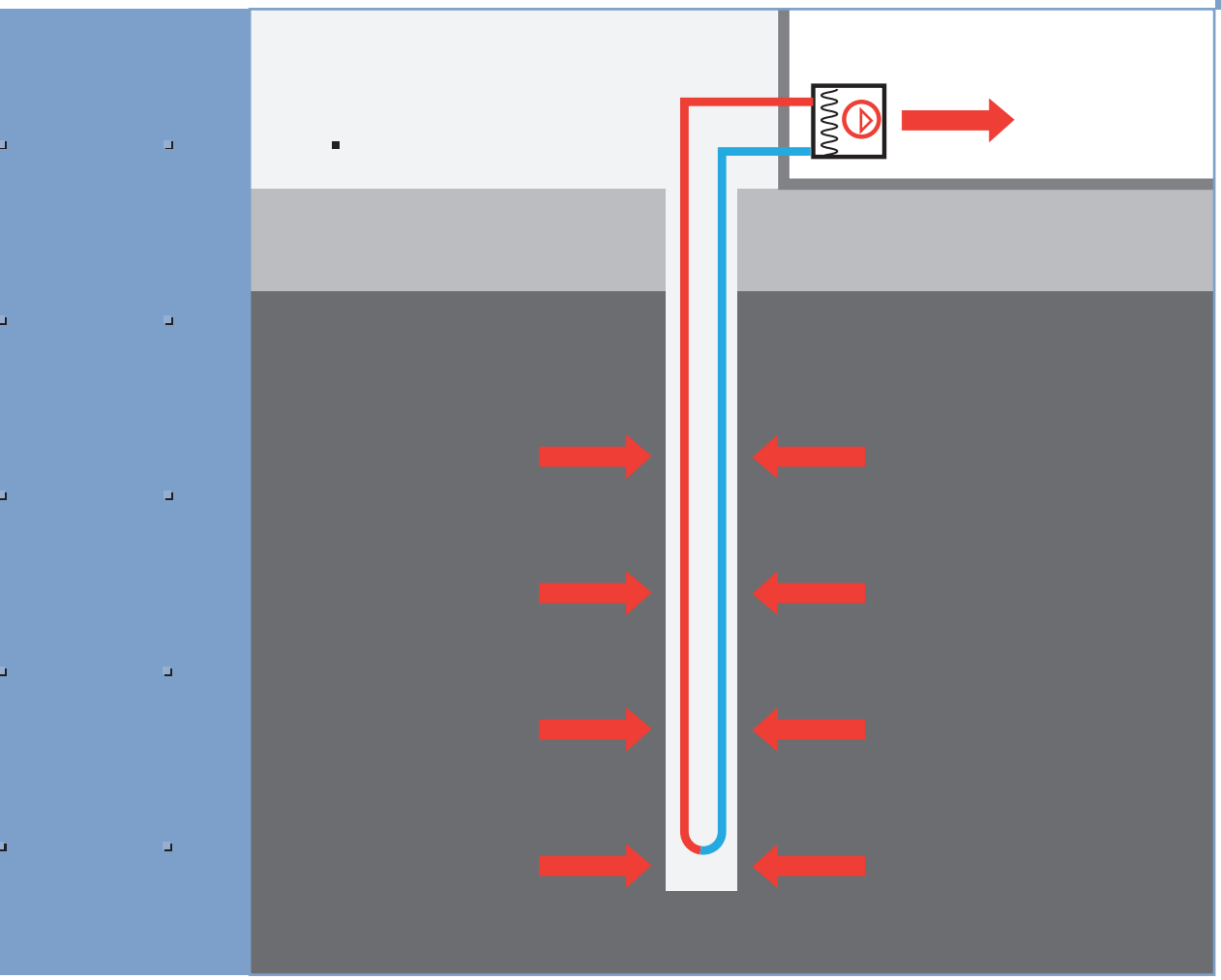
Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial

Randi Kalskin Ramstad, Asplan viak

5
2011



OPPDRAGSRAPPORT A

Grunnvarme i Norge - kartlegging av økonomisk potensial

Norges vassdrags- og energidirektorat

2011

Rapport nr 5/2011

Grunnvarme i Norge - kartlegging av økonomisk potensial

Oppdragsgiver: NVE

Redaktør:

Forfatter: Randi Kalskin Ramstad, Asplan Viak

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 30
Forsidefoto:
ISSN: 1503-0318

Sammendrag:

Emneord: grunnvarme, energipotensial, varmepumpe

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

April 2011

Forord

På oppdrag for NVE har Asplan Viak gjennomført en undersøkelse av potensialet for uttak av grunnvarme i Norge. Randi Kalskin Ramstad har vært oppdragsleder for Asplan Viak. Frank Holmelid, Frank Haugan, Per Daniel Pedersen, Bernt Olav Hilmo, Lars Bugge, og Odd Bø har også deltatt i arbeidet. Xrgia AS har vært underleverandør for fremskrevet kjølebehov i 2030. SSB har bidratt med geografisk lokalisering av energibehov ved bruk av SSBs rutenettstatistikk for bygningsmasse i 2010.

NVEs kontaktperson for oppdraget har vært Knut Hofstad. Arbeidet ble utført i perioden oktober 2010 – mars 2011.

Bakgrunnen for oppdraget er NVEs arbeid med å kartlegge landets fornybare energiressurser. Regjeringen har fastsatt et samlet mål om 30 TWh økt fornybar energiproduksjon og energieffektivisering i 2016 i forhold til 2001. Ved siden av vannkraft, vindkraft og bioenergi kan grunnvarme spille en viktig rolle i å nå dette målet.

Undersøkelsen viser at potensialet for å bruke grunnvarme til oppvarmingsformål er betydelig. I praksis vil mulighetene for å bruke grunnvarme begrenses av allerede etablerte oppvarmingsløsninger som ikke uten videre kan erstattes av andre energiformer. Kostnadsmessige forhold spiller også en viktig rolle. Grunnvarme finnes stort sett overalt i Norge, men ikke alle steder er grunnforholdene lagt like godt til rette for å nyttiggjøre seg denne ressursen. Foreliggende rapport gir nødvendig bakgrunnsstoff for å bedømme grensen for hva som i praksis kan tas ut som grunnvarme.

Det er viktig at nye bygg utformes slik at de kan nyttiggjøre seg fremtidens energiformer. Her spiller kostnadsmessige forhold og tilgang på energiressurser en viktig rolle. Strategiske valg må gjøres nå og innenfor bygningssektoren kan dette få konsekvenser for oppvarmingsløsninger i 50 - 100 år framover. Det er derfor viktig at strategiske valg i størst mulig grad er basert på kunnskap og vi håper foreliggende rapport er et viktig bidrag til dette kunnskapsunderlaget.

Oslo, april 2011

Marit L. Fossdal

Marit Lundteigen Fossdal
avdelingsdirektør

Torodd Jensen
seksjonssjef

Innholdsfortegnelse

1 Sammendrag ... 6
2 Innledning ... 8
3 Grunnvarme i Norge ... 9
4 Grunnvarme – hva og hvordan? ... 10
4.1 Lukket anlegg ... 10
4.2 Åpent anlegg ... 11
4.3 Energilager ... 12
4.4 Anleggstype ikke omfattet av studien - jordvarme ... 14
5 Varme- og kjølebehov i 2030 ... 15
6 GIS-analyse av geologi og bygningsmasse ... 17
6.1 Geologi ... 17
6.2 Geografisk lokalisering av energibehov - SSBs rutenettstatistikk for bygninger ... 20
6.2.1 Tilordning av varme- og kjølebehov til bygninger ... 20
7 Kostnadsanalyse – spesifikke kostnader ... 24
7.1 Forutsetninger for analysen ... 24
7.2 Spørreundersøkelse ... 25
7.3 Sett med løsningsalternativer 1 – verifisering av kostnadstall ... 26
7.4 Sett med løsningsalternativer som grunnlag for kostnadskurver ... 28
7.5 Nasjonal og fylkesvise kostnadskurver ... 30
8 Usikkerheter og forslag til videre arbeid ... 33
8.1 Geologi ... 33
8.1.1 Berggrunnens varmeledningsevne, grunnens temperatur og grunnvannsstrømning ... 33
8.1.2 Geoklasse 1 og 2 ... 34
8.1.3 Geoklasse 3 og 4 ... 35
8.1.4 Andre typer anleggsløsninger ... 36
8.2 Varme- og kjølebehov ... 36
8.2.1 Geografisk lokalisering ... 36
8.2.2 Tilordning av varme- og kjølebehov ... 36

8.3 Kostnadsanalyse 37
8.4 Forslag til videre arbeid 37
8.4.1 Kartlegging av potensial for redusert effektbelastning 38
8.4.2 Metodisk videreutvikling på kommunenivå 38
8.4.3 Muligheter for bruk av grunnvarme til fjernvarme og nærvarme 39
9 Suksesskriterier for grunnvarme 40
9.1 Kunnskap, informasjon og veiledning 40
9.2 Høy investering, planlegging og tidsperspektiv 40
9.3 Sluttbetraktninger 41
10 Referanser 42

1 SAMMENDRAG

Alt varme- og kjølebehov i Norge kan dekkes av grunnvarmebaserte varmepumpeløsninger. Fremskrevet varme- og kjølebehov for 2030 er henholdsvis 52,7 og ca 2 TWh/år. Siden varmen hentes fra lagret solvarme i lokal berggrunn, grunnvann og jord, vil varmleveranse fra grunnvarmebaserte varmepumpesystemer redusere behovet for kjøpt energi med ca 70 %. Kjøleleveranser er enda gunstigere og reduserer behovet for kjøpt energi med mellom 75-98 %. Sammenlignet med elektrisk fyring vil en betydelig satsing på økt bruk av grunnvarme frigjøre elektrisk effekt, også på dager med ellers høy effektbelastning i strømnettet.

Grunnvarme kan i hovedsak utnyttes på to måter. Den vanligste, som kan etableres overalt og i alle størrelser, er energibrønn i fjell med lukket kollektorslangesystem. For middels til store anlegg i områder med sand- og grusavsetninger, vil bruk av grunnvann ha høyest lønnsomhet.

En kostnadsanalyse viser at enhetskostnader for grunnvarme ofte vil være økonomisk lønnsomt i forhold til konkurrerende teknologier. Lønnsomhet for grunnvarme øker med økende anleggsstørrelse, og anlegg med både varme- og kjøleleveranser kommer spesielt godt ut. Geologiske forhold i form av tykt løsmassedekke gir høyere investeringskostnader, men vil i de fleste tilfeller ikke være avgjørende for lønnsomheten. Andel av totalinvestering til borehull, inkludert fremføring til teknisk rom, øker med økende anleggsstørrelse.

Den nasjonale kostnadskurven viser at det først og fremst er anlegg for uttak av varme med enhetskostnader fra 46,2 øre/kWh og høyere som utgjør det store potensialet for grunnvarme. Husholdninger med bruk av små varmepumper har det største potensialet med til sammen ca 31,5 TWh/år fordelt med 22,2 TWh/år á 70,4 øre/kWh og 9,3 TWh/år á 83,1 øre/kWh for områder med henholdsvis tynt (geoklasse 3) og tykt løsmassedekke (geoklasse 4). Totalt potensial for næring og industri er ca 23 TWh/år hvorav ca 3,2 TWh/år kan dekkes av grunnvannsbaserte varmepumpeanlegg (geoklasse 1 og 2). Større anlegg, kombinasjon av varme- og kjølebehov, samt anlegg basert på energiuttak fra grunnvann gir grunnvarmeanlegg for næring og industri bedre lønnsomhet med enhetskostnader fra 24,6 til 52,7 øre/kWh.

Beregnede enhetskostnader er følsom for pris på elektrisitet. Siden en høy andel av levert energi er gratis, fører høyere pris på elektrisitet og andre konkurrerende energivarer til betydelig økt lønnsomhet for grunnvarme. I tillegg til forutsigbare driftskostnader, er lite vedlikehold, høy driftssikkerhet og bruk av lokal, fornybar og utslippsfri solvarme fra berggrunn, grunnvann og jord viktige plussfaktorer. Kostnadsanalysen legger til grunn en pris på 37 øre/kWh for elektrisk kraft, og inkluderer ikke installasjonskostnader for vannbårent varmedistribusjonssystem. For å beskrive ressursen, er grunnvarme satt til å dekke 100 % av varme- og kjølebehovet.

Kostnadsanalysen er basert på en omfattende GIS-analyse av geologiske forhold, statistikk over bygningsmasse, fremskrevet behov for varme og kjøling i 2030 og et sett med løsningsalternativer av grunnvarmeanlegg. Settet med løsningsalternativer belyser økonomiske forhold for ulike anleggsstørrelser og geologiske forhold. Løsningsalternativene er basert på en spørreundersøkelse som ga informasjon om økonomiske forhold for 46 grunnvarmeanlegg, samt et sett av modellerte alternativer for verifisering av resultatene i spørreundersøkelsen.

Siden grunnvarme er en lokal ressurs, har det vært nødvendig å gjøre en kartlegging av ressurs og behov for beregning av økonomisk potensial for grunnvarme på fylkesnivå og nasjonalt. Ved bruk av geologiske grunnlagsdata fra Norges geologiske undersøkelse og SSBs rutenettstatistikk (250×250m) for bygningsmasse i 2010, er det gjort en geografisk kobling mellom bygg med varme- og kjølebehov og geologiske forhold. Hovedkategoriene husholdning, næring og industri er deretter tildelt varme- og kjølebehov med tilhørende enhetskostnader for grunnvarme tilpasset byggtype og rådende geologiske forhold. Fylkesvise kart som viser geologisk egnethet relatert til enhetskostnader for ulike anleggsalternativer for grunnvarme, er tilrettelagt for publisering i Norge Digitalt.

Vannbåren varmedistribusjon i bygg er en forutsetning for å utnytte ressursen grunnvarme. Norsk bygningsmasse, og særlig husholdningssektoren som utgjør det største potensialet, er i liten grad tilrettelagt for bruk av grunnvarme i form av manglende vannbårent varmedistribusjonssystem. Frem mot 2030 vil nær 30 TWh av varmebehovet være for nye eller rehabiliterte bygg. Det bør derfor prioriteres at denne delen av bygningsmassen blir tilrettelagt for bruk av grunnvarme ved installasjon av vannbårent varmedistribusjonssystem.

Lite kunnskap, mangel på vannbårne varmedistribusjonssystemer, samt separate investerings- og driftsbudsjett sees på som de største barrierene for økt bruk av grunnvarme som langsiktig, driftssikker og helhetlig god varme- og kjøleløsning. De naturgitte forholdene for grunnvarme er minst like gode i Norge som i Sverige, hvor mer enn 300 000 boligeiere har installert grunnvarmeanlegg og over 30 000 gjør det hvert år. Sammenlignet med store deler av Europa kan norsk berggrunn betraktes som meget godt eller svært godt egnet for uttak av grunnvarme.

En vellykket og langsiktig satsning på grunnvarme for produksjon av varme- og kjøling innebærer blant annet styrking av alle deler av fagmiljøet, tilrettelegging av informasjon tilpasset ulike brukerbehov, og generell kunnskapsøkning om grunnvarme som teknologi.

Som oppfølgende studier foreslås:

- Utvikling av metodikk og kartlegging av potensial for bruk av grunnvarmebaserte varmepumper som effektreduserende tiltak i områder med anstrengt overføringskapasitet for elektrisk kraft.

- Videreutvikling av kartleggingsmetodikk på kommunenivå for systematisk tilrettelegging av informasjon tilpasset ulike brukerbehov.

- Kartlegging av muligheter for bruk av grunnvarme som grunnlast og/eller supplement til eksisterende og planlagte fjernvarmeanlegg med konsesjon.

2 INNLEDNING

NVE ønsket å kartlegge de nyttbare energiressursene for grunnvarme på tilsvarende måte som for vannkraft, vindkraft og bioenergi. Oppgaven med å kartlegge det økonomiske potensialet for grunnvarme omfatter både vurdering av geologi og økonomi:

- Geologi – systematisere eksisterende informasjon og utarbeide kart for områder:
    - Egnet for uttak av grunnvann (kan gi høye effekt- og energiuttak)
    - Med tynt løsmassedekke (rimelig boring)
    - Med tykt løsmassedekke (noe dyrere boring gir høyere investeringskostnader)

- Økonomisk potensial for grunnvarme
    - Geografisk lokalisering av varme- og kjølebehov.
    - Størrelse og fordeling av varme- og kjølebehov.
    - Kostnadstall for forskjellige typer grunnvarmeanlegg.
    - Utarbeide kostnadskurver basert på lokalisert varme- og kjølebehov og geologi.

3 GRUNNVARME I NORGE

I teorien kan hele landets behov til oppvarming og kjøling av bygninger dekkes ved bruk av lavtemperert grunnvarme. Det totale antall grunnvarmeanlegg i Norge er beregnet til 26 000 og mer en 90% av disse er borehullsbaserte grunnvarmeanlegg i fjell med lukket kollektor. Energiproduksjonen fra grunnvarmeanlegg er ca 3,5 TWh hvorav ca 2,5 TWh representerer netto energiuttak fra grunnen. Norge har noen av Europas største grunnvarmeanlegg, ca 350 større anlegg totalt (Midttømme et al., 2010). Mange av disse store anleggene driftes som sesongbaserte energilagre, og dekker store deler av brukerens varme- og kjølebehov. Av de største anleggene kan følgende nevnes: Akershus universitetssykehus, Nydalen Næringspark, Postens terminal på Lørenskog, Ikea Slependen og Ullevål stadion (borehullsbaserte energilagre i fjell), samt Oslo lufthavn Gardermoen (grunnvannsbasert energilager i løsmasser).

Begrensningene knyttet til bruk av grunnvarme er:

- Noe økte kostnader ved boring gjennom tykt løsmassedekke, men ofte ikke kritisk for anleggenes lønnsomhet. 26 % av bebygd areal i Norge er kartlagt med dybde til fjell mer enn 30 meter (geoklasse 4).

- Lite areal tilgjengelig i enkelte storbysentra.

Alternative løsninger (avsnitt 4.4) kan være aktuelt for områder hvor tykke løsmasser og lite tilgjengelig areal er utfordrende.

4 GRUNNVARME – HVA OG HVORDAN?

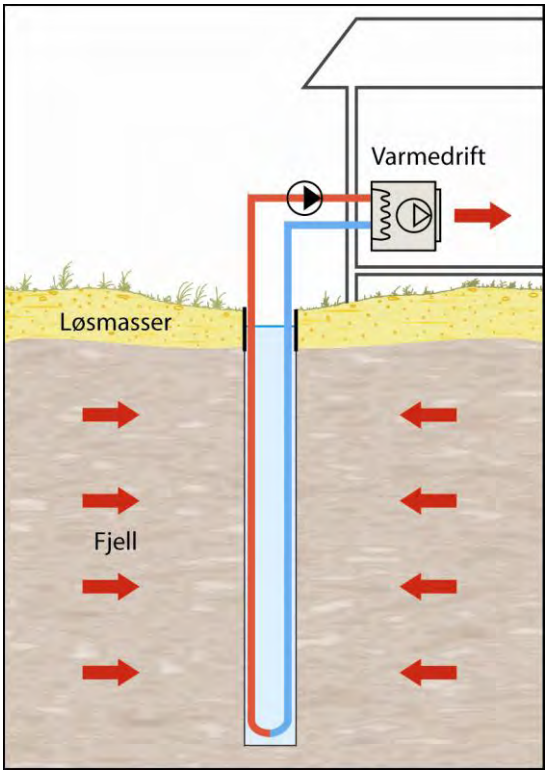
Grunnvarme er omgivelsesenergi lagret i jord, berggrunn eller grunnvann, og er i hovedsak lagret solenergi med et lite varmebidrag fra radioaktiv nedbryting av naturlig forekommende grunnstoffer i berggrunnen. Vanlige synonymer for grunnvarme er geoenergi, geo-energi, geovarme, lav-temperatur geotermisk energi, grunn geotermisk energi og jordvarme.

Borehull i fjell med lukket kollektor (avsnitt 4.1) og bruk av oppumpet grunnvann (avsnitt 4.2) er de vanligste måtene å utnytte grunnvarme på. I den formen vi snakker om her, grunnvarme ved utnyttelse av lave temperaturer fra grunnvann og borehull som er maksimalt 250 m dype, må man alltid bruke en væske-vann varmepumpe for å løfte temperaturen til ønsket distribusjonsnivå for romoppvarming og varmt tappevann. Den stabile temperaturen i fjellet og grunnvannet gjennom året gir gode driftsbetingelser for varmepumpen. Til forskjell fra luft-vann og luft-luft varmepumper opprettholdes effektytelsen fra grunnvann, berggrunn eller jord på årets kaldeste dag. I områder hvor strømnettets overføringskapasitet er begrenset, kan en omlegging fra elektrisk oppvarming til grunnvarmebaserte varmepumper bidra til å redusere effektbelastningen. Anslagsvis 70 % av varmen som fordeles i bygget og til varmt tappevann kommer fra grunnen, mens de resterende 30 % er elektrisitet som må til for å drive varmepumpen. Innomhus må det være tilrettelagt for distribusjon av varmen enten ved vannbåren gulvvarme, radiatorer eller viftekonvektorer.

4.1 Lukket anlegg

Borehull i fjell med lukket kollektor, også kalt bergvarme, er den desidert mest brukte og mest robuste grunnvarmeløsningen. En kollektorslange av plast monteres i borehullet og fylles med frostsikker væske. Kollektorvæsken sirkulerer rundt i borehullet og henter opp energi som tas ut i varmepumpen (Figur 1). På samme måte som en vannpumpe pumper vann fra et lavere nivå, brukes en varmepumpe til å ”pumpe” temperaturen opp til ønsket nivå for distribusjon av varmt tappevann og til romoppvarming i gulvvarme, radiatorsystem eller viftekonvektor. Boredybde for en energibrønn av denne typen varierer typisk fra 100-250 meter, og kostnader er i hovedsak knyttet til boring, grøfter, varmepumpe og montering. Boring i fast fjell koster ca 150-250 kr per meter pluss merverdiavgift. Boring og stabilisering av løsmassedekket ned til fjelloverflaten, ved nedsetting av fôringsrør i stål, representerer derimot det største usikkerhetsmomentet når det gjelder kostnader og er ca 3-5 ganger dyrere enn boring i fast fjell. I Norge er avstanden fra terrengnivå til fjelloverflaten generelt lav (65 % av bebygd areal i Norge er kartlagt med dybde til fjell mindre enn 30 meter (geoklasse 3)), men i dalfører og deler av Østlandet, Trøndelag, Jæren og Finnmark kan tykkelsen av løsmassene være betydelig.

Berggrunnens varmeledende egenskaper og temperatur har også betydning for spesifikt effektuttak (W/m) i borehullet, men rimelig boring i fjell gjør at dette påvirker investeringskostnadene i liten grad.



Figur 1 Energibrønn i fjell med lukket kollektor (Kilde: NGU).

Generelt:

- Borehull med diameter 11,5 eller 13,9 cm
- Borehullslengde 100-250 meter
- Enkel kollektor fylt med vann og frostsikker væske
- Magasinert solvarme
- Effekt- og energiuttak i vannfylt del av borehullet (vist som lyseblått i Figur 1).
- Spesifikt effektuttak i vannfylt del av borehull, ca 30 ±10 W/m ved bruk til oppvarming.
- Komplett utendørsdel (200 meter dypt borehull uten løsmasser, fylt kollektor, grøft mm) koster ca 65-70 000 kr. Eventuelt 50 meter løsmasser koster ca 25 000 kr i tillegg.

Fordeler:

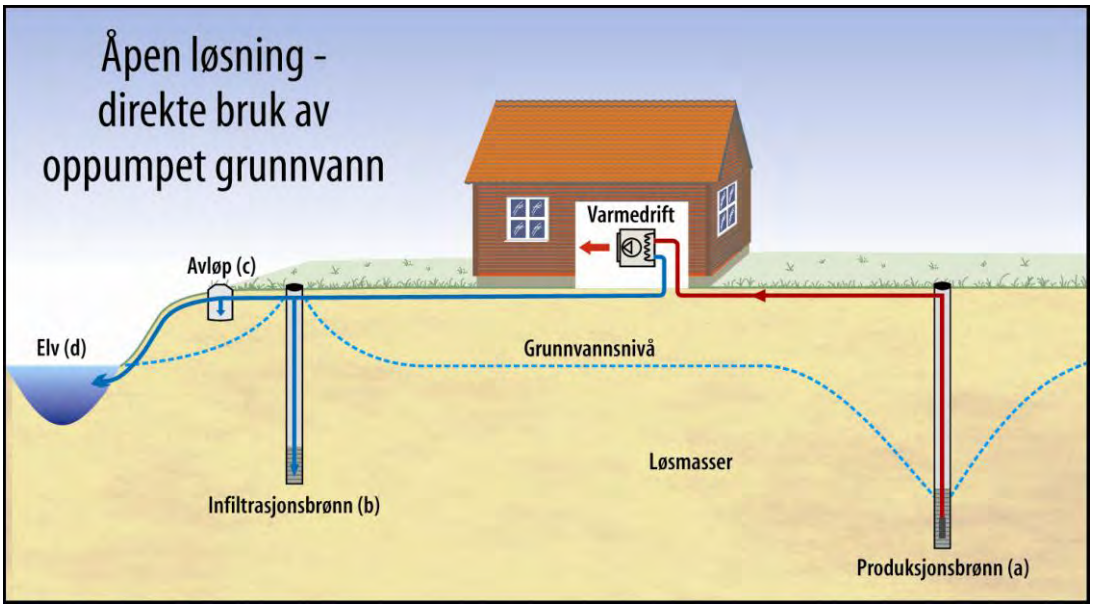
- Kan etableres i hele Norge
- Driftssikker
- Lang levetid (borehull og kollektor minst 40 år)
- Nærhet til bruker (4 meter unna vegg til teknisk rom)
- Stabil temperatur over året gir effekt- og energisparing på årets kaldeste dager.
- Passer for alle anleggsstørrelser (6 kW – flere MW)

Ulemper:

- Høy investering (enebolig 150 000 – 250 000) (utendørsdel og varmepumpe ferdig montert)

4.2 Åpent anlegg

Der forholdene ligger til rette for det, vil bruk av grunnvann være å foretrekke (Figur 2). Dette er en effektiv og god løsning der store energimengder tas direkte ut fra grunnvannet. Energipotensialet er bestemt av mengde vann som kan pumpes opp og temperaturen på vannet. Et vannuttak på 10 m^3/time tilsvarer 11,6 kW for hver grad C temperaturen endres. Vannkvaliteten har også betydning for drift av anlegget og må undersøkes. Grunnvannsbrønner med høy kapasitet finnes først og fremst i områder med sand- og grusavsetninger. Før etablering av grunnvarmeanlegg, må det gjøres hydrogeologiske forundersøkelser for å vurdere områdets egnethet for uttak av grunnvann, uttaksmengder, grunnvannskvalitet og grunnvannstemperatur. Hydrogeologiske forundersøkelser, og eventuell prøvepumpingsperiode før endelig prosjektering av grunnvarmeanlegg tar minimum 0,5-1 år.



Figur 2 Eksempel på åpen løsning der oppumpet grunnvann nyttegjøres direkte. Grunnvann pumpes opp (a) til varmepumpen som overfører energi fra vannet. Returvannet infiltreres i egen brønn (b), sendes i avløp (c) eller ut i åpent vassdrag (d) (Kilde: NGU).

Generelt:

- Brønndybde 10-40 meter
- Brønndiameter 15-35 cm
- Vannkapasitet 5-100 liter/sekund
- Middels – store anlegg

Fordeler:

- Effektivt energiuttak, 11,6 kW per °C temperaturen endres.
- God lønnsomhet

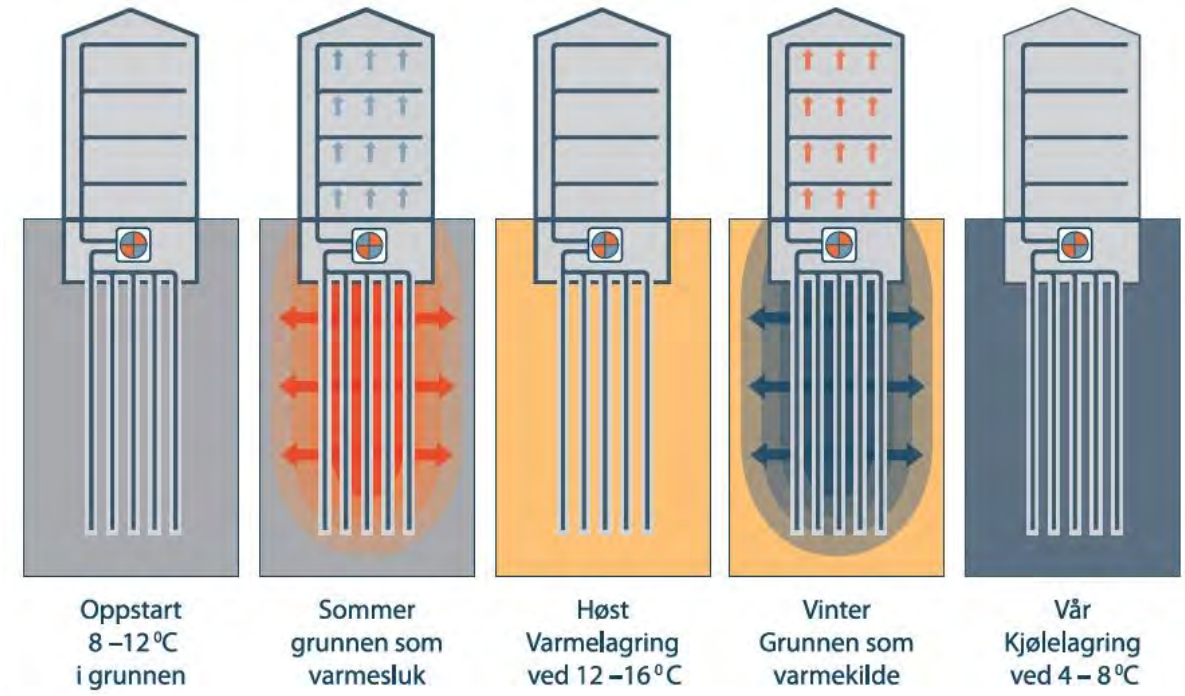
Ulemper:

- Avhengig av geologi
- Krever god vannkvalitet (lavt innhold av jern, mangan, kalsium)
- Krever grunnvannstemperatur høyere 3-4 °C.
- Krever detaljerte forundersøkelser.

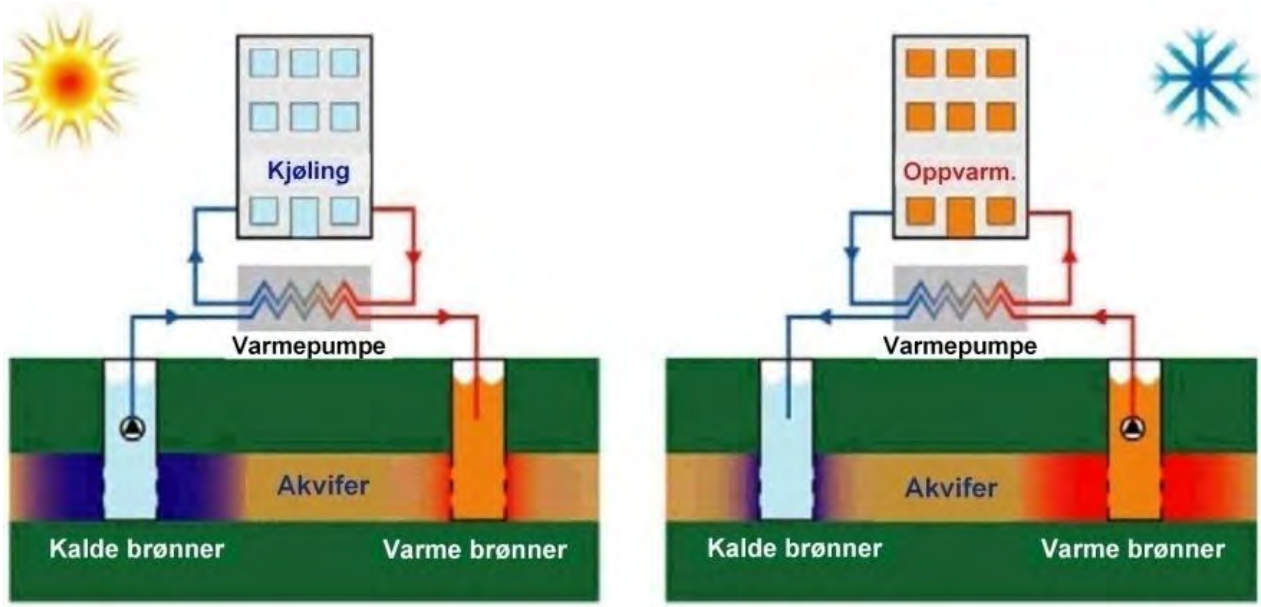
4.3 Energilager

Grunnvarmeanlegg kan utformes for kun uttak av varme (eller kjøling), eller som et energilager med balansert uttak og tilbakeføring av varme. På denne måten kan grunnen betraktes som et batteri eller en stor lagertank der sommerens overskuddsvarme lagres til bruk på kalde vinterdager. Tilgang til batteriet/lagertanken skjer via borehull. Forutsatt balansert, vil et energilager dekke samme energibehov med færre borehull, lavere investeringskostnader, kortere inntjeningstid og deretter store besparelser hvert år.

Berggrunn og grunnvann er ypperlige medium for energilagring. Et energilager i fjell består av mange borehull plassert tett inntil hverandre (Figur 3), mens energilager basert på grunnvann består av brønner på varm og kald side av grunnvannsmagasinet (Figur 4). I Norge er Nydalen i Oslo og Gardermoen to av flere eksempler på velfungerende anlegg som bruker henholdsvis berggrunn og grunnvann i løsmasser som lagringsmedium. Dette er store anlegg med kombinert oppvarmings- og kjølebehov. For bygg uten kjølebehov, kan balansen i energilageret opprettholdes ved å tilbakeføre annen overskuddsvarme, for eksempel fra uteluft, overflatevann eller solfangere – enten tradisjonelle solfangere, eller bakkesolfanger. En bakkesolfanger er en solfanger som i stedet for å være montert på tak eller vegg, er integrert som en del av dekket på parkeringsplasser, gangvei, idrettsbaner etc. Bakkesolfangeren kan brukes som gatevarme-/snøsmelteanlegg om vinteren.



Figur 3. Energilagring i grunnen basert på lukket system og bruk av borebrønner i fjell med kollektorslange. Energilagret kan betraktes som en stor lagertank/batteri med sesongbasert uttak og tilbakeføring av energi. (Kilde: IEA Annex 44. Illustrasjon Kim Brantenberg).



Figur 4 Energilagring ved bruk av oppumpet grunnvann fra grunnvannsmagasin (akvifer). Vekselbruk av kald og varm brønn sommer og vinter (Illustrasjon: IEA Heat pump centre).

4.4 Anleggstype ikke omfattet av studien - jordvarme

Av ressursmessige hensyn, er ikke jordvarme omfattet av denne studien. Med jordvarme menes her varmeuttak fra nedgravde kollektorslanger i grøft 0,5-2,0 meter under bakken der innbyrdes avstand mellom kollektorslangene er 1-2 meter (Figur 5). Varmeuttaket avhenger av jordartstype og er 15-30 watt per meter kollektorslange. Det meste av varmen hentes ut ved utfrysing av vann (faseovergang fra væske til is). Høyt fuktinnhold i jorda er gunstig og favoriserer jordtyper som myr, matjord, leire osv. Tørr sandjord har lavere varmeopptak og krever lengre slange. Kollektorslangen må ikke legges slik at det oppstår setningsskader på hus, vegg eller mur som følge av fryse- tineprosesser. Sammenlignet med borehull i fjell med lukket kollektorslange er jordvarme billigere, men mer arealkrevende. Ved feil dimensjonering, kan tilfeller med ”sen vår” forekomme. Jordvarmeanlegg er best egnet for mindre anlegg, for eksempel eneboliger.

Illustrasjon: Norman Etek AS
Figur 5 Jordvarme med nedgravd kollektor i grøft.

Foto: Randi Kalskin Ramstad

5 VARME- OG KJØLEBEHOV I 2030

Energibehov til oppvarming i 2030 er NVEs egne tall utarbeidet i forbindelse med rapporten "Tiltak og virkemidler for redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger – et innspill til Klimakur 2020" (NVE rapport 4, 2010) (avsnitt 4.3, 4.4 og vedlegg V1 Arealer).

Fylkesvis inndeling av fremskrevet energibehov til oppvarming fordelt etter husholdning, næring og industri i 2030 for eksisterende, rehabilitert og ny bygningsmasse, er vist i Tabell 1. Totalt oppvarmingsbehov i 2030 er 52,7 TWh, hvorav rehabilitert og ny bygningsmasse representerer henholdsvis 11 og 18,7 TWh.

