



# Lungekreftforekomst knyttet til radoneksponering i norske boliger

## ORIGINALARTIKKEL

### CHRISTINA SØYLAND HASSFJELL

Statens strålevern

Hun har bidratt med utforming/design og fortolkning av studien og har gjort mesteparten av dataanalysene.

Christina Søyland Hassfjell (f. 1969) er lege og dr.scient. (strålingsfysikk og radiobiologi). Under dette arbeidet var hun seniorrådgiver, tilknyttet Centre for Environmental Radioactivity (CERAD).

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

### TOM KRISTIAN GRIMSRUD

Forskningsavdelingen

Kreftregisteret

Han har bidratt med utforming/design og fortolkning av studien.

Tom Kristian Grimsrud (f. 1955) er dr.med. (kreftepidemiologi) og spesialist i arbeidsmedisin, med erfaring i miljø- og yrkesrelatert årsaksforskning, overlege og forsker.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

### WILLIAM J.F. STANDRING

E-post: william.standring@nrpa.no

Statens strålevern

Han har bidratt med utforming/design og fortolkning av studien.

William J.F. Standring (f. 1970) er dr.scient. i miljøkjemi og seniorforsker.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

### STEINAR TRETLI

Forskningsavdelingen

Kreftregisteret

Han har bidratt med utforming/design og fortolkning av studien.

Steinar Tretli (f. 1949) er dr.philos. (kreftepidemiologi), cand.real. (matematisk statistikk) og seniorforsker.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

## BAKGRUNN

Radioaktiv radongass genereres fra uran og thorium i bergarter og siver inn i bygninger. Gassen og dens henfallsprodukter avgir kreftfremkallende stråling, og dette regnes som den nest viktigste risikofaktoren for lungekreft etter aktiv tobakksrøyking. Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i norske boliger er høyere enn konsentrasjonen i de fleste vestlige land. Fra et helse- og kostnadsperspektiv er det viktig å kunne kvantifisere lungekreftisiko fra radoneksponering.

## MATERIALE OG METODE

Vi beregnet radonrelatert lungekreftisiko i Norge basert på risikotall fra den største samlede analysen av europeiske pasient-kontroll-studier kombinert med det hittil største datasettet av radonkonsentrasjonsmålinger fra norske boliger.

## RESULTATER

Ut fra beregningene kan vi anslå at radon er medvirkende årsak til 12 % av de årlige lungekrefttilfellene, forutsatt en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i norske boliger på 88 Bq/m<sup>3</sup>. For 2015 utgjorde dette 373 lungekrefttilfeller, med et tilnærmet 95 % konfidensintervall på 145–682.

## FORTOLKNING

Radon medvirker sannsynligvis til et betydelig antall tilfeller av lungekreft. Da de fleste tilfellene av radonassosiert lungekreft rammer røykere eller tidligere røykere, kan en reduksjon av radonkonsentrasjonen i boligen være et viktig risikoreduserende tiltak, især for personer som ikke klarer å slutte å røyke. Usikkerheten i beregnet antall radonassosierte tilfeller kan reduseres gjennom en ny nasjonal radonkartlegging med bedre design.

---

Lungekreft er den kreftformen som tar flest liv (1). I Norge er forekomsten, målt som aldersstandardisert rate, svakt synkende for menn og stigende for kvinner (1). I 2015 ble det diagnostisert 1 564 lungekrefttilfeller hos menn og 1 471 hos kvinner. Den viktigste faktoren som påvirker risikoen for lungekreft, er tidligere og nåværende røykevaner. Det er internasjonal enighet om at eksponering for radon i boligen også gir økt risiko for lungekreft for både røykere og ikke-røykere (2–8).

