

Miljö i Mark

2007:2



Radonutredning

i Marks kommun

- Mätningar av markradon och radon i småhus

Utfört av; Frans Karlsson



MÄLARDALENS HÖGSKOLA

Institutionen för samhällsteknik

Miljökontoret, Marks kommun

Förord

Denna rapport är resultatet av ett 10 p examensarbete vid Mälardalens Högskola. Rapporten kommer att användas i Marks kommuns fortsatta arbete med att kartlägga kommunen med avseende på riskområden för markradon. Rapporten kan också med fördel användas som ren kunskapskälla. Författaren är ensam ansvarig för innehållet i rapporten.

Owe Linder
Miljöinspektör

Abstract

When "Statens offentliga utredningar" published a report about radon and housing in 1983, soil radon appeared more clearly as the biggest cause of enhanced content of radon in buildings. The new observations showed that almost all soil contain radon. The observations also showed that there are conditions for that soilradon can cause enhanced radoncontent in buildings anywhere in Sweden.

In Marks kommun previous measurements of soilradon have been made. According to the riskclassification of the soil Marks kommun also studied the incidence of radon in buildings. The present study investigates the incidence of soilradon in connection to existing buildings with a measured content of radon.

According to the measurements of soilradon the properties were classified in regard to the content of soilradon. The studies verify previous measurements where most of the properties were classified as normalradon ground. Most building in the study are constructed with a great amount of groundcontact wich is a probable sign of that soilradon is the main source of the content of radon in the buildings.

The analysis of the connection between soilradon and the content of radon in building show no connection. The buildings that were studied had a miscellaneous constructiontechnique with different conditions for leakage of soilradon into the construction. The content of radon in soilair are always high enough to cause enhanced content of radon in buildings and with that there are difficult to describe any connections.

Keywords: radon, soil radon, radon measurements, measurements, one-family houses.

Sammandrag

I och med Statens offentliga utredning, om radon i bostäder från år 1983 kom radon från marken att allt tydligare framstå som den största orsaken till förhöjda radonhalter i byggnader. De nya observationerna från 1980- talet visade att nästan all mark innehåller radon och att förutsättningar finns för att markradon kan vara orsak till förhöjda radonhalter inomhus var som helst i Sverige.

Marks kommun har tidigare genomfört mätningar av markradon och utifrån riskklassningen av marken även undersökt förekomsten av radon i bostäder. I detta examensarbete har markradonhalten mätts intill olika småhus. Resultaten avseende markradonhalt har sedan jämförts med tidigare resultat från mätningar av radonhalten i bostäderna för att se om det finns ett signifikant samband mellan radonhalten i mark och inneluft.

Utifrån markradonmätningarna inom detta arbete har fastigheterna riskklassats. Resultatet är att marken intill fastigheterna i de flesta fall klassas som normalradonmark, vilket även styrks av tidigare mätningar. De flesta småhusen i undersökningen har en konstruktion med mycket markkontakt, vilket troligtvis tyder på att markradon är den huvudsakliga källan till radonhalterna i byggnaderna.

Studiens sambandsanalys visar att inget samband föreligger mellan jordluftens innehåll av radon och radonhalterna inomhus. Byggnaderna i studien är av varierad byggnadsteknisk karaktär med olika förutsättningar för hur markradon ska kunna tränga in i konstruktionen. Därmed är det svårt att skildra några samband eftersom radonhalten i jordluften alltid är tillräckligt hög för att ge förhöjda radonhalter inomhus. Ett resultat av detta examensarbete är dock att Marks kommun nu har ett bättre underlag för att bedöma riskerna med markradon i olika delar av kommunen.

Nyckelord: radon, markradon, radonmätningar, småhus

Förord

Detta examensarbete motsvarar 10 poäng av min magisterexamen med ämnesbredd i miljö- och hälsoskydd från Mälardalens Högskola. Studien är utförd i samarbete med miljökontoret i Marks kommun och har gått ut på att undersöka markradonförhållandena i anslutning till befintlig bebyggelse och ta reda på om det föreligger ett samband mellan radonhalter inomhus och i marken. I samband med studien har ett flertal markradonmätningar genomförts vilket har givit Marks kommun ett bättre underlag för att tyda radonsituationen i olika delar av kommunen. Jag vill tacka min externa handledare Owe Linder och miljökontoret i Marks kommun som bidragit med mätutrustning, material, kompetens etc. vilket gjort det möjligt att genomföra denna studie. Robert Öman, universitetslektor på Mälardalens högskola, har också varit till stor hjälp med sina expertkunskaper på radonområdet.

Västerås, 2007-09-16

Innehållsförteckning

1 Definitioner och termer	1
2 Introduktion.....	3
2.1 Syfte och frågeställningar.....	3
3 Teori.....	4
3.1 Radonkällor	4
3.2 Markradon	4
3.2.1 Berggrund och radioaktivitet.....	4
3.2.2 Radonhalter i jordluft	5
3.2.3 Radonhaltsvariationer.....	6
3.3 Byggnadsteknik.....	7
3.3.1 Ventilation.....	9
3.3.2 Radonhaltens variation över tiden.....	9
3.4 Markradonundersökningar	9
3.4.1 Tolkning av radonundersökning.....	10
4 Bakgrund.....	12
4.1 Geologin i Marks kommun	12
4.2 Radonundersökningar i Marks kommun	12
5 Metod.....	14
5.1 Urval av bostäder	14
5.2 Mätmetod – radon i inomhusluft.....	14
5.3 Mätmetod – markradon	15
5.4 Övriga mätningar och undersökningar	16
5.4.1 Geologiska undersökningar.....	16
5.4.2 Gammastrålning	17
5.4.3 Sambandsanalys	17
6 Resultat.....	18
6.1 Fastigheternas markförhållanden	18
6.2 Markradonmätningar och riskklassning	18
6.3 Bostädernas grundläggningssätt.....	19
6.4 Markradon och radonhalter i inomhusluft.....	20
7 Diskussion	21
7.1 Metoddiskussion.....	21
7.1.1 Undersökningsobjekt.....	21
7.1.2 Mätmetoder	21
7.1.3 Geologi och riskbedömning	22
7.2 Resultatdiskussion.....	22
7.2.1 Markradonförhållanden och riskklassning	22
7.2.2 Husgrundläggning	23
7.2.3 Samband mellan radon inomhus och i mark	24
7.3 Slutsatser	24
8 Referenslista.....	26

Bilaga 1, Berggrundskarta över Marks kommun

Bilaga 2, Jordartskarta över Marks kommun

Bilaga 3, Karta över undersökningsobjektens placering i Marks kommun

Bilaga 4, Tabell över mätresultat, jordart mm.

Bilaga 5, Tabell över radonriskbedömningar

1 Definitioner och termer

Alfastrålning, strålning som utgörs av positivt laddade partiklar, alfapartiklar. Alfastrålningen avges från atomkärnan när vissa radioaktiva ämnen sönderfaller.

Alunskifferbaserad lättbetong, högtrycksånghärdad (autoklaverad) lättbetong framställd av bränd kalk och bränd alunskiffer. Den senare ger lättbetongen en blågrå färg.

Becquerel, en enhet för aktivitet $1\text{Bq} = \text{ett sönderfall per sekund}$. För att beteckna aktivitetskoncentrationen i luft används Bq/m^3 , i vätskor Bq/l och i fast material Bq/kg .

Betastrålning, strålning som utgörs av elektroner, betapartiklar, som är negativt laddade. Betastrålningen avges från atomkärnan när vissa radioaktiva ämnen sönderfaller.

Bjälklag, bärande, normalt horisontellt, byggnadsdel som åtminstone från endera över- eller undersidan avgränsar olika våningar i en byggnad.

Blåbetong, se alunskifferbaserad lättbetong.

Diffusion, vandring av ett ämnes atomer eller molekyler i ett annat ämne, vanligen från plats med hög koncentration till plats med låg koncentration.

Emanation, utflöde. Används i radonsammanhang som beteckning för den avgång av radon som sker från t ex ett mineralkorn till porutrymmet utanför mineralkornet.

Emanometer, momentan mätmetod för radon.

Exhalation, avgång av gas från en väggyta eller markytan.

Gammamätare, instrument som mäter gammastrålning t ex scintillometer och GM-instrument.

Gammastrålning, elektromagnetisk strålning med hög energi och kort våglängd, gammastrålning avges från atomkärnan när vissa radioaktiva ämnen sönderfaller.

Halveringstid, den tid det tar för antalet atomer av en viss nuklid att minska till hälften genom en radioaktiv sönderfallsprocess.

Joniserande strålning, strålning som ger upphov till joner i det material som den tränger in i. Exempel på joniserande strålning är alfa-, beta- och gammastrålning.

Konvektion, transport av gas eller vätska orsakad av en tryckskillnad. Denna tryckskillnad kan t ex orsakas av en temperaturskillnad, vind eller en fläkt.

Kryprum, kryputrymme, ventilerat utrymme med låg höjd under bottenbjälklaget, åtkomligt för inspektion.

Luftväxling, kallas även luftomsättning, ventilationsgrad och specifikt uteluftsflöde. Anges normalt i omsättningar per timme (oms/h), vilket avser kvoten mellan uteluftsflöde och

invändig volym i t ex en bostadslägenhet. Det anger inte hur många gånger per timme som luften ”byts ut”, eftersom detta även beror på ventilationseffektiviteten.

Mikroröntgen per timme (uR/h), exposition per tidsenhet. uR/h användes tidigare vid mätning av gammastrålning i bostäder och naturlig gammastrålning utomhus. Enheten har ersatts med den nya enheten ”miljödosekvivalent” som anges Sv/h. $1\text{uR/h} = 0,01\text{ uSv/h}$.

Momentan, pågår under mycket kort tid.

Permeabilitet, genomsläpplighet eller genomtränglighet i ett poröst material för en vätska eller gas.

Porositet, förhållandet mellan jordens porvolym och totala volym (skrymvolym). Anges vanligen i procent.

Radioaktiva ämnen, ämnen som innehåller atomer med instabila atomkärnor, som genom sönderfall strävar efter att nå ett stabilt tillstånd. Vid sönderfallet avger atomerna joniserande strålning.

Skorstenseffekt, tryckdifferens mellan två utrymmen p g a skillnad i densitet, vilken kan bero på temperaturdifferens.

Sutteränghus, hus med sluttningsvåning, d v s våning vars golv endast till viss del ligger i nivå med eller ovan mark och som innehåller boutrymmen.

Sönderfallsserie, serie av nuklider i vilken varje beståndsdel genom radioaktivt sönderfall övergår i nästa, tills en stabil nuklid bildas.

Vattenmättnadsgrad, förhållandet mellan porvattnets volym och jordens porvolym. Anges ofta i procent.

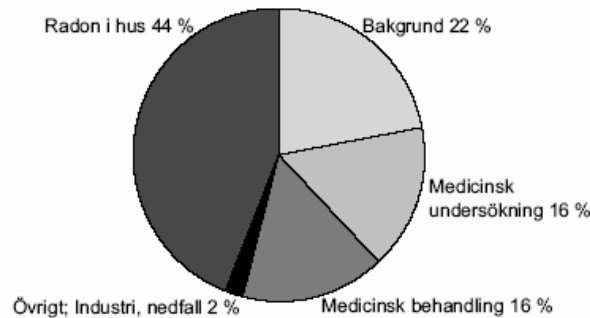
Ventilation, transport och utbyte av luft. Ventilation kan indelas i självdragsventilation och mekanisk ventilation (fläktstyrd ventilation).

Ädelgas, gasformigt ämne som främst karaktäriseras av att detta normalt inte bildar kemiska föreningar vilket beror på att gasen har stabila, fyllda elektronhöljen.

(Radonutredningen, SOU 2001:7 & Clavensjö & Åkerblom, 2007)

2 Introduktion

Radon är en radioaktiv gas som näst efter tobaksrökning är den vanligaste orsaken till lungcancer. Radon och andra grundämnen som bildas i radioaktiva sönderfallserier avger joniserande strålning som kan orsaka cancer hos människan (Ressner m.fl. 2005). Radon i bostaden svarar för i snitt cirka hälften av den totala stråldosen, se figur 1, som är drygt 4,5 millisievert (mSv) per person och år, enligt Statens strålskyddsinstitut (SSI).



Figur 1 Medelstråldos i Sverige enligt statens strålskyddsinstitut.

För att säkerställa att byggnader och deras egenskaper inte ska påverka hälsan negativt ska radonhalten i alla bostäder år 2020 vara lägre än 200 Bq/m³ luft, enligt Sveriges riksdags antagna delmål: God inomhusmiljö. Eftersom radon inte luktar, syns eller smakar någonting är enda sättet att upptäcka det genom mätningar. Socialstyrelsen bedömer att cirka 280 000 småhus har radonhalter över 200 Bq/m³ och för att identifiera och åtgärda dessa behövs fler mätningar. För att hitta fler bostäder med höga radonhalter har Boverket startat informationskampanjer som uppmanar de boende att mäta radon i sina bostäder (Ressner m.fl. 2005).

Radongas förekommer naturligt i marken och nybildas ständigt i jord och berg. En byggnad har normalt ett svagt undertryck gentemot jordluften och kan därför suga in markradon. I kommunerna kartläggs radonrisken från marken för att dels spåra befintliga hus med för höga radonhalter, dels kunna beakta markradonrisken vid planläggning av ny bebyggelse (Pettersson m.fl. 1988).