Fremskrevet energibehov til kjøling fordelt etter næring og industri i 2030 er beregnet av Xrgia AS, og er vist i Tabell 2. Metodikken for Xrgias beregninger er beskrevet i Lislebø og Havskjold (2010). Totalt kjølebehov i 2030 er ca 2 TWh, hvorav rehabilitert og ny bygningsmasse representerer ca 1 TWh hver. Husholdninger har ikke behov for kjøling og er derfor utelatt.

Tabell 1 Fylkesvis inndeling av fremskrevet energibehov til varme i 2030, fordelt etter husholdning, næring og industri.

	Husholdn (inkl. landbruk) (GWh/år)				Næringsbygg (GWh/år)				Industri (GWh/år)			
	eksist	rehab	nybygg	SUM	eksist	rehab	nybygg	SUM	eksist	rehab	nybygg	SUM
01 Østfold	800	322	595	1 717	358	199	337	894	94	85	92	271
02 Akershus	1 437	578	1 070	3 086	476	265	448	1 189	14	13	14	40
0301 Oslo	1 480	596	1 102	3 177	767	426	722	1 915	20	18	20	59
04 Hedmark	668	269	498	1 435	208	116	196	521	16	15	16	46
05 Oppland	706	284	526	1 517	209	116	197	522	15	14	15	43
06 Buskerud	861	346	641	1 848	374	208	352	934	74	67	72	213
07 Vestfold	713	287	531	1 531	401	223	378	1 002	34	31	33	98
08 Telemark	583	235	434	1 251	309	172	291	773	147	134	144	425
09 Aust-Agder	325	131	242	697	96	53	90	240	10	9	10	28
10 Vest-Agder	492	198	366	1 056	120	67	113	301	77	70	75	222
11 Rogaland	1 181	475	879	2 535	628	349	592	1 570	237	215	232	684
12 Hordaland	1 359	547	1 012	2 917	572	318	539	1 429	221	201	216	639
14 Sogn og Fjordane	351	141	261	753	93	51	87	231	99	89	96	285
15 Møre og Romsdal	751	302	560	1 613	233	130	220	583	149	135	145	429
16 Sør-Trøndelag	871	351	649	1 870	285	159	269	713	38	34	37	109
17 Nord-Trøndelag	453	182	337	973	132	74	125	331	46	42	45	133
18 Nordland	824	331	613	1 768	245	136	231	612	125	113	122	361
19 Troms	543	218	404	1 166	176	98	166	440	16	14	16	46
20 Finnmark	292	117	217	626	1 108	616	1 043	2 767	21	19	20	60
Norge	14 688	5 911	10 937	31 536	6 792	3 777	6 395	16 963	1 453	1 318	1 421	4 192

Tabell 2 Fylkesvis inndeling av fremskrevet energibehov til kjøling i 2030, fordelt etter næring og industri.

	Næring (GWh/år)				Industri (GWh/år)			
	eksist	rehab	nybygg	SUM	eksist	rehab	nybygg	SUM
01 Østfold	0,10	34,72	28,41	63,2	0,06	20,21	21,98	42,3
02 Akershus	0,18	61,21	65,34	126,7	0,09	30,51	29,33	59,9
0301 Oslo	0,08	30,49	88,29	118,9	0,02	5,31	10,10	15,4
04 Hedmark	0,11	37,77	22,36	60,2	0,02	6,83	20,94	27,8
05 Oppland	0,11	35,56	21,28	56,9	0,08	26,36	17,89	44,3
06 Buskerud	0,11	37,88	25,44	63,4	0,07	25,07	19,88	45,0
07 Vestfold	0,08	26,03	27,01	53,1	0,05	15,43	18,57	34,0
08 Telemark	0,08	26,06	15,22	41,3	0,02	7,34	10,46	17,8
09 Aust-Agder	0,05	17,82	15,87	33,7	0,02	6,27	8,90	15,2
10 Vest-Agder	0,05	16,63	30,76	47,4	0,05	16,54	12,16	28,8
11 Rogaland	0,22	75,33	95,81	171,4	0,17	57,79	57,49	115,5
12 Hordaland	0,19	62,85	57,67	120,7	0,10	33,34	32,62	66,1
14 Sogn og Fjordane	0,06	18,85	12,58	31,5	0,02	6,41	9,20	15,6
15 Møre og Romsdal	0,11	36,15	31,80	68,1	0,07	22,78	8,72	31,6
16 Sør-Trøndelag	0,12	41,84	53,48	95,4	0,04	15,03	0,00	15,1
17 Nord-Trøndelag	0,06	19,78	19,90	39,7	0,02	8,33	0,00	8,4
18 Nordland	0,13	46,21	25,34	71,7	0,04	14,44	0,00	14,5
19 Troms	0,11	36,42	13,45	50,0	0,02	6,18	0,00	6,2
20 Finnmark	0,06	20,44	10,65	31,2	0,01	4,84	0,00	4,9
Norge	2,01	682,05	660,65	1 344,7	0,96	329,00	278,26	608,2

6 GIS-ANALYSE AV GEOLOGI OG BYGNINGSMASSE

GIS-analysen er basert på grunnlagsdata (Tabell 3) fra både Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Statistisk sentralbyrå (SSB). GIS-arbeidet kan deles inn i to faser:

- Kartlegging av geologisk egnethet for grunnvarme, henholdsvis lukket og åpent grunnvarmeanlegg.
- Geografisk lokalisering av energibehov basert på SSBs rutenettstatistikk (250×250m) for bygningsmasse i 2010.

Tabell 3 Beskrivelse av grunnlagsdata brukt i GIS-analysen for geologi og bygningsmasse.

Grunnlagsdata (leverandør)	Beskrivelse	Flate-/punktdata
Løsmassedata (NGU)	Jordart*	flate
”	StratigrafiPkt[1]* - Løsmassenes mektighet og lagfølge (336 punkt med angitt dybde til fjell)	punkt
”	AnnetLøsmassePkt[1*] - Liten fjellblotning (289 454 punkt)	punkt
GRANADA – nasjonal grunnvannsdatabase (NGU)	Grunnvannsenhet - Viktig grunnvannsressurs hovedsakelig i løsmasser. Disse akviferene kan gi betydelige mengder grunnvann i størrelsesorden 5 liter per sekund eller mer (NGU, 2011).	flate
”	Brønner (fjell 50 245 hvorav 33 878 med angitt dybde til fjell. Løsmasse 3 776 hvorav 560 med angitt dybde til fjell. Sonderboring 1 830 hvorav 624 med angitt dybde til fjell)	punkt
Bygningsmasse (SSB) 2010 – rutenettstatistikk (250×250m) (Strand og Bloch, 2009)	Statistikken bygger på opplysninger som er registrert i Matrikkelen, og gjelder alle bygninger i Norge over 15 m^2.	flate

6.1 Geologi

I den geologiske delen av GIS-analysen er det fokusert på geologisk egnethet for åpent og lukket grunnvarmeanlegg. For åpent anlegg med direkte varmeveksling av oppumpet grunnvann er dette områder kartlagt som *Viktig grunnvannsressurs* (Tabell 3), mens man for lukkede anlegg har valgt å analysere grunnlagsdataene med hensyn til løsmassetykkelse. Løsmassetykkelse er den enkeltfaktoren som har størst økonomisk betydning for investeringskostnadene for utomhusdelen av et lukket grunnvarmeanlegg (avsnitt 4.1). Alle data er inndelt i fylkesvise filgeodatabaser. Detaljer omkring den geologiske delen av GIS-analysen er samlet i Vedlegg 1.

[1] Dette er punkt som ikke har vært bruk i denne type analyse tidligere.
* SOSI-type (Statens kartverk, 2006)

Hovedtrekk i GIS-analysen er:

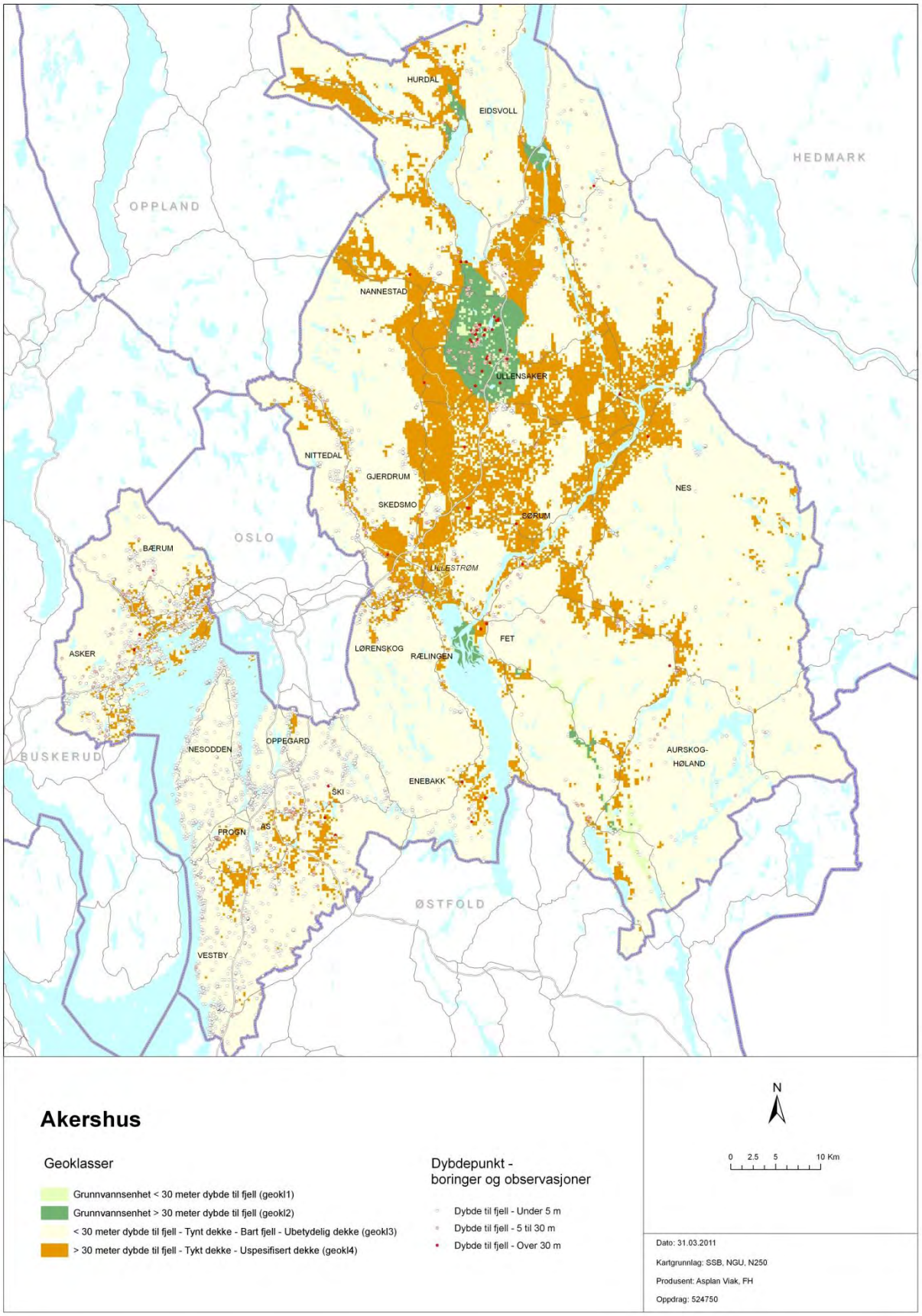
- Åpent anlegg
    - Utvelgelse av *Viktig grunnvannsressurs*.
- Lukket anlegg
    - Løsmassedatabasens *LOSMSDE_LosmFlate* deles inn i de tre kategoriene *(1) Bart fjell, ubetydelig dekke og tynt dekke, (2) Uspesifisert tykkelse og (3) Tykt dekke* basert på jordart (se vedlegg 1). Dette er i henhold til NGUs inndeling i løsmassedatabasen ved bruk av *Velg kartinnsyn: Mektighet* (Vedlegg 2).
    - *Brønner* og *StratigrafiPkt* deles inn etter dybde til fjell. Som kriterium for å skille mellom tynt og tykt løsmassedekke velges 30 meters dybde til fjell. 30 meter anses som et rimelig skille, der ekstrautgifter forbundet med løsmasseboring og nedsetting av fôringsrør blir betydelige. Det er imidlertid viktig å være klar over at i mange tilfeller vil grunnvarmeanlegget være lønnsomt selv med løsmassetykkelse over 30 meter. For å bedre oppløsningen på dataene med tynt løsmassedekke, har man i tillegg delt inn i dybdekategorien 0-5 meter.
- Siste del av GIS-analysen for geologi, er gjort på et overordnet nivå ved bruk av SSBs rutenettinndeling med oppløsning 250×250 meter. Hver rute tildeles en geoklasse (1-4) basert på tilgjengelig flate- og punktinformasjon i hver rute, og resultatet er 4 geoklasser inndelt etter henholdsvis egnethet for uttak av grunnvann (*Grunnvannsenhet)* og løsmassenes tykkelse (Tabell 4). Punktinformasjon i ruten som angir kortest avstand til fjell, har størst vekt i tildeling av geoklassenummer.

Resultatet fra GIS-analysen er et kart over geologisk egnethet for uttak av grunnvarme med inndeling i geoklasser og dybdepunkt (boringer og observasjoner). Figur 6 viser kartet for Akershus fylke. Tilsvarende kart for alle fylker vil være tilgjengelig via Norge digital.

Svakheter ved GIS-analysen og forslag til forbedringer er samlet i avsnitt 8.1.

Tabell 4 Beskrivelse og innhold i geoklasse 1-4.

Geokl.	Beskrivelse	Dybdepunkt – boringer og observasjoner	Grunnvarme-anlegg
Geokl1	Grunnvannsenhet < 30 meter dybde til fjell	Dybde til fjell/brønndyp – Under 5 m Dybde til fjell – 5 til 30 m	Åpent
Geokl2	Grunnvannsenhet > 30 meter dybde til fjell	Dybde til fjell/brønndyp – Over 30 m	Åpent
Geokl3	<30 meter dybde til fjell – Tynt dekke – Bart fjell – Ubetydelig dekke	Dybde til fjell – Under 5 m Dybde til fjell – 5 til 30 m	Lukket
Geokl4	>30 meter dybde til fjell – Tykt dekke– Uspesifisert dekke	Dybde til fjell – Over 30 m	Lukket



Figur 6 Geologisk egnethet for uttak av grunnvarme med inndeling i geoklasser og dybdepunkt (boringer og observasjoner) for Akershus fylke.

6.2 Geografisk lokalisering av energibehov - SSBs rutenettstatistikk for bygninger

Grunnvarme kan ikke transporteres over store avstander og geologiske forhold varierer (geoklasse 1-4). For å få en fylkesvis oversikt over energibehov til oppvarming og kjøling innen de forskjellige geoklassene, må brukere med varme- og kjølebehov lokaliseres geografisk. Dette er gjort ved å bruke SSBs rutenettstatistikk (250×250 meter) for bygningsmasse i 2010. Fra den geologiske delen av GIS-analysen (avsnitt 6.1), er hver rute i rutenettet tildelt en geoklasse 1-4. Ved hjelp av rutenettidentiteten, kobles SSBs rutenettstatistikk for bygningsmasse i 2010 til datasettet med geoklasser.

6.2.1 Tilordning av varme- og kjølebehov til bygninger

SSBs rutenettstatistikk for bygningsmasse i 2010 er gitt for bygningskategorier på 2. nivå, og fordelingsnøkkel mot varme- (Tabell 1) og kjølebehov (Tabell 2) i 2030 er gitt av Tabell 5. Bygningsmassestatistikken angir antall bygg i en rute for den enkelte kategori. Tabell 5 gir også en oppsummering av antall bygg innen hver bygningskategori for hele landet.

Fordeling av bygningskategorier fra SSBs rutenettstatistikk for bygningsmasse i 2010 inn i ”Husholdning”, ”Næring” og ”Industri” i Tabell 1 og Tabell 2 er gjort i samarbeid med NVE. Bygningskategorier som ikke er tilordnet varme- og kjølebehov og fjernet fra statistikken (Tabell 5):

- ”bui2hut” (koie, seterhus og lignende) og ”bui2gar” (garasje og uthus til bolig).
- ”bui2agr” - ”Fiskeri- og landbruksbygning”, med sine underkategorier på 3. nivå (Tabell 6). ”Bui2agr” er ikke omfattet av fremskrivninger for areal og energi (varme) (klarlagt internt hos NVE etter blant annet samtale med Prognosesenteret). Et estimat fra Prognosesenteret i 1995 gir ”bui2agr” et samlet areal på 50 millioner m^2 (ca 28% av arealet for næringsbygg (100 Mm^2) og industri (30 Mm^2). Arealet for husholdninger representer ca 260 Mm^2.). Fra SSBs statistikk for bygningsmasse i 2010, er det i hele Norge registrert 1 195 083 bygg i kategorien ”bui2agr”. På den andre siden viser SSBs energistatistikk at primærnæringene kun bruker 1,6 TWh (elektrisitet) og 0,5 TWh (annen energi) per år til stasjonære formål, hvorav drivhus står for rundt en tredjedel. Med andre ord er oppvarmingsbehovet i bygg i primærnæringskategorien rundt 1 TWh. Potensialet for grunnvarme i disse byggene er dermed relativt lite sammenliknet med resten av bygningsmassen.

Resultatet av koblingen mellom geoklasse 1-4 og bygningsmasse mot hovedkategoriene ”Husholdning”, ”Næring” og ”Industri” er vist Tabell 7 med fylkesvis inndeling. En tilsvarende oversikt på kommunenivå er samlet i Tabell 15 i Vedlegg 3. Tabell 15 gir en god oversikt over geologiske forhold og bygningsmasse i den enkelte kommune, og er informasjon som bør brukes i kommunal energi og klimaplanlegging med tanke på utnyttelse av grunnvarme. Tabell 15 viser blant annet at et begrenset antall kommuner har bebyggelse på grunnvannsressurser (geoklasse 1 og 2) og enkelte av disse kommunenes tettsteder har betydelige grunnvannsressurser. Majoriteten av norsk bygningsmasse er lokalisert i områder kartlagt med tynt løsmassedekke (geoklasse 3), og dette gjelder særlig kystkommuner. Innlandskommuner har generelt en høyere andel av bygningsmassen i områder med tykt løsmassedekke (geoklasse 4).

Tilordning av henholdsvis varme- (Tabell 9) og kjølebehov (Tabell 10) er gjort etter en prosentvis fordeling basert på Tabell 7, og Tabell 1 (varme) og Tabell 2 (kjøling), slik som vist for Akershus i Tabell 8.

Tabell 5 Bygningsvariable på 2. nivå med beskrivelse, antall bygg i rutenett og fordelingsnøkkel mot tabell 1 og 2.

Kategori	Beskrivelse	I rutenett 2010	Fordelingsnøkkel mot tabell 1 og 2
bui2det	Enebolig	1 120 611	Husholdning
bui2hou	Tomannsbolig	145 818	Husholdning
bui2row	Rekkehus, kjedehus, andre småhus	140 956	Husholdning
bui2mul	Store boligbygg	33 078	Husholdning
bui2com	Bygning for bofellesskap	4 241	Husholdning
bui2hol	Fritidsbolig	426 899	Husholdning
bui2hut	Koie, seterhus og lignende	47 415	Tatt ut
bui2gar	Garasje og uthus til bolig	1 195 083	Tatt ut
bui2ore	Annen boligbygning	9 847	Husholdning
bui2ind	Industribygning	37 724	Industribygg
bui2pow	Energiforsyningsbygning	20 262	Industribygg
bui2war	Lagerbygning	39 847	Industribygg
bui2agr	Fiskeri- og landbruksbygning	510 726	Tatt ut
bui2off	Kontorbygning	15 746	Næringsbygg
bui2bus	Forretningsbygning	21 887	Næringsbygg
bui2ser	Ekspedisjonsbygning, terminal	2 919	Næringsbygg
bui2tel	Telekommunikasjonsbygning	3 316	Næringsbygg
bui2han	Garasje- og hangarbygning	2 298	Næringsbygg
bui2roa	Veg- og trafikktilsynsbygning	1 394	Næringsbygg
bui2hot	Hotellbygning	2 154	Næringsbygg
bui2acc	Bygning for overnatting	23 780	Næringsbygg
bui2res	Restaurantbygning	4 709	Næringsbygg
bui2sch	Skolebygning	17 155	Næringsbygg
bui2uni	Universitet- og høgskolebygning	969	Næringsbygg
bui2mus	Museums- og biblioteksbygning	4 944	Næringsbygg
bui2spo	Idrettsbygning	7 967	Næringsbygg
bui2ent	Kulturhus	7 146	Næringsbygg
bui2rel	Bygning for religiøse aktiviteter	7 162	Næringsbygg
bui2hos	Sykehus	511	Næringsbygg
bui2nur	Sykehjem	3 429	Næringsbygg
bui2hea	Primærhelsebygning	1 470	Næringsbygg
bui2pri	Fengselsbygning	316	Næringsbygg
bui2eme	Beredskapsbygning	3 263	Næringsbygg

Tabell 6 Undervariable for "bui2agr" – "Fiskeri- og landbruksbygning" på 3. nivå

3. nivå	Beskrivelse
241	Hus for dyr, fôrlager, strølager, frukt- og grønnsakslager, landbrukssilo, høy-/korntørke
243	Veksthus
244	Driftsbygning for fiske og fangst, inkl. oppdrettsanlegg
245	Naust/redskapshus for fiske
248	Annen fiskeri- og fangstbygning
249	Annen landbruksbygning

Tabell 7 Fylkesvis oversikt over antall bygg innen hovedkategoriene husholdning (Hush.), næring (Nær.) og industri (Ind.) fordelt mot geoklasse 1-4.

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Navn		Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4	
01 Østfold	520	99	93	246	41	37	93 336	4 410	3 825	12 305	1 319	1 152
02 Akershus	857	117	139	3 629	347	232	119 540	4 752	4 501	39 095	2 566	1 940
0301 Oslo	0	0	0	0	0	0	46 652	2 626	2 362	21 839	3 962	2 656
04 Hedmark	4 817	738	1 864	15 311	1 898	10 281	38 555	1 955	14 887	53 631	3 217	31 289
05 Oppland	3 763	547	397	5 499	1 236	828	66 364	3 792	2 358	44 856	3 603	2 051
06 Buskerud	2 642	357	404	5 154	922	666	85 868	4 144	3 386	30 839	2 906	2 046
07 Vestfold	826	56	161	781	144	189	69 911	3 962	3 868	15 661	1 375	949
08 Telemark	775	119	71	1 103	215	156	61 413	3 500	2 706	25 634	2 681	2 188
09 Aust-Agder	1 688	218	126	1 651	440	258	52 605	2 958	1 905	3 110	339	117
10 Vest-Agder	8 622	845	518	9 315	1 125	614	43 203	1 911	1 747	11 560	898	580
11 Rogaland	3 539	337	1 158	6 259	625	2 215	94 812	5 041	26 474	40 706	3 823	10 453
12 Hordaland	3 236	581	364	2 971	508	435	144 280	7 945	7 046	19 095	1 906	1 042
14 Sogn og Fjordane	5 866	647	393	5 133	1 009	492	35 161	3 116	1 985	7 628	875	431
15 Møre og Romsdal	5 462	645	520	9 264	1 364	807	83 695	5 323	4 634	34 059	2 766	1 949
16 Sør-Trøndelag	4 719	528	374	7 145	1 018	680	68 042	3 376	2 444	32 101	2 543	1 823
17 Nord-Trøndelag	4 803	864	310	5 343	931	393	47 267	2 981	1 750	7 671	792	480
18 Nordland	2 404	259	228	3 685	441	424	70 030	5 120	3 317	45 350	3 620	2 173
19 Troms	1 079	126	110	3 276	613	243	39 137	2 535	1 713	23 122	2 159	1 183
20 Finnmark	1 482	187	108	6 308	848	474	20 479	1 607	1 270	11 816	1 066	515
SUM	57 100	7 270	7 338	92 073	13 725	19 424	1 280 350	71 054	92 178	480 078	42 416	65 017

Tabell 8 Eksempel på tilordning av varmebehov for Akershus (fra Tabell 1), gjort etter en prosentvis fordeling av antall bygg innenfor geoklasse 1-4.

Geokl.	Hush. (ant.)	Nær. (ant.)	Ind. (ant.)	Hush. (%-vis fordeling av bygg)	Nær. (%-vis fordeling av bygg)	Ind. (%-vis fordeling av bygg)	Hush., varme (GWh/år)	Nær., varme (GWh/år)	Ind., varme (GWh/år)
Geokl1	857	117	139	0,53 %	1,50 %	2,04 %	16,21	17,87	0,82
Geokl2	3 629	347	232	2,22 %	4,46 %	3,41 %	68,65	53,00	1,37
Geokl3	119 540	4 752	4 501	73,28 %	61,06 %	66,07 %	2261,26	725,77	26,55
Geokl4	39 095	2 566	1 940	23,97 %	32,97 %	28,48 %	739,54	391,90	11,44
SUM	163 121	7 782	6 812	100,00 %	100,00 %	100,00 %	3 085,66	1 188,54	40,18

Tabell 9 Fylkesvis oversikt over fremskrevet varmebehov (GWh/år) i 2030 innen husholdning (Hush.), næring (Nær.) og industri (Ind.) fordelt mot geoklasse 1-4.

Fylke	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
(GWh/år)		Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4	
01 Østfold	8,4	15,1	4,9	4,0	6,2	2,0	1 505,9	672,0	202,9	198,5	201,0	61,1
02 Akershus	16,2	17,9	0,8	68,6	53,0	1,4	2 261,3	725,8	26,5	739,5	391,9	11,4
0301 Oslo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 163,9	763,2	27,6	1 013,0	1 151,4	31,1
04 Hedmark	61,6	49,2	1,5	195,6	126,6	8,2	492,7	130,4	11,9	685,3	214,5	24,9
05 Oppland	47,4	31,1	3,1	69,2	70,3	6,4	835,5	215,6	18,1	564,7	204,8	15,8
06 Buskerud	39,2	40,0	13,2	76,5	103,3	21,8	1 274,4	464,5	110,9	457,7	325,7	67,0
07 Vestfold	14,5	10,1	3,1	13,7	26,1	3,6	1 227,4	716,8	73,7	274,9	248,8	18,1
08 Telemark	10,9	14,1	5,9	15,5	25,5	12,9	864,2	415,0	224,4	360,7	317,9	181,4
09 Aust-Agder	19,9	13,2	1,5	19,5	26,7	3,0	620,8	179,2	22,5	36,7	20,5	1,4
10 Vest-Agder	125,3	53,2	33,2	135,3	70,8	39,3	627,7	120,3	111,9	168,0	56,5	37,2
11 Rogaland	61,7	53,8	19,7	109,2	99,8	37,6	1 653,8	805,2	449,6	710,0	610,7	177,5
12 Hordaland	55,7	75,9	26,2	51,1	66,4	31,3	2 481,9	1 038,1	506,4	328,5	249,0	74,9
14 Sogn og Fjordane	82,1	26,5	33,9	71,8	41,3	42,4	492,1	127,6	171,1	106,8	35,8	37,2
15 Møre og Romsdal	66,5	37,2	28,2	112,8	78,7	43,8	1 019,2	307,1	251,4	414,8	159,6	105,8
16 Sør-Trøndelag	78,8	50,4	7,7	119,3	97,2	14,0	1 136,1	322,4	50,2	536,0	242,8	37,4
17 Nord-Trøndelag	71,8	51,3	14,1	79,9	55,3	17,9	706,7	177,0	79,5	114,7	47,0	21,8
18 Nordland	35,0	16,8	13,4	53,6	28,6	24,9	1 019,5	332,2	194,8	660,2	234,9	127,6
19 Troms	18,9	10,2	1,6	57,3	49,6	3,4	684,8	205,1	24,2	404,6	174,7	16,7
20 Finnmark	23,2	139,5	2,8	98,6	632,7	12,1	320,0	1 199,0	32,4	184,7	795,4	13,1
SUM	**837,0**	**705,6**	**214,5**	**1 351,7**	**1 658,1**	**326,0**	**21 388,0**	**8 916,5**	**2 590,2**	**7 959,3**	**5 683,1**	**1 061,4**

Tabell 10 Fylkesvis oversikt over fremskrevet kjølebehov (GWh/år) i 2030 innen husholdning (Hush.), næring (Nær.) og industri (Ind.) fordelt mot geoklasse 1-4.

fylke	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
(GWh/år)		Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4	
01 Østfold	0,00	1,07	0,77	0,00	0,44	0,31	0,00	47,52	31,65	0,00	14,21	9,53
02 Akershus	0,00	1,91	1,22	0,00	5,65	2,04	0,00	77,38	39,60	0,00	41,79	17,07
0301 Oslo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,38	7,26	0,00	71,48	8,17
04 Hedmark	0,00	5,69	0,89	0,00	14,64	4,90	0,00	15,08	7,09	0,00	24,82	14,91
05 Oppland	0,00	3,39	3,12	0,00	7,67	6,51	0,00	23,53	18,55	0,00	22,36	16,14
06 Buskerud	0,00	2,72	2,80	0,00	7,02	4,61	0,00	31,56	23,45	0,00	22,13	14,17
07 Vestfold	0,00	0,54	1,06	0,00	1,38	1,25	0,00	38,01	25,48	0,00	13,19	6,25
08 Telemark	0,00	0,76	0,25	0,00	1,36	0,54	0,00	22,21	9,42	0,00	17,02	7,61
09 Aust-Agder	0,00	1,86	0,80	0,00	3,75	1,63	0,00	25,24	12,02	0,00	2,89	0,74
10 Vest-Agder	0,00	8,39	4,31	0,00	11,17	5,10	0,00	18,97	14,52	0,00	8,91	4,82
11 Rogaland	0,00	5,88	3,32	0,00	10,90	6,35	0,00	87,92	75,84	0,00	66,67	29,95
12 Hordaland	0,00	6,41	2,71	0,00	5,61	3,23	0,00	87,66	52,38	0,00	21,03	7,75
14 Sogn og Fjordane	0,00	3,61	1,86	0,00	5,63	2,33	0,00	17,37	9,40	0,00	4,88	2,04
15 Møre og Romsdal	0,00	4,35	2,08	0,00	9,19	3,22	0,00	35,88	18,50	0,00	18,64	7,78
16 Sør-Trøndelag	0,00	6,75	1,06	0,00	13,02	1,93	0,00	43,16	6,92	0,00	32,51	5,16
17 Nord-Trøndelag	0,00	6,17	0,88	0,00	6,64	1,12	0,00	21,27	4,98	0,00	5,65	1,37
18 Nordland	0,00	1,97	0,54	0,00	3,35	1,00	0,00	38,88	7,82	0,00	27,49	5,12
19 Troms	0,00	1,16	0,21	0,00	5,64	0,46	0,00	23,32	3,27	0,00	19,86	2,26
20 Finnmark	0,00	1,57	0,22	0,00	7,12	0,97	0,00	13,50	2,60	0,00	8,96	1,06
SUM	**0,00**	**64,17**	**28,08**	**0,00**	**120,19**	**47,50**	**0,00**	**715,84**	**370,76**	**0,00**	**444,50**	**161,88**

7 KOSTNADSANALYSE – SPESIFIKKE KOSTNADER

Kostnadsanalysen er til dels basert på resultater fra spørreundersøkelse (se spørreskjema i Vedlegg 4) og samtaler med varmepumpe- og brønnborerbransjen. Dette danner utgangspunktet for et sett med modellerte anleggsalternativer for grunnvarme med tilhørende enhetskostnader, som harmoneres mot varme- og kjølebehovet i henholdsvis Tabell 9 og Tabell 10. Varme- og kjølebehov summeres opp for de ulike anleggstyper/enhetskostnader i de respektive geoklasser (1-4) og resulterer i kostnadskurver for økonomisk potensial for grunnvarme nasjonalt og fylkesvis.

7.1 Forutsetninger for analysen

Energikostnadene er beregnet i henhold til NVEs retningslinjer, og blant annet basert på Håndbok 1 (Hofstad et al., 2007) (kalkulasjonsrente, levetid varmepumpe og brukstid). En oversikt over faste variable brukt i kostnadsanalysen er gitt i Tabell 11. Økonomisk levetid for varmepumpen og borehull er satt til henholdsvis 15 og 40 år. Driftskostnadene inkluderer vedlikehold og energikostnader (forbruk av elektrisitet til drift av varmepumpen). Pris på elektrisitet varierer, og benyttede priser knyttet til elektrisitet (kraftpris, elektrisitetsavgift, nettavgift) går frem av Tabell 11. Enhetskostnaden (øre/kWh) for produsert energi blir da summen av årlige kapital- og driftskostnader dividert med årsproduksjonen av varme og/eller kjøling. Spesifikk kostnad (kr/kW) er investeringskostnad (kr) dividert med installert varmepumpeeffekt (kW). Siden varmepumpenes effektfaktor stadig forbedres (Nowacki, 2007) er denne satt til 3,5. Lukkede anlegg krever lite vedlikehold, mens åpne anlegg krever noe mer vedlikehold og er satt til henholdsvis 1 og 2% av investeringskostnaden.

Investeringskostnader for grunnvarmeanlegget inkludert i kostnadsanalysen er varmeopptakssystem (borehull med tilhørende installasjoner), fremføring til teknisk rom, varmepumpe og varmevekslere, prosjekteringskostnader, samt installasjons- og bygningstekniske arbeider. System for varmedistribusjon (gulvvarme, radiatorer og viftekonvektorer) i bygget er ikke tatt med. Alle beregninger er eksklusive merverdiavgift.

Tabell 11 Faste variable benyttet i kostnadsanalysen. Alle beregninger er eksklusive merverdiavgift.

