

# Framtida risker och hot mot svensk spannmåls- respektive mjölkproduktion

*En analys av forskningsbehov för att bedöma risker*



**Framtida risker och hot mot svensk spannmåls- respektive mjölkproduktion  
– en analys av forskningsbehov för att bedöma risker**

Henrik Eckersten<sup>1</sup>, Annika Djurle<sup>2</sup>, Ann Albihn<sup>3,4</sup>, Lars Andersson<sup>1</sup>, Renée Båge<sup>5</sup>, Alfredo de Toro<sup>6</sup>, Annemieke Gärdenäs<sup>7</sup>, Jan Hultgren<sup>8</sup>, Anders Kvarnheden<sup>9</sup>, Elisabet Lewan<sup>7</sup>, Libère Nkurunziza<sup>1</sup>, Klas Rosén<sup>7</sup>, Rolf Spörndly<sup>10</sup>, Ivar Vågsholm<sup>3</sup>, Dietrich von Rosen<sup>6</sup>, Jonathan Yuen<sup>2</sup>, Ulf Magnusson<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Institutionen för växtproduktionsekologi, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), S-750 07 Uppsala, (henrik.eckersten@slu.se)*

<sup>2</sup>*Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU, Uppsala*

<sup>3</sup>*Inst. för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU, Uppsala*

<sup>4</sup>*Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA), Uppsala*

<sup>5</sup>*Inst. för kliniska vetenskaper, SLU, Uppsala*

<sup>6</sup>*Inst. för Energi och Teknik, SLU, Uppsala*

<sup>7</sup>*Inst. för mark och miljö, SLU, Uppsala*

<sup>8</sup>*Inst för husdjurens miljö och hälsa, SLU, Skara*

<sup>9</sup>*Inst. för växtbiologi, SLU, Uppsala*

<sup>10</sup>*Inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.*

**Utgivningsår:** 2015, Uppsala

**Utgivare:** SLU, Framtidens lantbruk - *djur växter och markanvändning*

**Layout:** Pernilla Johnsson, SLU

**Omslagsfoto:** iStockphoto.com

**Typsnitt:** Akzidenz Grotesk & Bembo

**ISBN:** 978-91-576-9334-1 (Elektronisk)

© SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

# Innehåll

<b>Definitioner</b> .....	<b>5</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Introduktion</b> .....	<b>11</b>
1.1. Forskningsbehov .....	13
1.2. Systemavgränsning .....	13
1.3. Syfte och mål .....	14
<b>2. Bakgrund</b> .....	<b>15</b>
2.1. Svensk spannmålsproduktion .....	15
2.2. Svensk mjölkproduktion .....	17
2.3. Riskhanteringsmodell .....	18
<b>3. Material och metoder</b> .....	<b>19</b>
3.1. