

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Göteborg den 12 september 2006

Lars Barregård¹
Professor, överläkare

Erik Holmberg²
Statistiker, med dr

Gerd Sällsten¹
Docent, 1:e yrkes- och miljöhygieniker

¹ Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum

² Onkologiskt Centrum, Västra sjukvårdsregionen

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Innehållsförteckning

Sammanfattning _____	3
Bakgrund _____	3
Underlag för rapporten _____	4
Närboende befolknings exponering för bensen och andra cancerframkallande ämnen _____	5
Allmänt _____	5
Bensen _____	6
Eten, propen och 1,3-butadien _____	8
Vilka församlingar? _____	8
Teoretisk beräkning av överrisk i cancer _____	9
Bensen _____	9
Eten, 1,3-butadien och propen _____	9
Möjlig riskökning i Preemraffs närområde _____	10
Cancersjuklighet i närområdet – metoder och resultat _____	11
Specialstudie av inträffade leukemifall _____	13
Diskussion och bedömning _____	14
Referenser _____	16
Bilaga 1. Räkneexempel vid skattning av cancerisk för allmänbefolkning och yrkesexponerade _____	18

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Sammanfattning

Efter önskemål från Preemraff Lysekil har förekomsten av cancer i raffinaderiets när-område undersökts. Det totala antalet cancerfall 1975-2004 är normalt, men det har inträffat fler fall av leukemi (blodcancer) än förväntat i de två församlingar (Lyse och Brastad), som ligger närmast Preemraff i vindriktningen. Ökningen ses endast under den senaste 10-års-perioden, då antalet leukemifall är fördubblat jämfört med förväntat, en statistiskt säkerställd ökning. I övriga Lysekils kommun är leukemiförekomsten normal. Genomgång av mätningar m.m. talar för att haltbidraget (ökningen utöver normal halt) av cancerframkallande ämnen hos boende är litet, även i Lyse och Brastad och för t.ex. bensen inte högre än vad man kan få i en storstad jämfört med landsbygd. Utifrån tidigare internationell kunskap och riskvärdering bör dessa små haltbidrag inte orsaka en ökad leukemirisk. Slumpen eller utsläpp av cancerframkallande ämnen från Preemraff är båda möjliga förklaringar till resultaten.

Vi föreslår en kartläggning av de enskilda leukemifallen, för att bl.a. undersöka om anställning på raffinaderiet eller andra förhållanden (t.ex. andra yrken, röntgenundersökningar) kan ha inneburit exponering för faktorer som ökar risken för leukemi. Ytterligare mätningar i de aktuella församlingarna bör göras för att kunna skatta nuvarande haltbidrag. Slutligen bör leukemiförekomsten i aktuella områden följas närmare även under kommande år.

Bakgrund

Preemraff Lysekil (PREEM PETROLEUM AB) har önskat en studie av cancersjuklighet i närområdet till PREEMs raffinaderi i Lysekil. Rapporten från denna studie avser man ska ingå i underlaget för en miljökonsekvensbeskrivning för en kommande miljöansökan. En liknande studie gjordes 2001 (Rylander 2001). Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum har tagit på sig uppdraget, vilket har genomförts i samarbete med Onkologiskt Centrum, Västra sjukvårdsregionen.

Preemraff är ett av Europas större raffinaderier där råolja omvandlas till olika kolvätefraktioner som t.ex. gas, nafta och tyngre produkter, vilka sedan vidareförädlas och blandas till slutprodukter som bensen, diesel och eldningsolja. Förutom destillation förekommer krackning, avsvavling och reningsprocesser. Transporter, lagring och processer innebär utsläpp till luft av bl.a. kolväten, svaveldioxid och kväveoxider. Kolväteutsläppen innehåller även cancerframkallande ämnen, där bensen är mest betydelsefullt, men även utsläpp av alkener är relevanta. Processer och produktinnehåll har under åren genomgått en del förändringar.

Raffinaderiets belägenhet ("Scanraff") framgår av figur 1.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Dessutom har vi haft muntliga kontakter med miljöchef Marie Kjellén och Karl-Gösta Mattsson, Preemraff om beräknade emissioner samt med tjänstemän vid länsstyrelsen, varifrån kompletterande rapporter erhållits, samt med miljöchef Olov Österberg, Lysekils kommun. Rapporten har också granskats av 4 andra experter (överläkare/professorer).

Närboende befolknings exponering för bensen och andra cancerframkallande ämnen**Allmänt**

Utsläppen av flyktiga organiska ämnen (VOC) från Preemraff Lysekil består huvudsakligen av alkaner, ca 5 % alkener och ca 15 % aromatiska kolväten varav cirka 5 % utgörs av bensen. Preemraff beräknades år 2001 stå för ca 1% av landets VOC utsläpp. Samma år uppskattades utsläppen av VOC från 17 olika punktkällor i anläggningen till ca 5700 ton/år (uppgift från Preemraff) varav bensen skattades till 300 ton/år. Företaget installerade en gasåtervinningsanläggning i produkthamnen 2003, vilken reducerat VOC-utsläppen med ca 700 ton/år. År 2005 angavs VOC-utsläppen av Preemraff till 3100 ton/år och bensenutsläppen till 50 ton/år. Länsstyrelsen har uppgifter från 1990-talet (1992, 1995, 1999) om utsläpp av VOC på mellan 6 500-12 900 ton/år (Länsstyrelsen 2003). Preemraff uppskattar utsläppen av bensen till 445 ton år 1992, cirka 200 ton år 1995-1999, cirka 300 ton år 2001 samt från 2003 50-60 ton/år.

Ett flertal av de VOC som emitteras finns normalt i vår allmänluft och i den luft som kommer till oss från andra länder till följd av utsläpp från trafik, andra förbränningskällor och industriutsläpp. Halterna är högre i städer än på landsbygd. För vissa ämnen är halterna i inomhusmiljön klart högre än halterna i utomhusmiljön och detta gäller tex för aromaterna xylen och toluen där nivåerna är ca 3-5 ggr högre i inomhusmiljön (Sällsten 2003). Bland VOC är det bensen och alkener t.ex. eten, propen, 1,3-butadien (IARC 1999) som är mest relevanta med hänsyn till cancer. Alkaner liksom aromaterna toluen, xylen och etylbensen är inte klassade som cancerframkallande ämnen.

Mätningar av VOC har utförts av IVL under nov-dec 2002 och april-juni 2005 (Potter 2002, Potter 2005). Mätningarna utfördes som veckomätningar (diffusionsprovtagare PE med Tenax TA) av bensen, toluen, xylen och etylbensener vid totalt 5 mätpunkter placerade söder respektive norr om anläggningen samt i tre punkter (1,2 och 3) i den dominerade vindriktningen från Preemraff. Punkt 1 låg närmast Preemraff (Lahälla) och punkt 3 var placerad vid Brastad kyrka 7 km från Preemraff (Figur 2). Mätpunkten söder om anläggningen kan betraktas som en bakgrundsstation utom vid ogynnsam vindriktning då luft från Preemraff når stationen. I mätpunkt 1 har dessutom timmedelvärden av 34 olika VOC uppmätts med användning av GC-FID. Då flera av ämnena inte mäts regelbundet i omgivningsmiljö har uppmätta halter jämförts med motsvarande IVL-resultat från mätningar i Göteborgs och vid två bakgrundstationer

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Råö och Rörvik men dessa mätningar har i allmänhet utförts under andra år och/eller tidsperioder. Årsgenomsnitten av total VOC och bensen har även modellerats av Älvsborgs Luftvårdsförbund för olika avstånd från Preemraff med användning av ALARM-modellen 2001 och för genomsnitt av bensen under kortare tidsperioder i samband med IVL-mätningarna (Svensson 2001, Potter 2003, Potter 2005).



Figur 2. Mätpunkternas placering. Karta från IVL-rapport U1757, 2005.

Bensen

Bensenhalterna är genomgående lägre under mätningen 2005 jämfört med 2002. Bensenhalten i mätpunkt 1 var i genomsnitt $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2002. Mätningar hösten 2000 på Femmans tak i Göteborg under fem veckor visade ett genomsnitt på $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bensen (Sällsten 2001). 2005 var genomsnittshalten för bensen i mätpunkt 1 $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Något lägre genomsnittshalt ($0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) erhöles om man använder resultaten från GC-FID bestämning. Vid mätningar i Göteborg hösten 2004 (Femman, taknivå) var bensenhalten 2 ggr högre i Göteborg jämfört med mätpunkt 1.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Högst halter uppmättes i mätpunkt 1 närmast PREEM och i denna punkt är haltökningen jämfört med halterna vid Brastads kyrka eller mätpunkten i söder i genomsnitt ca $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (range $0,1-0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för de olika mätveckorna) 2002 respektive ca $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (range $0,1-0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 2005 för de olika mätveckorna (PE/Tenax TA). Vid flera av mättillfällena överensstämmer halten vid mätpunkt 3 med mätpunkten i söder, vilket innebär att inverkan från PREEMs utsläpp ofta inte är mätbart på detta avstånd eller har haft ett likartat inflytande på båda mätplatserna vid dessa tillfällen. Haltbidraget på $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid mätningarna i punkt 1 2002 var ca 2,5 ggr lägre än det modellerade haltbidraget av bensen ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) för mätperioden. Vid modelleringen användes rådande klimatdata för perioden men utsläppsmängden per tidsenhet grundar sig på utsläppsmängden per helår.

En modellering av årsmedelvärdet av haltbidraget av bensen 2001 visade ett haltbidrag på $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid mätpunkt 1, vilket är 5 ggr högre än modellerat för mätperioden 2002. Om man således skall försöka skatta det **årliga** genomsnittliga haltbidraget bör resultaten från mätningarna 2002 räknas upp till $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för mätpunkt 1. Modellering 2005 gav ett haltbidrag av bensen på strax över $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under mätperioden vilket är ca 5 ggr högre än det framräknade haltbidraget utifrån mätningarna ($0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vid spridningsberäkningarna användes då en utsläppsmängd av bensen på 50 ton/år från PREEM. En modellering av årligt genomsnittligt haltbidrag för 2005 finns inte. För en sammanfattning, se tabell nedan:

Beräknade (utifrån mätningar) och modellerade bensenhaltbidrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) från Preemraff i mätpunkt 1 (se text ovan). Samtliga siffror är behäftade med en betydande osäkerhet.

