

# Kartlegging av radon i Modum kommune

## Radon 2000/2001

Vinteren 2000/2001 ble det gjennomført en fase 1-kartlegging av radon i inneluft i Modum kommune, i forbindelse med den landsomfattende undersøkelsen "Radon 2000/2001". En andel på 6 % av kommunens husstander deltok i kartleggingen, og det ble funnet at 15 % av disse har en radonkonsentrasjon som er høyere enn anbefalt tiltaksnivå på 200 Bq/m<sup>3</sup> luft. Modum kommune har et radonproblem, og anbefalt oppfølging kan deles i to kategorier avhengig av problemomfang. I området øst for Bergsjø ved Sønsteby viser alle målingene høye radonkonsentrasjoner. Også i tre mindre områder – Åmot vest, et område mellom Vikersund og Sysle, samt et område ved Askim/Fure – er flere enn 20 % av målingene over 200 Bq/m<sup>3</sup> radon i luft. I alle disse fire områdene er det en høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner i inneluft, og Statens strålevern anbefaler oppfølgende målinger i alle boliger med leilighet eller oppholdsrom i

1. etasje eller underetasje. Resten av kommunen klassifiseres som et område med middels høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner. Her anbefales oppfølgende målinger i utvalgte boliger.

*Line Ruden  
Gro Beate Ramberg  
Katrine Ånestad  
Terje Strand*

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Om radon

Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) er et radioaktivt stoff som dannes naturlig ved desintegrasjon av radium ( $^{226}\text{Ra}$ ), og som finnes i varierende mengder i all berggrunn og jordsmonn. Radon er en edelgass, og har derfor liten evne til å danne kjemiske bindinger med andre stoffer. Radon frigjøres dermed lett til jordluften, og ved utettheter i boligkonstruksjonen mot bakken kan gassen oppkonsentreres i inneluften.

Radon brytes videre ned til de radioaktive isotopene av polonium, bly og vismut som med et fellesnavn kalles radondøtre. Hvis radongass er tilstede i lufta dannes radondøtrene kontinuerlig, og det er disse som gir stråledoser til lungene ved innånding. Norge er et av landene i verden med høyest radonkonsentrasjon i inneluften. På bakgrunn av landsomfattende kartlegginger er det anslått at ca. 160 000 husstander har en radonkonsentrasjon i inneluften som er høyere enn anbefalt tiltaksgrense på  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Dette er grenseverdien som er satt for å få tilskudd gjennom Husbanken til gjennomføring av tekniske tiltak for å redusere radonkonsentrasjonen. Det er videre anslått at ca. 50 000 husstander ligger over  $400 \text{ Bq/m}^3$  (Strålevernrapport 2001:6).

Epidemiologiske undersøkelser har påvist at opphold over flere år i innemiljøer med høye radonkonsentrasjoner gir økt risiko for utvikling av lungekreft. Det er anslått at radon i inneluft er årsak til mellom 5 % og 15 % av alle nye lungekrefttilfeller i den norske befolkningen. Undersøkelser tyder på at risikoen ved radoneksponering er høyest for røykere. Norske anslag av risiko er i overensstemmelse med de vurderinger som er gjort internasjonalt av blant annet Verdens helseorganisasjon (WHO) og Den internasjonale strålevernskommisjon (ICRP).

Mer generell informasjon om radon finnes på Strålevernets radonsider: <http://radon.nrpa.no>.

### 1.2 Bakgrunn for prosjektet

I forbindelse med Nasjonal kreftplan, som ble vedtatt i Stortinget i 1998, ble det bl.a. bestemt at arbeidet med radon skulle trappes opp. Tilskuddsordningen for gjennomføring av tiltak mot radon i norske privatboliger ble etablert, og det ble avsatt 60 millioner kroner for å støtte gjennomføring av radontiltak over en fireårsperiode. I perioden fra ordningen trådte i kraft (sommeren 1999) frem til forsommeren 2000 ble det behandlet svært få søknader i forhold til de midler som var avsatt. For at tilskuddsordningen skulle kunne fungere etter intensjonene var det nødvendig å øke denne oppslutningen. Det ble avsatt midler til informasjonsrettede tiltak for å gjøre ordningen bedre kjent, i tillegg til at radonkompetansen hos byggebransjen og kommunale saksbehandlere skulle økes. Det ble også besluttet å utføre en målrettet kartlegging for å identifisere boliger med radonkonsentrasjon over tiltaksnivå.

Kartleggingsprosjektet "Radon 2000/2001" ble startet opp sommeren 2000 og omfatter radonmålinger i totalt ca. 30 000 boliger. Kartleggingen er utført i henhold til beskrivelse av fase 1-kartlegginger i Strålevernhefte 17 (1998).

## 2. GJENNOMFØRING

### 2.1 Deltagere

Alle landets 435 kommuner fikk brev med tilbud om å delta i prosjektet. Omtrent 200 kommuner svarte på henvendelsen, og ca. 170 av disse var positive. I forbindelse med fase 1-kartlegginger anbefales det å gjennomføre målinger i et tilfeldig utvalg på mellom 2 % og 10 % av boligmassen, avhengig av kommunens størrelse og boligtetthet. Det ble satt en nedre grense på

50 boliger i små kommuner, og en øvre grense på 600 boliger i store og tett befolkede kommuner. I prosjektet var det avsatt midler til gjennomføring av målinger i 30 000 boliger, med én måling i hver bolig. Dette medførte at antall deltagende kommuner måtte begrenses. I forbindelse med utvalget av kommuner ble det tatt hensyn til om kommunene svarte på henvendelsen innen tidsfristen, og ønsket om god geografisk spredning. Som en følge av dette fikk 114 kommuner delta innenfor rammen på 30 000 målinger.