Radon er en radioaktiv edelgass som henfaller til kortlevde radionuklider. Gassen genereres fra uran og thorium i bergarter. Sprekker og utettheter i berggrunn og fundamenter gjør at radongass siver inn i bygninger (2). Oppvarming i vinterhalvåret skaper undertrykk i kjeller/underetasje innendørs (en skorsteinseffekt). Det øker radoninnstrømmingen, samtidig som redusert ventilasjon og godt isolerte hus bidrar til oppkonsentrering av radon i inneluften. Når radongass inhaleres, blir overflatene i luftveier og lunger bestrålt av alfapartikler (2).

Fra et helse- og kostnadsperspektiv er det viktig å vite i hvilken grad lungekreft kan tilskrives radoneksponering. Med endringer i røykevaner, som varierer som funksjon av tid, geografi og kjønn, er det komplisert å måle den direkte effekten av radontiltak som utføres. Vi er avhengig av modellberegninger for å gjøre kostnad-nytte-vurderinger av ulike tiltak. Formålet med denne studien er å beregne forekomsten av radonassosiert lungekreft i Norge.

## Materiale og metode

Våre beregninger er basert på resultatene fra en dose-respons-modell publisert av Darby og medarbeidere (5). De brukte data fra 13 europeiske pasient-kontroll-studier, hver med minst 150 individer med lungekreft og 150 kontrollpersoner, detaljert røykehistorikk for hvert individ og målt radonkonsentrasjon i bolig(er) de siste 15 år eller mer. Demografisk informasjon og individdata vedrørende andre eksponeringer som kunne påvirke risikoen for lungekreft ble også inkludert i datasettet.

Gruvestudier har vist at den mest relevante perioden for radoneksponering er tidsrommet fra 34 år til fem år før diagnosetidspunktet (ev. død av lungekreft) (9). En tidsvektet middelværdi for radonkonsentrasjon i boligene ble derfor beregnet for de siste 5–34 årene for hvert individ – 7 148 med lungekreft og 14 208 kontrollpersoner. Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon var 104 Bq/m<sup>3</sup> for lungekreftpasientene og 97 Bq/m<sup>3</sup> for kontrollpersonene.