2.1 Syfte och frågeställningar

Marks kommun har tidigare genomfört mätningar av markradon och enligt riskklassningen av marken även undersökt förekomsten av radon i bostäder (Hansson, 1990 samt Linder, 1993). Syftet med detta examensarbete är att med utgångspunkt från uppmätta radonhalter i befintliga enbostadshus, undersöka markradonförhållandena på bostädernas fastigheter och ta reda på om det finns ett samband mellan markradon och radonhalter i inomhusluft. Studien behandlar följande frågeställningar:

Hur ser markradonförhållandena ut för fastigheterna med hänsyn till geologiska förutsättningar och riskklassificering?

Har bostädernas grundläggningssätt någon betydelse för inträngning av markradon och radonhalterna inomhus?

Föreligger det ett samband mellan bostädernas uppmätta radonhalter i inomhusluften och radonhalterna i jordluften?

3 Teori

3.1 Radonkällor

Källor till radon i byggnader är radon från mark, byggnadsmaterial och vatten. Den luft som finns i marken har alltid hög radonhalt – från 5 000 till 1 000 000 Bq/m³. Eftersom lufttrycket inomhus oftast är lägre än utomhus, kan radonhaltig jordluft lätt sugas in i huset (SSI-rapport, 1993). Marken är den mest betydelsefulla källan till radon i bostäder och i kapitlet 3.2 återges mer fakta om markradon.

Alla stenbaserade byggnadsmaterial ger ifrån sig radon, normalt i små mängder. Blå lättbetong däremot, är ett alunskifferbaserat byggnadsmaterial som tillverkades mellan 1929 och 1975 och avger mer radon än andra byggmaterial. Har blå lättbetong använts i inner- och ytterväggar samt bjälklag, kan det orsaka höga radonhalter i inomhusluften (Radonutredningen, SOU 2001:7).

Ytvattentäkter, som sjöar och vattendrag, innehåller nästan inget radon alls, men allt vatten som kommer från jordlager och berggrund innehåller radon. Kommunalt vatten renas innan det går ut till hushållen och innehåller därför mycket sällan höga radonhalter. Vatten med högre radonhalter förekommer i brunnar borrade i berg samt i grävda brunnar där vattnet kommer från sprickor i berget. Vid användning av radonhaltigt vatten i hushållet avgår en stor del av radonet till inomhusluften. En grov generalisering är om radonhalten i vattnet är 1000 Bq/l ger bidraget till inomhusluften upphov till en radonhalt på ca 100 Bq/m³ (Ressner m.fl. 2005).

3.2 Markradon

3.2.1 Berggrund och radioaktivitet

Radioaktiva grundämnen förekommer naturligt i berggrunden och i stenbaserade jordarter. Grundämnenas atomkärnor sönderfaller spontant utan yttre påverkan, varvid nya grundämnen bildas. Radon-222 är det radon som är en hälsorisk i bostäder och förekommer i den sönderfallskedja som börjar med Uran-238 och slutar med bly-206, se tabell 1 (Radonutredningen, SOU 2001:7).

Tabell 1 Sönderfallsserie för Uran-238. RnD betecknar en radondotter.

Isotop	Halveringstid	Huvudsaklig strålning	Anmärkning
Uran-238 (U)	4,5 miljarder år	Alfa	
Torium-234 (Th)	24,1 dygn	Beta	
Protaktinium-234 (Pa)	1,2 min	Beta	
Uran-234 (U)	250000 år	Alfa	
Torium-230 (Th)	80000 år		
Radium-226 (Ra)	1 600 år	Alfa	
Radon-222 (Rn)	3,8 dygn	Alfa	Gas
Polonium-218 (Po) x	3,0 min	Alfa	Kortlivad RnD
Bly-214 (Pb)	26,8 min	Beta, gamma	Kortlivad RnD
Vismut-214 (Bi)	19,7 min	Beta, gamma	Kortlivad RnD
Polonium-214 (Po)	0	Alfa	Kortlivad RnD
Bly-210 (Pb)	21,3 år	Beta	Långlivad RnD
Vismut-210 (Bi)	5,0 dygn	Beta	Långlivad RnD
Polonium-210 (Po)	138,4 dygn	Alfa	Långlivad RnD
Bly-206 (Pb) -			Stabil, ej radioaktiv

Radon-222 är en ädelgas som nybildas ständigt i marken och sönderfaller i sin tur till så kallade radondöttrar, vilka är radioaktiva metalljoner, som människor kan ackumulera via inandning. När radioaktiva grundämnen sönderfaller bildas olika typer av joniserande strålning och det är denna strålning som kan skada levande celler i människokroppens lungor.

Halterna uran och radium skiljer sig i olika typer av bergarter på grund av dess bildning och kemiska sammansättning. Särskilt låga är uran- och radiumhalterna i sedimentära bergarter som kalksten och sandsten samt i basiska bergarter som gabbro och diorit. Djup- och gångbergarter som graniter, apliter och pegmatiter är rika på kiselsyra och har ofta betydligt högre uran- och radiumhalter än andra bergarter. Skifferbergarter har normalt låga uranhalter, ett undantag är dock alunskiffer som är en kol- och kerogenrik svart skiffer med höga uranhalter.

Uran och radium transporteras bort mekaniskt med vatten och kemiskt genom lakning när berggrunden bryts ner till jord. Därmed kommer halterna av dessa ämnen gradvis att minska ju mer materialet bryts ner. Uran och radium som blivit löst i vattnet adsorberas på lerpartiklar och därigenom har vanligen leror och lerig silt högre uran- och radiumhalter än andra jordarter. De lägsta halterna har finsand som i stort enbart består av frilagda korn. Ett undantag är sand av alunskiffer, där inte någon större urlakning av uran förekommer, eftersom uranet uppträder som ytterst små korn och vid nedbrytning bildas allt mindre korn så att det till sist bildas en skifferlera. Effekten av detta blir att uranhalten i skifferleran är i stort sett densamma som i alunskifferberget (Pettersson m.fl. 1988).

3.2.2 Radonhalter i jordluft

Av det radon som bildas i mineralkornen i jorden emanerar dvs. avgår 10-40 % till markens luftporer. Hur stor andel av radonet som avgår beror på mineralkornens storlek, uppbyggnad, vittringsgrad och radiumhalt. Ju mindre kornen är, ju mer vittrade de är och ju högre radiumhalt desto större andel av det bildade radonet avgår. I lera kan upp till 70 % av det bildade radonet emanera till markens porer.

Förutom radonavgången från mineralkornen så påverkas radonhalten i jordluften av att radonet exhalerar det vill säga att radonet diffunderar från jordlagret till atmosfären ovan markytan, samt av jordens vattenhalt och av vinden som ventilerar bort radon. Eftersom väder och vind varierar så skiftar radonhalten i marknära skikt under årets gång. Avsnittet nedan om radonhaltsvariationer, beskriver hur olika faktorer påverkar radonhalten i marken (Radonutredningen, SOU 2001:7). I tabell 2 redovisas normala halter av radium-226 i svenska jordarter, samt normala halter av radon-222 i jordluften på cirka en meters djup.

Tabell 2 Normala halter av radium-226 och radon-222 i svenska jordarter.

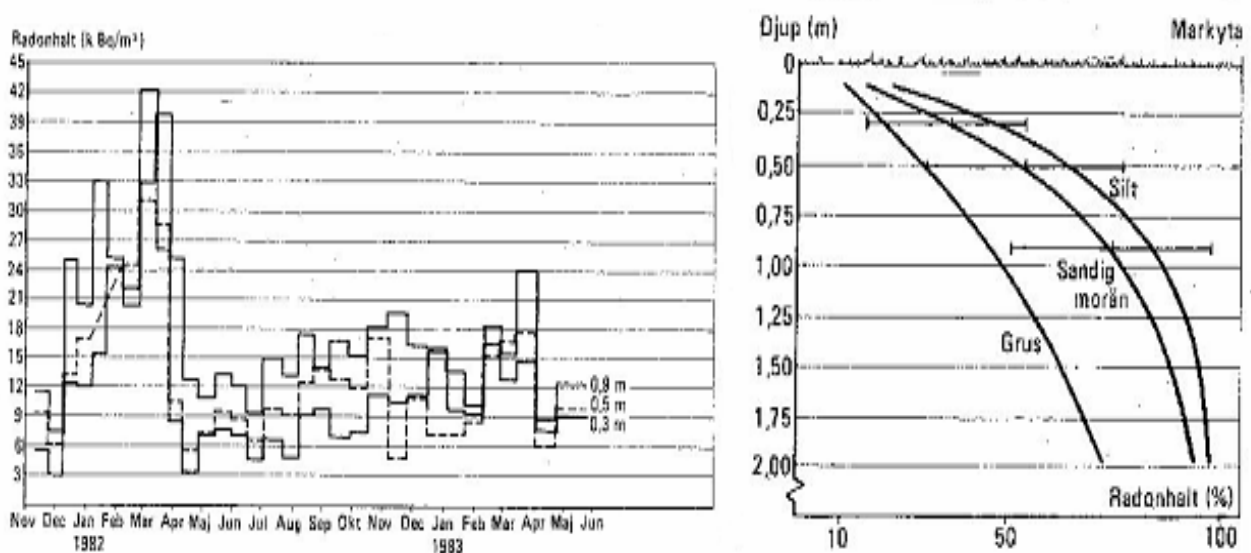
Jordart	Radium-226 Bq/kg	Radon-222 Bq/m ³
Morän, normal	15-65	10 000-40 000
Morän med granitiskt material	30-75	20 000-60 000
Morän med uranrikt granitiskt material	75-360	40 000-200 000
Åsgrus	30-75	10 000-150 000
Sand, silt	6-75	4000-50 000
Lera	25-100	10 000-120 000
Jordarter som innehåller alunskiffer	175-2500	50 000->1miljon

En mycket viktig faktor som får radonhalten i marken att variera är jordens genomsläpplighet, permeabilitet. Radonhaltens variation är störst i grovkorniga jordarter och minst i finkorniga leror. Ju genomsläppligare en jordart är desto större är möjligheterna för radon att transporteras. Grusåsar är grovkorniga jordarter där grundvattenytan vanligen ligger långt under markytan vilket innebär att det finns stora volymer radonhaltig jordluft som är tillgängligt för transport. Även om radonhalterna inte är påfallande höga i genomsläppliga jordarter så medverkar transporten av stora luftvolymer till att höga radonhalter kan tränga in i byggnader. Radonhalterna i jordluften blir än högre om dessutom bergarterna i grusåsen består av uranrika graniter eller alunskiffer (SSI-rapport, 1993).

När grundvattenytan ligger nära markytan eller när jordarten har låg permeabilitet kan ingen eller mycket lite jordluft transporteras. Lera och silt är exempel på jordarter med höga radonhalter men med låg genomsläpplighet av radonhaltig jordluft. Byggnader kan vara grundlagda direkt på berg och för att radonproblem ska uppstå behöver radiumhalten i berget vara hög, så att radonavgången blir särskilt stor (Clavensjö & Åkerblom, 2007).

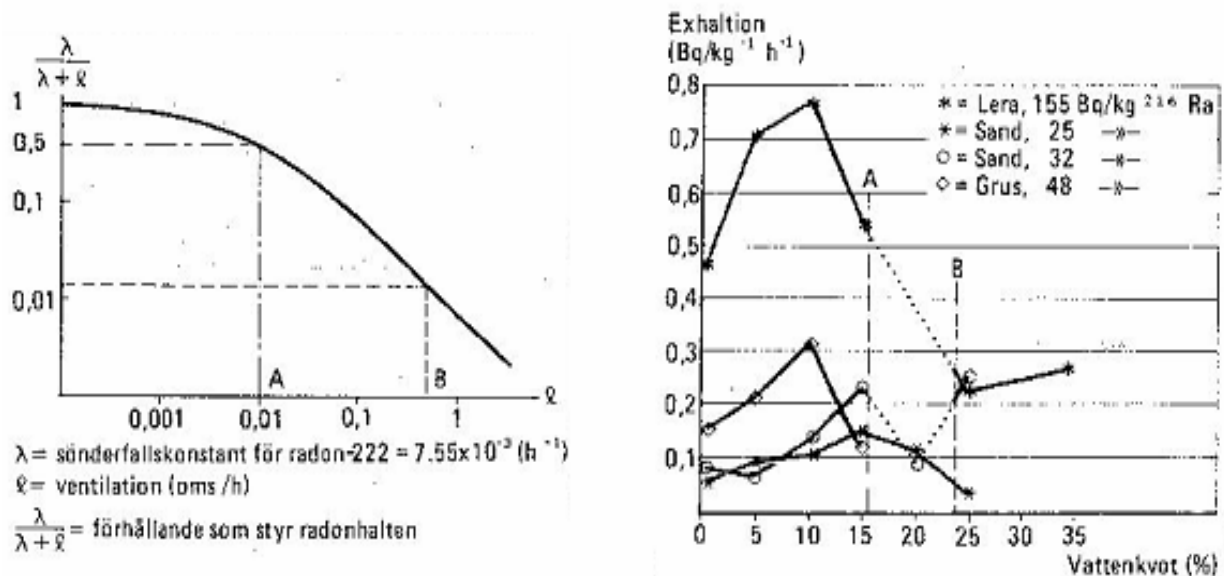
3.2.3 Radonhaltsvariationer

Radonhalten i jordluft varierar med både tiden och mätplatsen. Vid bedömningar av resultat från markradonmätningar måste uppmätta radonhalter sammanvägas med jordens egenskaper, mätdjupet och rådande meteorologiska förhållanden. Radonhalten varierar med tiden i olika vegetationsperioder och under vinterperioden kan svårtolkade förhållanden gälla beroende på tjälförhållandena. Mätdjupet inverkar på radonhalten i jordluften genom att effekten av diffusion vid olika jorddjup skiftar (Pettersson m.fl. 1988). I figur 2 nedan beskrivs hur radonhalten varierar med tiden i olika vegetationsperioder samt hur radonhalten varierar med mätdjupet.