	Beräknat (mätning)	Modellerat	Antagen emission (ton/år)
År 2001 Årsmedelvärde		5	300
År 2002, 2 mån Punkt 1	0.4	1	300
År 2005, 2 mån Punkt 1	0.2	1	50

Båda beräkningssätten är behäftade med osäkerheter men en uppskattning är att haltbidraget av bensen legat kring $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2000-talet. Om man tillskriver hela befolkningen i Lyse och Brastad församlingar en sådan haltökning har man sannolikt gjort en överskattning eftersom påverkan av utsläppen från PREEM avtar med avståndet från anläggningen och en reduktion av bensenutsläppen har skett under senare år. Enligt uppgift från Preemraff var bensenutsläppen högre i början av 1990-talet än 2001.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Eten, propen och 1,3-butadien

Vi har inga uppgifter om emissionerna av eten, propen eller 1,3-butadien från PREEM och inga modelleringar har utförts. Det finns däremot resultat från mätningar i punkt 1 (Lahälla).

Mätningarna av tim-medelvärden i punkt 1 (GC/FID) gav för eten genomsnittsvärden på $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och ca $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för mätperioden 2001 respektive 2005. Snarlika halter av eten har uppmätts i Göteborg av IVL. Vissa jämförelser med mätningar av eten i bakgrundsluft antyder att det troligen inte är något större tillskott av eten från PREEM. Vid mätningarna 2005 sågs inte heller något tydligt samband med vindriktning från PREEM mot mätplatsen och högre halter av eten. Om man ändå antar ett **haltbidrag på ca $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av eten för boende i Lyse och Brastad församlingar under 2000-talet** så är detta troligen en överskattning.

För propen som också mättes som tim-medelvärden såg man 2005 ett tydligt samband mellan ökad halt och vindriktning från PREEM. Genomsnittshalten för tim-medelvärdet under mätperioderna var $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2001 och $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2005. Resultaten från 2001 är något mer osäkra då ämnet inte ingick i kalibreringsstandarden. Halterna som uppmätts är klart högre än resultat från mätningar i bakgrundsluft och Göteborgs stadsluft (ca $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Om man antar **ett haltbidrag på $5-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ propen för boende i Lyse och Brastad församlingar under 2000-talet** så är detta troligen en överskattning.

För 1,3-butadien fanns inget tydligt samband mellan vindriktning från PREEM och högre halter i punkt 1 under mätperioden 2005. Genomsnittshalten för tim-medelvärdena i mätpunkten var högre 2001 jämfört med 2005, $0,08 \text{ mg}/\text{m}^3$ mot $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Personburna mätningar i Stockholm, Umeå och Malmö under 2000-talet har visat på genomsnittshalter mellan $0,6$ till $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och utomhushalter mellan $0,07-0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Levin 2004) vilket visar att individernas exponering för 1,3-butadien till stor del beror på inomhushalten och inomhuskällor. Detta är sannolikt även fallet för boende i Lyse och Brastad församlingar. Om man ändå antar **ett haltbidrag på $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för boende i Lyse och Brastad under 2000-talet** så är detta sannolikt en överskattning.

Vilka församlingar?

Baserat på spridningsberäkningarna bedömdes a priori (utan kännedom om resultaten) att Brastad och Lyse var de församlingar där den högsta dosen av cancerframkallande VOC kunde förväntas. Den övriga delen av närområdet definieras som Lysekils, Bros och Skaftös församlingar samt de i Uddevalla kommun näraliggande församlingarna Dragsmark och Bokenäset, Figur 1. Skälet till att Bros församling inte bedömdes som en av de mest högexponerade var att i den sydligaste delen av denna långsmala församling är antalet boende litet.

Teoretisk beräkning av överrisk i cancer

Bensen

Bensenexponering ökar risken för leukemi, blodcancer. Bensen klassas av IARC, det internationella cancerforskningsinstitutet, i grupp 1 (carcinogenic to humans). Kunskapen om riskens storlek baseras på epidemiologiska studier av yrkesexponerade med höggradig bensenexponering, framför allt den så kallade Pliofilmkohorten i USA (IARC 1982, Rinsky 1987, Schnatter 1996, Crump 1996, Finkelstein 2000). Dessa data har sedan extrapolerats (linjärt) till låggradig exponering hos allmänbefolkning. I Sverige har myndigheter arbetat med en beräknad så kallad lågrisknivå och strävan är att man för cancerframkallande ämnen i den yttre miljön inte ska ligga högre än lågrisknivån. Det målet är ännu inte uppnått för ett antal ämnen. Lågrisknivån beräknas innebära en ökning av livstids cancerrisk med 1 per 100 000 vid exponering för denna nivå som ett genomsnitt under hela livet. Detta är således en mycket låg risk. För den enskilde individen ökar livstidsrisken från cirka 40 % till 40,001 %. Lågrisknivån för bensen är $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Victorin 1998). Liknade riskuppskattningar har gjorts av andra myndigheter, t.ex. Naturvårdsverket i USA. För ett räkneexempel se Bilaga 1.

