Dekommisjonering**

Etter 40 års levetid skal MMR'en legges ned. Da skal det brukte kjernebrenselet tas hånd om og man må finansiere rivningen av kjernerkraftverket. Man trenger ikke dra lenger enn til Sverige for å se etter hvordan dette blir tatt hensyn til. Eierne av kjernerkraftverk i Sverige betaler rundt 3-6 øre/kWh til et statlig fond, Kärnavfallsfonden [101]. I samtale med Håvard Kristiansen kom det frem at i Frankrike og USA blir det betalt henholdsvis 1,75 øre/kWh og 1 øre/kWh for avfallsdeponering, se vedlegg 12. Her er det også verdt å bemerke at dette er tall for tradisjonelle kjernerkraftverk. Det er vanskelig å estimere hva en MMR vil koste å dekomisjonere da de ikke eksisterer enda. En MMR vil være mindre enn store kjernerkraftverk, og derav enklere å demontere, men den vil også produsere færre kWh strøm i løpet av levetiden.

I Sverige tar man kun hensyn til strømproduksjon, men da termisk er en viktig del av Svalbard sitt energibehov er det blitt valgt å ta hensyn til dette. Det er valgt å sette en kostnad på 6 øre/kWh produsert elektrisk og 3 øre/kWh produsert termisk energi basert på tall fra nabolandet Sverige. Den totale strømproduksjonen for Westinghouse eVinci ligger på 41,6

GWh/år (e) og 108,2 GWh/år (t), noe som vil gi en årskostnad for dekommisjonering og avfallshåndtering på 5,7 MNOK i året (vedlegg 10). I Tabell 4.3 kan man se hva årskostnadene for Sverige, Frankrike og USA hadde blitt basert på energiproduksjonen til en eVinci MMR.

Tabell 4.3: Oversikt over årskostnader for dekommisjonering av kjernekraftverk i Sverige, Frankrike og USA basert på energiproduksjonen til eVinci MMR (vedlegg 10)

Land	Øre/kWh	Årskostnad (NOK)
Sverige	3-6	5 742 180
Frankrike	1,75	2 621 430
USA	1	1 497 960

Antar man at investorene sparer årskostnadene for dekommisjonering i fond kan det være naturlig å trekke disse kostnadene fra besparelsen på samme måte som drift- og vedlikeholdskostnaden eller legge kostnaden til som en negativ restverdi, se formel 3. Dette vil resultere i samme nåverdi, og et lønnsomt prosjekt. Se vedlegg 10. Det er imidlertid viktig å presisere at det konsekvent er brukt konservative antakelser for byggekostnader, driftskostnader og kostnader for avfall og dekommisjonering.

Nåverdien er derimot ganske lav i forhold til investeringskostnadene, og man er nødt til å sammenligne med andre alternativ for bærekraftig energiproduksjon for å se om det er verdt den lave lønnsomheten. Det er viktig å få frem at disse tallene er usikre, og man vet ikke hvor mye det faktisk vil koste å dekommisjonere eVinci MMR. De finnes ikke i kommersielt bruk enda, og man har ingen indikasjoner på hvor mye det vil komme til å koste for å få det dekommisjonert. I dette utgangspunktet blir det satt av 5,7 MNOK i året i et fond, basert på samlet energiproduksjon. Dette gir en restverdi på 888 MNOK etter 40 år, som i dagens kroneverdi vil være 86 MNOK, se vedlegg 10. Spørsmålet vil da være om dette er tilstrekkelig for dekommisjonering.

#### 4.2.5 Plassering av et eventuelt kraftverk

Etter nedleggelsen av kullselskapet Store Norske, har det vært en prioritet for regjeringen å sikre at Longyearbyen forblir et levedyktig lokalsamfunn. Det innebærer å legge til rette for nye næringer og infrastruktur som støtter et variert og bærekraftig samfunn. Distribusjonsnett for elektrisitet i Longyearbyen er en blanding av kabel- og luftledningsnett med varierende kvalitet og alder. Energisystemet opererer som et lukket system, og det er

avgjørende å opprettholde balansen mellom produksjon og forbruk for å sikre stabilitet og trygg leveranse.

Det ble nevnt tidligere at det kan være hensiktsmessig å plassere et eventuelt kjernerkraftverk ved det gamle kullkraftverket, for å koble opp til det eksisterende strøm- og fjernvarmenettet. Dette er en tomt som Staten via NFD eier, men det er SEAS som er fester av tomten. Se vedlegg 9. Det kan også tenkes at siden det er snakk om et såpass stort prosjekt som utbygging av et kjernerkraftverk, så vil saksbehandlingen av dette bli tatt direkte opp i departementet eller på Stortinget og ikke i lokal saksbehandling i Longyearbyen lokalstyre. Dette er en antagelse da det ikke finnes en etablert praksis for slikt. I videre samtaler med Mons Sellevold i SEAS blir det også diskutert om det kan være hensiktsmessig å se på steder utenfor Longyearbyen, og Hotellneset som ligger rett ved flyplassen kom opp som en mulig alternativ plassering. Se vedlegg 9. Her vil kjernerkraftverket komme ut av sentrum. Dette er en tomt som også eies av NFD som eventuelt må leie ut tomten på feste-avtale. Denne kostnaden vil da inngå i investeringskostnadene til prosjektet. Fjernvarmenettet går også ut til Hotellneset, men det er ikke vurdert hvilke tekniske ombygginger og kostnader som vil oppstå ved påkobling her.

Når det kommer til eierskap av kjernerkraftverket ser NKK på muligheten til å klare seg uten bistand fra Staten da en SMR og MMR er billigere enn et tradisjonelt kjernerkraftverk. NKK har uttalt at det er en mulighet, men ikke en forutsetning, at Staten tar deleierskap av kraftverket. Det er ikke utenkelig at Staten vil stille som deleier av et kjernerkraftverk i Longyearbyen, da de via NFD eier all grunn i og rundt Longyearbyen. Eventuell plassering av en MMR vil uansett involvere NFD med tanke på leieforhold av tomt.

### **4.3 Spørreundersøkelse**

Uansett hvilken energikilde eller teknologi som velges vil det være viktig med sosial aksept for valget. Manglende sosial aksept av vindkraft på fastlands Norge har skapt mange utfordringer.

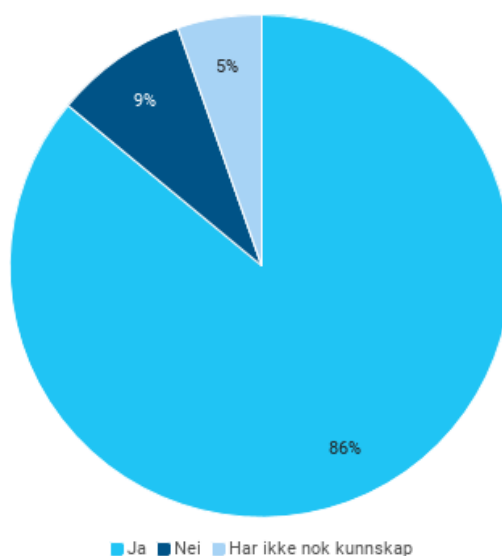
Folks synspunkt på kjernerkraft varierer. Noen ser positivt på teknologien og vurderer den som en energikilde med stort potensial, mens andre er mer skeptiske og engstelige for denne teknologien. Ulike meninger om denne energikilden er viktige, spesielt hos innbyggerne på Svalbard. Som en del av denne bachelorrapporten har det vært gjennomført en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen var rettet mot Svalbards innbyggere, med ønske om deres synspunkt på et mulig kjernerkraftverk i deres område.

Spørreundersøkelsen besto av seks avkryssningsspørsmål og et spørsmål med begrunnelse om deres synspunkt på kjernekraft. Det ble overraskende god svarrespons. Se vedlegg 4. I alt har 135 personer fullført undersøkelsen, hvor 29% er kvinner, 69% er menn og 1% annet, der alle er deltakere over 18 år. Av disse er det 79,3% som har sagt ja til utbygging av kjernekraft i Longyearbyen, 10,4% har sagt nei, mens 10,4% har svart at de ikke har nok kunnskap til å gi et konkret svar, se Figur 4.5.

Er du åpen for utbygging av kjernekraft i Longyearbyen?	Prosent	Respondenter
Ja	79,3%	107
Nei	10,4%	14
Har ikke nok kunnskap	10,4%	14
I alt	100,0%	135

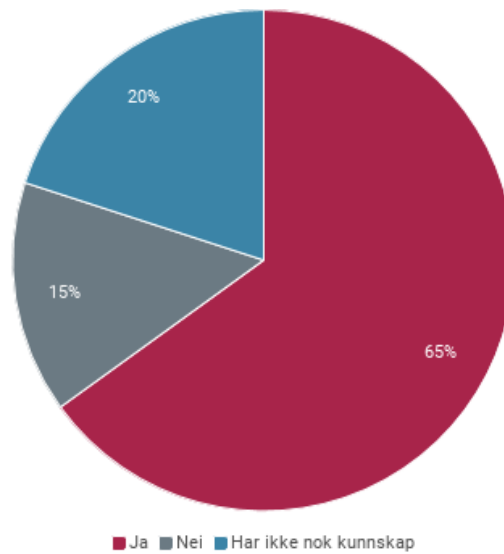
Figur 4.5: Statistikk over åpenheten for utbygging av kjernekraft i Longyearbyen.

I undersøkelsen deltok flest menn. Figur 4.6 illustrerer hvordan åpenheten blant menn er for utbygging av et kraftverk i Longyearbyen. Figuren viser at 9% av mennene har svart nei til utbygging av kjernekraft i Longyearbyen, mens 86% har svart ja, og 5% har uttrykt at de ikke har nok kunnskap til å ta et standpunkt.



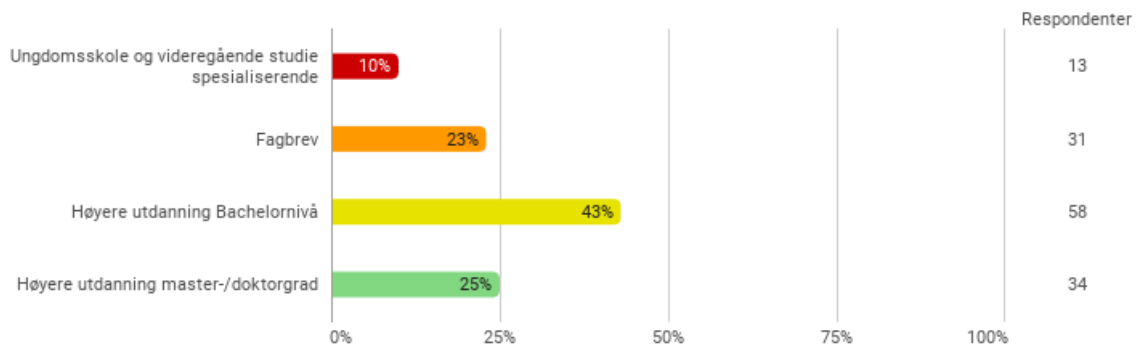
Figur 4.6: Oversikt av menn sine svar på utbygging av kjernekraft i Longyearbyen.

Figur 4.7 viser tilsvarende data for kvinner, der 65% av kvinnene støtter utbygging av kraftverket. Andelen kvinner som er imot eller mangler kunnskap, er noe høyere enn blant mennene, med henholdsvis 15% og 20%. Ifølge spørreundersøkelsen er menn mer åpne for kjernekraftverk som en mulig energikilde på Longyearbyen, enn kvinner.



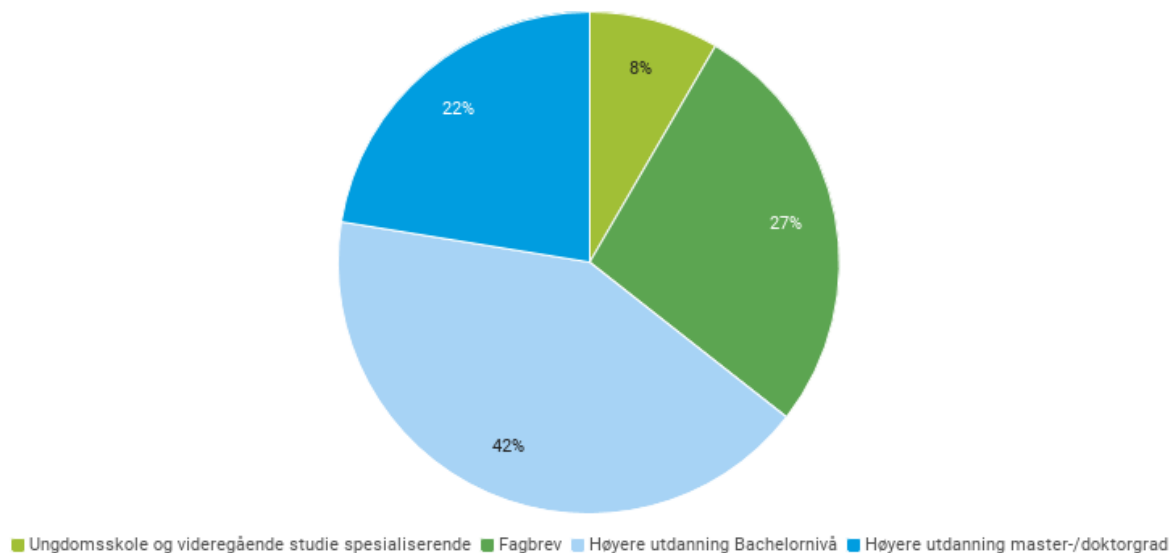
Figur 4.7: Oversikt av kvinner sine svar på utbygging av kjernekraft i Longyearbyen.

Utdanningsnivå blant deltakerne varierer. Av dem som har tatt undersøkelsen har 43% av deltakerne oppnådd høyere utdanning på bachelornivå og 25% har master-/doktorgrad. Flere av deltakerne har fagbrevutdanning (23%), mens 10% har fullført ungdomsskole og går nå, eller har allerede fullført, videregående med studiespesialiserende, se Figur 4.8.



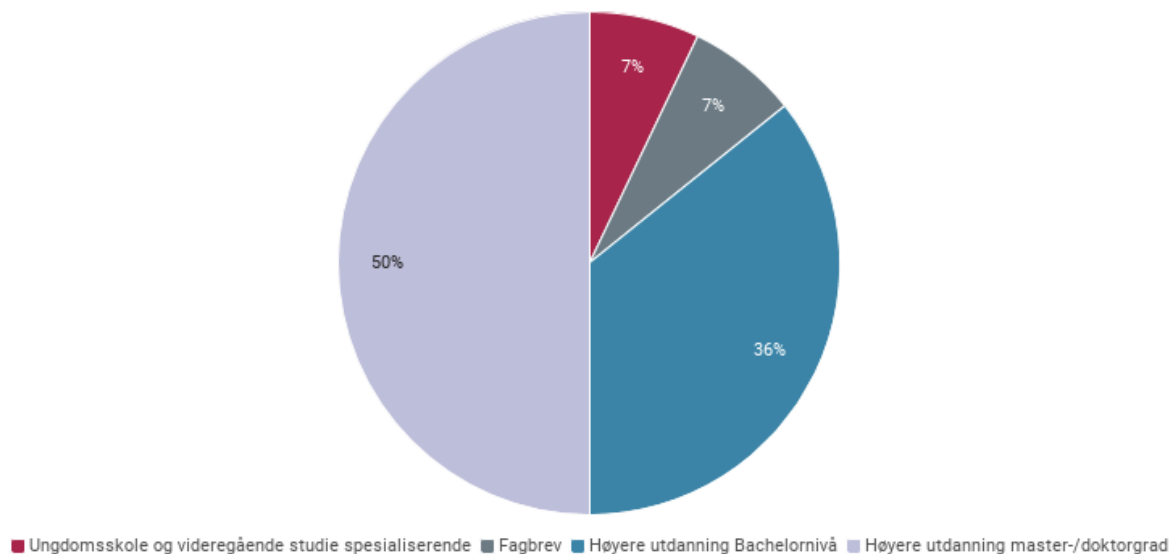
Figur 4.8: Utdanningsnivå på deltakerne fra undersøkelsen.

Deltakerne som er mest åpen og positiv for utbygging av kraftverket, har enten høyere utdanning med bachelor eller fagbrev, og utgjør totalt 69% av respondentene. De resterende 30% som har sagt ja til utbygging av kjernekraftverk, inkluderer de som enten har fullført ungdomsskole, videregående eller høyere utdanning med master-/doktornivå.



Figur 4.9: Utdanningsnivået til deltakerne som har sagt ja til utbygging av kjernekraft i Longyearbyen.

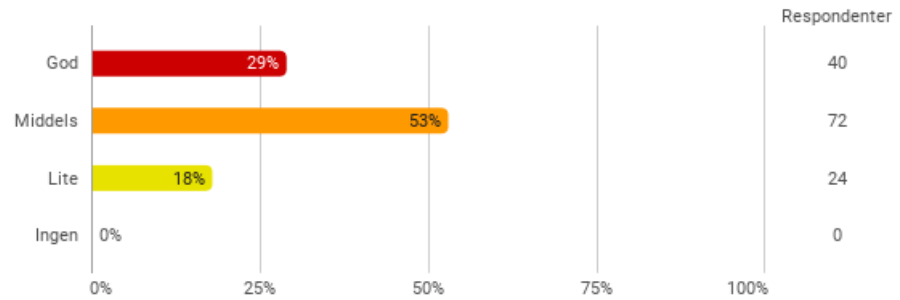
Av dem som har sagt seg uenig i utbyggingen, er det igjen de med høyere utdanning enten med bachelor eller master-/doktornivå som har markert seg mest, med 86%. Deltakere med ungdomsskole og videregående utdanning samt deltakere med fagbrev utgjør en liten andel med kun 14%. I undersøkelsen har 68% av deltakerne høyere utdanning enten med bachelor eller master/doktorgrad. Man kan anta at dette hadde sett annerledes ut hvis det hadde vært en høyere andel av folk med lavere utdanning som hadde svart.



Figur 4.10: Utdanningsnivået til deltakerne som har sagt nei til utbygging av kjernekraft i Longyearbyen.