### 2.2 Utførelse

Hver kommune ble bedt om å velge ut en kontaktperson som via brev og et informasjonsmøte fikk detaljert opplæring og instruksjon i hvordan kartleggingen skulle gjennomføres. Størrelsen på utvalget ble avtalt med den enkelte kommune, og det ble foreslått å benytte et kommunalt register (f.eks. renovasjonsregisteret) for å gjøre et tilfeldig utvalg av boliger. Forespørsel ble sendt ut til et noe større utvalg enn målebehovet. Dette bygger på tidligere erfaringer om at svarandelen vanligvis er på 60-70 %. I bykommuner, hvor en betydelig andel av befolkningen bor i blokk, ble kommunene anbefalt å måle kun i laveste etasje.

Boliginnehavere som ønsket å delta i kartlegging fikk tilsendt en sporfilm og tilhørende veiledning med retningslinjer for utplassering. Det skulle måles i et oppholdsrom som benyttes daglig, for eksempel stue eller soverom. Der det var flere alternativer å velge mellom skulle rommet i laveste etasje velges. Etter ca. to måneder fikk boliginnehaver tilsendt et brev med beskjed om å returnere sporfilm til Statens strålevern for analyse. Boliginnehaver skulle også returnere et utfylt registreringskjema (se Vedlegg 2) med opplysninger om boligen (boligtype, byggeår, grunnmur, etc.). I etterkant av målingene fikk hver boliginnehaver tilsendt en rapport med

måleresultat for egen bolig. Denne målerapporten kan brukes som grunnlag for søknad til Husbanken i de tilfeller der årsmiddelverdien av radon ligger over 200 Bq/m<sup>3</sup>. Kommunen fikk tilsendt en samlerapport med oversikt over alle resultatene i den aktuelle kommunen.

Statens strålevern har utarbeidet radonkart for de kommunene som har oppgitt gårds-, bruks- og bygningsnummer. Det foreligger to typer kart – områdekart og punkt kart. Områdekartet viser kommunen inndelt i skraverte områder, hvor skraveringen har en fargekode som indikerer hvor stor andel av de målte boligene som ligger over tiltaksgrensen på 200 Bq/m<sup>3</sup>. Kartene lages ved at kommunen deles inn i et rutenett. Totalt antall målinger telles opp i hver rute, og det samme gjøres med antall målinger som ligger over 200 Bq/m<sup>3</sup>. Deretter beregnes andel målinger over denne tiltaksgrensen for hver rute, og ruten fargelegges i henhold til dette. I grønne områder er det under 5 % av de målte boligene som ligger over 200 Bq/m<sup>3</sup>. I gule områder er det målt en radonkonsentrasjon på over 200 Bq/m<sup>3</sup> i mellom 5 % og 20 % av boligene, mens over 20 % av målingene ligger over dette tiltaksnivået i de røde områdene. Områder av kommunen hvor det er foretatt få eller ingen målinger vil være uten skravering på områdekartet. Her er det vanskelig å gjøre en vurdering av sannsynligheten for forhøyde radonkonsentrasjoner i boligmassen. Valg av rutestørrelser gjøres manuelt, og det velges vanligvis ruter med størrelse på mellom 500 og 5000 meter. Det kreves et minimum antall målinger for å få et tilstrekkelig beregningsgrunnlag for inndeling i de ulike fargekategoriene. For grønne og gule celler kreves det minst 20 målinger for at cellen skal fargelegges. For røde celler kreves det minst 5 målinger for at cellen skal fargelegges, og røde områder vil da kunne ha mindre celler. Det er viktig at rutene verken blir for store eller for små i forhold til antall, tetthet og fordeling av målingene.

Når det gjelder punktkartene er hver bolig hvor det er foretatt en radonmåling avmerket som et punkt, og punktet har en fargekode avhengig av radonkonsentrasjonen. Denne fargekoden er tilsvarende som for områdekartene, med grønt for måleverdier under  $200 \text{ Bq/m}^3$ , gult for måleverdier mellom  $200 \text{ Bq/m}^3$  og  $400 \text{ Bq/m}^3$  og rødt for radonmålinger over  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Punktkartet er overlevert kommunen.

Kartet er kun laget ut fra radonmålinger utført i forbindelse med "Radon 2000/ 2001". Det er verken tatt hensyn til geologi eller bygningstekniske opplysninger. Dette innebærer at det kan finnes boliger med høye konsentrasjoner i grønne områder, mens boliger i røde områder kan ha lave konsentrasjoner.

### 3. RESULTATER

I denne rapporten presenteres resultatene av kartleggingen i Modum kommune. Kartleggingen ble gjennomført i samarbeid med kommunens kontaktpersoner Morten Eken og Nanna S. Nordhagen.

I Modum kommune ble 665 boliger trukket ut tilfeldig fra en fullstendig hjemmelshaverliste for alle husstander. Alle disse boliginnhaverne fikk tilsendt brev fra kommunen med tilbud om radonmåling. På grunn av liten respons ble det tilfeldige utvalget supplert med et utvalg boliger på østsiden av Drammensvassdraget, på strekningen Ihlenkleiva-Østmodum, hvor det tidligere har blitt avdekket til dels høye måleverdier i et lite utvalg boliger. Totalt ble det oversendt måleutstyr til 420 husstander i kommunen.

**Tabell 1: Resultater for Modum kommune.**

Gjennomsnittlig årsmiddelverdi	128 $\text{Bq/m}^3$
Andel radonmålinger $>200 \text{ Bq/m}^3$	15 %
Andel radonmålinger $>400 \text{ Bq/m}^3$	5 %
Høyeste verdi målt i Modum	2200 $\text{Bq/m}^3$
Totalt antall målinger foretatt i Modum	367
Andel av boligmassen hvor det er målt	6 %

Målingene i Modum kommune ble gjennomført i perioden fra begynnelsen av desember i 2000 til begynnelsen av februar i 2001. Ikke alle boliginnhavere returnerte sporfilmen for analyse innen fristen, og i denne kommunen utgjorde dette 53 husstander. 367 sporfilmer ble returnert fra Modum innen fristen, og de følgende beregninger, diskusjoner og konklusjoner er foretatt ut fra disse analyseresultatene.

