

Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority



STRÅLEVERN RAPPORT 2017:3



Radon i nye boliger

Kartlegging i 2008 og 2016

Referanse:

Finne IE, Kolstad T, Olsen B, Larsson M, Prendergast J, Rudjord AL. Radon i nye boliger. Kartlegging i 2008 og 2016. StrålevernRapport 2017:3. Østerås: Statens strålevern, 2017.

Emneord:

Radon, radioaktivitet i luft, nybygg, bolig, radonmålinger, radonkartlegging, radontiltak, regelverk.

Resymé:

Rapporten viser at innføring av dagens bygningstekniske regelverk (TEK10) har hatt betydelig effekt med hensyn på radon i nye boliger. Blant annet er gjennomsnittskonsentrasjonen halvert i eneboliger. Det er potensial for å redusere radonkonsentrasjonen i nye boliger ytterligere ved å få flere til å måle og å aktivere radonsuget/-brønnen om nødvendig.

Reference:

Finne IE, Kolstad T, Olsen B, Larsson M, Prendergast J, Rudjord AL. Radon i nye boliger. Kartlegging i 2008 og 2016. StrålevernRapport 2017:3. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2017.
Language: Norwegian.

Key words:

Radon. Radioactivity in air. New build. Dwelling. Radon measurement. Radon survey. Preventive measures. Legislation.

Abstract:

The report shows that the implementation of the current regulations on technical requirements for building works (TEK 10) has had a considerable effect on radon in new dwellings. This effect includes the halving of the mean concentration in detached houses. Furthermore there is the potential for reducing radon levels even more in new dwellings by encouraging inhabitants to measure radon and to activate their radon suction system/ radon well if necessary.

Prosjektleder: Ingvild Engen Finne.

Godkjent:



Unn Hilde Refseth, avdelingsdirektør, Avdeling overvåkning og forskning

26 sider.

Utgitt 2017-01-26.

Form, omslag: 07 Media.

Trykk: 07 Media

Forsideillustrasjon: Inger Nergaard/Statens strålevern

Statens strålevern, Postboks 55, No-1332 Østerås, Norge.

Telefon 67 16 25 00, faks 67 14 74 07.

E-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 1891-5205 (online)

ISSN 0804-4910 (trykk)

Radon i nye boliger Kartlegging i 2008 og 2016

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1 Innledning	7
2 Utvalg og metode	9
2.1 Utvalget	9
2.2 Radonmåling med sporfilm	10
2.3 Datainnsamling	10
3 Resultater og diskusjon	11
3.1 Resultater for de forskjellige boligtypene	11
3.2 Forebyggende radontiltak	13
3.3 Ventilasjon	15
3.4 Erfaringer med forebyggende tiltak i andre land	17
3.5 Beregninger av radon i hele boligmassen oppført i perioden 2012-2016	17
4 Konklusjon	18
5 Anbefalinger og videre arbeid	18
Referanser	20
Vedlegg 1 Spørreskjema og veiledning til boligeier i Radon 2016	22
Vedlegg 2 Spørreskjema og veiledning til boligeier i Radon 2008	24
Vedlegg 3 Statistikk og utregninger for samlet norsk boligmasse	26

Sammendrag

Radon i inneluft øker risikoen for lungekreft. Denne rapporten tar for seg resultatene fra to kartlegginger av radon i nye boliger, gjennomført i 2008 og 2016 (Radon 2008, n=243, og Radon 2016, n=799). Målet har vært å undersøke om dagens regelverk er effektivt med hensyn til å holde radonkonsentrasjonen så lav som mulig, og under gitte grenseverdier i nybygg.

I juli 2010 ble regelverket med hensyn til radon endret ved at grenseverdiene ble forskriftsfestet og det ble innført spesifikke krav til radonforebyggende tiltak ved oppføring av nye bygninger. Tiltaksgrensen ble satt til 100 Bq/m³ og den øvre grenseverdien til 200 Bq/m³. De spesifikke radonforebyggende tiltakene består av en radonsperre mot grunnen og tilrettelagt egnet tiltak i byggegrunn (radonsug/-brønn) som kan aktiveres når radonkonsentrasjonen i inneluft overstiger tiltaksgrensen.

I begge kartleggingene fikk boligeier tilsendt to sporfilmer, og det ble målt i stue og soverom. I Byggteknisk forskrift (TEK10) er grenseverdiene for radon gitt for hvert oppholdsrom, og den høyeste radonkonsentrasjonen av de to målingene ble derfor valgt til å representere boligen i den videre analysen.

Resultatene viser at eneboliger bygget etter innføring av TEK10 (Radon 2016) har betydelig lavere radonkonsentrasjoner enn eneboliger bygget etter tidligere regelverk (Radon 2008). For eneboliger er gjennomsnittet nær halvert (fra 76 til 40 Bq/m³). Andelen eneboliger som inneholder minst ett oppholdsrom med radonkonsentrasjon over tiltaksgrensen (100 Bq/m³) har sunket fra 23,9 % til 6,4 %, mens andelen over den øvre grenseverdien (200 Bq/m³) er redusert fra 7,6 % til 2,5 %. Det vil si at andelen eneboliger med radonkonsentrasjoner over tiltaksgrensen og øvre grenseverdi er redusert med henholdsvis 73 % og 67 %. I de andre bygningskategoriene ble det ikke målt noen rom med radonkonsentrasjoner over 200 Bq/m³ i Radon 2016.

Resultatene fra kartleggingene Radon 2008 og Radon 2016 viser at det har vært en tydelig forskyvning mot lavere radonverdier etter innføring av TEK10. Reduksjonen har skjedd ved at både høye radonkonsentrasjoner har blitt avverget og at radonkonsentrasjonene har gått ned gjennomgående i hele massen av eneboliger. Det vil si at boliger som tidligere ville hatt moderate og lave radonkonsentrasjoner nå har enda lavere radonkonsentrasjon. Dette er i samsvar med den nasjonale radonstrategiens mål om at nye bygninger skal ha så lave radonkonsentrasjoner som praktisk mulig.

Kartleggingen Radon 2016 viser at det er svært få som kontrollmåler radon i nye boliger (3,5 %), og følgelig få som aktiverer det tilrettelagte tiltaket i byggegrunnen. Derfor ligger det allerede i dagens byggregelverk (TEK10) et betydelig potensial for å redusere radonnivået ytterligere i nye bygg ved å få flere til å måle og aktivere radonsuget/-brønnen dersom radonkonsentrasjonen overstiger 100 Bq/m³.

Summary

Indoor radon increases the risk of developing lung cancer. This report gives an account of two radon in new dwellings surveys which were carried out in 2008 and 2016 respectively (Radon 2008, n=243 and radon 2016, n= 799). The aim of the surveys was to investigate if the current regulations on technical requirements for building works have been effective in terms of achieving as low a radon concentration as possible, and under given limit values.

In Norway in July 2010 the building regulations regarding radon were changed. The limit values were made statutory and specific requirements for radon mitigation measures upon construction of new buildings were introduced. The Action Level was set to 100 Bq/m³ and the Upper Limit Value to 200 Bq/m³. The specific radon mitigation measures are comprised of a radon membrane installed over the entire footprint of the building upon construction as well as facilitated suitable measures in the building land (radon suction system/ radon well), which may be activated when indoor radon concentration exceeds the Action Level.

In both surveys homeowners received two etched track detectors and radon was measured in both the living room and in the bedroom. In the regulations on technical requirements for building works (TEK10), radon limit values are given for each frequently occupied room and the highest radon concentration of the two measurements was therefore chosen to represent the dwelling in further analysis.

The results show that detached houses built after the introduction of the TEK10 (Radon 2016) have considerably lower radon concentrations than the detached houses built after earlier regulations (Radon 2008). The average radon concentration is almost halved from 76 to 40 Bq/m³. The number of detached houses which have a frequently occupied room with a radon concentration above the Action Level (100 Bq/m³) has fallen from 23.9% to 6.4%, while the number over the Upper Limit Value (200 Bq/m³) has been reduced from 7.6% to 2.5%. In other words the number of detached houses with radon concentrations above the Action Level and the Upper Limit Level has been reduced by 73% and 67% respectively. In Radon 2016 there was no rooms with a radon concentration above 200 Bq/m³ measured in the other residential buildings.

The results from the Radon 2008 and the Radon 2016 surveys show that there has been an obvious move towards lower radon values after the introduction of the regulations on technical requirements for building works (TEK10). The reduction has taken place by both averting the highest radon concentrations as well as a general reduction of the radon concentrations in detached houses. In other words dwellings which previously would have had moderate and low concentrations of radon, now have even lower radon concentrations. This is in compliance with the National Radon Strategy's goal that new buildings should have as low radon concentrations as practically possible.

The Radon 2016 survey shows that there are very few people who perform control radon measurements in new dwellings (3.5%). Subsequently there are very few who activate their facilitated radon mitigation measures in the building land. Therefore the current regulations on technical requirements for building works (TEK10) already contains a considerable potential for reducing radon levels in new dwellings by encouraging more people to measure radon and activate the radon suction system / radon well if radon concentrations exceed 100 Bq/m³.

1 Innledning

Radon i inneluft medvirker til risikoen for lungekreft. Når den radioaktive gassen radon og radondatterproduktene pustes inn, blir luftveiene bestrålt. Det er anslått at radon står for halvparten av stråledosen gjennomsnittsnordmannen mottar, og den bidrar til rundt 300 lungekreftdødsfall årlig i Norge [1, 2]. Tidligere kartlegginger har vist at mange norske boliger har høye radonnivåer [3, 4].