Vissa typer av leukemi (akut icke lymfatisk leukemi; ANLL; bl.a. akut myeloisk leukemi) har visat särskilt tydliga samband med bensenexponering, men de flesta betraktar bensen som en riskfaktor för alla typer av leukemi. Mycket talar också för att risken för lymfom är ökad, men bevisen är svagare än för leukemi.

Nämnda riskvärdering är den som oftast används. Det finns också studier av bensenexponerade yrkesgrupper i Kina som visar riskökningar i samma storleksordning (Hayes 2001).

Det bör dock noteras att en del andra studier av yrkesmässigt bensenexponerade visat ökad risk för leukemi vid betydligt lägre nivåer än i Pliofilmkohorten (Järvholm 1997, Glass 2003). Studien av Järvholm och medarbetare är av särskilt intresse eftersom den gjorts i svensk petrokemisk industri (inklusive anställda vid Scanraff). Här såg man en överrisk i leukemi redan vid 13 års exponering för bensenhalter vilka uppskattades ha varit i storleksordningen $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$. Om man extrapolerar detta till lågdosexponering hos allmänbefolkning skulle det innebära en cirka 50 ggr högre risk vid lågrisknivån än den allmänt accepterade riskbedömningen (Victorin 1998).

Eten, 1,3-butadien och propen

Andra VOC som misstänks vara cancerframkallande är eten och propen. Detta baseras på att dessa ämnen metaboliseras till etenoxid och propenoxid, vilka är cancerframkallande. Därför beräknas lågrisknivåer även för dessa ämnen, men kunskapen om sambandets styrka är betydligt mer osäkert (Victorin 1998). Det baseras nämligen på extrapolering från djurexperiment. Beräknade lågrisknivåer för eten är $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för propen $18\text{-}360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Victorin 1998). Även för eten och propen är leukemi av

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

speciellt intresse. För 1,3-butadien anges lågrisknivån vara $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Finnberg 2004).

Möjlig riskökning i Preemraffs närområde

Vi bedömde således a priori (på förhand – utan kännedom om resultatet) leukemi vara den cancerform som var av störst intresse. Eftersom man i en tidigare studie (Rylander 2001) även redovisade antalet hjärntumörer har vi studerat hjärntumörer även denna gång. Då raffinaderiet startade sin verksamhet 1975 studerades cancersjukligheten i närområdet för perioden 1975-2004 uppdelad i tre tioårsperioder: 1975-1984, 1985-1994 samt 1995-2004. Solida tumörer (t.ex. lungcancer) har oftast en induktions-latenstid på mer än 10 eller 20 år, medan leukemirisken, åtminstone efter joniserande strålning och sannolikt även efter bensen tycks öka redan efter 5-10 år (Finkelstein 2000). Då exponeringen antogs ha varit störst i början av perioden ansågs perioden 1985-1994 a priori vara av störst intresse när det gäller leukemi.

När vi senare i denna rapport redogör för antalet faktiskt inträffade och förväntade cancerfall i PREEMs närområde är det värdefullt att ha redovisat vilka riskökningar man teoretiskt skulle kunna vänta sig. Det ger då en bild av cancerstatistikens möjligheter att fånga upp en sådan överrisk. Därför följer här ett exempel baserat på ovan nämnda riskbedömningar (låggrisknivåer). Närmare detaljer med räkneexempel för sådana beräkningar ges i **Bilaga 1**.

Befolkningen i hela Lysekils kommun (15 000 personer) samt Bokenäs och Dragsmarks församlingar i Uddevalla kommun uppgår till cirka 17 000 personer. I en befolkning av denna storlek och åldersfördelning inträffar normalt cirka 100 nya fall av cancer varje år, varav cirka 3 fall av leukemi. Under en tioårsperiod blir siffrorna cirka 1000 respektive 30 fall. Om hela denna befolkning exponeras för ett extra halvt bidrag av bensen motsvarande lågrisknivån ($1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) innebär detta att man teoretiskt förväntar sig 0,03 extra fall av cancer (leukemi) under en tioårsperiod.

I församlingarna Lyse och Brastad bodde under 2000-talet cirka 5000 personer. ***Om vi utgår från de ovan nämnda skattningarna av genomsnittshalt av bensen, eten och propen i Lyse och Brastads församlingar under 1990- och 2000-talet (vilka sannolikt är överskattningar) skulle det innebära en teoretisk riskökning med 0,04-0,06 extra fall under en tioårsperiod (Bilaga 1).***

Även om vi skulle anta att halterna varit 10 ggr högre eller att riskbedömningen är felaktig med en faktor 10 skulle det utifrån befintlig kunskap endast orsaka cirka ett halvt extra fall av leukemi under en tioårsperiod.

När olika forskare i andra sammanhang gjort bedömningar av risken vid låggradig bensenexponering hos allmänbefolkning har de i allmänhet använt samma teknik som vi gjort här och använt samma utgångsdata (motsvarande "låggrisknivåerna" ovan). Detta har gjorts både för befolkningar i närheten av petrokemisk industri och för hela befolkningar (Woodruff 2000, Duarte-Davidson 2001, Carletti 2002, Wijngaarden 2004, Guo 2004). Dock har man i ett antal epidemiologiska studier ibland funnit en

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

ökad förekomst av leukemi även vid låggradig exponering, där man vid teoretiska beräkningar inte skulle förvänta sig en mätbar risk (Steffen 2004 samt referenslistan i den rapporten).

Cancersjuklighet i närområdet – metoder och resultat

Antalet inträffade fall av cancer under de olika tidsperioderna togs fram genom det regionala tumörregistret dels för församlingarna Brastad och Lyse och dels för de övriga församlingarna. Antalet förväntade cancerfall för respektive område och tidsperiod har beräknats utifrån cancersjukligheten i hela Västra Götalandsregionen, med hänsyn tagen till ålder och kön. Med leukemi avses ICD7-kod 204-209.

Resultaten redovisas i tabell 1, uppdelat på områden och tidsperioder. SMR (Standard Morbidity Rate) är antalet inträffade fall dividerat med antalet förväntade. Det 95 %-iga konfidensintervallet ger ett mått på den slumpmässiga osäkerheten i SMR. När den nedre gränsen överstiger 1,0 anser man att det rör sig om en statistiskt säkerställd ökning jämfört med förväntat. Som framgår i tabell 1 inträffade fler fall av leukemi än förväntat i Brastads och Lyse församlingar 1995-2004. Ingen sådan tendens sågs i övriga församlingar (tabell 2). Antalet cancerfall totalt låg som förväntat i båda områdena. Även antalet hjärntumörer var normalt i de båda områdena. Antalet fall av lymfom var normalt (39 mot 35 förväntade i Brastad och Lyse; 82 mot 88 förväntade i övriga församlingar). Antalet leukemifall i Brastad och Lyse var ökat hos män och kvinnor i ungefär samma grad (Män: 10 fall mot förväntat 5; Kvinnor 9 fall mot förväntat 3,5).

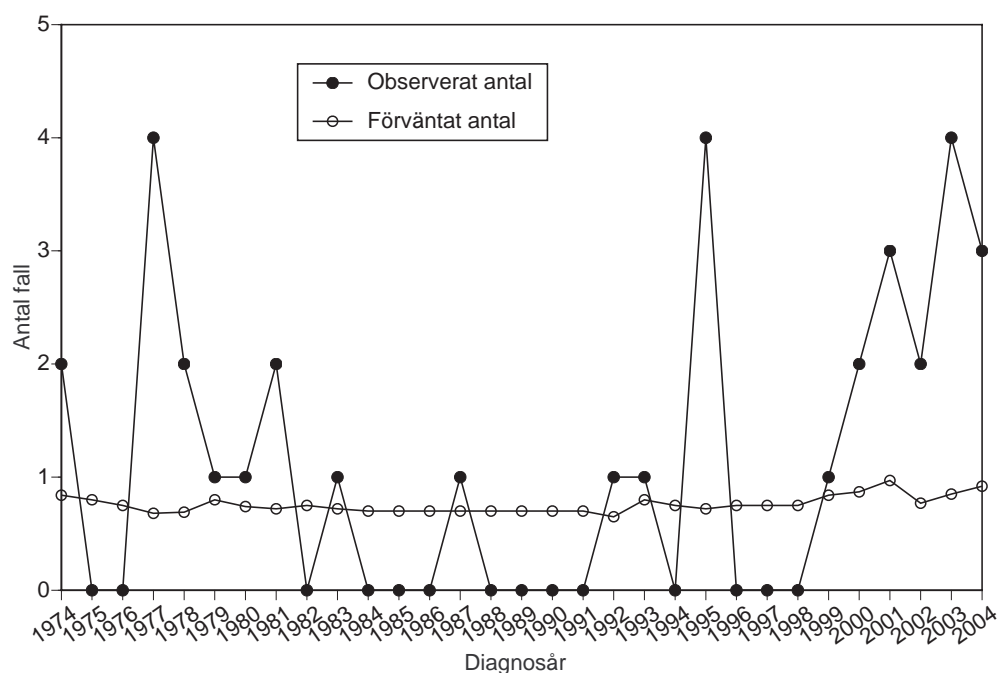
I figur 3 redovisas resultaten för leukemi i Brastad och Lyse grafiskt med en större tidsupplösning, d.v.s. antalet inträffade och förväntade fall av leukemi varje år. Man ser att större delen av överrisken (14 fall mot cirka 5 förväntade) ligger under perioden 2000-2004.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil**Tabell 1.** församlingarna Brastad och Lyse. Antalet cancerfall bland män och kvinnor.

<i>Tumörform</i>	<i>Period</i>	<i>Antal fall</i>	<i>SMR</i>	<i>Konfidensintervall (95%)</i>	<i>Förväntat antal</i>
All cancer	1975-1984	217	0,98	0,86-1,12	221
	1985-1994	213	0,87	0,75-0,99	246
	1995-2004	277	0,93	0,82-1,04	299
	1975-2004	707	0,92	0,86-0,99	766
Leukemi	1975-1984	11	1,57	0,78-2,81	7,0
	1985-1994	3	0,44	0,09-1,29	6,8
	1995-2004	19	2,24	1,35-3,49	8,5
	1975-2004	33	1,47	1,01-2,07	22,4

Tabell 2. församlingarna Lysekil, Skaftö, Bro, Dragsmark och Bokenäs. Antalet cancerfall bland män och kvinnor.