På bakgrunn av målingene er gjennomsnittlig årsmiddelverdi for radonkonsentrasjon i Modum kommune beregnet til  $128 \text{ Bq/m}^3$ . Resultatene viser at 15 % av boligene har en radonkonsentrasjon på over  $200 \text{ Bq/m}^3$ , mens 5 % av boligene også ligger over  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

Se Vedlegg 1 for resultater fra de andre kommunene som deltok i "Radon 2000/2001".

#### 3.1 Radonkart

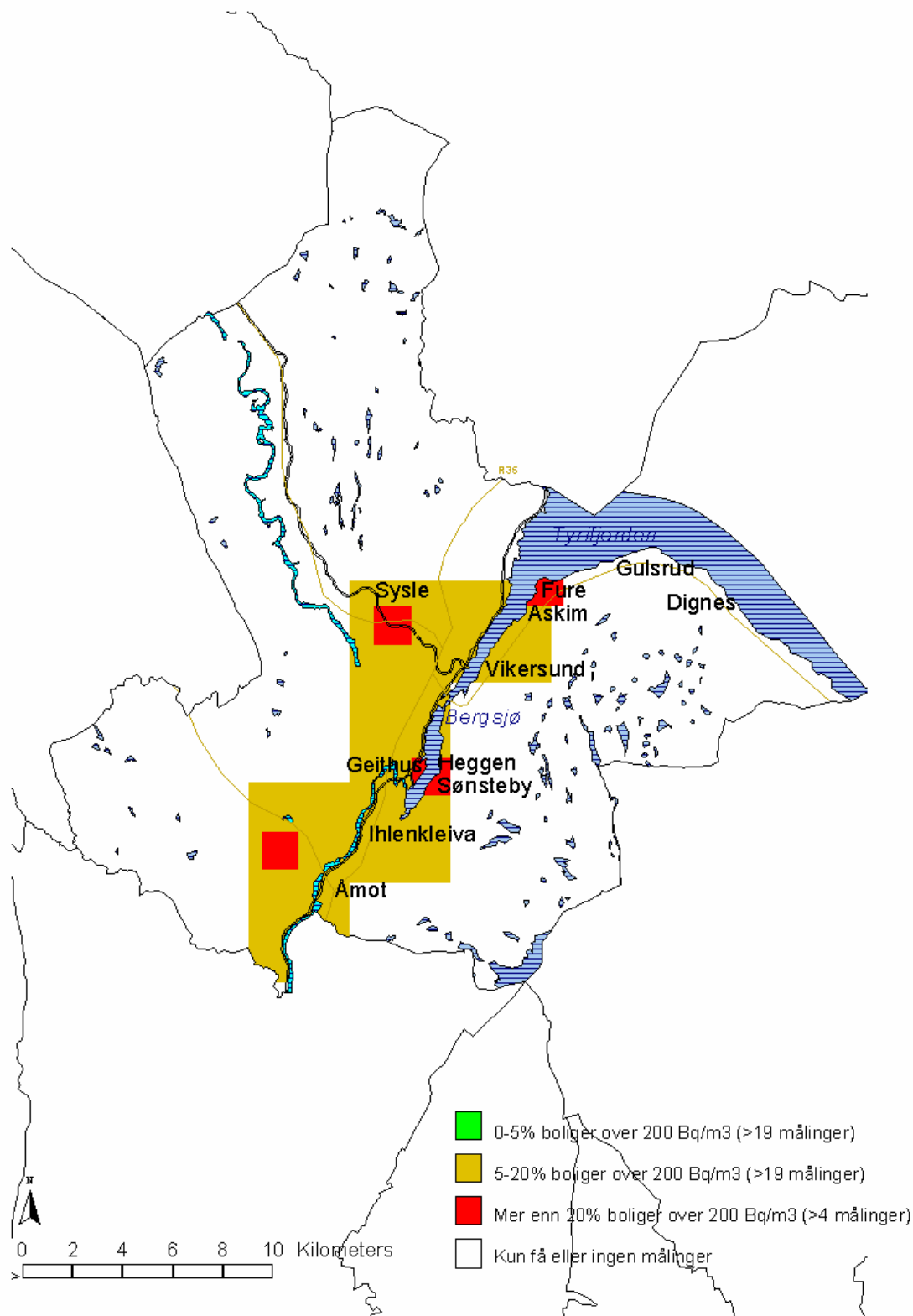
For å få en bedre oversikt over hvordan måleresultatene fordeler seg i kommunen er det utarbeidet to typer radonkart – punktkart og områdekart. Punktkartet er kun til internt bruk i kommunen, og er ikke trykket i denne rapporten. Det er likevel tatt utgangspunkt i blant annet dette kartet under diskusjon av resultatene for Modum.

Områdekartene har skraverte områder som indikerer hvor stor andel av de målte boligene som ligger over tiltaksnivå. Dette

## Kartlegging av radon i Modum kommune

gir grunnlag for å anslå sannsynligheten for at en bolig innenfor skravert område har forhøyde radonkonsentrasjoner. Figur 1 viser områdekart for Modum kommune.

Størrelsen på rutene er satt til 1500 m og 4000 m for henholdsvis røde og gule områder i denne kommunen.



**Figur 1:** Områdekart for Modum kommune. Oversikt over måleresultater fra "Radon 2000/2001", der radonkonsentrasjonen i inneluft ble målt i 6 % av boligmassen i kommunen.

I de områdene i Modum kommune der det er foretatt mange nok målinger til at en slik sannsynlighet kan anslås, finner man at mer enn 20 % av målingene ligger over 200 Bq/m<sup>3</sup> for fire steder – Østsiden av Bergsjø ved Sønsteby, området ved Askim/Fure, et område mellom Vikersund og Sysle, samt Åmot vest. Disse områdene er skravert med rødt, noe som angir en høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner i inneluft. I et større område rundt Bergsjø og sørvestre del av Tyrifjorden med Åmot, Geithus og Vikersund ligger radonkonsentrasjonene i 5-20 % av boligene over 200 Bq/m<sup>3</sup>, og området er skravert med gult. Dette gir en middels høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner. Ingen områder i Modum kommune er markert med lav sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner.