Det er bred enighet om at det er mer effektivt og mindre kostbart å gjennomføre radonforebyggende tiltak når bygningen settes opp enn å utføre radontiltak i etterkant. Denne rapporten sammenligner resultatene fra to kartlegginger av radon i nyoppførte boliger, gjennomført i 2008 og 2016 (Radon 2008 og Radon 2016). Hensikten er å undersøke hvor effektivt dagens bygningstekniske regelverk er når det gjelder å holde radonkonsentrasjonen så lav som mulig, og under gitte grenseverdier, i nye boliger.

Byggegrunnen er viktigste radonkilde for norske boliger. Sammen med jordluft kan radon transporteres opp av bakken og inn i bygninger gjennom store og små utettheter i konstruksjonen. Bygningstekniske forhold er derfor svært viktige for å unngå problemer med radon.

Krav med hensyn til radon ble første gang tatt inn i byggt teknisk forskrift i 1997 [5]. Bygningmessig utførelse skulle hindre at mennesker kunne bli eksponert for radonkonsentrasjoner i inneluft som kunne gi forhøyet risiko for helseskader. Det ble ikke stilt noen tekniske krav eller oppgitt noen grenseverdier, men i veiledningen til forskriften het det at «Årsgjennomsnittet av radonkonsentrasjon i rom ikke bør overstige 200 Bq/m³ i inneluft». Strålevernnet gjennomførte vinteren 2008 en landsomfattende radonkartlegging i boliger bygget etter 1999 for å undersøke radonnivået i nye bygg (Radon 2008). Resultatene viste at det fortsatt ble bygget boliger med for høye radonkonsentrasjoner, og 7 % av boligene hadde radonkonsentrasjoner over 200 Bq/m³ [6,7].

I de senere år har myndighetene hatt en klar målsetting om å redusere radoneksponeringen, spesielt gjennom regjeringens radonstrategi [8]. Den ble første gang vedtatt i 2009, og har vært et viktig verktøy for radonarbeidet i Norge. Strategien er nå forlenget frem til 2020. Ulike myndigheter med ansvar innen helse, bygg og arbeid har sammen arbeidet for å redusere radoneksponeringen til befolkningen, og målet er at radonnivåene i alle typer bygninger og lokaler ligger under gitte grenseverdier og er så lave som praktisk mulig. For å komme helt i mål med arbeidet er det blant annet en forutsetning at det ikke bygges nye boliger med høye radonkonsentrasjoner.

Regelverk med radongrenser for nybygg, skoler, barnehager og utleieboliger er nå på plass. 1. juli 2010 ble regelverket med hensyn til radon endret ved at grenseverdiene ble forskriftsfestet, og det ble innført spesifikke krav til radonforebyggende tiltak ved oppføring av nye bygninger. Ny forskrift om tekniske krav til byggverk (byggt teknisk forskrift, også omtalt som TEK10) trådte da i kraft med ett års overgangsbestemmelser [9].

Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift), også kalt TEK10:

§ 13-5. Radon

(1) Bygning skal prosjekteres og utføres med radonforebyggende tiltak slik at innstrømming av radon fra grunn begrenses. Radonkonsentrasjon i inneluft skal ikke overstige 200 Bq/m^3 .

(2) Følgende skal minst være oppfylt:

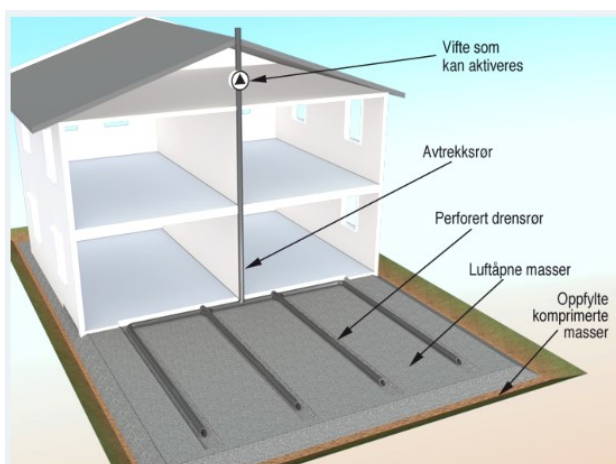
a) Bygning beregnet for varig opphold skal ha radonsperre mot grunnen.

b) Bygning beregnet for varig opphold skal tilrettelegges for egnet tiltak i byggegrunn som kan aktiveres når radonkonsentrasjon i inneluft overstiger 100 Bq/m^3 .

(3) Annet ledd gjelder ikke dersom det kan dokumenteres at dette er unødvendig for å tilfredsstille kravet i første ledd.

Radonsperre, som det vises til i TEK10 § 13-5 punkt 2 bokstav a, vil i praksis si en radonmembran godkjent for sin bruksgruppe/plassering under bygget.

I praksis vil konstruksjon mot grunnen kunne få riss og sprekker som reduserer lufttettheten over tid. Nye rørgjennomføringer og andre bygningsendringer kan føre til at også en radonsperre vil bli mindre tett etter som tiden går. Selv en liten utetthet kan føre til en betydelig inntrengning av radon når det er undertrykk i innelufta sammenlignet med jordlufta. Derfor må det i tillegg til radonsperren tilrettelegges for ytterligere forebyggende tiltak. Egnet tiltak vil kunne være forskjellige varianter av radonbrønn/-sug. Et eksempel hentet fra veiledningen til TEK10 vises i figur 1.



Figur 1: Drensslanger under plate på grunn med et felles avtrekksrør over terreng eller opp over bygningens yttertak (Illustrasjon og tekst er hentet fra veileder til TEK10, Direktoratet for byggkvalitet).

Unntaket i TEK10 § 13-5 punkt 3 gjelder, i henhold til veileder til forskriften, for tilfeller der det finnes godt ventilerte kryprom eller garasjeanlegg under bygget.

I tillegg til forskriftsfestede krav spesielt rettet mot inntrengning av radon fra grunnen, ble kravet til ventilasjon endret i TEK10. For å tilfredsstille kravene til ventilasjon, må en bolig vanligvis ha balansert ventilasjon.

2 Utvalg og metode

2.1 Utvalget

Boligene i kartleggingene Radon 2008 og Radon 2016 ble valgt ut tilfeldig og fra hele landet. I kartleggingen i 2008 ble det trukket fra GAB-registeret (det daværende offentlige eiendomsregisteret), og det ble trukket blant boliger som hadde godkjent bygningsstatus «tatt i bruk». I årene mellom kartleggingene erstattet matrikkelen GAB-registeret, og for nye bygg ble bygningsstatusen «tatt i bruk» erstattet med to nye bygningsstatuser; «midlertidig brukstillatelse» og «ferdigattest». I Radon 2016 ble det derfor trukket fra matrikkelen blant boligbygg med disse to bygningsstatusene.

Da de byggt tekniske forskriftene kom i juli 1997 (TEK97) og juli 2010 (TEK10) hadde begge overgangsordninger der det i en periode var mulig å søke byggetillatelse etter både nytt og gammelt regelverk. Det tar typisk 1,5 år fra en byggesak er omsøkt til bygget er ferdig. For at flestparten av boligene i kartleggingene skulle være bygget etter gjeldende regelverk ble det bare valgt ut boliger som hadde bygningsstatusdato i periodene 2000-2007 og 2012-2015 for henholdsvis Radon 2008 og Radon 2016. Dette ville imidlertid ikke utelukke at det kunne finnes noen boliger i utvalgene som var bygget etter tidligere regelverk enn antatt.

I 2008 ble det sendt ut sporfilmer til totalt 2500 boligeiere, og av disse ble sporfilmer returnert fra 1185 boligeiere (47 %). I 2016 ble det totalt sendt ut sporfilmer til 1950 boligeiere, og av disse sendte 1048 boligeiere sporfilmer i retur (54 %). I begge kartleggingene ble boligeier bedt om å oppgi boligens byggeår på svarskjemaet, og ved retur av sporfilmene viste det seg at en del av boligene likevel var bygget lenge før 2000 og 2012 for henholdsvis Radon 2008 og Radon 2016. Hovedårsakene til dette antas å være at byggetillatelser også blir gitt i forbindelse med ombygging og rehabilitering, ikke bare ved nybygg, og videre at det ikke alltid er samsvar mellom dato for bygningsstatus og oppgitt dato, men at datoen i en del tilfeller i stedet representerer registreringstidspunktet.

I Radon 2008 var boligene i utgangspunktet inntil 8 år gamle, mens de eldste boligene i Radon 2016 var 4 år gamle. Erfaring tilsier at radonkonsentrasjoner kan øke etter hvert som boliger blir eldre fordi det oppstår utettheter mot grunnen som følge av setningsskader og lignende. Når vi sammenligner boliger bygget de fire første og de fire siste årene i Radon 2008 finner vi statistisk signifikant forskjell (independent sample t-test på log-transformerte resultater, $p=0,024$, 95 % konfidensnivå). I denne studien er derfor analyser med sammenligninger av de to kartleggingene begrenset til boliger av samme alder, det vil si boliger med byggeår 2004-2007 i Radon 2008, og byggeår 2012-2015 i Radon 2016.