<i>Tumörform</i>	<i>Period</i>	<i>Antal fall</i>	<i>SMR</i>	<i>Konfidensintervall (95%)</i>	<i>Förväntat antal</i>
All cancer	1975-1984	541	0,99	0,91-1,08	546
	1985-1994	656	1,02	0,95-1,10	641
	1995-2004	709	0,96	0,89-1,03	739
	1975-2004	1906	0,99	0,95-1,03	1927
Leukemi	1975-1984	13	0,76	0,40-1,30	17,1
	1985-1994	20	1,14	0,69-1,76	17,6
	1995-2004	17	0,81	0,47-1,29	21,1
	1975-2004	50	0,89	0,66-1,18	55,9

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

* Församlingarna: Brastad och Lyse.

** Förväntat antal beräknat utifrån cancersjukligheten i hela Västra sjukvårdsregionen.

Figur 3. Observerat och förväntat antal leukemifall i församlingarna Brastad och Lyse.

Specialstudie av inträffade leukemifall

I tabell 1 framgår att det totalt inträffat 33 leukemifall i Brastads och Lyse församlingar under perioden 1975-2004. Av dessa utgjordes 11 av kronisk lymfatisk leukemi, 5 fall av akut lymfatisk leukemi, 5 fall av akut myeloisk leukemi, 4 fall av myelofibros samt några eller enstaka fall av akut blastleukemi, polycytemia vera eller andra leukemiformer. Av de 19 fall som inträffade under 1995-2004 var 6 fall av kronisk lymfatisk leukemi och 2 fall (1,9 förväntade) var ANLL. Av de 33 fallen 1975-2004 hade 7 diagnosen ANLL (5,5 förväntade). Av 33 fall inträffade 22 efter 60 års ålder.

Vi kunde också konstatera att de 19 fallen inte var nyinflyttade i de aktuella områdena under observationsperioden.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Diskussion och bedömning

Det har inträffat fler fall av leukemi än förväntat i Lyse och Brastads församlingar under den senaste 5-årsperioden. Det finns flera förklaringar till detta som kan diskuteras:

- en ökning på grund av utsläpp av cancerframkallande VOC från Preemraff till näraliggande bostäder
- en ökning på grund av exponering för cancerframkallande VOC hos anställda på Preemraff (och boende i Brastad-Lyse)
- en ökning på grund av andra omgivningsfaktorer, t.ex. gammastrålning från berggrunden
- en slumpmässig anhopning.

Det första alternativet var orsaken till att studien överhuvudtaget gjordes. Utifrån de allmänt etablerade modellerna om exponerings-respons-samband skulle de beräknade och uppmätta haltbidragen av bensen och andra misstänkt cancerframkallande VOC i bostadsmiljöerna dock endast förväntas orsaka mindre än 0,1 extra fall under en tioårsperiod. För att förklara en ökning med 10 fall under 1995-2004 skulle haltbidragen och/eller potensen av nämnda kolväten behöva vara mer än 100 ggr högre än vad används i räkneexempel ovan och i Bilaga 1.

Det andra alternativet skulle kräva dels att ett betydande antal personer i Brastads och Lysekils församlingar arbetat på Preemraff och dels att risken för de anställda är högre än vad som allmänt antas. Om vi antar att 200 personer (vi vet inte antalet) i de aktuella församlingarna arbetat på Preemraff i 13 år under 1990-talet och haft samma risk som de raffinaderiarbetare som beskrivs av Järholm och medarbetare (1997), skulle mindre än 1 extra fall ha inträffat i denna grupp (Bilaga 1). Dessutom förefaller det rimligt att ett betydande antal Preemraff-anställda bor i övriga delar av Lysekils kommun, där ingen överrisk för leukemi sågs.

Stora delar av Bohuskusten har en måttligt förhöjd bakgrundsstrålning (gammastrålning), vilket utgör en känd riskfaktor för leukemi. Man brukar räkna med att livstidsrisken för cancer ökar med cirka 5/100 000 vid en ökning av livstidsdosen av gammastrålning med en milliSievert (mSv). Om vi antar att gammastrålningen från mark vid Bohuskusten ökar årlig stråldos med 0,2 mSV (16 mSv under 80 år) innebär det en ökning av risken med 1/10 000 under en tioårsperiod eller 0,5 fall i en befolkning av 5000 personer. Även om hela cancerrisken skulle utgöras av leukemi skulle en sådan risk knappast märkas i en bakgrund av ett tiotal förväntade fall av leukemi. Dessutom kan samma resonemang föras som tidigare, d.v.s. att en sådan riskökning borde framgå även i övriga delar av Lysekils kommun.

En tänkbar förklaring är att det trots allt rör sig om en slumpmässig anhopning av fall i nämnda församlingar under den aktuella tidsperioden. En dryg fördubbling från 8,5 förväntade fall till 19 fall av leukemi är dock en ganska tydlig ökning som med god

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

marginal uppfyller det man brukar ange som ”statistiskt säkerställt”. Om man väljer ett stort antal områden/tidsperioder av denna storlek bör det inträffa några gånger per tusen att enbart av slumpen ge ett utfall av detta slag.