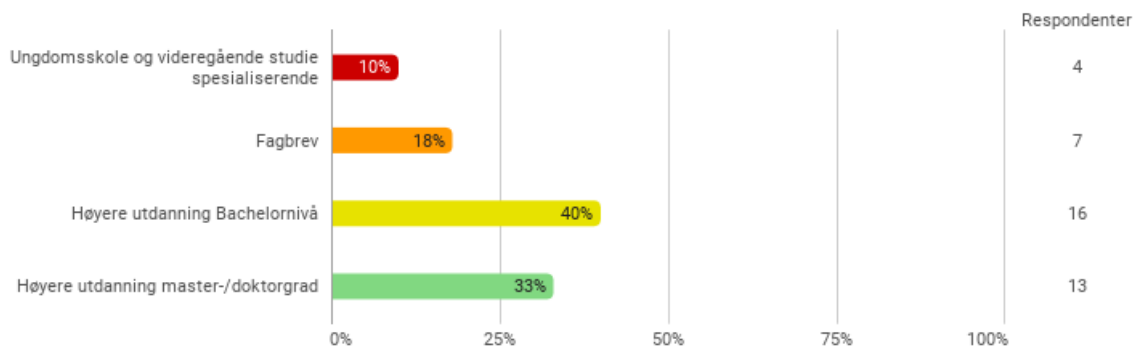
Deltakerne ble bedt om å vurdere sitt kunnskapsnivå om kjernekraftverk, med alternativene God, Middels, Lite og Ingen. Resultatene av undersøkelsen indikerte at flertallet av deltakerne har enten middels eller godt kunnskapsnivå om kjernekraftverk.



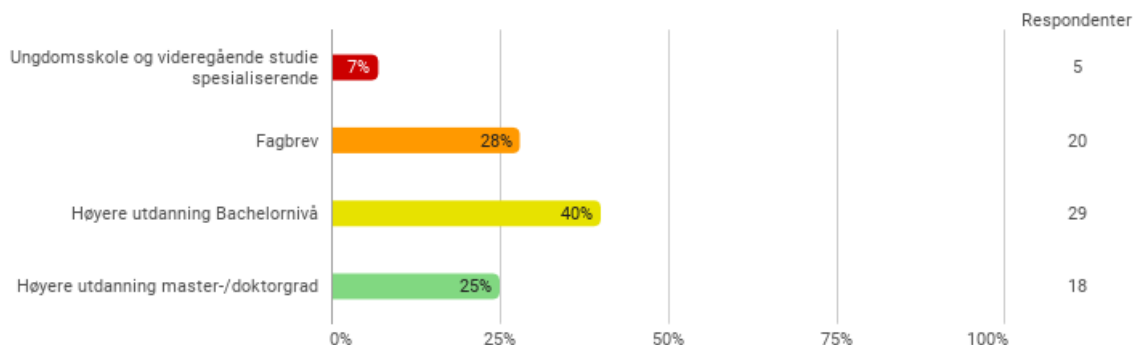


Figur 4.11: Oversikt over deltakerens kunnskapsnivå.

Majoriteten av dem med god kunnskap om teknologien er utdannet med bachelor- eller master-/doktorgrad, mens de med middels kunnskapsnivå består hovedsakelig av deltakerne med fagbrev og bachelorgrad. Kunnskap rundt teknologien er viktig når en avgjørelse skal tas. Mangel på kunnskap og tidligere hendelser om atomkraft kan medvirke til usikkerhet og bekymringer, som videre kan bidra til feilinformasjon og misforståelser om energikilden. Undersøkelsen viser at de med høyere utdanning, har en mer åpen tankegang og en bredere og bedre forståelse om teknologien.



Figur 4.12: Utdanningsnivået til deltakerne som har avkrysset «God» kunnskapsnivå.



Figur 4.13: Utdanningsnivået til deltakerne som har avkrysset «Middels» kunnskapsnivå.

«Er du åpen for utbygging av kjernekraft i Longyearbyen?», se vedlegg 6, er nest siste spørsmål i spørreundersøkelsen. Her ble deltakerne oppfordret til å gi en begrunnelse på svaret sitt. Av dem som svarte, var 79,3% positive til utbyggingen, 10,4% som sa nei og 10,4% som hadde avkrysset «har ikke nok kunnskap» refererer til vedlegg 4. Begrunnelsene gav innsikt i deltakernes synspunkter og hva de tenker om teknologien.

Majoriteten av deltakernes begrunnelser er positive, og flere viser til kunnskap og interesse, men det er også de som mener at den sårbare naturen, konsekvenser ved et eventuelt uhell, og tidligere negative hendelser, er tilstrekkelige grunner for å ikke benytte teknologien. Se vedlegg 5. Flere påpeker at utviklingen av SMR og MMR fortsatt er i startfasen, og det kan være risikabelt for et sårbart samfunn som Longyearbyen å ta i bruk teknologi som man ikke har sett i bruk i særlig i stor grad. Andre ser på utfordringene ved håndtering av radioaktivt avfall på Svalbard som bekymringsverdig, og mener at den porøse grunnen og smeltende permafrost ikke vil være egnet for lagring av avfall, og at det heller må sendes til fastlandet. Noen hevder at Longyearbyen ikke bør være først ut for å teste slike nye teknologier, men heller mener at når teknologien er ferdig utprøvd andre steder, og blitt «hylleware», kan det være aktuelt for byen. Flere av deltakerne påpeker at de stiller seg positive til kjernekraft som energikilde, men mener at det ikke er egnet for Longyearbyen.

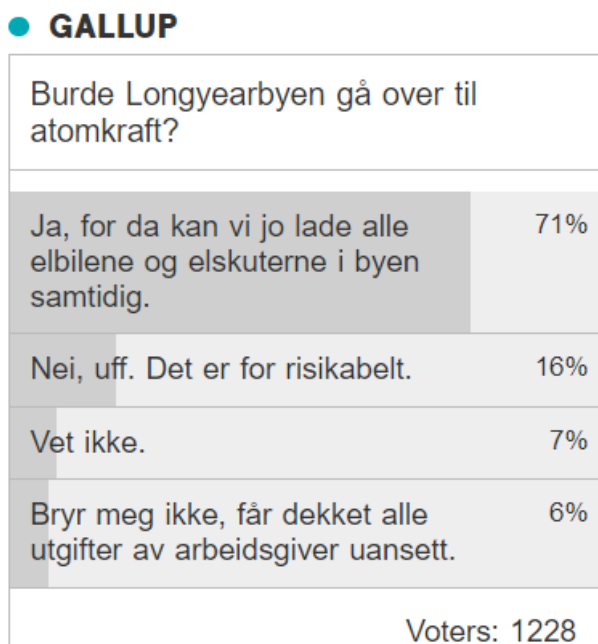
For å drive en arktisk by som er opptatt av bærekraft, natur og dyreliv, krever det gode energiløsninger som ikke forurensar det unike og sårbare området. Flertallet av respondentene mener at teknologien anses god for Svalbard, og at kjernekraft er fremtidens energikilde. Se vedlegg 5. De påpeker at kjernekraft i dag er en pålitelig og stabil energiforsyning som ikke er avhengig av vær eller årstider. Andre hevder at en lavkarbonenergi kilde som kjernekraft, sammenliknet med kull og olje, vil bidra til å redusere lokale utslipp. Flere stiller seg positiv til det lave arealbehovet kjernekraft har sammenliknet med andre fornybare energikilder som sol- og vindkraft, noe som kan være en fordel i et begrenset område som Longyearbyen. Respondenter formidler kjennskap til at kjernekraft både gir elektrisk og termisk energi, noe som de opplever er godt egnet for fjernvarmenettet i byen. Flere ser på denne muligheten som en betydelig sjans til å gjenreise kompetansen på kjernekraft i Norge. Dieselaggregatene som for øyeblikket elektrifiserer Longyearbyen er det flere av deltakerne som er misfornøyd med. De ser på kjernekraft som en bedre og mer driftssikker løsning enn dieselaggregat, og mener at kjernekraft er den eneste løsningen for en permanent energiforsyning. Flere fremhever at redselen folk har etter kjernekraftulykken i Tsjernobyl må overkommes og at teknologien har kommet en lang vei siden den gang.

Resultatene fra spørreundersøkelsen blant innbyggerne på Svalbard, antyder en positiv holdning til et mulig kjernekraftverk på øyen, se vedlegg 5. Kjernekraft som en energikilde til Longyearbyen kan være med på å utbre teknologien, spesielt rundt arktiske strøk. Undersøkelsen viser at fordommene mot kjernekraftverk ikke er så høye som tidligere antatt. Det er fortsatt noen som stiller seg kritisk til energikilden, men man ser en økende aksept i dagens samfunn.

#### **4.3.1 Feilkilder rundt spørreundersøkelsen**

Selv om spørreundersøkelsen har vært lærerik er det viktig å være klar over og adressere mulige feilkilder som kan påvirke resultatet. En vanlig feilkilde er et skjevt utvalg, der deltakerne nødvendigvis ikke reflekterer den faktiske populasjonen. Noe som igjen vil føre til skjevheter i dataene.