I henhold til Strålevernets måleprosedyre [10] skal målinger gjennomføres i minst to måneder i vinterhalvåret (midten av oktober til midten av april). I henhold til måleprosedyren kan det aksepteres at en mindre del av målingen, opptil 20 %, ligger utenfor vinterhalvåret, forutsatt at minst to måneder av måleperioden er innenfor. Det vil si at sporfilmer som er lagt ut i midten av februar må tas inn i månedsskiftet april/mai. Siden mange sporfilmer ble sendt inn litt for sent, spesielt i Radon 2008, har vi inkludert målinger som varte inntil en uke ut i mai. Videre er sporfilmer som ble lagt ut inntil en uke for sent, men likevel har målt i to måneder, akseptert.

Det endelige utvalget for videre statistiske analyse er målinger i henholdsvis 246 boliger i Radon 2008, og 799 boliger i Radon 2016.

I Radon 2016 er det en høyere andel eneboliger og rekkehus, og lavere andel blokk- og terrasseleiligheter, enn i 2008-kartleggingen. Det er to årsaker til dette. For det første ble det trukket tilfeldige boligbygg, ikke boligenhet, i 2016. Det vil si at en boligblokk bare ble representert ved én leilighet i boligblokken når utvalget skulle trekkes. For det andre ble det i 2016-prosjektet ikke trukket ut det som i matrikkelen omtales som «store sammenbygde boligbygg på 5 etasjer

eller mer». Det vil si at det i 2008 var en større andel målinger i høyere etasjer enn i 2016. I det tilsendte spørreskjemaet ble boligeier bedt om å fylle ut i hvilken etasje målingene blir foretatt, med svaralternativene «kjeller/sokkeletasje», «1. etasje», «2. etasje» og «høyere enn 2. etasje». I 2008 ble 53 % av målingene i blokkleiligheter foretatt i etasjer høyere enn andre etasjer, i 2016 er tilsvarende andel 27 %.

2.2 Radonmåling med sporfilm

Radonmålingene ble utført med sporfilm fra Independia AB i Radon 2008 og fra Statens strålevern eget laboratorium i Radon 2016. Begge laboratoriene kvalitetssikrer sine målinger gjennom årlig deltagelse i sammenligningsmålinger med andre internasjonale laboratorier. Ved integrasjonstider på to måneder ligger usikkerheten normalt på $\pm 20\%$ ved 200 Bq/m^3 .

Sporfilmmetoden er en enkel og anerkjent metode for å måle radon i inneluft. Radongassen diffunderer inn gjennom smale sprekker i sporfilmdektoren, og alfapartikler som sendes ut lager spor i sporfilm materialet. Sportettheten i filmen er proporsjonal med radonkonsentrasjonen og gir et mål for midlere radonkonsentrasjon over måleperioden. Ut fra radonkonsentrasjonen i måleperioden blir årsmiddelverdi beregnet slik som beskrevet i måleprosedyren [10]. Det er årsmiddelverdien som skal sammenlignes med grenseverdiene.



Figur 2: Radondetektorer fra Independia AB og Statens strålevern. Detektoren fra Strålevernet er åpnet og viser sporfilmene inne i detektoren. Foto: Statens strålevern.

2.3 Datainnsamling

Alle boligeiere fikk tilsendt sporfilm, svarskjema/instruksjon (vedlegg 1 og 2) og returkonvolutt.

Ved gjennomføring av kartlegginger benytter Strålevernet et standard skjema der boligeier blir bedt om å fylle ut informasjon om boligen. I Radon 2016 ble det i tillegg laget noen spørsmål vedrørende radonforebyggende tiltak. Boligeier fikk spørsmål om han/hun kjente til om det var utført radonforebyggende tiltak i boligen, med oppfølgende spørsmål om hvilke tiltak og om tilrettelagt radonforebyggende tiltak i grunnen eventuelt var aktivert.

I begge kartleggingene fikk boligeier tilsendt to sporfilm, og det ble målt i stue og soverom. I TEK10 er grenseverdiene for radon gitt for hvert oppholdsrom, og den høyeste radonkonsentrasjonen av de to målingene ble derfor valgt til å representere boligen i den videre analysen.

Radonkonsentrasjonene for de forskjellige boligtypene i kartleggingene har en tilnærmet lognormal fordeling. Ved sammenligning mellom to slike fordelinger er det derfor benyttet en independent t-test på log-transformerte radonkonsentrasjoner (årsmiddelverdi) for å vurdere om forskjellene er statistisk signifikante.

3 Resultater og diskusjon

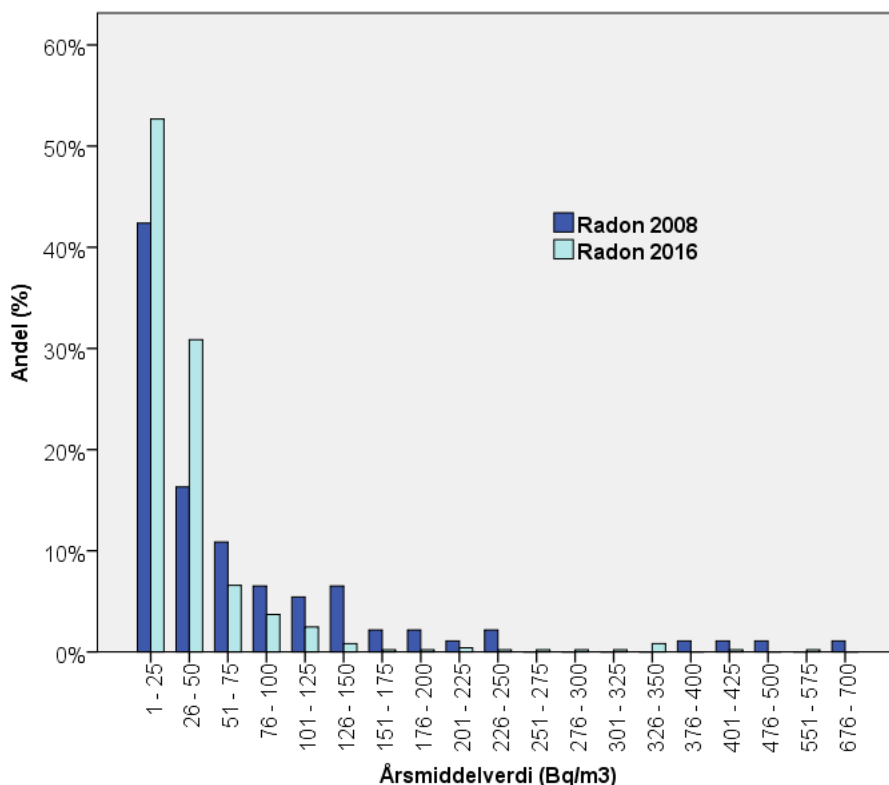
3.1 Resultater for de forskjellige boligtypene

Resultatene fra Radon 2008 og Radon 2016 fordelt på boligtype er presentert i tabell 1. Boligene er representert med den av de to målingene i soverom eller stue som viste den høyeste verdien.

For eneboliger har gjennomsnittet blitt redusert med 47 %, fra 76 Bq/m³ til 40 Bq/m³.

Medianverdien av radonkonsentrasjonene for eneboliger er sunket med 32 %, fra 37 Bq/m³ til 25 Bq/m³. Forskjellen mellom de to datasettene i Radon 2008 og Radon 2016 er statistisk signifikant (independent t-test på log-transformerte radonkonsentrasjoner, $p=0,002$, 95 % konfidensnivå). Eneboligene dominerer i begge kartleggingene, og er følgelig den boligtypen som står sikrest i de statistiske analysene.

Videre er andelen eneboliger som inneholder minst ett oppholdsrom med radonkonsentrasjon over tiltaksgrensen (100 Bq/m³) sunket fra 23,9 % til 6,4 %, mens andelen over den øvre grenseverdien (200 Bq/m³) er redusert fra 7,6 % til 2,5 %. Det vil si at andelen eneboliger med radonkonsentrasjoner over tiltaksgrensen og øvre grenseverdi er redusert med henholdsvis 73 % og 67 %. Resultatene, hvor fordelingen er fremstilt i figur 3, viser at det har vært en tydelig forskyvning mot lavere radonverdier fra Radon 2008 til Radon 2016. Det er altså både langt færre tilfeller av høye radonkonsentrasjoner i Radon 2016, samtidig som det har skjedd en gjennomgående reduksjon av radon i hele massen av eneboliger. Det vil si at også boliger som tidligere ville hatt moderate og lave radonkonsentrasjoner nå har enda lavere radonkonsentrasjoner. Dette er i samsvar med den nasjonale radonstrategiens mål om at nye bygninger skal ha så lave radonkonsentrasjoner som praktisk mulig.



Figur 3: Fordeling av andel eneboliger med gitt radonkonsentrasjon i intervaller på 25 Bq/m³ for Radon 2008 og 2016. Den høyeste av de to målinger i oppholdsrom er benyttet, og målingene er korrigert til årsmiddelverdi.

Tabell 1: Resultater med hensyn på boligtype for høyeste av de to målingene i boligene, korrigert til årsmiddelverdi.