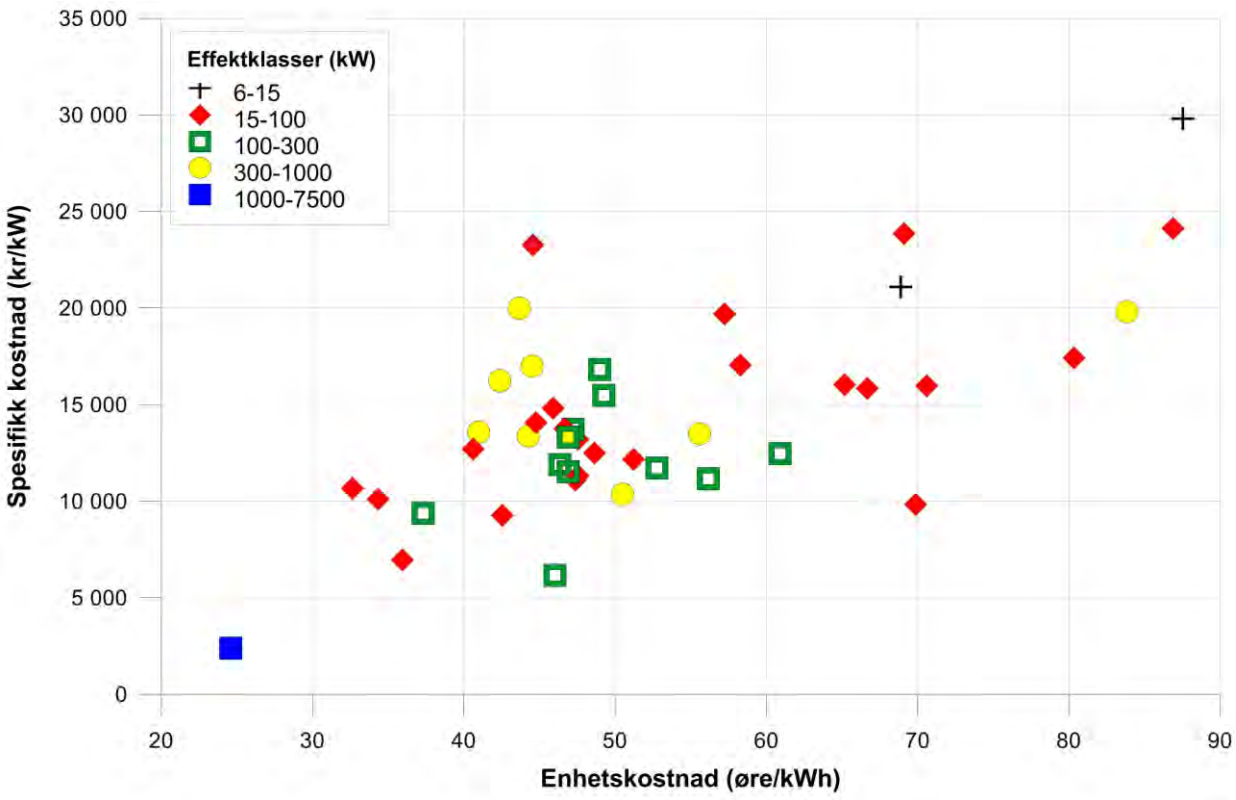
Faste variable	
Kalkulasjonsrente (%)	5,5 %
Kalkulasjonsrente boring (%)	5,5 %
Teknisk levetid varmepumpe (år)	15
Teknisk levetid borehull (år)	40
Effektfaktor varmepumpe, COP	3,5
Terminpris Nord-pool (øre/kWh)	37
El-avgift (øre/kWh)	11
Nettavgift (øre/kWh)	14,4
Sum el-pris (øre/kWh)	62,4
Antatt brukstid oppvarming (timer)	4 000
Antatt brukstid kjøling (timer)	800
Vedlikeholdskostnader lukket anlegg (% av investering)	1,0 %
Vedlikeholdskostnader åpent anlegg (% av investering)	2,0 %

7.2 Spørreundersøkelse

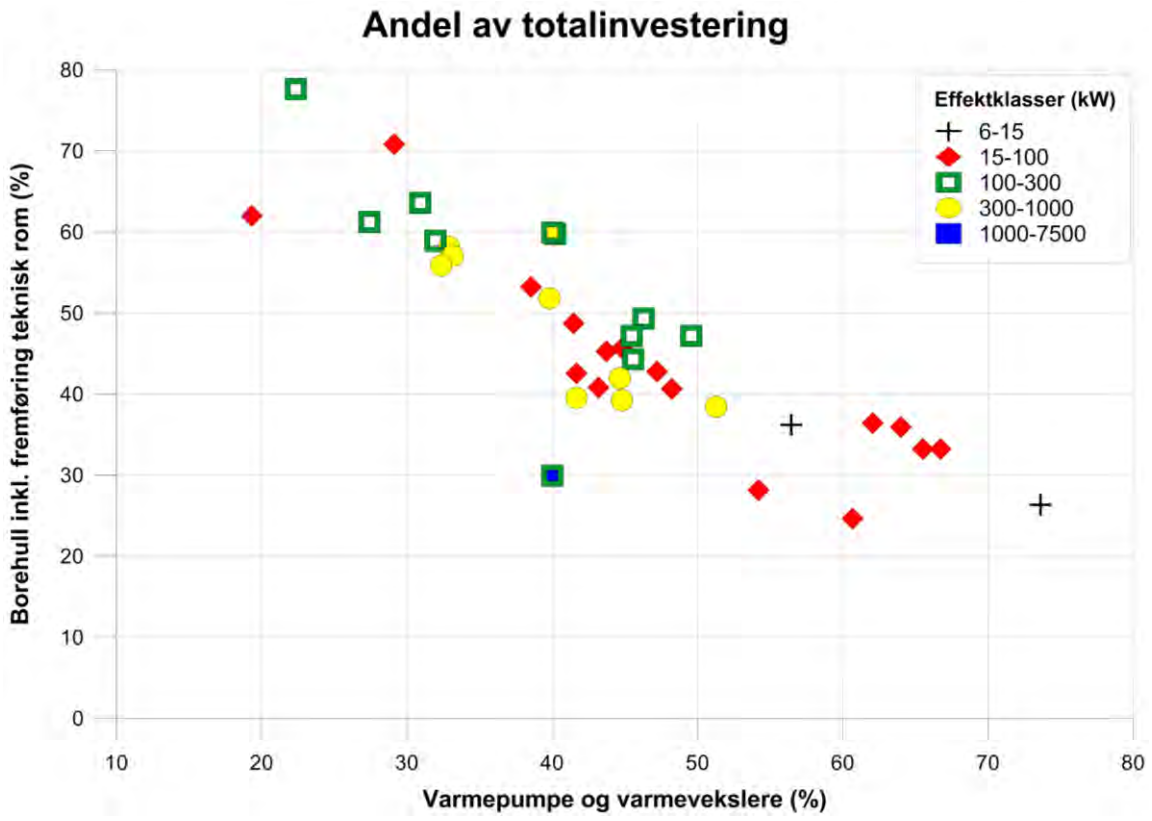
Spørreundersøkelse for innhenting av opplysninger om investeringskostnader, levert effekt fra varmepumpe og årlig energiproduksjon resulterte i informasjon om 46 grunnvarmeanlegg. Av disse anleggene var 45 lukkede anlegg, mens ett var åpent anlegg. Ytterligere informasjon om kostnadsforhold for åpent anlegg, er basert på muntlig informasjon og egne erfaringer. Majoriteten av innhentet informasjon er basert på Enovas kostnadstall for grunnvarmebaserte varmepumpeanlegg tildelt støtte fra programmet "Lokale energisentraler". Tre av anleggene leverer oppvarming og kjøling, og ett av disse kan beskrives som et balansert energilager der uttatt mengde varme er tilnærmet like stor som tilført.

Figur 7 viser resultater fra spørreundersøkelsen som spesifikk kostnad og enhetskostnad for grunnvarmeanlegg inndelt etter effektklasser. Anlegget med lavest kostnad er i MW-klassen og er et åpent anlegg basert på direktevarmeveksling av grunnvann, og leverer varme- og kjøling. Videre kan man se en trend med lavere kostnader med økende effektstørrelse. For anlegg mellom 100-1000 kW har størrelsen liten betydning for enhetskostnader og spesifikke kostnader. Også anlegg mellom 15-100 kW kan ha lave kostnader.

Figur 8 viser hvor stor del av totalinvesteringen varmepumpen og borehullene utgjør. Økende effektstørrelse øker andelen av totalinvesteringen til boring. Både Figur 7 og Figur 8 viser stor spredning i resultatene, og er sannsynligvis et uttrykk for varierende kvalitet og konsistens i grunnlagsmaterialet.



Figur 7 Resultater fra spørreundersøkelse, vist som spesifikk kostnad og enhetskostnad for grunnvarmeanlegg inndelt etter effektklasser. Majoriteten av datasettet er Enovas kostnadstall for grunnvarmebaserte varmepumpeanlegg tildelt støtte fra programmet "Lokale energisentraler".



Figur 8 Resultater fra spørreundersøkelse som viser hvor stor andel av totalinvesteringen varmepumpen og borehullene utgjør.

7.3 Sett med løsningsalternativer 1 – verifisering av kostnadstall

Resultatene fra spørreundersøkelsen gir ingen informasjon om geologiske forhold. For å få kunnskap om den økonomiske forskjellen ved å etablere et grunnvarmeanlegg i geoklasse 3 sammenlignet med geoklasse 4, var det nødvendig å sette opp et sett med løsningsalternativer for ulike anleggsstørrelser. Prisinformasjon fra varmepumpe- og brønnborerbransjen, samt nøyaktig dimensjonering av anleggene ved hjelp av modellkjøringer i programvaren Earth Energy Designer (Blomberg et al., 2006) gjorde kostnadsberegninger mulig.

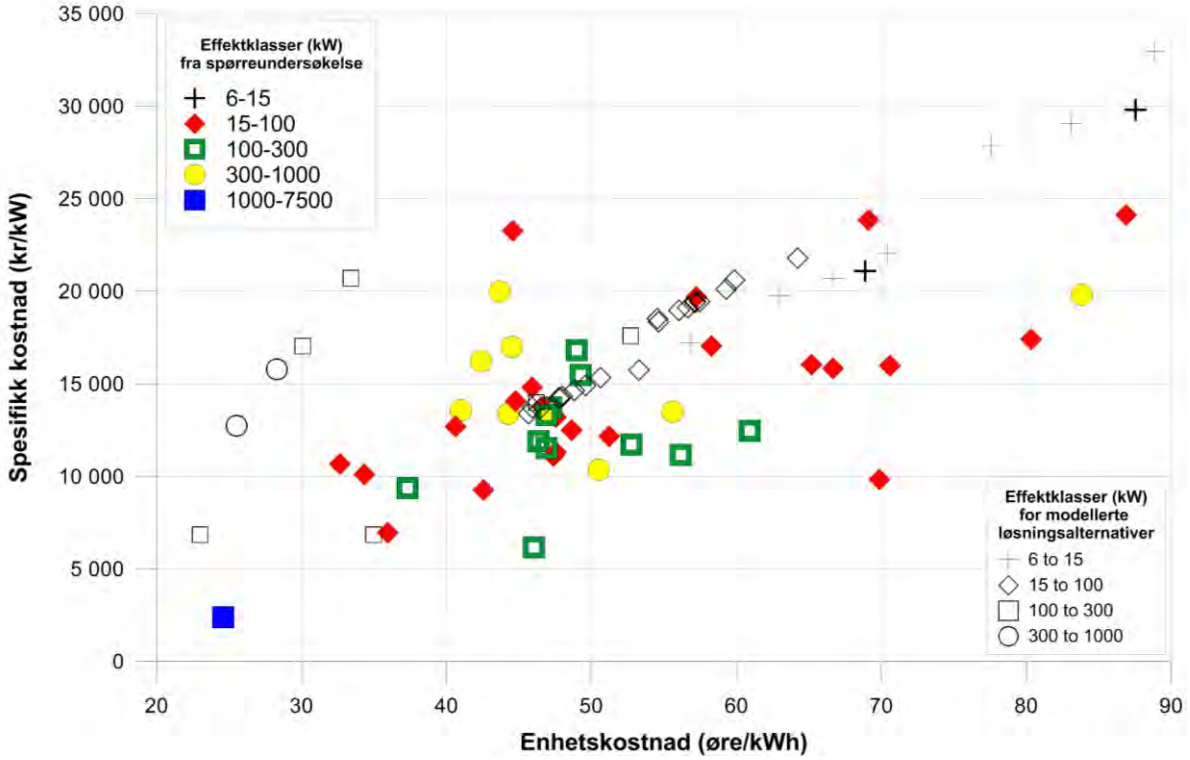
Det ble satt opp 15 sett med løsningsalternativer for lukket anlegg for oppvarming der installert varmepumpeeffekt var 7-100 kW. I tillegg ble det satt opp to alternativ for balansert energilager med installert varmepumpeeffekt på henholdsvis 100 og 500 kW. Kostnadstall for alle alternativene ble beregnet for henholdsvis geoklasse 3 og 4. Kostnadsberegninger for geoklasse 4 legger til grunn et lag med 50 meter tykke løsmasser. Videre ble det satt opp to løsningsalternativer for åpent anlegg med effektstørrelse 100 kW, ett for uttak av varme og ett energilager.

Prisene på varmepumper varierer fra 15 000 kr/kW installert effekt for de minste til 3300 kr/kW for de største. Boreprisene varierer fra 428 kr/meter til 292 kr/m avhengig av

boredybde og antall borehull (inkludert fremføring til vegg til teknisk rom). Boring gjennom løsmasser får et tillegg på kr 500 per meter, eller 25 000 kr for et 50 meter tykt løsmassedekke.

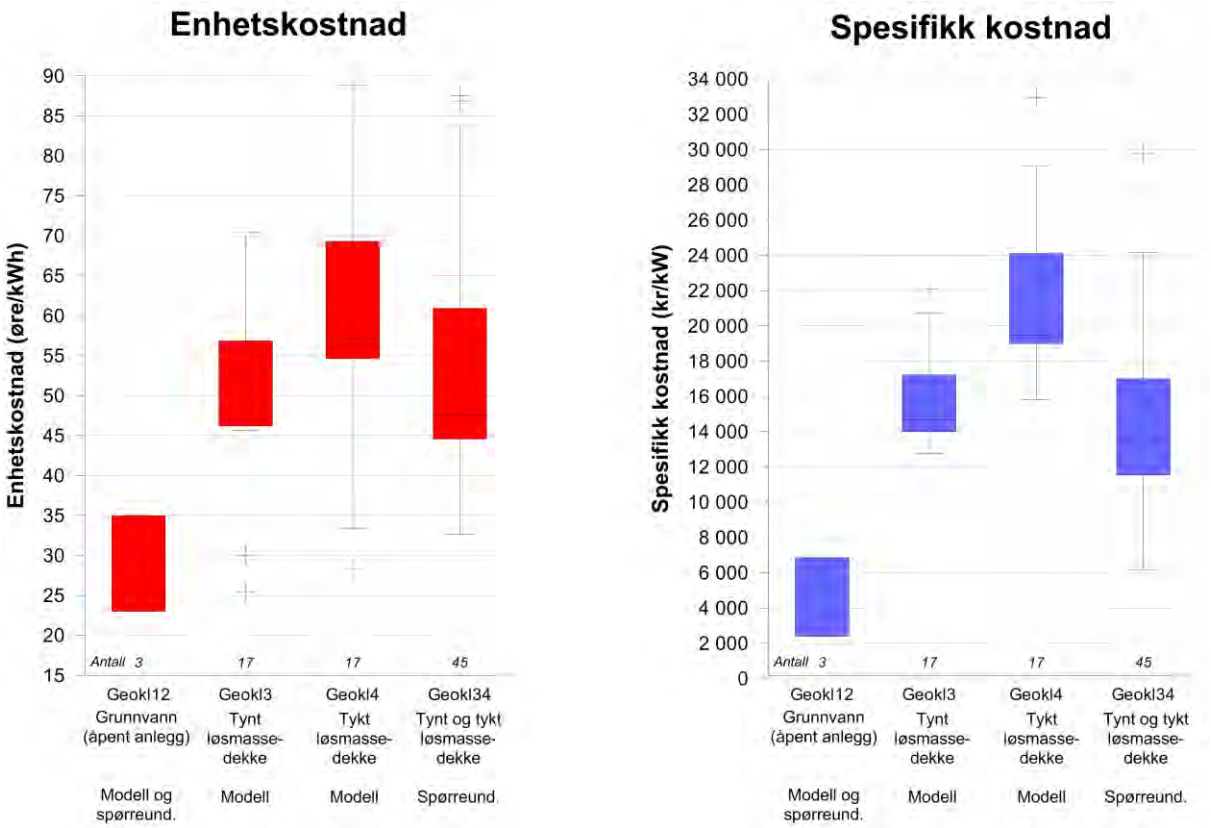
Ved å slå sammen data fra spørreundersøkelse og modellkjøringer på tilsvarende måte som i Figur 7, ser man at resultatene fra settet med løsningsalternativene (installert effekt 7-100 kW) gir en tilnærmet lineær sammenheng mellom spesifikk kostnad og enhetskostnad (Figur 9). Små anlegg har høyest kostnad, men reduseres med økende størrelse. Modellerte løsningsalternativer for åpent anlegg basert på uttak av grunnvann og energilager gir lavest enhetskostnader. Spesifikk kostnad for energilagrene er relativt høy, men får lave enhetskostnader på grunn av høye energileveranser av like mengder varme og kjøling. Kun tre av anleggene fra spørreundersøkelsen leverer kjøling, og ett av disse kan betraktes som tilnærmet balansert. Resten av anleggene i spørreundersøkelsen er for energiuttak.

Sammenligning av enhetskostnad og spesifikk kostnad mellom modellerte geoklasser og data fra spørreundersøkelsen viser at medianverdier for modellkjøringene harmonerer tilfredsstillende (Figur 10[2]). På grunn av fordyrende løsmasseboring ligger geoklasse 4 noe høyere enn geoklasse 3. Data fra spørreundersøkelsen ("Geokl34") omfatter trolig grunnvarmeanlegg i både geoklasse 3 og 4, men med hovedvekt innen geoklasse 3.



Figur 9 Resultater fra spørreundersøkelse og et sett med løsningsalternativer modellert i programvaren Earth Energy Designer.

[2] Figur 10 viser et boksplott som er en måte å vise statistiske verdier for ulike datasett. Hvert datasett angis med min- og maksimumsverdi (nedre- og øvre horisontale strek i enden av vertikal strek), første og tredje kvartil (nederste og øverste ende av boksen), samt medianverdi (strek inne i boksen). Boksplott kan også indikere hvilke observasjoner som kan betraktes som "slengere" (kors – plottet utenfor min- og maksimumsverdien). Plassering av medianverdien inne i boksen illustrerer skjevfordelingen i datasettet, mens lengden på boksen indikerer spredningen.



Figur 10 Enhetskostnader og spesifikk kostnad for basert på spørreundersøkelse og et sett med modellerte løsningsalternativer for geoklasse 1 og 2, 3 og 4. Geoklasse 3 og 4 (Geokl34) slått sammen refererer til data fra spørreundersøkelsen.

7.4 Sett med løsningsalternativer som grunnlag for kostnadskurver

For å angi ressurspotensialet for grunnvarme ble det valgt ut 4 løsningsalternativer som skal danne utgangspunktet for beregningen av hva det vil koste å dekke varme- og kjølebehovet i 2030 med grunnvarmebaserte varmepumper. De 4 alternativene er to anlegg for uttak av varme (7 og 100 kW), og to anlegg for energilagring (100 og 500 kW). Anleggsstørrelsen 7 kW er typisk for husholdninger, mens de øvrige størrelsene skal dekke varme- og kjølebehovet for næring og industri (Tabell 12). For alle 4 løsningsalternativer er det beregnet enhetskostnader for geoklasse 1 og 2, 3 og 4 (Tabell 13), tilsvarende som beskrevet i avsnitt 7.3. Tabell 13 viser at grunnvarmeanlegg basert på grunnvann og/eller etablert som energilager gir lavest enhetskostnader.

I denne delen av studien er det lagt til grunn at alt varme- (52,7 TWh) og kjølebehov (ca 2 TWh) i 2030 kan dekkes av levert energi fra varmepumpen. Effektfaktor 3,5 innebærer at 71,4% av levert energi er fra grunnvarme, mens de resterende 28,6% er elektrisitet til drift av varmepumpen.

Tabell 12 Sett med løsningsalternativer for beregning av enhetskostnader for utarbeidelse av kostnadskurver for økonomisk potensial for grunnvarme nasjonalt og fylkesvis.

Forkortelse	Beskrivelse
H_7kW	Grunnvarmeanlegg for husholdninger. Levert varmeeffekt fra varmepumpe er 7 kW.
N_100kW	Grunnvarmeanlegg for næringsbygg. Levert varmeeffekt fra varmepumpe er 100 kW.
N_100kW_EL	Grunnvarmeanlegg for næringsbygg. Levert varme- og kjøleeffekt er 100 kW. Balansert varmeuttak og varmetilførsel til energilageret.
N_500kW_EL	Grunnvarmeanlegg for næringsbygg. Levert varme- og kjøleeffekt er 500 kW. Balansert varmeuttak og varmetilførsel til energilageret.
I_100kW	Grunnvarmeanlegg for industribygg. Levert varmeeffekt fra varmepumpe er 100 kW.
I_100kW_EL	Grunnvarmeanlegg for industribygg. Levert varme- og kjøleeffekt er 100 kW. Balansert varmeuttak og varmetilførsel til energilageret.
I_500kW_EL	Grunnvarmeanlegg for industribygg. Levert varme- og kjøleeffekt er 500 kW. Balansert varmeuttak og varmetilførsel til energilageret.

Tabell 13 Enhetskostnader for sett med løsningsalternativer for de ulike geoklassene. Enhetskostnadene danner utgangspunkt for kostnadskurvene.

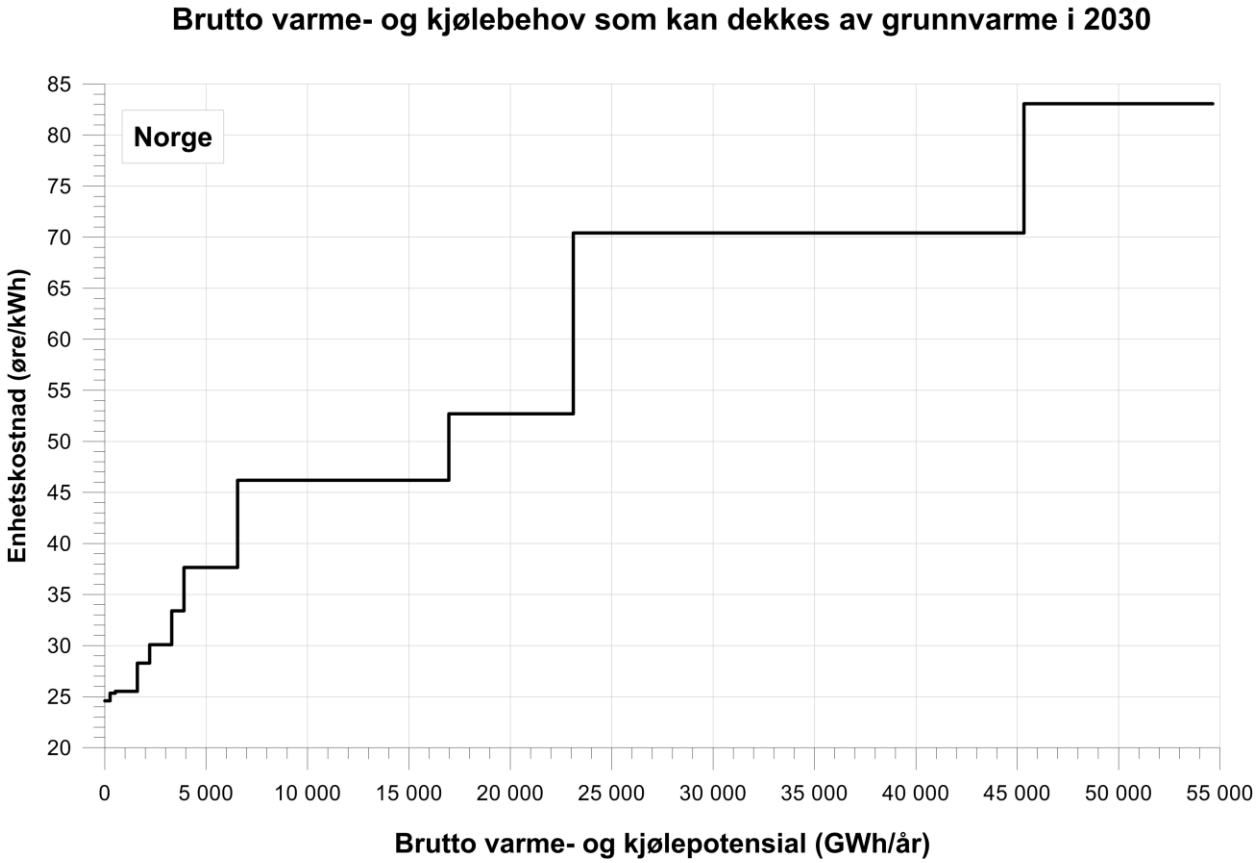
Geologi og anlegg	øre/kWh
Geokl1-2_500kW_EL	24,6
Geokl1-2_100kW_EL	25,3
Geokl3_500kW_EL	25,5
Geokl4_500kW_EL	28,3
Geokl3_100kW_EL	30,1
Geokl4_100kW_EL	33,4
Geokl1-2_100kW	37,6
Geokl3_100kW	46,2
Geokl4_100kW	52,7
Geokl3(1)_7kW	70,4
Geokl4(2)_7kW	83,1

De to løsningsalternativene for energilagring på henholdsvis 100 og 500 kW dekker hele kjølebehovet og tilsvarende mengde varme. Fordelingen mellom 100 og 500 kW er satt til 50-50 for næring og industri.

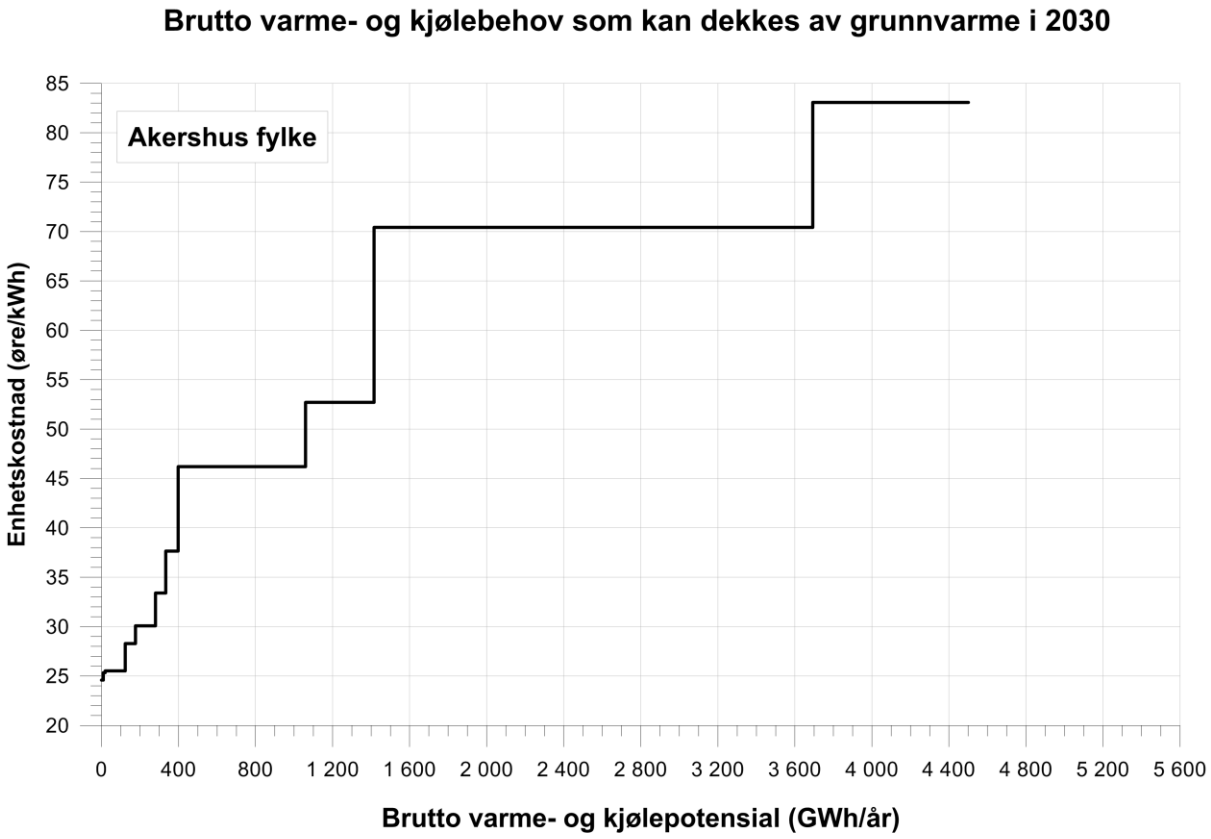
Den delen av varmebehovet som dekkes av grunnvarmeanleggene med energilagring, trekkes fra øvrig varmebehov. Alt varmebehov innen husholdning dekkes av løsningsalternativet 7kW, mens næring og industri dekker sitt varmebehov med løsningsalternativet 100 kW.

7.5 Nasjonal og fylkesvise kostnadskurver

Figur 11 viser enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Norge for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi. Figur 12 viser tilsvarende tall for Akershus fylke. Kostnadskurver for øvrige fylker er samlet i Vedlegg 5. Tabell 14 viser tallene som ligger til grunn for kostnadskurvene. Den nasjonale kostnadskurven viser at det er først og fremst anlegg for uttak av varme med enhetskostnader fra 46,2 øre/kWh og høyere som utgjør det store potensialet for grunnvarme. Husholdninger med bruk av den minste varmepumpestørrelsen har det største potensialet med til sammen ca 31,5 TWh/år fordelt med 22,2 á 70,4 øre/kWh og 9,3 TWh/år á 83,1 øre/kWh for henholdsvis geoklasse 3 og 4. Fra Tabell 14 ser vi at varme- og kjølepotensialet for bruk av grunnvann (åpent anlegg, geoklasse 1 og 2) er til sammen ca 3,2 TWh. Fordi åpne anlegg egner seg best for middels til store energileveranser, er alle husholdninger i områder med i geoklasse 1 eller 2 er betraktet som et lukket anlegg med borehull i fjell i geoklasse 3 (1) eller 4 (2). De fylkesvise kostnadskurvene i Vedlegg 5 gir innblikk i geologiske forskjeller mellom kyst- og innlandsfylker tilsvarende omtale av bebyggelse og geologiske forhold i kommuner (avsnitt 6.2.1). Østfold, Vestfold, Aust-Agder, Hordaland, Sogn og Fjordane og Nord-Trøndelag er fylker med svært høy andel av bygningsmassen innen områder med tynt løsmassedekke (geoklasse 3) og dermed optimale forhold for energibrønner i fjell med kollektorslangesystem.



Figur 11 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Norge for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



Figur 12 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Akershus fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.

Tabell 14 Enhetskostnad og økonomisk potensial for grunnvarme i Norge, fylkesvis inndeling for sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.

Geologi og anlegg	øre/kWh	Østfold	Akershus	Oslo	Hedmark	Oppland	Buskerud	Vestfold	Telemark	Aust-Agder	Vest-Agder	Rogaland	Hordaland	Sogn og Fjordane	Møre og Romsdal	Sør-Trøndelag	Nord-Trøndelag	Nordland	Troms	Finnmark	Norge
Geokl1-2_500kW_EL	24,6	2,6	9,7	0,0	26,1	20,5	17,1	4,2	2,9	8,0	29,0	26,4	18,0	13,4	18,8	22,8	14,8	6,9	7,5	9,9	259,9
Geokl1-2_100kW_EL	25,3	2,6	9,7	0,0	26,1	20,5	17,1	4,2	2,9	8,0	29,0	26,4	18,0	13,4	18,8	22,8	14,8	6,9	7,5	9,9	259,9
Geokl3_500kW_EL	25,5	79,2	103,9	54,6	22,2	41,7	55,0	63,5	31,6	37,3	33,5	163,8	140,0	26,8	54,4	50,1	26,3	46,7	26,6	16,1	1 086,6
Geokl4_500kW_EL	28,3	23,7	53,2	79,6	39,7	38,1	36,3	19,4	24,6	3,6	13,7	96,6	28,8	6,9	26,4	37,7	7,0	32,6	22,1	10,0	606,4
Geokl3_100kW_EL	30,1	79,2	103,9	54,6	22,2	41,7	55,0	63,5	31,6	37,3	33,5	163,8	140,0	26,8	54,4	50,1	26,3	46,7	26,6	16,1	1 086,6
Geokl4_100kW_EL	33,4	23,7	53,2	79,6	39,7	38,1	36,3	19,4	24,6	3,6	13,7	96,6	28,8	6,9	26,4	37,7	7,0	32,6	22,1	10,0	606,4
Geokl1-2_100kW	37,6	25,6	64,4	0,0	159,3	90,5	161,3	38,6	55,5	36,4	167,6	184,5	181,8	130,7	169,1	146,5	123,7	76,9	57,3	777,2	2 644,3
Geokl3_100kW	46,2	795,7	661,4	736,2	120,0	192,5	520,4	727,1	607,8	164,4	198,7	1 091,1	1 404,5	272,0	504,1	322,5	230,3	480,3	202,6	1 215,4	10 420,1
Geokl4_100kW	52,7	238,4	355,7	1 102,9	199,7	182,8	356,5	247,4	474,7	18,3	79,9	691,6	295,2	66,1	238,9	242,6	61,8	329,9	169,2	798,5	6 138,1
Geokl3(1)_7kW	70,4	1 514,3	2 277,5	2 163,9	554,2	882,9	1 313,6	1 241,9	875,1	640,7	753,0	1 715,6	2 537,6	574,2	1 085,7	1 214,9	778,5	1 054,5	703,6	343,2	22 225,0
Geokl4(2)_7kW	83,1	202,5	808,2	1 013,0	880,9	634,0	534,2	288,7	376,3	56,2	303,3	819,2	379,6	178,6	527,6	655,3	194,6	713,8	461,9	283,2	9 311,0
	SUM	2 987,6	4 501,0	5 284,5	2 090,3	2 183,3	3 102,8	2 717,9	2 507,8	1 013,9	1 654,9	5 075,6	5 172,2	1 315,7	2 724,7	2 802,8	1 485,2	2 827,7	1 707,0	3 489,5	54 644,4

8 USIKKERHETER OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

8.1 Geologi

Svakheter ved den geologiske delen av GIS-analysen:

8.1.1 Berggrunnens varmeledningsevne, grunnens temperatur og grunnvannsstrømning

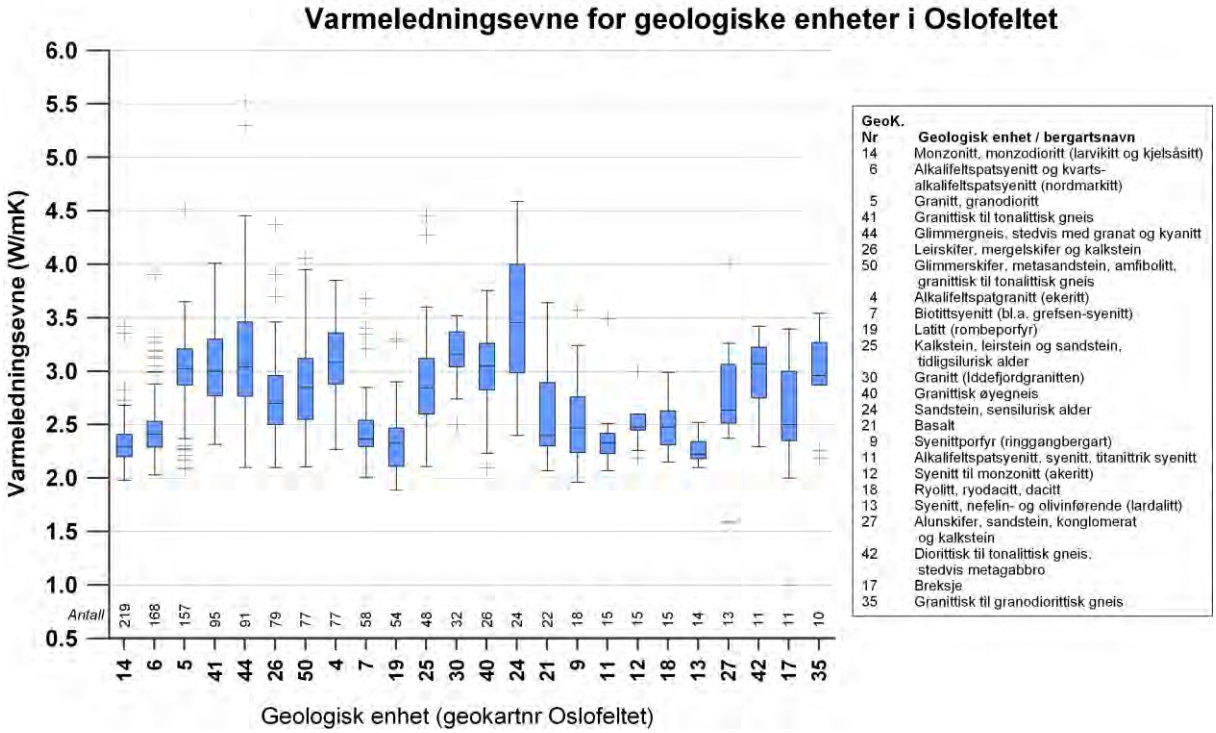
Nødvendig borelengde for energibrønner med kollektorslange er avhengig av berggrunnens varmeledningsevne, grunnens temperatur og grunnvannsbevegelse. Men på grunn av begrenset innflytelse på kostnadsmessige forhold, ble det vurdert for omfattende å ta hensyn til disse forholdene i denne studien:

1. Berggrunnens varmeledningsevne har betydning for effekt- og energiuttaket fra en energibrønn i fjell med kollektorslange. Laboratoriemålt varmeledningsevne på forskjellige bergarter viser at vanlig variasjonsområde er mellom 2-4 W/m·K, med hovedtyngde mellom 2,5-3,5 W/m·K (Figur 13) (Ramstad et al., 2008). For et enkeltbrønnsanlegg betyr dette at behovet for boring i fjell reduseres med opptil 15%. I forhold til totalkostnadene på anleggene, kan mindre borebehov som følge av god varmeledningsevne dermed gi besparelser i størrelsesorden 3-7 % av anleggskostnadene (utomhusdel og varmepumpeinstallasjon, men uten installasjon av vannbåren varmedistribusjonssystem). Målinger på energibrønner viser at virkelig varmeledningsevne (effektiv varmeledningsevne) ofte er 20 % høyere enn laboratoriemålte verdier (Liebel et al., 2009). Siden konsekvensen for investeringskostnaden er liten, anbefales det vanligvis å bore noen meter ekstra for å være sikker på at varmepumpens driftsforhold blir optimale for høy virkningsgrad gjennom fyringssesongen. Høy virkningsgrad har stor betydning for grunnvarmeanleggets totaløkonomi.