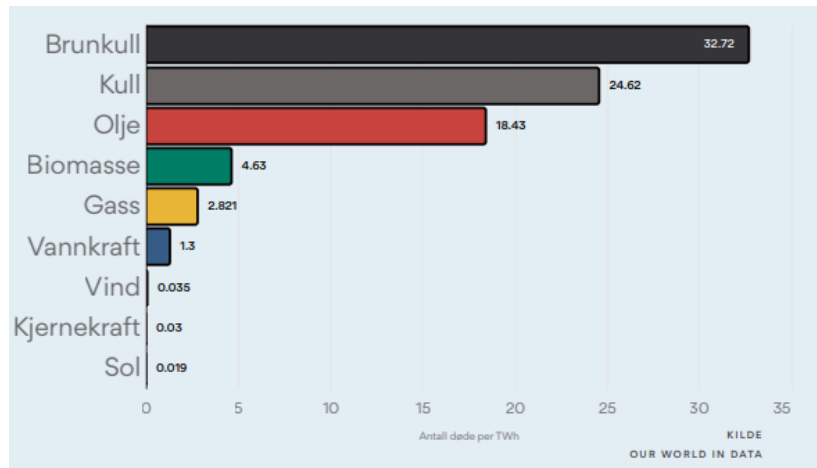
Spørsmålsformulering vil også påvirke resultatet, da ledende spørsmål eller misvisende språk kan påvirke hvordan respondentene svarer. Deltakeren kan også gi feilaktige svar av ulike grunner, eksempelvis for å unngå å virke uvitende eller ønsket om å gi et sosialt akseptabelt svar. Språkbarrierer kan begrense hvem som deltar i undersøkelsen, i dette tilfellet var undersøkelsen på norsk, men det er kjent at flere av beboerne på Svalbard har engelsk eller andre fremmedspråk som morsmål. Her kan man igjen argumentere for at de som kan norsk er i målgruppen da det er krav om tre års botid i en norsk kommune for andre enn norske statsborgere for å ha stemmerett og være valgbar til lokalstyret i Longyearbyen [102]. Utvalgsstørrelsen er også viktig å vurdere, da for små utvalgsstørrelser kan føre til usikre resultater eller begrense muligheten til å generalisere funn til den større populasjonen. I denne undersøkelsen var det 135 deltakere som fullførte, noe som utgjør rundt 5 % av bosetningen i Longyearbyen. Dette henger antageligvis tett sammen med begrensingene knyttet til måten undersøkelsen ble distribuert på. I dette tilfellet ble undersøkelsen delt i en Facebook-gruppe. Dette kan igjen føre til et skjevt utvalg, da det kan være visse grupper eller demografiske kohorter som er underrepresenterte i gruppen. Det vil og føre til at meninger og perspektiver fra personer utenfor gruppen ikke blir fanget opp. Som et resultat av dette kan funnene fra undersøkelsen være skjeve og ikke nødvendigvis gjenspeile den totale befolkningens synspunkter eller oppfatninger. Uoffisielle målinger gjort på Svalbardposten sin nettside viser derimot også et stort flertall som er for utbyggingen av kjernekraft, der hele 71% av 1228 deltakere svarte ja til at Longyearbyen burde gå over til atomkraft, se Figur 4.14 [103]. Her er det viktig å merke seg at ikke alle som leser svalbardposten nødvendigvis bor på Svalbard.



Figur 4.14: En uoffisiell spørreundersøkelse gjort av Svalbardposten på deres nettside.

#### 4.4 Dødelighet

Energi er sentralt for nesten alle store utfordringer og muligheter verden står ovenfor i dag [104]. Av dagens energikilder er fossile brensel den farligste og minst miljøvennlige energikilden av alle, mens moderne fornybare energikilder og kjernekraft, er energikilder som anses å være betydelig renere og tryggere for verden. Faktorer som luftforurensing, utslipp av klimagasser og ulykker, kan ha negativ effekt på menneskenes helse og for miljøet. Flere millioner mennesker dør hvert år av luftforurensing, hvor brenning av biomasse og fossilt brensel er hovedårsaken [104]. 91% av det globale CO<sup>2</sup> utslippet for 2020 var fra industri og fossilt brensel. Fossilt brensel er den største årsaken til klimaendringene, og slipper ut betydelige mengder klimagasser som både er helsefarlig og dårlig for miljøet. Kjernekraft er en energikilde som ikke bidrar til luftforurensing, men som spiller en viktig rolle i reduksjon av de globale CO<sup>2</sup>- utslippene [24]. Figur 4.15 viser dødsraten ut fra dødsfall ved ulykker og luftforurensing per TWh med strøm [13].



Figur 4.15: Dødelighet for ulike energikilder per TWh [13].

Energikildene sammenliknes basert på estimert antall dødsfall de forårsaker per TWh elektrisitet [104]. Ut fra grafen kommer det tydelig frem at biomasse og fossile brensler tar flest menneskeliv sammenlignet med fornybare kilder og kjernekraft. Brunt kull kommer verst ut med en dødsrate på 32.72 per TWh, med olje og kull like bak med en dødsrate per TWh på 18.43 og 24.62. Nederst på grafen finner man sol-, kjerne- og vindkraft, hvor dødsraten er svært lav, men ikke null. Solkraft har en dødsrate på 0.019 per TWh, vindkraft med 0.035 per TWh, mens kjernekraft har et estimert dødsfall på 0.03 per TWh. Disse energikildene er de tryggeste og sikreste kildene for elektrisk produksjon, og ved å ta i bruk disse energikildene vil det ikke bare beskytte fremtidige generasjoner, men også ha betydelige helsemessige fordeler.

#### 4.5 Forsyningssikkerhet

Forsyningssikkerhet og beredskap er viktigere for Longyearbyen enn for resten av Norge, grunnet beliggenhet, klima og mangel på annen infrastruktur rundt byen. Longyearbyen ligger rundt 900 km fra fastlandet [105] og har ingen nettilknytning til andre energisystemer. Ved behov for reservedeler er eneste transportmetode fly eller skip, og med et arktisk klima med lange vintre og perioder med kombinasjon av vind og kulde, er tilstrekkelig forsyningssikkerhet helt avgjørende for Longyearbyen. I energiplan Longyearbyen står det at tilstrekkelig forsyningssikkerhet for kraft- og varmeproduksjon er således et absolutt krav til ethvert fremtidig energisystem i Longyearbyen [10].

Med hensyn på Svalbards årlige energiforbruk på 40 GWh elektrisk og 70 GWh termisk får en eventuell eVinci MMR et overskudd på 1,61 GWh elektrisk og 38,19 GWh termisk energi.

Se vedlegg 10. En viktig faktor for innfasing av bærekraftig energi er energilagring [10]. Det er svært kostnadseffektivt å lagre varme, og større sesonglagre av energi i form av varme vil kunne bidra positivt til energisikkerheten i Longyearbyen. Svalbard Energi AS ferdigstilte en batteripark i Longyearbyen, som har vært i drift siden høsten 2023 [106]. Batteriparken bidrar til økt forsyningssikkerhet og er frekvensstyrende på nettet i Longyearbyen. Batteriene har en lagringskapasitet på 7 MWh og har en effekt på 6 MW, og er et viktig skritt mot en bærekraftig energifremtid på Svalbard.

Overskuddsstrøm fra kjernekraftverket kan også brukes til å produsere hydrogen gjennom elektrolyse. Hydrogenet vil kunne lagres før det eventuelt blir benyttet i brenselceller eller motor for å kunne produsere energi etter behov [10]. Dette vil være mulig å gjøre samtidig som man lagrer strøm i batteriparken i Longyearbyen. Etter man har lagret 7 MWh i batteriene kan man bruke resterende på produksjon av hydrogen. Det er også forventet at det vil oppstå etterspørsel på komprimert hydrogen til det lokale transportmarkedet. Batteriteknologien er vurdert å ikke kunne dekke hele behovet til forskjellige transportmidler som snøskutere, hurtigbåter og tyngre lastebiler. For at Longyearbyen kan utvikle seg til å bli et 100% bærekraftig samfunn kan dette være et viktig poeng da hydrogen som energilager kan bli mer økonomisk attraktivt. Et lavtrykkslager kan kombineres med en fyllestasjon med en høytrykkspumpe som trykker hydrogenet opp til 350 bar som kan brukes i transportsektoren.

En geotermos kan også bidra til å øke utnyttelsen av overskuddsvarmen fra mikroreaktoren. Det virker som et reservelager for varme, og er regnet som en delvis moden teknologi [10]. Lokalstyret i Longyearbyen har uttrykt ønske om å øke den tekniske og økonomiske forståelsen rundt dette. En geotermos kan lades med enhver varmekilde som er tilgjengelig, og det er ikke utenkelig å kombinere en slik løsning med et eventuelt kjernekraftverk. Dette kan bidra stort til å styrke energisikkerheten på Svalbard. Lokalstyret skriver i Energiplanen at de mener geotermos er det foretrukne alternativet for sesonglagring av varmeenergi.

#### **4.6 Tidsperspektiv**

Det er ikke tatt høyde for byggetid i økonomiberegningene. Byggetid er vanskelig å forutsi nøyaktig, spesielt for store prosjekter som kan bli forsinket grunnet vær, forsyningsproblem, eller byråkratiske utfordringer. Å inkludere byggetid i SE vil derfor legge til en usikkerhet i prognosen. Det er også mer praktisk å forenkle beregningene ved å se på kontantstrømmene etter at prosjektet er ferdigstilt. Selv om byggetid ikke er direkte inkludert i økonomiberegningene er det viktig å anerkjenne at dette ville ha påvirket beregningene. I

beregninger gjort av gruppen får man en SE på 0,87 kr/KWh. Beregninger gjort av NKK der en byggeperiode på 4 år er tatt hensyn til gir en SE på 0,85 kr/KWh. Se vedlegg 11. Gjennomsnittlig byggetid for et kjernekraftverk er på rundt 5 år i 2017, historisk ligger det på 7,5 år [107]. Det er imidlertid opplyst i samtaler med Øyvind Aas-Hansen, i Norsk Kjernekraft AS, at byggetid for en MMR vil ligge på omtrent 4 år.

Det er også vanskelig å forutsi hvor lang tid konsesjonssøknader og regelverk rundt kjernekraft vil ta. NKK vil i løpet av 2022 til 2025 utarbeide et grunnlag for konsesjon [108]. Prosessen med å få tillatelse og konsesjon for bygging av kraftanlegg over en viss størrelse er omfattende og langvarig. Søknadsprosessen involverer grundig dokumentasjon og planlegging som krever svært detaljert informasjon om det tiltenkte kjernekraftverket, tekniske spesifikasjoner, sikkerhetsprotokoller og miljøpåvirkning. Energiplanen for Longyearbyen peker på behovet for å styrke lovverket rundt konsesjon for produksjon, distribusjon og salg av energi, noe som ytterligere forlenger prosessen. Tidsrammen for å få tillatelse og konsesjon for en MMR på Svalbard vil bli lang, og det kreves omfattende innsats for å oppnå godkjenning på dette prosjektet. IAEA anslår at det tar 10-15 år for et land som ikke har kjernekraftverk å etablere sitt første kraftverk, fra den datoen landet begynner å utrede det [109].