Prosjekt	Boligtype	Antall	Andel	Høyeste (Bq/m ³)	Gjennomsnitt (Bq/m ³)	Median (Bq/m ³)	Andel (antall) over 100 Bq/m ³	Andel (antall) over 200 Bq/m ³	Andel (antall) over 400 Bq/m ³
Radon 2008 (byggeår 2004-2007)	Frittliggende enebolig	92	37,9 %	688	76	37	23,9 % (22)	7,6 (7)	3,3 % (3)
	Rekkehus/vertikaldelt tomannsbolig	41	16,9 %	298	44	20	12,2 % (5)	4,9 (2)	2,4 % (1)
	Horisontaldelt tomannsbolig	11	4,5 %	782	148	29	36,4 % (4)	18,2 (2)	0 % (0)
	Blokkleilighet*	68	28,0 %	146	33	19	5,9 % (4)	0 % (0)	0 % (0)
	Terrasseleilighet	15	6,2 %	311	41	16	6,7 % (1)	6,7 (1)	0 % (0)
	Annen boligtype	16	6,6 %	121	32	16	6,3 % (1)	0 % (0)	0 % (0)
	Total	243	100,1 %						
Radon 2016 (byggeår 2012-2016)	Frittliggende enebolig	486	61,8 %	573	40	25	6,4 % (31)	2,5 (12)	0,4 % (2)
	Rekkehus/vertikaldelt tomannsbolig	221	28,1 %	181	29	22	3,2 % (7)	0 % (0)	0 % (0)
	Horisontaldelt tomannsbolig	15	1,9 %	89	27	19	0 % (0)	0 % (0)	0 % (0)
	Blokkleilighet*	31	3,9 %	114	31	23	3,2 % (1)	0 % (0)	0 % (0)
	Terrasseleilighet	9	1,1 %	81	31	23	0 % (0)	0 % (0)	0 % (0)
	Annen boligtype	25	3,2 %	78	25	22	0 % (0)	0 % (0)	0 % (0)
	Total	787	100 %						

*) Tallene for «blokkleilighet» i Radon 2008 og Radon 2016 er ikke direkte sammenlignbare fordi fordelingen med hensyn på etasje er forskjellig.

For «rekkehus og vertikaldelte tomannsboliger» viser tallene at er den gjennomsnittlige radonkonsentrasjonen er redusert fra 44 Bq/m³ til 29 Bq/m³ i henholdsvis Radon 2008 og Radon 2016. Andelen med radonkonsentrasjoner over 100 Bq/m³ er gått ned fra 12,2 % til 3,2 %. Reduksjonen er imidlertid ikke statistisk signifikant (independent t-test på log-transformerte radonkonsentrasjoner, p=0,760, 95% konfidensnivå). Sannsynligvis skyldes dette at det bare var med 41 rekkehus og vertikaldelte tomannsboliger i utvalget fra Radon 2008. Medianverdiene fra Radon 2008 og Radon 2016 er omtrent like, henholdsvis 20 Bq/m³ og 22 Bq/m³. Det kan derfor synes som at rekkehus og vertikaldelte tomannsboliger bygget i perioden 2004 til 2008 gjennomgående var ganske bra, men at det likevel forekom en del tilfeller med betydelige radonproblemer som dro opp gjennomsnittet. I kartleggingen Radon 2016 var det mange flere rekkehus og vertikaldelte boliger med i kartleggingen (211 boliger), og ingen av disse hadde radonkonsentrasjoner over grenseverdien på 200 Bq/m³. Kun 3,2 % hadde radonkonsentrasjoner over tiltaksgrensen på 100 Bq/m³. Det kan derfor se ut til at denne boligkategorien, bygget etter TEK10, har svært tilfredsstillende radonnivåer.

Radonkonsentrasjonen i rekkehus og vertikaldelte tomannsboliger er i gjennomsnitt lavere enn i eneboliger både i Radon 2008 og Radon 2016. Tilsvarende forskjeller er funnet også i tidligere norske kartlegginger [11]. Forskjellen mellom eneboliger og rekkehus/vertikaldelte tomannsboliger er størst i Radon 2008, men også i Radon 2016 er forskjellen statistisk signifikant (independent t-test på log-transformerte radonkonsentrasjoner, p=0,031, 95 % konfidensnivå). Årsaken til forskjellen mellom boligtypene er ikke kjent, og det kan være interessant å se nærmere på dette for eventuelt å benytte lærdommen til å oppnå enda bedre resultater i eneboliger i fremtiden.

For de resterende boligtypene indikerer tabell 1 at den gjennomsnittlige radonkonsentrasjonen gjennomgående er lavere i boliger bygget etter TEK10. Endringen fra Radon 2008 til Radon 2016 er imidlertid ikke statistisk signifikant for disse kategoriene av boligtyper. Dette skyldes at det statistiske grunnlaget er for lite eller at forskjellen er liten eller fraværende.

Gjennomsnittsverdien for de ulike boligtypene er følsom for forekomst av enkelte svært høye verdier, spesielt hvis antallet måleverdier er lavt. Dette sees blant annet i tabell 1 for de to boligkategoriene «horisontaldelte tomannsboliger» og «terrasseleiligheter» fra Radon 2008. Dersom man fjerner de høyeste måleverdiene fra disse to datasettene, vil det ha betydelig påvirkning på gjennomsnittsverdien.

I kategorien blokkleiligheter er gjennomsnittet av radonkonsentrasjonene i praksis like i Radon 2008 og Radon 2016, med henholdsvis 33 Bq/m³ og 31 Bq/m³. Imidlertid er ikke de to kartleggingene direkte sammenlignbare for denne boligkategorien, da utvalget var forskjellig. I Radon 2008 var det en større andel målinger i høyere etasjer enn det var i Radon 2016. For å få mer kunnskap om radonkonsentrasjoner og forebyggende tiltak i boligblokker vil det være nødvendig med et eget prosjekt for dette formålet.

3.2 Forebyggende radontiltak

Radonsperre og tilrettelegging for radonbrønn/-sug er spesifikke krav til radontiltak gitt i TEK10. De fleste boligene i Radon 2016 antas derfor å være bygget med disse forebyggende tiltakene. Det finnes ikke tilgjengelig statistikk som gir svar på hvor stor andel av nye bygg som ble bygget med radonmembran eller tilrettelegging av tiltak i grunnen før innføring av TEK10, men det antas at det på landsbasis dreier seg om en mindre andel.

Reduksjonen i radonnivåene fra kartleggingen i 2008 til den i 2016, uavhengig av ventilasjonstype (se kapittel 3.3), skyldes derfor sannsynligvis innføring av TEK10-kravene til radonforebygging.

I nye boliger skal radonsperren være førstelinjetiltak. Dersom radonnivået likevel skulle vise seg å være for høyt, kan ventileringen av byggegrunnen aktiveres med en vifte, og på den måten redusere nivået. Slike trykkreduserende og ventilerende tiltak i byggegrunnen er svært effektive og reduserer radonkonsentrasjonen med 70-95 % [12, 13]. Det er imidlertid en forutsetning at

radonkonsentrasjonen i nye boliger måles for at høye nivåer skal oppdages. Dette er i dag boligeiers eget ansvar. I Radon 2016 fikk boligeier spørsmål om radonkonsentrasjonen i boligen var målt tidligere. Kun 3,5 % svarte bekreftende på dette, mens resten svarte ikke, svarte benektende eller «vet ikke» (tabell 2). Blant eiere av eneboliger, der radonproblemene er størst, svarte kun 4,1 % bekreftende. Det ligger derfor allerede i dagens krav et betydelig potensial for å redusere radonnivået i nye bygg ytterligere. Hvis flere måler og aktiverer ventilasjonstiltaket i byggegrunnen dersom radonkonsentrasjonen overstiger tiltaksgrensen på 100 Bq/m³, vil dette føre til at gjennomsnittlig radonnivå blir enda lavere og at antallet nybygg med nivåer over grenseverdien reduseres ytterligere. Det bør også følges opp med nye målinger etter noen år for å undersøke om det har oppstått endringer som fører til forhøyede radonkonsentrasjoner. Å få flere til å måle radon i nybygg er viktig, og det bør vurderes hvordan dette kan gjøres på en systematisk og god måte.

Tabell 2: Radonmålinger i nye boliger

Er det gjennomført radonmåling i boligen?	Alle boligtyper		Eneboliger	
	Antall	Andel (%)	Antall	Andel (%)
Ja	28	3,5	20	4,1
Nei	634	79,6	416	85,8
Vet ikke	117	14,7	41	8,5
Ikke svart	17	2,1	8	1,6
Total	796	99,9	485	100

Videre er det også en forutsetning at boligeier kjenner til det tilrettelagte tiltaket i byggegrunnen, men kunnskapen om dette ser ut til å være lav (tabell 3). Bare halvparten svarte ja på spørsmål om det var gjennomført radonforebyggende tiltak i boligen. Blant eiere av eneboliger var tallet noe høyere, rundt 60 %. Ca 3 % svarte «nei» på spørsmålet om det var gjennomført radonforebyggende tiltak. Dette kan være boliger som er omsøkt før innføring av TEK10, eller som er omfattet av unntaksbestemmelsene ved at det for eksempel finnes godt ventilerte kryprom eller garasjeanlegg under bygget.

Av de som svarte bekreftende på at det var installert radonforebyggende tiltak, krysset 95 % av for at de hadde installert radonsperre mot grunnen, og 30 % at det var tilrettelagt for tiltak i byggegrunnen som kunne aktiveres ved behov. Flere kjenner altså til om det er installert radonsperre og færre om det er tilrettelagt for ventilering av byggegrunnen. Siden sistnevnte tiltak kan aktiveres og redusere radonnivået om dette skulle vise seg å være for høyt, er det viktig at boligeierne vet om dette. Informasjon om tiltaket bør derfor formidles til boligeier på en tydelig måte.

