



# Høgskulen på Vestlandet

## Bacheloroppgave Maskin

ING3039

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	30-04-2019 16:10	<b>Termin:</b>	2019 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	08-05-2019 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
<b>SIS-kode:</b>	203 ING3039 1 PRO-1 2019 VÅR Haugesund		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

**Kandidatnr.:** 122

### Informasjon fra deltaker

**Tittel \*:** Alternative energiløsninger for nytt kommune- og regiondelsenter i Akdsal

**Engelsk tittel \*:** Alternative energy solutions for a new municipal center and regional center in Akdsal

**Egenerklæring \*:** Ja **Inneholder besvarelsen Nei**  
**konfidensiell materiale?:**

**Jeg bekrefter at jeg har Ja**  
**registrert oppgavetittelen**  
**på norsk og engelsk i**  
**StudentWeb og vet at**  
**denne vil stå på**  
**vitnemålet mitt \*:**

### Gruppe

**Gruppenavn:** (Anonymisert)

**Gruppenummer:** 7

**Andre medlemmer i gruppen:** 120

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja



Høgskulen  
på Vestlandet

# BACHELOROPPGAVE

Alternative energiløsninger for nytt kommune-  
og regiondelsenter i Aksdal

Alternative energy solutions for a new  
municipal center and regional center in Aksdal

**Sondre Bjønsaas Nielsen og  
Cecilie Falkeid Vikse**

Bachelor i ingeniørfag, maskin

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap/Institutt for maskin- og marinfag/ING

Høgskulen på Vestlandet, avd. Haugesund

Ståle Bright Pettersen

08. mai 2019

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

# Alternative energiløsninger for nytt kommune- og regiondelsenter i Akسدal

---



Bacheloroppgave utført ved  
Høgskulen på Vestlandet, Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

---

*Maskin, Prosessteknikk*

Av: Sondre Bjønsaas Nielsen  
Cecilie Falkeid Vikse

*Kand.nr:* 122  
*Kand.nr:* 120

---

*Haugesund*

*Våren 2019*

# BACHELORPROSJEKT

**Studenten(e)s navn:** Sondre Bjønsaas Nielsen og Cecilie Vikse

---

**Linje & studieretning** Maskiningeniør, prosess- og energiteknikk

**Oppgavens tittel:** Alternative energiløsninger for nytt kommune- og regiondelsenter i Aksdal

**Oppgavetekst:**

I forbindelse med utvikling av et nytt kommune- og regiondelsenter i Aksdal vil vi se på alternative energiløsninger for drift av nye bygg. Bakgrunnen for oppgaven er et ønske fra Tysvær kommune om å se på fremtidsrettede energikilder. Den produserte energien skal kunne forsyne både private og offentlige funksjoner innenfor det planlagte området. Kommunen vil gjerne kunne drifte egne bygg med lokalprodusert energi. Vi kommer derfor til å fokusere på alternative energiløsninger hvor dette kan gjøre seg mulig.

De alternative fornybare energikildene vil i rapporten sammenlignes etter forskjellige kriterier, som virkningsgrad, tilgjengelighet, kostnad og livsløpsperspektiv.

Målet med oppgaven er å komme med forslag til fremtidsrettede energiløsninger som skal utarbeides med stedtilpasset dokumentasjon, beregninger og anbefalinger. Dette blir dokumentasjon som kommunen ved en senere anledning kan vurdere å jobbe videre med når prosjektet skal tres i kraft.

**Endelig oppgave gitt:** 01.03-19

**Innleveringsfrist:** Onsdag 8.mai 2019 kl. 12.00

**Intern veileder:** Ståle Bright Pettersen

**Ekstern veileder:** Annette Sæther  
**emailadresse ekstern veileder:** annette.saether@tysver.kommune.no

**Godkjent av studieansvarlig:**  
**Dato:**

*J. E. Lindaa*  
30/4-19

Oppgavens tittel Alternative energiløsninger for nytt kommune- og regiondelsenter i Aksdal		Rapportnummer  (Fylles ikke ut)
Utført av Sondre Bjønsaas Nielsen og Cecilie Vikse		
Linje Maskin		Studieretning Prosessteknikk
Gradering Åpen	Innlevert dato 07.05.2019	Veiledere Intern: Ståle Bright Pettersen Ekstern: Annette Sæther

**Ekstrakt**

Rapporten er skrevet for Tysvær kommune i forbindelse med utvikling av et nytt kommune- og regiondelsenter i Aksdal. Målet er å komme med en oversikt over hvilke fornybare energikilder Tysvær kommune burde vurdere, for å kunne lokalprodusere energi for dette området.

Vurderinger er blitt gjort for energikilder som vindkraft, energibrønner og solkraft. Beregninger på hvor mange enheter som behøves for å dekke det tiltenkte energibehovet er også utført. Konklusjon om hvilket alternativ som passer best for området, er basert på hvor lønnsomme energikildene vil være i forhold til økonomi, utnyttelsesgrad og levetid.

## Forord

Rapporten er skrevet som en del av faget Bacheloroppgave Maskin (ING3039), som avslutter en 3-årig utdanning innen maskiningeniør ved Høgskulen på Vestlandet, Stord/Haugesund. Oppgaven vil forsvares muntlig den 13.juni 2019, i tillegg til en A3-plakat og et produkt. Målet for oppgaven er at studentene skal vise at de er i stand til å arbeide selvstendig med en gitt problemstilling der de bruker de kunnskaper de har tilegnet seg gjennom studiet.

Vi kom i kontakt med Tysvær kommune gjennom Haugaland Vekst, som hadde et foredrag på høyskolen om mulige bacheloroppgaver. Kommunen har planer om å bygge et nytt kommune- og regiondelsenter i Aksdal. De ønsker derfor innspill til hvilke fornybare energimetoder som kan være aktuelle, for å kunne lokalprodusere energi til å drive kommende bygg og boliger i området. I møte med ekstern veileder og teknisk ansvarlig i kommunen kom vi frem til at vi skulle komme med en oversikt over fornybare energikilder, og se på muligheten for å kunne utnytte disse på det tiltenkte området. Vi fikk fritt spillerom til hvordan vi ville bygge opp oppgaven, og hvilke underkategorier vi synes var viktige og få med, og se nærmere på.

Vi vil gjerne få takke Tysvær Kommune og Haugaland Vekst som har hjulpet oss å komme frem til en spennende og lærerik prosjektoppgave. Vi vil også takke våre veiledere Ståle Bright Pettersen (intern) og Annette Sæther (ekstern, Tysvær Kommune) for gode innspill og veiledning. Videre vil vi gi en stor takk til Torbjørn Jektnes (teknisk ansvarlig, Tysvær Kommune) for god hjelp til informasjonsinnhenting og svar på spørsmål.

Sondre Bjønsaas Nielsen

Cecilie Falkeid Vikse



Sted: Haugesund

Dato: 07.05.2019

## Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>V</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABELLER</b> .....	<b>VIII</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>X</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVE.....	1
1.2 OPPGAVENS PROBLEMSTILLING .....	1
1.3 METODIKK.....	2
1.4 AVGRENSINGER .....	2
1.5 FORKORTELSER, INDEKSER OG TEGN.....	2
<b>2 FRAMTIDSUTSIKTER</b> .....	<b>3</b>
2.1 DAGENS ENERGILØSNING.....	3
2.2 FRAMTIDSUTSIKTER FOR ÅKSDAL SENTRUM.....	3
<b>3 INFORMASJON OM MULIGE ENERGILØSNINGER</b> .....	<b>5</b>
3.1 VINDKRAFT .....	6
3.1.1 Vindkapasitet .....	7
3.1.2 Konsensejon .....	8
3.1.3 Fordeler og ulemper med vindkraftverk.....	8
3.1.4 Lokasjon.....	9
3.1.5 Virkningsgrad.....	10
3.1.6 Livsløp.....	11
3.1.7 Økonomi.....	11
3.1.8 Lover.....	12
3.2 ENERGIBRØNNER (GEOTERMISK ENERGI).....	13
3.2.1 Hva er geotermisk energi.....	13
3.2.2 Åpent eller lukket system.....	14
3.2.3 Lokasjon.....	17
3.2.4 Livsløp.....	17
3.2.5 Økonomi.....	17
3.2.6 Lover.....	18
3.2.7 BRUK I ANDRE KOMMUNER .....	18
3.3 SOLCELLER.....	19
3.3.1 Solkraft ved solceller.....	19
3.3.2 Fordeler og ulemper med solceller.....	20
3.3.3 Virkningsgrad.....	21
3.3.4 Livsløp.....	21
3.3.5 Sikkerhet, lover og regler.....	22
3.3.6 Framtidsutsikter for solceller.....	23
3.4 SOLFANGERE.....	25
3.4.1 Fordeler og ulemper med solfangere.....	26
3.4.2 Virkningsgrad.....	26
3.4.3 Sikkerhet, lov og regler .....	26
3.4.4 Framtidsutsikter.....	27
3.5 BIOENERGI.....	28
3.6 UTNYTTELSE AV SPILLVARME .....	29
3.6.1 Utnytte spillvann fra gassanlegget på Kårstø.....	29
3.6.2 Utnytte nærliggende vannområdet.....	30
3.7 KONKLUSJON FOR MULIGE ENERGILØSNINGER .....	32
3.7 LAVENERGIBYGG.....	33



3.7.1 Plussshus.....	33
3.7.2 Passivhus.....	33
3.8 STØTTE FRA ENOVA.....	34
<b>4 TEKNISKE TILTAK .....</b>	<b>35</b>
4.1 VINDKRAFT .....	36
4.1.2 Vindturbinens effekt.....	36
4.1.3 Energiproduksjon i løpet av ett år.....	37
4.2 ENERGIBRØNNER.....	39
4.2.1 Væske-til-vann varmepumpe.....	39
4.2.2 Kartlegging av grunn .....	40
4.2.3 Energiberegning .....	42
4.3 SOLKRAFT.....	44
4.3.1 Solceller.....	44
4.3.1 Soleksponering i Akسدal.....	45
4.4 ENERGIBRUK I AKSDAL.....	48
4.5 KRAFTPRISER .....	49
<b>5 LEVELIZED COST OF ELECTRICITY .....</b>	<b>50</b>
5.1 LCOE for vindkraft.....	52
5.2 LCOE for energibrønner.....	53
5.3 LCOE for solfangere.....	55
5.4 LCOE for solceller.....	57
5.4.1 Alternativ LCOE for solceller.....	59
<b>6 LOVVERK OG POLITISKE VEDTAK .....</b>	<b>61</b>
6.1 LOVVERK .....	61
6.1.1 Energiloven .....	61
6.1.2 Energilovforskriften.....	61
6.1.3 Plan- og bygningsloven.....	61
6.1.4 Andre.....	61
6.2 POLITISKE VEDTAK.....	62
<b>7 DISKUSJON, VALG AV ALTERNATIV OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEID .....</b>	<b>63</b>
7.1 DISKUSJON AV ALTERNATIVENE.....	63
7.2 VALG AV ALTERNATIV .....	64
7.3 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID.....	64
<b>KONKLUSJON .....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFI.....</b>	<b>I</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>VI</b>
VEDLEGG A:.....	VI
Vedlegg A1:.....	VII
Vedlegg A2:.....	VIII
Vedlegg A3:.....	IX
Vedlegg A4:.....	X
Vedlegg A5:.....	XI
VEDLEGG B:.....	XII
VEDLEGG C: .....	XIII

## Figurliste

FIGUR 1: FORSIDEBILDE (AUTOBOLIG, 2017).....	II
FIGUR 2: ARTWORK ENERGIKILDER (LIBRARY, ENERGY SOURCES, ARTWORK).....	5
FIGUR 3: OMRÅDE FOR TENKT VINDMØLLEPARK I TYSVÆR KOMMUNE (KARTDATA, 2019).....	6
FIGUR 4: VINDRESSURSENE I TYSVÆR KOMMUNE (KJELLER VINDTEKNIKK, 2009).....	7
FIGUR 5: VINDTURBINER (LIBRARY, WIND TURBINES).....	9
FIGUR 6: VIRKNINGSGRAD VINDKRAFT.....	10
FIGUR 7: ÅPEN LØSNING HVOR GRUNNVANNET BENYTTES TIL OPPVARMING GJENNOM BRUK AV EN VARMEPUMPE. ILLUSTRASJON: LUNDQVIST, NGU. ....	15
FIGUR 8: ENERGIBRØNN, LUKKET SYSTEM. ILLUSTRASJON: LUNDQVIST, NGU.....	16
FIGUR 9: SOLCELLEPANEL (CHRYSANTHOU).....	19
FIGUR 10: SOLCELLEKAPASITET I NORGE (NORSK SOLENERGIFORENING, 2019).....	24
FIGUR 11: SOLFANGER (JOYSE).....	25
FIGUR 12: LIVSLØP VED BIOBRENSEL (ENERGIGÅRDEN).....	28
FIGUR 13 (NADLER & KINDERSLEY).....	30
FIGUR 14: ILLUSTRASJON FRA ENOVA (ENOVA, 2016).....	39
FIGUR 15: BRØNNER OG LØSMASSEGEOLOGI AKSDAL (NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE, 2019) ..	40
FIGUR 16: ENERGIBRØNNER OG LØSMASSEGEOLOGI AKSDAL (NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE, 2019).....	41
FIGUR 17: BRØNN BORET I FJELL (NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE, 2015).....	41
FIGUR 18: KART OVER AKSDAL (GULE SIDER, 2019).....	42
FIGUR 19: MÅNEDLIG SKYDEKKE (SUNCURVES AS, 2019).....	45
FIGUR 20: SOLINDEKS FOR HAUGESUND (SUNCURVES AS, 2019).....	46
FIGUR 21: OVERSIKTSBILDE FRA SOLKART.NO.....	47
FIGUR 22: NÆRMERE OVERSIKTSBILDE FRA SOLKART.NO.....	47

## Tabeller

TABELL 1: FORKORTELSER, INDEKSER OG TEGN.....	2
TABELL 2: SYMBOLFORKLARING TIL ENERGILIGNING.....	36
TABELL 3: REGNEVERDIER FOR ENERGIBRØNN.....	43
TABELL 4: ENERGIFORBRUK TYSVÆRTUNET ENERGISENTRAL.....	48
TABELL 5: ENERGIFORBRUK, HELSEBYGG AKSDAL.....	48
TABELL 6: OVERSIKT OVER LCOE-SCORE FOR ENERGIKILDENE.....	64
TABELL 7: OVERSIKT OVER PÅVIRKNING PÅ MILJØ OG HELSE VED STRØMPRODUKSJON FRA FOSSILE OG FORNYBARE ALTERNATIVER. (UN ENVIRONMENT, INTERNATIONAL RESOURCE PANEL, 2016).....	XII

## **Sammendrag**

I oppdrag fra Tysvær Kommune vil denne rapporten vurdere muligheten for å kunne drifte et nytt kommune- og regiondelsenter i Akسدal med fornybar og lokalprodusert energi. Området er per dags dato under planlegging for utbygging, dette forstudiet vil kunne hjelpe kommunen med å vurdere hvilke fornybare energiløsninger de skal velge for å nå sine mål.

Det er i første omgang redegjort for hvilke alternativer som er vurdert som mulige for det planlagte området. Deretter er det gått nærmere inn på de alternativer som er vurdert til mest aktuelle med tanke på gjennomførbarhet, miljø og levetid. Til slutt står en anbefaling av en kombinert energiløsning.

Etter en første vurdering av alternativene ble det sett bort i fra løsninger basert på bioenergi og utnyttelse av spillvarme fra ulike kilder. Gjennomførbarhet og miljøpåvirkning er hovedgrunnen til at disse systemene ikke ble sett nærmere på. Videre er det sett på tekniske tiltak for vindkraft, solkraft og geotermisk energi i form av energibrønner.

Det er allerede søkt og blitt meddelt konsesjon for et vindkraftverk for et område i Tysvær kommune. Det er likevel vanskelig å si når etableringen av vindmøller vil starte, og energiproduksjon vil komme i gang. På grunnlag av dette, i tillegg til støy, estetikk og skyggedannelse, vil den endelige løsningen ikke falle på vindkraft.

Systemer basert på solenergi kan ha en god virkningsgrad til tross for overskyet vær. Solceller og solfangere konkurrerer om de samme overflatearealene, men på grunn av at solfangere kun vil bli brukt til å varme opp vann for vannbåren varme, falt valget på solceller.

Den endelige løsningen som i denne rapporten er vurdert som det beste alternativet, er en kombinasjon av solceller og energibrønner. Med denne løsningen vil en mest sannsynlig kunne dekke det energibehovet som er tiltenkt for området. Overflødig strøm kan eventuelt selges videre.

## **Abstract**

In an assignment from Tysvær Kommune, we have in this report looked at the possibility to operate a new municipal center and regional center in Akسدal with renewable and locally produced energy. The area is currently under development planning, and this preliminary study will be able to help the municipality to consider which renewable energy solutions they may choose to achieve their goals.

In first instance, it is explained which alternatives are considered as possible for the planned area. Subsequently, the options that have been considered most relevant with regard to feasibility, environment and longevity are discussed in more detail. Finally, a recommendation of a combined energy solution stands.

After an initial assessment of the alternatives, we ignored solutions based on bioenergy and utilization of waste heat from various sources. Feasibility and environment impact are the main reasons why these systems were not further considered. Furthermore, technical measures for wind power, solar power and geothermal energy in the form of energy wells have been examined.

License for a wind power plant for an area in Tysvær has already been applied for and has been granted. It is still difficult to predict when the establishment of wind turbines will begin, and energy production will get started. On the basis of this, an addition to noise, aesthetics and shadow formation, the final solution will not fall on wind power.

Solar energy systems can have good efficiency despite overcast weather. Solar cells and solar collectors compete for the same surface areas, but because solar collectors will only be used to heat water for waterborne heat, the choice fell on solar cells.

The final solution considered in this report as the best option, is a combination of solar cells and energy wells. With this solution the production of energy will most likely cover what is intended for the area, and any excess energy can be sold.

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn for oppgave

Energiformen Aksdal sentrum blir drevet av i dag er for det meste gass og kommer fra én av de to energisentralene som Tysvær kommune har utplassert. Kommunen er opptatt av fremtidsrettede energiløsninger som kan tilrettelegges for en eventuell utbygging av Aksdal sentrum. Utenom vannkraft blir det lagt stor vekt på at Aksdal skal klare å lokalprodusere sin egen bærekraftige energi.

Snart starter utbyggingen av et nytt boligområde i Aksdal som blir kalt «den italienske landsby». I energiplanen for dette boligområdet er det planlagt at man skal nytte varmen fra Akسدalsvannet til å varme opp boligene. I forbindelse med dette blir det opprettet en ny energisentral ved nybyggingen.

Når Aksdal etter hvert skal utvides, med nye kommunale bygg og boliger rundt sentrumsområdet, vil behovet for energi til å øke. På bakgrunn av dette vil det i denne rapporten foreligge relevant informasjon om framtidsrettede og bærekraftige energiløsninger innen fornybar energi, som Tysvær kommune kan dra nytte av ved utbyggingen.

### 1.2 Oppgavens problemstilling

I denne rapporten vil alternative energimetoder drøftes, når Tysvær kommune skal se på fornybare energiløsninger for den planlagte utbyggingen i Aksdal. Det vil tas utgangspunkt i de metoder som vurderes best for området. Hvor lønnsomme alternativene vil være i forhold til økonomi, utnyttelsesgrad og levetid vil legge grunnlaget for valg av alternativ. Livsløpsperspektiv, muligheter for støtte og lover og regler kommunen må forholde seg til, er andre forhold som kommer til å bli sett nærmere på.

### 1.3 Metodikk

Rapporten vil besvare problemstillingen ved hjelp av informasjon og litteratur som allerede eksisterer, en metode som baserer seg på en systematisk litteraturstudie. Den informasjonen og litteraturen som brukes skal være informativ og aktuell, i tillegg til å være en trygg og anerkjent kilde. Ut i fra dette, dannes det et grunnlag for å kunne dra beslutninger om dette emnet.

### 1.4 Avgrensinger

De geografiske avgrensingene i denne oppgaven er blitt satt til utbyggingen av Akسدal sentrum. Kommunen har kommet med informasjon om et tenkt areal som er planlagt utbygd, og med bakgrunn i det, vil det anslås et tenkt energiforbruk for dette området. De økonomiske utsiktene kommer kun til å være et anslag, og er ikke faktiske priser for dette området eller prosjektet.

### 1.5 Forkortelser, indekser og tegn

Begrep	Beskrivelse
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
Spillvarme	Varmeenergi i form av vann, damp eller luft som går tapt til omgivelsene
Enova	Organisasjon som bidrar til omlegging av energiproduksjon og energibruk
LCOE	Levelized Cost of Electricity

Tabell 1: Forkortelser, indekser og tegn

## 2 Framtidsutsikter

### 2.1 Dagens energiløsning

Tysvær Kommune har i dag to energisentraler, hvor en av disse er lokalisert ved Tysværtunet. Denne energisentralen er basert på gass, og gir varme til Tysværtunet, Aksdal legesenter, kirken i Aksdal, deler av omsorgssenteret og noen boliger. Resten av energien kommer fra elektrisitet ved vannkraft fra Haugaland Kraft. (Tysvær kommunestyret, 2011) Det meste av dette strømmettet er plassert under bakken. Ved Aksdals planer om utbygging, sier Haugaland Kraft at trafoene som forsyner Aksdal, bør skiftes ut og eventuelt omplasseres. De tar også utgangspunkt i at det skal tilrettelegges for flere ladestasjoner til el-bil i område, som også trenger en forsyningskilde. (Tysvær kommune, 2018)

### 2.2 Framtidsutsikter for Aksdal sentrum

Tysvær kommune har satt seg forskjellige mål for fremtiden. Kommunen har et ønske om å bli sett på som et forbilde, og oppfordrer til bruk av fornybar energi. I «Energi- og klimaplan» for Tysvær kommune har de satt seg et delmål om å lokalt kunne produsere 100 GWh per år med grønn energi, som vil tilsvare en tredel av det energiforbruket kommunen hadde i 2009 (sett bort fra industri). Allerede i dag er det flere bygg i Aksdal som er tilknyttet varmesentraler og blir oppvarmet av vannbåren varme. Kommunen har sett på muligheter for å omlegge energikilden som er i bruk i dag, til for eksempel bruk av biobrensel. Geotermisk energi i form av energibrønner er en mulighet som vil bli sett nærmere på i denne rapporten. Energibrønner kan være et aktuelt alternativ til energikilde for vannbåren varme. Dette vil blant annet føre til at CO<sub>2</sub>-utslipp vil reduseres betraktelig. For å kunne utnytte dette må bygging av fremtidige kommunale og private bygg legges til rette for vannbåren varme.