2. Berggrunnens naturlige temperatur har også betydning for energiuttaket fra energibrønner. Siden kollektorvæsken som sirkulerer i energibrønnen er en blanding av frostsikker væske og vann for drift ved minusgrader, er det mulig å etablere energibrønner der temperaturen i grunnen er nær 0 °C. For energilagring har temperaturen i grunnen mindre betydning. Vanligvis er berggrunnens naturlige temperatur 1-2 grader høyere enn årsmiddeltemperaturen på stedet. I områder hvor grunnens temperatur er høy (7 °C), ligger besparelsen i boreutgifter sammenlignet med områder med lav temperatur i grunnen (2-3 °C), i samme størrelsesorden som for berggrunnens varmeledningsevne.

3. Høy grunnvannsstrømning er gunstig for uttak av energi, men ugunstig for energilagring. Mulig uttatt effekt per brønn kan trolig variere i størrelsesorden 10 % som følge av grunnvannsstrømning.

NGU og NVE har tidligere forsøkt å utarbeide oversiktskart over varmeledningsevne og grunnvannsbevegelse. Dette arbeidet er relativt ressurskrevende og er samtidig forbundet med usikkerheter. Det har også vist seg at oversiktskart med inndeling av egnethet lett kan bli ”misbrukt/feiltolket” ved at utbyggere utelater å vurdere grunnvarme fordi oversiktskart viser at de naturgitte forholdene er lite eller mindre egnet. Sammenlignet med store deler av Europa, hvor man har sedimentære bergarter, kan norsk krystallinsk berggrunn betraktes som meget godt eller svært godt egnet for uttak av grunnvarme.



Figur 13 Laboratoriemålt varmeledningsevne for forskjellige bergarter(geologiske enheter) på kartblad Oslofeltet (Ramstad et al., 2008).

8.1.2 Geoklasse 1 og 2

1. I GIS-analysen er det ikke tatt hensyn til grunnvannets temperatur. Det antas at grunnvannstemperaturen i Troms og Finmark, og kanskje i enkelte høyereliggende strøk i innlandet, er for lav for uttak av varme (mindre enn 3-4°C), men godt egnet til kjøleformål. Konsekvensen er at potensialet for bruk av grunnvann til oppvarming i disse områdene er overestimert. I landet for øvrig, forventes grunnvannstemperaturen å være tilfredsstillende.

2. Det er ikke alle områder som er kartlagt som *Viktig grunnvannsressurs* hvor uttak av grunnvann er mulig. I hvert tilfelle må det gjøres detaljerte hydrogeologiske forundersøkelser for å avgjøre lokalitetens egnethet. Områder kartlagt som geoklasse 1 og 2, egnet for uttak av grunnvann, er derfor overestimert.

3. Enkelte områder kan være egnet for grunnvannsuttak selv om de ikke er kartlagt som *Viktig grunnvannsressurs.* Dette kan være områder som er vurdert til å gi mindre vann

enn 5 liter per sekund, eller det kan være områder der andre typer løsmasser er avsatt over sand- og grus egnet for uttak av grunnvann. Et eksempel på dette er Melhus sentrum, der marin leire er avsatt over sand- og grus. I dette tilfellet vil potensialet for bruk av grunnvann være underestimert.

8.1.3 Geoklasse 3 og 4

1. Den største svakheten ved den geologiske delen av GIS-analysen er bruk av flate- og punktdata. NGUs kartlegging av løsmasser er en overflatekartlegging med fokus på type jordart og avsetningshistorie. Inndeling i tykke og tynne løsmasser gjenspeiler henholdsvis løsmassedekkets *sammenhengende* (tykt) *og usammenhengende* (tynt dekke) *utbredelse* på overflaten. Den faktiske tykkelsen av et løsmassedekke, kartlagt som tynt, er sjelden mer enn 1-2 meter tykt, mens den faktiske tykkelsen av et løsmassedekke, kartlagt som tykt, kan variere fra minimum 1-2 meter til over 100 meter. NGUs inndeling i tykt dekke trenger derfor ikke å bety at tykkelsen på løsmassene vil påvirke grunnvarmeanleggets lønnsomhet nevneverdig. Erfaringsvis avslører boringer at områder kartlagt med tykt løsmassedekke ofte har begrenset tykkelse (for eksempel mindre enn 10 meter tykt). Kartlegging av fjellblotninger eller områder med tynt dekke i nærheten, samt tolkning av fjelltopografi, gir også indikasjoner på tykkelsen av løsmassene i de enkelte områdene.

   Ved å dele inn punktdataene i kategoriene <5, 5-30 og >30 meter, for deretter å sette skillet mellom mellom tykt og tynt løsmassedekke ved 30 meters dybde, gjør at store områder uten punktdata feilaktig blir kartlagt som tykt løsmassedekke. Konsekvensen av dette, er at store arealer blir kartlagt med for høye investeringskostnader for grunnvarmeanlegg enn de burde. Denne feilen kan forbedres ved:

   a) Innsamling og bruk av flere allerede eksisterende punkt- (geotekniske boringer fra kommuner, Vegvesen, og andre. For eksempel Oslo kommune har en egen database for grunnundersøkelser – Undergrunnsdatabasen.) og linjedata (geofysiske data som for eksempel seismikk, georadar, gravimetri, resistivitet mm. Dette er data NGU allerede har i sin DRAGON-database, men som må tolkes og tilrettelegges for å kunne benyttes i en videreutvikling av kartproduktet fra denne studien).

   b) Å gjøre systematiske GIS-analyser av fjelltopografi (terrengmodeller).

   c) Statistiske analyser av dybde til fjell med alle tilgjengelig punkt- og flatedata. Dette kan gjøres som en videreføring av denne studien, samt en liknende studie knyttet til veisalting og saltforurensning av brønner, opprinnelig initiert av Statens vegvesen. Arbeidet ”Statistical relation between depth to bedrock and horizontal distance to exposed bedrock” ble presentert på NGUs Hydrogeologidag i 2011 (side 48 i NGU-rapport 2011.007, Aune, 2011).

   d) Dataene som er benyttet i kartleggingen er statiske data. Oppgaveplikten ved brønnboring gjør at NGU kontinuerlig får innrapportert nye boringer. Som en videreutvikling av kartene utarbeidet i denne studien, bør det utvikles en dynamisk karttjeneste som oppdateres etter hvert som nye data kommer til.

e) Det kan være betydelige lokale variasjoner i fjelltopografi og dybde til fjell innen rutenettet på 250×250 meter som er benyttet i denne studien. For å forbedre nøyaktigheten ytterligere, bør det vurderes å benytte et rutenett med større oppløsning, for eksempel 100×100 meter som snart forventes publisert av SSB. Dette vil generere store datamengder, og det kan være hensiktsmessig å arbeide på mindre områder, for eksempel kommunenivå.

f) Som et alternativ, kan områder uten punktdata kartlagt som tykt dekke benevnes med "ukjent løsmassetykkelse". I arbeidet med kartlegging av løsmassetykkelse bør befolkningsrike områder prioriteres.

8.1.4 Andre typer anleggsløsninger

1. Jordvarme (avsnitt 4.4) og andre varianter av grunnvarmeanlegg er ikke inkludert i studien, men representerer et potensial for bruk av grunnvarme. Siden jordvarmeanlegg krever løsmasser og et visst areal for utlegging av kollektorer i grøft, bør geoklasse/løsmassetykkelse (geoklasse 4 og eventuelt geoklasse 1 og 2) og tomtestørrelse for boligeiendommer være utvelgelseskriterium i GIS-analysen.

2. Utover de tre hovedtypene av anlegg som er presentert (avsnitt 4), finnes det andre varianter og det er en stadig utvikling av systemer tilpasset spesielle forhold og godt egnet for mindre anlegg. Dette er særlig anleggsløsninger for områder med tykke løsmasser (geoklasse 4) hvor tradisjonelt lukket anlegg med borehull i fjell ofte vurderes som for kostbart.

8.2 Varme- og kjølebehov

8.2.1 Geografisk lokalisering

Bruk av SSBs rutenettstatistikk for bygningsmasse 2010 for å lokalisere varme- og kjølebehovet i 2030 geografisk, representerer en feilkilde med tanke på lokalisering av både nybygging og riving. Den praktiske betydningen av denne feilkilden er trolig begrenset, da nybygging og riving forventes å være forholdsmessig tilnærmet jevnt fordelt mellom geoklasse 1-4.

8.2.2 Tilordning av varme- og kjølebehov

Tilordning av fremskrevet varme- og kjølebehov i 2030 til bygningsmassen i 2010 representerer en feilkilde. Fremskrivningen av varme- og kjølebehov legger til grunn en økning i bruksareal for boliger og næringsbygg mot 2030 (Lindberg og Magnussen, 2010). Bygningsmassen for 2010 får derfor tilordnet et større varme- og kjølebehov per bygg enn hva som er tilfelle i virkeligheten. Siden tilordningen av varme- og kjølebehov baserer seg på en prosentvis fordeling av bygningsmassen innen de respektive kategorier og geoklasser, vil

dette trolig ha mindre betydning forutsatt at nybygging og riving er forholdsmessig tilnærmet jevnt fordelt mellom geoklasse 1-4.

8.3 Kostnadsanalyse

Fire effektstørrelser hvorav to for uttak av varme (7 og 100 kW) og to for energilagring (100 og 500 kW) er for lite for å speile variasjoner i anleggsstørrelse, og representerer en usikkerhet i analysen. Særlig varmeuttak vil kreve hele spektret av anleggsstørrelser med tilhørende enhetskostnader. For å redusere denne usikkerheten må man ha kjennskap til byggets virkelige effekt- og energibehov for varme og kjøling, samt byggets geografiske plassering for vurdering av geologiske forhold. På nasjonalt nivå vil dette gi store datamengder og sannsynligvis en del usikkerheter forbundet med manglende bygginformasjon i Matrikkelen. Vi foreslår imidlertid at denne fremgangsmåten prøves ut i mindre skala, for eksempel for en kommune slik som foreslått i avsnitt 8.4.2.

For de minste husholdningsbyggene som rekkehus, hytter og de minste eneboligene, vil levert effekt (7 kW) og varme (28 000 kWh/år) være for høyt og enhetskostnadene er derfor per i dag beregnet for lavt. Denne feilkilden vil øke med årene ettersom krav til isolasjon og tetthet i byggforskriftene skjerpes. Samtidig forventes en utvikling av varmepumpesystemer med grunnvarme som ivaretar et stadig synkende oppvarmingsbehov i boliger.

Det er ikke tatt spesielt hensyn til blokkbebyggelse i kostnadsanalysen som da tilegnes samme enhetskostnad (7 kW) som øvrige husholdningsbygg (Tabell 5). Blokker burde hatt lavere enhetskostnader, tilsvarende 100 kW (Tabell 12 og Tabell 13). Det er ikke kjent hvor stor denne feilkilden er utover at det er registrert ca 33 000 boligblokker (Tabell 5) nasjonalt. Feilen kan forbedres ved å spesielt ta ut boligblokker fra husholdningskategorien.

Det er ikke tatt hensyn til energidekningsgrad i kostnadsanalysen. Vanligvis dimensjoneres grunnvarmepumpebaserte varmepumpeanlegg til å dekke 90% av varmebehovet. For hele Norge utgjør 90 % av varmebehovet i 2030 47,4 TWh.

Det er ikke realistisk at hele Norges varme- og kjølebehov skal dekkes av grunnvarme. De fleste norske bygg har per i dag ikke nødvendig vannbårent varmedistribusjonssystem (gulvvarme, radiatorer eller viftekonvektorløsninger), noe som er en forutsetning for bruk av grunnvarme og tilhørende væske-vann varmepumpe. Omlegging til vannbåren varmedistribusjon i eksisterende bygg er ressurskrevende og gjøres vanligvis i forbindelse med større rehabiliteringer og ombygginger. Frem mot 2030 vil nær 30 TWh av varmebehovet være for nye (18,8 TWh) og rehabiliterte (11 TWh) bygg. Det bør derfor prioriteres at denne delen av bygningsmassen får installert nødvendig vannbårent varmedistribusjonssystem og grunnvarmeanlegg.

8.4 Forslag til videre arbeid

Utover forslag til reduksjon av usikkerhet beskrevet ovenfor, ønsker vi å foreslå følgende:

8.4.1 Kartlegging av potensial for redusert effektbelastning

Sammenlignet med elektrisk oppvarming reduserer grunnvarmebaserte varmepumpesystemer behovet for elektrisk effekt, også på kalde vinterdager med høy effektbelastning. Det bør derfor gjøres en studie som utvikler metodikk for kartlegging av potensial for bruk av grunnvarmebaserte varmepumpesystemer som effektreduserende tiltak. Studien må kartlegge varmebehov, varmekilde og redusert behov for overføring av elektrisk effekt ved bruk av grunnvarme og tilhørende spisslastsystemer. For metodeutvikling vil det være hensiktsmessig å se på et mindre område med anstrengt overføringskapasitet. Nødvendig grunnlagsinformasjon kan hentes fra Matrikkelen, SSBs rutenettsstatistikk for bygningsmasse eller SSBs kommuneoversikter for energibruk. Utvelgelse av områder med anstrengt overføringskapasitet for elektrisk effekt baseres på NVEs egne oversikter.

Neste trinn i en slik studie kan for eksempel være å avdekke hvilke tiltak som har best lønnsomhet i forhold til utbygging av overføringskapasitet sammenlignet med bygningsmessige tiltak for redusert varmebehov og/eller bruk av alternative energikilder.

8.4.2 Metodisk videreutvikling på kommunenivå

Det vil være interessant å utvikle kartleggingsmetodikken benyttet i denne studien for tilrettelegging av mer systematisk bruk for eksempel på kommunenivå. Tilgjengelig informasjon brukes til videreutvikling av eiendommer og bygg og tilrettelegges spesielt for kommune (kommunale planprosesser, kommunale bygg), større eiendomsbesittere og privatpersoner. Det forventes at kommuner og øvrige brukere har ulikt behov for tilrettelegging.

I stedet for å ta utgangspunkt i SSBs rutenettstatistikk for bygningsmasse, foreslår vi her å ta utgangspunkt i Matrikkelen. Informasjon av interesse vil blant annet være byggtype, -areal, byggeår, rehabilitering, energimerke, tomteareal, antall personer, alder og kjønn mv. For bygg uten energimerke, kan byggets forventede varme- og kjølebehov beregnes ut fra byggtype, -areal og byggeår/rehabiliteringsår, eventuelt personinformasjon. Ved å koble denne informasjon mot geologi i form av geoklasser, kan man gjøre systematiske vurderinger av muligheter og begrensninger for bruk av ulike typer grunnvarmeanlegg på tomten. En eiendomsbesitter kan på denne måten, for eksempel via *Minside*, enkelt få tilrettelagt informasjon om:

- Hvilken type grunnvarmeanlegg er det mulig å etablere på tomten – åpent anlegg med direkte varmeveksling av grunnvann, lukket anlegg med borehull i fjell, eller jordvarme med nedgravde kollektorslange i grøft?

- Hvis det er mulighet for å etablere flere typer grunnvarmeanlegg på tomten. Hvilken av anleggstypene vil ha lavest enhetskostnader basert på byggtype og byggets energimerke/ behov for varme og kjøling?

- På hvilken del av tomten vil det være aktuelt å plassere grunnvannsbrønn, energibrønner eller nedgravde kollektorslanger.

I tillegg til kommunen som eiendomsbesitter, vil informasjon om grunnvarme være nyttig i forbindelse med rullering av kommuneplaner hvert fjerde år. Nye boligområder og

næringsarealer vil da automatisk få en vurdering av grunnvarme som alternativ energikilde. Per i dag er muligheter for bruk av grunnvarme allment lite kjent med den konsekvens at grunnvarmebaserte varmepumpeløsninger ofte utelates i vurderingen av alternative energikilder. Automatiserte rutiner hvor grunnvarme inkluderes allerede på kommuneplannivå og via *Minside,* vil sannsynligvis forbedre den generelle kjennskapen til bruk av grunnvarme betraktelig.

8.4.3 Muligheter for bruk av grunnvarme til fjernvarme og nærvarme

Studien tar ikke hensyn til områder med konsesjon for fjernvarme. For best mulig utnyttelse av tilgjengelige ressurser, foreslår vi en kartlegging av grunnvarmeressurser innenfor områder med fjernvarmekonsesjon. Det bør gjøres en GIS-analyse av om grunnvarme kan være aktuelt som fremtidig grunnlast, eventuelt supplement til eksisterende og planlagte fjernvarmeanlegg med konsesjon. Noen sentrale forhold som foreslås belyst er:

- Muligheter for uttak av grunnvann (åpent anlegg) for varme- og kjøleleveranser.

- Behov for varme- og kjøleleveranser fra borehullsbaserte grunnvarmeanlegg (lukket anlegg). For eksempel som nærvarmeanlegg innenfor konsesjonsområdet der fremføring av tradisjonell høytemperatur fjernvarme ikke er utbygd eller ulønnsomt. Dette kan for eksempel være nye bolig-/forretningsområder hvor borehullsbaserte grunnvarmeanlegg kan skreddersys brukernes varme- og kjølebehov.

Studien baseres på digitaliserte kart over konsesjonsområdet for fjernvarme, varme-/kjølesentraler, og planlagt og utbygd infrastruktur for fjernvarme.

9 SUKSESSKRITERIER FOR GRUNNVARME

9.1 Kunnskap, informasjon og veiledning

Det tre viktigste suksesskriterier for grunnvarme er kunnskap, informasjon og veiledning! Inspirert av svenske erfaringer og forskning, ble grunnvarme introdusert som fagområde i Norge ved Norges geologiske undersøkelse på midten av 90-tallet. Siden den gang har det vært noe forskningsaktivitet og kompetansen har først og fremst økt hos brønnborerbransjen, varmepumpeleverandører og rørleggerbransjen, samt blant et svært lite fagmiljø av forskere og konsulenter, flere av dem med utgangspunkt i aktiviteten ved NGU. Grunnvarme som fagområde ligger i et skjæringsfelt mellom geologi – berggrunn, grunnvann og løsmasser på den ene siden, varmepumpe og VVS-teknikk på den andre siden. I tillegg er grunnleggende varmelære (varmeledning og konveksjon) nødvendig. Per i dag er det ingen studieretning spesielt for grunnvarme, men det er gjennomført flere masteroppgaver og snart 3 doktorgrader innenfor emnet ved Institutt for geologi og bergteknikk og Institutt for energi- og prosessteknikk ved NTNU. Velfungerende grunnvarmeanlegg krever kvalitet i alle ledd, og en målrettet satsning for økt bruk av grunnvarme bør derfor ta utgangspunkt i å styrke alle deler av fagmiljøet, både blant forskere, konsulenter, brønnborere, varmepumpeleverandører og rørleggere. Sertifisering kan være ett av virkemidlene.

Samtidig er det viktig å øke den generelle kunnskapen om grunnvarme. Den vanligste grunnen til at grunnvarmebaserte løsninger ikke blir valgt, er at de aldri kommer i betraktning på grunn av liten kjennskap til teknologien. Tiltak for å øke den generelle kunnskapen om grunnvarme kan være å:

- Alltid vurdere grunnvarme som energiløsning på alle nivå og i alle faser av byggprosjekter (kommuneplan, regulering, skisseprosjekt, forprosjekt, bygging/rehabilitering).

- Faglig og systematisk tilrettelegging av geologisk informasjon tilpasset den enkelte brukers behov.

9.2 Høy investering, planlegging og tidsperspektiv

Grunnvarme er dyrt å installere. I tillegg kreves planlegging for å harmonisere varmeanlegget med eksisterende anlegg, eller planlegging av nytt vannbårent varmedistribusjonssystem. Manglende tradisjon for utstrakt bruk av vannbåren varmedistribusjon, særlig i boligmassen, gjør at mange kvier seg for ekstraarbeid med planlegging og investering i vannbåren varme. Kostnader ved installasjon av vannbåren varmedistribusjonssystem er behandlet i Haarberg et al. (2009). Til tross for høye investeringskostnader og ekstra planlegging, er grunnvarme billig i drift og lønnsomt i et langt tidsperspektiv. Lønnsomheten er blant annet avhengig av pris på konkurrerende energivarer, anleggstype, størrelse på anlegg og geologiske forhold. Høy komfort, lite vedlikehold og høy driftssikkerhet, alltid tilgang til gratis, lokal, fornybar og utslippsfri omgivelsesvarme fra berggrunn, grunnvann og jord, samt forutsigbare driftskostnader, kommer som plussfaktorer.

I Sverige har allerede 300 000 boligeiere (ca 15 % av bygningsmassen for småhus) installert grunnvarmeanlegg, og over 30 000 gjør det hvert år. Den største forskjellen mellom Norge og Sverige er at boligmassen i langt større grad er etablert med vannbårent varmedistribusjonssystem. De naturgitte forholdene for bruk av grunnvarme er minst like gode i Norge som i Sverige.

Økonomisk lønnsomhet og enkle løsninger er avgjørende for å overvinne faktorene høy investering, ekstra planlegging og lange tidsperspektiv. I tillegg til generell virkemiddelbruk som økonomiske, regulatoriske, kompetanse og adferdsrelaterte (Lindberg og Magnussen, 2010), bør det, kanskje spesielt for husholdningssektoren, utvikles enklere og billigere løsninger som senker terskelen for investering. Dette gjelder både varmedistribusjonsløsninger, og varmepumpe og borehull/grøft. Separate budsjett for investering og drift har vært, og er fortsatt en effektiv barriere for langsiktige og helhetlige gode varme- og kjøleløsninger som grunnvarme.

9.3 Sluttbetraktninger

Hvis vi vil, kan alt varme- og kjølebehov for norsk bygningsmasse dekkes av grunnvarmebaserte varmepumpeløsninger. Forutsatt 90 % energidekningsgrad for varme, vil netto uttak av varme- og kjøling i 2030 fra berggrunn, jord og grunnvann være henholdsvis ca 33,9 og 1,75 TWh varme og kjøling (årsvirkningsgrad for varme er 3,5 og kjøling er 10 (hovedsaklig frikjøling)). Resterende varme- og kjøleleveranse dekkes av elektrisitet til drift av varmepumpen. Siden grunnvarmebaserte varmepumper opprettholder virkningsgraden i den kaldeste delen av fyringssesongen, vil også effektbesparelsene være store. Grunnvarmebaserte varmepumpesystemer er godt egnet for akkumulering over døgnet og sesong. Sammen med automatisert timesavlesning av effekt- og energiforbruk, som forventes innført de nærmeste årene, kan akkumulering foregå i timer av døgnet med lavest forbruk av effekt (lavest energipris) og således bidra til mindre belastning av strømnettet og mindre behov for utbygging av nettkapasitet.

Videre er grunnvarmebaserte varmepumpesystemer godt egnet for sesonglagring av overskuddsvarme. Dette åpner for spennende kombinasjonsløsninger av grunnvarme og sol.

For å få etablert flest mulig vellykkede grunnvarmeanlegg i et langtidsperspektiv, er det viktig med styrt utvikling der bransjen vokser i et sunt tempo. Fokus bør være faglig utvikling, kunnskapsformidling/informasjon og gode løsninger.

10 REFERANSER

Aune, T. (2011): Program og sammendrag for "Det 20. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 14.-15. februar 2011. NGU-rapport 2011.007, 57 sider.

Blomberg, T., Claesson, J., Eskilson, P., Hellström, G. og Sanner, B. (2006): EED 3.0 Earth Energy Designer – Software within building physics and ground heat storage. BLOCON, 60 sider.

Haarberg, K.J, Elnan, K., Essen, J., Hovden, A., Ekvall, T. og Melbäck, J. (2009): Kostnader ved installasjon av vannbåren varme. Sammenlikning av Norge og Sverige. Oppdragsrapport for Enova utført av Prognosesenteret, 92 sider.

Hofstad, K.(red) (2007): Kostnader ved produksjon av kraft og varme. Håndbok 1 2007. Norges vassdrags- og energidirektorat, 56 sider.

Liebel, H.T., Huber, K., Frengstad, B., Ramstad, R.K. og Brattli, B. (2009): Thermogeology in the Oslo region and Kristiansand – Results from thermal response tests (TRT) with and without artificially induced groundwater flow. NGU-rapport 2009.069, 62 sider.

Lindberg, K.B. og Magnussen, I.H. (2010): Tiltak og virkemidler for redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger. Rapport nr 4/2010. Norges vassdrags- og energidirektorat, 209 sider.

Lislebø, O. og Havskjold, M. (2010): Fremskrevet energibehov i 2030 – Data, metode og aggregerte resultater. Utarbeidet for Asplan Viak, 12.10. 12 sider.

Midttømme, K., Berre, I., Hauge, A., Musæus, T.E., Kristjànsson, B.R. (2010): Geothermal Energy – Country Update for Norway. Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali Indonesia, 6 sider.

NGU (2011): Grunnvannsdatabasen.

Nowacki, J.E. (2007): Heat pumps in energy statistics – Suggestions. Nowab, STEM dnr: 17-07-3784, 23 sider.

Ramstad, R.K., Tiarks, H. og Midttømme, K. (2008): Ground source energy – Thermal conductivity map in the Oslo region. Plakatpresentasjon ved NGUs stand på the 33. International Geologic Congress Oslo.

Statens kartverk (2006): SOSI standard – generell objektkatalog versjon 4.0. Fagområde: Løsmassegeologi. Statens kartverk, 68 sider.

Strand, G.H og Bloch, V.V.H. (2009): Statistical grids for Norway. Documentation of national grids for analysis and visualisation of spatial data in Norway. Statistisk sentralbyrå, 2009/9, 41 sider.

VEDLEGG

Innhold

Vedlegg 1: Detaljert beskrivelse av GIS-analyse, geologi 44

Vedlegg 2: NGUs løsmassedatabase – kartinnsyn ”Mektighet”.....60

Vedlegg 3: Antall bygg fordelt mot geoklasser - kommuneoversikt.....62

Vedlegg 4: Spørreundersøkelse.....72

Vedlegg 5: Fylkesvise kostnadskurver 73

Vedlegg 1: Detaljert beskrivelse av GIS-analyse, geologi

Orginale data:

1. **NGU**

   Losmassedatabasen:
   - LOSMSDE_AnnetLosmPKT (Punkter som representerer bart fjell)
   - LOSMSDE_LosmBorehull
   - LOSMSDE_LosmBoreCheckGe
   - LosmFlate
   - LosmGrense
   - LosmStratigrafiPkt

   Granada:

   - Brønner_Berggrunn
   - GvEnhet_Fjell
   - GvEnhet_løsmasse
   - GVFJELLBRONNER
   - GVFJELLKILDER
   - GVLOSMASSEBRONNER
   - GVLOSMASSEKILDER
   - GVSONDERBORINGER
   - Kilder_Andre
   - Tilleggsparametere_brønner (Tilleggsinformasjon til GVFJELLBRONNER, GVLOSMASSEBRONNER og GVSONDERBORINGER)

2. **Asplan Viak**

   Norgeskart:
   - N250_Sosi

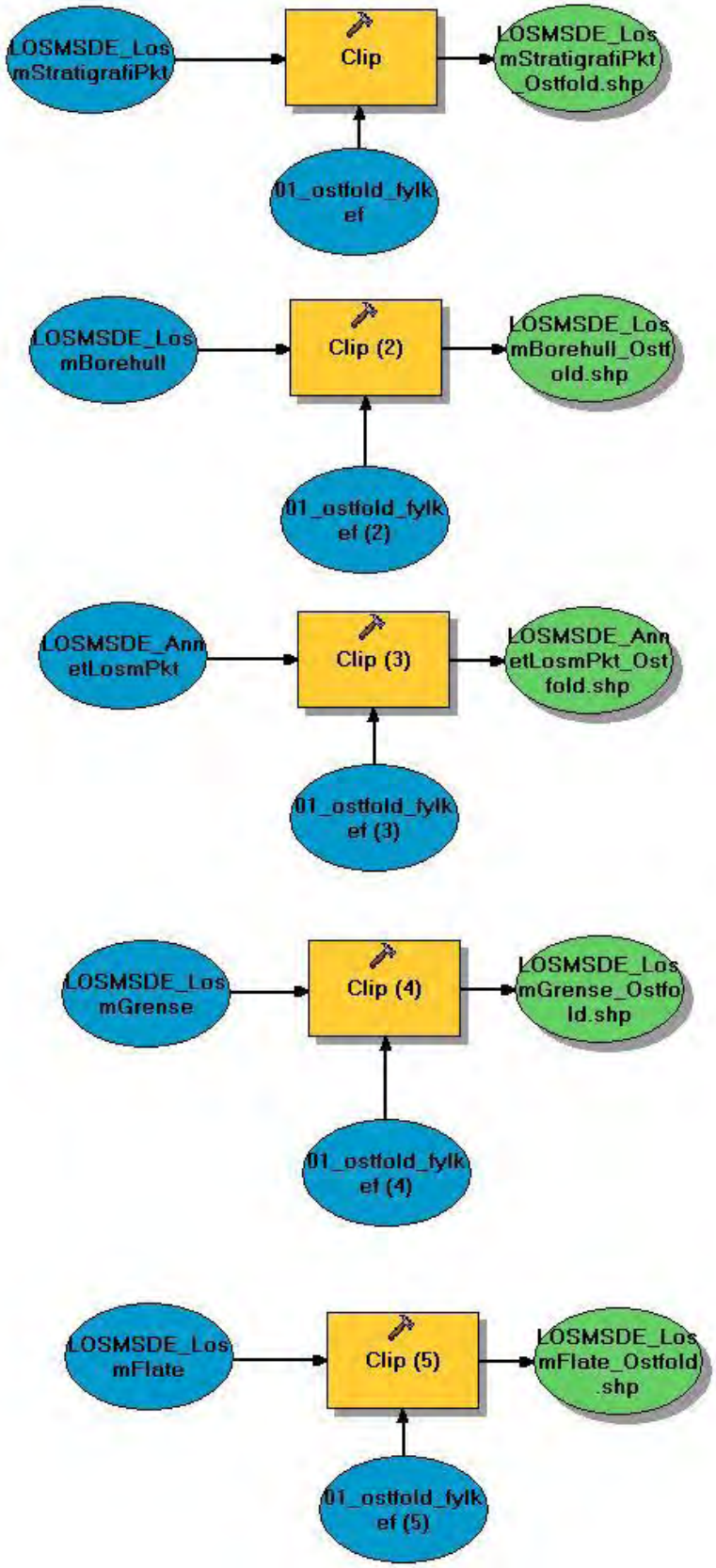
3. **Statistisk Sentralbyrå**

   Rutenett Norge 250x250m:
   - Rutenettsdata for hele landet med inndelinger i 250 x 250 m ruter

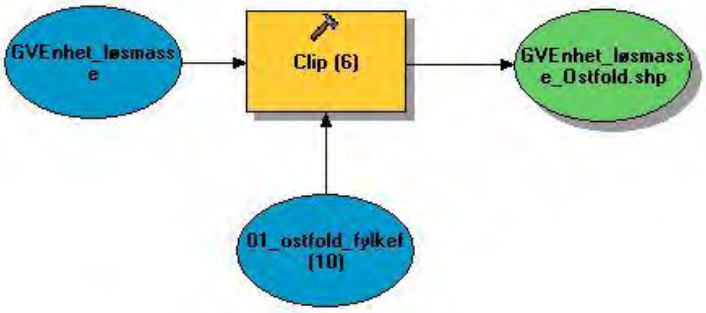
   Bygningsstatistikk:
   - Tabell med bygningsstatistikk som kan koples mot rutenettsdata

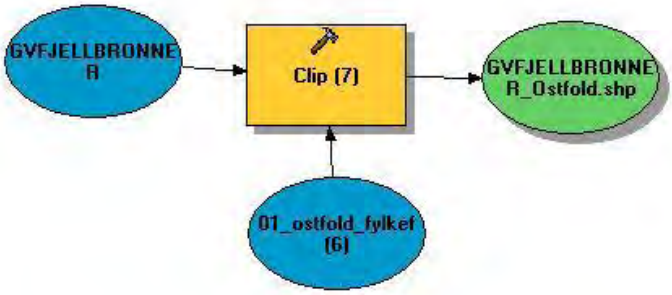
Forbereding av data:

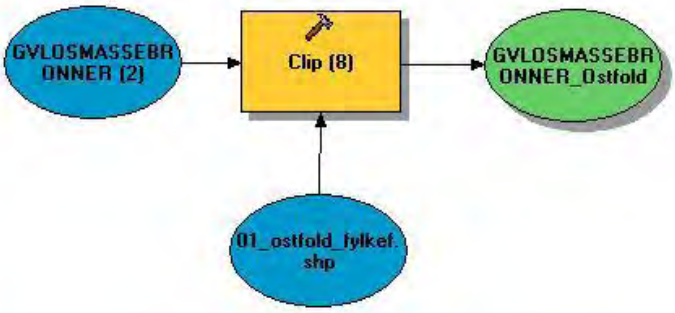
1. **Løsmassedatabasen klippes etter fylke:**

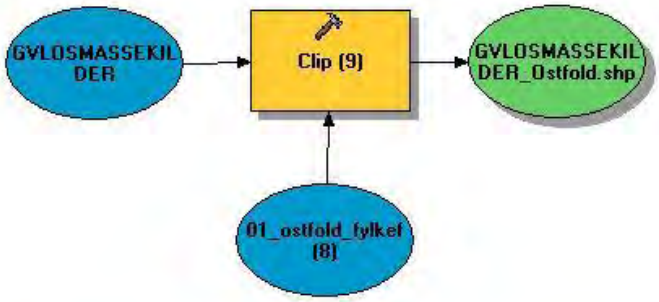


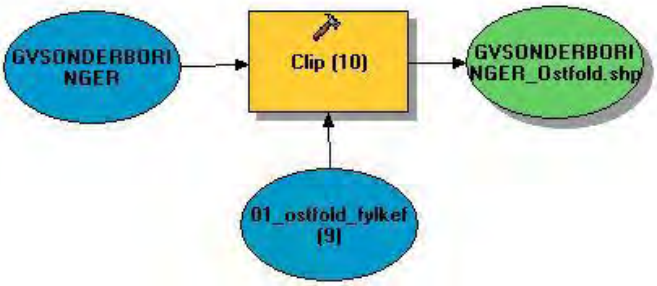
2. Granada klippes etter fylke:



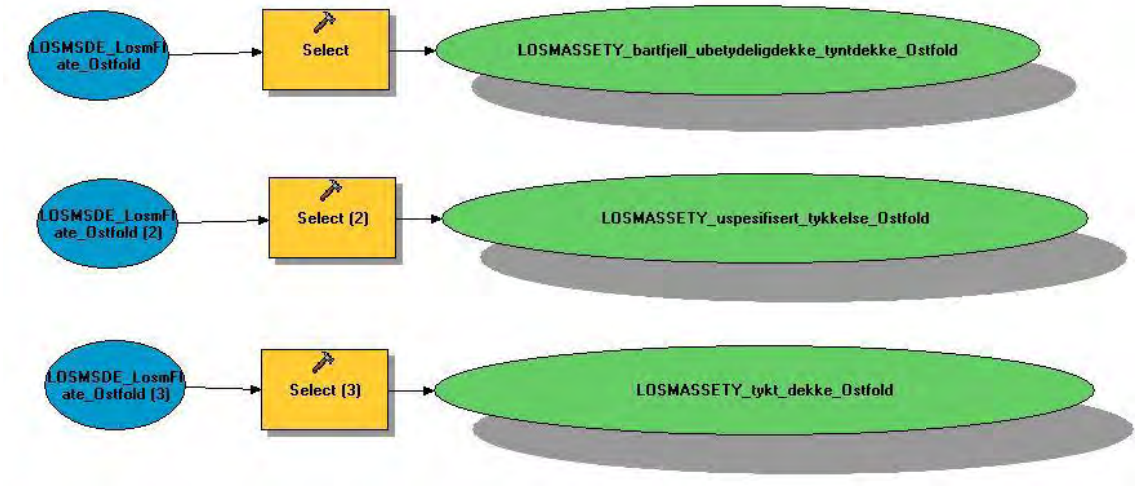








3. **Løsmassedatabasens *"LOSMSDE_LosmFlate"* deles inn i de tre kategoriene:**
   - Bart fjell, ubetydelig dekke og tynt dekke
   - Uspesifisert tykkelse
   - Tykt dekke
   -



SQL-eksempel: "LOSMASSETY" = 130 OR "LOSMASSETY" = 140 OR "LOSMASSETY" = 12 OR "LOSMASSETY" = 43 OR "LOSMASSETY" = 52 OR "LOSMASSETY" = 55 OR "LOSMASSETY" = 72 OR "LOSMASSETY" = 82 OR "LOSMASSETY" = 100 OR "LOSMASSETY" = 101, brukes for å selektere ut "Bart fjell, ubetydelig dekke og tynt dekke"