Figur 2 Två diagram presenteras. Diagrammet till vänster redogör för radonmätningar utförda, på olika mätdjup, i siltig sand under 1982-1983. Diagrammet till höger visar hur radonhalten i jordluften, vid olika jorddjup i grus, sandig morän och silt, på grund av diffusion avtar mot markytan (Rosén & Åkerblom, 1989).

Luftväxling i jorden eller konvektion, där drivkraften till transport av radongas är vind, påverkar radonhalten i porluften. I genomsläppliga material som sand och grus kan vind påverka radonhalten ner till ungefär en meters djup. Vattenmättnadsgraden i marken, d v s förhållandet mellan porvattnets volym och jordens provolym, kan ge stora radonhaltsvariationer. Emanationen och därmed exhalationen av radongas varierar med vattenmättnadsgraden och är specifik för olika jordarter (Rosén & Åkerblom, 1989). Figur 3 nedan redovisar dels hur luftväxlingen i jorden påverkar radonhalten i porluften och dels hur vattenmättnadsgraden inverkar på radongashalten.



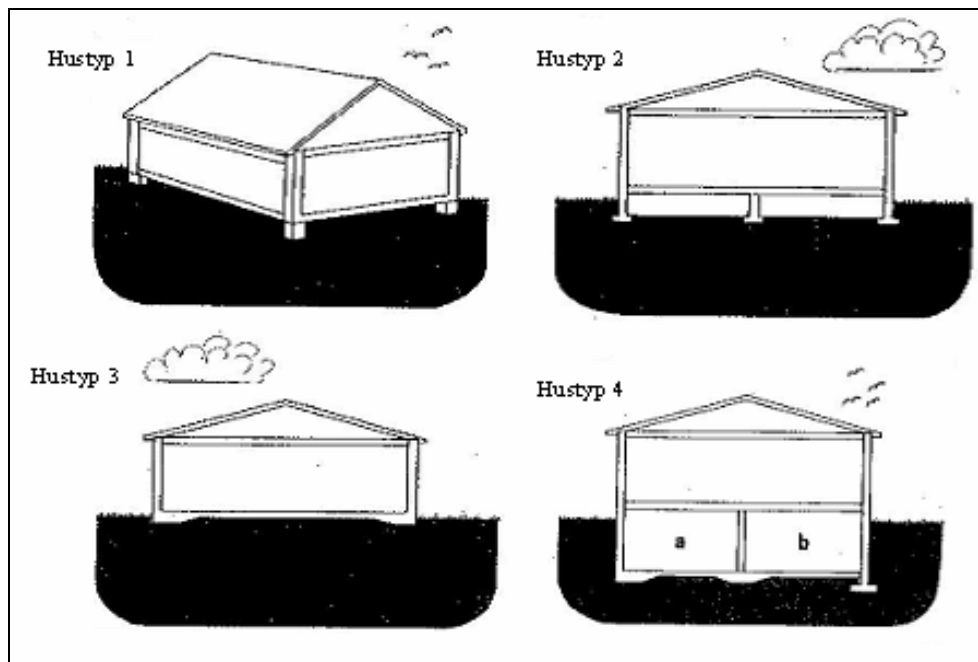
Figur 3 Två diagram åskådliggörs. Diagrammet till vänster beskriver hur en ökning av luftväxlingen med 50 ggr, från A till B, ger 29 ggr lägre radonhalt. Diagrammet till höger redogör för hur emanationen och därmed exhalationen ökar med vattenmättnadsgraden till en viss toppnivå som är specifik för varje jordart. A motsvarar vattenmättnad vid porositeten 30 %, B vattenmättnad vid porositeten 40 % (Rosén & Åkerblom, 1989).

3.3 Byggnadsteknik

I byggnader med markkontakt är radon från marken den vanligaste orsaken till förhöjda radonhalter inomhus. Grundläggningssättet och utförandet är avgörande för om markradon skall tränga in i en byggnad. Normalt har byggnaden ett undertryck jämfört med lufttrycket i marken och därmed finns en pådrivande kraft som kan transportera radonhaltig jordluft in i byggnaden.

Sprickor i byggnadsmaterial med en vidd på 0,5 mm är tillräckligt stora för att medge transport av jordluft och även små läckage av normalt radonhaltig jordluft (se tabell 2) räcker för att överskrida radonhalten och till lika riktvärdet, 200 Bq/m³ inomhusluft. En annan risk till att radonhaltig jordluft kan läcka in i bostaden, är via ledningar och kulvertar som förbinder huset med eventuell radonmark i angränsande områden (Clavensjö & Åkerblom, 2007).

Det finns olika typer av byggnadstekniker och grundläggningssätt av enbostadshus och nedanstående hustyper i figur 4, är numrerade från bästa till sämsta förutsättningar att motstå markradoninträngning.



Figur 4 Figuren visar exempel på olika hustyper.

Hustyp 1 Hus på friliggande plintar.

Friliggande plintar, är ett radonsäkert utförande då radon från marken späds ut med atmosfärsluften och därmed når inte jordluft med hög radonhalt konstruktionen.

Hustyp 2 Hus med ventilerad kryprumsgrund. I äldre byggnader kallas det vanligen torpargrund.

Bottenbjälklaget är oftast av trä och är relativt otätt, men om kryputrymmet ventileras normenligt uppstår sällan problem på marker med låga eller normala radonhalter i jordluften. Tätast möjliga bottenbjälklag, god ventilation av kryputrymmet och ett litet undertryck inomhus är viktiga moment för att utestänga markradonet.

Hustyp 3 Grundläggning med kantförstyvad betongplatta på mark i ett stycke.

En kantförstyvad betongplatta med tjocklek 8-10 cm. En dåligt underbyggd platta kan bidra med ojämna sättningar och genomgående sprickor. Betongplattan blir tätare och styvare vid ökad tjocklek och med bättre betongkvalitet, finmaskigt armeringsnät.

Hustyp 4 Hus med källarvåning (suterrängplan).

I hustyp 4a är golvplattan en kantförstyvad betongplatta med grundmurade väggar under markytan. Murade väggar och väggelement kan spricka med tiden vilket medför att radonhaltig luft kan tränga in. Från radonrisksynpunkt är bottenplattan likvärdig med hustyp 3, dessutom finns det väggar under markytan. I hustyp 4b finns ytterligare en källa till inläckage, mellan golvplatta och grundmur, eftersom källargolvet är frilagt från grundmurarna (Rosén & Åkerblom, 1989).

3.3.1 Ventilation

En ökad luftväxling sänker radonhalten i inomhusluften genom utspädning. Detta förhållande gäller generellt om radonet kommer från byggmaterialet eller från hushållsvattnet. Om radongasen däremot kommer in i huset med jordluft, är sambanden mer komplicerade.

Som tidigare nämnts råder normalt ett undertryck i byggnader på grund av den så kallade självdragseffekten. Ökas ventilationen genom t ex installation av ett fläktdrivnet frånluftssystem ökar undertrycket i huset. Ofta medför detta ett ökat inläckage av jordluft och en ökad radongashalt inomhus, därför gäller det att se till att den friska luften tas från luft ovan marken. Det förekommer hus i vilka mer än en tredjedel av tilluften utgörs av luft från marken. Att skapa ett övertryck i byggnaden genom ett ventilationssystem kan hindra radon från att tränga in, men metoden bör inte användas eftersom övertryck medför risk för fuktskador på huset (SSI-rapport, 1993).

3.3.2 Radonhaltens variation över tiden

Förutom att byggnadstekniken och ventilationssystemets utformning kan medverka till hur mycket markradon som kan tränga in i en bostad, så har även tidsvariationer samt hur bostaden utnyttjas, betydelse för radonhalten inomhus. I kapitel 3.2.3 beskrivs radonhaltsvariationer i marken och i ett markradonhus, där den betydande källan till radon inomhus kommer från marken, varierar halterna under dygnet och med årstiden. Variationerna beror på temperatur- och vindförhållanden, hur ofta man fönstervädrar osv. (Holmberg m.fl. 1987).

Eftersom radonhalterna inomhus varierar med tiden krävs en ganska lång mätperiod för att erhålla en god uppskattning av radonhaltens årsmedelvärde. En mätning som gjorts under en kort mätperiod i ett markradonhus, kan därav ge ett helt missvisande resultat (<http://www.ssi.se> 2007-04-15). Avsnitt 5.2 beskriver en mätmetod för radon i inomhusluft.

3.4 Markradonundersökningar

I Sverige är radon från marken ett stort problem och det behöver oftast vidtas åtgärder för att skydda bostaden från inträngning av markradon. I princip kan all mark bebyggas om lämpliga skyddsåtgärder utförs, men åtgärderna behöver anpassas till de lokala förhållandena. Enligt 2 och 3 kap PBL skall planläggning och byggande ske med beaktande av markens lämplighet, vari bl a ingår jord-, berg- och grundvattenförhållanden (Plan- och bygglagen 1987), vilket innebär att risken för markradon alltid måste beaktas. Boverket, Socialstyrelsen och SSI skriver i "Radon – Information till kommuner m fl om bestämmelser och ansvarsfördelning" att kommunerna bör inventera risken för markradon (Boverket m fl 1989).

I kommuners fysiska planläggning är det lämpligt att inventeringen av markradon redovisas i översiktsplanen och i eventuella fördjupade översiktsplaner. Vid detaljplanläggning bör det klarläggas hur det förhåller sig med markradon. Inför nybyggnad bör information ges om risker för radon från marken och om det föreligger risk för hög radonhalt, bör det i bygglovet krävas att byggherren tar hänsyn till förhållandena och bygger radonsäkert.

När kommuner översiktligt kartlägger markradonförhållandena bedöms radonrisken från mark med utgångspunkt från tillgängligt kartmaterial och eventuella kompletterande undersökningsresultat (Pettersson m.fl. 1988). Radonriskområden avser obebyggd mark och klassas enligt tabell 3 nedan.

Tabell 3 Radonriskklassning av marken vid översiktlig kartläggning.

Riskklass	Andel av Sveriges yta
Högriskområden	ca 10 %
Normalriskområden	ca 70 %
Lågriskområden	ca 20 %

Högriskområde

- Berggrund med förhöjd till hög uranhalt som t ex alunskiffer, vissa graniter och pegmatiter.
- Grus och grovkorniga moräner om radonhalten överstiger 50 000 Bq/m³. Kännetecknas av stor luftgenomsläpplighet och hög radonemanation. Således kan även låga radiumhalter från berggrunden bidra till en radonhalt på mer än 50 000 Bq/m³ i luften under byggnad.
- Silt, lera och finkorniga moräner om radiumhalten är hög så att radonhalten under byggnad blir minst 60 000/80 000 Bq/m³. Tillgänglig luftmängd begränsas dock av luftgenomsläppligheten i materialet.

Lågriskområde

- Bergarter med låg uranhalt som t ex kalksten, sandsten, kvartsiter och basiska vulkaniter.
- Sediment av sand, silt och lera med mer än 2 m mäktighet som inte är uttorkad eller innehåller någon inblandning av uranmineraliserade bergarter.

Normalriskområde

- Mark som inte utgör hög- eller lågradonmark, det vill säga huvuddelen av all mark i Sverige (Pettersson m.fl. 1988).

Vid detaljundersökningar och inför byggande används indelningen enligt tabell 4, som är kombinerad med skyddsåtgärder mot markradon (Rosén & Åkerblom, 1989).

Tabell 4 Radonrisken under färdig byggnad samt åtgärdskrav.

Markklass	Radonhalt i jordluften under färdig byggnad (Bq/m ³)	Åtgärdskrav
Högradonmark	>50 000	Radonsäkert
Normalradonmark	10 000-50 000	Radonskyddande
Lågradonmark	<10 000	Traditionellt

3.4.1 Tolkning av radonundersökning

Detaljerade markundersökningar inom ett plan- eller byggområde syftar till att klarlägga markradonförhållandena så att behov av särskilda skyddsåtgärder kan fastställas. Eftersom en rad olika faktorer inverkar på radonhalten i jordluften så bör observationer som mätdjup, markfuktighet, vind etc. sammanvägas vid tolkning av mätresultat. Vid grundläggning av byggnader på jord klassas mark översiktligt i högradon-, normalradon- eller lågradonmark enligt tabell 5 (Rosén & Åkerblom, 1989).