I tillegg til alternative energiløsninger er det også blitt sett på aktuelle energibesparende tiltak i Aksdal. Bygging av passivhus eller plusshus er et energireduserende tiltak som vil nevnes i denne rapporten, og som kommunen også vil arbeide for. (Aksdal kommune, 2011)

Per dags dato er tilgjengelig bruksareal i Aksdal sentrum 270 000 m<sup>2</sup>. Kommunen har informert om at frem til år 2030 vil det være sannsynlig at 101 719 m<sup>2</sup> BRA kan være utbygd.

I 2011 ble det utarbeidet en teknisk rapport for Tysvær kommune hvor kommunens egen stasjonære energibruk i 2009 har blitt kartlagt. Legges det sammen tall for administrasjonsbygg, kultur- og idrettsbygg og tekniske anlegg lander det på et energiforbruk på 9,08 GWh/år. (ETA Energi, 2011)

Alle beregninger i denne rapporten kommer til å bygge videre på dette estimerte energibehovet, på 9,08 GWh/år, for utbyggingen av nye Aksdal sentrum.



### 3 Informasjon om mulige energiløsninger

I dette kapittelet vil forskjellige energiløsninger som kan være aktuelle for Tysvær kommune drøftes. Dette kan bli nyttig informasjon når kommunen skal vurdere energimetoder for å lokalprodusere energi for nye Aksdal sentrum. For de løsningene det er mulig, vil virkningsgrad, tilgjengelighet, kostnad og livsløps-perspektiv vurderes. Til slutt vil det foreligge en konklusjon om hvilke alternativ som vil sett nærmere på, og videre bli utarbeidet tekniske beregninger for.



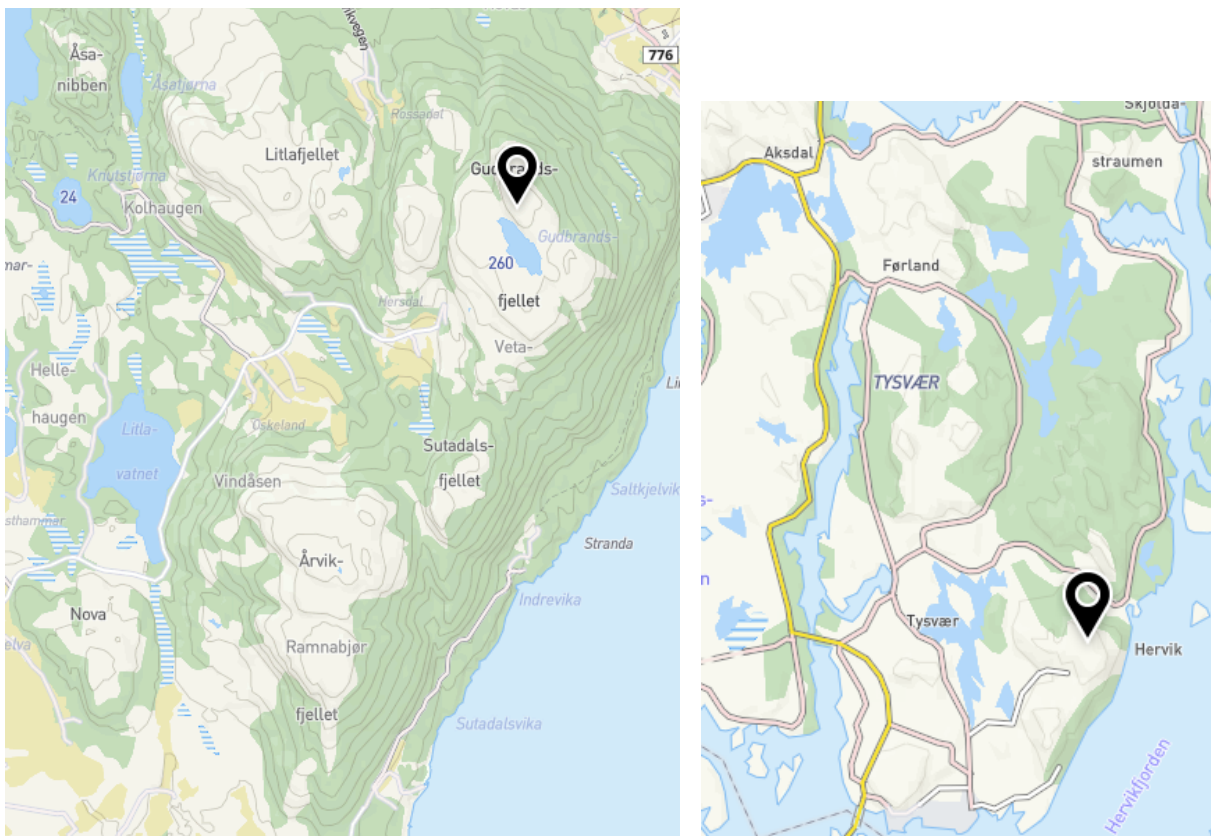
Figur 2: Artwork energikilder (Library, Energy sources, artwork)

### 3.1 Vindkraft

I kapittelet vil det gis en innføring i hva som kreves for å bygge og drive et vindkraftverk, i tillegg til fordeler og ulemper, økonomiske aspekter, livsløpshensyn med mer.

En vindmølle får bevegelsesenergi fra vinden og omgjør det til elektrisk energi ved hjelp av vindturbiner. Tysvær har fått tildelt tillatelse fra offentlig myndighet (konsesjon) til å bygge en vindmøllepark på et område med størrelse 2,6 km<sup>2</sup>. (Norges Vassdrag- og Energidirektorat, 2015) Dette området brer seg over Littlafjellet, Ørvikfjellet og Gudbrandsfjellet som alle ligger i Tysvær kommune, om lag 2 mil i fra Aksdal sentrum. Det er estimert at vindmølleparken vil ha en årlig produksjon på 97,5 GWh, og ha en samlet effekt på 39 MW. (Tysvær kommune, 2011) Dette produserer nok strøm til å kunne dekke ca. 14 000 husstander med elektrisitet. (Tysvær kommune, 2009)

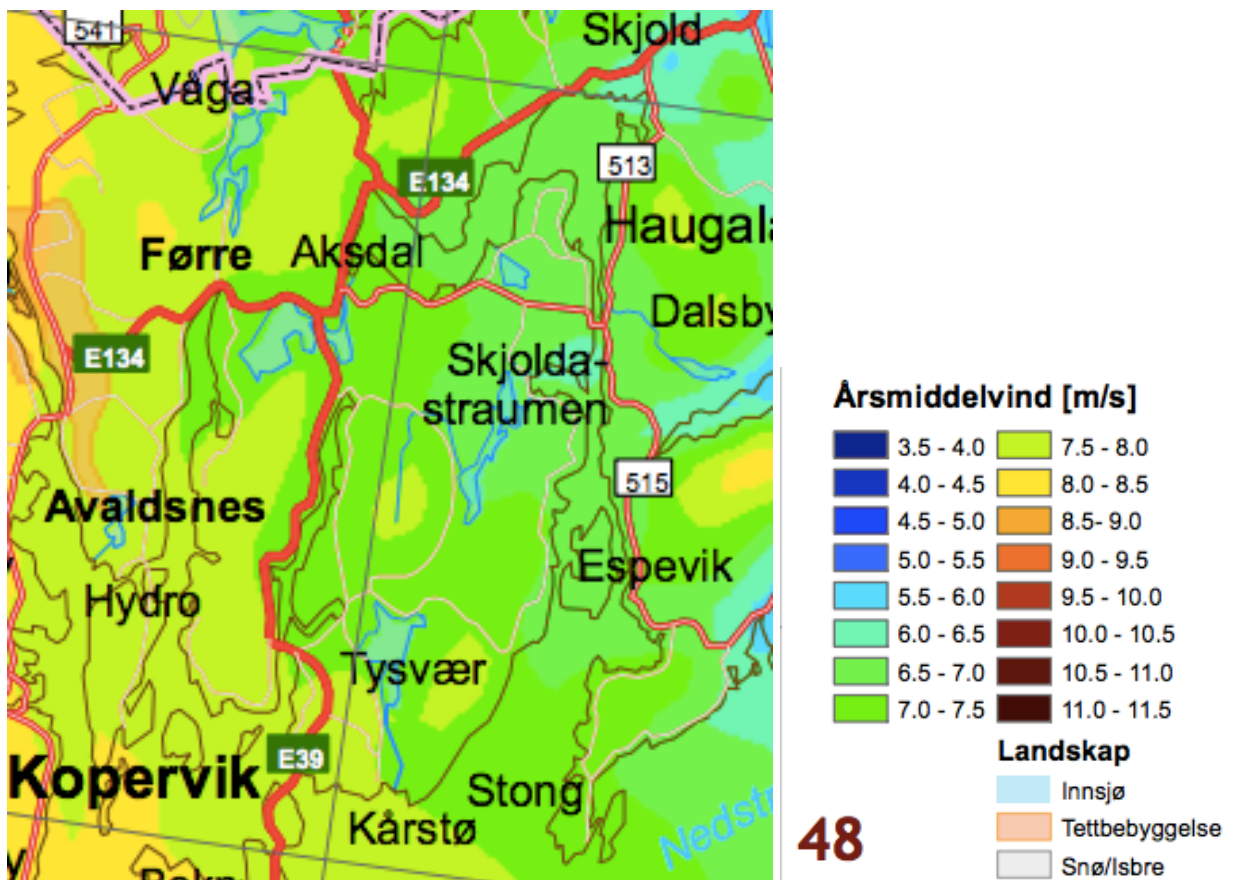
Under tekniske tiltak senere i rapporten vil det ses nærmere på hvor mange vindmøller som må etableres for å kunne dekke det tiltenkte energibehovet for det nye området i Aksdal. Det vil også føres beregninger for hvor stor energiproduksjon som kan utthentes i løpet av ett år.



Figur 3: Område for tenkt vindmøllepark i Tysvær kommune (Kartdata, 2019)

### 3.1.1 Vindkapasitet

Norges vassdrags- og energidirektorat har gitt ut «Vindkart for Norge», hvor de har kartlagt vindressursene i Norge. Her kan det leses av at årsmiddelvind ved 80 meter over havet i Tysvær ligger mellom 6,5 og 8,5 m/s. En vindmølle krever en vindstyrke på 4-25 m/s for å kunne produsere energi. (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009)



Figur 4: Vindressursene i Tysvær kommune (Kjeller Vindteknikk, 2009)

### 3.1.2 Konesesjon

Dersom en vil bygge et vindkraftverk i Norge må det søkes en konsesjon hos NVE. En konsesjon er en tillatelse som blir gitt, i dette tilfellet fra NVE. For at søknaden skal bli godkjent er det en rekke tidkrevende ting som må undersøkes, for eksempel hvordan vindmøllene vil påvirke lokalmiljøet. Dette gjør at det ofte går flere år før en får svar på søknaden. (UngEnergi, 2017)

### 3.1.3 Fordeler og ulemper med vindkraftverk

Fordeler med å uthente energi fra vindkraft er at produksjonen skjer miljøvennlig uten utslipp og forurensinger, og at det finnes uendelig med vind, noe som gir et stort potensial. Det er også fordelaktig at det er mest vind i samme periode som det i Norge brukes mest strøm, nettopp i vinterhalvåret.

Støy fra vindturbinene kan sjenerere dersom en oppholder seg eller bor nær turbinene. Ved en avstand på over ca. 250 meter er lyden/støyen på samme nivå som ifra et kjøleskap.

En ulempe blir dermed at det er mindre vind om sommeren og energimengden vil variere gjennom året. Løsningen på dette kan være å investere i et pumpekraftverk som kan lagre den overflødig energien på vindfulle dager, til dager hvor det er mer vindstille. Et pumpekraftverk vil si at man pumper opp vann fra et magasin som ligger lavt i terrenget, opp til et magasin som ligger på et høyereliggende punkt. Det trengs dermed to vannmagasin med en høydeforskjell og en generator som kan ta i mot energien. (UngEnergi, 2017)

Skyggedannelse kan være sjenerende dersom vindmøllene blir plassert nært lokalmiljø. Det er høye mekaniske konstruksjoner, med roterende blader, som gir bevegende skygge på lang avstand. Hvor langt skyggen kastes avhenger av hvor lavt sola ligger på himmelen, plassering av vindmøllene, fjelltopp vs. flatmark, og høyde på vindmøllene. Det finnes måter man kan regne seg frem til hvor lang strekning skyggen vil legge seg over.

### 3.1.4 Lokasjon

For valg av lokasjon ved etablering av vindkraft, er det tre kriterier som må oppfylles. For det første må det være nok vind i området. Dette ser ut til at skal være i orden for området Tysvær kommune har tenkt at vindmøllene skal installeres. Ledig kapasitet på kraftledninger må være tilgjengelig for å kunne føre produsert strøm ut. Dersom det ikke er ledig nett tilgjengelig i tenkt område er det mulig at kostnadene for å få kraften ut fra vindparken kan bli kostnadsdrivende og tidkrevende. Til slutt må en se på tilgjengelig areal. Selve vindmøllene i seg selv tar ikke så stor plass i bredden, men vinden påvirkes i ganske stort areal. Det er blitt regnet på at det trengs et område på 150-200 dekar i mellom hver turbin for at vindressursen skal være upåvirket før den når neste vindmølle. I tillegg må det lages transportveier frem til oppstillingsplassen, som også krever en viss topografi i planområdet. (Vindportalen, 2019)

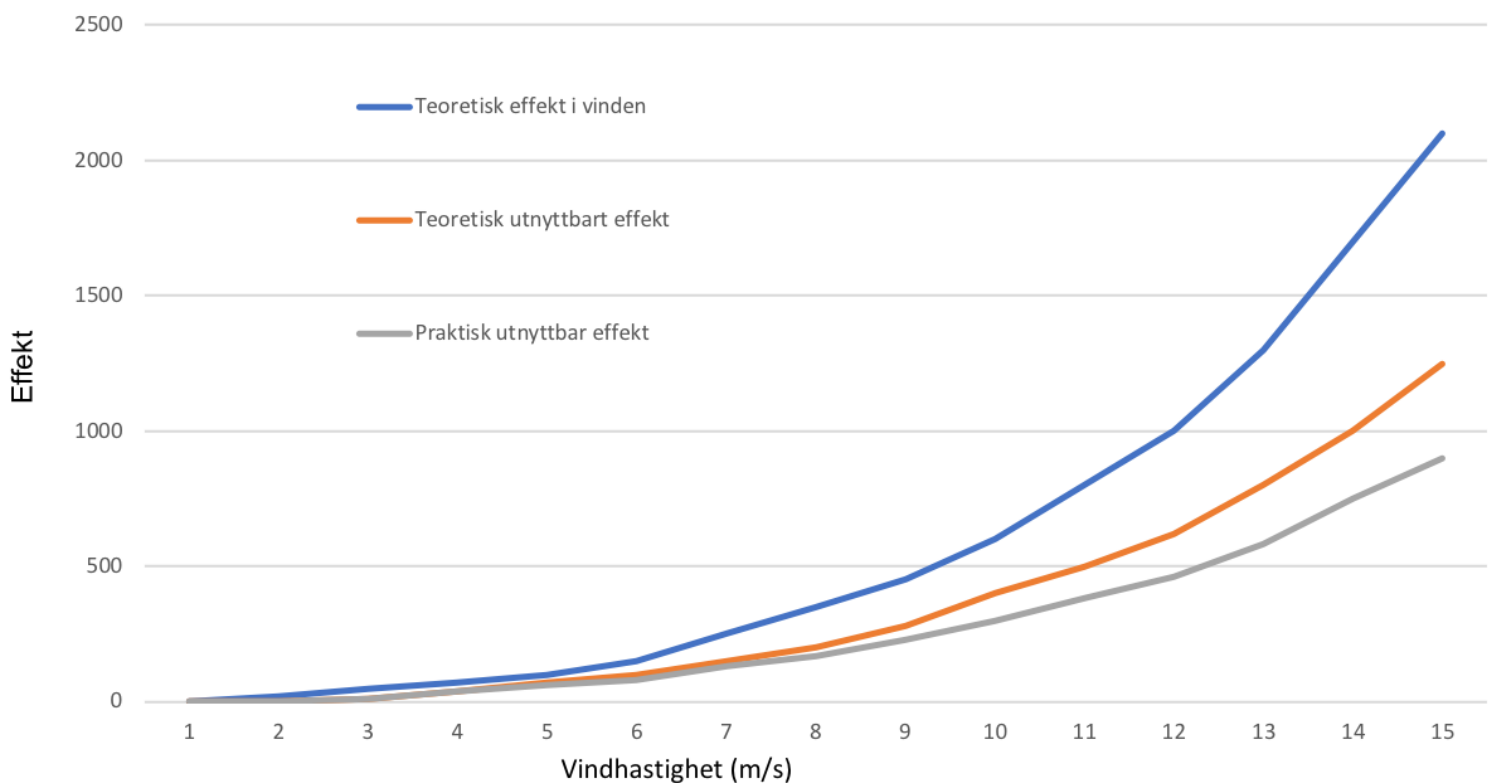


Figur 5: Vindturbiner (Library, Wind turbines)

### 3.1.5 Virkningsgrad

Virkningsgraden sier noe om hvor mye elektrisk energi du klarer å få ut av vindenergien. Dersom en skal se på virkningsgraden til en vindmølle brukes ofte Betz's lov. Denne loven sier at teoretisk sett kan en vindturbin kun utnytte 59 % av vinden som passerer rotorbladene. Grunnen til at ikke all bevegelsesenergien kan utnyttes er fordi det ikke er vindstille bak turbinen. Etter man har kommet frem til disse 59 prosentene må en også regne bort en andel som går i tap grunnet friksjon og varme. Man har dermed kommet frem til at omtrent 40-45 % av bevegelsesenergien kan utnyttes som elektrisk kraft. (UngEnergi, 2017)

Utnyttelse av vindkraft ved forskjellige vindhastigheter



Figur 6: Virkningsgrad vindkraft

### 3.1.6 Livsløp

Av alle fossile og fornybare alternativer for produksjon av elektrisitet, er det vindkraft som har best effekt på klimakutt<sup>1</sup>. Dette kan dokumenteres både av FNs miljøvernprogram og FNs klimapanel. (UN environment, International Resource Panel, 2016) I dette regnestykket er livsløpet til hver enkelt del medberegnet. Alt fra utslipp ved produksjon av vinger og tårn til vindmøllene, til transport, bygging og fjerning av vindmøllene. (Norsk Vind Energi, 2019) Forventet levetid for et vindkraftverk beregnes vanligvis ved en investeringsbeslutning til å være på 25 år. (Vindportalen - informasjonssiden om vindkraft, 2019)

### 3.1.7 Økonomi

Økonomisk sett kan vindkraft produsere elektrisitet til lave priser med en gang vindparken er ferdig bygget. Det er imidlertid meget høye investeringskostnader for å få vindmøllene på plass. Kostnader for å drifte og vedlikeholde parken i løpet av levetiden kommer an på hvilke turbiner man velger å ha i vindmøllene, og hvordan området rundt turbinene er fysisk sett. (Vindportalen - informasjonssiden om vindkraft, 2019)

Det er dyrt med selve utbyggingen av parken og i tillegg må vindmøllene tilknyttes til et eksisterende kraftnett. Det er i midlertid turbinen som skal drive vindmøllen som er den største kostnaden knyttet opp til investeringen. Om lag 65-75 % av de totale investeringskostnadene går med til å dekke kostnadene til en turbin. Man regner grovt sett at pris per MW installert kapasitet er estimert til 9-11 millioner NOK. I tillegg vil det påløpe drift- og vedlikeholdskostnader som er estimert til å ligge på 10 øre per kWh installert kapasitet. (Vindportalen, 2019)

---

<sup>1</sup> Tabell i Vedlegg A

### 3.1.8 Lover

Ved utbygging av vindkraftverk må utbygger forholde seg til en rekke forvaltningsorgan og lover. Energiloven er gjeldende for bygging og drift av vindkraftverk, plan- og bygningsloven regulerer planbehandling og konsekvensutredninger. (NVE, 2019)

Oreigningslova, som omhandler ekspropriering av fast eiendom, må tas hensyn til ved utbygging og drift av vindkraftverk. Loven sier at *«Utbygger må skaffe seg nødvendig grunn og rettigheter til å bygge og drive vindkraftverket med tilhørende infrastruktur. Dette kan skje gjennom minnelige avtaler eller ved ekspropriasjon.»* (Vindportalen, 2019)

I tillegg til overnevnte lover gjelder øvrige lovverk for utbygging av vindkraftverk, som kulturminne loven, forurensingsloven og naturmangfoldloven.



### 3.2 Energibrønner (geotermisk energi)

Under dette kapitlet beskrives blant annet hva energibrønner er og hvordan de virker. Beregninger i forhold til antall brønner og hvor stor energiproduksjon de vil gi, vil føres under «Tekniske tiltak for energibrønner» senere i rapporten.

I energiutredningsrapporten «*Energiutgreiing Tysvær kommune*» fra 2009 har kommunen selv sett på vannbåren varme som et alternativ for fremtiden. Det står skrevet «... den beste løysinga med tanke på energifleksibilitet er å bruka eit vassbore oppvarmingssystem med høve til å utnytta fleire energikjelder». Det blir også nevnt fordeler og ulemper med vannbåren varme i rapporten. Den store ulempen blir knyttet opp mot den høye investeringskostnaden som trengs for å installere systemet. Ved etablering av nybygg, vil systemer for vannbåren varme installeres i byggefasen. Denne ulempen faller dermed bort ved utbyggingen av nye Aksdal sentrum. De ser derimot fordeler i forhold til innredning, og selvsagt de energimessige fordelene. Også levetiden til et slikt system er et stort pluss. Rapporten trekker frem at «... dei eldste installasjonane som blei bygde ved førre århundreskifte eksisterer framleis, og lever i beste velgåande.», i tillegg til at det sjeldent utvikles korrosjon eller lekkasjer i slike anlegg. (Tysvær kommune, 2009)

#### 3.2.1 Hva er geotermisk energi

I bergartene under jordens overflate finnes det energi i form av varme. Dette kalles geotermisk energi og er en form for fjernvarme. Teoretisk sett kan denne energien utvinnes overalt hvor det er tilstrekkelig temperatur, vann og permeabilitet.