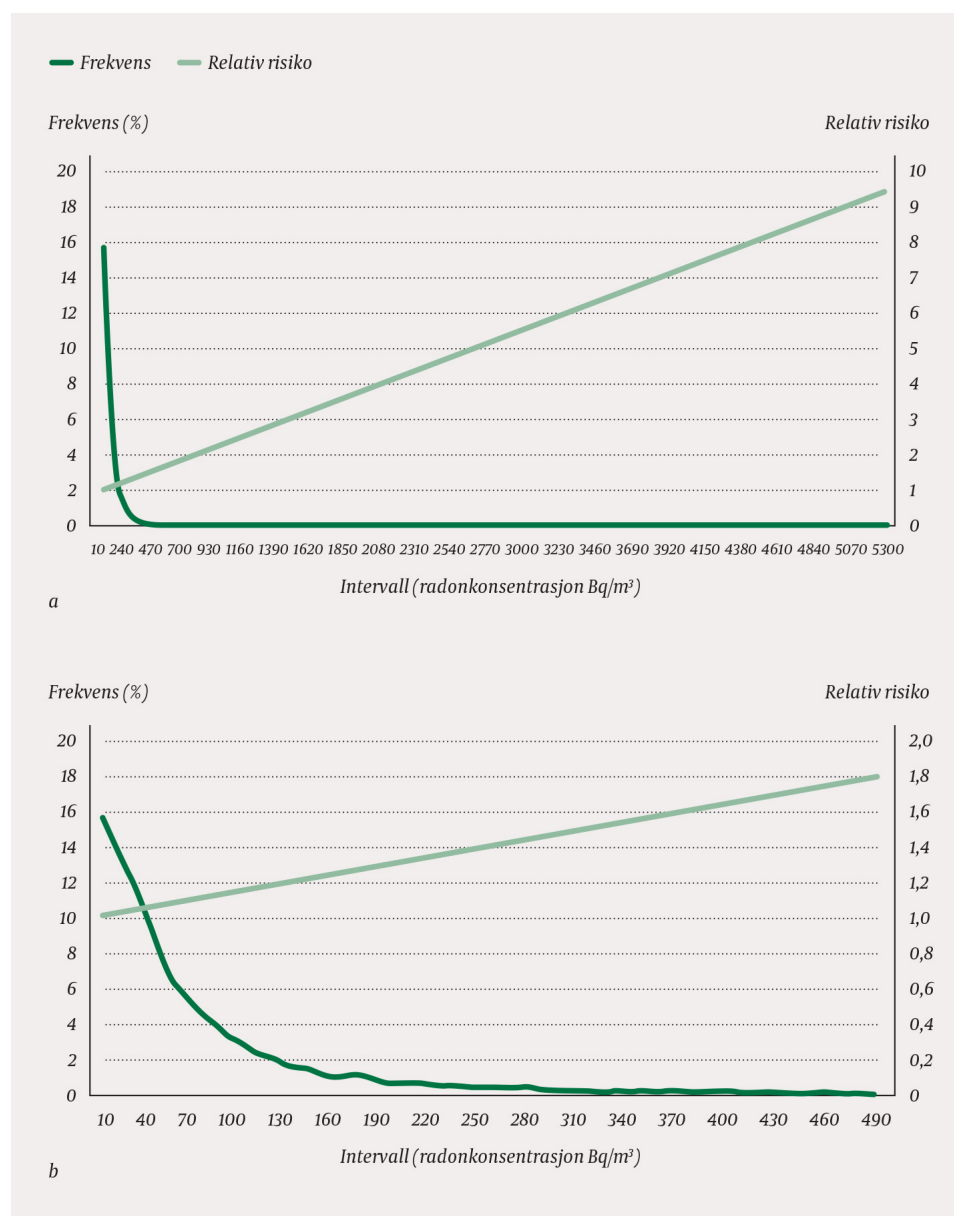
Darby og medarbeidere benyttet en lineær modell for å estimere radonassosiert relativ risiko uttrykt som  $RR = 1 + \alpha x$ , hvor "x" betyr langtidsmidlet radonkonsentrasjon i en gitt bolig. De benyttet to ulike mål for denne radonkonsentrasjonen (x): en direkte *observert* verdi og en verdi som var *korrigert* for tilfeldig variasjon basert på data fra de 13 inkluderte studiene. De korrigerte verdiene var i gjennomsnitt lavere (gjennomsnitt på hhv. 90 Bq/m<sup>3</sup> og 86 Bq/m<sup>3</sup> for pasientene og kontrollpersonene).

Deres analyser ble utført med kontroll for potensielt konfunderende faktorer, som studietilhørighet, alder, kjønn, bostedsregion og røykehistorikk. De fant stigningstallet  $\alpha = 0,16$  (95 % konfidensintervall (KI) 0,05–0,31) per økning på 100 Bq/m<sup>3</sup> i den korrigerte langtidsmidlede radonkonsentrasjonen. Vi viste ingen sammenheng med studie, alder, kjønn eller røykestatus. Analysen ble gjentatt – begrenset til individer som hadde levd i boliger med gjennomsnittlig korrigert radonkonsentrasjon  $> 200$  Bq/m<sup>3</sup> – og fant ingen signifikant større enn null ( $p = 0,04$ ).

De fant ingen nedre terskelverdi hvor lungekrefttrisikoen ikke var påvirket av radonkonsentrasjonen målt i boligen. Den relative risikoen ved å leve med en gitt radonkonsentrasjon var uavhengig av røykehistorikk, men som forventet var røyking knyttet til sterkt økt lungekreftisiko. For mannlige røykere av 15–24 sigaretter per dag var lungekrefttrisikoen 25,8 (95 % KI 21,3–31,2) ganger høyere enn for mannlige aldrirøykere. Tilsvarende tall for kvinner var 11,4 (95 % KI 9,0–14,5).