### 3.2 Bygningstekniske opplysninger

For hver bolig hvor det er foretatt måling er det fylt ut et registreringsskjema med bygningstekniske opplysninger (se Vedlegg 2). Dette gir grunnlag for en sammenlikning av boliger med høy kontra lav radonkonsentrasjon, og mulighet for å finne fellestrekk mellom boliger med høy konsentrasjon. Parametere som fra tidligere undersøkelser har vist seg å kunne være viktige i denne sammenhengen er boligens byggeår, boligtype, kjellertype, grunnmur, vannforsyning og i hvilken etasje målingen er foretatt. Disse dataene for Modum kommune er vist i Tabell 2. Ikke alle boliginnehavere har fylt ut alle punkter i registreringsskjemaet, og det vil følgelig være enkelte mangler og varierende totalantall innenfor de forskjellige kategoriene. I tillegg vil tabellen også kunne inneholde data fra målinger som kom inn etter tidsfristen.

**Tabell 2:** Informasjon fra boliginnehavernes registreringsskjemaer for Modum kommune.

Kategori	Beskrivelse	Antall	Årsmiddelverdi (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel målinger mellom 200 og 400 Bq/m <sup>3</sup> (%)	Andel målinger over 400 Bq/m <sup>3</sup> (%)
Byggeår	eldre enn 1960	149	193	11	10
	f.o.m. 1960 til 1970	48	120	6	4
	f.o.m. 1970 til 1980	89	97	9	1
	f.o.m. 1980 til 1990	53	125	11	6
	f.o.m. 1990 til 2000	30	137	7	7
	f.o.m. 2000 og nyere	7	77	14	0
Boligtype	Enebolig	369	150	10	7
	Rekkehus/vertikal tomannsbolig	11	130	0	9
	Horisontal tomannsbolig	2	30	0	0
	Blokkleilighet	1	10	0	0
	Terrasseleilighet	0	0	0	0
	Annen boligtype	6	112	17	0
Kjellertype	Ingen kjeller	40	97	8	3
	Kryprom	30	179	7	10
	Kjeller under deler av huset	91	135	10	8
	Kjeller under hele huset	213	158	11	7
Grunnmur	Mur av lettklinker	150	131	11	6
	Støpt grunnmur	145	145	5	6
	Naturstein	42	216	19	14
	Annen grunnmur	7	133	14	0
Måleetasje	Kjeller/sokkeletasje	58	206	24	9
	1. etasje	260	145	7	7
	2. etasje	3	137	33	0
	Høyere enn 2. etasje	0	0	0	0
Vannforsyning	Fra vannverk	281	135	9	6
	Overflatevann	36	264	19	19
	Privat borebrønn	67	142	7	6

### 4. DISKUSJON

Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i Modum kommune er  $128 \text{ Bq/m}^3$  og ligger dermed over landsgjennomsnittet på ca.  $90 \text{ Bq/m}^3$ . Hvis det samtidig tas med i betraktningen at 15 % av de målte boligene ligger over  $200 \text{ Bq/m}^3$ , og at 5 % av boligene også ligger over  $400 \text{ Bq/m}^3$ , gir dette signaler om at kommunen har et radonproblem (se Tabell 1).

Utvalget av boliger som er med i denne kartleggingen er delvis tilfeldig og utgjør omtrent 6 % av det totale antall boliger i kommunen. Det er foretatt målinger fordelt over hele kommunen, og dersom fordelingen av målingene også avspeiler bosettingsmønsteret, må man anta at resultatene er representative for kommunen (Strålevernhefte 17).

#### 4.1 Radonkart

I de områdene av kommunen hvor det er foretatt tilstrekkelig antall målinger for skravering på områdekartet, dvs. i og rundt tettstedene Vikersund, Geithus og Åmot finner man en høy eller middels høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner i boliger.

Ser man nærmere på fordelingen av de høyeste måleverdiene (over  $400 \text{ Bq/m}^3$ ) finner man at flertallet av disse er målt i området på østsiden av Bergsjø ved Sønsteby, der samtlige måleverdier ligger over  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Det er også målt noen høye radonkonsentrasjoner videre innover Øst-Modum. På vestsiden av Drammensvassdraget er det kun registrert få måleverdier over  $400 \text{ Bq/m}^3$  (Sysle, Geithus og Åmot vest).

Radonkonsentrasjoner på mellom 200 og  $400 \text{ Bq/m}^3$  er fordelt over store deler av kommunen. I de delene av kommunen hvor det er foretatt for få målinger for skravering på områdekartet er det ikke mulig å si noe sikkert om sannsynligheten

for forhøyde radonkonsentrasjoner. Det er også her foretatt enkelte spredte målinger over  $200 \text{ Bq/m}^3$ , noe som kan lede til en antagelse om middels sannsynlighet for forhøyde nivåer av radon i boligene.

Radonkonsentrasjoner under  $200 \text{ Bq/m}^3$  fordeler seg over hele kommunen vest for Drammensvassdraget samt enkelte steder på østsiden.

#### 4.2 Bygningstekniske opplysninger

Ut fra registrerings skjemaene som boliginnhaverne fra Modum kommune har fylt ut, er det vanskelig å finne klare fellestrekk ved boliger med høye radonnivåer. Man kan likevel se noen tendenser.

En stor andel av boligene er bygget før 1960, og 21 % av disse har målt radonkonsentrasjoner over  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Gjennomsnittlig årsmiddelverdi er på  $193 \text{ Bq/m}^3$ , og er dermed høyest for denne byggeårskategorien. Boliger bygget på 60-, 70-, 80- og 90-tallet har gjennomsnittlige årsmiddelverdier på ca.  $100\text{-}140 \text{ Bq/m}^3$  for de respektive byggeårskategoriene, og andel målinger over  $200 \text{ Bq/m}^3$  varierer fra 10 % til 17 %. Kun et fåtall av boligene som deltok i dette prosjektet er bygget i år 2000 eller senere. Her ligger gjennomsnittlig årsmiddelverdi litt lavere, og ingen av disse boligene målte over  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

De aller fleste av boligene som deltok i kartleggingen er eneboliger. Det er i denne kategorien man finner de høyeste radonkonsentrasjonene, med en andel på 17 % av målingene over tiltaksgrensen, og gjennomsnittlig årsmiddelverdi på  $150 \text{ Bq/m}^3$ . Innenfor hver av de andre boligtypene er det for få deltagere til at det kan trekkes noen konklusjoner.