Det er for øvrig ikke statistisk signifikante forskjeller i den gjennomsnittlige radonkonsentrasjonen mellom eneboliger der boligeier svarer «ja» på spørsmålet om det er installert radonforebyggende tiltak, sammenlignet med der boligeier svarer «nei», «vet ikke» eller ikke svarer på spørsmålet.

Tabell 3: Gjennomføring av radonforebyggende tiltak i nye boliger

Er det gjennomført radonforebyggende tiltak i boligen?	Alle boligtyper		Eneboliger	
	Antall	Andel (%)	Antall	Andel (%)
Ja	380	47,7	297	61,2
Nei	25	3,1	15	3,1
Vet ikke	246	30,9	89	18,4
Ikke svart	145	18,2	84	17,3
Total	796	99,9	485	100,0

3.3 Ventilasjon

Ved innføring av TEK10 ble det stilt nye krav til ventilasjon i nybygg. For å oppfylle kravene vil det i henhold til veileder til forskriften vanligvis være nødvendig å installere balansert ventilasjon [9]. Langt flere boliger har derfor balansert ventilasjon i Radon 2016 (95 %) enn i Radon 2008 (45 %).

Økt ventilasjon vil bidra til å redusere radonkonsentrasjonen i inneluft, forutsatt at det ikke fører til økt undertrykk i rom nær grunnen. Undertrykk kan føre til at mer radonholdig jordluft trekkes inn gjennom utettheter. Normalt inneholder jordlufta i grunnen under boligen flere titalls tusen becquerel per kubikkmeter luft, og ved undertrykk i boligen viser beregninger at selv små utettheter mot grunnen vil kunne gi radonkonsentrasjoner over grenseverdiene. Med balansert ventilasjon kan luftskiftet økes samtidig som det vil være tilnærmet trykknormale forhold i boligen. Valg av ventilasjonstype vil derfor kunne ha innvirkning på radonkonsentrasjonen i boligen, og det er kjent at balansert ventilasjon er gunstig sammenlignet med de andre ventilasjonstypene [14].

I Radon 2016 er det for eneboliger statistisk signifikant forskjell mellom balansert ventilasjon og mekanisk uttrekksventilasjon (independent t-test på log-transformerte radonkonsentrasjoner, $p=0,001$, 95 % konfidensnivå), (tabell 4). Dette kan tyde på at balansert ventilasjon har en positiv effekt med hensyn til radon for eneboligene i kartleggingen.

I Radon 2008 er det 50 eneboliger med balansert ventilasjon og i Radon 2016 er det 446. Den gjennomsnittlige radonkonsentrasjonen for disse er henholdsvis 66 og 38 Bq/m³. Det viser at selv om balansert ventilasjon ofte er det beste ventilasjonsalternativet med hensyn til radon, så er ikke nye ventilasjonskrav den viktigste årsaken til at radon har blitt vesentlig redusert i boliger oppført etter TEK10. Våre data tyder på at reduksjonen i hovedsak skyldes kravene om forebyggende radontiltak i nye boliger.

Tabell 4: FRITTLIGGENDE ENEBOLIGER Resultater med hensyn på ventilasjonstype. Den høyeste av de to målingene i hver enkelt bolig er benyttet i analysen.

Prosjekt	Ventilasjon	Antall	Andel	Høyeste (Bq/m ³)	Gjennomsnitt (Bq/m ³)	Median (Bq/m ³)	Andel (antall) over 100 Bq/m ³	Andel (antall) over 200 Bq/m ³	Andel (antall) over 400 Bq/m ³
Radon 2008	Naturlig ventilasjon	14	15,7 %	249	69	53	21,4 % (3)	7,1 % (1)	0 % (0)
(byggeår 2004-2007)	Mekanisk avtrekksventilasjon	25	28,1 %	688	96	40	24,0 % (6)	12,0 % (3)	8,0 % (2)
	Balansert mekanisk ventilasjon	50	56,2%	401	66	27	24,0 % (12)	6,0 % (3)	2,0 % (1)
	Total	89	100 %						
Radon 2016	Naturlig ventilasjon	10	2,1 %	135	41	35	10,0 % (1)	0 % (0)	0 % (0)
(byggeår 2012-2016)	Mekanisk avtrekksventilasjon	21	4,4 %	345	84	33	28,6 % (6)	14,3 % (3)	0 % (0)
	Balansert mekanisk ventilasjon	446	93,5 %	573	38	24	5,4 % (24)	2,0 % (9)	0,4 % (2)
	Total	477	100 %						

3.4 Erfaringer med forebyggende tiltak i andre land

Studier gjennomført i andre land det er naturlig å sammenligne seg med, kan vise til gode resultater etter innføring av krav om radonforebyggende tiltak i nye boliger. I Irland har det siden 1998 vært krav til radonmembran i nye hus i definerte radonutsatte områder, mens kravet til alle hus har vært å tilrettelegge for radonsug/-brønn. En undersøkelse av effekten av regelverket viser at i et radonutsatt område har hus bygget etter 1998 55 % lavere radonnivåer enn husene bygget før regelverket ble innført. Andelen hus over 200 Bq/m³ ble redusert med rundt 20 % [15].

I en finsk studie fra 2009 [16] sammenlignes nye boliger med en tidligere utført nasjonal kartlegging. Den viser en reduksjon i radonnivået i nye boliger på 47 % i radonutsatte områder hvor 92 % av husene har gjort forebyggende tiltak. I andre områder har 54 % av nybyggene radonforebyggende tiltak, og her er gjennomsnittlig radonkonsentrasjon redusert med 26 %.

Både i USA og Finland anbefales passiv ventilering av byggegrunnen som et av de forebyggende tiltakene [17, 18]. Passiv ventilering av byggegrunnen vil si at det tilrettelagte tiltaket i grunnen ikke ender opp i et forseglet oppstikk i laveste etasje, slik det sannsynligvis ofte gjør i Norge, men at det føres over tak som illustrert i figur 1. På grunn av temperaturforskjeller og vind vil systemet fungere også uten at det er installert vifte. Ved behov monteres vifte for å øke effekten. I en finsk studie ble effekten av passive sug funnet å være 57 % og 41 % reduksjon av radonkonsentrasjonen avhengig av om boligeier oppga å i tillegg ha tettet mot grunnen eller ikke. I Finland består tetting mot grunnen som regel av å tette overgangen mellom gulv og vegg med en bitumen-membran. I tillegg tettes det rundt rørgjennomføringer og lignende. De har også gjennomført et pilotprosjekt på tre hus med passivt radonsug. Radonkonsentrasjonen i boligene ble målt flere ganger både når pipa fra det passive suget var åpen og forseglet. De foreløpige resultatene viste 30-50 % nedgang om vinteren når pipene var åpne til sammenligning med når de var forseglet [16]. Tilsvarende studie i USA på 44 boliger viste en reduksjon på 50 % når pipene ble vekselvis forseglet og åpnet [19]. Det bør vurderes nærmere om passivt sug bør bli standard metode også i Norge.

I Storbritannia og Nord-Irland (UK) er kravene til radonforebyggende tiltak i radonutsatte områder tilsvarende de norske kravene (radonsperre og tilrettelagt for tiltak i grunnen), og i en undersøkelse gjennomført av Public Health England [20] svarte 63 % av boligeierne at de ikke kjente til om boligen var oppført med radonforebyggende tiltak. At mange boligeiere i svært liten grad har kjennskap til de radonforebyggende tiltakene i boligen ser derfor ikke ut til å være unikt for Norge. Public Health England peker i sin studie på flere muligheter for å bedre informasjonen til boligeiere, men fordi de nasjonale systemene er forskjellig i UK og Norge bør det gjøres en egen vurdering av hvordan viktig informasjon om forebyggende tiltak, kontrollmåling og eventuell aktivisering av tilrettelagt tiltak bør tilflyte eiere av nye norske boliger.

3.5 Beregninger av radon i hele boligmassen oppført i perioden 2012-2016

Fordelingen av boligtyper i kartleggingen Radon 2016 og den reelle fordelingen i den nye boligmassen i Norge de siste årene, er ikke helt lik, men ved å vekte resultatene fra de forskjellige boligtypene i Radon 2016 kan vi si noe om hvordan tilstanden er i nye boligbygg i Norge i dag.

I perioden 2012-2015 har boligmassen i Norge vokst med 112 840 boliger (Statistikkbanken, Statistisk sentralbyrå, <https://www.ssb.no/statistikkbanken>). Basert på fordelingen av ulike boligtyper i denne statistikken, og med antagelse om at dette tilsvarer antall nybygg (selv om vi vet at også noen boliger rives), er det beregnet at gjennomsnittlig radonkonsentrasjon er 32 Bq/m³ i den nybygde boligmassen i 2012-2016 (vedlegg 3) Andelen nye boliger med radonkonsentrasjon over tiltaksgrensen (100 Bq/m³) er beregnet til 3,4 % , og over øvre grenseverdi (200 Bq/m³) til 0,7 %. Med en tilførsel av i underkant 30 000 boliger hvert år og dersom fordelingen blir tilsvarende, vil det det bygges ca. 1000 boliger med radonkonsentrasjon over tiltaksgrensen og 200 boliger over øvre grenseverdi årlig.