Tabell 5 Tabellen visar ett överslagsintervall för bedömning av radonrisk med utgångspunkt från jordart och uppmätt radonhalt (Bq/m³) på en meters djup.

Markklass	grus	siltig-sandig morän	silt	lera
Högradonmark	>50 000	>50 000	>60 000	>80 000
Normalradonmark	10 000-50 000	10 000-50 000	20 000-60 000	40 000-80 000
Lågradonmark	<10 000	<10 000	<20 000	<40 000

Det är sällan möjligt att mäta radonhalten i jordluften efter ett rutnätssystem med i förväg bestämda lägen, utan mätpunkterna får anpassas till de lokala markförhållandena. Antalet mätpunkter anpassas till geologin och om husläget är bestämt kan det behöva göras 2-3 mätningar inom varje planerat husläge. Resultaten från mätningar av radonhalten i jordluften kan i sig inte ligga till grund för åtgärder, om de inte sätts in i sitt sammanhang, det vill säga i relation till geologi, byggnadsutförande etc. (Pettersson m.fl. 1988).

När jord överlagrar berg i ett tunt jordtäckte är det inte meningsfullt att göra radonhaltsmätningar i jorden eftersom resultaten blir svårtolkade. Vid grundläggning på berg eller sprängstensfyllning kan mätningar i fält ske med gammamätare, en meter över markytan, för att erhålla en indikation om gammastrålningen från berget (Rosén & Åkerblom, 1989).

4 Bakgrund

När regeringen tillsatte en offentlig radonutredning (SOU 1983:6) i slutet av 1970-talet var kunskapen om förekomsten av radon i bostäder begränsad. Det huvudsakliga problemet ansågs bestå i förhöjd radonavgång från byggnadsmaterial, främst från alunskifferbaserad blåbetong, som från 1930-talet och fram till 1975 använts i stor omfattning. Därtill ansågs vissa väl avgränsade alunskiffer- och granitområden innebära risk för inströmning i hus av radon från marken.

I betänkandet till ovanstående radonutredning kom radon från marken att allt tydligare framstå som den största orsaken till förhöjda och höga radonhalter i byggnader. De nya rönen visade att nästan all mark innehåller radon och att förutsättningar finns för att markradon skall vara orsak till förhöjda och höga radonhalter inomhus var som helst i Sverige (Radonutredningen, SOU 1983:6).

4.1 Geologin i Marks kommun

Sydvästra Sverige utsattes för ca 1500 miljoner år sedan för ett enormt kraftigt tryck och hög temperatur och det ursprungliga berget som bildats av magma och sediment omlagrades och bildade den nuvarande gnejsen. Gnejsen täcker i stort sett hela Marks kommun och innehåller relativt lite uranhaltiga mineral. Det finns några områden i kommunen med graniter och pegmatiter som innehåller mer uranhaltigt material, vilket kan bidra till förhöjda radonhalter i marken. I bilaga 1 framställs en berggrundskarta som togs fram i samband med den översiktliga inventeringen av markradon.

Genom inlandsisens framryckning och nedsmältning, för ca 12 000 år sedan, bildades det jordlager som utbreder sig över kommunen. I bilaga 2 presenteras en jordartskarta över kommunen. Morän är den klart dominerande jordarten och utbreder sig över nästan hela kommunen. Moränen bildades genom isens nedkrossning av berg- och jordartsmaterial och innehåller alla kornstorleksklasser.

Isälvsmaterial, som främst innehåller sand och grus, forsade fram med smältvattnet i isens sprickor och bildade rullstensåsar. Låg isen intill en sjö eller havsvik byggde isälvsaterialet istället upp ett s k delta. I Marks kommun finns det enbart en riktigt framträdande rullstensås i kommunens nordöstra del, medan det finns ett flertal utspridda deltan.

Inlandsisen tryckte ner jordskorpan och när den försvann låg landet lägre än idag. Havet nådde in över alla låglänta delar av Marks kommun och den nivå som havet gick som högst kallas högsta kustlinjen, HK. Under denna nivå avsattes sediment, ett finkornigt material som idag utgör bördig jordbruksmark i dalgångarna (Hansson, 1990).

4.2 Radonundersökningar i Marks kommun

I Marks kommun har radonmätningar pågått sedan 1979. Fram till 1984 inriktades arbetet helt på att hitta och mäta radonhalten i hus byggda av blå lättbetong, men eftersom radon även kan tränga in i hus via marken har en översiktlig inventering av markradon utförts vilket resulterade i att marken riskklassades med hänseende till radonavgång (Hansson, 1990).

Med riskklassningen som underlag genomfördes, i början av 1990-talet, mätningar av bostäder i riskområden för att undersöka radonhalterna inomhus. Från 1979 t.o.m. 1992 genomfördes ca 250 radonmätningar i olika bostäder och därefter har kommunen deltagit i radonkampanjer för att framför allt förmå villaägare att mäta radonhalten i sin bostad (Linder, 1993).

Marks kommun har idag ett bättre underlag över radonsituationen, då radonkampanjerna har resulterat i att över 2000 bostäder har utfört mätningar med avseende på radonhalten i bostaden (ECOS – ärendehanteringssystem, 2007).

År 1981 genomfördes undersökningar av vattnet i 3 djupborrade brunnar eftersom radongas kan ta sig in i bostaden via dricksvattnet. Resultatvärdena var 43 Bq/l, 41 Bq/l respektive 129 Bq/l vilket är att betrakta som mycket låga värden (Linder, 1993).

5 Metod

Målet med föreliggande studie är att inom Marks kommun undersöka markradonsituationen på fastigheter med befintlig bebyggelse samt ta reda på om det finns ett samband mellan radonhalterna i marken och uppmätta radonhalter inomhus. För att genomföra studien, under en projekttid av 10 veckor, har ett begränsat urval av befintliga enbostadshus utförts. Metodavsnittet beskriver urval av undersökningsobjekt, vilka mätmetoder som använts samt övriga undersökningar som ingått i studien.

5.1 Urval av bostäder

Ett urval av 28 enbostadshus, inom Marks kommun, som uppmätt radonhalter inomhus har genomförts. Alla bostädernas uppmätta radonhalter är utförda med samma mätmetod, vilken beskrivs i avsnitt 5.2 och är baserad på radongashaltens årsmedelvärde. För att ge undersökningen ett mer rättvisande resultat är samtliga mätningar av radon i inomhusluften utförda före det att eventuella åtgärder vidtagits samt att bostäderna tillhandahåller liknande ventilationstyp s k. självdragsventilation (ECOS – ärendehanteringssystem, 2007). En översiktlig karta med bostädernas placering i kommunen presenteras i bilaga 3.

Samtliga bostäder har i samband med radonmätningarna uppgivit att huskonstruktionen inte består av någon lätt blåbetong. Det innebär att bostäderna är s k. markradonhus där den betydande källan till radon i inomhusluften kommer från marken. För att kontrollera att huskonstruktionerna inte innehåller någon lätt blåbetong, har stickprovsmätningar genomförts med gammamätare vilket beskrivs i avsnitt 5.4.2.

En del av studiens syfte är, att genom uppmätta radonhalter i befintliga hus, spåra markradonförhållanden och eventuellt upptäcka nya riskområden. Därmed har 24 enbostadshus i urvalet, ett årsmedelvärde över riktvärdet 200 Bq/m³. För att bättre granska eventuella samband mellan radonhalter inomhus och i marken, behövs en spridning av mätvärden och därigenom har resterande fyra bostäder i urvalet ett årsmedelvärde under 200 Bq/m³.

5.2 Mätmetod – radon i inomhusluft

I samtliga 28 enbostadshus har mätningar av radongashalter i inomhusluften skett med spårfilmsdosor. Mätidosorna är försedda med ett detektormaterial och ett filter som gör att radongasen kan diffundera in i dosan och stänga ute radondöttrarna. Radongasen sönderfaller och avger alfastrålning som träffar detektormaterialet vilket bildar små skador eller spår i filmen. Vid avläsning är antalet spår per ytenhet proportionellt mot radongashalt och exponeringstid för en given konstellation av detektormaterial (<http://www.gammadata.se> 2007-04-26). I bild 1 nedan åskådliggörs mätidosornas utformning.



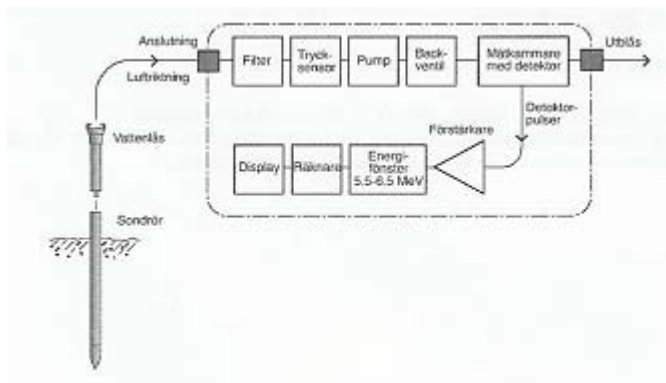
Bild 1 Exempel på mätidosornas utseende.

Spårfilmsmetoden används för att uppskatta radongashaltens årsmedelvärde i en bostad. Mätperiodens längd ska minst vara två månader och mätningarna ska ske under eldningssäsong (normalt 1 oktober till 30 april) för att vara tillförlitliga. Skälet till detta är att det är svårt och tolka mätningar som gjorts under den varma årstiden eftersom den termiska drivkraften fungerar dåligt när skillnaden mellan utom- och inomhustemperaturen är liten. Den termiska drivkraften skapar ett undertryck längst ner i huset vilket gör att jordluft kan sugas in i huset och påverka både luftomsättning och inläckage av markradon.

Radonmätarna eller dosorna placeras så att mätvärdet i möjligaste mån blir representativt för radonhalten i bostadens utrymmen. Mätning sker i minst två rum varav ett sovrum och ett rum som ofta används av de boende. Om bostaden har flera våningsplan som används som bostadsutrymme utförs minst en mätning på varje plan. Radonmätarna får inte placeras så att de utsätts för starka luftströmmar eller stark värme utan på ett sådant sätt att förhållandena runt radonmätarna så väl som möjligt överensstämmer med förhållandena för de boende. Efter mätperioden skickas dosorna till ett ackrediterat mätlaboratorium som analyserar resultatet för att sedan uppskatta bostadens årsmedelvärde av radongashalt i Bq/m³ luft (Radonutredningen, SOU 2001:7).

5.3 Mätmetod – markradon

Ett flertal olika metoder kan användas för mätning av radon i jordluften. I denna studie används en s.k. emanometer av typen Markus 10, vilket är en momentan mätmetod som är utvecklad och tillverkad av Gammadata Mätteknik AB i Uppsala. Markus 10 är ett portabelt, batteridrivet instrument för bestämning av radonhalten i markluft. I figur 5 visas instrumentets uppbyggnad och arbetsätt.




Figur 5 Markus 10-instrumentets enheter och arbetsätt.

Mätprocessen inleds med att ett sondrör drivs ned 0,7 m i marken, varefter ett instrument med tillhörande vakuumpump kopplas på sonden. Jordluft sugas, i ca 30 sekunder, in i en mätkammare s.k. pumpfas. Pumpfasen varierar med jordens luftgenomsläpplighet och om pumpfasen pågår längre än 30 sekunder betyder det att någon meningsfull mätning inte går att genomföra eftersom jorden är mycket tät.

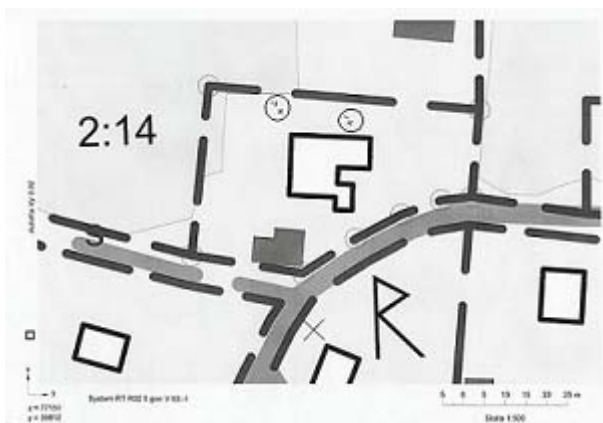
Med pumpfasen trycks alltid en viss minsta volym luft genom mätkammaren innan mätfasen påbörjas. En halvledardetektor analyserar radongashalten i ca 10 minuter och därefter presenteras resultatet på displayen i kBq/m³ (tusental Bq/m³). Figur 6 nedan återger teknisk data för instrumentet Markus 10 (Användarmanual Markus 10, 2007).

TEKNISKA DATA	
Pumpkapacitet:	1,8 l/min
Effektiv pumpetid:	30 sekunder
Nedre tryckbegränsning:	0,95 Atm
Detektortyp:	Kiseldiod
Detektoryta:	100 mm ²
Fönstertjocklek:	200 µm
Detektorns energiupplösning:	< 16 keV (a)
Batterikapacitet:	ca 70 mätningar
Uppladdningstid:	8 timmar
Mätonoggrannhet:	ca 20% vid 10 kBq/m ³
Mättid:	typiskt 10 minuter
Mått L x B x H:	220 x 80 x 122 mm
Vikt:	3 kg



Figur 6 Teknisk data för mätinstrumentet Markus 10.