## 5. Diskusjon

Valg av fremtidig energiløsning for Longyearbyen må ta flere viktige hensyn. Først og fremst er det viktig å vurdere kostnadseffektiviteten av energiløsningen med tanke på den økonomiske usikkerheten knyttet til en MMR. Selv om både SMR og MMR gir potensiale for stabil energiforsyning, må kostnadene knyttet til oppstart, drift og avvikling nøye vurderes. Alt av tall må bli antagelser fordi hverken SMR eller MMR er i drift på landanlegg i dag, og man kan ikke sikkert si hvordan det vil være i praksis. Den største økonomiske usikkerhetsfaktoren er ansett som prisen på dekommisjonering, investering og driftskostnader.

Det ble først valgt å beregne dekommisjoneringskostnaden som en negativ restverdi som skal trekkes fra nåverdien, noe som tilsvarte å legge inn en utgift i år 40. Etter mye diskutering og usikkerheter ble det valgt å legge til dekommisjoneringskostnader i formel 2 med bruk av sluttverdiformelen. Se formel 3. På denne måten diskonteres utgiftene til dekommisjonering på samme måte som besparelsene og investeringskostnadene. Ved å trekke fra dekommisjoneringskostnader i besparelsen vil man få samme nåverdi.

I drift- og vedlikeholdskostnadene er det inkludert lønn for 30 arbeidere, brenselkostnader og forsikring. Prisene for drift, vedlikehold og dekommisjonering er basert på antagelser, og man har vurdert tilnærminger fra ulike land, deriblant Sverige. Til tross for at Sverige ikke deler Svalbards arktiske klima, har man valgt å bruke deres tall som synes å være realistiske. Dette valget er også begrunnet med at Sverige er naboland med Norge, noe som kan gi en viss relevans for sammenligningens formål.

For brensel ble tall hentet fra Norsk Kjernekraft AS, og det ble valgt den høyeste verdien for å få en sikkerhetsmargin. Den betydelige usikkerheten skyldes at tallene som ble oppgitt gjelder et konvensjonelt kjernekraftverk. Brenselet kan bli dyrere å lage, da det er mindre produksjonsvolum og en ny brenselstype. Samtidig kan prisen for brenselet være inkludert i investeringskostnaden for reaktoren da reaktoren byttes ut når brenselet er brukt opp. I dette tilfellet burde brenselkostnadene settes til 0 for å unngå å telle den dobbelt. Det er altså en stor usikkerhet i tallene oppgitt fra Norsk Kjernekraft AS. Westinghouse skriver også på sine sider at de har som mål å stille med en returløsning av brukt brensel, og det er usikkert hva dette vil koste og hva denne løsningen vil inneholde.



Et av argumentene for kjernekraft er den generelt lave energiprisen man kan oppnå på Svalbard med en MMR eller SMR. Dette sammenliknet med kull og diesel. En usikkerhet er at gruppen ikke har sett på hvor mye energiprisen blir for andre energikilder, da dette ville resultere i et for omfattende arbeid. Administrerende direktør i Store Norske uttalte til Svalbardposten 11. mars 2024 at «Den fremtidige energien skal være kostnadseffektiv, med energipriser til å leve med, og inngrepene i sårbar natur skal være så små som mulig.» [110]. Det er helt klart at en MMR vil være et alternativ som gjør minst mulig inngrep i naturen. Arealeffektiviteten til en MMR er mye bedre enn for eksempel sol-, vann- og vindkraft. Kan man i tillegg plassere kjernekraftverket der det tidligere kullkraftverket har vært er det mulig å spare naturen ytterligere.

Et kjernekraftverk leverer også kontinuerlig, stabil energi, som ikke er væravhengig. Dette er et viktig argument for en MMR i Longyearbyen da innbyggerne er avhengig av strøm og varme. En stabil energikilde vil også levere stabile energipriser, og det vil være liten usikkerhet rundt leveransen av energi. Sysselimester Lars Fause har uttalt at «løsningen som er i dag med dieselgeneratorene er for ustabil og usikker» [111]. Med dieselløsning har de tilstrekkelig energikapasitet, men Sysselimesteren så det nødvendig å sikre økt reservekapasitet og anmodet Forsvaret om å stille med nye aggregat. Dette bekrefter stor usikkerhet rundt dagens løsning, og det er tydelig at øyen trenger en energikilde som kan levere stabil energi, og de trenger det snart.

Et kjernekraftverk kan være en løsning som ligger lenger frem i tid enn hva Longyearbyen lokalstyre har sett for seg. Det er også uttrykt usikkerhet rundt det å være først ute med en MMR, hvor noen i spørreundersøkelsen har uttalt at de er for kjernekraft, men at de ikke vil være først ute med ny teknologi. Utrengninger viser også at det vil være mer lønnsomt å vente til MMR er på markedet, for da vil investeringskostnadene bli lavere på grunn av «samlebåndsprinsippet». Lovverket rundt kjernekraftverk vil ta 10-15 år å utvikles for Svalbard, og eventuell byggetid av en MMR vil ta ytterligere 4 år. Så løsningen med bærekraftig energi fra et kjernekraftverk vil ikke være reelt før om tidligst 20 år. Dette strider mot Longyearbyen lokalstyres plan om å ha stabil og tilstrekkelig energiforsyning frem mot 2033 [112]. De har også som mål å redusere CO2 utslippene med minst 80% innen 2030. Dette er mål som ikke blir nådd hvis kjernekraft skal være en løsning for Longyearbyen.

Det ble tidlig avklart at fokuset burde ligge på hvordan en MMR ville fungert i Longyearbyen, da en mulig SMR ville produsere for mye energi. Utrekninger viser at denne antagelsen var riktig. En SMR, i denne oppgaven er det sett på løsninger fra Rolls Royce og Westinghouse, vil produsere for mye energi til at det kan være lønnsomt. Forbruket til innbyggerne vil holde seg stabilt, da det er kontrollert hvor mange mennesker som bor på Svalbard. Derfor vil det ikke være gunstig å se på muligheten for utbygging av en SMR. Westinghouse sin eVinci MMR vil kunne produsere tilstrekkelig med energi for å dekke behovet, og fortsatt være lønnsomt. Det vil likevel bli produsert mer enn det som trengs, noe som gjør at man er nødt til å vurdere hva man skal bruke overskuddsenergien til. Lokalstyret i Longyearbyen har sett på muligheter for å utvikle geotermos, som kan lagre energi i form av varme. En MMR vil kunne lagre overskuddsvarme i dette. Det er også installert en batteripark i Longyearbyen med en kapasitet på 7 MWh som kjernekraftverket kan supplere til. Utover dette er det blant annet mulighet for å produsere hydrogen til transportsektoren for å kunne gjøre samfunnet på Svalbard mer bærekraftig.

Det er verdt å merke seg at ingen energikilder er helt risikofrie, men både fornybare kilder og kjernekraft har vist seg å ha betydelig lavere dødsfall knyttet til elektrisitetsproduksjon sammenlignet med fossile brensler. Kjerne-, sol- og vindkraft viser seg å være de sikreste alternativene når man vurderer tap av menneskeliv per år. Derfor bør bruken av disse trygge og lavutslipps energikildene øke for å sikre en bærekraftig energiframtid og beskytte både menneskers helse og miljøet.

I regjeringens nye Svalbardmelding som kommer i løpet av 2024 er det uttrykt store usikkerhetsmomenter rundt energi-fremtiden på Svalbard. Lederen i Longyearbyen lokalstyre, Terje Aunevik, mener tydelig at meldingen må inneholde hvem som har ansvaret for energiomstillingen [113]. Det er viktig for de lokale at samfunnet holdes interessant, og at folk ønsker å bo der. Et viktig poeng for disse argumentene er å sikre stabil leveranse av energi, slik at boforholdene på øyen blir gode. Det er store usikkerheter rundt dagens løsning hvor energiproduksjon fra kullkraftverket er stengt, og samfunnet er gått over til drift fra diesel. Som følge av krigen i Ukraina har prisen på diesel steget, og energiprisene i Longyearbyen har økt kraftig på grunn av dette [114]. Lokalpolitikere har gått ut og sagt at de angrer på at de stemte for nedstenging av kullkraftverket. Bakgrunnen for dette er at det ikke lå til grunn en sikker og stabil energikilde da det er basert på dieselaggregatene som tidligere fungerte som en reserveløsning. Et stramt dieselmarked som følge av underskudd på diesel

kan skape enda høyere fremtidige energipriser, og det er viktigere enn noen gang å finne en permanent løsning på energiproduksjonen.

Diskusjonen om kjernekraft på Svalbard er preget av flere varierte synspunkter blant innbyggerne. Spørreundersøkelsen viser at flertallet støtter en eventuell utbygging av en MMR, men bekymringer rundt risiko for ulykker og håndtering av avfall ble også uttrykt. Til tross for sprikende meninger gir undersøkelsen en verdifull innsikt i befolkningens synspunkter og indikerer behovet for en grundigere diskusjon rundt energiforsyningen på øya.