Vi ser altså at reduksjonen har vært betydelig, men at det fremdeles bygges nye boliger som har radonkonsentrasjoner over grenseverdiene. Det kan være flere årsaker til dette. Overgangsperioden i forbindelse med innføringen av nytt byggeregelverk i 2010 og forsinkelser knyttet til byggesøknadsprosessen gjør at ikke alle boliger bygget mellom 2012-2016 nødvendigvis er bygget etter TEK10 og med forebyggende tiltak. De forebyggende tiltakene må også bli installert og behandlet på en riktig måte, slik at de ikke tar skade og blir mindre effektive. Kunnskapen om dette var trolig mindre i byggebransjen da regelverket var nytt, og potensialet for feil større. Det er grunn til å tro at systemene vil fungere enda bedre etter som det opparbeides mer erfaring og kunnskap i bransjen.

4 Konklusjon

Byggereglene som ble innført i 2010 (TEK10) har hatt svært god effekt på radonnivåene i nye boliger. Eneboliger bygget etter innføring av krav til radonforebygging i byggt teknisk forskrift (TEK10) har betydelig lavere radonnivåer enn boliger bygget etter tidligere regelverk (TEK97). Gjennomsnittet er nær halvert, og andelen eneboliger over grenseverdiene på 100 og 200 Bq/m³ er redusert med henholdsvis 73 % og 67 %. I de andre bygningskategoriene ble det ikke målt radonkonsentrasjoner over 200 Bq/m³.

Resultatene fra kartleggingene Radon 2008 og Radon 2016 viser at det har vært en tydelig forskyvning mot lavere radonnivåer etter innføring av TEK10. Dette har skjedd ved at både høye radonkonsentrasjoner har blitt avverget, og at konsentrasjonene er redusert gjennomgående i hele massen av eneboliger. Det vil si at også boliger som tidligere ville hatt moderate og lave radonkonsentrasjoner nå har enda lavere radonkonsentrasjon. Dette er i samsvar med den nasjonale radonstrategiens mål om at nye bygninger skal ha så lave radonkonsentrasjoner som praktisk mulig.

Hovedgrunnen til den betydelige reduksjonen av radonkonsentrasjonen i nye boliger er kravene til forebyggende radontiltak. I tillegg har trolig nye krav til ventilasjon, som i praksis betyr at de fleste installerer balansert ventilasjon, bidratt noe.

Det er imidlertid svært få som kontrollmåler radon i nye boliger (3,5 %). Følgelig er det trolig også svært få som aktiverer det tilrettelagte tiltaket i byggegrunnen, som oftest et radonsug/-brønn, med vifte. Slike tiltak er blant de mest effektive for å redusere radon. Det ligger derfor allerede i dagens krav et betydelig potensial for å redusere radonnivået i nye bygg ytterligere ved å få flere til å måle og aktivere radonsuget/-brønnen dersom radonkonsentrasjonen overstiger tiltaks grensen på 100 Bq/m³.

5 Anbefalinger og videre arbeid

Til tross for svært positive resultater etter innføring av TEK10 er det rom for forbedring, og det er områder og temaer som bør studeres nærmere.

Spørsmålene i kartleggingen Radon 2016 om hvorvidt boligeier kjente til radonforebyggende tiltak i boligen, og videre hvilke tiltak dette i så fall var, avdekket at eiere av nye boliger generelt har liten kunnskap om temaet. Blant annet kom det frem at mange ikke er klar over at det er krav om både radonsperre og tilrettelegging for tiltak i byggegrunnen, og det er svært få som kontrollmåler

boligen for radon. Det bør derfor gjøres en vurdering av hvordan boligeiere på en systematisk og god måte kan motta informasjon om:

- hvilke radontiltak som er installert i boligen/bygget,
- at en radontest bør gjennomføres i løpet av det første året boligen er bebodd og gjentas etter noen år, og
- hvordan eventuelle radonnivåer over tiltaksgrensen bør følges opp.

Både i Radon 2008, Radon 2016 og i tidligere kartlegginger (Radon 2000/2001) har det vist seg at rekkehus og vertikaldelte tomannsboliger har gjennomgående lavere radonkonsentrasjoner enn eneboliger. Årsaken er ikke kjent, og mer kunnskap om dette vil være viktig for kunne å oppnå enda bedre resultater i eneboliger i fremtiden.

I Radon 2008 var det opprinnelige utvalget av boliger inntil 8 år gamle, og radonkonsentrasjonen i boligene i perioden 2004-2007 var statistisk signifikant lavere enn radonkonsentrasjonene i de eldste boligene (2000-2003). Dette tyder på at radonkonsentrasjoner kan øke etter hvert som boliger blir eldre, og årsaken kan være at det av og til oppstår utettheter mot grunnen som følge av setningsskader og lignende. For å undersøke hvor varige de forebyggende tiltakene i nye boliger er, bør derfor Radon 2016 følges opp med en ny kartlegging om noen år.

Radon 2016 ga lite informasjon om tilstanden i boligblokker, og for å få mer kunnskap om radonkonsentrasjoner og forebyggende tiltak i denne bygningskategorien, vil det være nødvendig med et eget prosjekt for dette formålet.

Flere utenlandske studier har vist positiv effekt av passive radonsug. Det bør vurderes nærmere om passivt sug bør bli standard metode også i Norge.

Referanser

- [1] Stråledoser til befolkningen. Oppsummering av stråledoser fra planlagt strålebruk og miljøet i Norge. Strålevernrapport 2015:12. Østerås: Statens strålevern, 2015.
<http://www.nrpa.no/publikasjon/straalevernrapport-2015-12-straaledoser-til-befolkningen.pdf> (20.12.2016)
- [2] Recommendations for radon in dwellings in the Nordic countries: Background, 15.9.2009.
<http://www.nrpa.no/publikasjon/recommendations-for-radon-in-dwellings-in-the-nordic-countries-background.pdf> (25.9.2016)
- [3] Strand T, Ånestad K, Ruden L. Kartlegging av radon i 114 kommuner. StrålevernRapport 2001:6. Østerås: Statens strålevern, 2001. <http://www.nrpa.no/filer/6970f488d4.pdf> (20.12.2016)
- [4] Strand T, Jensen C L, Ramberg G B. Kartlegging av radon i 44 kommuner. StrålevernRapport 2003:9. Østerås: Statens strålevern, 2003. <http://www.nrpa.no/filer/468f3811fb.pdf> (20.12.2016)
- [5] Forskrift 22. januar 1997 nr. 33 om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK). Oslo 1997. https://www.dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/tekniske_forskrifter_1999.pdf (20.12.2016)
- [6] For høye radonkonsentrasjoner i nye boliger. Stråleverninfo 13.08. Østerås: Statens strålevern, 2008. <http://www.nrpa.no/publikasjon/straaleverninfo-13-2008-for-hoeve-radonkonsentrasjoner-i-nye-boliger.pdf> (20.12.2016)
- [7] Fortsatt bygges det problemboliger i radonutsatte kommuner. Stråleverninfo 14.08. Statens strålevern, 2008. <http://www.nrpa.no/publikasjon/straaleverninfo-14-2008-fortsatt-bygges-det-problemboliger-i-radonutsatte-kommuner.pdf> (20.12.2016)
- [8] Departementene. Strategi for å redusere radoneksponeringen i Norge. Oslo: Departementenes servicesenter. <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/hod/dokumenter-fha/strategi-for-a-reducere-radoneksponeringen-i-norge.pdf> (20.12.2016)
- [9] Byggteknisk forskrift (TEK10) veiledning om tekniske krav til byggverk. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet. <http://dibk.no/no/byggeregler/tek/> (20.12.2016)
- [10] Måleprosedyre for radon i boliger. Østerås: Statens strålevern, 2013.
<http://www.nrpa.no/filer/e33cd9ffab.pdf> (20.12.2016)
- [11] Radon 2000/2001 og Ramap 2003 kommunerapporter. Østerås: Statens strålevern.
<http://www.nrpa.no/artikler/1/90384/radon-kommunerapporter> (20.12.2016)
- [12] Arvela H, Reisbacka H. Radonsanering av bostäder. STUK-A237. Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen, 2009. <http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124752/stuk-a237.pdf?sequence=1> (20.12.2016)
- [13] Finne IE, Kolstad T, Rudjord AL. Evaluation of long-term effectiveness of radon mitigation techniques in Norwegian homes. Presentasjon på ROOMS (Radon Outcomes On Mitigation Solutions), Stockholm, 8.-9. september 2015. Tilgjengelig på ERAs nettsider under Other activities and events, <http://radoneurope.org/index.php/activities-and-events-2/other-activities-and-events/> (20.12.2016)
- [14] Arvela H, Holmgren O, Reisbacka H, Vinha J. Review of low-energy construction, air-tightness, ventilation strategies and indoor radon: results from Finnish houses and apartments. Radiation Protection Dosimetry 2014; 162(3): 351-363.
- [15] Long, S. Fenton D, Cremin M, Morgan A. The effectiveness of radon prevention and remedial measures in Irish homes. Journal of Radiological Protection; 33(1): 141-150.