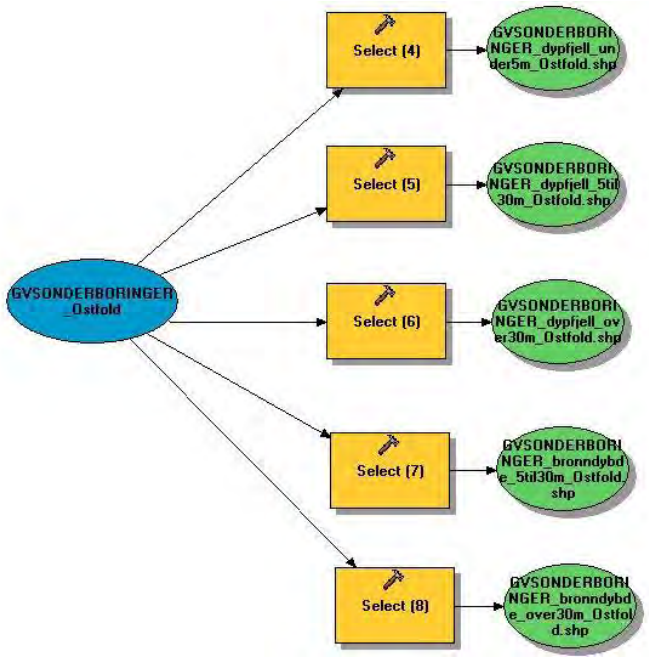
Oversikt over hvilke jordarter som gjelder for hver enkelt kategori:

1. LOSMASSETY_bartfjell_ubetydeligdekke_tyntdekke:
   - 12: *Morenemateriale, usammenhengende eller*
   - *tynt dekke over berggrunnen*
   - 43: *Hav- og fjordavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen*
   - 52: *Elveavsetning, usammenhengende/tynt*
   - 55: *Flomavsetning, usammenhengende/tynt*
   - 72: *Forvitringsmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen*
   - 82: *Skredmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen*
   - 100: *Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn*
   - 101: *Usammenhengende eller tynt løsmassedekke over berggrunnen, flere løsmassetyper, uspesifisert*
   - 130: *Bart fjell*
   - 140: *Bart fjell/fjell med usammenhengende el tynt dekke*

2. LOSMASSETY_uspesifisert_tykkelse:
   - 10: *Morenemateriale, uspesifisert*
   - 40: *Benyttes ved kartframstilling i svært små målestokker.*
   - 53: *Flomavsetning (uspesifisert)*
   - 70: *Forvitringsmateriale, ikke inndelt etter mektighet*
   - 80: *Skredmateriale, ikke inndelt etter mektighet*

3. LOSMASSETY_tykt_dekke:
    - 13: *Moreneleire*
    - 14: *Avsmeltningsmorene (ablasjonsmorene)*
    - 15: *Randmorene/randmorenebelte*
    - 16: *Drumlin*
    - 20: *Breelvavsetning (Glasifluvial avsetning)*
    - 21: *Breelv- og elveavsetning*
    - 22: *Ryggformet breelvavsetning (Esker)*
    - 23: *Haugformet breelvavsetning (Kame)*
    - 30: *Bresjø-/eller brekammeravsetning (Glasilakustrin avsetning)*
    - 31: *Bresjø-/eller brekammeravsetning (Glasilakustrin avsetning)*
    - 32:
    - 33:
    - 34:
    - 35: *Innsjøavsetning (Lakustrin avsetning)*
    - 36: *Bresjø-/brekammer og innsjøavsetning (Glasilakustrin og lakustrin avsetning)*
    - 41: *Hav- og fjordavsetning, sammenhengende dekke, ofte med stor mektighet*
    - 42: *Marin strandavsetning, sammenhengende dekke*
    - 44: *Skjellsand*
    - 50: *Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning)*
    - 51: *Elveavsetning, sammenhengende dekke*
    - 54: *Flomavsetning, sammenhengende*
    - 60: *Vindavsetning (Eolisk avsetning)*
    - 71: *Forvitringsmateriale, sammenhengende dekke*
    - 73: *Forvitringsmateriale, stein- og blokkrikt, dannet ved frostsprengning*
    - 81: *Skredmateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet*
    - 88: *Steinbreavsetning*
    - 90: *Torv og myr (Organisk materiale)*
    - 120: *Fyllmasse (antropogent materiale)*
    - 121: *Steintipp*
    - 122: *Menneskepåvirket materiale, ikke nærmere spesifisert*

4. **Granadas *"GVFJELLBRONNER"*, *"GVLOSMASSEBRONNER"* og *"GVSONDERBORINGER"*, samt Løsmassedatabasens *"LOSMSDE_LosmStratigrafiPkt"* deles inn i ulike kategorier avhengig av dybden til fjell (tykkelsen på løsmassene):**



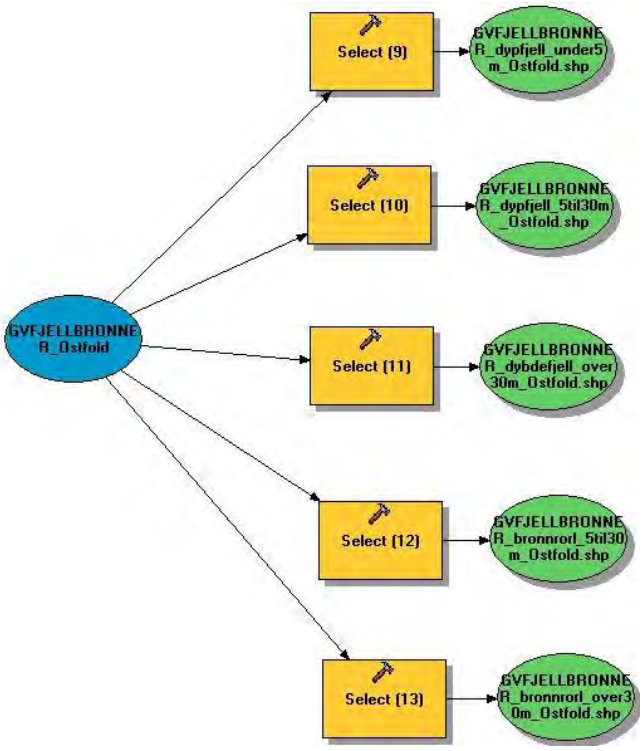
SQL-eksempel: - "DYP_TIL_FJ" >0 AND "DYP_TIL_FJ" <=5

-"DYP_TIL_FJ" >5 AND "DYP_TIL_FJ" <=30

-"DYP_TIL_FJ" >30

-"BRØNNDYP" >5 AND "BRØNNDYP" <=30

-"BRØNNDYP" >30



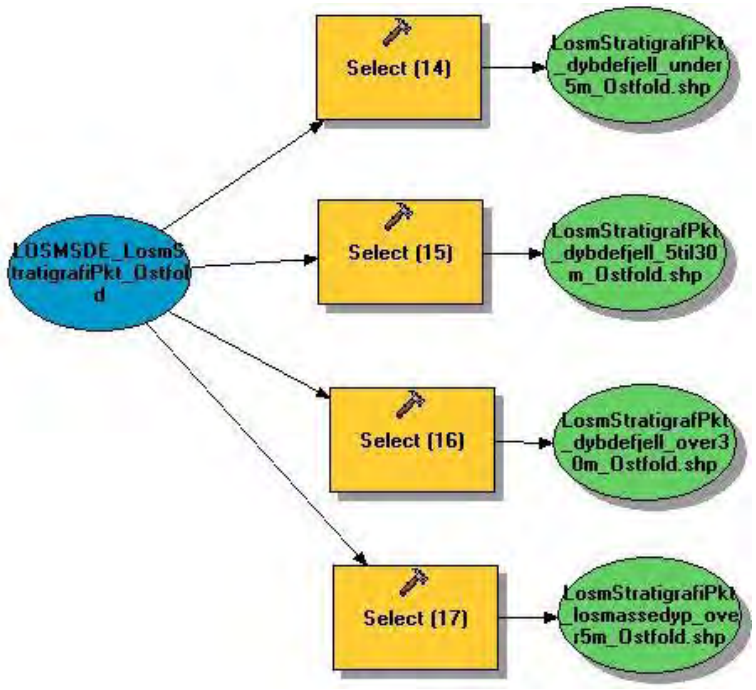
SQL-eksempel: - *"DYP_TIL_FJ" >0 AND "DYP_TIL_FJ" <=5*

- *"DYP_TIL_FJ" >5 AND "DYP_TIL_FJ" <=30*

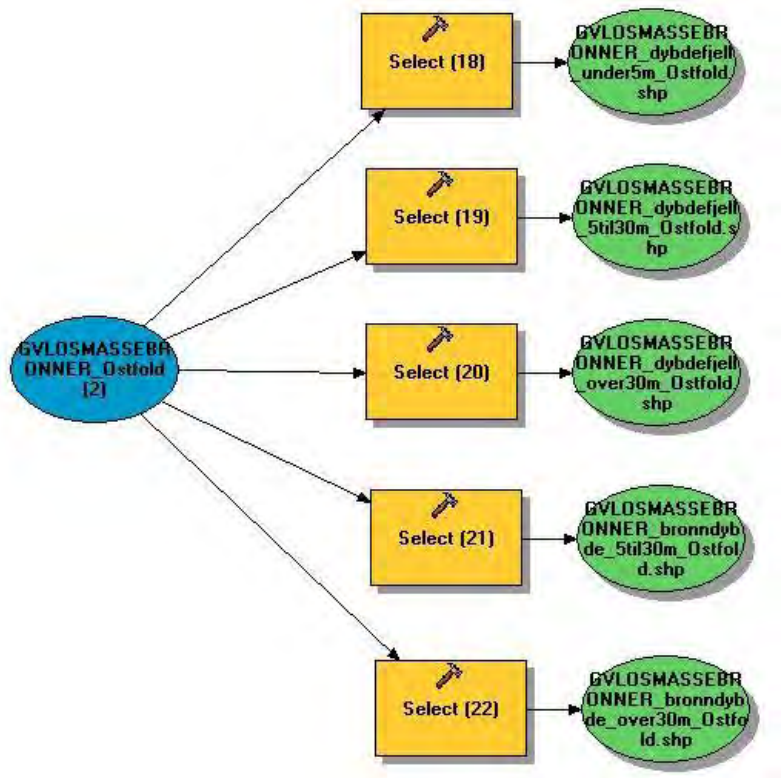
- *"DYP_TIL_FJ" >30*

- *"BRØNNRØRLE" >5 AND "BRØNNRØRLE" <=30*

- *"BRØNNRØRLE" >30*



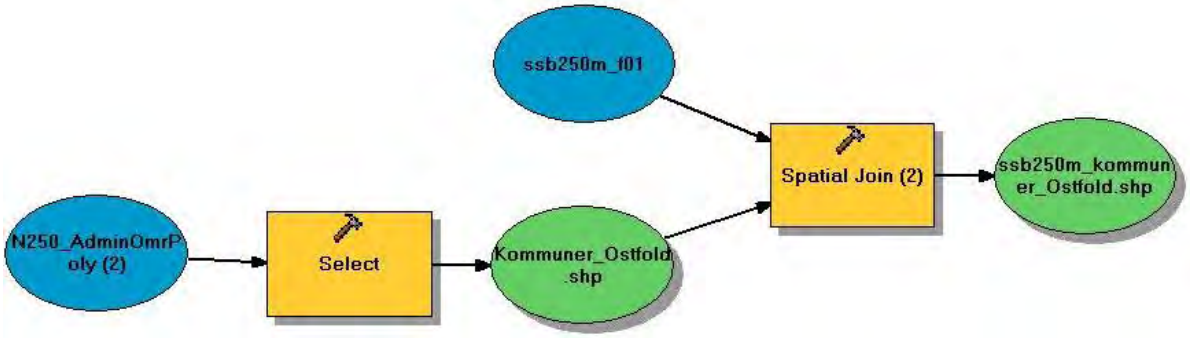
SQL-eksempel: - *"STRATIGRAF" = '0,5/Fj' OR "STRATIGRAF" = '0,5' OR "STRATIGRAF" = '0,7' OR "STRATIGRAF" = '1,5/Fj' OR "STRATIGRAF" = '2' OR "STRATIGRAF" = '2/Fj' OR "STRATIGRAF" = '3/Fj' OR "STRATIGRAF" = '4,5/Fj' OR "STRATIGRAF" = '4/Fj' OR "STRATIGRAF" = '5' OR "STRATIGRAF" = '5/Fj' OR "STRATIGRAF" = 'H2/M0,5/Fj' OR "STRATIGRAF" = 'H4/Fj' OR "STRATIGRAF" = 'S,Si4/Fj' OR "STRATIGRAF" = 'Si,L5/Fj' OR "STRATIGRAF" = 'Si4,5/Fj'*



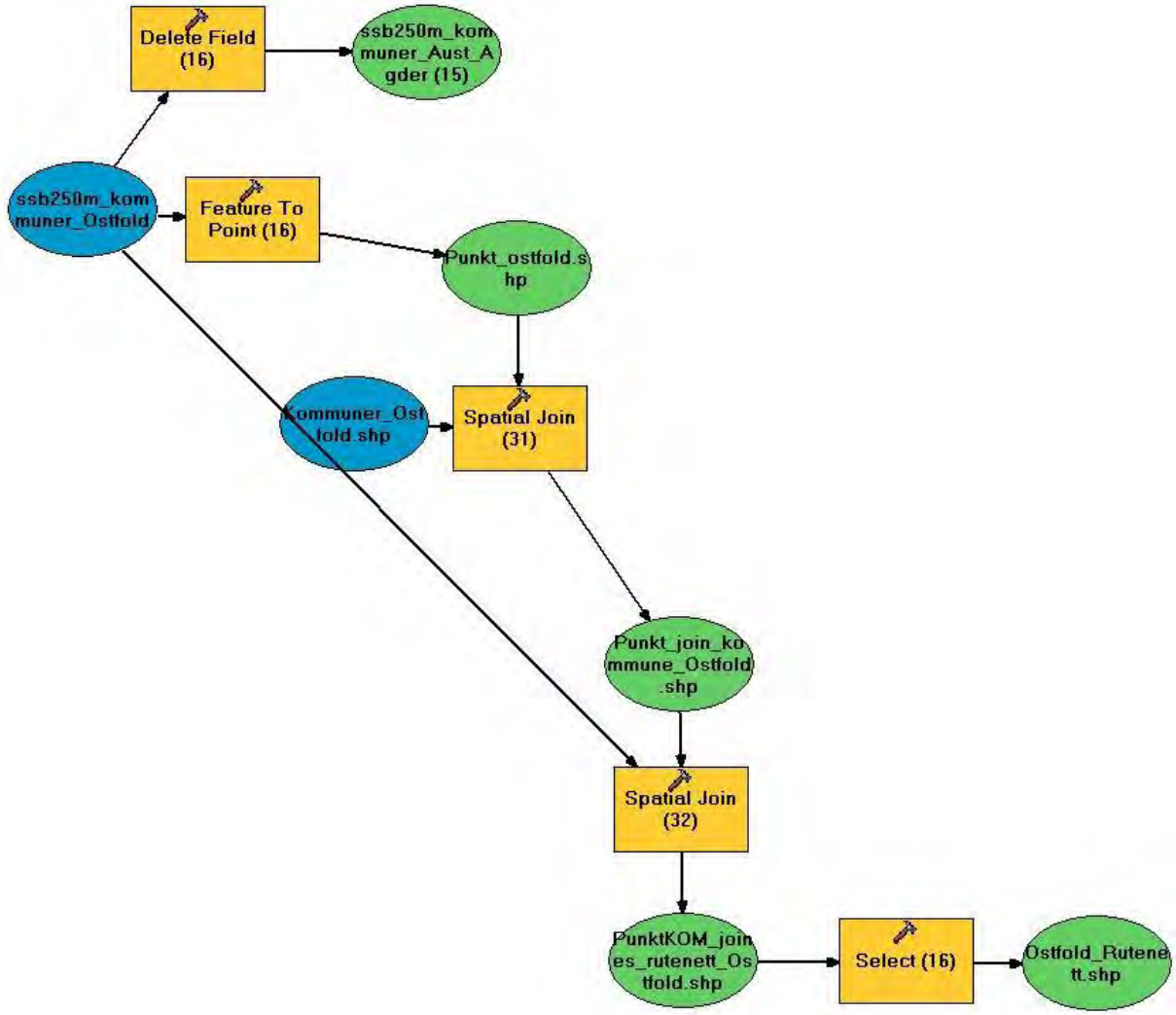
SQL-eksempel: *-"DYP_TIL_FJ" >0 AND "DYP_TIL_FJ" <=5*

- "DYP_TIL_FJ" >5 AND "DYP_TIL_FJ" <=30
- *"DYP_TIL_FJ" >30*
- *"BRØNNDYP" >5 AND "BRØNNDYP" <=30*
- *"BRØNNDYP" >30*

5. **SSB rutenettsdata (250x250m) deles inn etter fylke, og hver enkelt *"SSBID"* (Rute i rutenettet) joines (kobles) til en kommune i fra N250-data.**

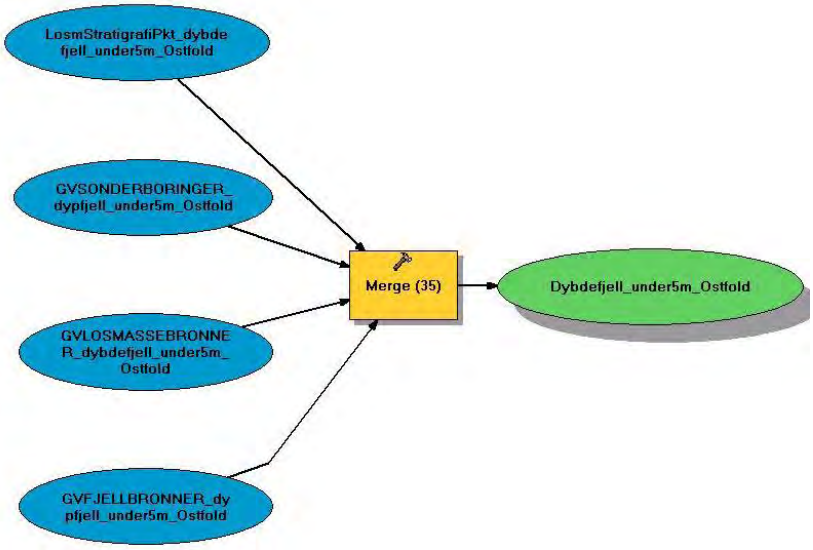


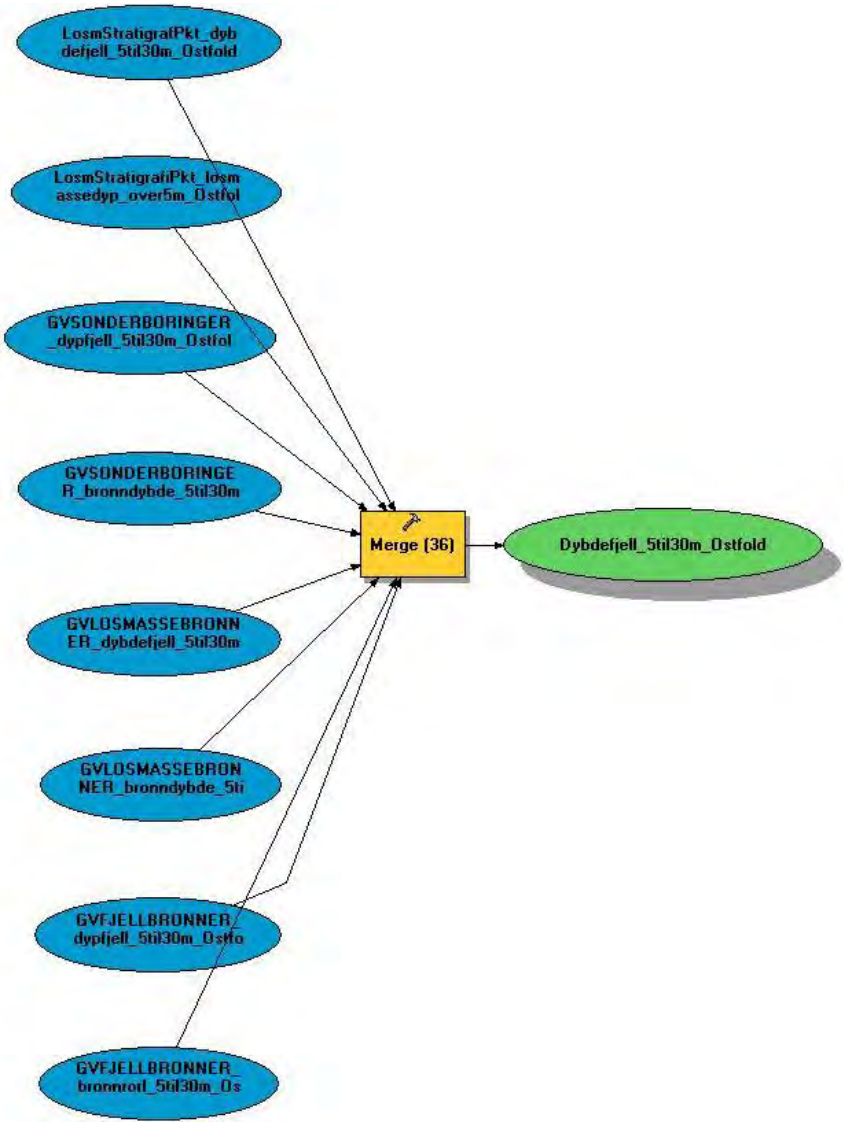
SQL-eksempel: "KOMM" >= '0101' AND "KOMM" <= '0138', brukes for å selektere ut alle kommuner som tilhører Østfold

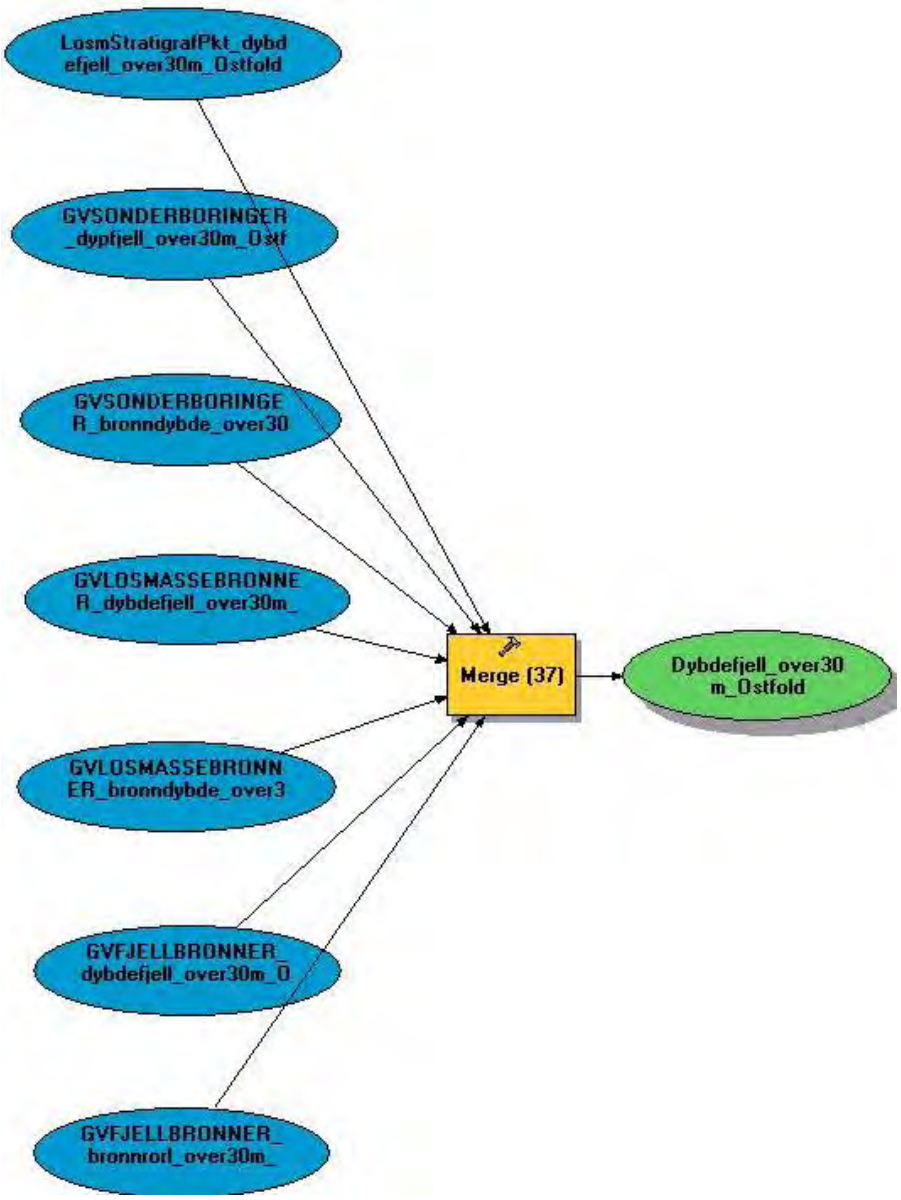


SQL-eksempel Select: "OBJTYPE" = "Kommune"

6. **Punktdata fra GRANADA settes sammen i hhv tre kategorier:**
   - *"Dybdefjell_under5m_Ostfold"*
   - *"Dybdefjell_5til30m_Ostfold"*
   - *"Dybdefjell_over30m_Ostfold"*

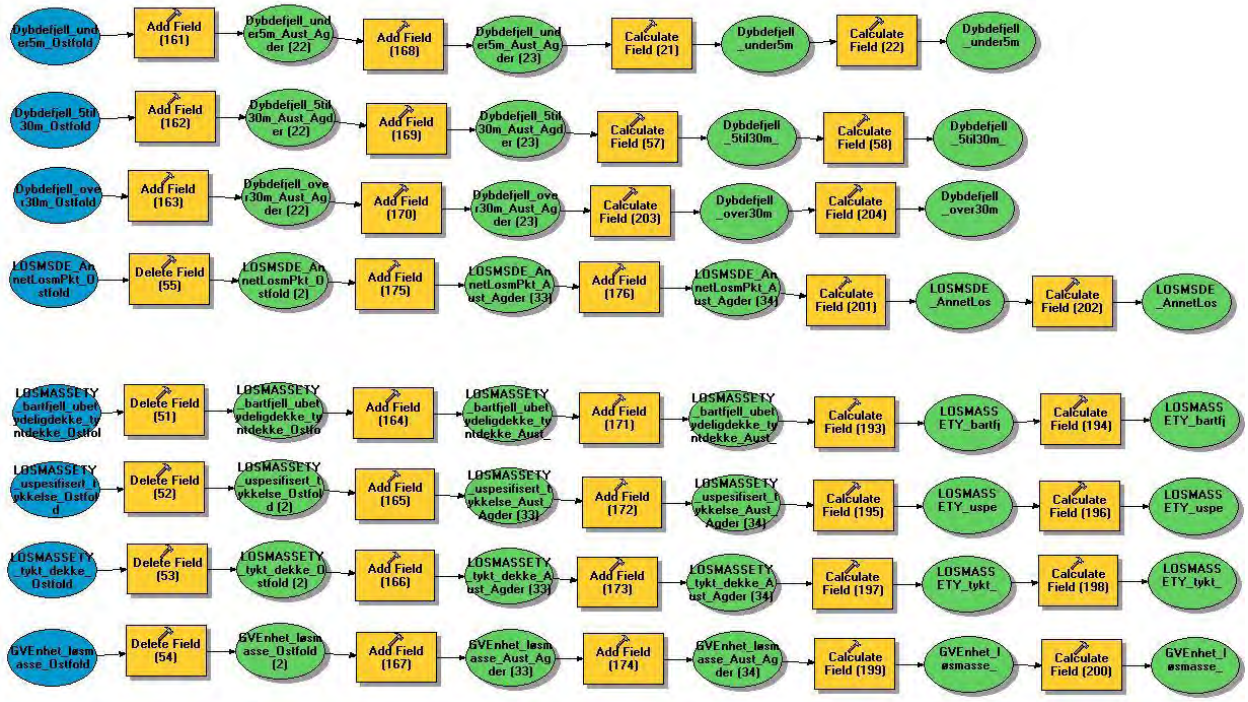

LosmStratigrafiPkt_dybde
fjell_under5m_Ostfold
GVSONDERBORINGER_
dypfjell_under5m_Ostfold
GVLOSMASSEBRONNE
R_dybdefjell_under5m_
Ostfold
GVFJELLBRONNER_dy
pfjell_under5m_Ostfold
Merge (35)
Dybdefjell_under5m_Ostfold


LosmStratigrafPkt_dyb
defjell_5til30m_Ostfold
LosmStratigrafiPkt_losm
assedyp_over5m_Ostfol
GVSONDERBORINGER
_dypfjell_5til30m_Ostfol
GVSONDERBORINGE
R_bronndybde_5til30m
GVLOSMASSEBRONN
ER_dybdefjell_5til30m
GVLOSMASSEBRON
NER_bronndybde_5ti
GVFJELLBRONNER_
dypfjell_5til30m_Ostfo
GVFJELLBRONNER_
bronnrotl_5til30m_Os
Merge (36)
Dybdefjell_5til30m_Ostfold



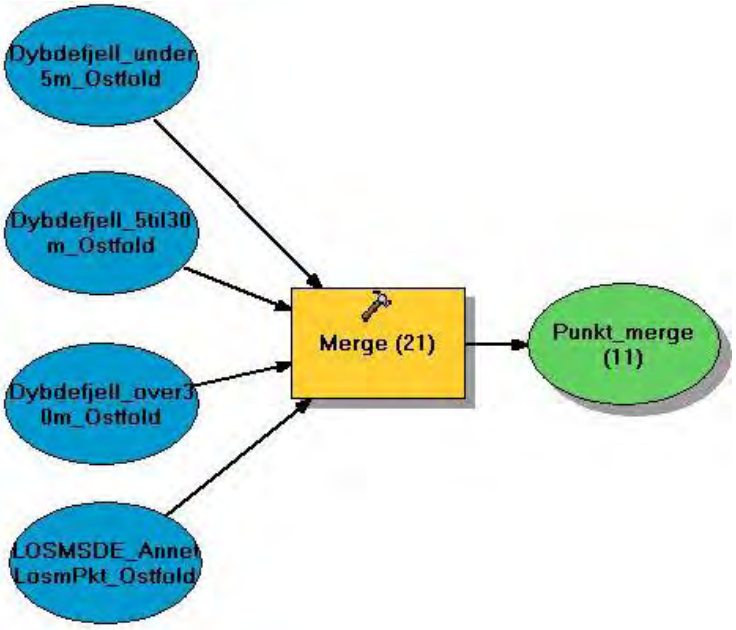
7. **Alle filene som skal angi geologisk potensial får et felt *"Pkt_ID", "Flate_ID"* eller *"GV_flate_ID"* i attributt-tabellen som inneholder en verdi fra 1-4, basert på hvor gunstig punktet/flaten er for uttak av geotermisk energi**

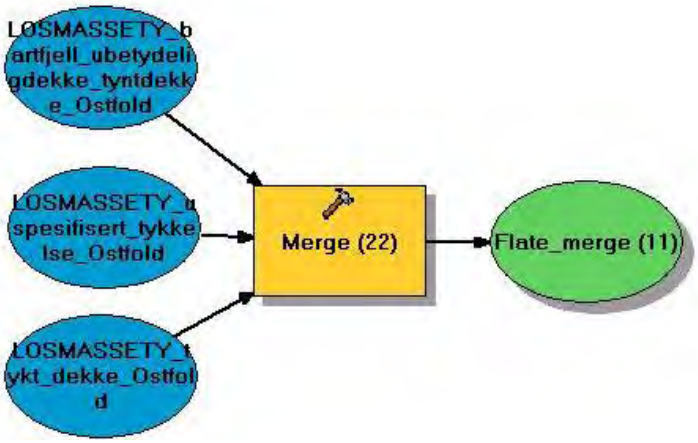
   - **Data fra GRANADA:**
   - *"Dybdefjell_under5m"* får verdien 3 (*"Pkt_ID"*)
   - *"Dybdefjell_5til30m"* får verdien 3 (*"Pkt_ID"*)
   - *"Dybdefjell_over30m"* får verdien 4 (*"Pkt_ID"*)
   - *"AnnetLosmPkt"* (bart fjell) får verdien 3 (*"Pkt_ID"*)
   - *"GVenhet_løsmasse"* får verdien 1 (*"Gv_flate_ID"*)
   - **Data fra Løsmassedatabasen:**
   - *"Bartfjell_ubetydeligdekke_tyntdekke"* får verdien 3 (*"Flate_ID"*)
   - *"Uspesifisert_tykkelse"* får verdien 4 (*"Flate_ID"*)
   - *"Tykt_dekke"* får verdien 4 (*"Flate_ID"*)



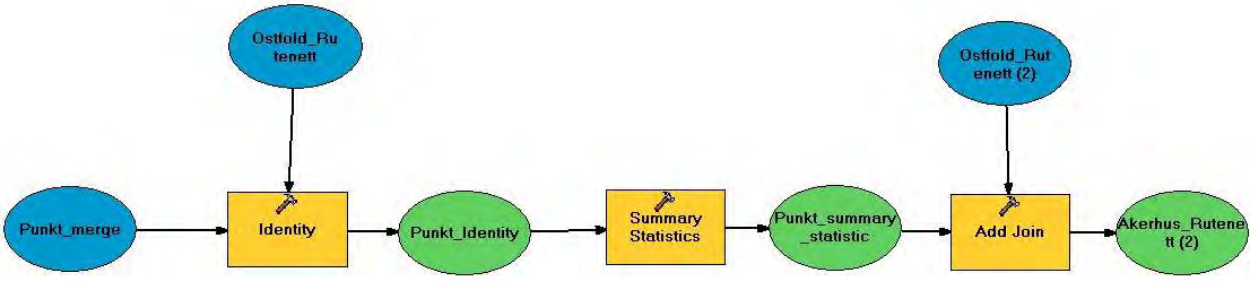
8. **Geologisk data blir nå samlet i tre underkategorier:**
   - *"Punkt_merge"* Alle punkter (Kan ha verdien 3 eller 4)
   - *"Flate_merge"* Alle flater (Kan ha verdien 3 eller 4)
   - *"GV_enhet_merge"* Alle GV-flater (Har verdien 1)

Attributt-tabellen til filene har nå felt som angir informasjon om dybde til fjell og om hvor vidt løsmassedekket er sammenhengende eller ikke. Tabellen inneholder også en verdi over hvor gunstig punktet/flaten er for uttak av geotermisk energi (*"Pkt_ID", "Flate_ID"* eller *"GV_flate_ID"*.

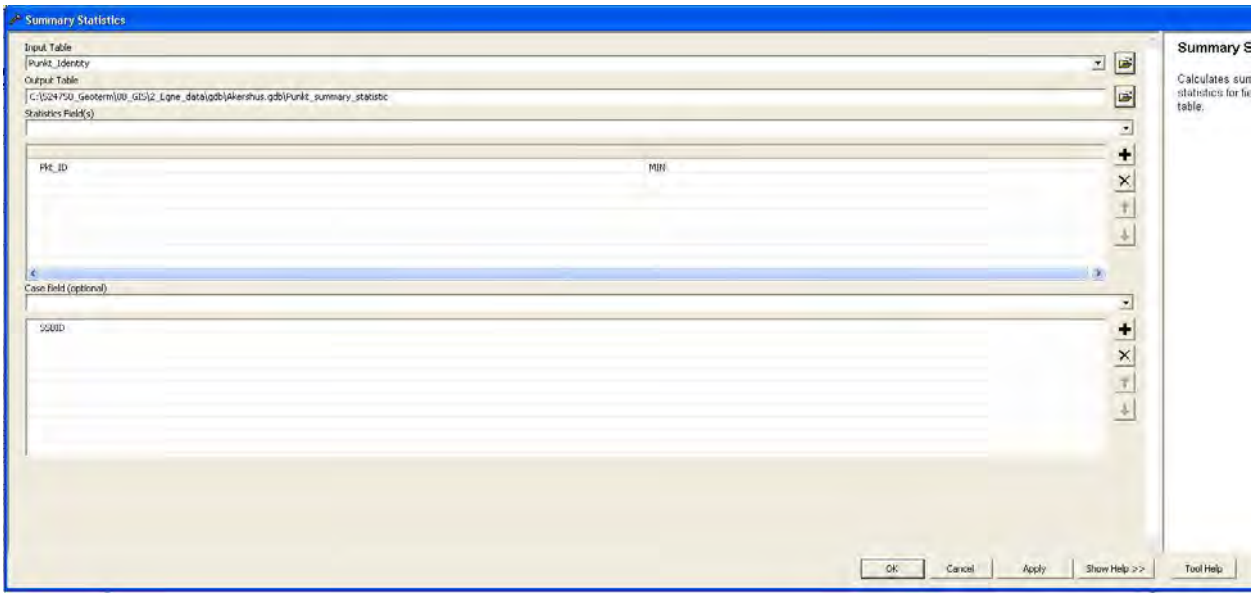




9. **Punktene, flatene og GVenhetene blir identifisert med lokalisering i rutenettet ved hjelp av *"Identity-tool"***



Videre blir bare det mest gunstige punktet/flaten beholdt ved hjelp av *"Summary_statistics-tool"*. Det er bare det/den mest gunstige punktet/flaten i hver enkelt SSBID-rute (250x250m) som blir beholdt, og som i neste steg angir rutens geologiske potensiale.