Darby og medarbeidere tok utgangspunkt i at en absolutt kumulativ risiko for lungekreft (dvs. andelen som rammes) frem til fylte 75 år hos aldrirøykere uten radoneksponering var 0,41 %, og at en tilsvarende absolutt risiko hos storrykere (livslang røyker av 15–24 sigaretter daglig) var 10,1 %. Beregningene viste at disse kumulative risikoene ved å leve i en bolig med radonkonsentrasjonen 100 Bq/m<sup>3</sup> økte til henholdsvis 0,47 % (95 % KI 0,43–0,54) for aldrirøykere og til 11,63 % (95 % KI 10,6–13,0) for storrykere, ved 800 Bq/m<sup>3</sup> til henholdsvis 0,93 % (95 % KI 0,57–1,42) og 21,6 % (95 % KI 13,9–31,0).

Til beregningene i vårt arbeid har vi valgt å benytte det hittil største datasettet av radonmålinger fra norske boliger (10). Målingene er korrigert for å estimere de sanne langtidsmidlede radonkonsentrasjonene i boligene (11). Kartleggingen viste en tilnærmet lognormal fordeling av de korrigerte radonverdiene, med en nasjonal gjennomsnittsverdi på 88 Bq/m<sup>3</sup> (95% KI 66–117) (12). Frekvensfordelingen av kartleggingsdataene er vist i figur 1 (3, 10) og eksempler på variasjon i radonkonsentrasjonsmålinger fra utvalgte områder i tabell 1 (10).



**Figur 1** a) Frekvensfordeling av ulike radonkonsentrasjoner i norske boliger (venstre akse, mørkegrønn kurve) og beregnet relativ risiko (RR) for lungekreft (høyre akse, lysegrønn kurve) som funksjon av radonkonsentrasjon i norske boliger (x-aksen) i den landsomfattende kartleggingen i 2000-01 (3, 10) – hele datasettet (når vi antar lineær risikoøkning også over 800 Bq/m<sup>3</sup>). b) Frekvensfordeling av ulike radonkonsentrasjoner i norske boliger (venstre akse, mørkegrønn kurve) og beregnet relativ risiko (RR) for lungekreft (høyre akse, lysegrønn kurve) som funksjon av radonkonsentrasjon i norske boliger (x-aksen) i den landsomfattende kartleggingen i 2000-01 (3, 10) – kun boliger med radonkonsentrasjon 0–500 Bq/m<sup>3</sup>

Tabell 1

Radonmålinger og fordeling i utvalgte kommuner/boligområder (10)

	Andel boliger > 200 Bq/m <sup>3</sup> (%)	Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon (Bq/m <sup>3</sup> )	De 5 høyeste registreringene i hvert område, rangert (Bq/m <sup>3</sup> )				
			nr. 1	nr. 2	nr. 3	nr. 4	nr. 5
Oslo	13	102	1 000	750	690	640	610
Røyken kommune	17	154	1 500	1 500	1 500	1 400	1 100
Stange kommune	45	350	5 300	4 900	4 800	4 500	3 400
Kinsarvik (bygd)	100	2 830	16 600	13 000	8 350	8 200	7 900

I de fleste tilfeller er det mulig å redusere radonkonsentrasjonen gjennom relativt enkle tiltak, for eksempel tetting av lekkasjepunkter mot byggegrunnen eller bedret ventilasjon (2). Målinger før og etter ordinære radonreduserende tiltak i eksisterende boliger viser gjennomsnittlig en halvering av radonkonsentrasjonen. Mer omfattende radontiltak kan gi langt større radonreduksjoner (2, 13). Statens strålevern anbefaler at det utføres radonreduserende tiltak i boliger med en radonkonsentrasjon over 100 Bq/m<sup>3</sup> i årsgjennomsnitt, i tråd med § 6 femte ledd i strålevernforskriften.