Det finnes to hovedtyper innenfor denne kategorien, som skilles ved hvor langt under jordens overflate en borer seg ned. Ved dyp- eller høytemperatur geotermisk energi borer en seg dypere enn 300 meter og varmen kommer da hovedsakelig enten fra radioaktivitet i jordskorpen, eller fra den opprinnelige varmen fra dannelsen av jorda. Praktisk sett er høytemperatur geotermisk energi kun tilgjengelig i grense- og sprekkområdene i mellom de tektoniske platene, og er mest sannsynlig ikke aktuell for området i Aksdal.

Den andre hovedtypen er lavtemperatur geotermisk energi, også kalt grunnvarme eller energibrønn. Også noe av denne varmen stammer fra radioaktivitet i jordskorpen, men er for det meste lagret solenergi under jordens overflate. Her kan varme hentes ut i fra jord, berg og grunnvann på samme dybde som en må bore for å finne grunnvann/drikkevann. Temperaturen på vannet som kan uthentes ligger på rundt 7-8 °C og kan videre varmes opp ved hjelp av en varmepumpe. Med denne metoden kan en spare  $\frac{3}{4}$  av strømmen som egentlig ville blitt brukt ved hjelp av kun elektrisk energi. Etter at varmepumpen har varmet opp vannet til en tilstrekkelig temperatur kan det brukes som prosessvarme, hvor vannet sendes gjennom vannrør og bli brukt til oppvarming av bygg og boliger. (UngEnergi, 2018)

Teoretisk sett skal det være mulig å kunne dekke hele Norges varme- og kjølebehov kun ved hjelp av grunnvarmebaserte varmepumper i følge NVE. (Ramstad, Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial, 2011) For private eneboliger derimot, vil utnyttelsesgraden være like høy med et vanlig luftvarmepumpeanlegg installert, dersom utetemperaturen ikke synker under -10 °C. Ved temperaturer lavere enn -10 °C vil geotermisk energi være en bedre løsning. (UngEnergi, 2018) Ved utbygging av nye Aksdal sentrum vil store deler av området bestå av større kommunale bygg i tillegg til svømmebasseng. Løsningen med energibrønner vil dermed være mer lønnsomt enn et vanlig varmepumpeanlegg.

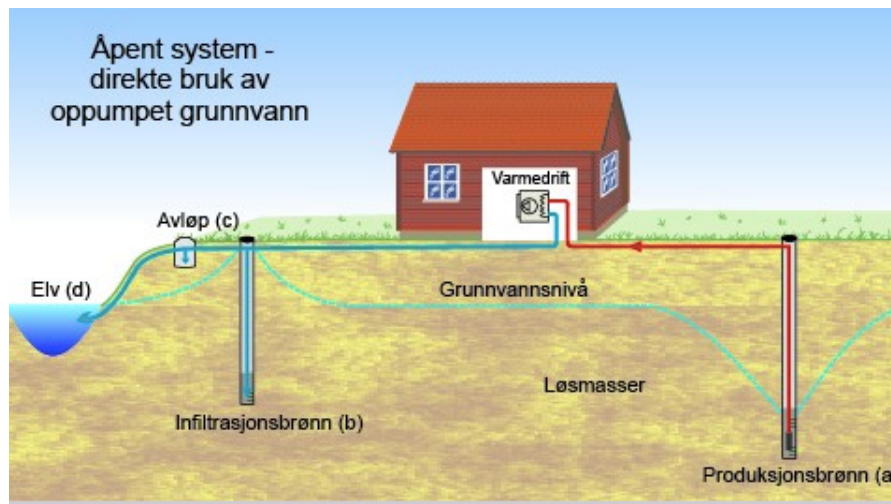
### 3.2.2 Åpent eller lukket system

Energibrønner utnytter lavtemperatur termisk energi i fra jordgrunnen, i form av vann som blir varmet opp av grunnvann, fjell og jord under bakken. Dette er solenergi som er lagret i jorda hvor temperaturen ligger mellom 5-30 °C, avhengig av hvor langt ned en borer. NGU mener forholdene i Norge ligger godt til rette for å kunne utnytte grunnvarme, spesielt i form av lukkede systemer. Også åpne systemer kan være en god mulighet dersom det er mulig å hente ut større mengder vann ut i fra lokale grunn og grunnvann. (NorgesGeologiskeUndersøkelse, 2018)

Åpne systemer:

Ved åpne systemer er det grunnvann som sirkulerer i rørene, og varmen uthentes direkte. Varmepumper kan brukes for å varme opp vannet ytterligere, og for å overføre vannet videre for å utnytte energien. Grunnvannet har en ganske stabil temperatur jevnt over året, noe som gir varmepumpen høy effektivitet og god driftsbetingelse. Ved anvendelse av åpne systemer kan man hente ut varme fra grunnen om vinteren, og kulde om sommeren, som gjør anlegget gunstig. For å få dette til må en bruke vann-til-vann varmepumper som sender vannet gjennom radiatorer eller rør i gulvet.

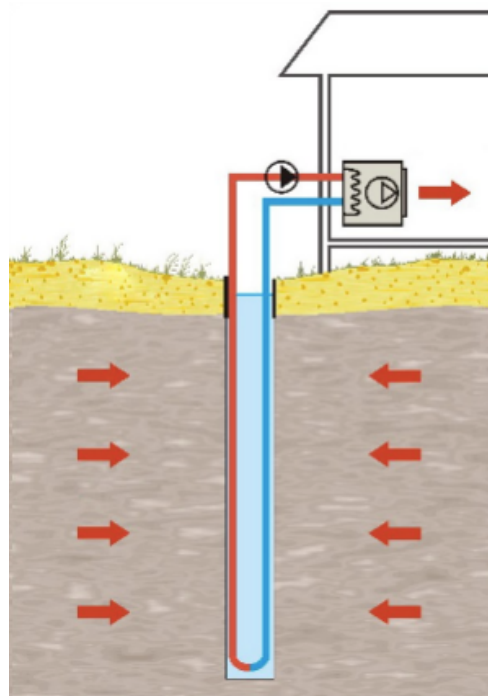
Anvendelse av åpne systemer egner seg best til større anlegg som for eksempel kontorbygg, for det kreves nødvendige forundersøkelser som krever en viss investering. Grunnvannsuttak egner seg best der hvor det er grus- og sandavsetninger, og temperaturen på grunnvannet bør ikke være lavere enn 3-4 °C. Kvaliteten på vannet har også noe å si, siden vannet skal renne gjennom ett brønnfilter som ikke skal tettes. Dersom det felles ut jern og mangan i grunnvannet kan det skade ledninger i systemet eller brønnfilteret kan bli tett. (NorgesGeologiskeUndersøkelse, 2018)



Figur 7: Åpen løsning hvor grunnvannet benyttes til oppvarming gjennom bruk av en varmepumpe. Illustrasjon: Lundqvist, NGU.

Lukkede systemer:

I Norge er lukkede systemer den mest brukte formen for energibrønn. Dette systemet egner seg best når brønnene er boret ned i fjell, som kalles bergvarmeanlegg. I størrelse er brønnene mellom 80-200 meter ned i jorda, og omtrent 14-16 cm i diameter. Ved et lukket system føres frostsikker væske gjennom en plastikkslange ned i borehullet og det hentes ut energi i form av varme som omformes i varmepumpen. Hvor mye det vil koste å legge til rette for et lukket system påvirkes av hvor mye grunnvann som finnes og hvilken temperatur vannet er. Hvor god berggrunnen er til å lede varme og hvor mye løs masse som ligger over fjelloverflaten er typiske geologiske forhold en må ta stilling til.  
(NorgesGeologiskeUndersøkelser, 2018)



Figur 8: Energibrønn, lukket system. Illustrasjon: Lundqvist, NGU

### 3.2.3 Lokasjon

Ved etablering av brønner til bruk av geotermisk energi for oppvarming må brønnene plasseres i området for nye Aksdal sentrum. Eneste kriteriet er at det ikke må bygges noe over brønnåpningen, de må plasseres der hvor det er tilgjengelig overflateareal. Borrehullsløkket bør heller ikke bli utsatt for påkjøring. (Energiverket, 2019) Det må minst være 15 meter i mellom hver brønn. (Ramstad, [www.energi.tekna.no](http://www.energi.tekna.no), 2017) Et typisk borehull for energibrønn er på 14 centimeter i diameter. (NGU, 2015)

### 3.2.4 Livsløp

Geotermisk energi er en fornybar ressurs som det aldri kommer til å gå tomt for, men det trengs kunnskap og teknologi for å bedre kunne utnytte ressursen. I tillegg er de veldig sikre anlegg som kan bygges over hele verden. Energikilden er nokså miljøvennlig, men minimale utslipp av nitrogenoksid som slippes ut fra jorda bryter ned ozonlaget. Også boreslam kan være giftig, fordi den kan inneholde antimon, kvikksølv og arsenikk.

Levetiden til selve brønnen er omtrent 30 år, men kan brukes igjen dersom den får en pause på 10-15 år slik at temperaturen blir høy nok igjen. (UngEnergi, 2018) Ved bruk av energibrønn trengs det også en varmpumpe. For en mindre varmpumpe basert på luft kan man regne en teknisk levetid på 12-15 år. For en varmpumpe i et energibrønnbasert anlegg kan man anta at levetiden vil øke med 20-40 % i forhold til en som er uteluftbasert. Grunnen til dette er at driftsforholdene er mer stabile i et energibrønnbasert anlegg.

### 3.2.5 Økonomi

Prøveboringer og brønntester kan være kostbart, men vil til gjengjeld bespare mye energi. For en enebolig som installerer og tar i bruk et bergvarmeanlegg, vil de totale kostnadene komme på mellom 200-300 000 kr. Dette inkluderer boring, bergvarmpumpe og installasjon. Beregninger viser at i løpet av 8-12 år vil investeringen være nedbetalt, kun ved hjelp av bespart energi. Isoleringsgrad og hvor

mange som bruker energi i boligen er faktorer som ville spille inn på innsparingstiden. (Varmepumpeinfo, 2018)

### 3.2.6 Lover

I vannressursloven under kapittelet om grunnvann står det at den grunn eller grunnvann som befinner seg under eiendommen, tilhører den som eier eiendommen. En skal opptre forsiktig slik at grunnvannet ikke påvirkes til ulempe eller skade for noen, og uttak av vannet må begrenses til det magasinet tåler. En må også søke konsesjon fra vassdragsmyndighetene før en kan starte tiltak for grunnvann som kan være til ulempe for andre, eller dersom uttaket er større enn 100 kubikkmeter i døgnet.

Det står også skrevet at grunnvannsboring må skje med største forsiktighet, og det må unngås ulemper og skader som følge av boringen. (Lovdata, 2018)

### 3.2.7 Bruk i andre kommuner

Til inspirasjon kan man ta en titt på hva de har fått til på Føyka i Asker kommune. Der har de boret 2 stykker ca. 800 meter dype geotermiske energibrønner under en kunstgressbane. Fra denne dybden regner de med å kunne utvinne vann med temperatur på 20 varmegrader.

Vanligvis vil en energibrønn bores til 150-300 meter ned i bakken, og det trengs en viss avstand i mellom brønnene for å kunne utnytte mest mulig av energien. Ved å bore brønnene enda lengre ned i bakken kan man komme unna med langt færre brønner enn ved standard energibrønndybde. Sentrum i Asker skal økes med om lag 60 prosent, og tilgjengelig areal er begrenset. Denne problemstillingen kan kanskje være gjenkjennelig for Akسدal.

Kostnaden for disse to brønnene, inkludert boring, ombygging av varmesentral og all utrustning, skriver kommunen at er forventet å komme på 8,6 millioner NOK. (Asker kommune, 2019)

### 3.3 Solceller

Per dags dato er det ikke installert solcellepanel på noen overflater i Aksdal sentrum. Under dette kapittelet vil blant annet virkningsmåte for solceller forklares, og hvilke fordeler og ulemper som kan forventes med et slikt system. Beregninger knyttet opp mot solcelleanlegg etablert ved utbyggingen i Aksdal vil finnes under «Tekniske tiltak for solenergi» senere i rapporten.



*Figur 9: Solcellepanel (Chrysanthou)*

#### 3.3.1 Solkraft ved solceller

Ved vind-og vannkraft hentes energien indirekte fra sollyset. I motsetning til dette har man solceller som kan gjøre sollyset direkte over til energi. Et solcelleanlegg er bygd opp av solcellepaneler, som igjen er bygd opp av flere solceller som er koblet sammen i serie. Netto solkraft som treffer jorda har over 8000 ganger mer energi enn hva som blir produsert ved utnyttelse av fossile brensler og atomkraft. (The Open University, 2012)

Solcellene i dag er delt opp i to hovedgrupper; silisium og tynnfilm. Solcellepaneler er laget av rundt 95% silisium som blir modifisert og brukt som en veldig god elektrisk leder. Det positive med silisium er at det er det nest mest rikelige grunnstoffet som befinner seg i jordskorpa, og det er ikke helse- eller miljøfarlig. Silisium har en lang varighet og solcellepaneler kan dermed fungere optimalt i lang tid fremover. (UngEnergi, 2018) Tynnfilm er også noe som blir brukt i oppbygningen av solcellepaneler, og kan være skadelig for både helse og miljø. Det blir anbefalt å spørre leverandør ved tanke på installering av tynnfilm-solceller. (Norsk Solenergiforening, 2019)

### 3.3.2 Fordeler og ulemper med solceller

Solenergi er en gratis og fornybar energikilde, som er tilgjengelig over hele verden og kan utnyttes hver dag. Solenergi vil være tilgjengelig for bruk så lenge vi har solen som energikilde, som blir rundt 5 milliarder år til ifølge forskere. Bruk av solcellepaneler for å skape energi er ikke til noen trussel mot helse eller miljø. Selve utvinningen av solceller trenger heller ikke å være miljø- eller helseskadelig, og er da avhengig av hvilket material som blir brukt. Installerte solcellepaneler i bruk reduserer automatisk den elektriske regningen, og holder kravet til ekstra elektrisk kapasitet lavere. Solenergi kan også være med på å senke bruk av karbon, ved å erstatte andre energikilder som for eksempel gass. Vedlikehold av solcellepaneler skal heller ikke være altfor dyrt, dersom man ser bort ifra at uforutsette hendelser kan oppstå.

Selve energiutvinningen av solenergi er for så vidt gratis, men selve kjøp og installering av solceller kan være nokså dyrt. Dette gjør igjen at det kan ta mange år for å tjene inn denne summen igjen. Det sies at det ikke trenger å være blå himmel ute for at solcellepanelene skal generere strøm, men overskyet vær reduserer effektiviteten av solcellene. Panelene funker heller ikke på nattestid, så flere dager på rad med overskyet vær gir mindre produktive solceller. Når det kommer til helse og miljø, er det noen få stoffer og materialer som blir brukt i enkelte solceller som kan være skadelige. Mulighet for brann er også et relevant spørsmål å stille i likhet med andre elektriske installasjoner, men det er ikke større brannrisiko enn ved andre elektriske anlegg. (Norsk solenergiforening, 2019)



### 3.3.3 Virkningsgrad

Teoretisk sett kan effektiviteten til solceller nå verdier opp mot 28 %, men i praksis så ligger den fra 15-24 %. Med konsentrert sollys kan det oppnås virkningsgrader opp til 26 %, men da må krumme reflektorer brukes, som ikke alltid er like praktisk med tanke på areal. (Rosvold, 2017)

### 3.3.4 Livsløp

Som bærekraftig energikilde slipper ikke solcellepaneler ut CO<sub>2</sub> under driftsårene, men mest i starten av dens levetid. Det er energikrevende å produsere solceller, men det tar oftest mindre enn to år før cellene har innhentet energien som krevdes i fremstillingen. Ved løsninger som baserer seg på 100% silisium i produksjon av solceller, er det mulig å spore alle råvarer gjennom cellenes livssyklus. Disse solcellene er fri for tunge metaller, som ikke er like enkelt å ha med å gjøre ved resirkuleringsprosessen. (Megasol, 2019)

Under driftsårene er det veldig lite vedlikehold på solcellepaneler, sett bort i fra uforutsette utfordringer. Panelene har ingen bevegelige deler, og ingen deler som kan slite seg. Driftsårene går mer på inspeksjon av solcellene, at ingenting ligger i veien for innstrålingen av sollys, og at den elektriske kabelføringen er i orden. (Fusen, 2019)

Ved produksjon av solceller, kuttet silisiumblokker ned til tynnere lag. Ved kuttingen, dannes det mye spon som ikke blir brukt videre. Dette er et avfallsprodukt solcellespesialister vil prøve å utnytte mer i produksjonsfasen. En annen ting er hva som skjer ved solcellepaneler ved utbytting og fjerning. Det er mange ulike komponenter som kan være nyttige å gjenvinne. Metoder for å resirkulere solcellene, vil muligens gjøre produksjonen en del rimeligere enn det er i dag. (Hirth, 2016) PV Cycle er f.eks. et firma som blant annet jobber internasjonalt med resirkulering av solcellemoduler.

### 3.3.5 Sikkerhet, lover og regler

Praktisering av solcellepaneler forårsaker ikke store ødeleggelser av natur og kulturverdier. Når det er snakk om CO<sub>2</sub>-utslipp som kommer fra solceller, er det i hovedsak hvor mye CO<sub>2</sub> som slippes ut ved selve solcelleproduksjonen. Ved for eksempel et strømbrydd på bygg som praktiserer solceller, er det nå lovpålagt å skru av panelene. Dette er fordi det fortsatt går strøm igjennom kablene til panelene, og ved mulig reparasjoner, kan dette utrette en risiko for reparatøren. Feilprosjektering, menneskelige feil og andre skader kan være med å øke risikoen for brann i selve solcellene da spenningen her er fire ganger høyere enn i konvensjonelle elektriske anlegg. (Fagbladet, 2016)

Energiloven spiller også inn ved tilretteleggelse av energimetode samt forskrift om energiloven. Det er nevnt litt mer om energiloven lenger nede i denne rapporten.

I følge energikravene i TEK 17 (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017), er det noen relevante retningslinjer som går generelt på energiforsyning. Følgende energikrav i TEK er relevante for bruk av solenergi:

#### «§ 14-4. KRAV TIL LØSNINGER FOR ENERGIFORSYNING

(2) Bygning med over 1 000 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA skal

- a) ha energifleksible varmesystemer, og
- b) tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

Lavtemperatur varmeløsninger er positivt for bruk av solfangere og andre fornybare varmeløsninger. Dette er ofte også en god løsning for mindre bygg.

#### § 14-5. UNNTAK OG KRAV TIL SÆRSKILTE TILTAK

(5) Rammekravet for energieffektivitet i § 14-2 første ledd kan økes med inntil 10 kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år. Dette forutsetter at det på eiendommen produseres fornybar elektrisitet til bygningen, minst 20 kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år.

*Bygg med solceller som produserer minst 20 kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet BRA vil ha lavere krav til energieffektivitet. For eksempel kan et bygg på 200 m<sup>2</sup> BRA oppnå dette ved å produsere 4 000 kWh. Dette kan gjøres på rundt 30 m<sup>2</sup> solcelleareal (avhengig av plassering og type solceller).» (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017)*

### 3.3.6 Framtidsutsikter for solceller

Det er mye snakk om at investeringskostnadene for solceller er for høy, og det derfor ikke lønner seg med denne energimetoden. Det at innstallering av solceller er dyrt, er riktig, men utviklingen innen denne energimetode vokser. I dag er solenergi den raskeste voksende formen for elektrisitetsproduksjon. (Teknologirådet, 2017) Frem mot 2030, antas kostnadene for solceller å reduseres med rundt 30-40%. Vannkraft i Norge er for øyeblikket så billig at det ikke er så attraktivt å legge til rette for solkraft. I foregående år har flere solkraftløsninger blitt solgt eller leaset til private kunder og det vises en fremgang på markedet. (Teknologirådet, 2017) Dersom strømprisen stiger, som en del mener den vil gjøre, er det mulig solceller vil etableres i mye større grad enn de gjør i dag. (Lindahl & E. Orsten Kristiansen, 2017)

Til tross for at Norge ligger langt nord, betyr det ikke at landet mottar lite sollys. En måling som ble gjort sør for Oslo, treffer rundt 1000 kilowatt timer per kvadratmeter sollys årlig. Dette er sammenlignbart med mange plasser i Tyskland, som ligger mye lenger sør for Norge. I forhold til dette, har Spania som ligger veldig godt til for utnyttning av solenergi, rundt 1900 kilowatt timer per kvadratmeter årlig. (Teknologirådet, 2017)

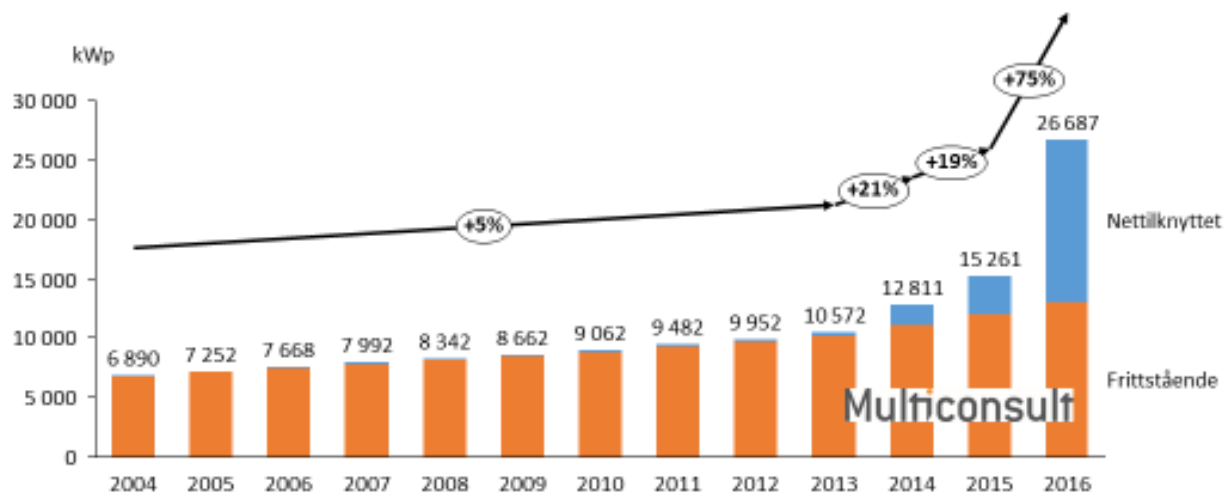
*«De globale gjennomsnittsprisene for solkraft har blitt redusert med 62 % siden 2009, og forventes å ta igjen kullkraft ila det neste tiåret», ifølge Bloomberg New Energy Finance. (Bloomberg New Energy Finance, 2018)*

Ifølge nettavisen Energiteknikk som viser til en artikkel fra universitetet i Utrecht, skal 2018 være året der all CO<sub>2</sub> produsert ved solcelleproduksjon være «nedbetalt» med tanke på utvunnet energi. All energi produsert ved solceller etter dette skal være netto. Det sies også at i 2016 «kostet» det i gjennomsnitt 20 gram utslipp av CO<sub>2</sub> per kWh som ble produsert av en solcelle, og det tallet synker med tiden. På 70-tallet så var denne mengden 200 g/kWh. (Abelsen, 2016)

Det forskes per dags dato på hvordan nanoteknologi kan være med på å utbedre solcellepaneler for fremtidig bruk.