Markradonmätningar med Markus 10- instrumentet har genomförts på samtliga fastigheter i urvalet. Eftersom mätmetoden kräver att ett sondrör ska drivas ned i marken, så har en okulär bedömning av fastigheternas utseende genomförts för att kunna lokalisera mätningarna till lämpliga platser i terrängen. Antalet mätningar varierar med 1-2 punkter per fastighet, beroende på jordens luftgenomsläpplighet och terrängens utseende. Kartor i skala 1:500, från dataprogrammet Auto-Ka Vy, har använts för att märka ut mätpunkterna på respektive fastighet. Figur 7 åskådliggör ett exempel på en fastighet med utmärkta mätpunkter.



Figur 7 En karta i skala 1:500, från dataprogrammet Auto-Ka Vy över en fastighet där mätpunkterna är utmärkta (de två ringarna).

5.4 Övriga mätningar och undersökningar

5.4.1 Geologiska undersökningar

Fastigheterna i urvalet är lokaliserade inom olika områden i kommunen med varierande markförhållanden. Markmaterialet har en stor inverkan på markradonförhållandena och för att bedöma radonrisken är geologiska analyser nödvändiga. Tillgängliga jordartskartor från SGU har tillämpats för att granska fastigheternas marksammansättning (Jordartskarta 6C Kinna SV, 6C Kinna NV SGU 2007 samt 6B, SGU 1978). Därutöver har ett jordprov tagits på varje fastighet, i samband med markradonmätningarna, för att okulärt analysera jordarten i fält.

Fastigheternas geologiska förutsättningar är avgörande för hur marken riskklassas. Efter bedömning av marken i fält och med tillgänglig kartinformation, har jordarterna grovt indelats efter det överslagsintervall som framställs i tabell 5. Indelningen är gjord för att kunna genomföra en riskklassning av jord under vegetationsperioden (Rosén & Åkerblom, 1989).

5.4.2 Gammastrålning

En gammastrålningsmätning ger ett mått på gammastrålningsnivån, men säger inget om vare sig radonhalt eller vilka ämnen som orsakar gammastrålningen. Den uppmätta strålningen från t ex blå lättbetong ger dock ett besked om radiumhalten i lättbetongen (Clavensjö & Åkerblom, 1992). I studien har ett handburet instrument med scintillationskristall nyttjats för att granska radiumhalten i bostädernas konstruktioner.

En handburen gammamätare är en enkel mätmetod, då instrumentet riktas mot bostadens fasad och ger ett direktvisande värde i enheten uR/h. Enligt Marks kommuns mätanvisningar indikerar ett värde över 25 uR/h på att det förekommer blå lättbetong i huskonstruktionen (Linder, Owe Miljöinspektör Marks kommun). Gammamätningar har genomförts på ett antal slumpvis utvalda bostäder i studien för att granska och säkerställa att huskonstruktionerna inte innehåller någon blå lättbetong.

5.4.3 Sambandsanalys

För att undersöka om samband föreligger mellan markradon och radonhalter inomhus genomförs en korrelationsanalys. Korrelationsanalys innebär att ta reda på hur väl två datamängder stämmer överens med en rät linje. I denna studie består datamängderna av mätvärden från markradonmätningar samt mätningar av radonhalter inomhus, se bilaga 4.

De båda datamängderna utgör variabler (x,y) vilka prickas in i ett Scatterdiagram och därefter ritas en linje in som ser ut att passa för att beskriva sambandet mellan variablerna, se diagram X. Vid analys räknar datorn fram en korrelationskoefficient som berättar hur nära det linjära sambandet är. Korrelationskoefficienten kan som mest avlägsna sig från noll till +1 eller -1. Om korrelationskoefficienten ligger nära noll finns inget linjärt samband. Ju mer koefficienten avlägsnar sig från noll desto starkare linjärt samband. Vid +1 finns ett perfekt linjärt samband som är positivt, d.v.s. när x ökar så ökar även y. Korrelationskoefficienten säger inget om hur mycket regressionslinjen lutar utan den informerar bara om hur nära linjen testet ligger. Exemplet i diagram 1 har en korrelationskoefficient på 0,98 vilket antyder ett starkt linjärt samband (<http://www.infovoice.se/fou/bok/statmet/10000053.htm> 2007-06-04).

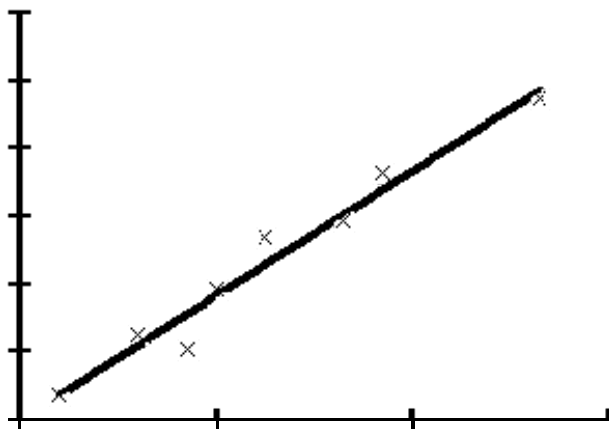


Diagram 1 Ett exempel på ett scatterdiagram med linjär regressionslinje inlagd.

6 Resultat

Studiens resultat presenteras i följande avsnitt med diagram och tabeller. Kapitlet inleds med att redogöra för resultaten från undersökningarna av fastigheternas geologiska karaktär. Därefter redovisas riskklassningen av fastigheterna samt vilka grundläggningssätt som representeras i studien. Resultatavsnittet avslutas med en sambandsanalys av undersökningsobjektens radonhalter inomhus och i marken.

6.1 Fastigheternas markförhållanden

Markmaterialets sammansättning är en avgörande faktor för att bedöma radonsituationen över ett lokalt område. Genom jordartskartor och okulära undersökningar i fält har fastigheternas jordartstyper översiktligt indelats enligt tabell 5. De undersökta fastigheterna består av jordarterna lera, silt eller siltig-sandig morän och fördelningen åskådliggörs i diagram 2 nedan.

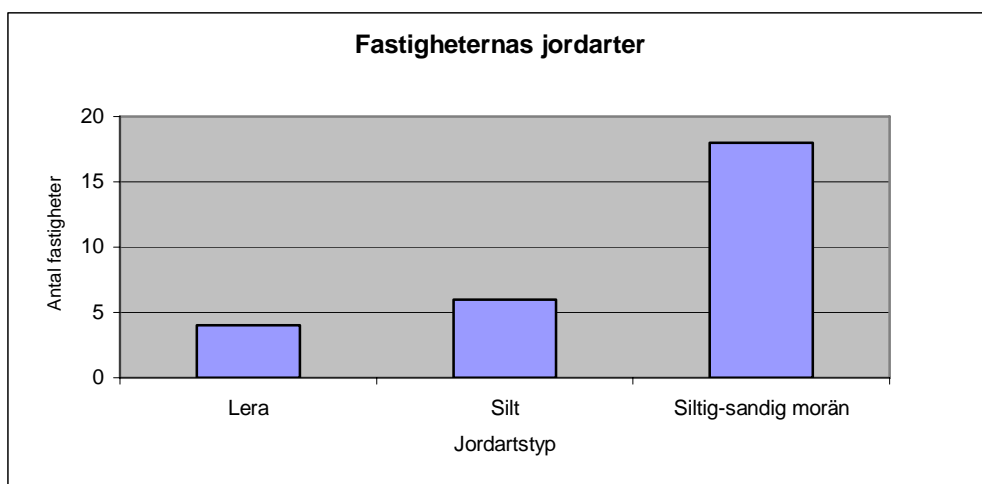


Diagram 2 De undersökta fastigheternas fördelning av olika jordartstyper.

6.2 Markradonmätningar och riskklassning

Markradonmätningar har genomförts på samtliga 28 fastigheter med emanometern Markus 10. Mätmetoden ger en indikation om radonhalten i antal Bq/m³ jordluft. I bilaga 4 återges en sammanställning av alla fastigheter med mätvärden, jordartstyper etc. Antalet mätningar varierar med en till två stycken per fastighet och i bilaga 4 framställs det högsta uppmätta värdet på respektive fastighet. Mätningarna gav varierande resultat med en högsta notering på 125 000 Bq/m³ respektive lägsta på 12 000 Bq/m³. Medelvärde för urvalet är 44 393 Bq/m³. I diagram 3 redovisas högsta uppmätta radonhalt i jordluften från respektive fastighet.

Det högst uppmätta värdet från respektive fastighet ligger till grund för hur marken ska riskklassas. Beroende på markens jordart, riskklassas marken enligt tabell 5. Utifrån geologiska förutsättningar och mätvärden har samtliga fastigheter riskklassats och resultatet redovisas i tabell 6. Fyra av fastigheterna, som tidigare klassats som normalradonmark, bedömdes enligt studiens undersökningar som högradonmark.

Tabell 6 Tabellen redovisar resultatet från riskklassningen av fastigheterna.

Markklass	Antal fastigheter
Lågradonmark	0
Normalradonmark	23
Högradonmark	5

Vid riskbedömning av fastigheterna enligt den översiktliga markradon inventeringen från 1990, så klassas 0 fastigheter som lågradonmark, 25 fastigheter är normalradonmark medan 3 fastigheter utgör högradonmark (Hansson, 1990). I bilaga 5 redovisas studiens riskklassning samt riskklassningen baserad på den översiktliga markradon inventeringen.

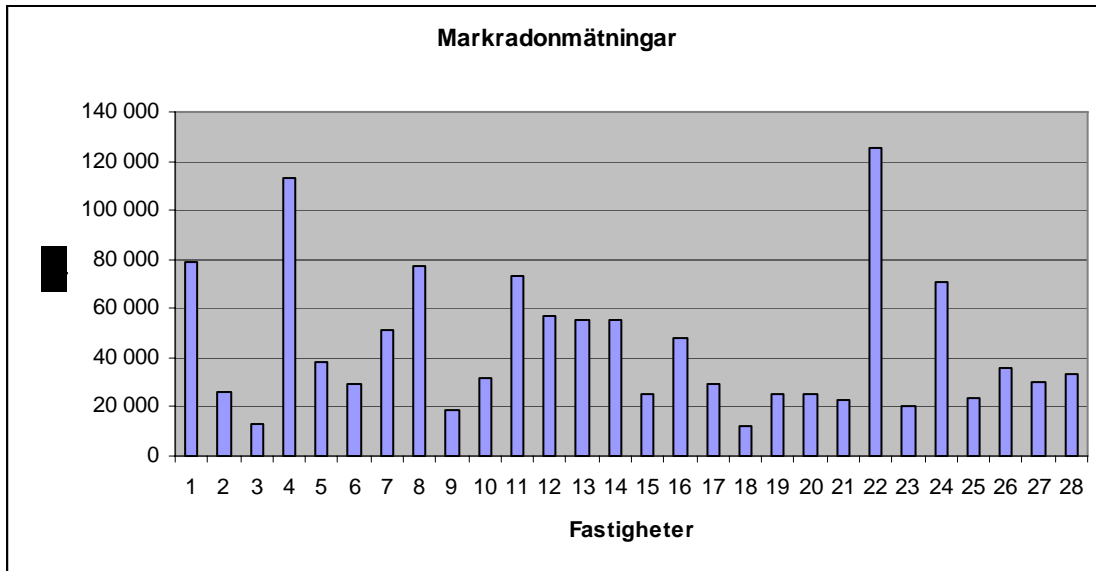


Diagram 3 Högsta uppmätta radonhalt i jordluften från respektive fastighet.

6.3 Bostädernas grundläggningssätt

Det byggnadstekniska utförandet av en bostad är av betydelse för om markradon ska tränga in i konstruktionen. Grundläggningssättet för de undersökta bostäderna i urvalet skiftar och dess fördelning presenteras i diagram 4. Gammalmätningar genomfördes på 17 stycken undersökningsobjekt för att undersöka gammastrålningen och innehållet av lätt blåbetong i konstruktionerna. En av dessa mätningar indikerade på värden >25 uR/h vilket troligtvis beror på att lätt blåbetong förekommer i huskonstruktionen.

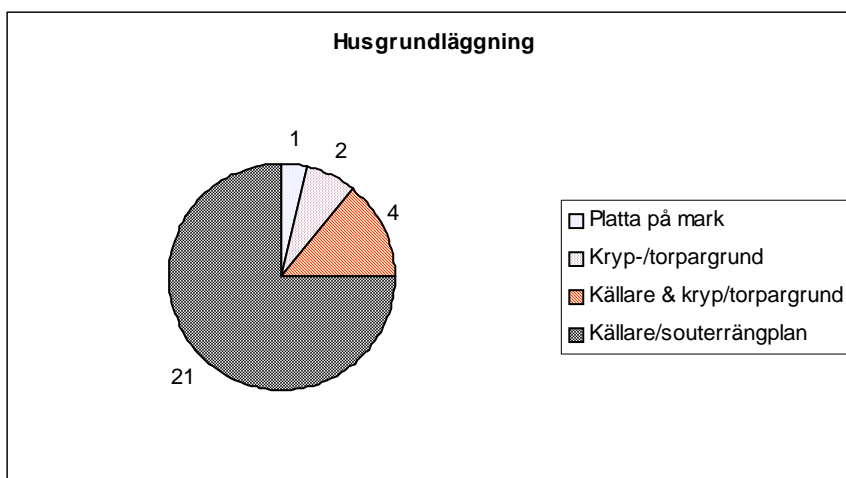


Diagram 4 Diagrammet åskådliggör grundläggningssättet för bostäderna i urvalet.