I vårt arbeid benyttet vi Darby og medarbeideres resultater til å beregne radonassosiert lungekreftisiko uttrykt som funksjon av gjennomsnittlig langtidsmidlet radonkonsentrasjon i norske boliger, heretter kalt  $\bar{X}_N$ . Vi tok utgangspunkt i deres generelle uttrykk for relativ risiko som funksjon av radonkonsentrasjon  $RR(x) = 1 + \beta x$ , der "x" igjen står for radonkonsentrasjonen. Vi valgte å benytte Darby og medarbeideres verdi  $\beta = 0,16$  per 100 Bq/m<sup>3</sup>, fordi våre radondata også består av korrigerede, langtidsmidlede radonkonsentrasjoner i norske boliger.

$N_{radon}$  brukes i det følgende som symbol for den lungekreftinsidensen (antall nye lungekrefttilfeller per år i Norge) som har radon som medvirkende årsak, gitt at populasjonen lever ved en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon  $\bar{X}_N$  i boligen.  $N_{total}$  defineres som total lungekreftinsidens i samme periode. Den radoninduserte relative risikoen i befolkningen kan da uttrykkes som

$$RR(\bar{X}_N) = \frac{\text{risiko for lungekreft (radonkonsentrasjon } \bar{X}_N)}{\text{risiko for lungekreft (ingen radoneksponering)}} = \frac{N_{total}}{N_{total} - N_{radon}}$$

som omskrives til

$$\Rightarrow N_{radon} = N_{total} \left( \frac{RR(\bar{X}_N) - 1}{RR(\bar{X}_N)} \right) = N_{total} \left( \frac{\beta \bar{X}_N}{1 + \beta \bar{X}_N} \right)$$

$N_{radon} / N_{total}$  tilsvarer det epidemiologiske begrepet tilskrivbar risiko (eller tilskrivbar andel) i befolkningen (14), den prosentandelen av krefttilfellene som ville vært unngått i fravær av den aktuelle eksponeringen under ellers like forhold. Tilskrivbar andel kan beregnes (14) basert på relativ risiko ved hjelp av formelen  $(RR - 1) / RR$ , som her er lik  $\bar{X}_N / (1 + \beta \bar{X}_N) = N_{radon} / N_{total}$ .

Usikkerheten i  $N_{radon}$  vil avhenge av usikkerheten i ratioen  $N_{radon} / N_{total}$ , som får bidrag fra usikkerhet i både  $\beta$  og  $\bar{X}_N$ . 95% KI for  $\beta = 0,16$  per 100 Bq/m<sup>3</sup> er oppgitt av Darby og medarbeidere som 0,05–0,31 per 100 Bq/m<sup>3</sup>. 95 % KI for  $\bar{X}_N = 88$  Bq/m<sup>3</sup> estimeres til 66–117 Bq/m<sup>3</sup> (12). Som et mål på den samlede usikkerheten (i  $\bar{X}_N$ ) identifiserte vi et tilnærmet 95% konfidensintervall ved å foreta en simulering, der vi en million ganger beregnet tilskrivbar andel på grunnlag av tilfeldige trukne verdier for radonkonsentrasjon (trukket innenfor en lognormal fordeling med forventningsverdi  $\ln(88)$ ) og tilsvarende tilfeldig trukne verdier av  $\beta$  (trukket innenfor en antatt normalfordelt kvadratrottransformasjon av  $\beta$  med forventningsverdi  $\sqrt{0,16}$ ).

Vi beregnet også effekten av ordinære radonreduserende tiltak på den nasjonale gjennomsnittlige radonkonsentrasjonen og den tilsvarende andelen av lungekrefttilfellene som da kan tilskrives radoneksponering.

## Resultater

$RR(\overline{X}_N) = 1 + \overline{X}_N$  der  $\overline{X}_N = 0,16$  per 100 Bq/m<sup>3</sup> og  $\overline{X}_N = 88$  Bq/m<sup>3</sup> gir en relativ risiko  $RR = 1,14$ . Dette betyr at den gitte radoneksposeringen for befolkningen sett under ett vil innebære en økning i risiko for lungekreft på 14 % sammenlignet med en hypotetisk situasjon med null radoneksposering og ellers lik eksponering for andre lungekarsinogener. Siden  $N_{radon}/N_{total} = \overline{X}_N / (1 + \overline{X}_N) = (RR - 1) / RR = (1,14 - 1) / 1,14$ , blir den tilskrivbare andelen 12,3 %, altså  $N_{radon} = 0,123 \cdot N_{total}$ .