I grafen under vises et diagram over akkumulert solcellekapasitet i Norge frem til 2016. «Nettilknyttet» og «frittstående» står for hvor mye installert solcellekapasitet som er knyttet til nettet, og hva som ikke er det. De som har nettilknyttet solcellepaneler har mulighet for å selge strøm via strømmettet, når det produseres mer enn det som trengs.

## Akkumulert solcellekapasitet i Norge



Figur 10: Solcellekapasitet i Norge (Norsk solenergiforening, 2019)

### 3.4 Solfangere

I dette kapitlet vil solfangerens virkemåte og oppbygning beskrives, i tillegg til fordeler og ulemper mm. Utregninger for energiproduksjon vil utredes under «Tekniske tiltak for solkraft» senere i rapporten.

Solfangeren utnytter i likhet med solcellepanelet solstrålene fra sola, men her brukes energien til oppvarmingen av vann. Denne energimetoden er mer lønnsom for forbrukeren ved at prisen er mye lavere og levetiden er like lang som solceller.

Et vanlig solfangersystem består av selve solfangeren, et varmelager og et fordelingssystem for varmen. Man kan dele opp solfangere i tre ulike typer. Flate solfangere spiller på den samme effekten et drivhus har, hvor man har en glassbasert svart enhet som inneholder små rør. I disse små rørene renner det vann, som blir oppvarmet av absorbert varme fra enheten. Den andre typen for solfangere man har er konsentriske solfangere. Denne ligner mest på en parabol-antenne, hvor speil er plassert slik at de vinkler inn mot midten av fokuspunktet. Det er ved fokuspunktet de små rørene med vann ligger og blir oppvarmet. Vakuumrørsolfangere er den tredje typen solfangere, som er kjent for sin høye virkningsgrad. Disse solfangerne minimerer varmetapet ved at vakuum isolerer mye bedre enn luft. (Andresen, 2008)

Her i Norge er det flate- og vakuumolfangere som er best passet til boliger og andre bygg. Plasseringen av solfangere er som oftest på taket og ytterveggen. Under plasseringen av fangerne, bør det som ved solceller, tas hensyn til hvor det er mest innstråling av sollys.



Figur 11: Solfanger (Joyse)

### 3.4.1 Fordeler og ulemper med solfangere

Solfangere er en fornybar oppvarmingskilde, og er dermed med på å spare miljøet. Systemet trenger lite vedlikehold, og kan enkelt reguleres. Det kan også dekke store mengder av et byggs varmebehov. Det er ingen utslipp av CO<sub>2</sub> ved bruk, og kan redusere forbruket av fossile brensler. (Vaillant, 2019)

Det som kan være litt vrient med solfangersystemer er at ved installering i allerede eksisterende bygg, må det installeres en del komponenter. For å unngå at det blir for dyrt, er det derfor bedre om installeringen blir integrert i planen om eventuelle utformingen av nye bygg. Systemene krever også en del plass, og er visuelt ikke alltid like lekke. (Energigården - Senter for bioenergi, 2019)

### 3.4.2 Virkningsgrad

Selv om bruksområde for solfangere er lavere med en mer lavverdig energiform, så kan de ha veldig høye virkningsgrader. Virkningsgraden for disse typene solfangere ligger på rundt 50-80%. (UngEnergi, 2016) Hvis man vil ha virkningsgrader helt opp mot 90-95%, så må man rette seg mot vakuumsolfangere. Til gjengjeld for at virkningsgraden er høy, så er vakuumsolfangerne dyrere enn vanlige flate solfangere. (Andresen, 2008)

Avhengig av solfanger, kan en solfanger levere rundt 300-500 kWh per kvadratmeter solfanger. Som ved solceller, kan solfangere integreres i bygningen ved enten å ta over for andre bygningskonstruksjoner, eller ved plassering på vegg, tak eller på bakken. Nedbetalingstiden varierer litt, men ligger mellom 5 til 15 år. Da levetiden på solfangeranleggene er fra 20 til 30 år, så bør anleggene være ganske så kostnadseffektive. (Norsk solenergiforening, 2019)

### 3.4.3 Sikkerhet, lov og regler

Hva som må gjøres ved oppsett og mulig støtte av solfangersystemer, varierer fra kommune til kommune. Enkelte kommuner har nødvendig søknadsprosess for oppsett av solfangere, og det finnes muligheter for kommunale støtteordninger. I vårt tilfelle, er

det kommunen som står for energiutformingen, og er opp til dem for hvordan det skal gjøres.

For solfangeranlegg installert til bruk for privatpersoner gir Enova støtte på maksimalt 15.000 kroner. Denne støtten kan økes dersom anleggene skal installeres for kommuner, bedrifter eller organisasjoner, som sannsynligvis trenger flere anlegg på et større areal. (Enova, 2016)

#### 3.4.4 Framtidsutsikter

Passiv solvarme antas å stå for rundt 10-15% av oppvarmingsbehovet for bygg her i landet. Hvis man ser på fastlandet, er dette rundt 2-3% av vårt totale energiforbruk. Riktig arkitektonisk utforming kan gi solfangere et større potensial, og dermed redusere oppvarmingsbehov mer betydelig i fremtiden.

Det er vanskelig å spå framtidens energipriser. Ved investering av solfangere, må man dermed beregne en viss risiko. Ved mer forskning på denne energimetoden, kan man muligens utbedre energiutvinningen til en større grad. Mindre varmetap til omgivelsene, bedre absorbatører og isolasjon er eksempler på forbedringspotensialer for solfangere.

### 3.5 Bioenergi

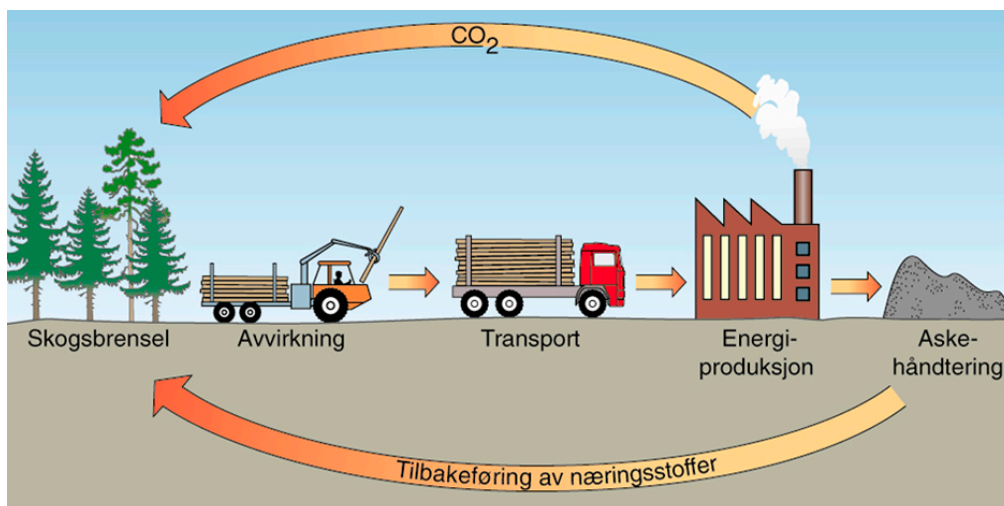
Bioenergi er energi som hentes ut fra planter og dyr, eksempelvis trær, huggstavfall eller gressvekster og så videre. Biomassen kan brukes direkte til oppvarming, eller for å kunne produsere elektrisitet, og er et mer miljøvennlig alternativ til olje og kull.

Tysvær kommune har tidligere sett på muligheten til å bygge ut et flisfyringsanlegg i Akسدal, for å kunne varme opp større bygg. Anlegget forbruker fornybare energikilder som flis, bark eller annen form for trevirke. Energien fra forbrenningen kan brukes til å varme opp vann, som igjen kan gå i gjennom et vannbårent varmesystem, som til slutt varmer opp bygg og boliger.

Grunnen til at bioenergi blir sett på som CO<sub>2</sub>-nøytralt er fordi mengden CO<sub>2</sub> som plantene bruker i en fotosyntese, slippes ut igjen når planten dør. Skal derimot biomassen brukes som biobrensel må produktet i gjennom flere energikrevende prosesser fra frø til ferdig produkt. Denne energien er ikke nødvendigvis fornybar energi. (UngEnergi, 2018)

Tiden det tar fra et tre blir hogget ned, til det har vokst opp et tilsvarende, kan det gå fra 80 til 120 år her i Norge. I tillegg til dette, vil forbrenning av biomasse føre til utslipp av både NO<sub>x</sub>-, CO- og CO<sub>2</sub>, som er uheldig med tanke på global oppvarming.

På grunnlag av de overnevnte punkter, og at det finnes mer miljøvennlige alternativer til energiutnyttelse, gjør at biobrensel ikke vil vurderes videre i denne rapporten.



Figur 12: Livsløp ved biobrensel (Energigården)



### 3.6 Utnyttelse av spillvarme

Ved utnyttelse av spillvarme vil man kunne uthente energi i form av varme fra vann som per dags dato ikke utnyttes til annet enn å varme opp sjø og vann. I dette kapitlet vil mulig utnyttelse av spillvann fra gassanlegget på Kårstø drøftes, i tillegg til uthenting av vann fra nærliggende vannområder.

#### 3.6.1 Utnytte spillvann fra gassanlegget på Kårstø

Et tenkt alternativ er at Tysvær kommune innleder et samarbeid med Equinor på Kårstø, for å se på mulighetene for å kunne frakte spillvann fra gassanlegget, til Aksdal sentrum. Varmen fra dette spillvannet kan utnyttes som vannbåren varme for oppvarming i de kommunale byggene.

Spillvannet hentes opp av sjøen i et område utenfor Kårstø, før det fraktes i gjennom gassanlegget for avkjøling av diverse komponenter. Deretter slippes vannet ut i sjøen igjen. Returtemperaturen på sjøvannet vil da ligge en plass mellom 15-40 °C.

Grunnet flere usikkerheter vil det i denne rapporten ikke føres beregninger for dette alternativet. Den største utfordringen er avstanden mellom Kårstø og Aksdal, som lyder på omtrent 2,1 mil. Det må opparbeides rørtraseer for denne avstanden, for å kunne frakte vannet. Med en slik avstand vil både temperaturen på spillvannet, og de økonomiske utsiktene, se krevende ut. Rørene må graves ned både i sjø og på land, ha god isolering, i tillegg til å være i et rustfritt materiale. Investeringskostnaden blir derfor veldig høy, og arbeidet blir krevende.

Utfordringen baseres på manglende teknologi og infrastruktur. En mulighet for etablering av vannrør for spillvann kunne vært ved en eventuell ombygging av veg E134 som ligger like ved Aksdal sentrum. Ved et større gravearbeid i området kunne rørlegging skjedd i forbindelse med dette.

Det ligger en viss usikkerhet i hvem som skal garantere at spillvannet kan leveres hver dag, alle dager i året. Ved drift av et gassanlegg i denne størrelsen kreves det at det legges inn vedlikeholdsdager, hvor anlegget da må stenges ned for en viss periode.

Også uforutsette hendelser kan føre til nedstenging av driften. Det vil da bli et opphold i utleveringen av spillvann, som kanskje gjør at de kommunale byggene ikke får den oppvarmingen de skal ha. En må da tenke på alternative løsninger som kan avlaste systemet for vannbåren varme, for oppvarmingen på slike dager.



Figur 13 (Nadler & Kindersley)

### 3.6.2 Utnytte nærliggende vannområdet

Et annet alternativ er å se på muligheten for å kunne hente ut vann i fra nærliggende vannområdet som Akسدalsvatnet eller Fuglavantnet som ligger like ved Akسدal sentrum. Solenergi finnes også lagret i grunnvann, sjøer og fjorder.

Utnyttelse av denne energien skjer i praksis på samme måte som for å hente opp grunnvann ved hjelp av energibrønner, men man slipper borearbeidet for å lage brønnene. Også i dette tilfellet må byggene som skal forsynes med varme være installert med et anlegg for vannbåren varme, som kan frakte vannet rundt.

Ved gjennomføring av dette tenkte alternativet må det legges rør under Europaveg 134 som ligger i mellom vannområdene og de kommunale byggene.

Avhengig av hvor dype de tenkte vannområdene er, vil temperaturen som kan hentes ut mest sannsynlig være mer ustabil, enn om det hentes ut vann fra grunnvann under bakken.

For å kunne hente ut vannet og føre det videre må det installeres en pumpe, og vannledninger som kan frakte vannet. Videre kan det eventuelt brukes en varmeveksler som kan få temperaturen opp til et nivå som er høyt nok for oppvarming av bygg. Hvor kraftig pumpe som trengs avhenger av faktorer som avstand, høydeforskjell og hvilken strømkilde som skal benyttes for å drive pumpen.

Usikkerheter som hvilken temperatur de forskjellige vannområdene holder, og hvilket dyr- og planteliv som befinner seg i Akسدalsvatnet og Fuglavatnet, gjør at denne muligheten ikke vil vurderes videre i dette forstudiet.

### 3.7 Konklusjon for mulige energiløsninger

Etter å ha funnet informasjon om de forskjellige energiløsningene som er vurdert for ombyggingen i Aksdal, er det videre blitt drøftet og vurdert hvilke alternativer en skal se nærmere på i en teknisk utredning.

Den tekniske utredningen vil variere for hver enkelt av de fornybare kildene, avhengig av hva som er relevant for den aktuelle løsningen.

Det er allerede vedtatt konsesjon for utbygging av en vindpark ved et område i Tysvær kommune. Under tekniske tiltak for vindkraft vil utregninger vedrørende antall vindmøller som må etableres for å kunne dekke energibehovet til området i Aksdal beregnes.

Etablering av energibrønner er en mulighet som vurderes som svært aktuell. Dette gir mulighet for å kunne forsyne de nye byggene med både oppvarming på vinterhalvåret og nedkjøling på sommeren. Hvor mange brønner som behøves for dette formålet, og hva som må vurderes før gjennomføring, vil bli sett på under tekniske tiltak for energibrønner.

Solenergi i form av solceller og solfangere er en løsning som kan være aktuell enten alene, eller i tillegg til en av de overstående alternativene. Tekniske tiltak for disse energiløsningene vil bli vurdert senere i rapporten.

### 3.7 Lavenergibygg

I tillegg til å utnytte fornybar energi for oppvarming av de nye bygningene, er det enkle tiltak som kan iverksettes for å holde energinivået nede. Allerede i planleggingsfasen for byggingen anbefales det å se på muligheten for å bruke lavenergibygg som standarder for de nye byggene som skal etableres. Isolasjon, ventilasjon og hvilke typer materialer og vinduer som brukes, er viktige faktorer som kan hjelpe stort på å komme positivt ut i et energiregnskap.

#### 3.7.1 Plusshus

Et plusshus er designet for å produsere mer energi i løpet av byggets levetid, enn hva som blir brukt. Dette gjelder helt i fra materialene som bygget skal bestå av blir produsert, til bygget til slutt skal rives. Også selve byggingen og drift av boligen er inkludert i regnestykket. For å få til et energipositivt hus må planleggingen starte tidlig. Elementer for innvinning av energi kan for eksempel være geotermisk energi eller solenergi. Også fasade, vindusløsninger og hvordan byggets planløsning skal være er viktige elementer. (SNL, 2018)

#### 3.7.2 Passivhus

Passivhus vil si en bygning med lang levetid hvor passive løsninger som godt isolerte vinduer og ekstra isolasjon blir benyttet. Dette gir i gjengjeld et bygg med lavere energiforbruk og komforten er bedre. Kostnadmessig vil det være en større investering enn hva det koster for en ordinær bolig/bygg, men på lang sikt vil man tjene på det. Energibruk i et passivhus vil være omtrent 80 kWh/m<sup>2</sup> per år, avhengig av hvilket klima det er lokalt.

Kravene til et passivhus er mye strengere enn hva det er for vanlige boliger. Fokuset ligger på at det ikke skal være luft- eller varmelekkasjer, så krav til tetting av bygget er vesentlig strengere. For å få bygget så tett som mulig vil ekstra isolering av både vegger, gulv, tak, vinduer og dører gjøre kravene oppnåelige. (Husbanken, 2018)

### 3.8 Støtte fra Enova

Det er listet i energi- og klimaplan over Tysvær kommune, at kommunen har fått bekreftelse om støtte fra Enova til utarbeiding av en energi- og klimaplan. Enova er statseid, og fokuserer på at energibruk og energiproduksjon i Norge skal være miljøvennlig.

I energi- og klimaplanen over Tysvær kommune er det listet opp følgende krav for å få støtte i fra Enova:

- Energi og klimaplanen bør ha status som ein kommunedelplan eller temaplan for energi- og klima. Det føreset at planen er ein integrert del av kommunens sentrale plan- og styringssystem.
- Energi og klimaplanen skal vere ein heilskapleg plan. Den skal omfatta mål og tiltak innanfor energibruk, energiforsyning og haldningsskapande arbeid i kommunen.
- Planen bør også omfatta tiltak knytt til redusert klimagassutslepp frå anna aktivitet i kommunen som kommunen kan påverke. Det kan vere direkte utslepp frå transport, avfallshandtering og landbruk, og indirekte utslepp frå innkjøp.
- Det skal setjast eit minimumsmål på 10 % redusert energibruk i kommunal bygningsmasse og eventuelt også eit mål for klimagassutsleppa frå heile kommunen.
- Energi- og klimamåla skal talfestast.
- Energi- og klimaplanen skal beskriva prioriterte tiltak for å nå måla.
- Måloppnåing skal tidfestast.
- Planen skal ha ein tidshorisont på minst fem år.
- Rapporteringa bør i størst mogleg grad baserast på kommunens eksisterande rapporteringsrutinar.
- Energi og klimaplanen skal behandlast og godkjennas politisk.
- Energi- og klimaplanen skal oversendast Enova saman med ein sluttrapport.
- Enova vil leggje energi- og klimaplanen ut på kommunesidene på enova.no

(Tysvær kommunestyret, 2011)

## 4 Tekniske tiltak

De tekniske tiltakene innenfor de forskjellige løsningene vil variere i omfang og kategori for hvert enkelt alternativ. For de energikilder det lar seg gjøre, vil det fremlegges et estimat på hvor stor energiproduksjon som kan forventes å kunne hente ut, og om det kan dekke deler eller hele energibehovet som er tiltenkt for det planlagte området i Aksdal.

I underkapitlene nedenfor drøftes tekniske tiltak for alternativene:

- Vindkraft
- Energibrønner
- Solenergi

i tillegg til å se på soleksponering, energibruk i Aksdal og kraftpriser som er relevant for evalueringen.

#### 4.1 Vindkraft

Ved etablering av en vindmøllepark i Tysvær for forsyning av energi for området i Akسدal, må effekten som kan hentes ut, beregnes. Dette kan brukes videre for å finne ut hvor stor energiproduksjon dette vil føre til i løpet av ett år. Nedenfor utledes noen beregninger for finne ut hvor mange vindmøller som må etableres for å komme i overskudd med energi for dette formålet.

##### 4.1.2 Vindturbinens effekt

Dersom man skal regne på hvor mye energi som produseres ved hjelp av vindmøller, må det tas hensyn til hvor stor diameteren på rotoren er, og hastigheten på vinden. Jo større vindturbin, jo mer energi inn. Man må også ta forbehold om tap i generator, friksjon i turbin og mekanisk friksjon som gjør at man taper effekt.

En typisk vindmølle på 2 MW vil ha en diameter på rotorbladene, på omtrent 75-80 meter. Tettheten til luft ved en utetemperatur på 20 grader celsius og normalt atmosfæretrykk, vil ligge på omtrent 1,2 kg/m<sup>3</sup>.

Tar et utgangspunkt i at rotordiameteren til en vindmølle er 80 meter for denne beregningen, som gir et areal på

$$A_1 = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 80 (m)^2}{4} = 5\,027\,m^2$$

Setter en tenkt vindhastighet på 6 m/s for denne utregningen.

Dersom man ser bort i fra tap, kan turbinens effekt per vindmølle beregnes ved hjelp av å se på energiligningen for energiberegning (Engineering Toolbox, 2009):

Symbol	Forklaring	Enhet
$\rho$ (rho)	luftens tetthet	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
$v_{inn}^3$	vindens hastighet inn i turbinen opphøyd i tredje potens	$\left(\frac{m}{s}\right)$
$A_1$	arealet av vindmøllens rotorblad	$m^2$

Tabell 2: Symbolforklaring til energiligning



$$\Delta E = E_{inn} - E_{ut}$$

$$\frac{1}{2} * \rho * v_{inn}^3 * A_1 = \frac{1}{2} * \rho * v_{ut}^3 * A_2$$

$$E_{ut} = \frac{1}{2} * \rho * v_{inn}^3 * A_1$$

$$E_{ut} = \frac{1}{2} * 1,2 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 6 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 * 5027 (\text{m}^2)$$

$$\underline{E_{ut} = 651 \text{ kW} = 0,651 \text{ MW}}$$

Effekten som kan hentes ut fra én enkelt vindmølle beregnes i dette tilfellet ut til å være 0,651 MW. Denne verdien vil bli brukt som et utgangspunkt for videre kunne estimere hvor mange vindmøller som behøves for å dekke energibehovet i Aksdal.