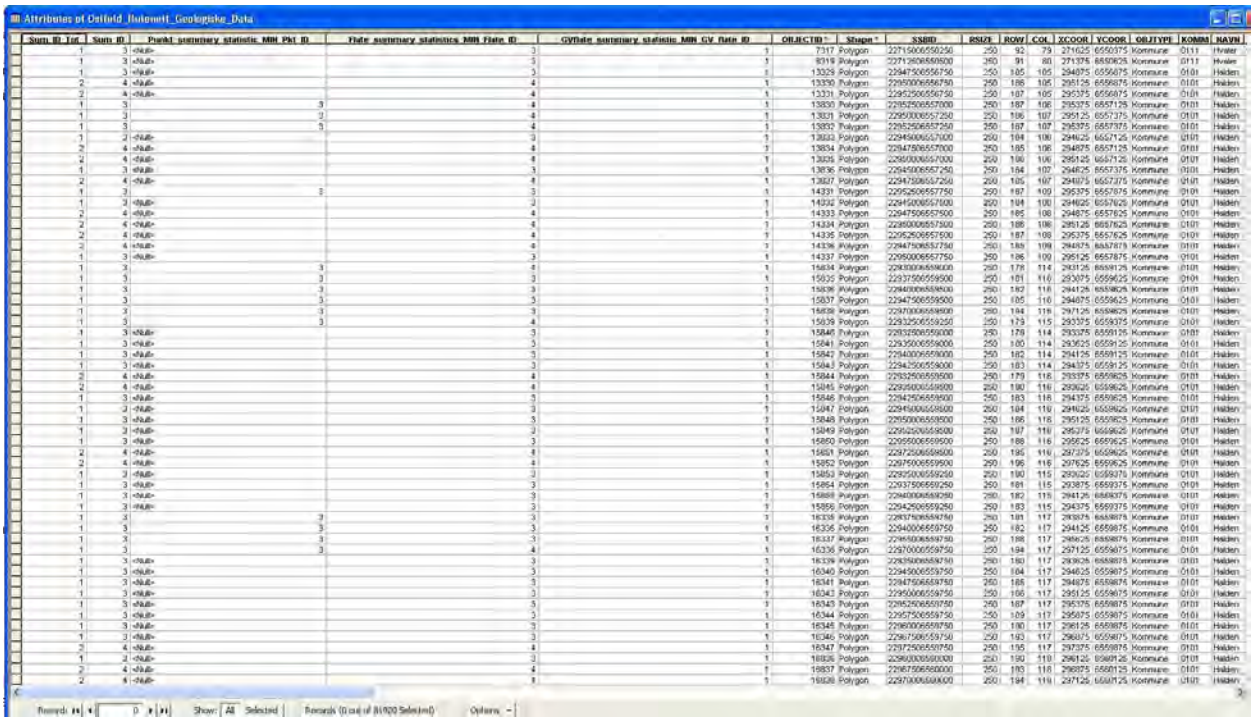


10. Det blir opprettet et felt *"Sum_ID"* i attributt-tabellen til rutenettet der hvor bare den mest gunstige verdien i hver enkelt rute blir beholdt.

- Eksempel: Har *"SSBID_rute_22952506557000"* en *"Pkt_ID"* med verdi 3, og *"Flate_ID"* med verdi 4, er *"Pkt_ID"* gjeldende og *"Sum_ID"* får verdien 3.

Det blir også opprettet et felt *"Sum_ID_Tot"*, og her blir også grunnvannsenhetene medregnet.

- Eksempel: Har *"SSBID_rute_22952506557000"* en *"GV_flate_ID"* med verdi 1, og *"Sum_ID"* med verdi 4, får *"Sum_ID_Tot"* verdien 2.
- Eksempel: Har *"SSBID_rute_22952506557000"* en *"GV_flate_ID"* med verdi 1, og *"Sum_ID"* med verdi 3, får *"Sum_ID_Tot"* verdien 1.



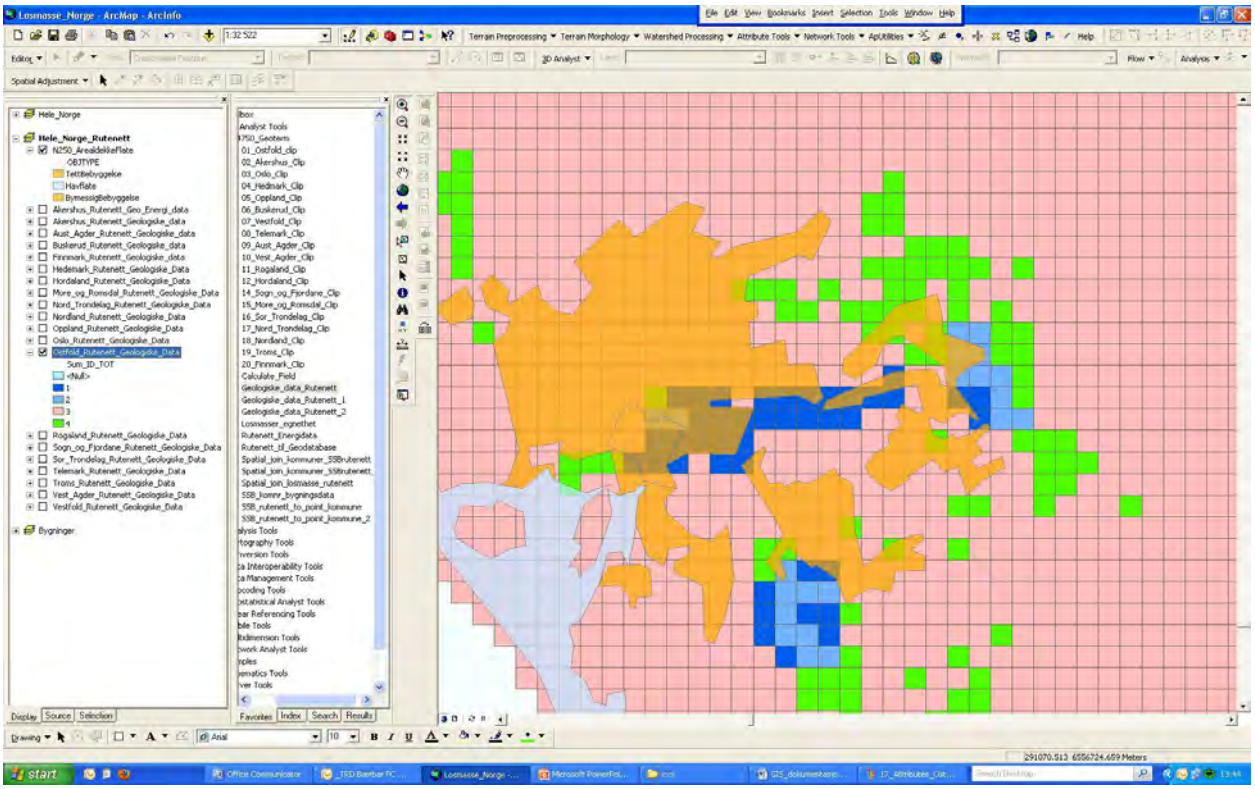
Sum_ID_Tot	Sum_ID	Punkt_summary statistic_MIN_Pkt_ID	Flate_summary statistics_MIN_Flate_ID	GVflate_summary statistic_MIN_GV_flate_ID	OBJECTID *	Shape *	XSIRD	RSIZE	ROW	COL	XCOOR	YCOOR	OBJTYPE	KOMM	NAVN
1	3	<Null>	3	1	7317	Polygon	2271500655025 0	250	92	79	271625	6550375	Kommune	0111	Hvaler
1	3	<Null>	3	1	8319	Polygon	2271260655052 0	250	91	80	271375	6550625	Kommune	0111	Hvaler
1	3	<Null>	3	1	13329	Polygon	2294750655675 0	250	105	105	294875	6556875	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	13330	Polygon	2295000655675 0	250	106	105	295125	6556875	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	13331	Polygon	2295250655675 0	250	107	105	295375	6556875	Kommune	0101	Halden
1	3	3	4	1	13330	Polygon	2295250655700 0	250	107	106	295375	6557125	Kommune	0101	Halden
1	3	3	4	1	13331	Polygon	2295000655725 0	250	106	107	295125	6557375	Kommune	0101	Halden
1	3	3	4	1	13332	Polygon	2295250655725 0	250	107	107	295375	6557375	Kommune	0101	Halden
1	2	<Null>	3	1	13333	Polygon	2294500655700 0	250	104	106	294625	6557125	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	13334	Polygon	2294750655700 0	250	105	106	294875	6557125	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	13335	Polygon	2295000655700 0	250	106	106	295125	6557125	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	13336	Polygon	2294500655725 0	250	104	107	294625	6557375	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	13337	Polygon	2294750655725 0	250	105	107	294875	6557375	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	14331	Polygon	2295250655750 0	250	107	109	295375	6557625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	14332	Polygon	2294500655750 0	250	104	109	294625	6557625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	14333	Polygon	2294750655750 0	250	105	109	294875	6557625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	14334	Polygon	2295000655750 0	250	106	109	295125	6557625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	14335	Polygon	2295250655750 0	250	107	109	295375	6557625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	14336	Polygon	2294750655775 0	250	105	109	294875	6557875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	14337	Polygon	2295000655775 0	250	106	109	295125	6557875	Kommune	0101	Halden
1	3	3	4	1	15834	Polygon	2293000658600 0	250	178	114	293125	6559125	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	15835	Polygon	2293750659500	250	181	116	293875	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	15836	Polygon	2294000658600	250	182	114	294125	6559125	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	15837	Polygon	2294750659500	250	185	116	294875	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	15838	Polygon	2297000658800	250	194	119	297125	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	3	4	1	15839	Polygon	2293250659250	250	179	115	293375	6559375	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15840	Polygon	2293250659500	250	179	114	293375	6559125	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15841	Polygon	2293500659000	250	180	114	293625	6559125	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15842	Polygon	2294000659000	250	182	114	294125	6559125	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15843	Polygon	2294250659000	250	183	114	294375	6559125	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	15844	Polygon	2293250659500	250	179	116	293375	6559625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	15845	Polygon	2293500659500	250	180	116	293625	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15846	Polygon	2294250659500	250	183	116	294375	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15847	Polygon	2294500659500	250	184	116	294625	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15848	Polygon	2295000659500	250	186	116	295125	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15849	Polygon	2295250659500	250	187	116	295375	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15850	Polygon	2295500659500	250	188	116	295625	6559625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	15851	Polygon	2297250659500	250	195	116	297375	6559625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	15852	Polygon	2297500659500	250	196	116	297625	6559625	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15853	Polygon	2293500659250	250	180	115	293625	6559375	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15854	Polygon	2293750659250	250	181	115	293875	6559375	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15855	Polygon	2294000659250	250	182	115	294125	6559375	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	15856	Polygon	2294250659250	250	183	115	294375	6559375	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	16335	Polygon	2293750659750	250	181	117	293875	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	16336	Polygon	2294000659750	250	182	117	294125	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	3	3	1	16337	Polygon	2294500659750	250	184	117	294625	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	3	4	1	16338	Polygon	2297000659750	250	194	117	297125	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16339	Polygon	2293500659750	250	180	117	293625	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16340	Polygon	2294500659750	250	184	117	294625	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16341	Polygon	2294750659750	250	185	117	294875	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16342	Polygon	2295000659750	250	186	117	295125	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16343	Polygon	2295250659750	250	187	117	295375	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16344	Polygon	2295750659750	250	189	117	295875	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16345	Polygon	2296000659750	250	190	117	296125	6559875	Kommune	0101	Halden
1	3	<Null>	3	1	16346	Polygon	2296750659750	250	193	117	296875	6559875	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	16347	Polygon	2297250659750	250	195	117	297375	6559875	Kommune	0101	Halden
1	2	<Null>	3	1	16836	Polygon	2296000659500	250	190	116	296125	6559625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	16837	Polygon	2296750659500	250	193	116	296875	6559625	Kommune	0101	Halden
2	4	<Null>	4	1	16838	Polygon	2297000659500	250	194	116	297125	6559625	Kommune	0101	Halden

11. Feltet *"Sum_ID_Tot"* viser da det geologiske potensialet for uttak av geotermisk energi og kan deles inn i fire kategorier (med verdier fra 1 til 4):

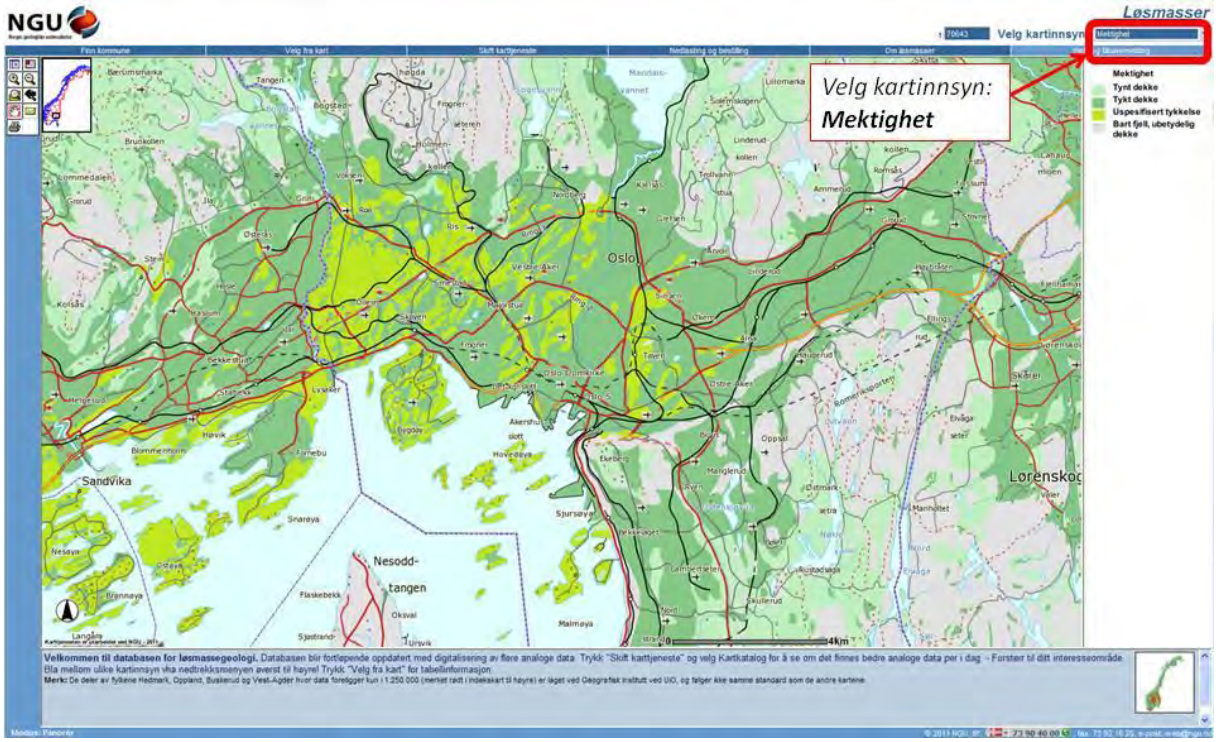
- Verdi 1(Geoklasse 1): Ruten inneholder en grunnvannsenhet med under 30m dybde til fjell
- Verdi 2 (Geoklasse 2): Ruten inneholder en grunnvannsenhet med over 30m dybde til fjell
- Verdi 3 (Geoklasse 3): Ruten består av bartfjell, ubetydelig dekke eller inneholder punkter med under 30m dybde til fjell
- Verdi 4 (Geoklasse 4): Ruten består av tykt dekke, uspesifisert dekke eller inneholder
  punkter med over 30m dybde til fjell

Se eksempel-kart under:

- Geoklasse 1 vises med mørk blå farge
- Geoklasse 2 vises med lys blå farge
- Geoklasse 3 vises med rosa farge
- Geoklasse 4 vises med grønn farge
- Tettbebyggelse vises med orange farge
- Hav/innsjø vises med hvit farge


Losmasse_Norge - ArcMap - ArcInfo
Hele_Norge
Hele_Norge_Rutenett
Bygninger

Vedlegg 2: NGUs løsmassedatabase – kartinnsyn ”Mektighet”



Figur 14 NGUs løsmassedatabase med kartinnsyn ”Mektighet” i øverste høyre hjørne.

Vedrørende [Landsdekkende kvartærgeologisk kart, kartinnsyn mektighet (tilsvarende det kartinnsynet som kan velges fra løsmassedatabasen på internett)]
NGUs klassifikasjon av ”Mektighet” ligger ikke inne i selve datasettet, men fremkommer som en presentasjonsmåte av selve jordarten. Reglene som er brukt er følgende:
Se market rød tekst for informasjon om inndeling.

```
<LAYER name=”Mektighet” type=”featureclass” id=”Mektighet” visible=”false”
maxscale=”1:500000”>

<DATASET name=”LOSMSDE.LOSMFLATE_VIEW15” type=”polygon” workspace=”ws-
1”/>
<COORDSYS id=”32633”/>
<GROUPRENDERER>

<VALUEMAPRENDERER lookupfield=”JORDART”>

<EXACT value=”12;43;52;55;72;82;100;101” label=”Tynt dekke”>

<SIMPLEPOLYGONSYMBOL filltype=”solid” filltransparency=”1.0” fillcolor=”192,238,192”
boundary=”false”/>

</EXACT>
<EXACT
value=”11;13;14;15;16;20;21;22;23;30;31;32;33;34;35;36;41;42;44;50;51;54;60;71;73;81;88;
90;120;121;122” label=”Tykt dekke”>
```

<SIMPLEPOLYGONSYMBOL filltype="solid" filltransparency="1.0" fillcolor="135,199,135" boundary="false"/>
</EXACT>
<EXACT value="10;40;53;70;80" label="Uspesifisert tykkelse">

<SIMPLEPOLYGONSYMBOL filltype="solid" filltransparency="1.0" fillcolor="191,230,34" boundary="false"/>
</EXACT>
<EXACT value="130;140" label="Bart fjell, ubetydelig dekke">

<SIMPLEPOLYGONSYMBOL filltype="solid" filltransparency="1.0" fillcolor="225,225,225" boundary="false"/>

</EXACT>
</VALUEMAPRENDERER>

</GROUPRENDERER>

</LAYER>

Vedlegg 3: Antall bygg fordelt mot geoklasser - kommuneoversikt

Tabell 15 Kommunevis oversikt over antall bygg fra SSBs rutenettstatistikk (250×250m) for bygningsmase2010 innen hovedkategoriene husholdning (Hush.), næring (Nær.) og industri (Ind.) fordelt mot geoklasse 1-4.

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
0101 Halden	386	94	80	186	40	34	9 640	468	407	510	34	30
0104 Moss	0	0	0	0	0	0	5 746	359	230	1 481	237	131
0105 Sarpsborg	0	0	0	0	0	0	13 856	620	828	5 458	497	442
0106 Fredrikstad	0	0	0	0	0	0	25 878	1 063	1 084	1 249	231	332
0111 Hvaler	2	2	0	0	0	0	6 220	261	70	6	0	0
0118 Aremark	0	0	0	0	0	0	1 357	92	39	17	1	2
0119 Marker	0	0	0	0	0	0	2 008	97	92	90	12	3
0121 Rømskog	0	0	0	0	0	0	481	29	24	9	0	0
0122 Trøgstad	0	0	4	0	0	0	2 267	96	90	295	7	5
0123 Spydeberg	0	0	0	0	0	0	2 620	166	105	117	14	14
0124 Askim	0	0	0	0	0	0	4 126	198	109	438	59	24
0125 Eidsberg	87	3	7	60	1	3	2 912	183	161	874	95	27
0127 Skiptvet	0	0	0	0	0	0	1 659	78	57	80	1	9
0128 Rakkestad	0	0	0	0	0	0	3 222	153	119	259	58	68
0135 Råde	37	0	0	0	0	0	3 342	195	111	243	13	36
0136 Rygge	0	0	0	0	0	0	4 189	176	130	1 139	58	28
0137 Våler (Østf.)	0	0	0	0	0	0	2 063	98	103	10	0	0
0138 Hobøl	8	0	2	0	0	0	1 750	78	66	30	2	1
0211 Vestby	0	0	0	0	0	0	6421	271	200	14	1	2
0213 Ski	0	0	0	0	0	0	7675	322	445	807	75	77
0214 Ås	12	0	0	0	0	0	4727	295	157	316	60	23
0215 Frogn	23	0	0	3	0	0	6729	254	251	46	6	4
0216 Nesodden	0	0	0	0	0	0	6616	158	115	9	5	2
0217 Oppegård	0	0	0	0	0	0	5855	193	91	873	13	6
0219 Bærum	0	0	0	0	0	0	18584	1085	851	8057	788	476
0220 Asker	0	0	0	0	0	0	13283	534	437	1919	123	91
0221 Aurskog-Høland	209	5	59	114	20	8	5281	177	713	1168	71	140
0226 Sørum	0	0	0	0	0	0	3802	103	108	1556	77	75
0227 Fet	72	3	0	104	11	13	2986	76	118	618	48	44
0228 Rælingen	42	0	2	0	0	0	2704	69	63	967	27	28
0229 Enebakk	0	0	0	0	0	0	4001	170	94	156	20	7
0230 Lørenskog	0	0	0	0	0	0	5507	181	107	2453	90	65
0231 Skedsmo	0	0	0	0	0	0	4831	198	197	6156	448	313
0233 Nittedal	0	0	0	0	0	0	5913	177	149	964	67	37
0234 Gjerdrum	0	0	0	0	0	0	906	15	14	809	41	27
0235 Ullensaker	360	95	76	2801	231	132	2244	62	51	3100	102	113
0236 Nes (Ak.)	35	2	1	30	1	1	4053	186	91	3196	165	130
0237 Eidsvoll	8	10	0	264	29	47	4422	143	157	3482	236	184
0238 Nannestad	5	1	1	113	18	13	2052	44	46	1809	82	35
0239 Hurdal	91	1	0	200	37	18	948	39	46	620	21	61

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
0301 Oslo kommune	0	0	0	0	0	0	46 652	2 626	2 362	21 839	3 962	2 656
0402 Kongsvinger	634	79	273	489	61	406	3685	340	1215	2846	161	2055
0403 Hamar	0	0	0	0	0	0	4865	257	459	4388	484	1298
0412 Ringsaker	666	50	72	1225	91	230	9074	504	3620	7693	239	2001
0415 Løten	0	0	0	0	0	0	1004	58	379	3070	118	1349
0417 Stange	2	1	1	0	0	0	5463	288	1808	4037	228	1311
0418 Nord-Odal	0	0	0	0	0	0	1378	44	901	1801	88	1461
0419 Sør-Odal	244	30	148	718	113	480	2132	61	1249	1083	45	979
0420 Eidskog	286	28	184	1107	81	386	696	21	664	1657	82	1329
0423 Grue	30	0	48	1566	169	1344	313	15	265	1499	43	1289
0425 Åsnes	219	37	112	2067	160	1580	576	23	496	1950	59	1823
0426 Våler (Hedm.)	296	55	62	601	87	317	408	10	301	1429	41	1009
0427 Elverum	1193	257	232	1929	262	750	2311	90	688	2102	54	1428
0428 Trysil	288	56	149	1355	169	721	2024	59	522	5658	243	2602
0429 Åmot	346	17	81	720	115	258	1037	19	228	1539	158	467
0430 Stor-Elvdal	207	32	127	610	115	667	778	29	452	2174	230	1126
0432 Rendalen	62	17	30	976	116	848	524	22	145	2253	93	830
0434 Engerdal	34	32	30	248	60	163	332	10	113	1528	223	878
0436 Tolga	6	0	0	160	2	50	52	5	34	1216	105	1555
0437 Tynset	150	28	161	737	164	1107	914	34	395	2293	160	1947
0438 Alvdal	76	10	125	292	69	368	575	33	540	960	48	1205
0439 Folldal	8	0	8	54	10	65	268	31	274	1164	239	1625
0441 Os (Hedm.)	70	9	21	457	54	541	146	2	139	1291	76	1722
0501 Lillehammer	225	20	42	330	59	73	5548	334	155	3090	285	118
0502 Gjøvik	320	24	29	125	46	34	6337	340	279	4329	263	248
0511 Dovre	60	15	5	339	136	20	801	142	53	814	144	84
0512 Lesja	743	58	22	362	52	32	925	48	29	763	73	38
0513 Skjåk	208	55	29	517	123	60	530	43	24	578	46	25
0514 Lom	33	17	20	55	143	22	923	222	36	492	121	19
0515 Vågå	263	47	14	134	39	33	1221	106	43	1128	132	54
0516 Nord-Fron	115	31	21	676	183	147	2306	84	57	1783	77	58
0517 Sel	897	169	101	285	57	36	2467	152	80	912	66	58
0519 Sør-Fron	117	14	40	224	17	17	1330	112	30	1533	194	58
0520 Ringebu	55	14	11	292	55	76	2877	177	67	2488	183	95
0521 Øyer	1	1	6	1	0	0	2016	227	67	2051	226	72
0522 Gausdal	52	5	6	309	43	56	1161	40	42	3571	263	181
0528 Østre Toten	0	0	0	0	0	0	3761	124	182	3617	216	274
0529 Vestre Toten	0	0	0	0	0	0	4030	173	406	1455	135	101
0532 Jevnaker	296	6	12	258	48	71	1734	59	43	373	31	47
0533 Lunner	0	0	0	0	0	0	4116	153	65	433	37	23
0534 Gran	0	0	0	0	0	0	5938	293	245	929	86	47
0536 Søndre Land	1	2	0	53	9	2	2334	94	79	1482	72	63
0538 Nordre Land	189	33	20	999	138	92	2179	71	45	2142	63	66
0540 Sør-Aurdal	131	23	19	385	64	44	2274	59	33	2172	86	31
0541 Etnedal	7	4	0	61	7	8	1781	90	18	1131	54	18
0542 Nord-Aurdal	50	9	0	94	17	5	3700	245	83	3026	271	106
0543 Vestre Slidre	0	0	0	0	0	0	1684	69	31	1863	129	64
0544 Øystre Slidre	0	0	0	0	0	0	2703	139	56	2017	223	67

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
0545 Vang	0	0	0	0	0	0	1688	196	110	684	127	36
0602 Drammen	0	0	0	0	0	0	8 869	359	420	4 554	783	587
0604 Kongsberg	966	63	151	624	46	57	7 475	491	397	1 033	108	96
0605 Ringerike	414	23	90	2 154	253	245	7 570	160	297	3 793	166	219
0612 Hole	22	5	5	221	71	12	2 705	155	74	108	6	1
0615 Flå	5	0	0	4	0	0	1 313	49	25	722	43	26
0616 Nes (Busk.)	155	53	14	558	114	54	2 928	99	39	833	31	24
0617 Gol	41	9	27	84	54	35	1 966	149	53	1 729	203	102
0618 Hemsedal	272	41	10	222	133	47	1 426	321	53	861	193	31
0619 Ål	48	57	12	68	40	24	3 166	264	82	1 348	161	89
0620 Hol	0	0	0	0	0	0	4 523	324	100	2 522	406	102
0621 Sigdal	116	7	12	57	5	7	4 661	136	99	1 178	84	51
0622 Krødsherad	65	11	8	129	21	41	1 497	124	31	688	59	12
0623 Modum	40	0	10	24	1	3	5 464	390	364	384	56	23
0624 Øvre Eiker	27	1	2	78	3	3	3 947	174	106	2 561	173	116
0625 Nedre Eiker	0	0	0	0	0	0	4 598	97	238	2 449	124	248
0626 Lier	84	5	5	45	2	1	4 581	147	363	1 804	144	226
0627 Røyken	0	0	0	0	0	0	6 274	211	178	737	40	34
0628 Hurum	0	0	0	0	0	0	5 603	315	326	163	12	35
0631 Flesberg	156	21	25	219	46	54	3 149	35	41	771	23	4
0632 Rollag	107	19	18	261	50	33	1 310	13	13	828	8	4
0633 Nore og Uvdal	124	42	15	406	83	50	2 843	131	87	1 773	83	16
0701 Horten	0	0	0	0	0	0	5 164	512	443	2 838	222	101
0702 Holmestrand	0	0	0	0	0	0	3 343	224	194	85	14	6
0704 Tønsberg	0	0	0	0	0	0	8 105	734	354	3 823	245	142
0706 Sandefjord	0	0	0	0	0	0	11 507	366	720	3 029	302	245
0709 Larvik	738	49	152	663	119	150	13 508	757	703	2 838	312	164
0711 Svelvik	0	0	0	0	0	0	2 506	107	96	308	11	10
0713 Sande (Vestf.)	0	0	0	0	0	0	3 777	109	213	327	16	62
0714 Hof	0	0	0	0	0	0	1 485	69	142	67	1	2
0716 Re (f.o.m. 2002)	0	0	0	0	0	0	2 902	135	219	316	34	69
0719 Andebu	0	0	0	0	0	0	2 251	152	151	13	11	11
0720 Stokke	0	0	0	0	0	0	3 475	149	226	755	63	70
0722 Nøtterøy	0	0	0	0	0	0	6 617	279	210	947	60	35
0723 Tjøme	0	0	0	0	0	0	4 268	330	151	15	47	0
0728 Lardal	88	7	9	118	25	39	1 003	39	46	300	37	32
0805 Porsgrunn	0	0	0	0	0	0	7 723	321	282	4 616	484	496
0806 Skien	322	11	15	123	16	14	9 869	370	662	5 738	538	547
0807 Notodden	363	87	34	567	130	78	4 096	150	143	1 239	66	77
0811 Siljan	0	0	0	0	0	0	954	53	87	171	10	16
0814 Bamble	0	0	0	0	0	0	5 526	320	215	1 530	94	27
0815 Kragerø	0	0	0	0	0	0	7 483	436	379	63	0	1
0817 Drangedal	12	2	0	16	3	1	2 378	148	73	592	68	16
0819 Nome	0	0	0	0	0	0	2 553	126	107	705	74	58
0821 Bø (Telem.)	4	1	5	7	0	0	1 759	131	59	1 357	200	148
0822 Sauherad	44	4	15	161	22	10	1 306	80	48	921	77	68
0826 Tinn	8	0	2	179	39	47	2 500	226	141	2 773	153	271
0827 Hjartdal	4	3	0	11	3	5	2 292	147	27	754	78	24

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
0828 Seljord	18	11	0	39	2	1	2 012	92	55	800	136	80
0829 Kviteseid	0	0	0	0	0	0	1 365	140	72	844	185	73
0830 Nissedal	0	0	0	0	0	0	2 266	113	66	372	75	44
0831 Fyresdal	0	0	0	0	0	0	1 211	55	53	754	66	77
0833 Tokke	0	0	0	0	0	0	1 888	147	101	637	68	63
0834 Vinje	0	0	0	0	0	0	4 232	445	136	1 768	309	102
0901 Risør	0	0	0	0	0	0	4 625	293	156	0	2	5
0904 Grimstad	0	0	0	0	0	0	7 689	407	235	533	33	18
0906 Arendal	0	0	0	0	0	0	16 874	909	626	89	9	7
0911 Gjerstad	0	0	0	0	0	0	1 289	69	69	129	13	6
0912 Vegårshei	0	0	0	0	0	0	1 500	86	77	26	1	0
0914 Tvedestrand	0	0	0	0	0	0	4 310	270	148	26	29	4
0919 Froland	0	0	0	0	0	0	2 704	161	161	31	1	0
0926 Lillesand	0	0	0	0	0	0	5 082	343	189	175	29	19
0928 Birkenes	354	16	27	159	7	36	1 857	107	41	169	11	6
0929 Åmli	0	0	0	0	0	0	1 528	99	92	275	54	30
0935 Iveland	18	0	0	0	0	0	747	40	39	5	0	0
0937 Evje og Hornnes	457	59	32	628	169	96	1 818	34	32	7	0	0
0938 Bygland	403	83	30	382	96	50	654	17	8	143	6	7
0940 Valle	289	47	21	344	141	71	936	39	12	243	8	3
0941 Bykle	167	13	16	138	27	5	992	84	20	1 259	143	12
1001 Kristiansand	3 048	455	202	2 797	447	149	14 309	704	672	2 172	253	129
1002 Mandal	64	2	2	253	18	8	5 318	262	170	999	123	43
1003 Farsund	0	0	0	0	0	0	3 159	179	147	2 270	176	159
1004 Flekkefjord	104	2	10	375	39	16	4 043	259	265	371	17	32
1014 Vennesla	877	69	52	914	39	81	1 726	69	66	839	52	34
1017 Songdalen	439	15	17	374	32	22	986	34	67	309	21	31
1018 Søgne	1 953	148	80	370	45	31	2 577	63	74	37	2	14
1021 Marnardal	281	24	33	317	48	37	405	15	31	281	13	14
1026 Åseral	218	23	21	224	22	22	1 551	35	44	268	29	4
1027 Audnedal	226	27	8	267	60	25	204	8	10	225	20	3
1029 Lindesnes	359	21	15	688	78	12	2 086	92	43	334	12	14
1032 Lyngdal	237	9	15	1 384	141	113	2 446	44	29	673	24	12
1034 Hægebostad	25	7	2	156	22	17	480	12	7	750	61	31
1037 Kvinesdal	410	22	27	746	100	58	1 744	89	58	952	43	34
1046 Sirdal	381	21	34	450	34	23	2 169	46	64	1 080	52	26
1101 Eigersund	176	17	42	5	0	3	5 900	388	1 466	142	12	81
1102 Sandnes	247	14	40	181	5	56	7 582	231	945	11 655	781	2 068
1103 Stavanger	0	0	0	0	0	0	21 322	961	1 581	7 721	1 047	719
1106 Haugesund	0	0	0	0	0	0	6 498	470	641	3 113	539	175
1111 Sokndal	0	0	0	0	0	0	1 879	120	1 091	27	6	9
1112 Lund	249	37	45	325	30	103	981	74	563	219	8	73
1114 Bjerkreim	171	6	62	113	21	80	1 089	52	311	335	23	300
1119 Hå	12	0	16	22	1	32	1 946	127	893	4 059	241	1 629
1120 Klepp	295	9	214	1 633	73	833	662	32	547	2 664	159	1 406
1121 Time	819	29	146	1 896	160	270	1 135	30	510	976	27	516
1122 Gjesdal	548	35	99	703	83	176	2 158	105	440	621	39	305
1124 Sola	0	0	0	0	0	0	5 343	349	1 093	1 014	253	600

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
1127 Randaberg	0	0	0	0	0	0	1 649	65	338	1 168	70	406
1129 Forsand	95	31	61	215	33	135	713	48	272	70	5	54
1130 Strand	0	0	0	0	0	0	2 671	93	732	2 658	157	478
1133 Hjelmeland	40	6	45	112	33	140	1 949	164	1 385	280	35	366
1134 Suldal	636	124	294	127	51	123	2 843	218	1 928	105	13	81
1135 Sauda	135	12	19	727	84	114	1 999	66	737	280	32	57
1141 Finnøy	0	0	0	0	0	0	2 174	138	1 748	2	0	3
1142 Rennesøy	0	0	0	0	0	0	1 729	94	903	119	12	87
1144 Kvitsøy	0	0	0	0	0	0	344	27	152	0	0	0
1145 Bokn	0	0	0	0	0	0	522	33	365	35	6	14
1146 Tysvær	0	0	0	0	0	0	5 050	288	2 324	187	8	132
1149 Karmøy	0	0	0	0	0	0	12 714	583	2 753	2 441	275	287
1151 Utsira	0	0	0	0	0	0	159	17	41	0	0	0
1160 Vindafjord	116	17	75	200	51	150	3 801	268	2 715	815	75	607
1201 Bergen	0	0	0	0	0	0	53 162	2 909	2 440	5 068	941	225
1211 Etne	385	65	77	109	2	7	1 950	123	110	331	10	24
1216 Sveio	0	0	0	0	0	0	3 495	193	122	12	2	0
1219 Bømlo	0	0	0	0	0	0	4 939	397	247	495	44	12
1221 Stord	0	0	0	0	0	0	3 701	231	185	2 455	170	176
1222 Fitjar	0	0	0	0	0	0	1 579	48	84	83	29	4
1223 Tysnes	4	2	3	0	0	0	2 352	101	75	175	9	2
1224 Kvinnherad	143	49	16	438	100	32	5 288	309	313	1 100	115	127
1227 Jondal	0	0	0	0	0	0	774	80	58	131	20	7
1228 Odda	793	171	57	287	62	35	2 575	202	274	124	6	14
1231 Ullensvang	0	2	1	1	0	4	1 481	243	113	378	84	30
1232 Eidfjord	110	19	22	266	57	31	940	128	25	19	2	3
1233 Ulvik	2	0	2	24	5	3	734	90	48	65	4	1
1234 Granvin	91	12	12	146	44	50	276	43	21	135	22	9
1235 Voss	768	137	66	1 183	177	213	3 913	214	125	1 922	115	68
1238 Kvam	128	14	19	351	36	31	3 350	177	170	2 210	103	123
1241 Fusa	32	3	3	15	0	2	2 178	149	150	282	14	20
1242 Samnanger	83	1	4	8	1	0	1 585	64	65	121	5	3
1243 Os (Hord.)	453	62	28	14	9	6	4 428	207	255	924	33	45
1244 Austevoll	0	0	0	0	0	0	2 862	144	97	0	0	0
1245 Sund	0	0	0	0	0	0	2 893	116	71	0	0	0
1246 Fjell	0	0	0	0	0	0	8 384	302	395	0	0	0
1247 Askøy	0	0	0	0	0	0	9 324	308	458	165	11	17
1251 Vaksdal	174	23	39	55	5	6	2 179	79	92	63	8	9
1252 Modalen	53	10	8	34	5	4	199	13	15	26	0	0
1253 Osterøy	0	0	0	0	0	0	3 620	176	202	200	10	7
1256 Meland	0	0	0	0	0	0	2 628	85	71	500	43	10
1259 Øygarden	0	0	0	0	0	0	2 378	131	148	0	0	0
1260 Radøy	0	0	0	0	0	0	2 093	116	87	837	36	28
1263 Lindås	0	0	0	0	0	0	5 945	353	363	1 234	69	75
1264 Austrheim	0	0	0	0	0	0	1 587	113	94	0	0	0
1265 Fedje	0	0	0	0	0	0	172	7	6	0	0	0
1266 Masfjorden	17	11	7	40	5	11	1 316	94	67	40	1	3
1401 Flora	0	0	0	0	0	0	4 357	304	281	147	4	5