6.4 Markradon och radonhalter i inomhusluft

De undersökta bostädernas radonhalter i inomhusluft (årsmedelvärde) finns sammanställda i bilaga 4 och medelvärdet för urvalet är 364 Bq/m³ luft. För att undersöka samband mellan markradon och radonhalter inomhus, har en korrelationsanalys av mätvärdena i genomförts. I diagram 5 redovisas ett punktdiagram med en infogad trendlinje. X-axeln indikerar objektens radonhalter inomhus medan Y-axeln visar radonhalterna i marken.

Med hjälp av kalkylprogrammet Microsoft Excel har korrelationskoefficienten beräknats för sambandsanalysen, vilket resulterade i ett värde på 0,01. Koefficienten ligger nära noll vilket antyder att inget linjärt samband finns.

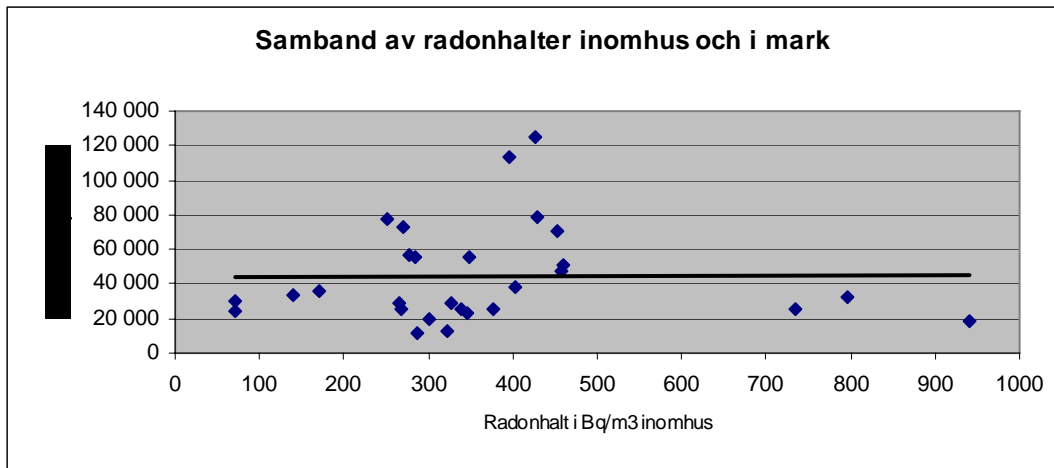


Diagram 5 Ett punktdiagram med en infogad trendlinje över undersökningsobjektens radonhalter inomhus och i mark.

7 Diskussion

Diskussionsavsnittet innehåller tre kapitel med underrubriker. Avsnittet inleds med en diskussion angående studiens metoder samt resultat och avslutas med slutsatser.

7.1 Metoddiskussion

7.1.1 Undersökningsobjekt

För att utföra tillförlitliga markradonmätningar samt slutföra studien inom utsatt tid har ett begränsat urval av undersökningsobjekt analyserats. I studien har samtliga objekt uppgivits vara så kallade markradonhus där den betydande källan till radon i inomhusluften kommer från marken. Denna bedömning grundar sig på att fastighetsägarna har meddelat att konstruktionen inte består av någon lätt blåbetong (ECOS – ärendehanteringssystem, 2007).

Hushållsvattnet kan också vara en källa till radonhalterna inomhus då vattenförsörjningen sker med en grävd eller djupborrad brunn. Ett flertal objekt i studien tillhandahåller egen vattenförsörjning, men i dessa fall har ett otillräckligt underlag av vattentäkternas radonhalter bidragit till att hänsyn inte tagits till hur hushållsvattnet inverkar på radonhalterna inomhus.

Eftersom studien utarbetats i samarbete med Miljökontoret i Marks kommun, har det varit av intresse för kommunen att ta reda på markradonförhållanden inom utforskade områden. För att eventuellt kunna upptäcka nya riskområden har de flesta bostäderna i undersökningen ett årsmedelvärde över riktvärdet 200 Bq/m³. Hypotesen har varit att utforska markradonsituationen i anslutning till befintliga markradonhus, vilka uppmätt högre radonhalter, för att möjligtvis stöta på nya riskområden. Några undersökningsobjekt har ett årsmedelvärde under riktvärdet för att bättre kunna granska eventuella samband mellan markradon och radon inomhus.

7.1.2 Mätmetoder

I alla undersökta bostäder har radonmätningar inomhus skett med spårfilm vilket är den vanligaste mätmetoden för att bestämma radonhaltens årsmedelvärde. Spårfilmerna mäter med god precision och har vid tre månaders mättid en mät noggrannhet på +/-10-20 % av radongashalten. Mät noggrannheten kan tillskrivas Strålskyddsinstitutet som för den stora radonepidemiologiska undersökningen tog fram en spårfilm i dosa med mycket goda mätegenskaper (Clavensjö & Åkerblom, 1992).

Gammadata Mätteknik AB är det bolag som har levererat och mottagit spårfilmsdosorna från undersökningsobjektens inomhusmätningar. Gammadata Mätteknik AB följer Strålskyddsinstitutets rekommendationer och anvisningar för bl. a. när, var och hur mätningen skall utföras och hur årsmedelvärdet ska beräknas. I samtliga undersökningsobjekt har mätningar skett enligt SSI:s anvisningar och årsmedelvärden har kunnat beräknas (Mätprotokoll från utförda radonmätningar inomhus, Gammadata Mätteknik AB).

Markradonmätningar har skett med emanometern Markus 10, en momentan mätmetod som är utvecklad och framtagen av Gammadata Mätteknik AB. Fördelen med en momentan mätmetod är att mätningarna är snabba och säkra när det gäller att bestämma radonhalten i en konstant stabil miljö, t ex radonhalten i jordluften under ett hus. Emanometern är dock en mycket grov metod för att bestämma radonhalter i jordluft. Provtagningstekniken, med pumpning av jordluft ur ett hål, tillåter atmosfärisk luft att blanda sig med jordluften genom otätheter i tätningen vid markytan men också genom de översta jordlagren. Graden av

utspädning varierar mellan olika geologiska miljöer. Ju mer porös och permeabel en jordart är desto högre är den atmosfäriska inblandningen och desto lägre radonhalt uppmäts med emanometern i förhållande till andra mätmetoder (Pettersson m.fl. 1988).

Radonhalten i jordluften varierar beroende på vilken tidpunkt mätningen utförs, vilket medverkar till svårigheter vid bedömning av mätresultat eftersom emanometern är en momentan mätmetod. En emanometer är lämpad för översiktliga mätningar och till förtätning av radonmätningar med andra integrerande och långtidsregistrerande metoder.

Antalet markradonmätningar per fastighet varierar med 1-2 mätpunkter beroende på terrängens utseende och det geologiska förutsättningarna. Mätpunkterna har placerats på lämpliga platser i anslutning till husen för att få en uppfattning om radonhalten kring byggnaderna. Mer tillförlitliga mätvärden hade troligen uppnåtts under huskonstruktionen i en konstant stabil miljö med mindre yttre påverkan. När mätningar utförs inför nybyggnation på jord genomförs 2-3 mätningar inom husläget för att bedöma radonrisken (Rosén & Åkerblom, 1989).

7.1.3 Geologi och riskbedömning

I samband med markradonmätningar är geologiska analyser nödvändiga för att bedöma radonrisken. I studien har jordartskartor och okulära undersökningar i fält legat till grund för bedömningar av markmaterialets sammansättning. Därefter har en översiktlig riskbedömning genomförts med hänsyn till jordartstyp och radonkoncentrationerna i jordluften enligt tabell 5. Förutom jordartens radonhalt och luftgenomsläpplighet är vattenmättnadsgraden i marken av betydelse, enligt figur 3, för att bedöma radonrisken. När jordprover tagits i fält har vattenmättnadsgraden enbart noterats okulärt och bedömts som blöt, fuktig eller torr. För att bättre granska markens vattenmättnadsgrad bör jordprovets vattenkvot i vikt- % analyseras i laboratorium, därav har hänsyn inte tagits till jordens vattenmättnad vid riskbedömning av marken.

Vid översiktlig riskklassificering och när kommuner tar fram radonriskkartor utnyttjas, utöver jordartskartor, bland annat berggrundskartor och flygradiometrisk kartor som visar gammastrålningen från marken (Pettersson m.fl. 1988). I föreliggande studie har riskklassificeringen enbart baserats på orienterande undersökningar i fält och med jordartskartor, eftersom ett otillräckligt underlag av kartmaterial, över berggrund och gammastrålning, funnits tillgängligt.

7.2 Resultatdiskussion

7.2.1 Markradonförhållanden och riskklassning

Vid orienterande undersökningar av markradonsituationen i fält måste markmaterialets sammansättning granskas. Med hjälp av jordartskartor och okulära analyser påträffades tre olika jordarter: lera, silt och siltig-sandig morän, från de 28 fastigheterna. En intressant indikation är att flertalet av de undersökta fastigheterna har ett mer luftgenomsläppligt material i form av siltig-sandig morän, vilket medverkar till att större luftvolymmer kan transportera radongas upp mot markytan.

I lera och silt kan visserligen den tillgängliga volymen jordluft vara stor, men jordluften kan oftast inte transporteras fram till huset på grund av det finare materialet. Däremot är radonhalten i lerans och siltens porer hög, vilket medför att en liten mängd jordluft kan orsaka höga radonhalter inomhus, då jordluften läcker in genom otätheter i huskonstruktionen.

I riskklassningen består fyra av fem fastigheter, vilka klassats som högradonmark, av jordarterna lera eller silt vilket tyder på att dessa jordarter kan innehålla höga radonhalter, se bilagorna 4 och 5.

Det högsta uppmätta värdet vid markradonmätningarna har varit representativt för riskklassningen av fastigheterna. Enligt tidigare markradonundersökningar och riskbedömningar är största delen av Marks kommun klassat som normalradonmark (Hansson, 1990). Även om resultatet från riskklassificeringen i denna rapport utgör en liten del av kommunens yta så styrker undersökningen tidigare resultat eftersom de flesta fastigheterna är klassade som normalradonmark.

Eftersom radonhalten i marken varierar över tiden är det mycket svårt att göra en tillförlitlig riskklassning med en momentan mätmetod under några veckor. En långtidsregistrerande mätmetod ger en bättre indikation över hur radonhalten varierar och är troligen mer tillförlitlig (Sundevall, Sven-Erik Sveriges Geologiska Undersökning). För att göra en noggrannare och mer trovärdig riskklassificering bör, utöver mätningar, berggrundskartor samt flygradiometriska kartor studeras för att få en uppfattning om gammastrålningen från marken.

7.2.2 Husgrundläggning

En byggnad har normalt ett svagt undertryck gentemot jordluften och kan därför suga in markradon. Eftersom radonhalten i jordluften sällan understiger 4000 Bq/m³ luft finns det alltid en risk för höga radonhalter inomhus. Med anpassad byggnadsteknik kan man dock alltid skydda sig mot inläckande markradon. Därmed är problem med markradon till stor del byggnadstekniskt (Clavensjö & Åkerblom, 2007).

Enligt studiens resultat har de flesta undersökningsobjekten en byggnadskonstruktion med mycket markkontakt, källare/soutterängplan. I sådana konstruktioner omgärdas både golv och väggar av jord, vilket bidrar till att jordluft med högre radonhalter kan tränga in i otätheter i konstruktionen samt diffundera in genom golv och källarväggar. Även om gammamätningar inte genomfördes på alla huskonstruktioner i undersökningen, för att granska innehållet av lätt blåbetong, så tyder resultaten på att markradon förmodligen är den största källan till radonhalterna inomhus.

En del bostäder i studien var mer eller mindre grundlagda direkt på berg vilket betyder att berggrunden kan utgöra en källa till radonhalterna inomhus. Eftersom gammamätningar inte utförts på berg så har riskklassningen enbart baserats på mätningar av jordluften i anslutning till bostäderna. I ett flertal fall kan också hushållsvattnet bidra som en källa till radonhalterna inomhus. Ett bristande underlag på området har dock medverkat till att hänsyn inte tagits till denna faktor.

De flesta byggnaderna i studien är säkerligen grundlagda på ett fyllningsmaterial som kan innehålla bergarter med höga radiumhalter. Radongas avgår från materialet i fyllningen och bidrar med högre radonhalter i jordluften. Normalt sker en kraftig ventilation av fyllningen genom blåst och temperaturvariationer, men täcks fyllningen av matjord eller lera ökar radonhalten kraftigt i luften i fyllningen. I många fall räcker det dessutom med att byggnaden står i kontakt med fyllningsmaterialet för att radonproblem ska uppstå (Clavensjö & Åkerblom, 2007).