Boligens kjellertype kan ha betydning for radonkonsentrasjonen i inneluft (Strålevernhefte 9). I denne kommunen

fordeler de høyeste måleverdiene seg imidlertid omtrent likt på de forskjellige kjellertypene. Lavest andel over 200 Bq/m<sup>3</sup> finner man for boliger uten kjeller (med 11 %). Boliger med kryprom eller kjeller under hele eller deler av huset ligger på 17-18 %.

Et flertall av boligene i denne kartleggingen har grunnmur av lettklinkerblokker eller støpt grunnmur. Av boliger med lettklinkermur var en andel på 17 % av målingene over 200 Bq/m<sup>3</sup>, og gjennomsnittlig årsmiddelverdi ble beregnet til 131 Bq/m<sup>3</sup>. For boliger med støpt grunnmur var tilsvarende verdier 11 % og 145 Bq/m<sup>3</sup>. 42 boligeiere har oppgitt å ha grunnmur av naturstein. Hele 31 % av disse målte radonkonsentrasjoner over tiltaksgrensen på 200 Bq/m<sup>3</sup> og gjennomsnittlig årsmiddelverdi var her på 216 Bq/m<sup>3</sup>. 1 av 7 som oppgir å ha annen type grunnmur har målt mellom 200 og 400 Bq/m<sup>3</sup>.

Av målinger foretatt i kjeller/sokkeletasje ligger 33 % av måleverdiene over 200 Bq/m<sup>3</sup>, og beregnet gjennomsnittlig årsmiddelverdi er på 206 Bq/m<sup>3</sup>. Av målinger foretatt i 1. etasje ligger 14 % over 200 Bq/m<sup>3</sup> og gjennomsnittlig årsmiddelverdi er 145 Bq/m<sup>3</sup>. 3 av målingene er foretatt i 2. etasje, og 1 av disse (33 %) ligger over tiltaksgrensen. Gjennomsnittlig årsmiddelverdi for disse er 137 Bq/m<sup>3</sup>. Det er i tråd med tidligere undersøkelser at andelen høye måleverdier avtar jo høyere opp i etasjene målingen er foretatt (SIS-rapport 1991:3).

Vann fra borebrønner i fast fjell kan i enkelte tilfeller gi et betydelig bidrag til radonkonsentrasjonen i inneluft (Lind et al 1992). I denne kommunen oppgir 67 husstander at de har vannforsyning fra privat borebrønn, og 13 % av disse har målt radonkonsentrasjoner over 200 Bq/m<sup>3</sup> luft. Gjennomsnittlig årsmiddelverdi for boliger med vann fra borebrønn er beregnet til 142 Bq/m<sup>3</sup>. Av de 281

husstandene som oppgir å ha vannforsyning fra vannverk har en andel på 15 % måleverdier over 200 Bq/m<sup>3</sup> og gjennomsnittlig årsmiddelverdi er beregnet til 135 Bq/m<sup>3</sup>. 36 har krysset av for vannforsyning fra overflatevann, og 38 % av disse har måleverdier over 200 Bq/m<sup>3</sup>. Her er gjennomsnittlig årsmiddelverdi 264 Bq/m<sup>3</sup>. Ut i fra disse resultatene er det liten grunn til å tro at radon fra vann er årsaken til forhøyde konsentrasjoner av radon inneluft.

### 4.3 Geologi

Byggegrunnen er en av de viktigste kildene til forhøyde radonkonsentrasjoner i boliger, sammen med byggeskikk og bygningsteknikk. Hus bygget i områder med store forekomster av alunskifer, uranrike granitter eller pegmatitter i kombinasjon med løsmasser eller morenegrunn er mer utsatt enn andre (Stranden et al 1988). Statens strålevern innehar ikke detaljerte opplysninger om geologiske forhold i Modum kommune. Dessverre er det heller ikke kapasitet til å foreta denne typen analyser ved utarbeidelse av rapporten. Modum kommune opplyser imidlertid at kommunen grovt sett kan deles i to geologiske områder, der Drammensvassdraget skiller. Øst for vassdraget finnes rike forekomster av Oslofeltets kambrosilurbergarter i høydela opp til ca. 400 m.o.h.. Bl.a. er alunskifer vanlig forekommende i et belte langs hele østsiden av Tyrifjorden og Bergsjø. Alunskiferbeltets mektighet varierer noe, og beltet ligger i hovedsak høyere enn bebyggelsen (ca. 160-200 m.o.h.) Et unntak er områdene omkring Sønsteby og Heggen, der alunskiferbeltet går helt ned mot Bergsjø. Tilsvarende forhold finner vi også i området omkring Gulsrud/Dignes på Østmodum. Vest for Drammensvassdraget er geologien dominert av hardere grunnfjellsbergarter. I breksjesonen mellom Oslofeltet og

grunnfjellsområdene vestover er geologien svært sammensatt. Kommunen anbefales å sammenstille måledata fra denne rapporten med tilgjengelig geologisk informasjon fra lokalområdet.

Radonmålingene utført i denne kartleggingen viser tydelige variasjoner fra kommune til kommune. Man ser imidlertid en tendens til at innlandskommuner har høyere gjennomsnittsverdier enn kommuner som ligger ved kysten. Flere kommuner i indre strøk av Sør-Norge har relativt høye gjennomsnittsverdier og stor andel med forhøyde radonkonsentrasjoner i inneluften (Strålevernrapport 2001:6). Dette kan skyldes forskjeller i berggrunnsgeologiske forhold, men i alle tilfeller vil det være store lokale variasjoner når det gjelder gjennomtrengelighet i berg og jordsmonn.