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
1411 Gulen	10	2	1	22	5	0	1 907	160	88	136	5	11
1412 Solund	0	0	0	0	0	0	616	43	19	11	0	0
1413 Hyllestad	0	0	0	0	0	0	529	46	37	457	58	22
1416 Høyanger	358	31	29	364	35	46	1 465	113	70	269	32	24
1417 Vik	111	5	6	498	39	43	860	94	44	303	22	27
1418 Balestrand	10	1	2	42	8	1	368	83	13	326	92	17
1419 Leikanger	242	15	7	221	20	20	373	11	7	101	27	3
1420 Sogndal	609	70	16	409	80	12	1 981	223	100	149	18	6
1421 Aurland	242	67	25	309	77	26	378	122	39	258	30	7
1422 Lærdal	291	51	20	613	42	31	507	128	18	188	25	14
1424 Årdal	700	42	35	692	118	112	437	13	21	354	10	10
1426 Luster	446	98	43	427	104	43	2 226	189	109	169	24	10
1428 Askvoll	0	0	0	0	0	0	1 665	149	101	153	15	15
1429 Fjaler	156	15	7	29	4	1	1 480	51	62	137	8	6
1430 Gaular	144	7	7	53	22	8	1 131	90	28	382	26	28
1431 Jølster	0	0	0	0	0	0	985	170	70	742	66	33
1432 Førde	1 223	58	78	509	139	64	1 864	82	116	468	15	23
1433 Naustdal	0	0	0	0	0	0	917	31	33	377	30	11
1438 Bremanger	0	0	0	0	0	0	2 055	164	156	261	24	10
1439 Vågsøy	0	0	0	0	0	0	2 394	212	230	91	7	17
1441 Selje	0	0	0	0	0	0	1 035	113	64	416	36	24
1443 Eid	381	43	34	194	26	12	1 845	154	61	192	45	13
1444 Hornindal	51	7	21	138	22	11	206	14	5	172	6	3
1445 Gloppen	255	36	38	145	30	10	1 819	125	133	608	81	51
1449 Stryn	637	99	24	468	238	52	1 761	232	80	761	169	41
1502 Molde	94	19	19	82	5	2	6 508	482	231	986	158	175
1503 Kristiansund (t.o.m. 2007)	0	0	0	0	0	0	6 575	341	304	1 081	178	76
1504 Ålesund	0	0	0	0	0	0	14 406	978	1 044	2 241	316	189
1511 Vanylven	76	4	0	354	54	18	903	58	19	1 452	103	83
1514 Sande (M. og R.)	0	0	0	0	0	0	1 200	87	102	347	25	17
1515 Herøy (M. og R.)	0	0	0	0	0	0	5 823	331	277	862	35	38
1516 Ulstein	0	0	0	0	0	0	3 778	208	184	1 334	100	70
1517 Hareid	0	0	0	0	0	0	2 300	90	106	1 330	166	58
1519 Volda	0	0	0	0	0	0	3 484	233	148	3 821	360	176
1520 Ørsta	617	29	34	2 834	328	128	1 075	108	137	4 072	147	165
1523 Ørskog	254	16	13	160	18	16	527	19	12	240	18	3
1524 Norddal	230	56	16	518	111	38	339	42	25	99	36	13
1525 Stranda	287	67	36	504	63	53	941	185	44	701	23	21
1526 Stordal	75	4	7	350	30	22	151	5	5	213	5	2
1528 Sykkylven	355	55	41	383	40	30	1 073	51	58	1 292	54	57
1529 Skodje	0	0	0	0	0	0	1 491	80	93	341	14	14
1531 Sula	0	0	0	0	0	0	4 693	186	302	328	8	18
1532 Giske	0	0	0	0	0	0	2 482	148	118	2 392	162	76
1534 Haram	23	0	1	1	1	0	2 816	172	134	1 308	73	35
1535 Vestnes	68	10	4	235	27	15	950	60	52	1 922	116	177
1539 Rauma	579	77	56	1 364	357	188	1 084	134	44	1 285	84	45
1543 Nesset	132	24	15	259	36	15	1 240	70	55	758	79	44
1545 Midsund	0	0	0	0	0	0	847	53	49	70	9	1

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
1546 Sandøy	0	0	0	0	0	0	670	78	49	95	4	2
1547 Aukra	212	42	6	83	3	0	866	48	46	190	22	14
1548 Fræna	149	9	12	130	9	9	2 240	191	172	1 542	109	113
1551 Eide	0	0	0	0	0	0	742	51	79	721	84	68
1554 Averøy	0	0	0	0	0	0	2 576	181	148	206	14	14
1556 Frei (t.o.m. 2007)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1557 Gjemnes	359	30	23	181	28	23	988	36	56	325	16	21
1560 Tingvoll	0	0	0	0	0	0	2 129	120	89	217	22	17
1563 Sunndal	833	102	152	1 308	160	177	894	25	67	335	21	16
1566 Surnadal	839	79	65	472	86	70	1 934	81	75	656	100	29
1567 Rindal	14	0	7	44	8	2	823	17	10	777	77	59
1569 Aure (t.o.m. 2005)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1571 Halsa	0	0	0	0	0	0	1 194	85	62	234	13	26
1573 Smøla	0	0	0	0	0	0	1 349	142	68	200	13	12
1576 Aure	266	22	13	2	0	1	2 604	147	170	86	2	5
1601 Trondheim	7	3	3	804	103	49	18 686	838	810	15 379	1 491	1 104
1612 Hemne	104	9	16	170	14	8	2 304	52	83	470	41	35
1613 Snillfjord	89	16	13	22	12	2	1 355	64	35	53	7	3
1617 Hitra	0	0	0	0	0	0	3 476	258	103	6	0	0
1620 Frøya	0	0	0	0	0	0	2 846	198	156	43	23	7
1621 Ørland	0	0	0	0	0	0	1 762	122	65	602	25	27
1622 Agdenes	0	0	0	0	0	0	1 679	74	43	117	10	1
1624 Rissa	109	12	3	19	0	8	3 382	211	119	579	72	51
1627 Bjugn	0	0	0	0	0	0	3 216	189	224	120	19	21
1630 Åfjord	90	6	5	18	1	1	2 470	166	73	130	4	3
1632 Roan	47	3	4	39	2	0	742	47	28	105	6	2
1633 Osen	117	9	4	49	6	4	668	32	22	44	2	6
1634 Oppdal	228	36	28	392	99	28	3 187	141	63	1 877	135	75
1635 Rennebu	204	8	10	251	32	6	1 550	93	25	919	65	36
1636 Meldal	553	79	51	659	67	70	1 562	59	58	379	7	15
1638 Orkdal	427	39	23	1 662	193	194	1 989	79	55	1 265	84	76
1640 Røros	124	3	2	365	32	17	1 751	129	42	3 447	177	118
1644 Holtålen	325	45	30	358	30	17	780	34	23	832	21	31
1648 Midtre Gauldal	842	78	62	631	121	75	2 038	66	36	1 055	72	22
1653 Melhus	960	118	62	1 076	177	129	2 158	62	43	1 816	70	59
1657 Skaun	16	7	0	0	0	0	2 462	89	86	509	68	18
1662 Klæbu	56	8	8	21	3	5	1 034	32	41	677	45	24
1663 Malvik	34	10	0	0	3	0	3 749	231	89	448	44	21
1664 Selbu	327	34	45	379	70	55	2 440	82	92	377	17	23
1665 Tydal	60	5	5	230	53	12	756	28	30	852	38	45
1702 Steinkjer	1 419	196	69	245	21	23	6 387	416	208	852	106	39
1703 Namsos	34	1	2	11	2	1	4 790	305	165	392	126	82
1711 Meråker	293	68	21	114	15	1	1 148	94	60	825	60	19
1714 Stjørdal	700	164	51	789	281	50	5 476	346	189	856	66	58
1717 Frosta	0	0	0	0	0	0	1 323	63	29	328	31	16
1718 Leksvik	0	0	0	0	0	0	1 981	85	51	196	23	17
1719 Levanger	405	161	53	127	34	10	7 136	303	182	749	75	53
1721 Verdal	509	48	18	2 408	287	191	2 760	71	57	776	43	47

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
1723 Mosvik	0	0	0	0	0	0	747	39	33	4	5	1
1724 Verran	135	18	16	77	10	3	1 632	61	97	148	5	2
1725 Namdalseid	54	3	1	34	18	1	828	60	52	249	40	15
1729 Inderøy	0	0	0	0	0	0	2 295	187	94	185	38	24
1736 Snåsa	132	14	9	48	2	1	1 155	130	49	64	11	14
1738 Lierne	41	0	0	87	35	4	802	33	21	768	42	42
1739 Røyrvik	30	3	3	9	0	0	542	66	25	93	10	9
1740 Namsskogan	193	59	10	153	38	13	325	28	18	96	10	3
1742 Grong	262	59	25	208	49	9	583	52	33	376	39	23
1743 Høylandet	53	3	0	37	10	1	395	43	16	262	23	9
1744 Overhalla	205	26	7	657	78	78	613	13	15	165	16	3
1748 Fosnes	59	10	2	39	12	0	429	66	16	22	2	0
1749 Flatanger	29	4	0	18	0	0	1 061	64	30	34	4	0
1750 Vikna	0	0	0	0	0	0	1 926	206	151	55	1	0
1751 Nærøy	250	27	23	282	39	7	2 509	195	150	120	6	1
1755 Leka	0	0	0	0	0	0	424	55	9	56	10	3
1804 Bodø	34	6	5	116	17	8	8 720	560	224	6 270	496	150
1805 Narvik	208	4	3	333	17	10	2 343	114	152	4 979	371	249
1811 Bindal	23	6	2	26	1	0	1 056	84	42	129	10	6
1812 Sømna	0	0	0	0	0	0	1 059	67	38	107	19	7
1813 Brønnøy	28	13	2	4	3	2	3 105	273	128	657	75	14
1815 Vega	0	0	0	0	0	0	888	71	26	8	0	0
1816 Vevelstad	7	0	0	2	0	0	392	56	11	58	3	0
1818 Herøy (Nordl.)	0	0	0	0	0	0	1 283	97	45	0	0	0
1820 Alstahaug	24	0	1	9	0	0	2 850	226	150	303	22	21
1822 Leirfjord	0	0	0	0	0	0	1 116	63	26	350	14	15
1824 Vefsn	293	41	35	486	103	54	2 936	118	114	1 744	132	136
1825 Grane	373	47	11	359	21	19	662	33	4	166	6	3
1826 Hattfjelldal	73	19	17	215	34	6	630	40	6	355	18	3
1827 Dønna	0	0	0	0	0	0	1 274	93	49	9	1	0
1828 Nesna	0	0	0	0	0	0	564	25	31	600	54	22
1832 Hemnes	575	65	24	333	83	40	1 956	75	129	236	17	10
1833 Rana	515	33	108	1 382	143	263	4 761	165	308	3 626	317	350
1834 Lurøy	0	0	0	0	0	0	1 519	150	90	91	22	0
1835 Træna	0	0	0	0	0	0	283	29	28	0	0	0
1836 Rødøy	0	0	0	0	0	0	1 103	117	52	85	8	3
1837 Meløy	8	0	1	4	0	0	2 386	167	141	949	113	65
1838 Gildeskål	0	0	0	0	0	0	2 167	147	118	195	25	7
1839 Beiarn	94	9	8	260	15	6	495	12	7	449	21	9
1840 Saltdal	60	5	6	78	2	3	1 154	61	42	2 159	179	146
1841 Fauske	8	0	5	13	1	4	3 196	177	117	1 824	149	127
1845 Sørfold	59	11	0	8	0	3	1 147	95	59	538	37	12
1848 Steigen	0	0	0	0	0	0	1 014	110	51	1 188	52	51
1849 Hamarøy	0	0	0	0	0	0	1 070	144	76	756	78	50
1850 Tysfjord	3	0	0	16	0	2	1 621	99	77	228	31	6
1851 Lødingen	0	0	0	0	0	0	1 490	120	102	93	7	3
1852 Tjeldsund	0	0	0	0	0	0	571	37	19	488	76	18
1853 Evenes	0	0	0	5	1	1	221	22	15	1 006	75	42

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
1854 Ballangen	0	0	0	0	0	0	889	26	10	1 507	130	64
1856 Røst	0	0	0	0	0	0	25	3	0	338	41	29
1857 Værøy	0	0	0	0	0	0	363	41	9	43	5	3
1859 Flakstad	0	0	0	0	0	0	526	48	23	249	34	9
1860 Vestvågøy	0	0	0	0	0	0	1 577	170	122	3 784	261	117
1865 Vågan	0	0	0	0	0	0	3 703	515	293	411	38	14
1866 Hadsel	0	0	0	0	0	0	1 709	103	52	2 691	189	96
1867 Bø (Nordl.)	0	0	0	0	0	0	831	54	47	1 227	86	23
1868 Øksnes	0	0	0	0	0	0	1 400	101	71	979	72	22
1870 Sortland	19	0	0	36	0	3	1 722	60	93	2 703	209	196
1871 Andøy	0	0	0	0	0	0	1 588	135	86	1 757	126	75
1874 Moskenes	0	0	0	0	0	0	665	217	34	15	1	0
1901 Harstad	0	0	0	0	0	0	5 295	239	192	2 584	332	157
1902 Tromsø	69	1	2	209	15	28	11 341	652	537	6 379	685	472
1911 Kvæfjord	0	0	0	0	0	0	1 195	72	51	433	22	13
1913 Skånland	0	0	0	0	1	0	1 034	84	37	882	61	18
1915 Bjarkøy	0	0	0	0	0	0	508	40	15	33	4	1
1917 Ibestad	0	0	0	0	0	0	1 194	81	57	185	16	4
1919 Gratangen	62	3	0	87	10	8	572	44	26	289	19	3
1920 Lavangen	101	6	4	61	11	12	421	40	13	111	7	3
1922 Bardu	248	43	69	450	122	99	860	22	58	538	50	29
1923 Salangen	57	8	4	160	33	18	862	50	24	447	13	13
1924 Målselv	117	14	9	494	208	19	1 574	185	50	1 520	261	82
1925 Sørreisa	5	0	0	102	7	1	1 099	56	63	586	32	20
1926 Dyrøy	7	2	0	21	2	1	736	38	18	238	18	15
1927 Tranøy	0	0	0	0	0	0	1 027	73	46	393	34	26
1928 Torsken	0	0	0	0	0	0	451	46	37	277	22	8
1929 Berg	0	0	0	0	0	0	406	37	18	337	19	12
1931 Lenvik	12	1	3	12	1	1	2 769	190	146	2 655	162	84
1933 Balsfjord	26	2	1	97	2	0	1 738	81	80	1 860	122	67
1936 Karlsøy	0	0	0	0	0	0	1 084	65	33	915	66	30
1938 Lyngen	0	0	0	0	0	0	1 256	89	54	580	51	28
1939 Storfjord	185	19	9	478	88	31	371	39	6	126	8	12
1940 Gáivuotna Kåfjord	10	0	0	27	0	0	574	74	18	692	54	23
1941 Skjervøy	12	0	0	59	5	1	1 037	91	53	265	16	14
1942 Nordreisa	66	8	2	920	88	19	948	67	50	626	62	41
1943 Kvænangen	102	19	7	99	20	5	785	80	31	171	23	8
2002 Vardø	6	0	0	1	0	0	991	94	77	539	55	36
2003 Vadsø	53	3	2	221	13	14	568	46	41	2 433	141	117
2004 Hammerfest	0	0	0	0	0	0	3 331	286	190	158	3	4
2011 Guovdageaidnu Kautokeino	62	43	2	510	70	19	144	4	2	723	78	22
2012 Alta	336	30	22	1 476	166	148	3 698	226	207	1 743	166	53
2014 Loppa	0	0	0	0	0	0	591	35	19	249	27	7
2015 Hasvik	0	0	0	0	0	0	696	74	39	6	1	0
2017 Kvalsund	294	20	5	189	16	0	944	29	23	313	29	3
2018 Måsøy	0	0	0	0	0	0	838	69	64	122	11	2
2019 Nordkapp	0	0	0	0	0	0	710	123	89	953	141	47
2020 Porsanger Porsángu Porsanki	214	23	35	1 031	177	114	817	69	48	821	65	50

	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.	Hush.	Nær.	Ind.
Kommune	Geokl1			Geokl2			Geokl3			Geokl4		
2021 Kárásjohka Karasjok	92	16	7	1 045	133	49	23	11	3	214	18	3
2022 Lebesby	14	0	1	40	5	4	853	105	41	238	18	6
2023 Gamvik	15	0	0	2	0	0	541	33	36	281	33	31
2024 Berlevåg	67	1	0	107	2	3	338	12	21	389	70	29
2025 Deatnu Tana	260	43	32	1 351	191	106	296	15	46	125	5	4
2027 Unjárga Nesseby	16	6	2	93	8	6	189	24	8	615	62	22
2028 Båtsfjord	38	1	0	49	0	0	958	75	85	247	5	10
2030 Sør-Varanger	15	1	0	193	67	11	3 953	277	231	1 647	138	69

Vedlegg 4: Spørreundersøkelse

Spørreskjema for kartlegging av geotermisk energi i Norge

Retur: Asplan Viak AS v/Odd Bø: epost: Odd.Bo@asplanviak.no fax: 33 31 07 55

Utfylt dato:		Firma		Navn:		tlf:	

Prosjektdata

Prosjekt: (kan anonymiseres, eller vil bli anonymisert hos oss): _____

Nytt eller eksisterende bygg / Prosjekt ferdigstilt (år): _____ / _____

Type prosjekt (skole, kontorbygg, hotell, industri, nærvarme, fjernvarme ..): _____

Hvilket fylke og hvilken kommune ligger prosjektet i: _____ / _____

Levert energi / tilført energi (inkl sirk.pumper) :

- Varme: (kWh/år / kWh/år) _____ / _____
- (Fri)kjøling: (kWh/år / kWh/år) _____ / _____

Totalinvestering eksklusive innomhus distribusjon: _____

Årlige drift og vedlikeholdskostnader (reelle eller stipulerte): _____

Borehull

Åpen (grunnvann) eller lukket (kollektor) system: (Å / L) _____

Etablert som energilager: (J / N) _____

Borehull antall /dybde: (m) _____ / _____

Løsmassedybde over fjell : (m) _____

Borehullskostnad: (kr) _____

Varmepumpe

Varmepumpekostnad inkludert tilknytning til borehull: (kr) _____

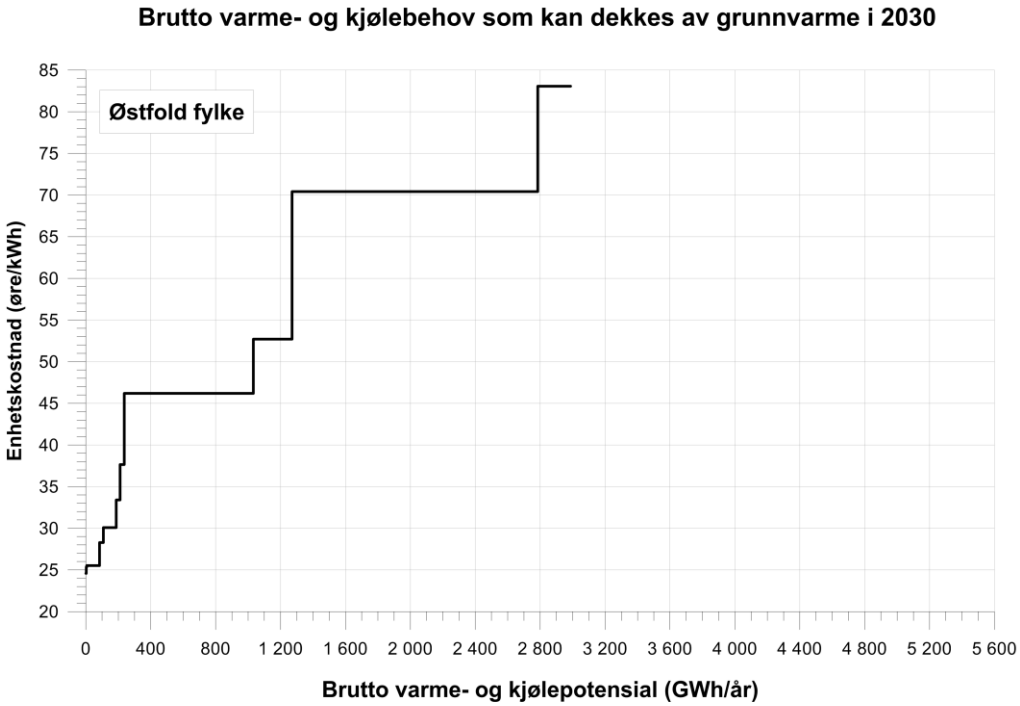
Levert effekt (varme / kjøling): (kW / kW) _____ / _____

Kuldemedium type: _____

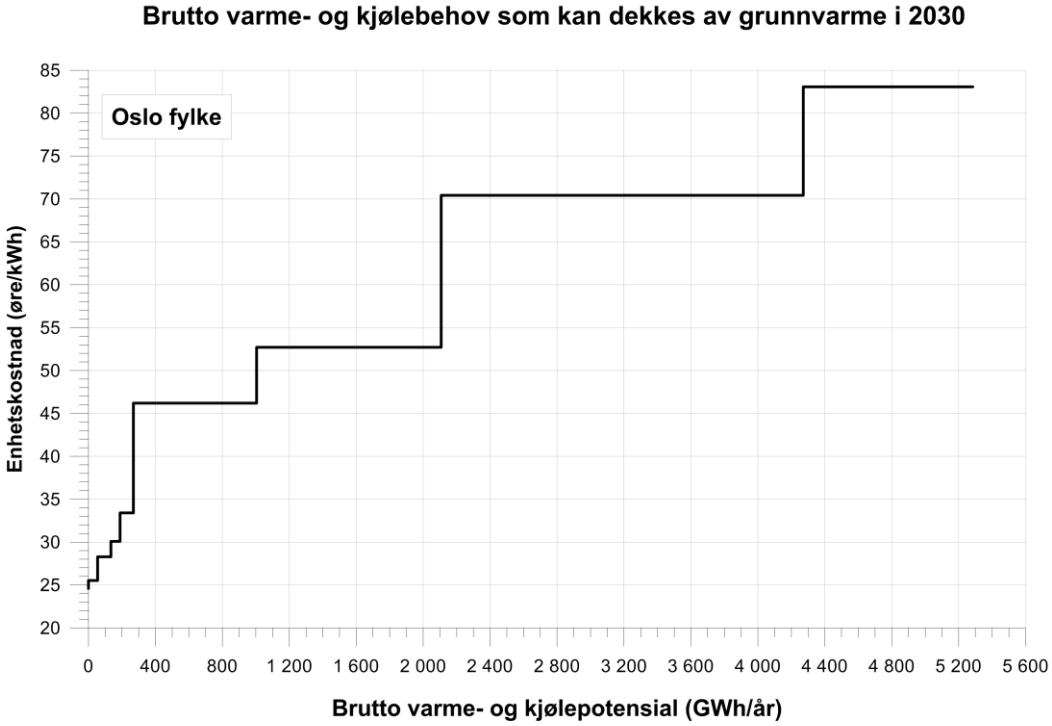
Turtemperatur til distribusjonsnett (varmedrift/kjøledrift): (°C) _____ / _____

Kommentar:: _____

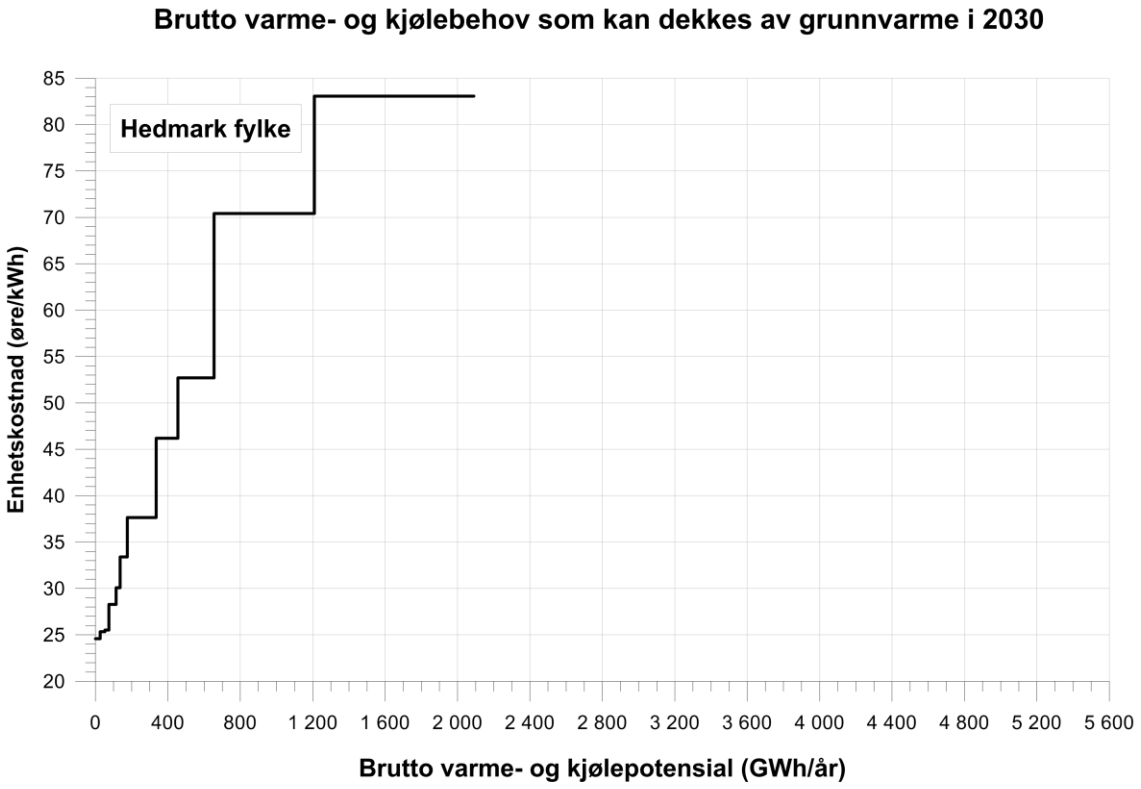
Vedlegg 5: Fylkesvise kostnadskurver



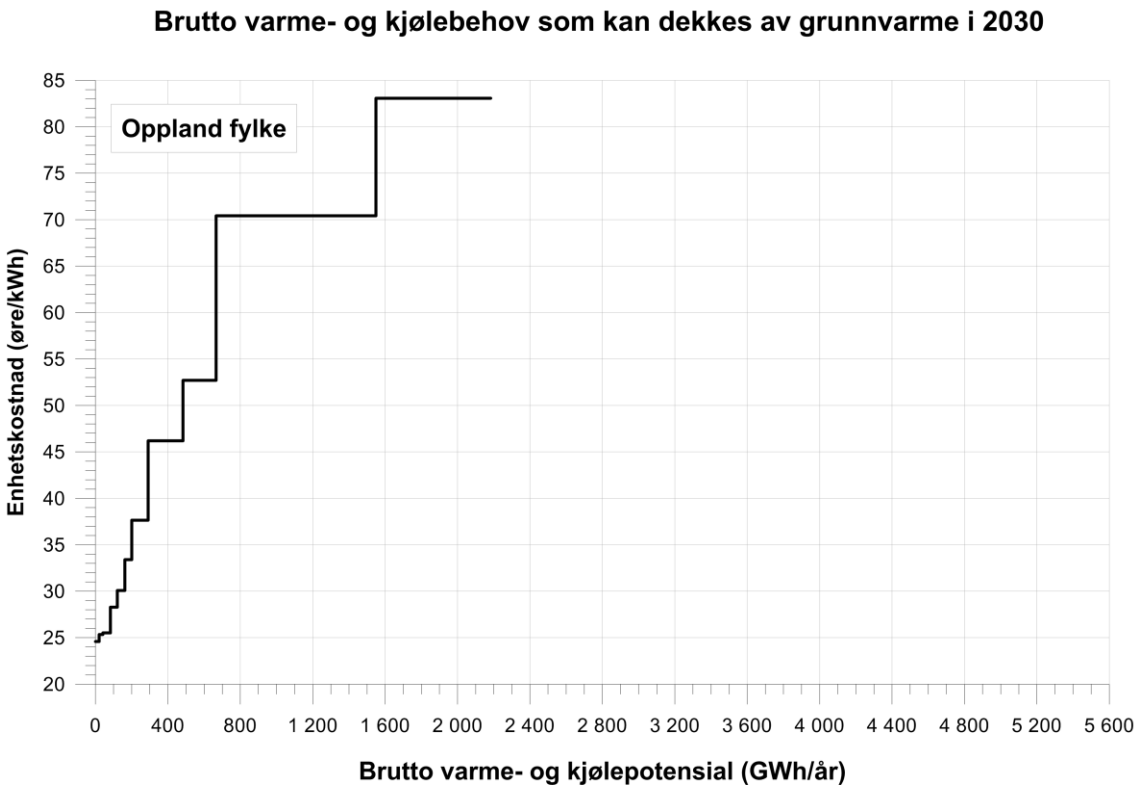
Figur 15 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Østfold fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



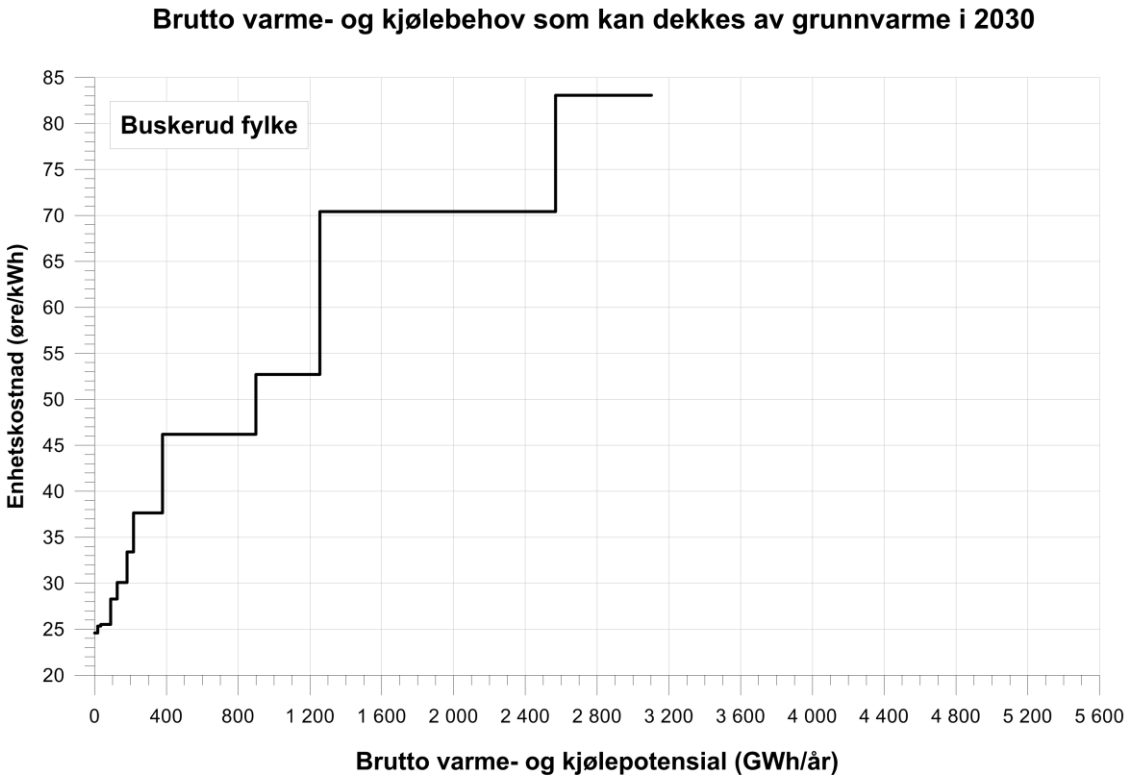
Figur 16 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Oslo fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



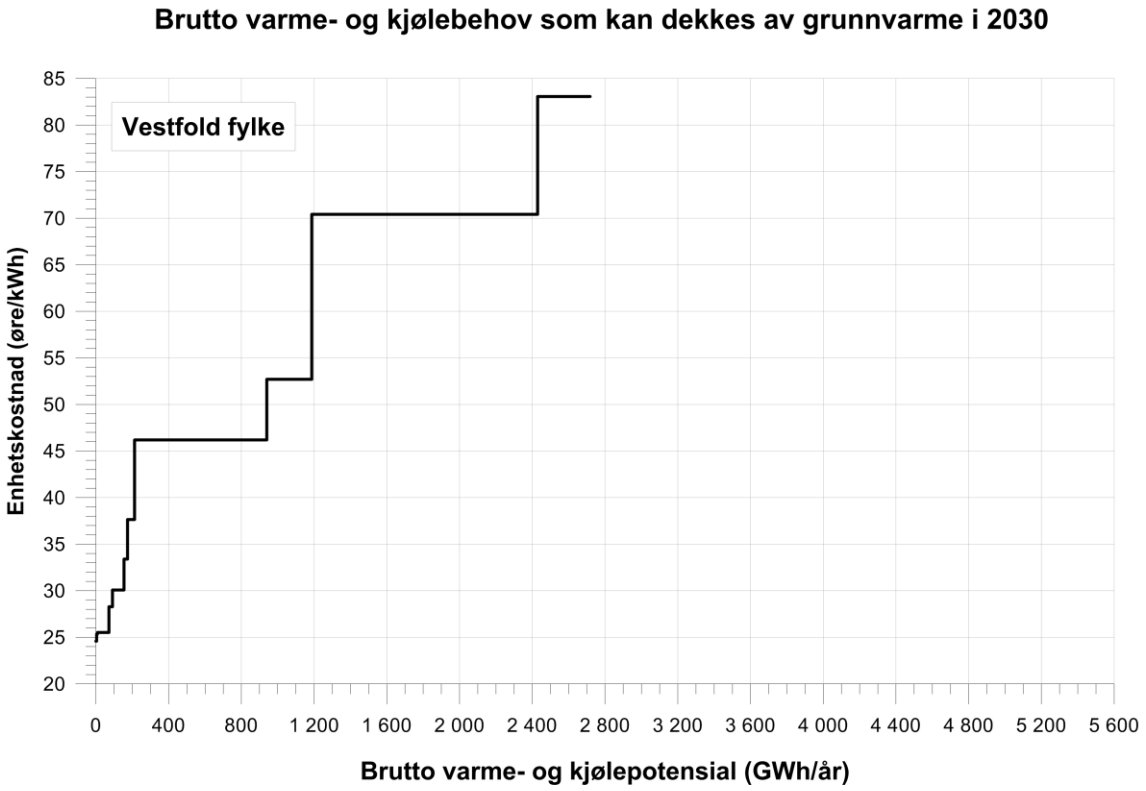
Figur 17 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Hedmark fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