I 2015 ble det diagnostisert  $N_{total} = 3\ 035$  nye lungekrefttilfeller i Norge (1). Estimert antall lungekrefttilfeller årlig med radon som medvirkende årsak blir dermed  $N_{radon} = 373$ . Et tilnærmet 95 % konfidensintervall for dette antallet er 145–682.

Vi beregnet videre effekten på den gjennomsnittlige radonkonsentrasjonen i norske boliger dersom gjeldende anbefalinger fra Statens strålevern om radonreducerende tiltak ble fulgt i alle boliger med en radonkonsentrasjon over tiltaksgrensen på 100 Bq/m<sup>3</sup> i årsgjennomsnitt. En 50 % reduksjon i radonkonsentrasjon etter tiltak ville føre til at det gjennomsnittlige nivået i norske boliger ble redusert fra 88 Bq/m<sup>3</sup> (95 % KI 66–117) til 59 Bq/m<sup>3</sup> (95 % KI 44–79) (tab 2) (2). Med tilnærmet konfidensintervall beregnet på samme måte som for hovedresultatet over gir en slik radonreduksjon en forventet reduksjon i lungekreftinsidens fra  $N_{radon} = 373$  (tilnærmet 95 % KI 145–682) til 262 (tilnærmet 95 % KI 99–495) tilfeller per år, altså om lag 110 færre lungekrefttilfeller per år.

Tabell 2

Fordeling av midlere radonkonsentrasjoner i norske boliger og forventet effekt (halvering) av radonkonsentrasjonen etter ordinære radonreducerende tiltak (2)

Radonkonsentrasjon (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel av boligene (%)	Midlere radonkonsentrasjon i boligene (Bq/m <sup>3</sup> )	Midlere radonkonsentrasjonen i boligene etter tiltak (Bq/m <sup>3</sup> )	Ny midlere radonkonsentrasjon i boligene etter tiltak (Bq/m <sup>3</sup> )
0-100	73	40	40 (ingen tiltak)	59
100-200	18	144	77	
> 200	9	356	178	

I kartleggingen fra 2001 hadde 0,18 % av boligene en radonkonsentrasjon  $> 1\ 000$  Bq/m<sup>3</sup> (10). Gitt en lineær sammenheng også ved nivåer  $> 800$  Bq/m<sup>3</sup>, en antagelse som støttes av de høye risikoene som er funnet i gruver, vil det for røykere ved et slikt radonnivå foreligge en vesentlig absolutt risiko (kumulativ risiko) for lungekreft, da den relative risikoen anslås å være mer enn dobbelt så høy som i en bolig uten radon.

## Diskusjon

Ut fra risikotall for lungekreft etter radoneksposering i boliger fra den største publiserte europeiske samleanalysen og den største foreliggende undersøkelsen av radonkonsentrasjon i norske boliger beregnet vi at radon årlig er medvirkende årsak til 373 nye lungekrefttilfeller i Norge (tilnærmet 95 % KI 145–682). Selv om punkt estimatet er beheftet med høy grad av usikkerhet, må det betraktes som det beste anslaget ut fra tilgjengelig kunnskap.

Rundt en tredel av de radonassosierte tilfellene forventes å kunne forebygges ved landsdekkende ordinære radonforebyggende tiltak i de boliger som har radonkonsentrasjon over Strålevernets tiltaksgrense på 100 Bq/m<sup>3</sup> (2). Lignende resultater ble nylig presentert i Sverige (15). Krav til forsvarlig radonkonsentrasjon i inneluft, med en tiltaksgrense på 100 Bq/m<sup>3</sup> i skoler, barnehager og utleieboliger, er regulert i en forskrift (strålevernforskriften). Gjennom forebyggende radontiltak ved oppføring av nye boliger vil ytterligere reduksjon i radonkonsentrasjon kunne oppnås. Slike tiltak er i dag påbudt gjennom § 13-5 i bygningsteknisk forskrift (16).