- [16] Arvela H, Holmgren O, Reisbacka H. Radon prevention in new construction in Finland: A nationwide sample survey in 2009. *Radiation Protection Dosimetry* 2012; 148(4): 465-474.
- [17] Model standards and techniques for control of radon in new residential buildings. EPA 402-R-94-009. [Washington, DC]: U.S. Environmental Protection Agency, Air and Radiation, [1994]. https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/model_standards.pdf (16.12.2016)
- [18] Att anlägga et radonrörverk. Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen. <http://www.stuk.fi/web/sv/teman/radon/radon-i-nybygge/att-anlagga-ett-radonrorverk> (16.12.2016)
- [19] Dewey R, Nowak M. Radon mitigation effectiveness in new home construction: passive and active techniques. In: 1994 International radon symposium. Radon: health risk today and tomorrow. Fletcher, NC: American Association of Radon Scientists and Technologists, 1994. http://www.wpbradon.com/Radon_research_papers/1994%20Atlantic%20City,%20NJ/1994_23_Radon%20Mitigation%20Effectiveness%20in%20New%20Home%20Construction--Passive%20%26%20Active%20Techniques.pdf (16.12.2016)
- [20] Hodginson SA, Pudner V, Bradley EJ, McColl NP. Home owner knowledge of radon areas where full radon protection is expected. PHE-CRCE-024. London: Public Health England, 2016. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/506122/PHE-CRCE-024.pdf (16.12.2016)

Vedlegg 1

Spørreskjema og veiledning til boligeier i Radon 2016, side 1.

Spørreskjema til beboer

vennløst skriv med blokkbokstaver



Statens strålevern
Kunnskap. Erfaring. Pålitelighet. Samarbeid.

Veiledning på hvordan du skal måle radon finner du på baksiden!

Fornavn: _____

Etternavn: _____

Adresse: _____

Bruksnummer: _____ **Postnummer:** _____

Gårdsnummer: _____ **Poststed:** _____

Kommune: _____

OBS, viktig at du fyller inn!

MÅLING 1 I STUE

MÅLING 2 I SOVEROM

Startdato for måling: _____

D D M M Å Å

Stoppdato for måling: _____

D D M M Å Å

Detektorkode: (se baksiden)

Oppgi etasje og bruk disse tegnene:

0= kjeller/sokkeletasje

1 = etasje 1

2 = etasje 2

9= høyere

Antall timer lufting i døgnet i måleperioden:

<p>MÅLING STUE</p> <p><input type="checkbox"/> Ingen lufting</p> <p><input type="checkbox"/> 0 - 1 time</p> <p><input type="checkbox"/> 1 - 3 timer</p> <p><input type="checkbox"/> 3 - 6 timer</p> <p><input type="checkbox"/> 6 - 12 timer</p> <p><input type="checkbox"/> Over 12 timer</p>	<p>MÅLING SOVEROM</p> <p><input type="checkbox"/> Ingen lufting</p> <p><input type="checkbox"/> 0 - 1 time</p> <p><input type="checkbox"/> 1 - 3 timer</p> <p><input type="checkbox"/> 3 - 6 timer</p> <p><input type="checkbox"/> 6 - 12 timer</p> <p><input type="checkbox"/> Over 12 timer</p>
---	--

Boligtype:

Frittliggende enebolig

Rekkehus eller vertikaldelt tomannsbolig

Horisontaldelt tomannsbolig

Blokkeleilighet, etasje: _____

Terrasseleilighet, etasje: _____

Annen boligtype

Byggeår: _____

Totalt antall etasjer, inkludert kjeller/sokkel: _____

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 oppholdsrom).

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

Ja Nei

Benyttes ved- eller oljefyring som hoved oppvarmingskilde?

Ja Nei

Byggmateriale yttervegger - hovedetasje:

Tre

Mur/betong/teglstein

Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)

Annet

Byggmateriale grunnmur - kjeller/sokkeletasje:

Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)

Støpt grunnmur

Naturstein

Annet

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

Ja Nei Vet ikke

Kjellertype:

Ingen kjeller/sokkeletasje

Kryprom

Kjeller under deler av huset

Kjeller under hele huset

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

0 ¼ ½ ¾ Hele

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

Ja Nei Vet ikke

Vannforsyning:

Fra vannverk

Overflatevann (gravd brønn, elv, innsjø, cisterne)


Fra privat borebrønn (grunnvann)

Er det tidligere gjennomført radonmåling i boligen?

Ja Nei Vet ikke

Spørsmålene fortsetter neste side.

Spørreskjema til boligeier i Radon 2016, side 2.

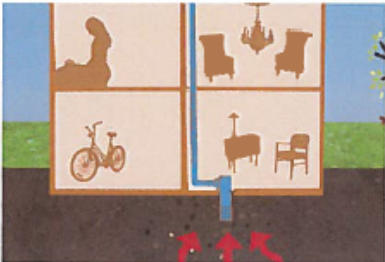


Statens strålevern
Norgesjøn Riksheten Politisidst Autoritet

Vet du om det er utført radonforebyggende tiltak i boligen?
 Ja Nei Vet ikke

Hvis du svarte ja over, svar på følgende spørsmål.
Hvilke forebyggende tiltak?

Radonsperre mot grunnen, membran etc.
 Tilrettelagt for tiltak i byggegrunnen som kan aktiveres ved behov (se illustrasjon til høyre)
 Vet ikke
 Annet.....



Eksempel på tiltak i grunnen (radonbrønn).


Hvis du har tilrettelagt for radonforebyggende tiltak i grunnen, har du aktivert dette (eksempelvis slått på vifte)?

Ja
 Nei
 Vet ikke
 Annet.....

Opplysninger som er gitt i dette skjemaet og resultatene blir registrert i en database ved Statens strålevern. Den som ber om innsyn i databasen kan etter en vurdering få tilgang til opplysningene.

VEILEDNING

- Målingen bør starte i dag, eller i løpet av noen få dager og senest innen 15.februar.
- Klipp opp posen og ta ut de to svarte detektorene. Detektorene må ikke åpnes.
- Plasser ut én detektor i et soverom, og én i stuen du oppholder deg mest. Bor du i en ettroms leilighet, kan du plassere de to detektorene i samme rom.
- Du kan henge detektorene i en snor fra taket eller plassere dem på en hylle eller lignende der de ikke er i veien og får ligge i ro.
- Detektorene bør ikke utsettes for sterk luftstrøm eller sterk varme. De skal derfor ikke plasseres i nærheten av dører, vinduer, ventilasjonsluker eller i nærheten av ovn eller peis (minst én meter fra). Avstand til vegg bør være minst 20 cm, og tak 30 cm. Detektorene skal ikke legges på gulvet, men heller plasseres i pustehøyde.
- Detektorene må ikke tildekkes eller flyttes under måleperioden, men det er greit å lette på dem for å tørke støv og lignende.
- Husk å notere ned detektorkode og dato for målestart med en gang i spørreskjemaet. La detektorene ligge på samme sted og mål i 2 måneder.
- Send detektorer og utfylt skjema til Strålevernet i vedlagte returpose (ferdigfrankert). Husk å notere ned dato for målestopp i skjemaet før du sender. Du vil motta en målerapport fra Strålevernet.



Detektorkode

Detektorene er i ren plast og avgir ingen form for stråling og er ikke helsefarlig.

Ønsker du ikke å delta er det fint om du sender pakken med detektorer i retur.

Har du spørsmål kan du sende e-post til radon@nrpa.no eller ta kontakt med Statens strålevern på telefon 67 16 25 00

Vedlegg 2

Spørreskjema og veiledning til boligeier i Radon 2008, side 1.