#### 4.1.3 Energiproduksjon i løpet av ett år

Skal turbinens energiproduksjon i løpet av ett år beregnes, ut i fra turbinens effekt på 0,651 MW, må effekten multipliseres med tid. Dette er fordi energi er lik effekt ganget med tid.

I tillegg må man ta hensyn til at energiproduksjonen i vindkraftverket ikke vil være i gang for fullt året rundt. Det er i slike tilfeller derfor vanlig å bruke kapasitetsfaktor. Kapasitetsfaktoren vil angi brukstiden som prosentdel av året.

En vindturbin brukstid vil si hvor mange timer turbinen yter med full effekt, for å kunne produsere det den skal i løpet av året. Vindportalen opplyser om at under norske forhold vil en vindturbin brukstid normalt ligge på omtrent 2500-3000 timer over et år. (Vindportalen, 2019) Et godt vindkraftverk vil ha en normal kapasitetsfaktor på rundt 0,3. Det vil si at turbinen må gå med full effekt nesten en tredel av året for å produsere det den skal.

Vindturbinens energiproduksjon i løpet av ett år blir da:

$$\underline{0,651 (MW) * 3000 (timer) = 1953 MWh}$$

I kapittel 2.2 ble det konkludert med at området i Aksdal vil kreve en energiproduksjon på 9,08 GWh, som vil tilsvare 9080 MWh. Dersom vindmøller skal stå for all energi som trengs for å drifte området, vil kommunen gå i pluss dersom de etablerer fem vindmøller.

## 4.2 Energibrønner

I dette avsnittet vil det bli sett nærmere på hvilke komponenter som behøves for å føre vann fra brønn til bygning ved bruk av energibrønn, og hva som kan forventes å finne i grunnen for området hvor energibrønnene er tenkt. I tillegg til dette vil det føres en beregning for hvor mange brønner det vil være nødvendig å etablere, for å kunne dekke det tenkte energibehovet for området i Akسدal.

### 4.2.1 Væske-til-vann varmepumpe

Ved valg av energibrønn som energikilde for oppvarming og kjøling av bygg, trengs det en væske-til-vann varmepumpe som kan frakte det varme vannet rundt. I underkategorien av slike varmepumper faller valget naturlig på en bergvarmepumpe, som oftest blir brukt i denne sammenhengen. Siden omgjøringsprosessen av varmen hovedsakelig skjer innendørs, skånes utstyret for vær og vind. Dette gjør at denne typen varmepumpe kan ha en levetid på opptil 30 år, som er tilnærmet det dobbelte av andre typer pumper. (Energiverket, 2019)

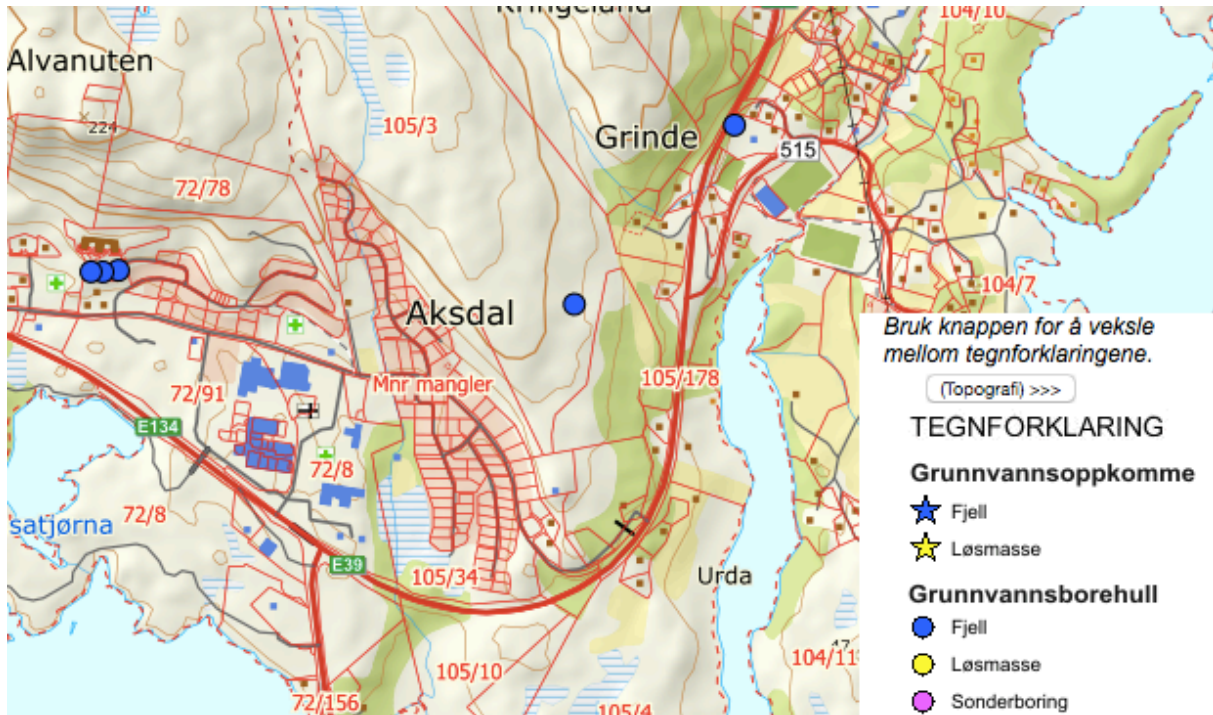
En bergvarmepumpe består hovedsakelig av en kompressor, kollektorer, frostvæske og energibrønner. For å varme opp frostvæsken blir den ført ned gjennom kollektorer, som består av lange plastslanger nedlagt i energibrønner, før det pumpes tilbake opp til jordoverflaten. Den går så i gjennom en kompressor hvor varmen hentes ut. Væsken føres deretter ned i brønnen igjen for å kunne hente opp ny varme.



Figur 14: Illustrasjon fra Enova (Enova, 2016)

#### 4.2.2 Kartlegging av grunn

For å kunne kartlegge grunnen hvor brønnene skal etableres, kan man innhente informasjon om områdets aktuelle grunnforhold ved å søke i den nasjonale grunnvannsdatabasen Granada. Et enkelt søk i denne databasen viser at det per dags dato er etablert fem brønner i nærliggende område, markert med blå punkter på kartet vedlagt nedenfor.

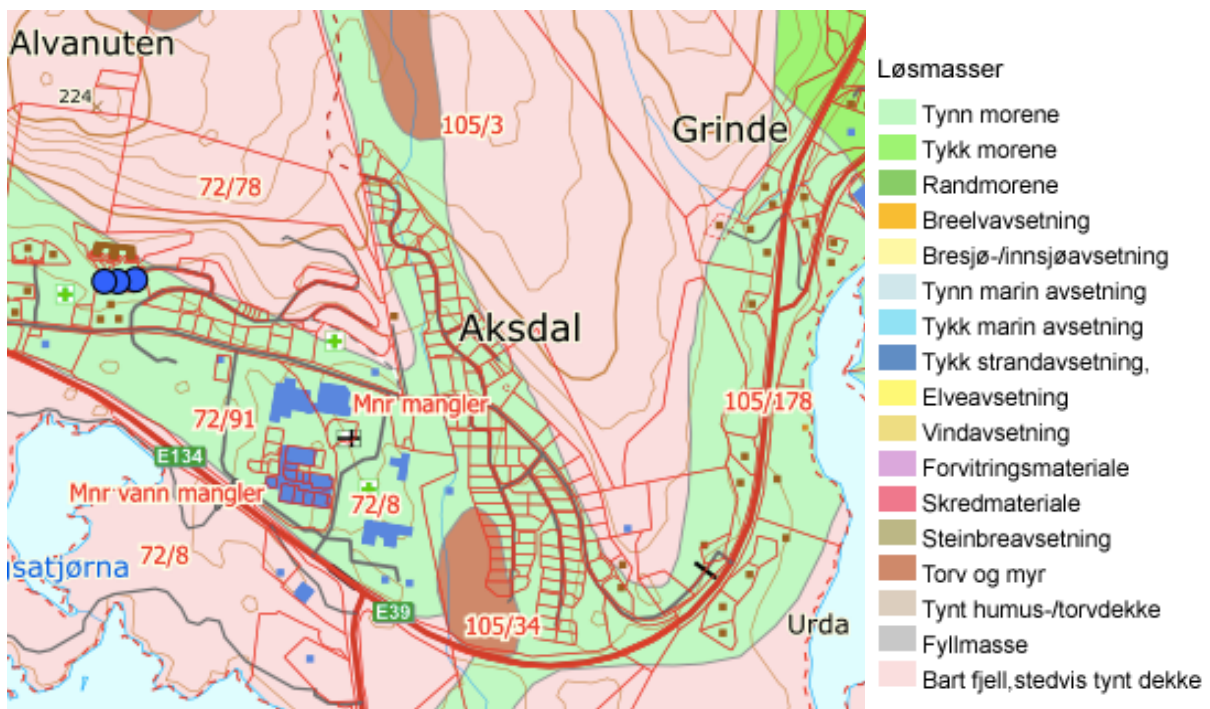


Figur 15: Brønner og løsmassegeologi Akسدal (Norges Geologiske undersøkelse, 2019)

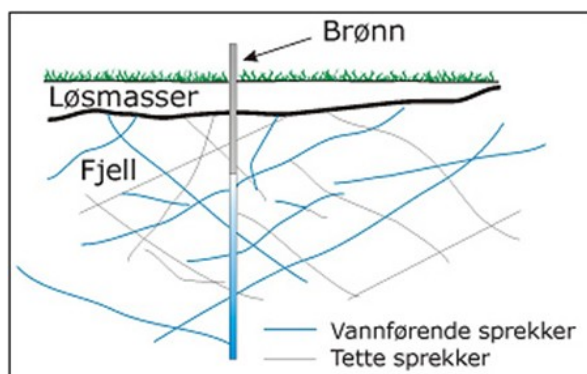
Ut i fra informasjon fra disse brønnene ser man at de tre nærliggende brønnene, etablert i 2016, er på 240 meter hver, og dyp til fjell ligger på 2,5 meter. De to andre brønnene ble boret på 60-tallet og er begge under 100 meter lange, med en vannføring før trykking/sprengning på 500 l/time.<sup>2</sup> Dyp til fjell er 0,5-1 meter.

<sup>2</sup> Mer informasjon om brønnene kan finnes under Vedlegg B

Velger man underkategorien «Energibrønner og løsmassegeologi» får man fram et kart som viser hvilket overflatemateriale området består av. Fargekoden for hvor utbyggingen av Akسدal sentrum planlegges viser at det hovedsakelig består av tynn morene. Dette er en jordart som er en blanding av usortert stein-, sand-, blokk og leirmateriale. Det er dyrere å bore i løse masser enn i fjell. At det er et tynt lag med morene vil si at det kun er opp til 1 meter med løsmasse før man kommer til fast fjell. Dette overmaterialet vil beskytte mot eventuell forurensing fra overflaten. (Andersson, 2015)



Figur 16: Energibrønner og løsmassegeologi Akسدal (Norges Geologiske undersøkelse, 2019)



Figur 17: Brønn boret i fjell (Norges Geologiske undersøkelse, 2015)

I Norge er de vanligste bergartene tette. En brønn som bores i fjell må gå i gjennom vannførende sprekker for at man skal kunne uthente vann.

### 4.2.3 Energiberegning

For å beregne hvor mye energi som kan hentes ut av en energibrønn, må man ta hensyn til hvor lang brønnen er og hvor stor varmeeffekt som kan hentes ut. Velger her å ta utgangspunkt i at hver brønn som installeres i Akسدal, har en lengde på 250 meter. I følge tall hentet fra NVE, vil varmeeffektuttaket ved denne brønnlengden kunne settes til  $35 \text{ W/lm}^3$ . (NVE, 2015)

For utregning av hvor mange energibrønner som kan plasseres i området er det tatt utgangspunkt i kart over Akسدal. Grovt dimensjonert ut i fra avstanden langs området hvor utbyggingen mulig skjer, er det estimert at avstanden fra punkt A til B i oversiktsbildet nedenfor er satt til 644 meter. Fra kapittel 3.2.3 ble det nevnt at avstanden mellom brønnene må minst være 15 meter. De kan ikke plasseres under bygg eller kjøres over. Dersom man tar utgangspunkt i at brønnene kan etableres på begge sider av området, langs en strekning på 500 meter på hver side, kan man beregne hvor mange brønner som kan installeres.



Figur 18: Kart over Akسدal (Gule Sider, 2019)

---

<sup>3</sup> Lengdemeter

$$\text{Antall brønner} = \frac{2 * 500 \text{ (m)}}{15 \text{ (m)}} \approx 67 \text{ brønner}$$

Borelengde	250 m * 67 brønner = 16 750 m
Varmeeffektuttak	35 W/lm
Totalt varmeeffektuttak	16 750 m * 35 W/lm = 586,25 kW <sup>4</sup> .

Tabell 3: Regneverdier for energibrønn

Med dette kan man videre beregne en årlig produksjon for 67 brønner installert:

$$\text{Årlig produksjon} = 35 \left( \frac{W}{lm} \right) * 250 \text{ (lm)} * 67 \text{ (brønner)} * 8760 \left( \frac{\text{timer}}{\text{år}} \right)$$

$$\underline{\underline{\text{Årlig produksjon} \approx 5,13 \text{ GWh}}}$$

Henviser til kapittel 2.2, hvor det ble antatt en tenkt energikapasitet for å dekke det planlagte området med energi, på 9,08 GWh per år. Energibrønner utnyttes til å føre oppvarmet vann i gjennom vannrør installert i bygg. Energien brukes dermed kun til oppvarming, og kan ikke utnyttes for å operere strømkilder som belysning, varmeovner eller øvrige elektriske kilder. En energiproduksjon på 5,13 GWh fra energibrønner vil mest sannsynlig være tilstrekkelig for oppvarmingsbehovet for området.

---

<sup>4</sup> Varme levert, i kilowatt

### 4.3 Solkraft

Montering av solceller og solfangere må være i henhold til eventuelle verneområder og hensynssoner.

#### 4.3.1 Solceller

Solceller kan bli montert på tak eller integrert i bygninger. Fasader med integrerte solcellepaneler kan i noen tilfeller ha tilsvarende kvadratmeterpriser som kobber- og naturstein, samtidig som de bidrar til «gratis» energi. For private husholdninger, kan solceller lønne seg i det langsiktige perspektivet. I følge Teknologirådet kan solcellepanel plassert på tak, ta igjen investeringsprisen etter rundt 10-25 år. (Teknologirådet, 2017) Det som også er positivt med solcellepaneler i Norge i dag, er at det blir mer og mer vanlig å koble anleggene til strømmettet. Dette gjør at dersom det produseres mer strøm enn det som trengs, kan overskuddet selges via strømmettet.

Haugaland Kraft tilbyr blant annet en slik «plusskundeordning», som bistår med salg av overproduksjon av strøm, og er nødvendig for å kunne ha et solcelleanlegg. Det er viktig å ikke produsere over 100 kW energi inn i strømmettet, for å ikke bli regnet som en ordinær kraftprodusent. (Haugaland Kraft, 2019)

Når det nevnes solenergi i et land som Norge, og i hvert fall på Vestlandet, er nok skepsisen stor til solceller. Det er tidligere i rapporten nevnt at solceller kan fungere fint i Norge også ved overskyet vær. Men nå skal det jo sies at Vestlandet har ganske mange overskyede- og regndager i året, så effektiviteten for solcellepanelene vil nok variere en del.

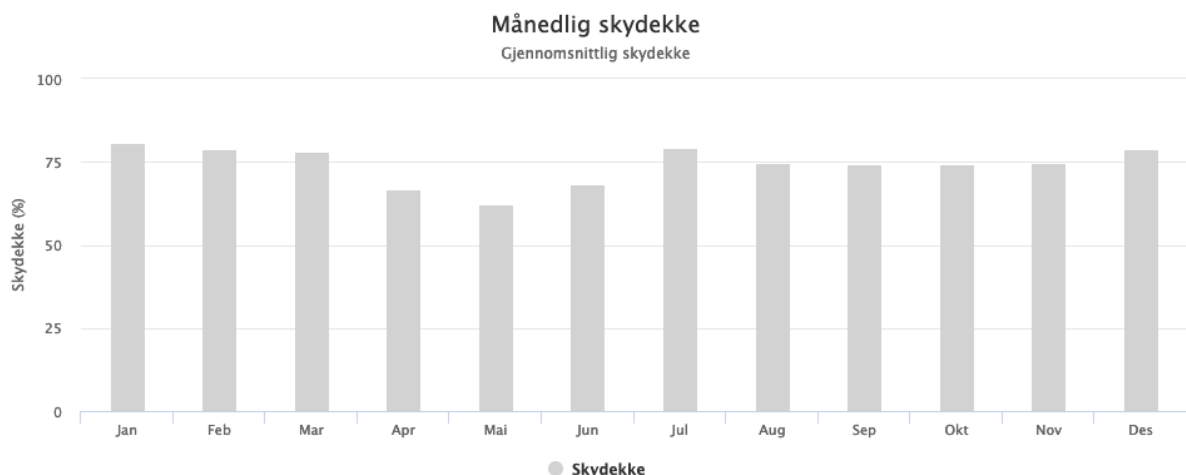
Antall solcellepaneler eller solfangere som må etableres for dekke hele eller deler av det tiltenkte energibehovet for området i Aksdal, er vanskelig å estimere. Dette er grunnet usikkerhet rundt hvor stort overflateareal som vil være tilgjengelig etter ombyggingen, som solceller eller solfangere kan etableres på. Noen alternativer for antall moduler er beregnet i senere i rapporten, under kapittel 5.3 «LCOE for solfangere» og 5.4 «LCOE for solceller».



#### 4.3.1 Soleksponering i Aksdal

I områdereguleringsplanen for Aksdal, er det beskrevet at området ligger bra til for soleksponering. Selv ved lave temperaturer, så er dette ikke noe problem da solceller fungerer utmerket også da. Terrenget i Aksdal står heller ikke i stor grad i veien for sollyset fra morgen til kveld. Ved en måling gjort av nettsiden *Suncurves* ser man blant annet hvor mye gjennomsnittlig månedlig skydekke det er i området rundt Haugesund. Her fantes ikke Aksdal som et valgalternativ, men målingene for Haugesund og Skjoldastraumen har nokså like verdier. Aksdal ligger geografisk nokså midt i mellom disse områdene, velger derfor dette området for å anslå gjennomsnittlig skydekke i Aksdal.

Nedenfor vises gjennomsnittlig månedlig skydekke i Haugesund ved hjelp av en graf hentet fra *Suncurves AS* (*Suncurves AS*, 2019):



Figur 19: Månedlig skydekke (*Suncurves AS*, 2019)

Ut i fra denne grafen kan man avlese at skydekket aktivt er med på å redusere solinnstrålingen, og dermed reduserer effektiviteten til solcellene.

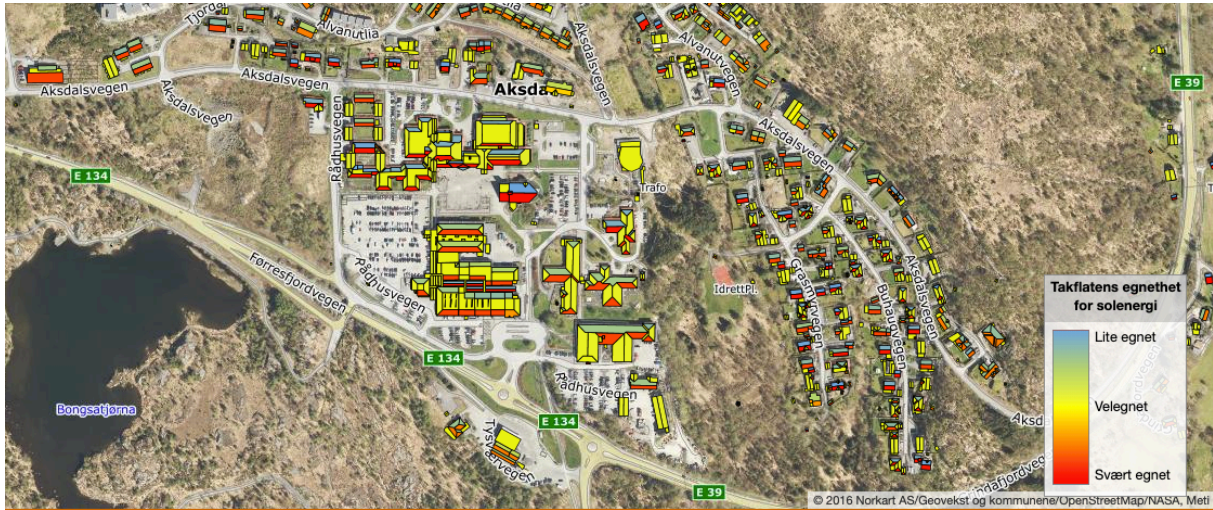
Solindeksen for Haugesund er veldig god, og som en kan lese ut i fra tabellen under, er det i overkant av 4300 soltimer i året. (Skeie & Kolstad, 2019)

Periode	Totalt (%)	Formiddag (%)	Ettermiddag (%)	Soltimer	Soltimer i snitt
Hele året	96	91	99	4321	11:50
Januar	95	91	97	207	06:41
Februar	96	91	99	248	08:51
Mars	96	91	100	352	11:21
April	97	92	100	421	14:02
Mai	95	90	99	505	16:17
Juni	95	90	98	528	17:36
Juli	95	90	99	524	16:54
August	96	91	99	462	14:54
September	96	91	100	371	12:22
Oktober	96	90	99	303	09:46
November	95	92	98	219	07:18
Desember	94	90	97	182	05:52
Vinter	95	91	98	637	07:05
Vår	96	91	99	1278	13:53
Sommer	95	90	99	1514	16:27
Høst	96	91	99	893	09:49

Figur 20: Solindeks for Haugesund (Suncurves AS, 2019)

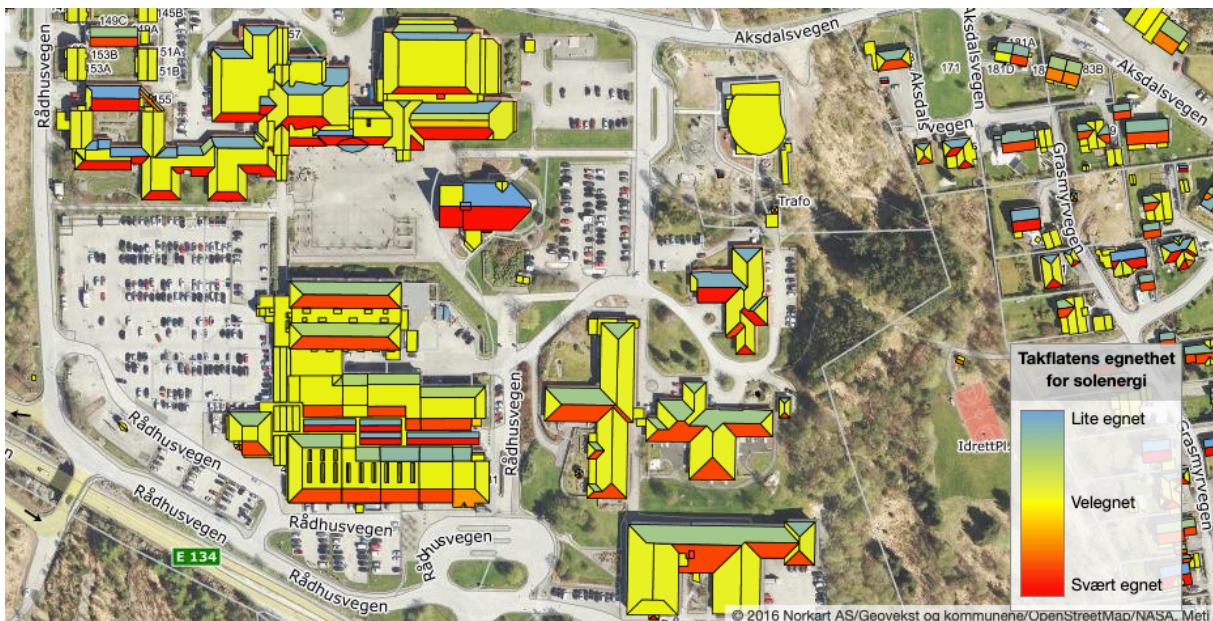
Informasjon hentet fra «Energi-og klimaplan» for Aksdal viser at det er undersøkt i hvor stor grad takflatene i området er egnet for soleksponering. Her er det flere bygg som kommer under en «svært egnet» klassifikasjon, i tillegg til at flesteparten ligger under «velegnet».