Vad kan man då göra för att komma vidare? En rimlig åtgärd är att kartlägga de enskilda fallen av leukemi i det aktuella området när det gäller eventuell anställning på Preemraff. Detta görs ofta vid utredningar av detta slag, men synpunkter från etisk kommitté bör inhämtas. En annan tänkbar åtgärd är ytterligare mätningar i de aktuella församlingarna av de kolväten som är eller misstänks vara cancerframkallande. Slutligen bör leukemiförekomsten i aktuella områden följas närmare även under kommande år.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Referenser

Crump KS. Risk of benzene-induced leukemia predicted from the Pliofilm cohort. *Environ Health Perspect.* 1996;104(Suppl 6):1437-41.

Finkelstein MM. Leukemia after exposure to benzene: Temporal trends and implications for standards. *Am J Ind Med* 2000;38:1-7.

Finnberg N, Gustavsson P, Högberg J, Johansson G, Sällsten G, Warholm M, Victorin K. Kortfattad riskbedömning av 1,3-butadien. Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet. IMM-rapport 1/2004.

Glass DC, Gray CN, Jolley DJ, Gibbons C, Sim MR, Fritschi L, Adams GG, Bisby JA, Manuell R. Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology* 2003;14:569-577.

Hayes RB, Songnian Y, Dosemeci M, Linet M. Benzene and lymphohematopoietic malignancies in humans. *Am J Ind Med* 2001;40:117-126.
http://www.naturvardsverket.se/dokument/mo/modok/export/voc_utv.pdf

IARC. WHO. International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 29. Some industrial chemicals and dyestuffs. Lyon 1982. Tillgänglig på
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol29/volume29.pdf>

IARC. WHO. International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 71. Reevaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Lyon 1999. Tillgänglig på
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/volume71.pdf>

Järholm B, Mellblom B, Norrman R, Nilsson R, Nordlinder R. Cancer incidence in the Swedish petroleum industry. *Occup Environ Med* 1997;54:686-691.

Levin J-O. (2004) Exponering för carcinogena ämnen i luft – en utvärdering av mätningar i Göteborg, Umeå, Stockholm och Malmö 2000-2004. Hälsorelaterad miljöövervakning, Arbetslivsinstitutet Umeå. Tillgänglig via:

Länsstyrelsen i Västra Götaland. Fugitive VOC-emissions measured at oil refineries in the province of Västra Götaland in south west Sweden. Report 2003:56.

Lövblad G. Miljökonsekvensbeskrivning av förändrad produktion vid Scanraffs raffinaderi vid Brofjorden. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2001-10-01 (L 01-62).

Potter A, Brorström-Lundén E, Sjöberg K. Mätningar av kolväten i luft samt nedfallande stoft kring Scanraff, november-december 2002. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2003-04-03 (Rapport U 711).

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Potter A, Brorström-Lundén E, Strömberg K, Pihl Karlsson G. Mätningar av kolväten i luft samt nedfallande sot kring Preem Petroleum, Preemraff, Lysekil. IVL Svenska Miljöinstitutet, 2005-11-30 (Rapport U 1757).

Rinsky RA, Smith AB, Hornung R, Filloon TG, Young RJ, Okun AH, Landrigan PJ. Benzene and leukemia. An epidemiologic risk assessment. N Engl J Med 1987;316:1044-50.

Rylander R, Holmberg E. Cancerförekomst i närområdet till Scanraff. Avdelningen för Miljömedicin, Göteborgs universitet, 2001 (Rapport 4/01).

Schnatter AR, Nicolich MJ, Bird MG. Determination of leukemogenic benzene exposure concentrations: refined analyses of the Pliofilm cohort. Risk Anal 1996;16:833-840.

Steffen C, Auclerc MF, Auvrignon A, Baruchel A, Kebaili K, Lambilliotte A, Leverger G, Sommelet D, Vilmer E, Hemon D, Clavel J. Acute childhood leukaemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons; a case-control study. Occup Environ Med 2004;773-778.

Svensson D. Spridningsberäkningar av utsläpp till luft från Skandinaviska Raffinaderi AB, Scanraff. Älvsborgs Luftvårdsförbund, 2001-01-14.

Sällsten G, Björklund J, Johansson O, Melin J, Lindahl R, Loh C, Östman C, Barregård L.(2001) Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – personlig exponering, individrelaterade stationära mätningar och bakgrundsmätningar i Göteborg 2000.

Rapport till Naturvårdsverket. Tillgänglig via:

http://www.sahlgrenska.se/vgrtemplates/Start_36234.aspx

Sällsten G, Ljungkvist G, Barregård L. Allmänbefolkningens exponering för bensen, toluen och xylen – personlig exponering, individrelaterade stationära mätningar och bakgrundsmätningar i Göteborg. Rapport från Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum och Sahlgrenska Akademin, 2003. Tillgänglig via:

http://www.sahlgrenska.se/upload/SU/omrade_sahlgrenska/medicin/Arbets-%20och%20miljömedicin/VMC/rapporter/btx_0312.pdf

Viktorin K. Risk assessment of carcinogenic air pollutants. Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet. IMM-rapport 1/98.