## 6. Konklusjon

Med nedleggelsen av Norges eneste kullkraftverk, Longyear Energiverk, har behovet for en bærekraftig energiløsning for Longyearbyen vært påtrengende. Overgangen til dieselaggregater som midlertidig energiløsning fremhever det pressende behovet for å finne langsiktige, miljøvennlige alternativer som ivaretar miljøet og økonomien på Svalbard. Longyearbyen lokalstyret sitt mål om å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene med 80% innen 2030 gir også et økt press på å finne en passende løsning på den nødvendige energiproduksjonen. Denne rapporten har vurdert potensialet for mikro modulære rektorer (MMR) som en mulig løsning for å møte energibehovet i Longyearbyen.

*Kan energibehovet til oppvarming og elektrisitet i Longyearbyen, dekkes av en mikro modulær reaktor (MMR)?*

Ja, energibehovet vil bli dekket av en MMR og det vil være økonomisk lønnsomt for befolkningen og eventuelle investorer, men med tidsperspektivet tatt i betraktning vil det ikke være realistisk.

Det vil ta 15 til 20 år før en MMR eventuelt vil være på plass i Longyearbyen, noe som ikke svarer på behovet for en rask overgang til mer bærekraftige energiløsninger. Spørsmålet blir da om implementeringen av andre lavutslippsenergikilder vil lønne seg, eller om lokalsamfunnet vil dra nytte av å vente på utbyggingen av en eventuell MMR.

Resultatene indikerer at MMR-teknologien har stort potensial til å være en kostnadseffektiv og bærekraftig energikilde for Longyearbyen. Ved å vurdere økonomiske faktorer, inkludert investeringskostnader, driftskostnader og priser for brensel kan man se at en MMR er et konkurransedyktig alternativ til tradisjonelle energikilder. Samtidig som gruppen erkjenner betydelig usikkerhet knyttet til beregningene, da spesielt med tanke på dekommisjonering av kraftverket og kostnader for brensel. Det kan være hensiktsmessig med en MMR med tanke på å bevare miljøet da en reaktor krever lite areal, og vil bevare mye av det estetiske ved Longyearbyen. Man trenger heller ikke å velge bort alle andre alternativer til ren energi. En MMR kan fungere bra som et supplement til væravhengige energikilder, også kombinert med energilagring.



## 7. Referanser

- [1] K. A. Rosvold og K. Hofstad, «kullkraftverk», Store norske leksikon. 4. januar 2024. Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/kullkraftverk>
- [2] T. Stensvold, «Svalbard går fra kull til diesel», Tu.no. Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/svalbard-gar-fra-kull-til-diesel/537119>
- [3] G. Ulfstein og S. G. Holtsmark, «Svalbardtraktaten», Store norske leksikon. 24. januar 2023. Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/Svalbardtraktaten>
- [4] «Energiforsyningen i Longyearbyen», Sysselmasteren på Svalbard. Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sysselmasteren.no/nb/nyheter/2024/03/energiforsyningen-i-longyearbyen/>
- [5] «Om Svalbard», Visit Svalbard. Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.visitsvalbard.com/informasjon-for-besokende/om-svalbard>
- [6] N. P. Thuesen og S. Barr, «Svalbard», Store norske leksikon. 12. desember 2023. Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/Svalbard>
- [7] «Befolkningen på Svalbard», SSB. Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/befolkning/folketall/statistikk/befolkningen-pa-svalbard>
- [8] S. Barr, «Svalbard globale frøhvelv», Store norske leksikon. 24. januar 2023. Åpnet: 23. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://snl.no/Svalbard\\_globale\\_fr%C3%B8hvelv](https://snl.no/Svalbard_globale_fr%C3%B8hvelv)
- [9] J. beredskapsdepartementet, «Meld. St. 32 (2015–2016)», Regjeringen.no. Åpnet: 23. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-32-20152016/id2499962/>
- [10] «Energiplan+Longyearbyen+2023.pdf». Åpnet: 16. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://img6.custompublish.com/getfile.php/5111882.2046.unjjtmimnsmstk/Energiplan+Longyearbyen+2023.pdf?return=www.lokalstyre.no>
- [11] «Hvorfor verden trenger mer fornybar energi», Greenpeace Norge. Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.greenpeace.org/norway/nyheter/energi/hvorfor-verden-trenger-mer-fornybar-energi/>
- [12] «Ren energi til alle». Åpnet: 12. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ren-energi-til-alle>
- [13] «2C\_Temanotat\_3\_2023\_Kjernekraft.pdf». Åpnet: 24. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://api.klimastiftelsen.no/wp-content/uploads/2023/08/2C\\_Temanotat\\_3\\_2023\\_Kjernekraft.pdf](https://api.klimastiftelsen.no/wp-content/uploads/2023/08/2C_Temanotat_3_2023_Kjernekraft.pdf)
- [14] «Nuclear Power | UNECE». Åpnet: 15. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://unece.org/sustainable-energy/cleaner-electricity-systems/nuclear-power>
- [15] «Nuclear», IEA. Åpnet: 15. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.iea.org/energy-system/electricity/nuclear-power>
- [16] J. Mecklin, «Nuclear power: Why the divide in expert views?», Bulletin of the Atomic Scientists. Åpnet: 15. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://thebulletin.org/2023/10/nuclear-power-why-the-divide-in-expert-views/>
- [17] H. Kristiansen, «Realistisk om kjernekraft». Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.universitetsavisa.no/havard-kristiansen-kjernekraft-norsk-kjernekraft-as/realistisk-om-kjernekraft/396393>
- [18] «What is Nuclear Energy? The Science of Nuclear Power». Åpnet: 18. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-energy-the-science-of-nuclear-power>
- [19] «Hva er kjernekraft | UngEnergi». Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://ungenergi.no/energikilder/kjernekraft/hva-er-kjernekraft/>

- [20] K. Hofstad, «kjernereaktor», Store norske leksikon. 13. februar 2024. Åpnet: 18. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/kjernereaktor>
- [21] «Kjernekraft – En kontroversiell energikilde», Strøm.no. Åpnet: 19. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://xn--strm-ira.no/kjernekraft>
- [22] «20231121-kjernekraft-i-norge.pdf». Åpnet: 29. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nho.no/contentassets/220ef13d98a3415abc745b7ec5e88939/20231121-kjernekraft-i-norge.pdf>
- [23] United Nations Economic Commission for Europe, Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. i ECE Energy Series. United Nations, 2022. doi: 10.18356/9789210014854.
- [24] «Nuclear brief\_EN.pdf». Åpnet: 21. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://unece.org/sites/default/files/2021-08/Nuclear%20brief\\_EN.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2021-08/Nuclear%20brief_EN.pdf)
- [25] «Small modular reactors». Åpnet: 19. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.rolls-royce.com/innovation/small-modular-reactors.aspx>
- [26] «Nuclear energy in the European Union».
- [27] «Kjernekraft som energikilde - aldri før har temaet vært mer aktuelt». Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/energi/energibloggen/kjernekraft-som-energikilde/>
- [28] «What are Small Modular Reactors (SMRs)?» Åpnet: 13. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>
- [29] «eVinci™ Microreactor | Westinghouse Electric Company». Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.westinghousenuclear.com/energy-systems/evinci-microreactor>
- [30] «SMR\_booklet\_2022.pdf». Åpnet: 19. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_booklet\\_2022.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_booklet_2022.pdf)
- [31] «Our technology», English. Åpnet: 19. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://gda.rolls-royce-smr.com/our-technology>
- [32] S. E. Elliott (s\_elliott), «Norsk Kjernekraft samarbeider med Rolls-Royce: – Denne avtalen vil være en døråpner for kjernekraft i Norge», Kystens Næringsliv | Vi skaper kysten sammen! | Kystens Næringsliv. Åpnet: 21. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.kystens.no/energi/norsk-kjernekraft-samarbeider-med-rolls-royce-denne-avtalen-vil-vare-en-dorapner-for-kjernekraft-i-norge/2-1-1416165>
- [33] «eVinci™ mikroreaktor Den neste generasjons atomforskningsreaktor | Westinghouse Electric Company». Åpnet: 9. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.westinghousenuclear.com/flysheet-directory/evinci-microreactor-the-next-generation-nuclear-research-reactor/>
- [34] «eVinci™ Heat Pipe Technology | Westinghouse Electric Company». Åpnet: 19. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.westinghousenuclear.com/flysheet-directory/evinci-heat-pipe-technology/>
- [35] «Westinghouse SMR - Atomkraftverk over hele verden - Atomkraftverk - Nuclear Street - Nuclear Power Plant Nyheter, jobber og karrierer». Åpnet: 10. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://nuclearstreet.com/nuclear-power-plants/w/nuclear\\_power\\_plants/westinghouse-smr](https://nuclearstreet.com/nuclear-power-plants/w/nuclear_power_plants/westinghouse-smr)
- [36] T. Gardner og T. Gardner, «Westinghouse unveils small modular nuclear reactor», Reuters, 4. mai 2023. Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.reuters.com/world/us/westinghouse-unveils-small-modular-nuclear-reactor-2023-05-04/>
- [37] H. Kristiansen og Ø. Aas-Hansen, «Kjernekraft og fornybart i Longyearbyen – Energi og Klima». Åpnet: 5. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på:

- <https://energiogklima.no/meninger-og-analyse/debatt/kjernekraft-og-fornybart-i-longyearbyen>
- [38] M. Igini, «The Advantages and Disadvantages of Nuclear Energy», Earth.Org. Åpnet: 20. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://earth.org/the-advantages-and-disadvantages-of-nuclear-energy/>
- [39] «Strid om kjerne-kraft i Norge: – Fin-nes ingen tryg-gere energi-form». Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.aftenbladet.no/i/nWnOGn>
- [40] «Kjernekraft – et usedvanlig godt alternativ», Tu.no. Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/kjernekraft-et-usedvanlig-godt-alternativ/504026>
- [41] «Ny rapport: Kjernekraft blir dyrt og kommer neppe før 2050». Åpnet: 29. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.fornybarnorge.no/nyheter/2023/ny-rapport-kjernekraft-blir-dyrt-og-kommer-neppe-for-2050/>
- [42] «The Top Pros And Cons of Nuclear Energy», EnergySage. Åpnet: 21. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.energysage.com/about-clean-energy/nuclear-energy/pros-and-cons-nuclear-energy/>
- [43] J. Unwin, «Nuclear power pros and cons: What’s the impact of the energy source?», Power Technology. Åpnet: 21. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.power-technology.com/features/nuclear-power-pros-cons/>
- [44] «6 Great Benefits of Nuclear Energy Now and in the Future». Åpnet: 21. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://encoreuranium.com/benefits-of-nuclear/benefits-nuclear-energy/>
- [45] J. Hesthammer, «– Kjernekraft er overlegen andre energikilder når det gjelder areal- og materialbehov», Tu.no. Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/kjernekraft-er-overlegen-andre-energikilder-nar-det-gjelder-areal-og-materialbehov/490958>
- [46] «3 Reasons Why Nuclear is Clean and Sustainable», Energy.gov. Åpnet: 21. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.energy.gov/ne/articles/3-reasons-why-nuclear-clean-and-sustainable>
- [47] K. A. Rosvold og K. Hofstad, «grunnlastverk», Store norske leksikon. 25. januar 2024. Åpnet: 2. mai 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/grunnlastverk>
- [48] «Livsløpsanalyser», Nortura. Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nortura.no/baerekraft-i-nortura/mat-pa-naturens-fabriker/klima/livsløpsanalyser>
- [49] M. N. FpU Follo, «En åpenbar løsning på klimakrisen som likevel ignoreres», Nettavisen. Åpnet: 14. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nettavisen.no/5-95-191285>
- [50] Tore, «Så billig/dyrt er kjernekraft!» Åpnet: 14. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://klimavenner.no/billig-strom/>, <https://klimavenner.no/billig-strom/>
- [51] «Atomkraft», Naturvernforbundet. Åpnet: 29. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://naturvernforbundet.no/energi/atomkraft/>
- [52] B. Salbu, «radioaktivt avfall», Store norske leksikon. 4. januar 2024. Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://snl.no/radioaktivt\\_avfall](https://snl.no/radioaktivt_avfall)
- [53] «Kjernekraft i Norge». Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/energi/energibloggen/kjernekraft-i-norge/>
- [54] «Radioaktivt avfall NND». Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.norskdekkommissjonering.no/radioaktivt-avfall/>
- [55] H. Berg, «Atomavfall – farlig eller verdifull ressurs? | Klimavenner for Kjernekraft». Åpnet: 29. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://klimavenner.no/atomavfall->



- verdens-farligste-avfall-eller-verdifull-ressurs/, <https://klimavenner.no/atomavfall-verdens-farligste-avfall-eller-verdifull-ressurs/>
- [56] «Løsninger for håndtering av radioaktivt avfall NND». Åpnet: 29. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.norskdekkommissjonering.no/losninger/losninger-for-handtering-av-radioaktivt-avfall/>
- [57] L. Ursin, «Slik kan atomkraftverk lage bomber – Energi og Klima». Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://energiogklima.no/to-grader/ekspertintervju/slik-kan-atomkraftverk-lage-bomber>
- [58] «Ikkespredningsavtalen». Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://fn.no/avtaler/nedrustning/ikkespredningsavtalen>
- [59] H. K. (operasjonsdirektør) og J. H. (styreleder) Bergen Norsk Kjernekraft AS, Halden og, «Kjernekraft er en løsning», Nordnorsk debatt. Åpnet: 6. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nordnorskdebatt.no/5-124-294364>
- [60] «Chernobyl: the true scale of the accident». Åpnet: 8. mai 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.who.int/news/item/05-09-2005-chernobyl-the-true-scale-of-the-accident>
- [61] K. Hofstad, «kjernekraftsikkerhet», Store norske leksikon. 23. august 2023. Åpnet: 16. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/kjernekraftsikkerhet>
- [62] E. S. Viseth, «Longyearbyen fyrer for kråka: Bruker dobbelt så mye varme om vinteren som hus på fastlandet», Tu.no. Åpnet: 15. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/longyearbyen-fyrer-for-kraka-bruker-dobbelt-sa-mye-varme-om-vinteren-som-hus-pa-fastlandet/450263>
- [63] S. Norske, «Historiske gruver», Store Norske | Bergverk • Eiendom • Logistikk • Turisme. Åpnet: 15. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.snsk.no/bergverk/om-bergverk>
- [64] S. Norske, «Om energi», Store Norske | Bergverk • Eiendom • Logistikk • Turisme. Åpnet: 15. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.snsk.no/energi/om-energi>
- [65] «Kullkraft – fortsatt verdens største strømkilde», Strøm.no. Åpnet: 23. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://xn--strm-ira.no/kullkraft-strøm>
- [66] T. T. Jonassen, «Alt klart for overgang fra kull til diesel i Longyearbyen». Åpnet: 5. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.highnorthnews.com/nb/alt-klart-overgang-fra-kull-til-diesel-i-longyearbyen>
- [67] J. beredskapsdepartementet, «Prop. 1 S (2021–2022)», Regjeringa.no. Åpnet: 20. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/nn/dokumenter/prop.-1-s-20212022/id2874757/>
- [68] «På høy tid å vurdere kjernekraft – også i Norge | DN». Åpnet: 6. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.dn.no/innlegg/energi/atomkraft/kjernekraft/pa-hoy-tid-a-vurdere-kjernekraft-ogsa-i-norge/2-1-1494838>
- [69] «NOU 2023: 3», Regjeringen.no. Åpnet: 6. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-3/id2961311/>
- [70] K. Hofstad, «uranressurser», Store norske leksikon. 4. januar 2024. Åpnet: 16. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/uranressurser>
- [71] K. Hofstad, «uranproduksjon», Store norske leksikon. 26. januar 2023. Åpnet: 16. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/uranproduksjon>
- [72] «Hvordan fungerer kraftmarkedet? - NVE». Åpnet: 20. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/slik-fungerer-kraftsystemet/hvordan-fungerer-kraftmarkedet/>
- [73] «- Kjernekraft er den tryggeste energikilden vi har», Geoforskning.no. Åpnet: 20. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://geoforskning.no/kjernekraft-er-den-tryggeste-energikilden-vi-har/>

- [74] K. miljødepartementet, «Svalbard er ei av Europas siste villmarker», Regjeringa.no. Åpnet: 22. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/nn/tema/svalbard-og-polaromradene/innsiktsartiklar-polaromrada/svalbard--ei-av-europas-siste-villmarker/id2339658/>
- [75] J. H. Halleraker og R. Frislid, «naturreservat», Store norske leksikon. 29. november 2023. Åpnet: 22. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/naturreservat>
- [76] I. U. Jakobsen og D. Å. Bukkvoll, «svalbardmiljøloven», Store norske leksikon. 4. februar 2024. Åpnet: 22. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/svalbardmilj%C3%B8loven>
- [77] K. miljødepartementet, «Svalbardmiljøloven», Regjeringen.no. Åpnet: 22. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/svalbardmiljolooven/id173945/>
- [78] «Representantforslag fra stortingsrepresentantene Marius Arion Nilsen, Terje Halleland, Helge André Njåstad, Erlend Wiborg, Dagfinn Henrik Olsen, Per-Willy Amundsen, Christian Tybring-Gjedde, Bengt Rune Strifeldt og Himanshu Gulati om styrket suverenitet, sysselsetting og energisikkerhet på Svalbard», Stortinget. Åpnet: 5. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Representantforslag/2022-2023/dok8-202223-253s/?all=true>
- [79] «konesjon», Store norske leksikon. 4. januar 2024. Åpnet: 6. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://snl.no/konesjon>
- [80] K. A. Rosvold og J. H. Halleraker, «konesjon – kraftanlegg», Store norske leksikon. 25. januar 2023. Åpnet: 6. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://snl.no/konesjon\\_-\\_kraftanlegg](https://snl.no/konesjon_-_kraftanlegg)
- [81] E. S. Viseth, «Mottar Norges første kjernekraft-søknad: – Vi vil ta stilling til saken», Tu.no. Åpnet: 6. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tu.no/artikler/mottar-norges-forste-kjernekraft-soknad-vi-vil-ta-stilling-til-saken/538922>
- [82] «Forskrift om arealplanlegging i bosettingene på Svalbard - Lovdata». Åpnet: 5. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/1997-01-24-37>
- [83] «Lov om atomenergivirkosomhet [atomenergilooven] - Lovdata». Åpnet: 2. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1972-05-12-28>
- [84] «Lov om strålevern og bruk av stråling [strålevernloven] - Lovdata». Åpnet: 7. februar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-05-12-36>
- [85] «Safety standards». Åpnet: 21. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.iaea.org/resources/safety-standards>
- [86] «Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) - Lovdata». Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- [87] «Fra-ord-til-handling-Innledende-mulighetsstudie.pdf». Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://usercontent.one/wp/www.norsk-kjernekraft.com/wp-content/uploads/2023/10/Fra-ord-til-handling-Innledende-mulighetsstudie.pdf>
- [88] «Felleskonvensjon om sikkerhet ved håndtering av brukt kjernebrensel og sikkerhet ved håndtering av radioaktivt avfall - - Lovdata». Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/1997-09-29-1/ARTIKKEL\\_9#ARTIKKEL\\_9](https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/1997-09-29-1/ARTIKKEL_9#ARTIKKEL_9)
- [89] «Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) - Kapittel 16. Radioaktivt avfall - Lovdata». Åpnet: 8. mai 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL\\_19#KAPITTEL\\_19](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_19#KAPITTEL_19)
- [90] D. Mathers, «Small Modular Reactors & waste management issues».