Under ser man oversiktsbilder fra solkart.no, som fremviser hvor egnet et tak er til å kunne etablere solceller på. Det er da tatt hensyn til hvilken vinkel det er på taket, og hvilken plassering taket har i forhold til solen. Fargekoder for «svært egnet», «velegnet» og «lite egnet» er illustrert nede i høyre hjørne.



Figur 21: Oversiktsbilde fra Solkart.no

Litt nærmere oversikt over Tysværtunet, Aksdal kirke, omsorgssenter, Aksdal legesenter, rådhuset i Aksdal og noen få boliger er avbildet under.



Figur 22: Nærmere oversiktsbilde fra Solkart.no

Man ser her at de kommunale byggenes vestside er veldig utsatt for soleksponering, og at det samme gjelder for boligene rundt.

Med eventuelt manglende takareal er det mulig for solfangeranleggene eller solcellesystemene å bli plassert på bakkenivå. Dette er en mulighet dersom det er areal tilgjengelig i nærheten av de aktuelle byggene.

#### 4.4 Energibruk i Aksdal

I følge en teknisk rapport for Tysvær kommune fra 2011, vises det en tabell over tysværtunets energisentral, som også leverer energi til Aksdal kirke og noen kommunale boliger.

Tysværtunet energisentral	Oppvarmet areal [m <sup>2</sup> ]	Totalt energibruk [kWh/år]
Tysværtunet	11 400	5 482 334
Aksdal legesenter	1 539	188 057
Aksdaltunet	3 750	797 572
<b>Totalt</b>	<b>16 687</b>	<b>6 467 963</b>

Tabell 4: Energiforbruk Tysværtunet energisentral

Her finner man også en oversikt over hvor mye energi som kommunen bruker i året på de ulike sektorene. I neste tabell er det fokusert på de mest aktuelle områdene. (Tysvær Kommune, 2011)

Aktuelle bygg	Oppvarmet areal [m <sup>2</sup> ]	Energibruk pr. år [kWh/år]
Aksdal legesenter	1 539	188 057
Aksdalvegen 163	1 140	190 963
Aksdaltunet	3 750	797 572
Tysvær rådhus	5 144	879 445
Tysværtunet	11 400	5 483 334
<b>Sum</b>	<b>24 512</b>	<b>7 726 428</b>

Tabell 5: Energiforbruk, helsebygg Aksdal

Dersom energiforbruket til Tysværtunet, Aksdal legesenter, Aksdalstunet, Tysvær rådhus og omsorgsboliger legges sammen, får man et energikrav på 7,73 GWh/år. (Tysvær Kommune, 2011) Det tas utgangspunkt i et større tall ved beregningene, slik at det er litt å gå på. Da kan det også tas utgangspunkt i å kunne dekke forbruk til eventuelle gatelys, kloakkanlegg og fremtidige ladestasjoner til el-bil. Utbyggingen av det aktuelle området er muligens langt frem i tid, og det er uvisst hvor stor kapasitet og hvilke funksjoner det vil være behov for.

Dersom det tas utgangspunkt i at Aksdal bruker 9,08 GWh/år, kan man regne ut omtrent hvor mange solceller eller solfangere som trenges for å kunne dekke rundt én fjerdedel av dette kravet, altså 2,27 GWh/år.

#### 4.5 Kraftpriser

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) publiserte i 2017 en mulig endring i kraftprisen fra år 2017 til 2030. I analysen ligger kraftprisen på 23 øre/kWh i 2017, mens i 2030 har den økt til 30 øre/kWh. (Amundsen, et al., 2017) Det er en stigning på 7 øre over en tidsperiode på 13 år. Dette er ikke en spesielt stor endring.

Dagens kraftpris ligger på gjennomsnittlig 54-55 øre/kWh. (Statistisk sentralbyrå, 2019) Dette er langt høyere priser, dersom man skal følge analysen som ble lagt ut to år tidligere. I følge aktørene for kraftmarkedet ble prisen for strøm i 2018 estimert til å ligge på rundt 25 øre/kWh, i motsetning til den faktiske strømprisen som lå på 42 øre/kWh. (Svorka, 2018) Selvfølgelig varierer dette med år og årstider er forskjellige, men man kan ikke unngå å se en prisøkning de seneste årene.

Dersom det antas at strømprisene kommer til å øke grunnet økte avgifter, dyrere investering i strømmettet og økt handel med utlandet, kan det muligens bli billigere med egenprodusert strøm.

## 5 Levelized Cost of Electricity

For å sammenligne energikostnader for ulike teknologier er det vanlig å bruke energikostnad over levetid, også kalt LCOE. Dette er en beregning hvor man kan regne seg fram til hvor mye energien koster per kWh, som igjen kan sammenlignes med gjeldene strømpriser. I dette kapittelet vil det føres beregninger for LCOE for de forskjellige energikildene, for å kunne sammenligne dem opp mot dagens strømpriser, som per dags dato, 22.mars.2019, ligger på 48,98 øre/kWh. (LOS, 2019)

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Hvor,

$I_t$  : Investerings- og utviklingskostnader

$M_t$  : Drifts- og vedlikeholdskostnader

$F_t$  : Energi- og brenselkostnader

$E_t$  : Energi produsert

$n$  : Økonomisk levetid, i år

$r$  : Diskonteringsrente

Diskonteringsrente er et avkastningskrav som er risikojustert. Dette benyttes av kapitaleiere eller foretak for å kunne regne seg frem til nåverdi av fremtidige kontantstrømmer. Eksemplene nedenfor er en forenkling av beregningen, hvor det ses bort i fra diskonteringsrenten. Ligningen blir da som følgende:

$$LCOE = \sum_{t=0}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{E_t} = \frac{\text{tot.kostnad over levetid}}{\text{tot.energi produksjon over levetid}}$$

Ut i fra den tekniske rapporten for Aksdal som er nevnt i kapittel 4.4, vil skole-, helse-, og kultur- og idrettsbygg ha et varmebehov på omtrent 50 % av total energibruk, som går til oppvarming.

For de forskjellige alternativene vil det variere hvor stor del av energibehovet metoden vil stå for. Dette er fordi vannbåren varme ved hjelp av energibrønner eller solfangere kun kan brukes til oppvarming. Elektrisitet produsert av vindkraft derimot, kan utnyttes til både generell energiforsyning i tillegg til oppvarming. Det samme gjelder for solceller, men antallet paneler som vil behøves for en slik størrelse energiproduksjon vil føre til at området i Aksdal blir Norges største solcelleanlegg.

### 5.1 LCOE for vindkraft

Henviser til kapittel 3.1.7 hvor investeringskostnader for vindkraftverk er estimert til å påløpe 9-11 millioner NOK per MW installert kapasitet. I dette tilfellet med fem vindmøller på hver 2 MW vil investerings- og utviklingskostnader komme på

$$I_t = 10\,000\,000 \text{ (kr/MW)} * 5 * 2 \text{ (MW)} = 100 \text{ millioner NOK}$$

Videre i kapittel 3.1.7 står det at drift- og vedlikeholdskostnader vil påløpe 10 øre per kWh. I dette tilfellet med en årlig energiproduksjon på 9 080 MWh = 9 080 000 kWh vil kostnaden bli

$$M_t = 9\,080\,000 \text{ (kWh)} * 0,1 \text{ (kr/kWh)} = 908\,000 \text{ NOK per år}$$

Ser bort i fra energi- og brenselskostnader, da det i dette tilfellet ikke vil påløpe noe på det området.

Den årlige energien som blir produsert ble regnet frem til i kapittel 4.1.3. Fem vindmøller installert vil gi en produksjon på

$$E_t = 9\,080\,000 \text{ kWh.}$$

Den økonomiske levetiden til et vindkraftverk er beregnet til 25 år ved en investeringsbeslutning

$$n = 25 \text{ år}$$

LCOE (uten renter) for vindkraft i Aksdal blir da som følgende:

$$LCOE = \sum_{t=0}^n \frac{100\,000\,000 \text{ kr} + 908\,000 \frac{\text{kr}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}{9\,080\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}$$

$$\underline{LCOE = 0,54 \text{ kr/kWh}}$$



## 5.2 LCOE for energibrønner

For å beregne LCOE for energibrønner etablert i Aksdal, brukes tall fra energiberegningen i kapittel 4.2.3, hvor det kom frem at det årlig kan produseres 5,13 GWh med energi.

I rapporten om «Kostnader i energisektoren» laget av NVE i 2015, har de laget en tabell over kostnader, som tar utgangspunkt i en varmepumpe som frakter bergvarme for både oppvarming og nedkjøling. Velger å bruke tall fra alternativet med utgangstemperatur på vannet på 50 grader celsius. Ut i fra denne rapporten kan det leses av at investeringskostnader, som inkluderer anleggskostnader og byggetidsrenter, vil komme på 16 072 kr/kW<sub>v</sub>.

Fra energiberegningen for energibrønner i kapittel 4.2.3, ble det totale varmeeffektuttaket estimert til 586,25 kW<sub>v</sub> med 67 etablerte brønner. Energibrønner vil kun brukes til oppvarming av bygg ved hjelp av vannbåren varme. Investeringskostnadene vil da komme på:

$$I_t = 16\,072 \text{ (kr/kW}_v\text{)} * 586,25 \text{ (kW}_v\text{)} = 9\,422\,210 \text{ NOK}$$

For drift- og vedlikeholdsutgifter har NVE estimert en fast driftskostnad på 40 kr/kW<sub>v</sub>.

$$M_t = 40 \text{ (kr/kW}_v\text{)} * 586,25 \text{ (kW}_v\text{)} = 23\,450 \text{ NOK per år}$$

Med dette alternativet vil det ikke påløpe kostnader vedrørende brensel eller energi.

Årlig energiproduksjon med 67 energibrønner:

$$E_t = 5\,130\,000 \text{ kWh}$$

Setter systemets levetid på 20 år, men mulig selve varmepumpen må skiftes ut tidligere.

$$n = 20 \text{ år}$$

LCOE (uten renter) for energibrønner i Aksdal blir da som følgende:

$$LCOE = \sum_{t=0}^n \frac{9\,422\,210 \text{ kr} + 23\,450 \frac{\text{kr}}{\text{år}} * 20 \text{ år}}{5\,130\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{år}} * 20 \text{ år}}$$

$$\underline{LCOE = 0,096 \text{ kr/kWh}}$$

### 5.3 LCOE for solfangere

Det er tidligere blitt nevnt at solfangersystemet kun dekker varmebehovet gjennom vannbåren varme, og skal dermed maksimalt dekke 50 % av det totale energikravet på 9,08 GWh/år.

$$E_t = 4\,540\,000 \text{ kWh}$$

Ut i fra NVE's kostnadsrapport fra 2015, er det beskrevet at investeringen for et solfangersystem for næringsbygg har en gjennomsnittlig pris på 3 300 kr/m<sup>2</sup>. (NVE, 2015) Dette vil si at et solfangersystem på 15 m<sup>2</sup> har en investeringskostnad på 49 500 kr. Denne prisen vil variere ut i fra om fangerne kun skal varme opp tappevannet, eller om generell oppvarming av byggene også skal inkluderes.

I følge NVE vil energiproduksjon fra solfangere variere, men kan ligge på gjennomsnittlig 350-400 kWh/m<sup>2</sup> per år for Vestlandet. Dersom man antar at hvert solcelleanlegg er 15 m<sup>2</sup>, produserer dette anlegget 5 250 kWh/år. Dette utgjør 0,12 % av tenkt energibehov. Dersom man regner ut hvor stort solfangerareal som trengs for å dekke antatt energibehov på 4,54 GWh/år, blir regnestykket

$$4\,540\,000 \text{ kWh} / 350 \text{ kWh/m}^2 = 12\,972 \text{ m}^2.$$

Dette arealet deles på solfangerarealet, altså trengs det 865 stykk solfangere. Til sammenligning så er dette solfangerarealet omtrent like stort som Norges største solfangerareal på 12 810 m<sup>2</sup> og ligger i Akershus Energipark. Det nest største anlegget er Stenbråtlia borettslag i Oslo, som er «bare» på 476 m<sup>2</sup>.

Dersom investeringskostnaden per 15 m<sup>2</sup> anlegg, er på 49 500 kr, blir den totale investeringsprisen for 865 solfangere estimert til

$$I_t = 49\,500 \text{ kr} * 865 \text{ solfangere} = 42\,817\,500 \text{ NOK}$$

Dette er uten eventuelle forhandlingspriser mellom kunde og leverandør, eller støttetiltak som kan bli avklart med Enova.

Solfangere krever som nevnt tidligere veldig lite vedlikehold, med mindre noe uventet oppstår. Det kan antas at drift- og vedlikeholdskostnad kommer på rundt 19 000 kr over en levetid på 25 år for et solfangeranlegg på 15 m<sup>2</sup>. (Nilsen, 2016) Totalt for de 865 solcelleanleggene vi har beregnet med blir det

$$M_t = \frac{19\,000 \text{ (kr)} * 865 \text{ (solfangere)}}{25 \text{ (år)}} = 657\,400 \text{ NOK per år}$$

Systemets levetid settes til 25 år

$$n = 25 \text{ år}$$

LCOE (uten renter) for solfangere i Aksdal blir da som følgende:

$$LCOE = \sum_{t=0}^n \frac{42\,817\,500 \text{ kr} + 657\,400 \frac{\text{kr}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}{4\,540\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}$$

$$\underline{LCOE = 0,52 \text{ kr/kWh}}$$

Dette er en LCOE-score som stemmer godt overens med kostnadsrapporten fra NVE, som har en verdi for Kristiansand og Oslo på henholdsvis 0,50 og 0,55. (NVE, 2015) Sannsynligheten for at LCOE-scoren er høyere enn verdien som funnet er nok stor. Derfor legges det inn en feilmargin på 0,1, som gir en LCOE-verdi lik 0,62 kr/kWh for bruk av solfangere på næringsbygg i Aksdal.

#### 5.4 LCOE for solceller

Tidligere i oppgaven er det nevnt at solceller bør stå for en fjerdedel av det totale energikravet, som blir omtrent 2,27 GWh/år.

$$E_t = 2\,270\,000 \text{ kWh}$$

Dette er en produksjonsstørrelse som er mer realistisk å kunne oppnå, enn at solceller skal stå for hele det totale energikravet for området. Grunnen til dette vil beskrives nedenfor.

I følge NVE vil energiproduksjon fra solceller variere, slik som ved solfangere, men vil gjennomsnittlig ligge på 110-130 kWh/m<sup>2</sup> per år. Utbyttet varierer også ved ulike solcelleanlegg med forskjellige virkningsgrader.

Dersom det tas utgangspunkt i et solcellepanel av typen IBC SoloSol 155W CS4<sup>5</sup>, har den et areal på 0,98 m<sup>2</sup> per modul. Med denne typen modul vil anlegget produsere 1 650 kWh/år. Dette utgjør 0,073% av tenkt energibehov.

Regnestykket for hvor stort solcelleareal man trenger for å dekke antatt energibehov på 2,27 GWh/år, blir

$$2\,270\,000 \text{ kWh} / 110 \text{ kWh/m}^2 = 20\,636 \text{ m}^2.$$

Dette arealet deles på solfangerarealet, altså trengs det 21 057 stykk solcellemoduler. Til sammenligning opptar Norges største solcelleanlegg et areal på 19 000 m<sup>2</sup>, og finnes på taket til ASKO i Vestby på Østlandet.

I følge Otovo, vil innkjøps- og installeringskostandene av 25 solcellemoduler, lande på rundt 80 500 kr. (Otovo, 2019) Dette gir en investeringskostnad for 21 057 solcellemoduler lik

$$I_t = 21\,057 \text{ (moduler)} * \frac{80\,500 \text{ (kr)}}{25 \text{ (moduler)}} = 67\,803\,540 \text{ NOK}$$

I rapporten «Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013» laget for NVE (Multiconsult, 2013), er drift- og vedlikeholdskostnad for solceller satt til 2 % av modulkostnaden. I dette tilfellet vil det utgjøre en årlig drift- og vedlikeholdskostnad kostnad på

$$M_t = 0,02 * 67\,803\,540 \text{ (kr)} = 1\,356\,071 \text{ NOK per år}$$

---

<sup>5</sup> Dataark for IBC SoloSol 155 CS4 finnes under Vedlegg C

Systemets levetid settes til 25 år

$n = 25$  år

LCOE (uten renter) for solcellepanel i Aksdal blir da som følgende:

$$\text{LCOE} = \sum_{t=0}^n \frac{67\,803\,540 \text{ kr} + 1\,356\,071 \frac{\text{kr}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}{2\,270\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}$$

$$\underline{\text{LCOE} = 1,79 \text{ kr/kWh}}$$

I dette tilfellet utregnes LCOE for solceller uten å ta hensyn til eventuell støtteordning fra Enova, eller andre prisgunstige avtaler mellom kunde og leverandør. NVE har listet opp LCOE for solceller etablert i Kristiansand, Oslo og Tromsø. Her kommer Kristiansand best ut med en LCOE på 1,4 kr/kWh med solceller installert på næringsbygg.

#### 5.4.1 Alternativ LCOE for solceller

Dersom solceller skal dekke hele energimengden som er tiltenkt for området i Akdsal, vil størrelsen for antall solcellemoduler øke drastisk. Produsert energimengde blir

$$E_t = 9\,080\,000 \text{ kWh}$$

Solcellene produserer 110 kWh/m<sup>2</sup>. Produsert energimengde dividert på denne verdien gir antall kvadratmeter som må dekkes med solcellepaneler. Behøvd areal dekket med solceller blir

$$9\,080\,000 \text{ kWh} / 110 \text{ kWh/m}^2 = 82\,546 \text{ m}^2.$$

Dette arealet divideres videre på solcellearealet. Dette gir en slutt sum på 84 231 solcellemoduler. Til sammenligning ville et solcelleareal i denne størrelsen vært over fire ganger større enn Norges nåværende største anlegg.

Den totale innkjøpskostnaden for solcellemodulene i denne størrelsen ville blitt

$$I_t = 84\,231 \text{ (moduler)} * \frac{80\,500 \text{ (kr)}}{25 \text{ (moduler)}} = 271\,223\,820 \text{ NOK}$$

Drift-og vedlikeholdskostnader utgjør en kostnad på

$$M_t = 0,02 * 271\,223\,820 \text{ (kr)} = 5\,424\,477 \text{ NOK}$$

Systemets levetid settes til 25 år

$$n = 25 \text{ år}$$

LCOE (uten renter) for solcellepanel i Akdsal blir da som følgende:

$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=0}^n \left( 271\,223\,820 \text{ kr} + 5\,424\,477 \frac{\text{kr}}{\text{år}} * 25 \text{ år} \right)}{9\,080\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{år}} * 25 \text{ år}}$$

$$\underline{\text{LCOE} = 1,79 \text{ kr/kWh}}$$

LCOE for solceller vil bli lik for begge alternativene. Forskjellen ligger i høyere investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader, i tillegg til høyere energiutbytte. Dersom

energiproduksjon ved hjelp av solceller skal dekke hele energibehovet, er behovet for tilgjengelig areal usannsynlig stort. Muligheten for å realisere dette kan bli vanskelig, selv med tanke på fremtidig utbygging av takarealer i området.



## 6 Lovverk og politiske vedtak

### 6.1 Lovverk

Herunder vil de forskjellige lover og forskrifter, som må tas hensyn til ved utforming av plan for utnyttelse av fornybar energi, listes opp.