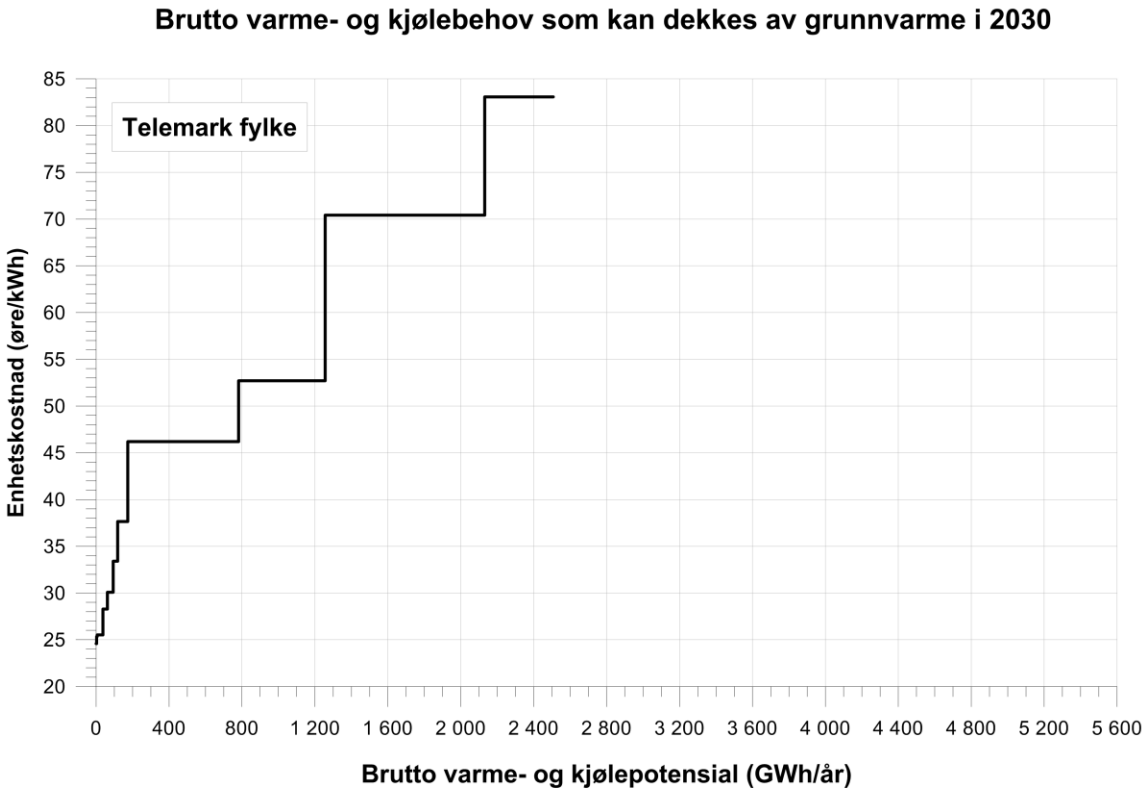
Figur 18 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Oppland fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



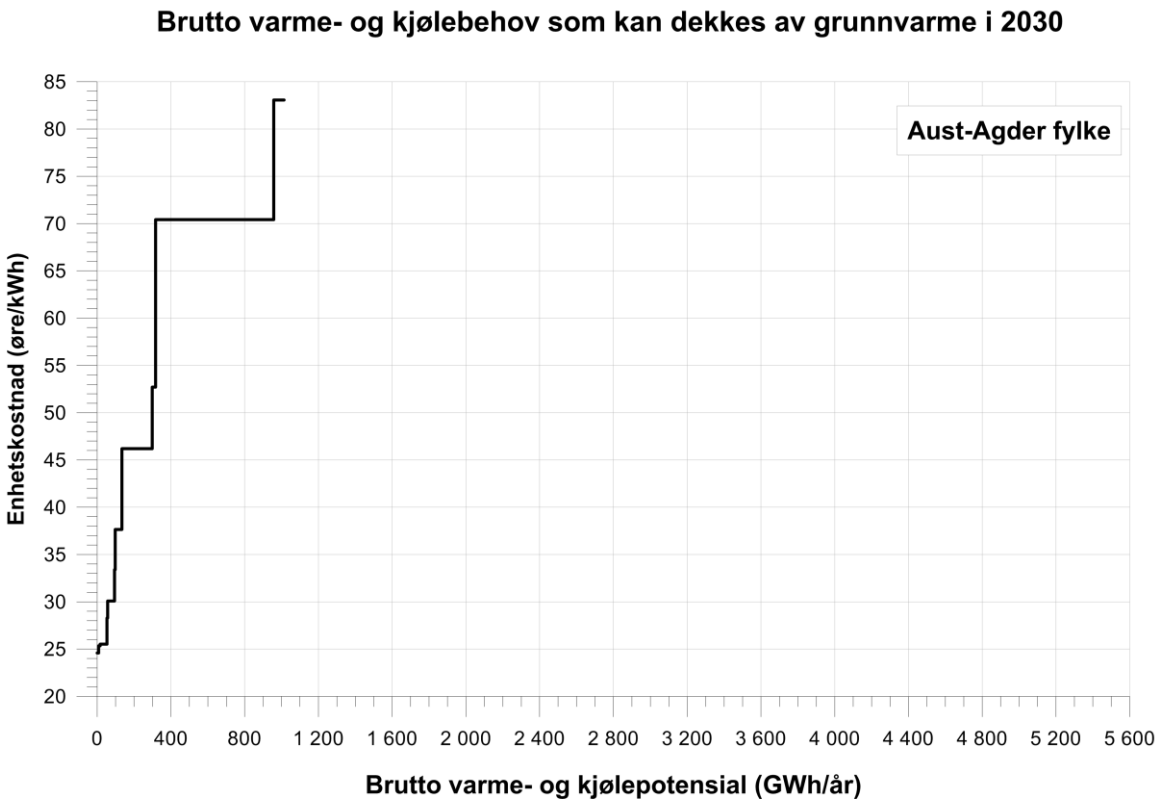
Figur 19 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Buskerud fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



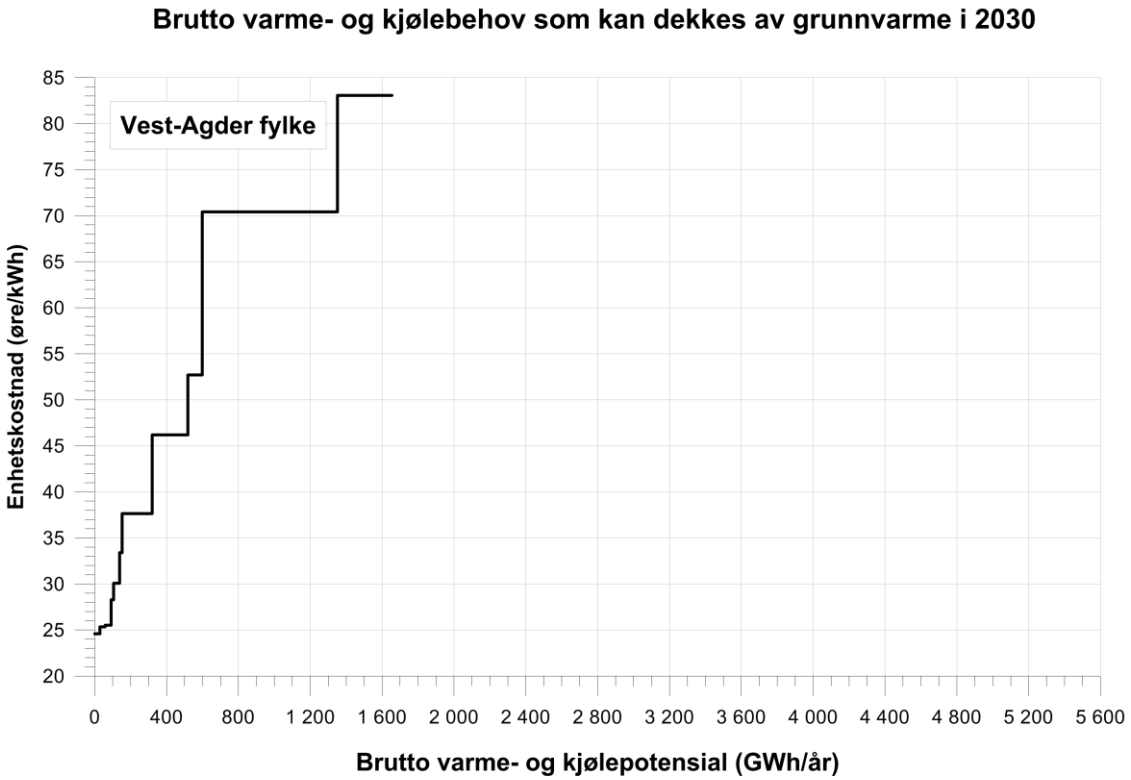
Figur 20 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Vestfold fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



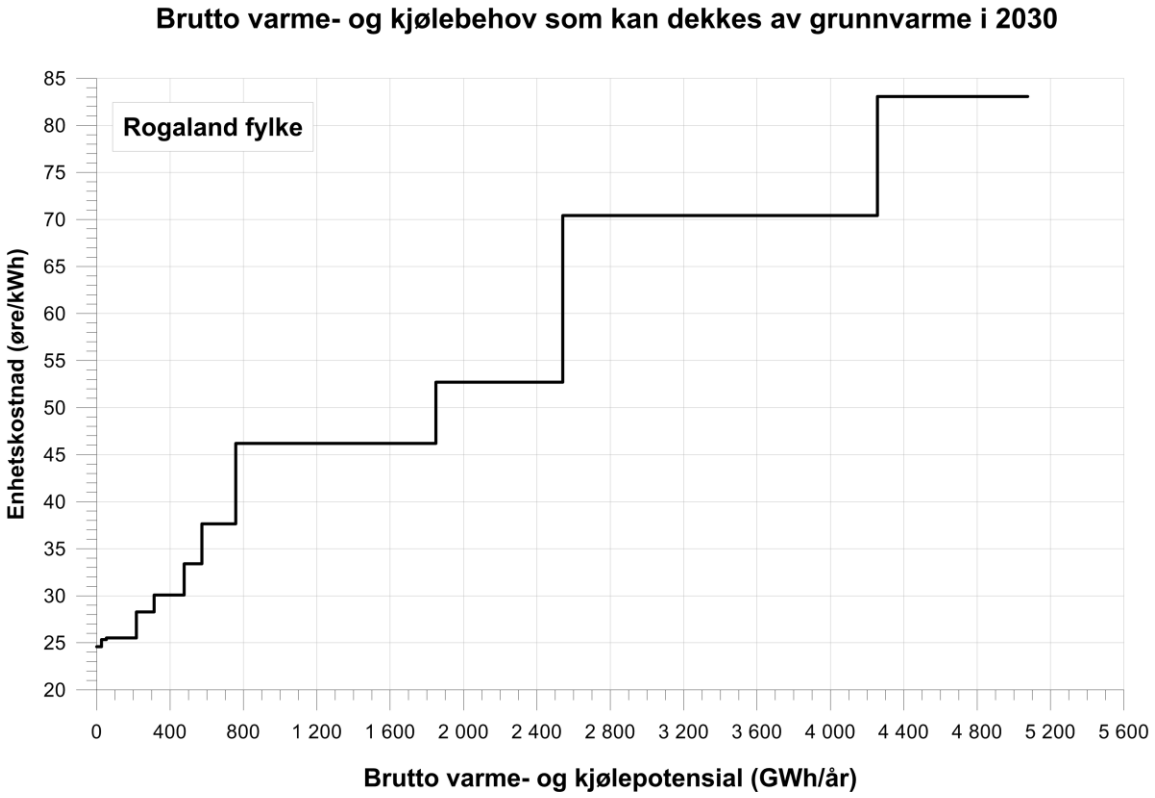
Figur 21 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Telemark fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



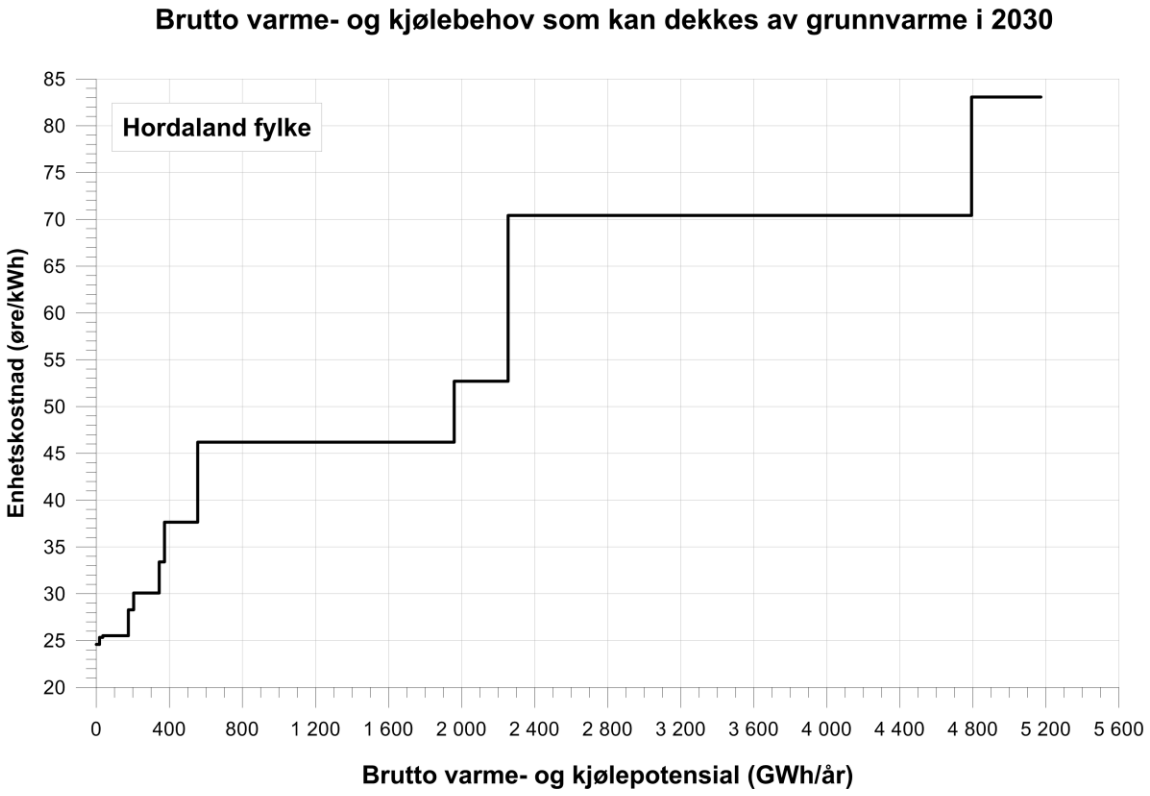
Figur 22 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Aust-Agder fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



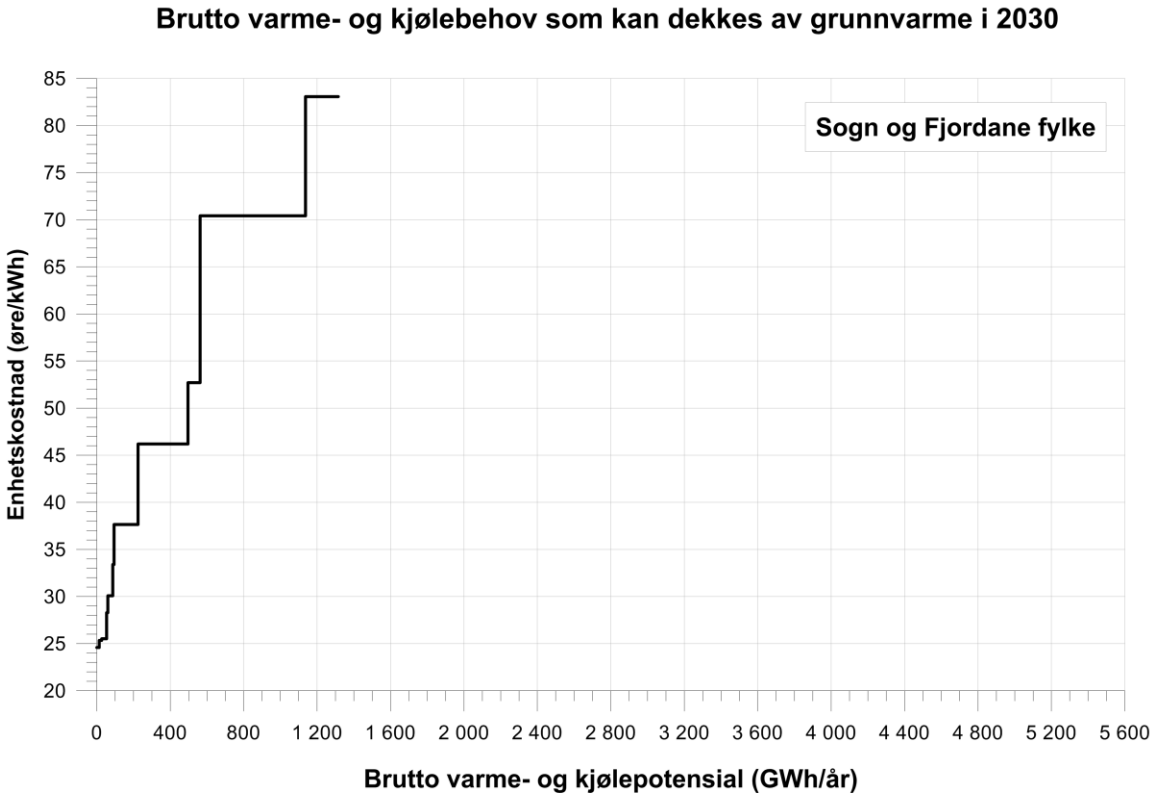
Figur 23 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Vest-Agder fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



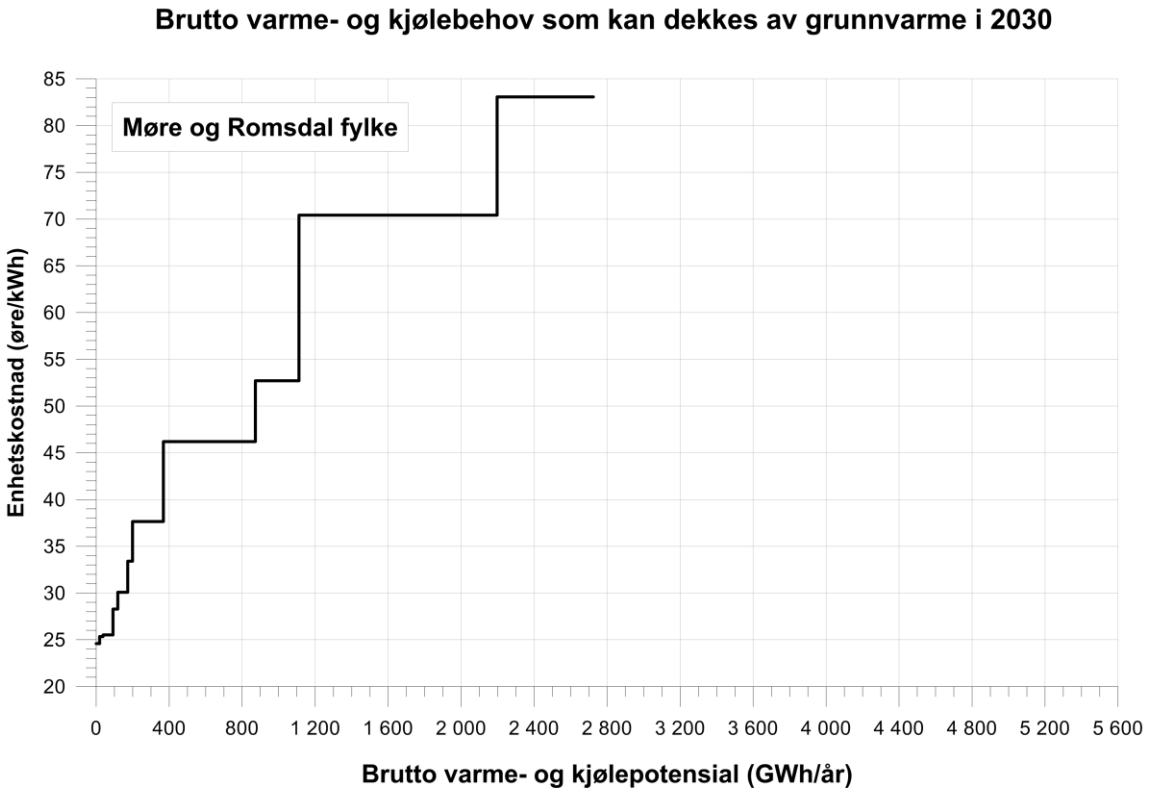
Figur 24 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Rogaland fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



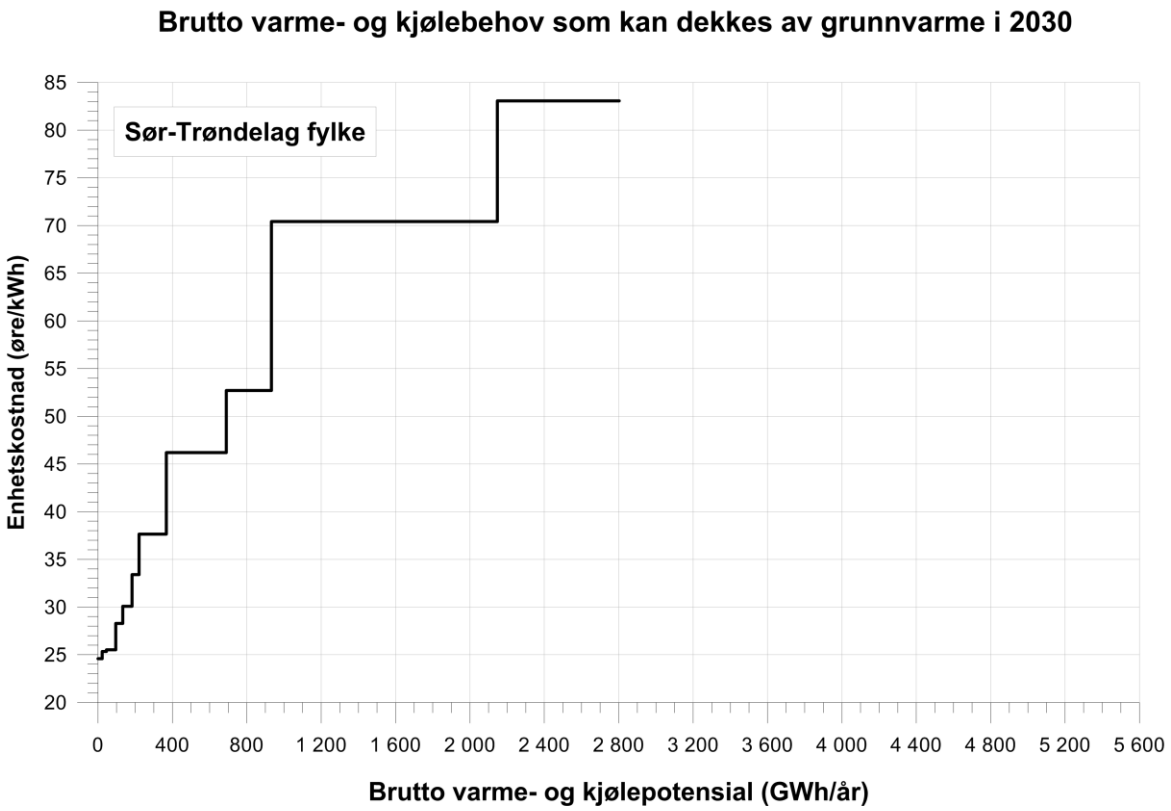
Figur 25 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Hordaland fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



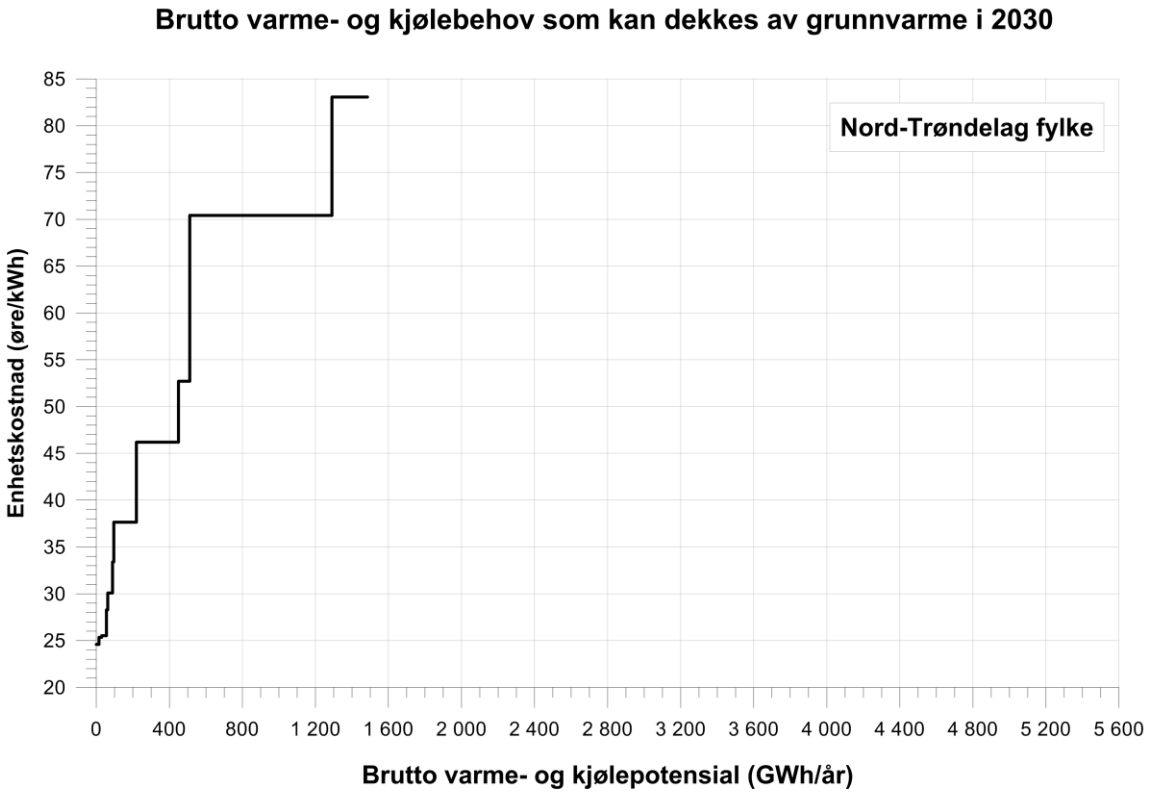
Figur 26 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Sogn og Fjordane fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



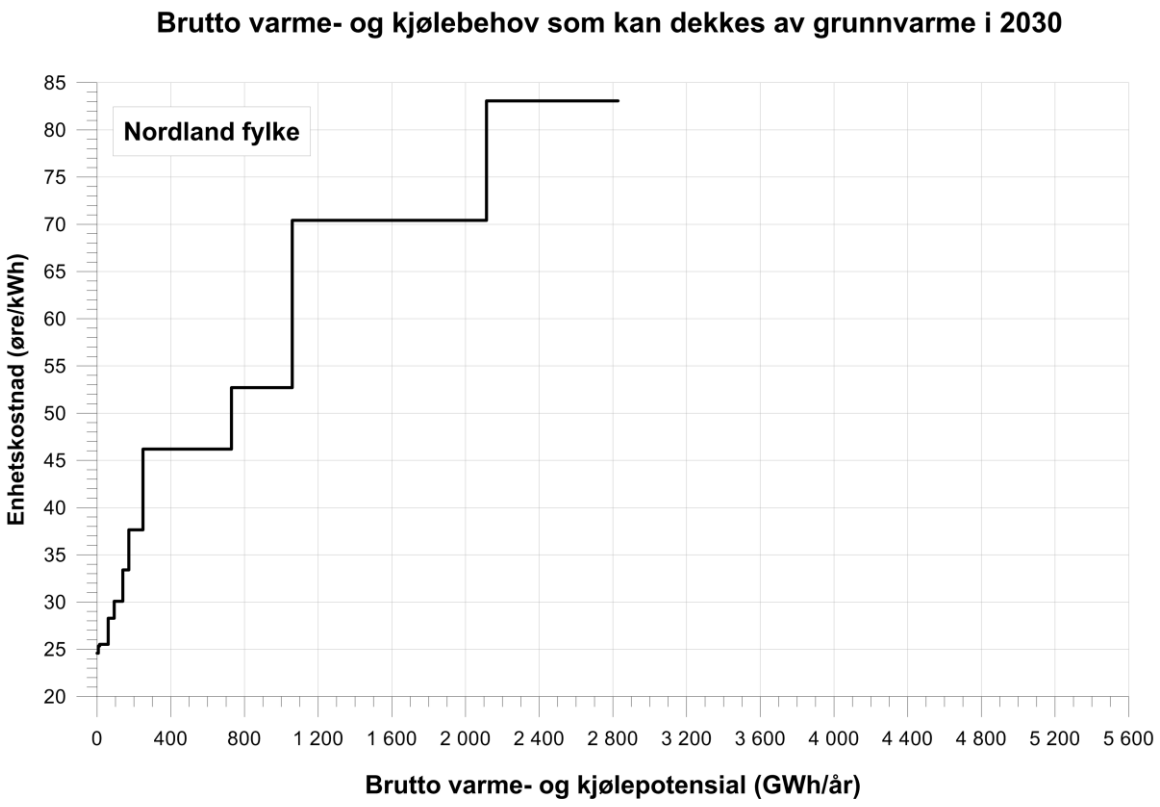
Figur 27 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Møre og Romsdal fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



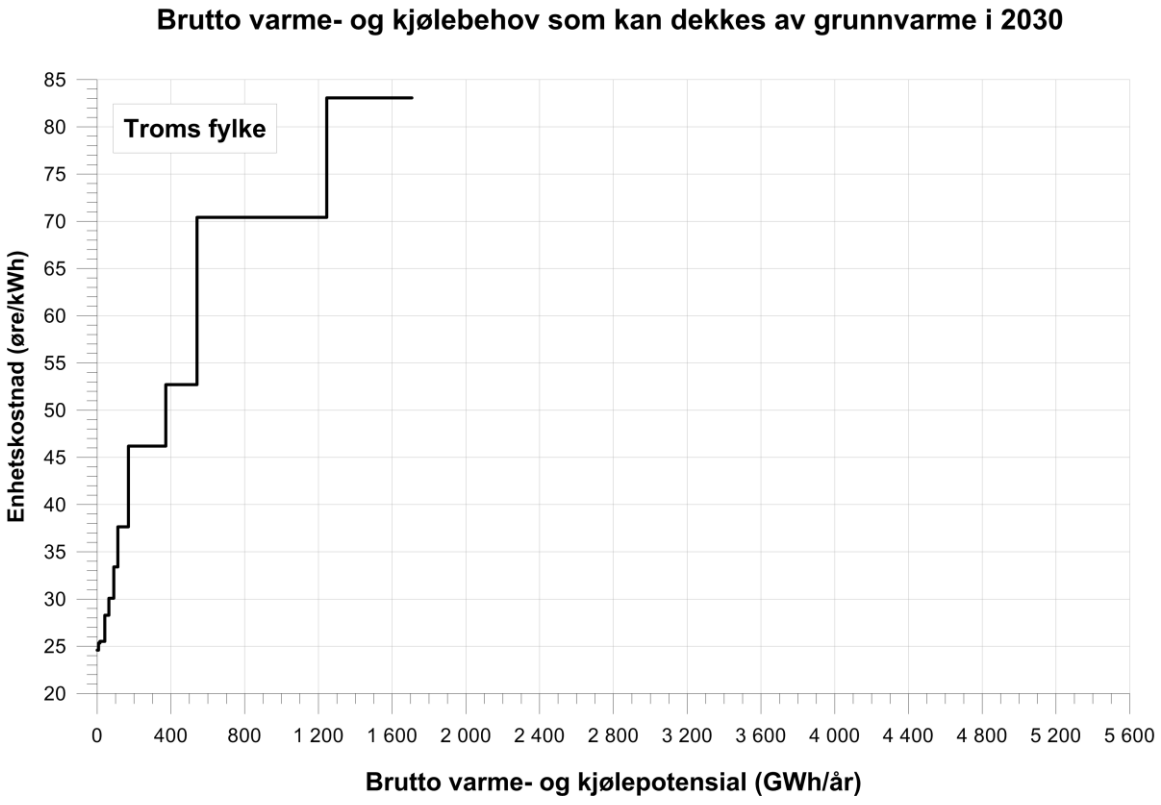
Figur 28 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Sør-Trøndelag fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



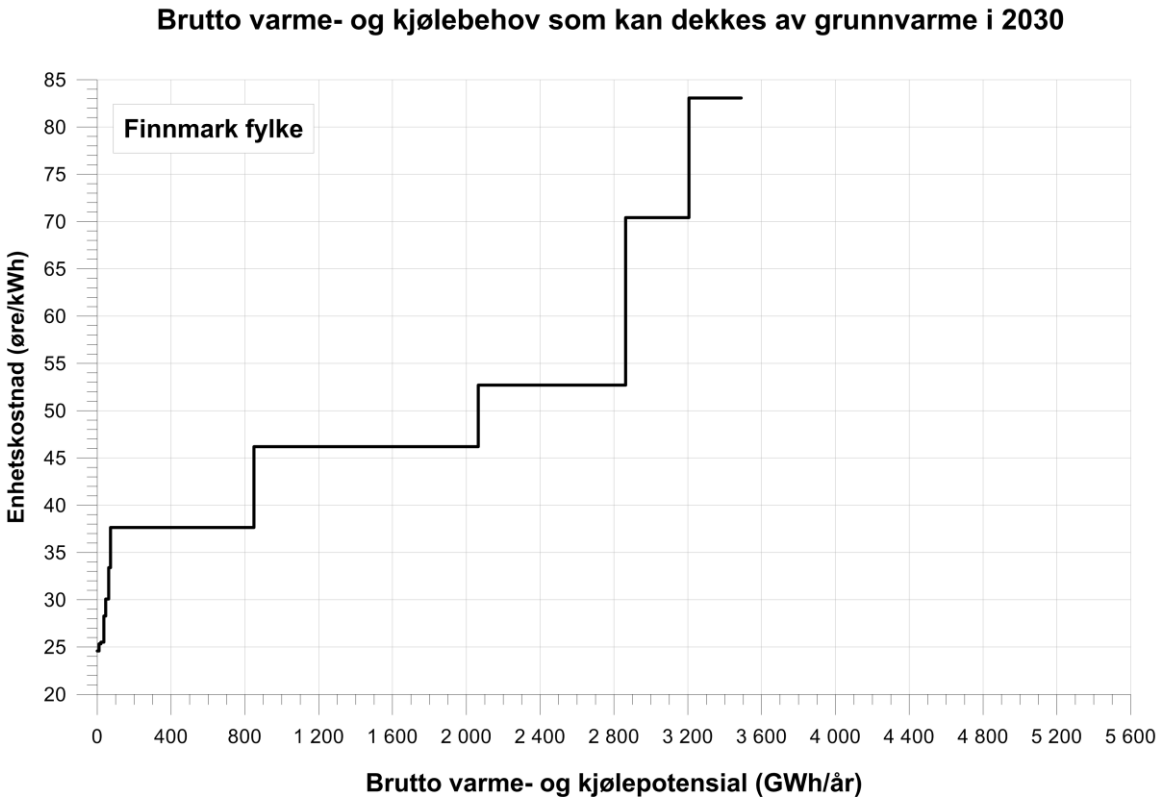
Figur 29 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Nord-Trøndelag fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



Figur 30 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Nordland fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



Figur 31 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Troms fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.



Figur 32 Enhetskostnader for brutto varme- og kjølebehov som kan dekkes av grunnvarme i 2030 i Finnmark fylke for ulike sett med løsningsalternativer for grunnvarmeanlegg og geologi.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsapportserie A i 2011

Nr. 1 Dam Break Analysis for Aparan Reservoir, Armenia. Per Ludvig Bjerke (23 s.)

Nr. 2 Fornybarandel i avfall til norske forbrenningsanlegg. Jarle Marthinsen, Mepex Consult AS (39 s.)

Nr. 3 Erosjonsforhold i forbindelse med tilleggsutbygging i Håkvikdalen og Skamdalen
Truls Erik Bønsnes, Halfdan Benjaminsen, Jim Bogen, Margrethe Elster (78 s.)

Nr. 4 Sedimenttransport ved utløp Storvatnet i Håkvikdalen 2009 - 2011
Truls Erik Bønsnes (41 s.)

Nr. 5 Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial
Randi Kalskin Ramstad, Asplan viak (81 s.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen,
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no