## 5. KONKLUSJON

På grunnlag av denne fase 1-kartleggingen kan Modum kommune klassifiseres som en kommune med stedvis stort radonproblem (Strålevernhefte 17). På bakgrunn av dette deles kommunen inn i ulike områder gruppert til to forskjellige typer anbefalt oppfølging.

Sentralt i kommunen, i området langs begge sider av Bergsjø og sørvestre del av Tyrifjorden, er det foretatt nok målinger til at sannsynligheten for forhøyde radonkonsentrasjoner kan anslås. Fire områder (Østsiden av Bergsjø ved Sønsteby, et område ved Askim/Fure, et område mellom Vikersund og Sysle, samt Åmot vest) har fått rød skravering på områdekartet, noe som betyr at over 20 % av de målte boligene har radonkonsentrasjoner over tiltaksgrensen på 200 Bq/m<sup>3</sup> luft. Dette angir en høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner i inneluft i disse områdene. I henhold til Strålevernhefte 17 anbefales det oppfølgende måling i alle boliger som har leilighet eller oppholdsrom

i 1. etasje eller underetasje i områder med rød skravering på områdekartet. Kommunen bør også vurdere å gjennomføre målinger i de laveste etasjene i yrkesbygg, skoler, barnehager og andre offentlige/kommunale bygg i disse områdene.

Et større område rundt Bergsjø og sørvestre del av Tyrifjorden som innbefatter bl.a. Åmot, Geithus og Vikersund er på områdekartet skravert med gult. Dette innebærer at mellom 5 % og 20 % av målingene viser mer enn 200 Bq/m<sup>3</sup> radon i luft, og det er middels høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner i inneluft. Oppfølgende målinger bør her gjøres i utvalgte boliger (Strålevernhefte 17). Tas datasettet for hele kommunen i betraktning (Tabell 2) er det to kriterier som ser ut til å skille seg noe ut blant boliger hvor radonkonsentrasjonen er over tiltaksnivå. Boliger med oppholdsrom i kjeller/sokkeletasje og boliger som har grunnmur av naturstein har en noe høyere andel over 200 Bq/m<sup>3</sup> radon i luft. Anbefalt oppfølging i området som er skravert gult på områdekartet blir derfor målinger i alle boliger som oppfyller minst et av disse kriteriene.

Generelt anbefales det å gjennomføre forebyggende tiltak mot radon ved nybygg i områder med høy og middels høy sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner.

For de delene av Modum kommune hvor det er foretatt for få målinger til at områdekartet kan skraveres, ser man ut fra punktkartet en tilsvarende tendens som for gul skravering. Anbefalt oppfølging i disse områdene blir da den samme som for områder med gul skravering, altså oppfølgende målinger i boliger med oppholdsrom i kjeller/sokkeletasje og/eller boliger som har grunnmur av naturstein.

## REFERANSER

- Lind B, Strand T, *Radon in tap water from drilled wells in Norway*, Proceedings; International symposium on radon and radon reduction technology, Minneapolis, 1992. Washington DC.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 1992.
- Strand T, Green BMR, Lomas PR, Magnus K, Stranden E, *Radon i norske boliger*, Statens inst. for strålehygiene, Rapport 1991:3, 35 s.
- Strand T, Green BMR, Lomas PR, *Radon in Norwegian dwellings*, Radiat Prot Dosim 45(1/4), s. 503-508, 1992.
- Strand T, Heiberg A, Thommesen G, *Radon concentrations in the 1998 Norwegian housing stock*, Proc. Radon in the Living Environm, Athen, Hellas, 19.-23.april, 1999.
- Strand T, Ånestad K, Ruden L, Ramberg GB, Jensen CL, Wiig AH, Thommesen G, *Kartlegging av radon i 114 kommuner. Kort presentasjon*. StrålevernRapport 2001:6, 14 s.
- Stranden E, *Radon-222 in Norwegian dwellings*, Proc. Radon and Its Decay Products – Occurrence, Properties and Health Effects, New York, 13. – 18. april, 1986, American Chemical Society, symposium series 331, Washington DC, 1987.
- Stranden E, Strand T, *Radon in an alum-shale rich Norwegian area*, Radiat.Prot.Dosim 24(1/4), s. 367-370, 1988.
- Strålevernhefte 3, *Måling av radon i inneluft og undersøkelser av byggegrunn*, Statens strålevern, november 1996, 16 s.
- Strålevernhefte 5, *Anbefalte tiltaksnivåer for radon i bo- og arbeidsmiljø*, Statens strålevern, oktober 1998, 10 s.
- Strålevernhefte 9, *Radon i inneluft – helserisiko, målinger og mottiltak*, Statens strålevern, februar 1996, 24 s.
- Strålevernhefte 17, *Kartlegging av radon i boliger*, Statens strålevern, oktober 1998, 18 s.

## Vedlegg 1

**Tabell 3:** Liste over 114 kommuner med resultater fra den landsomfattende kartleggingen i prosjektet "Radon 2000/2001".