Bilaga 1. Räkneexempel vid skattning av cancerrisk för allmänbefolkning och yrkesexponerade

Den så kallade lågrisknivån för bensen (den nivå som antas orsaka en extra risk för leukemi på 1/100 000) räknas ut så här:

Riskbedömningen utgår bl.a. från den så kallade Pliofilmkohorten, en grupp arbetare som tillverkade gummifilm och därvid exponerades för bensen. I denna grupp av arbetare har man sett ungefär en fördubbling av antalet dödsfall i leukemi (relativ risk 2, jämfört med den förväntade risken 1,0) vid en exponering motsvarande 1 ppm i 45 år (45 ppm-år). Man har räknat om detta till antalet extra dödsfall och kommit fram till cirka 3 per 1000 arbetare som exponeras för 45 ppm-år (Crump 1996). Andra (Infante 1995) har tagit hänsyn även till en del andra studier och kommit fram till en högre siffra (cirka 10 per 1000 arbetare). Naturvårdsverket i USA (USEPA) tog också hänsyn till osäkerheten i data. Då den allmänna befolkningen kan exponeras under 24 tim per dygn alla veckans dagar under hela livet brukar man räkna med risken är ca 5 ggr så stor per år. EPA har skattat livstidsrisken vid 1 ppm i 70 år hos allmänbefolkning till 26 per 1000.

Eftersom 1 ppm bensen = $3,2 \text{ mg/m}^3 = 3200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ bensen innebär USEPAs riskuppskattning för allmänbefolkning cirka 8 extra fall/1 000 000 vid $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ under en livstid. Detta kan räknas om till en så kallad lågrisknivå om $1,3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ som ger en riskökning om 1 per 100 000. IMM (1998) har gjort en liknade bedömning och utgått från att risken vid livstidsexponering för 1 ppm hos allmänbefolkning är 27 per 1000.

Plioilmkohorten och de flesta andra studier av yrkesexponerade har utgått från dödsfall i leukemi. Eftersom leukemi hade hög dödlighet under de tidsperioder då studierna genomfördes, är skillnaden inte så stor. Dessutom ingick endast leukemi hos vuxna. Det totala antalet extra fall av leukemi i Plioilmkohorten var sannolikt inte betydligt högre än antalet dödsfall av leukemi (även om en viss förskjutning i tid kan förväntas, d.v.s. insjuknande ligger tidigare än död). I dagens Sverige är incidensen (insjuknandet) i leukemi betydligt högre än dödligheten, eftersom många botas. Om vi antar att relationen mellan leukemiinsjuknande och leukemidödlighet är densamma oavsett orsak till leukemi kommer detta dock inte att påverka de relativa riskerna.

Den normala livstidsrisken för leukemi är drygt 1 % och för en befolkning med genomsnittlig ålderssammansättning inträffar i Västra Götalandsregionen cirka 1,7 fall per 1000 invånare under en tioårsperiod.

I Brastad och Lyse församlingar bor cirka 5000 personer. Om lågrisknivån ($1,3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) för bensen orsakar en extrarisk för cancer (leukemi) om 0,00001 (1/100 000) under en livstid innebär det cirka $5000 \times 0,00001$ (0,05) eller 0,006 under en 10-årsperiod. Om haltbidraget är $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ innebär det cirka 0,01 fall extra under 10 år.

På motsvarande sätt kan man utgå från lågrisknivån för eten ($1,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) och ett skattat haltbidrag av eten om $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Det innebär ytterligare 0,01 extra fall av cancer. För 1,3-butadien och propen blir risken mindre, max 0,01 extra fall sammanlagt.

Undersökning av cancersjuklighet i närområdet till raffinaderiet i Lysekil

Sammanlagt skulle uppskattade haltbidrag av bensen, eten, 1,3-butadien och propen teoretisk förväntas orsaka cirka 0,03 extra fall av cancer, i huvudsak leukemi, under en 10-årsperiod hos en befolkning av denna storlek. Om vi antar att haltbidragen under 1990-talet var en halv gång större (bensenemissioner cirka 450 ton/år mot 300 ton/år 2002) skulle motsvarande siffra bli 0,05 extra fall.

För personer som varit yrkesexponerade och arbetat 13 år vid Preemraff med en antagen genomsnittsexponering om $0,5 \text{ mg/m}^3$ (Järvholm 1997) skulle det innebära en dos om cirka 2 ppm-år. Med en relativ risk om 2 vid 45 ppm-år (Pliofilmkohorten) skulle den relativa risken för dessa arbetare endast vara cirka 1,04. Det skulle innebära cirka 0,07 extra fall per tusen anställda ($0,04 \times 1,7$) och 10-årsperiod (eller 0,01 fall per 200 anställda; vi vet inte hur många boende i dessa församlingar som arbetat på Preemraff, men i räkneexemplet har vi antagit 200). Detta är sannolikt en underskattning av risken. I undersökningen av Järvholm och medarbetare sågs bland 1300 raffinaderi-anställda under en genomsnittlig uppföljningstid av 13 år en relativ risk på 3,6 (6 fall mot förväntat 1,7). Det är en cirka 50 gånger högre riskökning än förväntat. Eftersom det rör sig om få fall är osäkerheten i riskuppskattningen dock stor. Om den är korrekt skulle det innebära att siffran 0,01 ska ökas till 0,5 extra fall av cancer bland 200 anställda under en tioårsperiod.