#### 6.1.1 Energiloven

Energiloven anvendes ved alle tilfeller hvor en har med energi og gjøre. Alt fra produksjon, overføring, omsetning og bruk av energi. Formålet med denne loven er å sikre at alle de nevnte tilfeller skjer på en rasjonell og samfunnsmessig måte, hvor både private og allmenne interesser som berøres, skal tas hensyn til. En kan finne informasjon om konsesjon, levering- og tilknytningsplikt, vilkår og overtredelser innen elektriske anlegg, fjernvarme og andre energiformer. (Lovdata, 2019)

#### 6.1.2 Energilovforskriften

Energilovforskriften ligner energiloven og omhandler forskrifter for å sikre at produksjon, overføring, omsetning og bruk m.m. av energi skjer på en rasjonell og samfunnsmessig måte, og skal ta hensyn til interessene til alle parter som er involvert. Forskriften skal overholdes ved drift, eierskap, bygging og planlegging av energianlegg for produksjon, omforming, overføring og fordeling av energi produsert av elektrisk eller fjernvarme/kjøle anlegg. (Lovdata, 2019)

#### 6.1.3 Plan- og bygningsloven

Også plan- og bygningsloven tar stilling til bærekraftig utvikling. Formålet med loven er at bærekraftig utvikling skal fremmes til det beste for samfunnet og den enkelte, men også for fremtidige generasjoner. Planlegging etter loven skal gi grunnlag for vedtak av vern og bruk av ressurser og det skal legges vekt på langsiktige løsninger. Det skal beskrives konsekvenser for miljøet og for samfunnet. (Lovdata, 2010)

#### 6.1.4 Andre

Andre lovverk som må overholdes og avklares er naturmangfoldloven, kulturminneloven og forurensingsloven. (Vindportalen, 2019)

## 6.2 Politiske vedtak

For å kunne gjennomføre utbyggingen av det planlagte området i Aksdal, må områdereguleringsplanen godkjennes av kommunestyret.

Den 12 februar 2019 ble områdereguleringsplanen for Aksdal godkjent, med plankart og bestemmelser, i samsvar med plan- og bygningsloven § 12-12. (Tysvær Kommune, 2019)

«§ 12-12 Vedtak av reguleringsplan» innebærer at forslag til reguleringsplan legges frem til vedtak av kommunestyret. Det skal da framgå hvordan planforslaget og konsekvensene av planen er blitt vurdert, og hva betydningen av dette er. Kommunestyret har da 12 uker på å treffe vedtak. (Regjeringen, 2009)

## **7 Diskusjon, valg av alternativ og forslag til videre arbeid**

### **7.1 Diskusjon av alternativene**

Det er nå blitt foreslått en rekke forskjellige alternativer for å kunne lokalprodusere energi ved hjelp av fornybare energimetoder i Aksdal. I kapittel 3.7 ble det besluttet å ikke se nærmere på energiproduksjon ved hjelp av alternativene spillvann og bioenergi. Vindkraft, energibrønner og solenergi ble tatt med i videre beregninger. Disse har ulike fordeler og ulemper, men det alternativet som velges må kunne levere nok energi til å kunne drive og varme opp tiltenkte bygg i det nye kommune- og regiondelsenteret i Aksdal.

Vedrørende vindkraft er konsesjon allerede godkjent for et lite område av Tysvær, men spørsmålet er om, eller når, utbyggingen vil skje. Dagens vindturbiner blir også bedre og bedre. Det er ikke utenkelig at effekten som kan hentes ut vil øke i løpet av de neste årene. Det kan da bli mulig å kunne hente ut lik mengde energi med et mindre antall vindmøller.

Energiproduksjon ved hjelp av energibrønner kan være med på å dekke store deler av den energimengden som trengs for området. Siden brønnene bores ned i bakken vil det ikke føre til noen form for sjenanse, foruten om at det ikke kan plasseres bygg over borehullet. Plasseres brønnene i området rundt utbyggingen vil dette løse seg uten større problemer. Fordelen med dette systemet sammenlignet med andre alternativ er at man kan både varme opp byggene om sommeren, men også kjøle ned på varme sommerdager. Dette er også alternativet med lengst levetid.

Innenfor solenergi ligger alternativene solceller og solfangere. Disse vil konkurrere om de samme plassene på de tilgjengelige takoverflatene for å få best soleksponering. De har like lang levetid, men solfangere har en vesentlig høyere investeringskostnad enn hva kostnaden er for etablering av solceller.

Oppsummering over LCOE for de forskjellige energikildene:

Energikilde	Hvor stor andel av energibehovet som kan dekkes	Estimert levetid for LCOE beregning	Beregnet LCOE
Vindkraft	9,08 GWh	25 år	0,54 kr/kWh
Energibrønner	5,13 GWh	20 år	0,096 kr/kWh
Solfangere	4,54 GWh	25 år	0,52 kr/kWh
Solceller	2,27 GWh / 9,08 GWh	25 år	1,79 kr/kWh

Tabell 6: Oversikt over LCOE-score for energikildene

## 7.2 Valg av alternativ

For å kunne dekke energibehovet på en best mulig måte, anbefales en kombinert energibrønn- og solcelleløsning for det nye kommune- og regiondelsenteret i Akسدal. På denne måten vil en klare og produsere mer energi enn hva området har behov for per dags dato, og kommunen kan eventuelt selge overskuddet videre. Med dette alternativet vil en kunne utnytte tilgjengelig overflateareal, så vel som mindre synlige arealer under bakkenivå, i form av nedgravde brønner.

## 7.3 Forslag til videre arbeid

For å få et bedre grunnlag for valg av energimetoder anbefales det å sjekke opp i følgende:

- Hvor langt ned i bakken det må graves for å komme ned til tilgjengelig grunnvann, og finne ut eksakt hvilke grunnforhold det er i området. Dette henger sammen med hvor stor kostnad som vil påløpe ved boring av energibrønnene.
- Hvordan og hvor byggene i det planlagte området skal plasseres. Ved etablering av energibrønner må det tas hensyn til at bygg og boliger ikke kan plasseres over brønnens overflate. Det må i tillegg være en minimumsavstand på 15 meter i mellom brønnene.

- Ved utnyttning av energi fra energibrønner må alle nye bygg oppføres med et system for vannbåren varme. Ettermontering av et slikt system kan bli meget økonomisk omfattende.
- Solceller er i stadig utbedring og det forskers mye på å få bedre utnyttelse av solcellepaneler. Hvilket merke og modell som vil være det beste alternativet for dette området avhenger av når prosjektet tres i kraft, og hvor langt utviklingen av solcellepaneler har kommet.

## Konklusjon

Hensikten med denne rapporten har vært å framlegge en anbefaling til alternativ strømforsyning til et nytt kommune- og regiondelsenter i Aksdal. Når et system for lokalprodusert og fornybar energi skal velges, er det viktig at alternativet er fremtidsrettet og miljøbesparende.

Av de alternativene som er diskutert i denne rapporten, utmerker et kombinert energibrønn- og solcelleløsning seg. Med høy energiproduksjon for området, lang levetid og som krever lite vedlikehold vil dette bli en god løsning. Fremtidig utvikling av mer effektive solcellepaneler kan gjøre det mulig å utvide bruksområdet til en større del av Aksdal. Større fokus på bruk av fornybar energi kan også føre til at Aksdal kan være et forbilde for andre bydeler og kommuner i fremtiden.

Ut i fra de opplysningene som er forelagt om energibruk for området, vil den kombinerte energiløsningen lande på en innkjøpskostnad på omtrent 14,5 millioner NOK. Det er i denne beregningen ikke tatt med støtte fra Enova, da dette varierer ut i fra hvert prosjekt. Den totale investeringskostnaden kan dermed mest sannsynlig reduseres ved hjelp av støtteordningen.

Et solcelleanlegg har en estimert levetid på 25 år. Selve energibrønnene kan brukes i 30 år og kan godt brukes igjen etter en tids pause. Siden bergvarmepumpen som er koblet til systemet for energibrønner har en levetid på omtrent 20 år, er det det som er tatt høyde for i denne rapporten.

Etablering av et fullstendig fornybart energisystem kan føre til pålitelighetsproblemer med tanke på usikkerhet av gode nok solforhold og grunnvannstemperaturer. Et implementert elektrisk anlegg fra ordinært strømnnett vil fungere som en buffer, og sikre en kontinuerlig strømforsyning dersom problemer skulle oppstå.

## Bibliografi

- Abelsen, A. (2016). Rene solceller i 2018.
- Aksdal kommune. (2011). *www.docplayer.me*. Hentet fra Energi- og klimaplan Tysvær kommune: <https://docplayer.me/17513401-Energi-og-klimaplan-tysvaer-kommune-2012-2017.html>
- Amundsen, J. S., Bartnes, G., Endresen, H., Ericson, T., Fidje, A., Weir, D., & Øyslebø, V. E. (2017). Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017\\_79.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_79.pdf)
- Andersson, M. (2015, Januar 20). *www.ngu.no*. Hentet fra Hvor dypt er det ned til fast fjell?: <https://www.ngu.no/blogg/hvor-dypt-er-det-ned-til-fast-fjell>
- Andresen, I. (2008, Juni). *Sintef*. Hentet fra [https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb\\_prosjektrapp\\_ort\\_22.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb_prosjektrapp_ort_22.pdf)
- Asker kommune. (2019, Mars 03). *www.asker.kommune.no*. Hentet fra Energibrønner på Føyka i Asker: <https://www.asker.kommune.no/samfunnsutvikling/kommunale-byggeprosjekter/energibrønner-pa-foyka/>
- Autobolig. (2017, Februar 24). *www.autobolig.no*. Hentet fra Energi og Miljø: <https://www.autobolig.no/energi-og-miljo/>
- Bloomberg New Energy Finance. (2018, Mars 16). *Solenergiklyngen*. Hentet fra [http://solenergiklyngen.no/app/uploads/sites/4/180313-rapport\\_solkraft-markedsutvikling-2017-endelig.pdf](http://solenergiklyngen.no/app/uploads/sites/4/180313-rapport_solkraft-markedsutvikling-2017-endelig.pdf)
- Chrysanthou, S. (u.d.). Solar Panels. *Solar Panels*. Britannica ImageQuest, Canada.
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2017, September 15). *www.dibk.no*. Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK 17): <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-4/>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2019, 1 29). Hentet fra <https://dibk.no/globalassets/byggteknisk-forskrift-tek17/byggteknisk-forskrift-tek17-med-veiledning.-lastet-ned-januar-2019.-direktoratet-for-byggkvalitet.pdf>
- Energigården - Senter for bioenergi. (2019, Mai). *www.energigården.no*. Hentet fra Sol: <http://www.energigarden.no/om-annen-fornybar-energi/andre-fornybare-energikilder/sol/>
- Energigården, S. f. (u.d.). *Om bioenergi*. <http://www.energigarden.no/om-bioenergi-2/>.
- Energiverket. (2019). *www.energiverket.no*. Hentet fra Hva er en bergvarmepumpe?: <https://www.energiverket.no/hva-er-en-bergvarmepumpe/>
- Energiverket. (2019, Mai). *www.energiverket.no*. Hentet fra En energibrønn kan varme deg i 100 år: <https://www.energiverket.no/en-energibrønn-varmer-100-ar/>
- Engineering Toolbox. (2009). *www.engineeringtoolbox.no*. Hentet fra Windpower: [https://www.engineeringtoolbox.com/wind-power-d\\_1214.html](https://www.engineeringtoolbox.com/wind-power-d_1214.html)
- Enova. (2016, 12 27). Hentet fra <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/solfanger-/>
- Enova. (2016, Desember 27). *www.enova.no*. Hentet fra Væske-til-vann-varmepumpe: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/vaske-til-vann-varmepumpe-/>
- ETA Energi. (2011). *Potensial for reduksjon og omlegging av energibrik i Tysvær kommunes bygg og anlegg*. 5501: Tysvær kommune.
- Fagbladet. (2016). Solenergi krever sikkerhet.
- Fusen. (2019, Februar). Hentet fra <https://blogg.fusen.no/solceller-for-naeringsbygg-og-offentlige-bygg>
- Gule Sider. (2019, Mars 22). *www.kart.gulesider.no*. Hentet fra <https://kart.gulesider.no/?c=59.423541,5.443608&z=16&l=aerial&mode=route&r=>

- car:F00;-  
1;59.420828;5.44879;R%C3%A5dhusvegen;59.423961;5.442524;R%C3%A5dhus  
vegen&q=%22aksdal%22;geo
- Haugaland Kraft. (2019). Hentet fra <https://solkraft.hkraft.no/plusskundeordning/>
- Hilmo, B., Skarphagen, H., & Morland, G. (1998). *www.ngu.no*. Hentet fra Grunnvarme -  
en energikilde for framtiden:  
<https://www.ngu.no/FileArchive/aarsrapp98/rappnor.98/grunnv.htm>
- Hirth, M. L. (2016, 2 11). *Sysla, Grønn*. Hentet fra <https://sysla.no/gronn/avfall-skal-bli-til-nye-solceller/>
- Husbanken. (2018, August 14). *www.husbanken.no*. Hentet fra Hva er et passivhus:  
<https://www.husbanken.no/bolig-og-byggkvalitet/hva-er-et-passivhus/>
- Joyse. (u.d.). *Solar Collector*. Britannica ImageQuest, South Australia.
- Kartdata. (2019). *www.google.com/maps*. Hentet fra Tysvær:  
<https://www.google.com/maps/place/Tysv%C3%A6r/@59.3773435,5.3495225,11z/data=!4m5!3m4!1s0x463c7b1a9034800f:0x903aa7890ecf4217!8m2!3d59.3741884!4d5.6212206>
- Kjeller Vindteknikk. (2009, August 31). *www.nve.no*. Hentet fra Vindkart for Norge:  
[https://www.nve.no/media/2462/vind\\_80m\\_kartbok1a\\_4140.pdf](https://www.nve.no/media/2462/vind_80m_kartbok1a_4140.pdf)
- Library, S. P. (u.d.). Energy sources, artwork. *Energy sources, artwork*. Britannica ImageQuest.
- Library, S. P. (u.d.). *Wind turbines*. Britannica ImageQuest, Canada.
- Lindahl, H., & E. Orsten Kristiansen, T. (2017, 5 11). *Framtiden*. Hentet fra  
<https://www.framtiden.no/myteknusing/ikke-nok-sol-til-solceller-i-norge.html>
- LOS. (2019, Mars 22). *www.los.no*. Hentet fra Dagens strømpris:  
<https://www.los.no/strom/dagens-strompris/>
- Lovdata. (2010, Juni 01). *Lovdata*. Hentet fra Plan- og bygningsloven:  
[https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL\\_1#KAPITTEL\\_1](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1)
- Lovdata. (2018, Januar 01). *www.lovdata.no*. Hentet fra Vannressursloven:  
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>
- Lovdata. (2019, Januar 01). *Lovdata*. Hentet fra Energiloven:  
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50>
- Lovdata. (2019, Januar 01). *Lovdata*. Hentet fra Energilovforskriften:  
[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-12-07-959#KAPITTEL\\_5](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-12-07-959#KAPITTEL_5)
- Megasol. (2019, Februar). Hentet fra Solceller av høy kvalitet:  
[https://nte.pameldingssystem.no/auto/1/H%C3%B8yeffekts-Solcellemodul\\_V17-web%20NO..pdf](https://nte.pameldingssystem.no/auto/1/H%C3%B8yeffekts-Solcellemodul_V17-web%20NO..pdf)
- Multiconsult. (2013). *www.enova.no*. Hentet fra Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013:  
[https://www.enova.no/upload\\_images/9EF9602A2B454C008F472DF2A98F6737.pdf](https://www.enova.no/upload_images/9EF9602A2B454C008F472DF2A98F6737.pdf)
- Nadler, E., & Kindersley, D. (u.d.). Man in blue overalls running with red bucket full of water. *Britannica ImageQuest*. DK Images.
- NGU. (2015, Januar 09). *www.ngu.no*. Hentet fra Grunnvarme:  
<https://www.ngu.no/emne/grunnvarme>
- Nilsen, J. (2016, April 13). Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/sa-lang-tid-tar-det-for-et-solcellepanel-tjener-inn-seg-selv/346288>
- Norges Geologiske undersøkelse. (2015, Januar 20). *www.ngu.no*. Hentet fra Hvor dypt er det ned til fast fjell?: <https://www.ngu.no/blogg/hvor-dypt-er-det-ned-til-fast-fjell>
- Norges Geologiske undersøkelse. (2019). *www.geo.ngu.no*. Hentet fra Granada - Nasjonal grunnvannsdatabase: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>



- Norges Vassdrag- og Energidirektorat. (2015, September 24). *www.nve.no*. Hentet fra Konesjonssak:  
<https://www.nve.no/konesjonssaker/konesjonssak?id=14&type=A-1,A-6>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2009, August 31). *Norges vassdrags- og energidirektorat*. Hentet fra Vindkart for Norge:  
[https://www.nve.no/media/2462/vind\\_80m\\_kartbok1a\\_4140.pdf](https://www.nve.no/media/2462/vind_80m_kartbok1a_4140.pdf)
- NorgesGeologiskeUndersøkelse. (2018, Mars 27). *www.ngu.no*. Hentet fra Energibronn:  
<https://www.ngu.no/grunnvanninorge/bore-en-bronn/energibronn>
- NorgesGeologiskeUndersøkelse. (2018, Mars 27). *www.ngu.no*. Hentet fra Åpne systemer:  
<https://www.ngu.no/grunnvanninorge/bore-en-bronn/energibronn/apne-systemer>
- NorgesGeologiskeUndersøkelser. (2018, April 04). *www.ngu.no*. Hentet fra Lukkede systemer: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/bore-en-bronn/energibronn/lukkede%20systemer>
- Norsk solenergiforening. (2019, Mars 28). *www.solenergi.no*. Hentet fra Solceller:  
<https://www.solenergi.no/solstrm>
- Norsk solenergiforening. (2019, Februar). *www.solenergi.no*. Hentet fra  
<https://www.solenergi.no/solstrm>
- Norsk solenergiforening. (2019, Februar). *www.solenergi.no*. Hentet fra Solvarme:  
<https://www.solenergi.no/solvarme>
- Norsk Solenergiforening. (2019, Februar). *www.solenergi.no*. Hentet fra Om solenergi:  
<https://www.solenergi.no/solstrm>
- Norsk Vind Energi. (2019). *www.vindenergi.no*. Hentet fra Vind og miljø:  
<https://www.vindenergi.no/vind-og-energi>
- NVE. (2015). Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015\\_02a.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_02a.pdf)
- NVE. (2015, Februar). *www.publikasjoner.nve.no*. Hentet fra Kostnader i energisektoren:  
[http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015\\_02a.pdf?fbclid=IwAR2bwJN bPFVfx7ObKe8iGDINcgyPmtZ4hvT8lwdy8BkdWTpJLEkED5HWsOY](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_02a.pdf?fbclid=IwAR2bwJN bPFVfx7ObKe8iGDINcgyPmtZ4hvT8lwdy8BkdWTpJLEkED5HWsOY)
- NVE. (2019, April 23). *www.nve.no*. Hentet fra Konesjonsbehandling av vindkraftutbygging - Lover og regler:  
<https://www.nve.no/konesjonssaker/konesjonsbehandling-av-vindkraftutbygging/lover-og-regler/>
- NVE. (2019, April 24). *www.nve.no*. Hentet fra Solenergi:  
[https://www.nve.no/energiforsyning/solenergi/?ref=mainmenu&fbclid=IwAR2zj\\_o sDvxEAh0\\_wGe8lJDMrkb7hcEWvB-1u-8WhMsAEZ7GdItP9IGKZuQ](https://www.nve.no/energiforsyning/solenergi/?ref=mainmenu&fbclid=IwAR2zj_o sDvxEAh0_wGe8lJDMrkb7hcEWvB-1u-8WhMsAEZ7GdItP9IGKZuQ)
- Otovo. (2019, Mai). *www.otovo.no*. Hentet fra Når lønner det seg med solceller?:  
<https://www.otovo.no/a/nar-lonner-det-seg-med-solceller/>
- Ramstad, R. K. (2011). *Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial*.  
[http://publikasjoner.nve.no/oppdragsrapportA/2011/oppdragsrapportA2011\\_05.pdf](http://publikasjoner.nve.no/oppdragsrapportA/2011/oppdragsrapportA2011_05.pdf), hentet fra side 41: NVE.
- Ramstad, R. K. (2017, Oktober 26). *www.energi.tekna.no*. Hentet fra Energibronner som varmekilde for varmepumper - Har kuldebransjen noe å lære her?:  
[https://energi.tekna.no/wp-content/uploads/2017/10/Energibr%C3%B8nner\\_Norsk\\_Kj%C3%B8leteknisk\\_Forening\\_26.10.20171.pdf](https://energi.tekna.no/wp-content/uploads/2017/10/Energibr%C3%B8nner_Norsk_Kj%C3%B8leteknisk_Forening_26.10.20171.pdf)
- Regjeringen. (2009, April 27). *www.regjeringen.no*. Hentet fra §12-12. Vedtak av reguleringsplan:  
[https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger\\_brosjyrer/2009/lov-kommentar-til-plandelen-i-kapittel-12-reguleringsplan/-12-12-vedtak-av-reguleringsplan/id556804/](https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger_brosjyrer/2009/lov-kommentar-til-plandelen-i-kapittel-12-reguleringsplan/-12-12-vedtak-av-reguleringsplan/id556804/)
- Rosvold, K. (2017, 10 30). *Snl*. Hentet fra <https://snl.no/solceller>