Kommune	Innbyggertall	Antall målinger	Årsmiddelverdi (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel målinger f.o.m. 200 Bq/m <sup>3</sup> til 400 Bq/m <sup>3</sup>	Andel målinger f.o.m. 400 Bq/m <sup>3</sup> og høyere	Høyeste verdi (Bq/m <sup>3</sup> )
0104 Moss	26 242	554	84	6,9	1,8	1000
0118 Aremark	1 452	68	69	0	4,4	1200
0121 Rømskog	674	40	51	0	0,0	140
0122 Trøgstad	4 897	169	50	1,2	0,0	220
0125 Eidsberg	9 896	310	56	3,3	0,3	480
0127 Skiptvedt	3 200	109	50	0,9	0,0	220
0135 Råde	6 266	237	112	4,6	3,8	3100
0136 Rygge	12 621	345	65	5,2	0,6	760
0137 Våler	4 059	132	82	5,3	1,5	530
0213 Ski	25 531	549	83	5,8	0,9	850
0217 Oppegård	22 992	529	95	8,2	1,3	2700
0220 Asker	49 284	481	104	7,9	2,5	850
0226 Sørum	12 300	398	56	2	1,0	1100
0227 Fet	9 400	254	55	2,8	0,0	350
0228 Rælingen	14 373	431	50	1,2	0,2	600
0229 Enebakk	8 750	320	64	3,8	0,6	430
0230 Lørenskog	29 502	482	64	4	0,4	440
0231 Skedsmo	39 136	600	57	2,9	0,8	600
0235 Ullensaker	20 160	453	67	2	1,1	940
0238 Nannestad	9 100	277	71	5,1	0,7	1300
0301 Oslo, 4 bydeler	105 394	887	102	11,5	2,0	1000
0403 Hamar	26 545	504	118	9,3	4,8	2100
0412 Ringsaker	31 610	478	75	5,3	2,1	1000
0415 Løten	7 188	260	305	18,5	17,8	5300
0417 Stange	18 126	588	350	22,9	21,7	5300
0418 Nord-Odal	5 085	133	48	0,8	0,0	220
0420 Eidskog	6 430	246	110	6,9	3,3	3300
0427 Elverum	18 046	416	66	2,2	1,4	1400
0428 Trysil	7 031	233	71	4,3	2,6	950
0429 Åmot	4 393	131	124	6,1	6,9	1600
0441 Os	2 158	93	84	6,7	4,4	870
0502 Gjøvik	27 000	474	118	8,1	3,4	7900
0512 Lesja	2 303	76	74	2,6	2,6	990
0513 Skjåk	2 381	88	234	20	16,0	1700
0516 Nord-Fron	5 952	198	173	16	10,0	1700
0517 Sel	6 228	220	180	15,5	7,7	4600
0602 Drammen	54 852	503	116	10	5,0	1600
0604 Kongsberg	22 300	490	110	10,3	3,9	1100
0612 Hole	4 977	195	107	8,7	2,1	560
0616 Nes i Hallingdal	3 527	144	266	21,7	17,5	2600
0618 Hemsedal	2 017	75	141	9,3	6,7	2000
0623 Modum	12 366	367	128	9,3	5,2	2200
0625 Nedre Eiker	20 231	402	106	8,1	3,8	1600
0628 Hurum	8 345	375	205	15,6	14,5	3500
0709 Larvik	40 362	514	65	3,7	0,8	810

## Vedlegg 1

Kommune	Innbyggertall	Antall målinger	Årsmiddelverdi (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel målinger f.o.m. 200 Bq/m <sup>3</sup> til 400 Bq/m <sup>3</sup>	Andel målinger f.o.m. 400 Bq/m <sup>3</sup> og høyere	Høyeste verdi (Bq/m <sup>3</sup> )
0720 Stokke	9 611	306	99	8,2	2,6	480
0807 Notodden	12 203	382	121	8,7	4,2	3250
0814 Bamble	14 096	406	49	1,5	0,0	360
0815 Kragerø	10 630	259	46	2,7	0,8	590
0817 Drangedal	4 182	142	363	26,1	24,6	4200
0821 Bø	4 840	184	125	10,4	4,9	1200
0826 Tinn	6 560	229	358	21,1	25,0	4500
1026 Åseral	879	51	104	7,8	3,9	800
1103 Stavanger	108 818	621	105	7,3	3,9	1600
1121 Time	13 313	462	52	1,8	0,6	1300
1122 Gjesdal	8 896	322	60	4	1,9	790
1141 Finnøy	2 850	121	40	0	2,0	500
1145 Bokn	786	40	54	0	2,5	490
1219 Bømlo	10 742	344	24	0,6	0,0	370
1221 Stord	16 235	463	51	2,2	0,2	1400
1224 Kvinnherad	13 196	341	46	2,3	0,6	490
1227 Jondal	1 151	49	139	6,1	6,1	2500
1233 Ulvik	1 222	59	209	13,8	8,6	2700
1234 Granvin	1 049	48	80	6,2	4,2	530
1241 Fusa	3 685	142	44	1,4	0,7	440
1244 Austevoll	4 417	173	23	0	0,0	170
1251 Vaksdal	4 203	154	81	1,3	3,9	1300
1263 Lindås	12 511	386	10	0	0,0	140
1265 Fedje	682	48	43	4,3	0,0	270
1413 Hyllestad	1 561	85	17	0	0,0	120
1419 Leikanger	2 182	82	63	4,9	2,4	470
1422 Lærdal	2 219	119	58	3,4	2,5	470
1430 Gaular	2 888	112	31	0	0,0	170
1445 Gloppen	5 707	175	53	3	1,2	1100
1524 Norddal	1 969	75	39	0	0,0	190
1525 Stranda	4 677	176	25	1,7	0,0	270
1539 Rauma	7 400	272	29	1,1	0,0	360
1563 Sunndal	7 428	243	54	2,1	1,2	1000
1612 Hemne	4 328	207	26	1,5	0,0	300
1634 Oppdal	6 288	244	94	9,9	3,7	930
1640 Røros	5 524	205	73	6,9	1,5	610
1648 Midtre Gauldal	5 787	225	91	4,9	3,4	1100
1653 Melhus	13 047	341	70	5,3	1,2	770
1657 Skaun	5 843	222	40	2,3	0,0	280
1662 Klæbu	5 013	142	43	0,7	1,4	550
1702 Steinkjer	20 347	568	88	4,8	2,7	4400
1717 Frosta	2 395	100	40	1	0,0	220
1718 Leksvik	3 523	148	40	0	0,0	190
1729 Inderøy	5 820	192	48	1,6	0,5	410
1750 Vikna	3 867	141	50	2,9	0,7	480
1805 Narvik	18 577	357	90	10,6	1,2	1100
1813 Brønnøy	7 433	264	24	0	0,0	190