Den gjennomsnittlige radonkonsentrasjon på 88 Bq/m<sup>3</sup> i Norge er høyere enn gjennomsnittet for vestlige land. Gjennomsnittet for 29 OECD-land er 67 Bq/m<sup>3</sup>, og på verdensbasis er det oppgitt til 39 Bq/m<sup>3</sup> (2). Forskjellene skyldes dels geologiske og klimatiske forhold, dels boform og byggeskikk i Norge. Radonkonsentrasjonene i boligmassen økte med ca. 70% i perioden 1980–2000 (8). Fremtidige kartlegginger vil kunne avdekke hvorvidt nye krav til energisparing og byggeteknikk (16) har endret radonkonsentrasjonene i norske boliger.

Det har vært utført flere kartlegginger av radonkonsentrasjon i boliger her i landet, med ulike svakheter og varierende måleprosedyrer. De radonkartleggingsdata som vi benyttet i dette arbeidet (10), er det største tilgjengelige norske datamaterialet per i dag. Usikkerheten i kartleggingen er hovedsakelig knyttet til utvalget av boliger. 114 av 430

kommuner deltok, men utvalget av kommuner og boliger var basert på frivillig deltagelse og var ikke tilfeldig trukket. Dette ga blant annet en overrepresentasjon av eneboliger og tomannsboliger i forhold til leiligheter i høyere etasjer, noe som kan ha gitt en overestimert verdi av den midlere radonkonsentrasjon for hele befolkningen.

I kartleggingen fra 2001 benyttet man målinger som ble tatt over to måneder i vinterhalvåret, korrigert med en faktor på 0,75 (11). Slik korrigering foretas for å kompensere for observerte variasjoner i radonmålinger over tid, som kan forårsakes av blant annet ventilasjonsbetingelser, meteorologiske forhold og fyringsvaner (2). Slike usikkerheter kan man fjerne i fremtidige kartlegginger ved å bruke moderne teknologi med kontinuerlig elektronisk registrering av radonkonsentrasjon over flere år i et tilfeldig utvalg av boliger. Gitt at våre beregninger er utført på relativt sett eldre datasett, vil nye målinger selvsagt også kunne bidra til mer oppdaterte beregninger av radonassosiert lungekreft.

Lungekreft skyldes hovedsakelig røyking. Den tilskrivbare andelen på grunn av tobakk er på 80–90 % med de røykevanene vi har hatt i Norge frem til i dag (17). Darby og medarbeidere viste at radon- og røykesponering uavhengig av hverandre øker risikoen for lungekreft, slik at de sammen kan gi en betydelig økt absolutt risiko. De 12 % av lungekrefttilfellene som tilskrives radon, vil derfor i stor grad ramme røykere og tidligere røykere. Radon kan her forstås som den ekstra påvirkningen som utløser sykdom.

Dersom antall på lungekrefttilfeller i Norge reduseres på grunn av endrede røykevaner, vil også tallet på radoninduserte lungekrefttilfeller reduseres, selv om radonkonsentrasjoner i norske boliger forblir uendret. Tilsvarende ville en eliminering av radon i alle norske boliger på lang sikt gi en betydelig reduksjon i lungekreftforekomsten (12 %), selv ved uendrede røykevaner.

Radonkonsentrasjonene i norske boliger er lognormalt fordelt. Figur 1 viser at de fleste bor i hus med lave og moderate radonkonsentrasjoner, samtidig som risikoen for lungekreft stiger lineært som funksjon av radonkonsentrasjonen. Dette innebærer at de fleste radonassosierte lungekrefttilfeller forekommer ved lave radonkonsentrasjoner, samtidig som den individuelle risikoen kan være betydelig for de relativt få som lever i boliger med høye radonkonsentrasjoner, særlig for røykere.