- Skeie, P., & Kolstad, E. (2019). *Suncurves*. Hentet fra <http://suncurves.com/no/v/17653/>
- SNL. (2018, August 06). *Store norske leksikon*. Hentet fra Plusshus: <https://snl.no/plusshus>
- Statistisk sentralbyrå. (2019, Februar 25). Hentet fra <https://www.ssb.no/elkraftpris>
- Strømberg, C. (2019, April 02). *www.strømløs.no*. Hentet fra IBC SoloSol 155W CS4: <https://xn--strmls-dyac.no/solkraft/solcellepanel/ibc-solosol-155w-cs4.html>
- Suncurves AS. (2019, Mars 28). *www.suncurves.com*. Hentet fra Analyse av solforhold: <http://suncurves.com/no/v/17653/>
- Svorka. (2018, Desember 18). Hentet fra <https://svorka.no/stromprisene-2018-og-2019/>
- Teknologirådet. (2017, 5 11). Hentet fra <https://teknologiradet.no/en/the-solar-revolution-and-what-it-can-mean-for-norway/>
- Teknologirådet. (2017, 5 11). Hentet fra <https://teknologiradet.no/en/the-solar-revolution-and-what-it-can-mean-for-norway/>
- Teknologirådet. (2017, 5 11). *www.teknologiradet.no*. Hentet fra The solar revolution and what it can mean for Norway: <https://teknologiradet.no/en/the-solar-revolution-and-what-it-can-mean-for-norway/>
- The Open University. (2012). *Renewable Energy*. Oxford University Press.
- Tysvær kommune. (2009). *Energiutgreiing Tysvær kommune*. Hentet fra <https://docplayer.me/24035251-Energiutgreiing-tysvaer-kommune.html>
- Tysvær kommune. (2009). *Energiutgreiing Tysvær kommune*. Hentet fra Energi fleksible løysingar : <https://docplayer.me/24035251-Energiutgreiing-tysvaer-kommune.html>
- Tysvær Kommune. (2011, Januar 4).
- Tysvær kommune. (2011). *www.docplayer.me*. Hentet fra Energi- og klimaplan Tysvær kommune: <https://docplayer.me/17513401-Energi-og-klimaplan-tysvaer-kommune-2012-2017.html>
- Tysvær kommune. (2018, 4 4). Hentet fra <https://www.tysver.kommune.no/images/filer/Teknisk/hoyringar/Aksdal/planomtale-aksdal-min.pdf>
- Tysvær Kommune. (2019, April 03). *www.tysver.kommune.no*. Hentet fra Godkjent områdereguleringsplan for Aksdal: <https://www.tysver.kommune.no/kunngjeringar-hoyringar/kunngjeringar-hoyringar/godkjent-omradereguleringsplan-aksdal-2>
- Tysvær kommunestyret. (2011). Hentet fra <https://www.tysver.kommune.no/images/filer/Teknisk/Div/Energi--og-klimaplan-endeleg-versjon-2011.pdf>
- Tysvær kommunestyret. (2011). Hentet fra <https://www.tysver.kommune.no/images/filer/Teknisk/Div/Energi--og-klimaplan-endeleg-versjon-2011.pdf>
- UN environment, International Resource Panel. (2016). *Green Energy Choices: the benefits, risks and trade-offs of low-carbon technologies for electricity production*. Tabell hentet fra side 449: International Resource Panel. Hentet fra Side 449.
- UN environment, International Resource Panel. (2016). *www.resourcepanel.org*. Hentet fra Green Energy Choices: the Benefits, Risks and Trade-Offs of Low-Carbon Technologies for Electricity Production: <http://www.resourcepanel.org/reports/green-energy-choices-benefits-risks-and-trade-offs-low-carbon-technologies-electricity>
- UngEnergi. (2016, 8 22). *Ungenergi*. Hentet fra <http://ungenergi.no/energikilder/solenergi/solfanger/>
- UngEnergi. (2017, Juni 29). Hentet fra Pumpekraft: <http://ungenergi.no/energikilder/hav-og-vannkraft/pumpekraft/>
- UngEnergi. (2017, Juli 12). *UngEnergi*. Hentet fra Hva er vindkraft: <http://ungenergi.no/energikilder/vindkraft/hva-er-vindkraft/>

- UngEnergi. (2018, Juli 2). *Ungenergi*. Hentet fra <http://ungenergi.no/energikilder/solenergi/solceller/>
- UngEnergi. (2018, Juni 18). *UngEnergi.no*. Hentet fra Hva er geotermisk energi: <http://ungenergi.no/energikilder/geotermisk-energi/hva-er-geotermisk-energi/>
- UngEnergi. (2018, Juli 24). *www.ungenergi.no*. Hentet fra Hva er bioenergi: <http://ungenergi.no/energikilder/bioenergi/hva-er-bioenergi/>
- Vaillant. (2019, Mai). *www.vaillant.info*. Hentet fra Solar thermal heating: <https://www.vaillant.info/customers/advice-knowledge/how-different-technologies-work/solar-thermal-heating/>
- Varmepumpeinfo. (2018, November 09). *www.varmepumpeinfo.no*. Hentet fra Bergvarme som energikilde: <https://www.varmepumpeinfo.no/energikilder-for-varmepumper/bergvarme>
- Vindportalen - informasjonssiden om vindkraft. (2019, Februar 16). *Vindportalen - informasjonssiden om vindkraft*. Hentet fra Økonomi: <https://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/OEkonomi>
- Vindportalen - informasjonssiden om vindkraft. (2019, Mars 22). *www.vindportalen.no*. Hentet fra Økonomi: <https://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/OEkonomi>
- Vindportalen. (2019, Februar 16). *Vindportalen*. Hentet fra Lover og forskrifter: <https://www.vindportalen.no/index.php/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Lover-og-forskrifter>
- Vindportalen. (2019, Mars 21). *Vindportalen - informasjonssiden om vindkraft*. Hentet fra Kostnader og investering: <https://www.vindportalen.no/index.php/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/OEkonomi/Kostnader-og-investering>
- Vindportalen. (2019, Februar 16). *www.vindportalen.no*. Hentet fra Valg av lokasjon: <https://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Vindkraft/Vindkraftverk/Valg-av-lokasjon>
- Vindportalen. (2019). *www.vindportalen.no*. Hentet fra Vindturbinens virkningsgrad: <https://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Vindkraft/Vindfysikk/Vindenergi/Vindturbinenes-virkningsgrad>
- Vindportalen. (2019). *www.vindportalen.no*. Hentet fra Brukstid og kapasitetsfaktor: <https://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Vindkraft/Vindfysikk/Vindenergi/Brukstid-og-kapasitetsfaktor>


## Vedlegg

### Vedlegg A:

Her finnes informasjonen om de nevnte brønnene i området rundt Aksdal sentrum, totalt fem brønner hentet fra Grunnvannsdaten.

Vedlegg A1:

&lt;Informasjon om brønn 93466, hentet fra Grunnvannsdatenbanken&gt;


PDF generert: 2019-05-02

## GRUNNVANNSDATABASEN

### Fjellbrønn nr. 93466

**LOKALISERING**

Fylke	: Rogaland
Kommune	: Tysvær (1146)
UTM sone	: 32 V
Kartblad (1:50 000)	: Haugesund (1113-1)
ØV-koordinater	: 297973.00
NS-koordinater	: 6592782.00
Stedfestningsmetode	: Digitalisert på skjerm fra andre digitale rasterdata
Stedfestingsnøyaktighet	: 2000 cm

**BRØNNPARAMETERE**

Totalt dyp av brønn	: 240.00 m
Dyp til fjell	: 2.50 m
Vannføring (for trykking / sprengning)	:
Stabil vannstand (etter boring målt fra overflaten)	:
Boredato	: 29.02.2016
Brukstype	: Energi
Bruk	: Starre anlegg
Borediameter	: 115 mm
Forings- / brønnmateriale	: Stål
Forings- / brønnlengde	: 3.00 m
Boring	: Loddrett

---

**ANNEN INFORMASJON**

Borefirma	: Ser-Norsk Brønnboring AS
Egen brønn-ID	:

---

**KOMMENTAR**

Montert spritfylt kollektor.

---

**BRØNNLAG (FJELLBRØNN)**

Dyp fra overflaten (meter)

FRA	TIL	EVT. VANNINNSLAG	SLAMFARGE	BERGART	ANDRE OPPLYSNINGER
0.00	2.50				Fyllmasser, stein.
160.00	240.00				Lyst grått, hardt fjell.
2.50	3.00				Innboring i fjell.
3.00	160.00				Grått fjell.

---

**SPRENGNING / TRYKKING**

Ingen

---

**MÅLINGER**

Ingen

---


**GRUNNVANNSRAPPORTER**

Ingen

© 2019 | NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE | TLF: +47 73 90 40 00 | WWW.NGUND

Vedlegg A2:

&lt;Informasjon om brønn 93465, hentet fra Grunnvannsdatabasen&gt;


PDF generert: 2019-05-02

## GRUNNVANNSDATABASEN

### Fjellbrønn nr. 93465

#### LOKALISERING

Fylke	: Rogaland
Kommune	: Tysvær (1146)
UTM sone	: 32 V
Kartblad (1:50 000)	: Haugesund (1113-1)
ØV-koordinater	: 298004.00
NS-koordinater	: 6592788.00
Stedfestningsmetode	: Digitalisert på skjerm fra andre digitale rasterdata
Stedfestningsnøyaktighet	: 2000 cm

#### BRØNNPARAMETERE

Totalt dyp av brønn	:
Dyp til fjell	: 2.50 m
Vannføring (for trykking / sprengning)	:
Stabil vannstand (etter boring målt fra overflaten)	:
Boredato	: 01.03.2016
Brukstype	: Energi
Bruk	: Større anlegg
Borediameter	: 115 mm
Forings- / brønnrørmateriale	: Stål
Forings- / brønnrørlengde	: 3.00 m
Boring	: Loddrett

---

#### ANNEN INFORMASJON

Borefirma	: Ser-Norsk Brønnboring AS
Egen brønn-ID	:

---

#### KOMMENTAR

Montert spritfylt kollektor.

---

#### BRØNNLAG (FJELLBRØNN)

Dyp fra overflaten (meter)

FRA	TIL	EVT. VANNINNSLAG	SLAMFARGE	BERGART	ANDRE OPPLYSNINGER
0.00	2.50				Fyllmasser, stein.
180.00	240.00				Grått, hardt fjell.
2.50	3.00				Innboring i fjell.
3.00	180.00				Grått fjell.

---

#### SPRENGNING / TRYKKING

Ingen

---

#### MÅLINGER

Ingen

---


#### GRUNNVANNSRAPPORTER

Ingen

© 2019 | NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE | TLF: +47 73 90 40 00 | WWW.NGUND


Vedlegg A3:

&lt;Informasjon om brønn 93467, hentet fra Grunnvannsdatenbanken&gt;

GRUNNVANNSDATABASEN					
 <span style="float: right;">PDF generert: 2019-05-02</span>					
<b>Fjellbrønn nr. 93467</b>					
<b>LOKALISERING</b>					
Fylke	: Rogaland				
Kommune	: Tysvær (1146)				
UTM sone	: 32 V				
Kartblad (1:50 000)	: Haugesund (1113-1)				
ØV-koordinater	: 297949.00				
NS-koordinater	: 6592780.00				
Stedfestningsmetode	: Digitalisert på skjerm fra andre digitale rasterdata				
Stedfestingsnøyaktighet	: 2000 cm				
<b>BRØNNPARAMETERE</b>					
Totalt dyp av brønn	: 240.00 m				
Dyp til fjell	: 2.50 m				
Vannføring (for trykking / sprengning)	:				
Stabil vannstand (etter boring målt fra overflaten)	:				
Boredato	: 23.02.2016				
Brukstype	: Energi				
Bruk	: Starre anlegg				
Borediameter	: 115 mm				
Forings- / brønnmateriale	: Stål				
Forings- / brønnrørlengde	: 3.00 m				
Boring	: Loddrett				
<b>ANNEN INFORMASJON</b>					
Borefirma	: Ser-Norsk Brønnboring AS				
Egen brønn-ID	:				
<b>KOMMENTAR</b>					
Montert spritfylt kollektor.					
<b>BRØNNLAG (FJELLBRØNN)</b>					
Dyp fra overflaten (meter)					
FRA	TIL	EVT. VANNINNSLAG	SLAMFARGE	BERGART	ANDRE OPPLYSNINGER
0.00	2.50				Steinfylling.
120.00	240.00				Grått, hardt fjell.
2.50	3.00				Innboring i fjell.
3.00	120.00				Mørkere, grått fjell.
<b>SPRENGNING / TRYKKING</b>					
Ingen					
<b>MÅLINGER</b>					
Ingen					
<b>GRUNNVANNSRAPPORTER</b>					
Ingen					

Vedlegg A4:

&lt;Informasjon om brønn 21501, hentet fra Grunnvannsdatabasen&gt;


PDF generert: 2019-05-02

## GRUNNVANNSDATABASEN

### Fjellbrønn nr. 21501

**LOKALISERING**

Fylke	: Rogaland
Kommune	: Tysvær (1146)
UTM sone	: 32 V
Kartblad (1:50 000)	: Haugesund (1113-1)
ØN-koordinater	: 298929.00
NS-koordinater	: 6592803.00
Stedfestningsmetode	: Digitalisert på skjerm fra andre digitale rasterdata
Stedfestingsnøyaktighet	: Ukjent

**BRØNNPARAMETERE**

Totalt dyp av brønn	: 89.00 m
Dyp til fjell	: 0.50 m
Vannføring (for trykking / sprengning)	: 500.00 l/time
Stabil vannstand (etter boring målt fra overflaten)	:
Boredato	: 01.04.1968
Brukstype	: Vannforsyning
Bruk	: Ukjent
Borediameter	:
Forings- / brønnmateriale	: Rustfritt stål
Forings- / brønnrelengde	:
Boring	:

---

**ANNEN INFORMASJON**

Borefirma	: Hallingdal Bergboring AS
Egen brønn-ID	:

---

**KOMMENTAR**

Antall bergart (angitt av brønnborer): Ks Bunngneis.

---

**BRØNNLAG (FJELLBRØNN)**

Dyp fra overflaten (meter)

FRA	TIL	EVT. VANNINNSLAG SLAMFARGE BERGART ANDRE OPPLYSNINGER
0.50	32.00	
32.00	87.00	

---

**SPRENGNING / TRYKKING**

Ingen

---

**MÅLINGER**

Ingen

---

**GRUNNVANNSRAPPORTER**


Ingen

© 2019 | NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE | TLF: +47 75 90 40 00 | WWW.NG.UO



Vedlegg A5:

&lt;Informasjon om brønn 6099, hentet fra Grunnvannsdatabasen&gt;

 NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
•••••

PDF generert: 2019-05-02

## GRUNNVANNSDATABASEN

### Fjellbrønn nr. 6099

#### LOKALISERING

Fylke	: Rogaland
Kommune	: Tysvær (1146)
UTM sone	: 32 V
Kartblad (1:50 000)	: Haugesund (1113-1)
ØN-koordinater	: 299219.00
NS-koordinater	: 6593193.00
Stedfestningsmetode	: Digitalisert på skjerm fra andre digitale rasterdata
Stedfestningsnøyaktighet	: Ukjent

#### BRØNNPARAMETERE

Totalt dyp av brønn	: 61.00 m
Dyp til fjell	: 1.00 m
Vannføring (for trykking / sprengning)	: 500.00 l/time
Stabil vannstand (etter boring målt fra overflaten)	:
Boredato	: 01.01.1963
Brukstype	: Vannforsyning
Bruk	: Ukjent
Borediameter	:
Forings- / brønnrørmateriale	: Rustfritt stål
Forings- / brønnrørlengde	:
Boring	: Loddrett

#### ANNEN INFORMASJON

Borefirma	: Ukjent
Egen brønn-ID	:

#### KOMMENTAR

Data fra arkiv bore 6099 - b36v - 73 periode: vannstand målt etter prøvepumping: 0.

#### BRØNNLAG (FJELLBRØNN)

Dyp fra overflaten (meter)

FRA	TIL	EVT. VANNINNSLAG	SLAMFARGE	BERGART	ANDRE OPPLYSNINGER
1.00	0.00				

#### SPRENGNING / TRYKKING

Ingen

#### MÅLINGER

Ingen

#### GRUNNVANNSRAPPORTER

Ingen

© 2019 | NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE | TLF: +47 73 90 40 00 | WWW.NG.UO

## Vedlegg B:

<Oversikt over påvirkning på miljø og helse ved strømproduksjon fra fossile og fornybare alternativer>

Summary of the impacts of low carbon technologies for electricity generation on climate, human health, ecosystems and resources, comparing state-of-the-art power plants at well-suited locations. The reference is the current global mix, which has high impacts compared to the levels indicated in this table.

	Climate	Human health	Ecosystem health	Resources
Wind	Low GHG (++)	Reduced particulate exposure (++) Potentially reduced human toxicity (--)	Bird and bat collisions (+=) Low ecotoxicity and eutrophication (=-)	High metal consumption (+=) Low water use and direct land use (==)
PV	Low GHG (==)	Low PM (+=) Low HT (=-)	Low eutrophication and ecotoxicity (+-)	High metal use (+=) High direct land use for ground-based systems (++)
CSP	Low GHG (==)	Low PM (=-) Low HT (=-)	Concern about heat transfer fluid (+=) Low eutrophication and ecotoxicity (+-)	High water use (++) High land use (++)
Hydropower	Low fossil GHG (++) High biogenic GHG from some dams (==)	Low air pollution impacts (=-)	Riparian habitat change (reservoir and downstream) (++)	Water use due to evaporation (+-) Land use for reservoirs (+=)
Geothermal power	Low fossil GHG (+-) Geogenic GHG for some types (+=)	Air and water pollution from geofluid flow in some sites (=-)	Aquatic habitat change/pollution (+=)	Cooling water use (+=)
Gas CCS Coal CCS	Low GHG (++); substantial fugitive methane emissions (==) Concern about CO <sub>2</sub> leakage (=-)	Solvent-related emissions (==), high PM (==), high HT (++)	High eutrophication (++) and ecotoxicity (+=)	Increased fossil fuel consumption (++); limited CO <sub>2</sub> storage volume (++)

Key to the assessment (##). First symbol: + high agreement among studies, = moderate agreement, - low agreement Second symbol: + robust evidence (many studies), = medium evidence, - limited evidence

Tabell 7: Oversikt over påvirkning på miljø og helse ved strømproduksjon fra fossile og fornybare alternativer. (UN environment, International Resource Panel, 2016)

## Forkortelser:

PV – photovoltaic power

CSP – Concentrating solar power

CCS – Carbon capture and storage

Vedlegg C:

<Dataark for valgs solcellepanel for utregning av LCOE, IBC SoloSol 155 CS4>

Smart Systems  
for Solar Power



-  25 year power and 10 year product warranty<sup>1</sup>
-  Positive power tolerance (-0/+5 Wp)
-  Increased mechanical stability (5400 Pa)<sup>2</sup>
-  German warrantor
-  100% tested quality
-  Maximum transparent ARC glass

**IBC SOLAR – your partner for energy solutions**

IBC SOLAR AG has had a successful presence in the photovoltaic market for **more than 35 years** and is one of the leading international energy companies providing high-performance system solutions in every size and for every application with intelligent photovoltaic systems. The **economic strength and financial independence** is confirmed by globally recognised rating agencies.

Smart Systems for Solar Power thanks to perfectly matched components. **More than 1,000 highly qualified partners** around the world, as well as **more than 3,000 megawatts of installed power**, which supply **around 2 million people with solar power**, underline the high level of expertise of IBC SOLAR.

IBC SOLAR – leading PV system integrator from Germany since 1982!

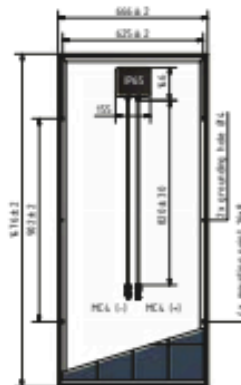


The ideal solution for:



**TECHNICAL DATA**

IBC SoloSol		155 CS4	
Article number	2203800021 2203800025		
<b>Electrical data (STC):</b>			
STC Power P <sub>max</sub> (W <sub>p</sub> )	155		
STC Nominal Voltage U <sub>mpp</sub> (V)	18.33		
STC Nominal Current I <sub>mpp</sub> (A)	8.19		
STC Open Circuit Voltage U <sub>oc</sub> (V)	24.08		
STC Short Circuit Current I <sub>sc</sub> (A)	8.6		
Module Efficiency (%)	15.7		
Power Tolerance (W <sub>p</sub> )	-0/+5		
<b>Electrical data (NOCT):</b>			
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM 1.5 Power P <sub>max</sub> (W <sub>p</sub> )	115.84		
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM 1.5 Nominal Voltage U <sub>mpp</sub> (V)	17.04		
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM 1.5 Open Circuit Voltage U <sub>oc</sub> (V)	22.43		
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM 1.5 Short Circuit Current I <sub>sc</sub> (A)	7.75		
Relative Efficiency Reduction at 200 W/m <sup>2</sup> (%)	4.3		
<b>Temperature coefficient:</b>			
NOCT (°C)	46		
Tempcoeff I <sub>sc</sub> (%/°C)	+0.044		
Tempcoeff V <sub>oc</sub> (mV/°C)	-76.33		
Tempcoeff P <sub>mp</sub> (%/°C)	-0.423		
<b>Operating conditions:</b>			
Max. System Voltage (V)	1000		
Application Class	A		
Reverse Current I <sub>r</sub> (A)	15		
Current value string fuse (A)	15		
Fuse protection from parallel strings	3		
<b>Mechanical properties:</b>			
Dimensions (L × W × H in mm)	1476 × 666 × 35		
Weight (kg)	12.5		
Load capacity (Pa) <sup>2)</sup>	5400		
Front sheet (mm)	3.2 (low-iron photovoltaic glass)		
Frame	anodized aluminium, sturdy hollow-chamber frame		
Cells	4 × 9 polycrystalline silicon cells		
Connection type	MC4 (IP65)		
<b>Warranties and certification:</b>			
Product warranty	10 years <sup>1)</sup>		
Power warranty	12 years 90%, 25 years 80% <sup>1)</sup>		
Certification	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001		
<b>Packaging information:</b>			
Number of modules per pallet	27		
Number of pallets per 40' container	45		
Dimensions incl. pallet (L × W × H in mm)	1550 × 1130 × 810		
Gross weight incl. pallet (kg)	353		
Stackability per pallet	2-fold		



Presented by:

<sup>1)</sup> The warranty presupposes installation in accordance with the valid installation instructions. Standard test conditions: 1000 W/m<sup>2</sup> irradiation with a spectral distribution of AM 1.5 and a cell temperature of 25°C, 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT. Information according to EN 60904-3 (STC). All values according to DIN EN 50380. The precise conditions and content can be taken from the respectively valid version of the product and power warranty, which you obtain from your IBC Premium Partner. Subject to errors and modifications.

<sup>2)</sup> Tested according to IEC 61215 for snow loads up to 5400Pa (5.4 kN/m<sup>2</sup>).