7.2.3 Samband mellan radon inomhus och i mark

För att undersöka samband mellan radonhalter inomhus och i marken har datamängderna i bilaga 4 analyserats. En korrelationsanalys är en statistisk metod som enbart beskriver om samband föreligger mellan två stycken datamängder och tar inte hänsyn till orsakerna bakom resultaten.

Antagandet och hypotesen inför studien var att, markradonhalten är hög då radonhalten inomhus är hög och tvärtom. Enligt undersökningens korrelationskoefficient och sambandsdiagrammets trendlinje höll inte hypotesen eftersom det inte förekommer något samband.

En rad olika faktorer, vilka har presenterats i avsnitten 3.2.3 och 3.3.2, påverkar både radonhalterna inomhus och i marken, vilket medverkar till svårtolkade resultat. Den främsta anledningen till att inga klara samband kan fastställas, är att undersökningsobjekten i studien skiljer sig mycket byggnadstekniskt. Byggnadsfaktorer som kan påverka radonhalten inomhus är otätheter i konstruktion, storlek/volym, ventilationens effektivitet, byggnadsår etc. Eftersom byggnadens utformning till stor del är avgörande för att markradon ska sugas in i huset, så kan hus grundlagda på normalradonmark få lika höga radonhalter inomhus som hus belägna på högradonmark. Detta medverkar till svårigheter för att analysera samband mellan olika byggnaders radonhalter med markens radonhalter runt byggnaderna.

Utgångspunkten för studien var att utgå ifrån mätresultat av radonmätningar i befintliga byggnader för att analysera samband med markens radonhalter. En annan metod kan vara att utgå ifrån en mer homogen grupp av byggnader med liknande konstruktion för att bättre granska markradonets inverkan. En mer utförlig och noggrann undersökning av byggnadsmaterial, ventilationens effektivitet etc. är nödvändig för att uppskatta byggnaden som ett markradonhus. Unikt för undersökningen var dock att markradonmätningar genomfördes i direkt anslutning till befintlig bebyggelse, vilket jag anser vara en bra metod för att få en uppfattning om markens radonhalter och för att kunna analysera eventuella samband med radonhalter i bostäder.

7.3 Slutsatser

Studiens markradonundersökningar och riskbedömningar är baserade jordens sammansättning och radonhalt. Mätmetoden ger en grov indikation om jordluftens radonhalter samt en översiktlig bild över den totala markradonsituationen i ett område. Men trots undersökningarnas översiktliga karaktär, stämmer resultaten från mätningarna ganska väl överens med tidigare genomförda markradonundersökningar i Marks kommun.

De flesta bostäderna i studien har en huskonstruktion med mycket markkontakt, vilket troligtvis tyder på att markradon är den huvudsakliga källan till radonhalterna i inomhusluften. Den byggnadstekniska utformningen, med otätheter, ventilationens effektivitet etc., har dock väldigt stor betydelse för om markradon ska tränga in i konstruktionen. Dessutom är det inte fastställt att samtliga byggnader utgörs av s k. markradonhus då vissa bostäder kan innehålla lätt blåbetong och att en del hus kan få förhöjda radonhalter inomhus genom hushållsvattnet.

Studiens sambandsanalys visar att inget samband föreligger mellan jordluftens innehåll av radon och radonhalterna inomhus. Antalet jämförda värden i studien är ganska få vilket innebär att sambandsanalysen blir känslig för enstaka värden. Exempelvis blir sambandet mer entydigt då de tre objekten med högst radonhalter i inneluften plockas bort från analysen.

Radonhalterna i marken är alltid tillräckligt höga för att en byggnad med oanpassad byggnadsteknik ska få problem med höga radonhalter i inomhusluften. Byggnaderna i studien är av varierad byggnadsteknisk karaktär med olika förutsättningar för hur markradon ska kunna tränga in i konstruktionen. Det är svårt att skildra några samband eftersom volymerna av inläckande jordluft troligtvis varierar mellan objekten och att radonhalterna från jordluften alltid är tillräckligt höga för att ge förhöjda radonhalter inomhus.

Resultatet av sambandsanalysen tyder på att radonhalten i marken kanske inte ska övertolkas. Det är framförallt markens lufttäthet som är avgörande om radonhaltig markluft ska läcka genom marken upp mot byggnaden. En jämförelse mellan markens lufttäthet och radonhalten i inneluft kanske skulle ge ett mer entydigt samband.

8 Referenslista

Rapporter

Ekholm, S & Rossby, U (1990). *Projekt radon slutrapport*. FUD Vattenfall, Vällingby.

Hansson, B (1990). *Radon - Översiktlig inventering av markradon*. Miljö i mark 1990:1.

Holmberg, J mfl. (1987). *Radon –Handledning för villaägare*. K-Konsult, Stockholm.

Kullman, F (1989). *Markutredning för Halmstad kommun*. Sveriges geologiska AB division ingenjörsgologi, Halmstad.

Linder, O (1993). *Radon i hus – Undersökningar gjorda 1972-1992 i Marks kommun*. Miljö i mark 1993:2.

Pettersson, B., Rosén, B & Åkerblom, G (1988). *Radon i bostäder – Markradon*. Statens råd för byggnadsforskning, R 85-1988, Stockholm.

Ressner, M m fl. (2005). *Radon i Inomhusluft*. Socialstyrelsen.

Radonutredningen, (1983). *Radon i bostäder*. SOU 1983:6.

Rosén, B & Åkerblom, G (1989). *Markradon – Riktlinjer för markradonundersökningar*. Statens råd för byggnadsforskning, T20:1989, Stockholm.

Statens strålskyddsinstitut, (1993). *Radon 1993 – En rapport över läget*. SSI-rapport 93-10, Stockholm.

Statens strålskyddsinstitut, (1987). *Radon i bostäder – Lägesrapport 1987*. SSI-rapport 87-17, Stockholm.

Statens strålskyddsinstitut, (2005). *Radon risk map of Estonia*. SSI-report 2005:16, Stockholm.

Utredningen om radon i bostäder, (2001). SOU 2001:7.

Böcker

Clavensjö, B. & Åkerblom, G (1992). *RADON BOKEN - åtgärder mot radon*. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Clavensjö, B. & Åkerblom, G (2004). *RADON BOKEN – nya byggnader*. Forskningsrådet Formas, Stockholm.

Clavensjö, B. & Åkerblom, G (2007). *RADON BOKEN – befintliga byggnader*. Forskningsrådet Formas, Stockholm.

Svensson, C (2004). *Kompendium i teknisk geologi AK*. Tekniska Högskolan i Lund.

Elektroniska källor

<http://www.sgu.se> 2007-05-18
<http://www.swedgeo.se> 2007-05-18
<http://www.radonguiden.se> 2007-05-10
<http://www.mark.se> 2007-04-26
<http://www.boverket.se> 2007-04-26
<http://www.gammadata.se> 2007-04-26
<http://www.regeringen.se> 2007-04-26
<http://www.infovoice.se/fou/bok/statmet/10000053.htm> 2007-06-04
http://www.molndal.se/download/18.637bdb29110a0604e2580001189/Geoteknisk_unders%C3%B6kning.pdf 2007-04-26
<http://www.mradon.se/Detaljerat.htm> 2007-04-26
<http://www.ssi.se> 2007-04-15

Personliga kontakter

Ek, Britt-Marie Sveriges Geologiska Undersökning (tfn 018-17 92 24).
Jansson, Mats Byggnadsingenjör (Geoteknik/Radon) på Bjerking i Uppsala.
Linder, Owe Miljöinspektör på miljökontoret i Marks kommun.
Sundevall, Sven-Erik Sveriges Geologiska Undersökning, filialkontoret i Göteborg (tfn 031-708 26 52).

Kartor

Jordartskarta 6C Kinna SV Skala 1:50 000 (2007) Sveriges Geologiska Undersökning.
Jordartskarta 6C Kinna NV Skala 1:50 000 (2007) Sveriges Geologiska Undersökning.
Jordartskarta 6B Kungsbacka NO Skala 1:50 000 (1978) Sveriges Geologiska Undersökning.

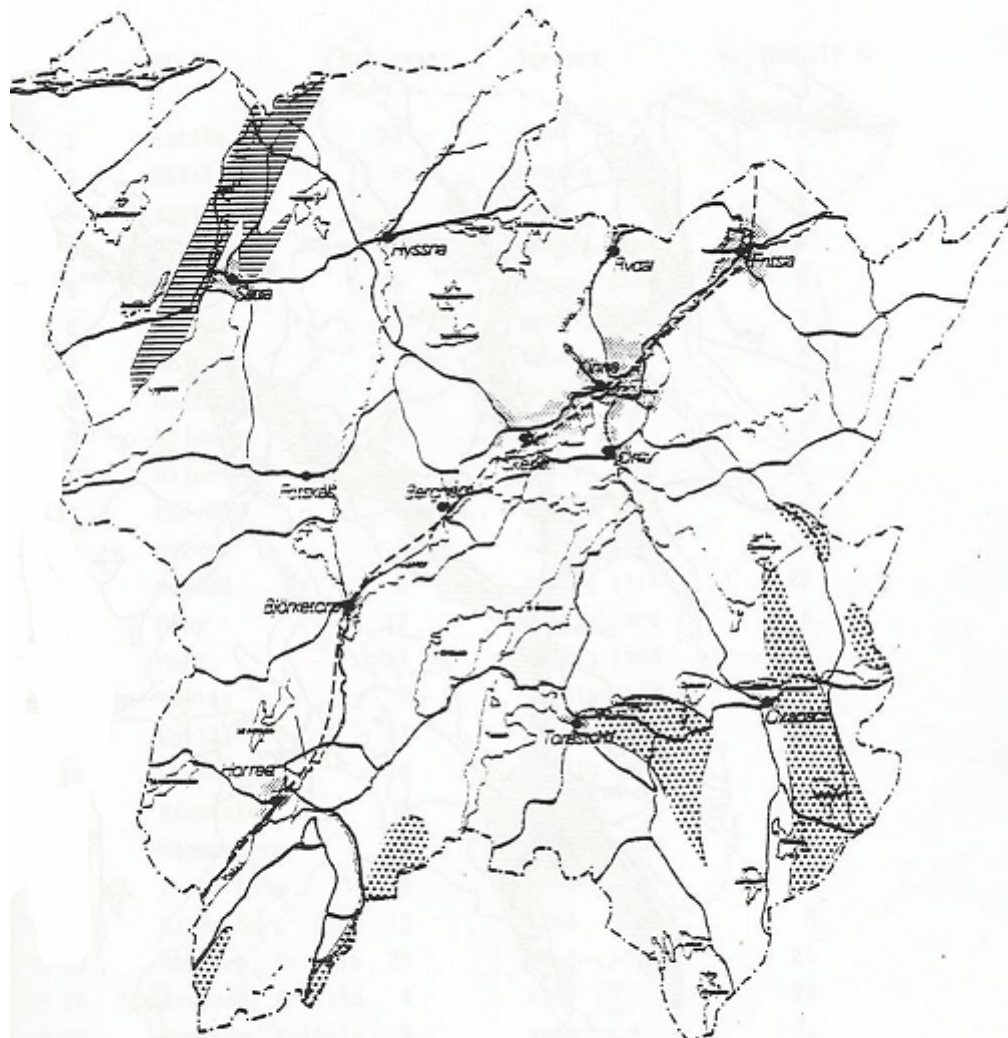
Dataprogram




Auto-Ka Vy – digitala ekonomiska kartan
ECOS – ärendehanteringssystem på miljökontoret Marks kommun
Microsoft Exel - Kalkylprogram

Övrigt

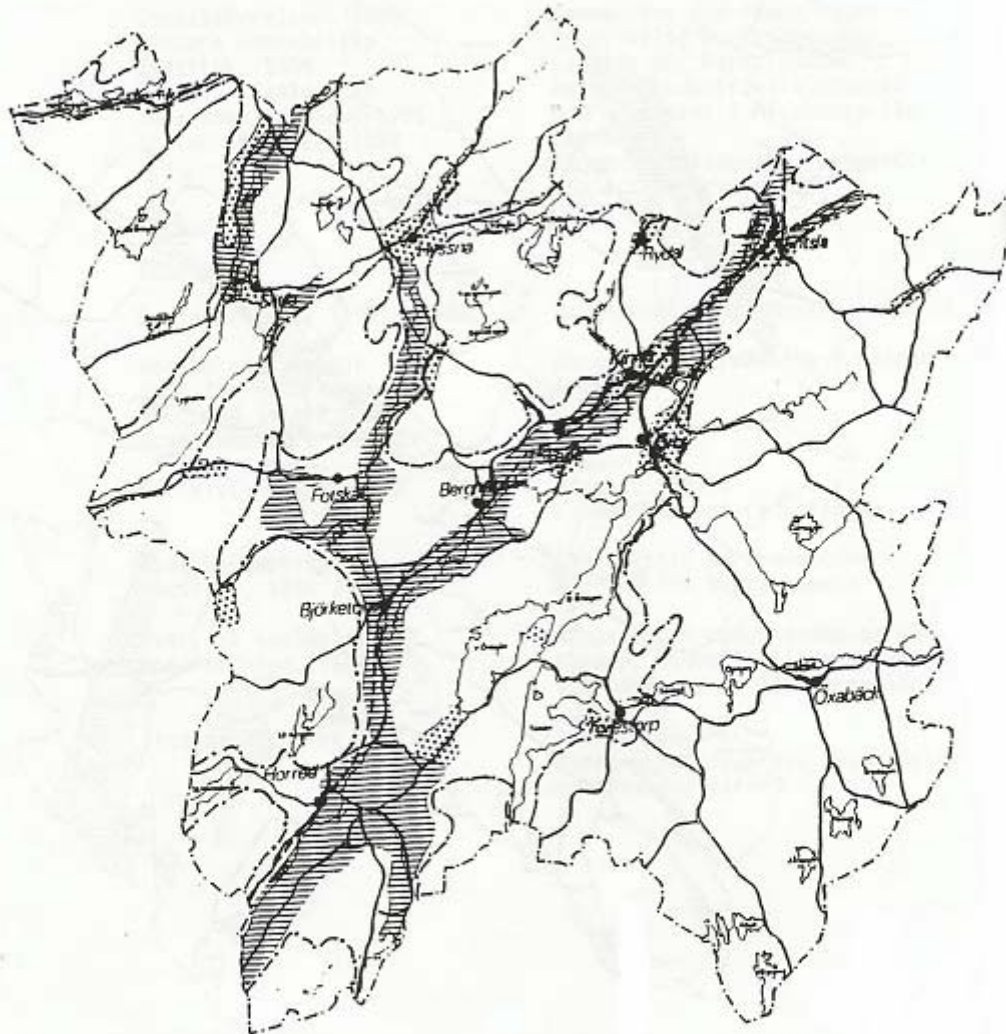
Gammadata (2007). *Användarmanual Markus 10*, Gammadata Mätteknik AB.
Mätprotokoll från utförda mätningar, med spårfilmsdosor, av radonhalten i inomhusluft, Gammadata Mätteknik AB.
Statens strålskyddsinstitut, Socialstyrelsen & Boverket, (2005). *Vägen till ett radonfritt boende*. SSI, Stockholm.