- [91] «Valutakurser». Åpnet: 6. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Valutakurser/>
- [92] «U.S. Nuclear Operating Plant Basic Information», Nuclear Energy Institute. Åpnet: 8. mai 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nei.org/resources/statistics/us-nuclear-operating-plant-basic-information>
- [93] «Gebyrregulativ\_2023\_SvalbardEnergiAS.pdf». Åpnet: 2. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: [https://img2.custompublish.com/getfile.php/5113279.3032.bksptmatzk7lj/Gebyrregulativ\\_2023\\_SvalbardEnergiAS.pdf?return=www.svalbard-energi.no](https://img2.custompublish.com/getfile.php/5113279.3032.bksptmatzk7lj/Gebyrregulativ_2023_SvalbardEnergiAS.pdf?return=www.svalbard-energi.no)
- [94] K. Skråmm, «(+ ) Folk om økte energipriser: – Det blir veldig dyrt». Åpnet: 8. mai 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbardposten.no/folk-om-okte-energipriser-det-blir-veldig-dyrt/521661>
- [95] «Operation and maintenance of nuclear power plants». Åpnet: 21. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.iaea.org/topics/operation-and-maintenance>
- [96] «Hva tjener en ingeniør?» Åpnet: 3. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.tekna.no/lonn-og-arbeidsvilkar/alt-om-lonn/hva-tjener-en-ingenior/>
- [97] «Beskatning av lønn for arbeid på Svalbard», Skatteetaten. Åpnet: 3. mai 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.skatteetaten.no/person/skatt/hjelp-til-riktig-skatt/arbeid-trygd-og-pensjon/finnmark-og-svalbard/svalbard/utenlandsk-arbeidskraft/>
- [98] «Nuclear Power Economics | Nuclear Energy Costs - World Nuclear Association». Åpnet: 21. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx>
- [99] «Civil Liability for Nuclear Damage | Nuclear Insurance - World Nuclear Association». Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/liability-for-nuclear-damage.aspx>
- [100] «Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage». Åpnet: 18. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-liability-conventions/convention-supplementary-compensation-nuclear-damage>
- [101] «Finansiering», SKB. Åpnet: 25. mars 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://skb.se/det-har-ar-skb/finansiering/>
- [102] «Hvem kan stemme? - Longyearbyen lokalstyre». Åpnet: 19. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.lokalstyre.no/hvem-kan-stemme.599255.no.html>
- [103] «Svalbardposten - forside». Åpnet: 19. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbardposten.no/>
- [104] H. Ritchie og M. Roser, «What are the safest and cleanest sources of energy?», Our World Data, mar. 2024, Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>
- [105] «Svalbard», Nord-Norge. Åpnet: 18. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://nordnorge.com/destinasjon/svalbard/>
- [106] «Milepæl i energiomstillingen - SVALBARD ENERGI AS». Åpnet: 17. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbard-energi.no/milepael-i-energiomstillingen.6653251-586879.html>
- [107] «Glex Energy - Energiforbrukets påvirkning | Hvorfor bygges nye kjernekraftverk hvis det er så dyrt?» Åpnet: 19. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://energy.glex.no/no/kronikker/hvorfor-bygges-nye-kjernekraftverk-hvis-det-er-sa-dyrt>
- [108] «Hjem», Norsk Kjernekraft AS. Åpnet: 18. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.norsk-kjernekraft.com/>

- [109] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, Rev. 1. i IAEA NUCLEAR ENERGY SERIES. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2015. doi: 10.61092/iaea.hff3-zuam.
- [110] O. M. Rapp, «(+) Energi-svar før nyttår». Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbardposten.no/energiomstilling-energiskifte-fornybar-energi/energi-svar-for-nyttar/528921>
- [111] L. N. Ylvisåker og A. C. M. Hansen, «(+) Forsvaret skal bidra med aggregat til energiforsyning». Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbardposten.no/forsvaret-skal-bidra-med-aggregat-til-energiforsyning/529696>
- [112] «Energiomstillingen - SVALBARD ENERGI AS». Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbard-energi.no/energiomstilling.589564.no.html>
- [113] O. M. Rapp, «(+) Håper på klare grep og penger». Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbardposten.no/justisminister-longyearbyen-naeringsliv/haper-pa-klare-grep-og-penger/530390>
- [114] A. C. M. Hansen, «(+) – Vi burde ha sagt stopp». Åpnet: 23. april 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.svalbardposten.no/vi-burde-ha-sagt-stopp/531538>

## Liste over Figurer

Figur 3.1: Fisjon av uran-235 [13]. .....	10
Figur 3.2: Illustrasjon av GE Hitachi sin SMR, BWRX-300, [13]. .....	13
Figur 3.3: Illustrasjon av Westinghouse sin MMR, eVinci, [29]. .....	13
Figur 4.1: Oversikt over spesifikk energi- og varmepris for tre ulike kjernekraftverk sammenliknet med strømprisen på Svalbard for 2023. ....	29
Figur 4.2: Oversikt over nåverdi for ulike kjernekraftverk. ....	30
Figur 4.3: Lønnsomhetsanalyse som viser nåverdi basert på avvik fra -50% opptil 50% med investeringskostnad på 1200MNOK. ....	31
Figur 4.4: Stjernediagram som viser avvik i rente, levetid, strømpris og investering, basert på 1200MNOK investeringskostnad. ....	32
Figur 4.5: Statistikk over åpenheten for utbygging av kjernekraft i Longyearbyen. ....	38
Figur 4.6: Oversikt av menn sine svar på utbygging av kjernekraft i Longyearbyen. ....	38
Figur 4.7: Oversikt av kvinner sine svar på utbygging av kjernekraft i Longyearbyen. ....	39
Figur 4.8: Utdanningsnivå på deltakerne fra undersøkelsen. ....	39
Figur 4.9: Utdanningsnivået til deltakerne som har sagt ja til utbygging av kjernekraft i Longyearbyen. ....	40
Figur 4.10: Utdanningsnivået til deltakerne som har sagt nei til utbygging av kjernekraft i Longyearbyen. ....	40
Figur 4.11: Oversikt over deltakerens kunnskapsnivå. ....	41
Figur 4.12: Utdanningsnivået til deltakerne som har avkrysset «God» kunnskapsnivå. ....	41
Figur 4.13: Utdanningsnivået til deltakerne som har avkrysset «Middels» kunnskapsnivå. ...	41
Figur 4.14: En uoffisiell spørreundersøkelse gjort av Svalbardposten på deres nettside. ....	44
Figur 4.15: Dødelighet for ulike energikilder per TWh [13]. ....	45

## Liste over Tabeller

Tabell 2.1: Spørsmål som ble stilt i spørreundersøkelse .....	5
Tabell 3.1: Oversikt over investeringskostnadene, drivstoffsyklus og forventet levetid til de ulike reaktorene.....	15
Tabell 4.1: Oversikt over energiproduksjon, elektrisk og termisk, for tre ulike kjernekraftverk. ....	28
Tabell 4.2: Oversikt over prosessen av behandlingen av uran og kostnadene rundt dette [98]. ....	34
Tabell 4.3: Oversikt over årskostnader for dekommisjonering av kjernekraftverk i Sverige, Frankrike og USA basert på energiproduksjonen til eVinci MMR (vedlegg 10).....	36

**Liste over Formler**

Formel 1:	Outputverdi [Wh]	3
Formel 2:	Nåverdi [kr]	3
Formel 3:	Sluttverdi [kr]	4
Formel 4:	Spesifikk varme- og energipris [kr/kWh]	4
Formel 5:	Kapitalkostnad [kr]	4
Formel 6:	Fisjonsprosess	11

## Vedlegg

Vedlegg	Type vedlegg
Vedlegg 1	Rente fra Gunn Irene Hommedal Kvitne
Vedlegg 2	Plan for overgang til diesel
Vedlegg 3	Mail fra NVE om konsesjon på Svalbard
Vedlegg 4	Spørreundersøkelse figurer
Vedlegg 5	Spørreundersøkelse full oversikt
Vedlegg 6	Spørreundersøkelse spørsmålsoversikt
Vedlegg 7	Mail fra Mons Ole Sellevold om energiforbruk
Vedlegg 8	Mail fra Mons Ole Sellevold om lønnsnivå
Vedlegg 9	Mail fra Mons Ole Sellevold om plassering av kjernekraftverk
Vedlegg 10	Excel – gruppens utregninger
Vedlegg 11	Excel - Håvard Kristiansen i NKK sine beregninger
Vedlegg 12	Mail fra Håvard Kristiansen i NKK ang. tall på dekommisjonering, forsikring og brensel
Vedlegg 13	Mail fra Håvard Kristiansen i NKK ang. dekommisjonering, besparelse og driftskostnad
Vedlegg 14	Mail fra Håvard Kristiansen i NKK ang. investeringskostnad
Vedlegg 15	Mail fra Christian Haraldsen i Gjensidige Forsikring
Vedlegg 16	Mail fra Feilicia Øystå i Longyearbyen lokalstyre
Vedlegg 17	Mail fra Line Nagell Ylvisåker i Svalbardposten