RADONMÅLING I BOLIGER		
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 1:	Sporfilmkode: _____	
Startdato: _____ (dd/mm/åå)		
Sluttdato: _____ (dd/mm/åå)		
Type rom:	Etasje:	
<input type="checkbox"/> Stue/ dagligstue	<input type="checkbox"/> Kjeller/sokkeletasje	
<input type="checkbox"/> Soverom	<input type="checkbox"/> 1. etasje	
<input type="checkbox"/> Annet: _____	<input type="checkbox"/> 2. etasje	
	<input type="checkbox"/> Høyere	
Daglig lufting i rommet under måleperioden:		
<input type="checkbox"/> ingen lufting	<input type="checkbox"/> 1-3 timer	<input type="checkbox"/> 6-12 timer
<input type="checkbox"/> 0-1 timer	<input type="checkbox"/> 3-6 timer	<input type="checkbox"/> over 12 timer
MÅLESTED 2:	Sporfilmkode: _____	
Startdato: _____ (dd/mm/åå)		
Sluttdato: _____ (dd/mm/åå)		
Type rom:	Etasje:	
<input type="checkbox"/> Stue/ dagligstue	<input type="checkbox"/> Kjeller/sokkeletasje	
<input type="checkbox"/> Soverom	<input type="checkbox"/> 1. etasje	
<input type="checkbox"/> Annet: _____	<input type="checkbox"/> 2. etasje	
	<input type="checkbox"/> Høyere	
Daglig lufting i rommet under måleperioden:		
<input type="checkbox"/> ingen lufting	<input type="checkbox"/> 1-3 timer	<input type="checkbox"/> 6-12 timer
<input type="checkbox"/> 0-1 timer	<input type="checkbox"/> 3-6 timer	<input type="checkbox"/> over 12 timer
11. Ventilasjon i boligen:		
<input type="checkbox"/> <u>Naturlig ventilasjon</u> (avtrekkskanaler fra våtrommene over tak og lufteventiler i vinduer/yttervegger).		
<input type="checkbox"/> <u>Mekanisk avtrekksventilasjon</u> (vifte som trekker luften ut fra våtrommene med lufteventiler i vinduer/yttervegger)		
<input type="checkbox"/> <u>Balansert mekanisk ventilasjon</u> (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 boliginnhavers soverom? _____		
14. Lufte dette soverommet om natten vinterstid?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Av og til		
15. Er det soverom i laveste etasje som er bruk?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei		
16. Totalt antall etasjer, inkludert kjeller/sokkel: _____		
17. Hvis huset har kjeller, er det åpen løsning opp til 1. etasje?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei		
18. I hvilken etasje ligger stue/dagligstue? _____		
19. Boligtype:		
<input type="checkbox"/> Frittliggende enebolig		
<input type="checkbox"/> Røkkelns eller vertikaldelt tomannsbolig		
<input type="checkbox"/> Horisontaldelt tomannsbolig		
<input type="checkbox"/> Blokkleilighet, etasje: _____		
<input type="checkbox"/> Terrasseleilighet, etasje: _____		
<input type="checkbox"/> Annen boligtype		
20. Byggeår: _____		
21. Hvilket år flyttet De inn i boligen? _____		
22. Er det gjennomført etterisolering og/eller ombygging av boligen?		
<input type="checkbox"/> Ja, år: _____ <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Vet ikke		
23. Benyttes ved- eller oljefyring som viktigste oppvarmingskilde? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei		
24. Byggmateriale yttervegger - hovedetasje:		
<input type="checkbox"/> Tre		
<input type="checkbox"/> Mur/betong/teglstein		
<input type="checkbox"/> Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)		
<input type="checkbox"/> Annet		
25. Byggmateriale grunnmur - kjeller/sokkeletasje:		
<input type="checkbox"/> Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)		
<input type="checkbox"/> Støpt grunnmur		
<input type="checkbox"/> Naturstein		
<input type="checkbox"/> Annet		
26. Dersom lettklinkerblokker (f.eks. Leca) er benyttet: Er det noen vegger som ikke er pusset på både innsiden og utsiden?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Vet ikke		
27. Kjellertype:		
<input type="checkbox"/> Ingen kjeller <input type="checkbox"/> Kjeller under deler av huset		
<input type="checkbox"/> Kryprom <input type="checkbox"/> Kjeller under hele huset		
28. Hvor stor andel av ytterveggene i kjeller/sokkeletasje er under bakkenivå?		
<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> ¼ <input type="checkbox"/> ½ <input type="checkbox"/> ¾ <input type="checkbox"/> Hele		
29. Er det støpt golv (betonggolv) i etasjen nærmest bakken?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Vet ikke		
30. Er det tidligere gjennomført radonmålinger i boligen?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Vet ikke		
31. Er det gjennomført tiltak mot radon i boligen?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Vet ikke		
32. Er det blitt målt høye radonkonsentrasjoner i nabolaget?		
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Vet ikke		
33. Vannforsyning:		
<input type="checkbox"/> Fra vannverk		
<input type="checkbox"/> Overflatevann (gravd bronn, elv, innsjø, cisterne)		
<input type="checkbox"/> Fra privat borebrønn (grunnvann)		
Dato / Signatur: _____		
Opplysninger som er gitt i dette skjemaet vil bli registrert i en database ved Statens strålevern. Kommunen får tilgang til opplysningene.		

Spørreskjema til boligeier i Radon 2008, side 2.

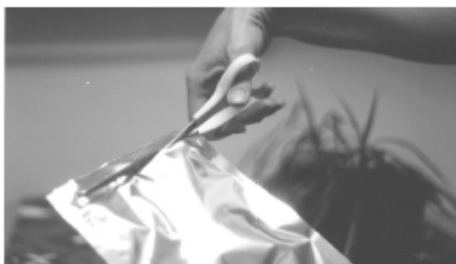
Veiledning for radonmåling i boliger

I. Måleutstyret består av:



1. Denne veiledningen og et registreringsskjema (på baksiden av dette arket)
2. Returpose
3. Aluminiumsposer med sporfilmer

II. Klipp opp aluminiumsposene og ta ut sporfilmene. De sorte boksene må ikke åpnes.



III. Plasser sporfilmene i de oppholdsrommene (stue eller soverom som benyttes daglig). Velg minst ett oppholdsrom som ligger i laveste etasje i boligen/leiligheten.



Sporfilmen kan settes på en hylle, et bord eller lignende, der den ikke er i veien og får stå i ro. Sporfilmen må ikke plasseres i nærheten av vindu, ventilasjonsluke eller i nærheten av ovn eller pets. Sporfilmen må ikke tildekkes.

IV. På registreringsskjemaet noteres dato for utplassering, og i hvilket rom og hvilken etasje du plasserer sporfilmene.



Det er viktig å svare på alle spørsmålene på registreringsskjemaet! (selv om De har sendt inn tilsvarende skjema ved eventuelle tidligere målinger.)

V. Sporfilmene skal være utplassert i 2 måneder. Når måleperioden er over returnerer du sporfilmene for analyse. Det er viktig å notere dato for når målingene ble avsluttet på registreringsskjemaet.

VI. Ved retur, legg sporfilmene og utfylt registreringsskjema i den tilsendte portofrie returposen. Lukk posen godt og postlegg den samme dag.



Sporfilmen som ligger i den sorte plastboksen vil registrere gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i inneluften over måleperioden. På bakgrunn av den avleste radonverdien beregnes en årsmiddelværdi. Sporfilmen avgir ingen form for stråling og er ikke helsesfarlig.

Radonkonsentrasjonen i boligen bør være så lav som mulig. Dersom radonkonsentrasjon i eksisterende bygg er 200 Bq/m³ eller høyere, bør tiltak gjennomføres.

Mer informasjon om radon kan finnes på www.stralevernet.no, eller ta kontakt med Statens strålevern.

Vedlegg 3

Tabell A: Boligstatistikk fra SSB – Nybygde boliger i perioden f.o.m 2012 t.o.m. 2015.

	Boliger (bebodde og ubebodde) januar 2012 ¹⁾	Boliger (bebodde og ubebodde) januar 2016 ¹⁾	Tilførsel av boliger fra jan 2012 til jan 2016 ²⁾	Andel av tilførte boliger fra jan 2012 til jan 2016 ²⁾
Enebolig	1 174 244	1 204 350	30 106	0,26682
Tomannsbolig	204 776	214 766	9 990	0,08853
Rekkehus, kjedehus og andre småhus	269 899	286 178	16 279	0,14426
Summert				
Rekkehus, kjedehus og andre småhus +tomannsboliger	474 675	500 944	26 269	0,23280
Boligblokk + terrasseblokker	524 712	570 482	45 770	0,40562
Bygning for bofellesskap	45 661	51 994	6 333	0,05612
Andre bygningstyper	144 387	148 749	4 362	0,03866
Summert				
Bygninger for bofellesskap +andre bygningstyper	190 048	200 743	10 695	0,09478
Sum (alle bygningstyper)	2 363 679	2 476 519	112 840	1

Grønne felt: Hentet fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken>

Blå felt: Kalkulerte tall på bakgrunn av tallene fra SSB

Tabell B: Utregning av gjennomsnittlig radonkonsentrasjon for den samlede nybygde boligmassen

	Antall boliger i Radon 2016	Andel boliger i Radon 2016	Normaliseringsfaktor (Andel boliger i Norge/andel boliger i utvalget)	Normalisert antall	Gjennomsnitt ² (Bq/m ³)
Enebolig	486	0,6175	0,4321	210	40
Rekkehus, kjedehus og andre småhus +tomannsboliger	236	0,2999	0,7763	183	28
Boligblokk + terrasseblokker	40	0,0508	7,984	319	31
Bygninger for bofellesskap +andre bygningstyper	25	0,0318	2,981	75	25
Sum (alle bygningstyper)	787	1		787	32*

$$*(210*40+183*28+319*31+75*25)/787=32$$

Tabell C: Utregning av antall boliger med radonkonsentrasjon over grenseverdiene for den samlede nybygde boligmassen

	Tilførsel av boliger fra jan 2012 til jan 2016	Andel over 100 Bq/m ³ (fra tabell 1)	Kalkulert antall over 100 Bq/m ³	Andel over 200 Bq/m ³ (fra tabell 1)	Kalkulert antall over 200 Bq/m ³	Andel over 400 Bq/m ³ (fra tabell 1)	Kalkulert antall over 400 Bq/m ³
Enebolig	30 106	6,4 %	1920	2,5 %	743	0,4 %	124
Rekkehus, kjedehus og andre småhus +tomannsboliger	26 269	3,0 %	779	0 %	0	0 %	0
Boligblokk + terrasseblokker	45 770	2,5 %	1144	0 %	0	0 %	0
Bygninger for bofellesskap +andre bygningstyper	10 695	0 %	0	0 %	0	0 %	0
Sum (alle bygningstyper)	112 840	3,4 %*	3843	0,7 %	743	0,1 %	124

*Summerer antallene fra alle boligtyper og regner ut en prosentsats for samlet ny bygningsmasse i Norge.



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority

2017

StrålevernRapport 2017:1

Årsrapport

StrålevernRapport 2017:2

Ionising radiation metrology infrastructure in Europe

StrålevernRapport 2017:3

Radon i nye boliger

ISSN 1891-5191 (online)

ISSN 0804-4910 (print)