BERGGRUNDSKARTA



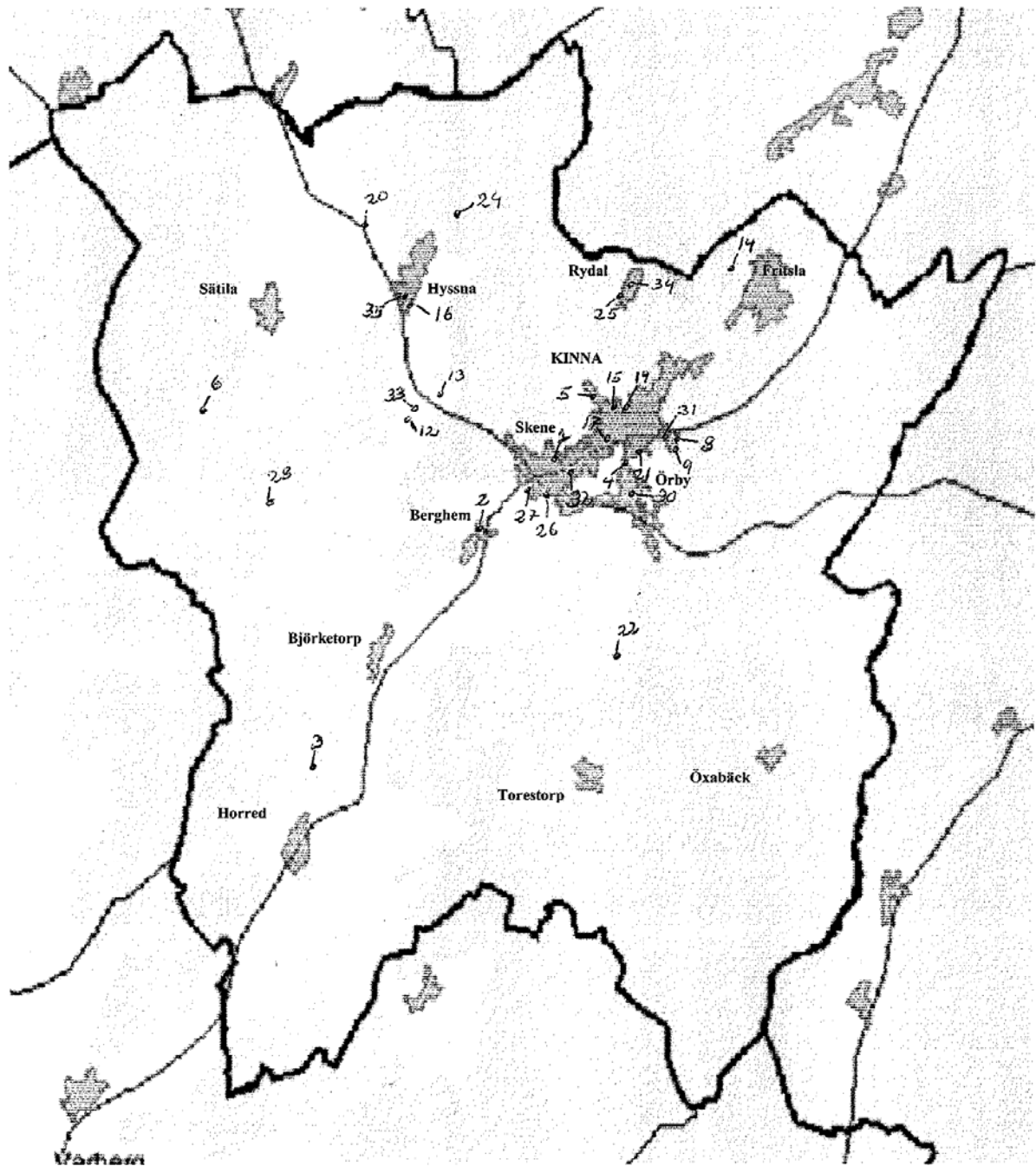
-  Gnejs av granitiskt ursprung
-  Gnejs av sedimentärt ursprung
-  Granit

JORDARTSKARTA



-  Morän
-  Isälvsmaterial
-  Sediment
-  Högsta kustlinjen

Bilaga 3



- Fastigheternas geografiska placering. Fastigheterna är numrerade enligt tabellerna i bilaga 4 & 5.

Bilaga 4

Nummer	Fastighet	Inomhusmätningar Bq/m ³	Markradonmätningar Bq/m ³	Jordart	Husgrundläggning
1	Assberg 7:19	429	79 000	Lera	Källare/souterrängplan
2	Berghem 16:7	376	26 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
3	Björketorp 1:29	323	13 000	siltig-sandig morän	Kryp-/torpargrund
4	Blåsippan 10	395	113 000	Silt	Källare/souterrängplan
5	Dalripan 2	404	38 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
6	Flohult 1:39	266	29 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
8	Gullberg 13:16	460	51 000	Lera	Källare/souterrängplan
9	Gullberg 13:24	250	77 000	Lera	Källare/souterrängplan
12	Hjortorp 2:12	940	19 000	siltig-sandig morän	Kryp-/torpargrund
13	Hjortorp 8:1	797	32 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
14	Hjälltorp 2:35	271	73 000	Silt	Källare/souterrängplan
15	Kinna 24:79	278	57 000	Silt	Källare/souterrängplan
16	Lockö 1:33	348	55 000	Silt	Platta på mark
17	Lärkan 6	284	55 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
19	Myskoxen 12	268	25 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
20	Olofsred 1:31	458	48 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
21	Prästkragen 3	326	29 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
22	Ramsholmen 1:3	286	12 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
24	Rya 2:45	734	25 000	siltig-sandig morän	Källare & kryp/torpargrund
25	Rydal 4:6	338	25 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
26	Skene 68:3	345	23 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
27	Skene-backa 1:46	426	125 000	Lera	Källare/souterrängplan
28	Vilg 2:7	300	20 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
30	Örby 5:100	453	71 000	Silt	Källare/souterrängplan
32	Assberg 2:25	70	24 000	siltig-sandig morän	Källare & kryp/torpargrund
33	Hjortorp 2:14	170	36 000	siltig-sandig morän	Källare/souterrängplan
34	Rydal 11:1	70	30 000	siltig-sandig morän	Källare & kryp/torpargrund
35	Lockö 1:22	140	33 000	Silt	Källare & kryp/torpargrund

Bilaga 5

Nummer	Fastighet	Studiens Riskklassning	Riskklassning enligt den översiktliga inventeringen från 1990
1	Assberg 7:19	Normalradonmark	Normalradonmark
2	Berghem 16:7	Normalradonmark	Normalradonmark
3	Björketorp 1:29	Normalradonmark	Normalradonmark
4	Blåsippan 10	Högradonmark	Normalradonmark
5	Dalripan 2	Normalradonmark	Normalradonmark
6	Flohult 1:39	Normalradonmark	Normalradonmark
8	Gullberg 13:16	Normalradonmark	Högradonmark
9	Gullberg 13:24	Normalradonmark	Högradonmark
12	Hjortorp 2:12	Normalradonmark	Normalradonmark
13	Hjortorp 8:1	Normalradonmark	Normalradonmark
14	Hjälltorp 2:35	Högradonmark	Normalradonmark
15	Kinna 24:79	Normalradonmark	Normalradonmark
16	Lockö 1:33	Normalradonmark	Normalradonmark
17	Lärkan 6	Högradonmark	Högradonmark
19	Myskoxen 12	Normalradonmark	Normalradonmark
20	Olofsred 1:31	Normalradonmark	Normalradonmark
21	Prästkragen 3	Normalradonmark	Normalradonmark
22	Ramsholmen 1:3	Normalradonmark	Normalradonmark
24	Rya 2:45	Normalradonmark	Normalradonmark
25	Rydal 4:6	Normalradonmark	Normalradonmark
26	Skene 68:3	Normalradonmark	Normalradonmark
27	Skene-backa 1:46	Högradonmark	Normalradonmark
28	Vilg 2:7	Normalradonmark	Normalradonmark
30	Örby 5:100	Högradonmark	Normalradonmark
32	Assberg 2:25	Normalradonmark	Normalradonmark
33	Hjortorp 2:14	Normalradonmark	Normalradonmark
34	Rydal 11:1	Normalradonmark	Normalradonmark
35	Lockö 1:22	Normalradonmark	Normalradonmark

Rapportserien MILJÖ I MARK

Rapportserien började ges ut 1988, och sedan 1992 finns följande rapporter:

- 1992:1 Kvävefälla i Veselången – teknisk utformning
- 1992:2 Bottenfaunan i Slottsåns vattensystem våren 1991
- 1992:3 Bottenfaunan i Surtans vattensystem hösten 1991

- 1993:1 Dokumentation av några hotade och sällsynta arter i Marks kommun
- 1993:2 Radon i hus – undersökningar gjorda 1972–1992 i Marks kommun

- 1994:1 Slottsåns vattensystem – Fiskevårdande åtgärder
- 1994:2 Märgelgravar och andra småvatten i Marks kommun
- 1994:3 Naturvårdsplan
- 1994:4 Lavar och luft i Marks kommun 1993
- 1994:5 Miljö i Mark – Lokal Agenda 21

- 1995:1 Miljöprojekt i Mark - så här har vi gjort

- 1996:1 Färghandeln - Bilhandeln, underlag till miljödiplomering
- 1996:2 Bottenfauna i Marks kommun - En sammanställning

- 1997:1 Fiskevårdsplan för Lillån, Viskan
- 1997:2 Fiskevårdsplan för Surtan
- 1997:3 Naturvärdesbedömning av rinnande vatten - En bedömning, efter *System Aqua* av 29 vattendrag i Mark

- 1998:1 Texilkemikalier och plastadditiver

- 2001:1 Projekt Småvatten i Mark 2001 – en del i SNF:s jordbrukskampanj

- 2002:1 Lokalisering av en järnvägsanknuten godsterminal i Marks kommun

- 2003:1 Förändringar av arealförluster och halter av fosfor och kväve i Marks kommuns vattendrag 1987-2001

- 2004:1 Häggån i Marks kommun - beskrivning och naturvärdesbedömning av skyddsvärda vatten- och landmiljöer samt förslag till åtgärder
- 2004:2 Sjön Lygnerns miljö tillstånd - förr och nu
- 2004:3 En dammrivnings effekter på flora och fauna i och längs en å – Ljungaån, Marks kommun

- 2005:1 Ängar och hagar i Marks kommun – En återinventering sommaren 2004
- 2005:2 Miljöanalys av sediment i dämd å – Ljungaån, Marks kommun
- 2005:3 Närsalter i Surtan – källfördelning och åtgärdsförslag

- 2006:1 Lax och öring i Rolfsåns vattensystem – dåtid, nutid och framtid
- 2006:2 Läkemedelsrester i två reningsverk och recipienten Viskan
- 2006:3 Restaurering av märgelgravar i Mark 2003-2006 (*endast PDF*)
- 2006:4 Fosforbelastning på Storån – källfördelning och åtgärder
- 2006:5 Mångfald i Häggåns dalgång – utveckling av ekonomi, natur och kultur
- 2007:1 Flodpärlmusslan i Marks kommun – hot mot populationen
- 2007:2 Mätning av markradon och radon i småhus
- 2008:1 Utredning kring våtmarksområde vid Hanatorp, Örby

Rapporterna kan beställas från miljökontoret eller laddas ner från hemsidan.