Helsegevinsten kan hentes ut både ved å redusere de høyeste radonkonsentrasjonene (høyrisikostategi) og ved å redusere moderate radonkonsentrasjoner der det er mulig (befolkningsstrategi). Gitt at 10–20 % av de årlige lungekrefttilfellene (300–600 tilfeller) ikke tilskrives røyking (17), vil de 12 % av tilfellene som tilskrives radon blant aldrirøykere antas å være færre enn 100.

For røykere som ikke ønsker eller ikke klarer å slutte, kan en reduksjon av radonkonsentrasjonen i boligen stå igjen som det viktigste risikoreducerende tiltak mot lungekreft. Leger bør være klar over dette aspektet når de gir råd om risikoreduksjon.

---

#### REFERANSER:

1. Cancer Registry of Norway. Cancer in Norway 2015 - cancer incidence, mortality, survival and prevalence in Norway. Oslo: Krefregisteret, 2016.
2. Zeeb H, Shannoun F, red. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Genève: World Health Organization, 2009.
3. Darby S, Hill D, Auvinen A et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ* 2005; 330: 223. [PubMed][CrossRef]
4. IARC, International Agency for Research on Cancer. A review of human carcinogens. Part D. Radiation: internalized  $\alpha$ -particle emitting radionuclids. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 100 D: 241–83. Lyon: IARC, 2012.
5. Darby S, Hill D, Deo H et al. Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health* 2006; 32: 1–83. [PubMed]
6. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology* 2005; 16: 137–45. [PubMed][CrossRef]
7. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J Toxicol Environ Health A* 2006; 69: 533–97. [PubMed][CrossRef]
8. Lubin JH, Wang ZY, Boice JD et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer* 2004; 109: 132–7. [PubMed][CrossRef]
9. Committee on Health Risks of Exposure to Radon. Health effects of exposure to radon (BEIR VI). Washington D.C.: National

Academy Press, 1999.

10. Statens strålevern. Kartlegging av radon i 114 kommuner. Kort presentasjon av resultater. Strålevernrapport 2001:6. Østerås: Statens strålevern, 2001.
11. Statens strålevern. Måling av radon i inneluft og undersøkelser av byggegrunn. Strålevernhefte 3, 1998. Østerås: Statens strålevern, 1998.
12. Fleten C. red. Miljørettet helsevern; kjemiske, fysiske og biologiske miljøforholds betydning for helse i vårt land og fordelingen av disse. FHI-rapport 2009:7. Oslo: Folkehelseinstituttet, 2009. <https://www.fhi.no/publ/eldre/rapport-20097-miljorettet-helsevern/> (5.4.2017).
13. AGIR - Advisory Group on Ionising Radiation. Radon and public health: report of the independent Advisory Group on Ionising Radiation. Chilton: Health Protection Agency, 2009.
14. Magnus P, Bakketeig LS. Epidemiologi. 3. utg. Oslo: Gyldendal Akademisk, 2003.
15. Axelsson G, Andersson EM, Barregard L. Lung cancer risk from radon exposure in dwellings in Sweden: how many cases can be prevented if radon levels are lowered? *Cancer Causes Control* 2015; 26: 541 - 7. [PubMed][CrossRef]
16. TEK 10: Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift). Oslo: Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2010. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489> (5.4.2017).
17. Nasjonalt handlingsprogram med retningslinjer for diagnostikk, behandling og oppfølging av lungekreft, mesoteliom og thymom. Oslo: Helsedirektoratet, 2015.

---

Publisert: 21. august 2017. Tidsskr Nor Legeforen 2017. DOI: 10.4045/tidsskr.16.0127

Mottatt 10.2.2016, første revisjon innsendt 19.8.2016, godkjent 5.4.2017.

© Tidsskrift for Den norske legeforening 2017. Lastet ned fra [www.tidsskriftet.no](http://www.tidsskriftet.no)