## Vedlegg 1

Kommune	Innbyggertall	Antall målinger	Årsmiddelverdi (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel målinger f.o.m. 200 Bq/m <sup>3</sup> til 400 Bq/m <sup>3</sup>	Andel målinger f.o.m. 400 Bq/m <sup>3</sup> og høyere	Høyeste verdi (Bq/m <sup>3</sup> )
1815 Vega	1 414	97	19	0	0,0	180
1825 Grane	1 611	80	136	8,8	11,2	1000
1826 Hattfjeldal	1 642	72	100	7,1	7,9	1700
1836 Rødøy	1 570	82	64	1,4	1,4	1400
1842 Skjerstad	1 098	65	111	7,8	4,7	1800
1852 Tjeldsund	1 527	75	56	4	0,0	280
1860 Vestvågøy	10 780	366	20	0,7	0,0	280
1868 Øksnes	4 755	187	19	0	0,0	100
1870 Sortland	9 300	326	18	0	0,0	190
1901 Harstad	23 043	551	71	3,9	2,2	2400
1902 Tromsø	59 169	479	62	2,1	2,1	3190
1919 Gratangen	1 302	58	63	3,5	0,0	220
1924 Målselv	7 024	223	81	8,2	2,3	630
1928 Torsken	1 170	70	30	1,4	0,0	390
1941 Skjervøy	2 996	118	77	4,3	2,5	670
2002 Vardø	2 799	90	56	3,3	1,1	520
2015 Hasvik	1 200	50	47	4,1	0,0	230
2018 Måsøy	1 477	90	54	2,3	1,1	420
2020 Porsanger	4 451	220	53	2,8	0,9	1100
2021 Karasjøk	2 882	107	59	4,8	0,0	390
2024 Berlevåg	1 236	56	115	14,8	0,0	400
2025 Tana	3 045	93	198	4,3	7,6	5200
Alle 114 kommuner	1 310 753	28 810	89	6	3	7900

Innbyggertallene er basert på tall fra Norges kommunekalender 2001, med unntak av tallene for Oslo som er hentet fra "Oslostatistikken" utgitt av Oslo kommune byrådsavdelingen for finans. Disse tallene er pr. 1. januar 2001.

## Vedlegg 2

### VENNLIGST SKRIV MED BLOKKBOKSTAVER

1. Navn: \_\_\_\_\_  
2. Adresse: \_\_\_\_\_  
3. Postnummer: \_\_\_\_\_  
4. Sted: \_\_\_\_\_  
5. Gårdsnr: \_\_\_\_\_ 6. Bruksnr: \_\_\_\_\_  
7. Bygningssnr: \_\_\_\_\_

8. Tlf. priv. \_\_\_\_\_ 9. Tlf. arb. \_\_\_\_\_

10. Kommune: \_\_\_\_\_

**MÅLESTED:** Sporfilmkode: \_\_\_\_\_

Startdato: \_\_\_\_\_ (dd/mm/åå)

Sluttdato: \_\_\_\_\_ (dd/mm/åå)

#### Type rom:

- Stue/ dagligstue  
 Soverom  
 Annet: \_\_\_\_\_

#### Etasje:

- Kjeller/sokkeletasje  
 1. etasje  
 2. etasje  
 Høyere

#### Daglig lufting i rommet under måleperioden:

- ingen lufting  1-3 timer  6-12 timer  
 0-1 timer  3-6 timer  over 12 timer

#### 11. Ventilasjon i boligen:

- Naturlig ventilasjon (avtrekkskanaler fra våtrommene over tak og lufterventiler i vinduer/yttervegger).  
 Mekanisk avtrekksventilasjon (vifte som trekker luften ut fra våtrommene med lufterventiler i vinduer/yttervegger)  
 Balansert mekanisk ventilasjon (vifte som trekker luften ut fra våtrom og vifte som blåser frisk luft inn i oppholdsrommene)

12. Fødselsår til alle personer som bor i boligen: \_\_\_\_\_

13. I hvilken etasje ligger boliginnehavers soverom?

14. Luftes dette soverommet om natten vinterstid?

- Ja  Nei  Av og til

15. Er det soverom i laveste etasje som er bruk?

- Ja  Nei

16. Totalt antall etasjer, inkludert kjeller/sokkel: \_\_\_\_\_

17. Hvis huset har kjeller, er det åpen løsning opp til 1. etasje?

- Ja  Nei

18. I hvilken etasje ligger stue/dagligstue? \_\_\_\_\_

#### 19. Boligtype:

- Frittliggende enebolig  
 Rekkehus eller vertikaldelt tomannsbolig  
 Horisontaldelt tomannsbolig  
 Blokkleilighet, etasje: \_\_\_\_\_  
 Terrasseleilighet, etasje: \_\_\_\_\_  
 Annen boligtype

20. Byggeår: \_\_\_\_\_

21. Hvilket år flyttet De inn i boligen? \_\_\_\_\_

22. Er det gjennomført etterisolering og/eller ombygging av boligen?

- Ja, år: \_\_\_\_\_  Nei  Vet ikke

23. Benyttes ved- eller oljefyring som viktigste oppvarmingskilde?  Ja  Nei

24. Byggmateriale yttervegger - hovedetasje:

- Tre  
 Mur/betong/teglstein  
 Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)  
 Annet

25. Byggmateriale grunnmur - kjeller/sokkeletasje:

- Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)  
 Støpt grunnmur  
 Naturstein  
 Annet

26. Dersom lettklinkerblokker (f.eks. Leca) er benyttet: Er det noen vegger som ikke er pusset på både innsiden og utsiden?

- Ja  Nei  Vet ikke

27. Kjellertype:

- Ingen kjeller  Kjeller under deler av huset  
 Kryprom  Kjeller under hele huset

28. Hvor stor andel av ytterveggene i kjeller/sokkeletasje er under bakkenivå?

- 0  ¼  ½  ¾  Hele

29. Er det støpt gulv (betonggulv) i etasjen nærmest bakken?

- Ja  Nei  Vet ikke

30. Er det tidligere gjennomført radonmålinger i boligen?

- Ja  Nei  Vet ikke

31. Er det gjennomført tiltak mot radon i boligen?

- Ja  Nei  Vet ikke

32. Er det blitt målt høye radonkonsentrasjoner i nabolaget?

- Ja  Nei  Vet ikke

33. Vannforsyning:

- Fra vannverk  
 Overflatevann (gravd brønn, elv, innsjø, cisterne)  
 Fra privat borebrønn (grunnvann)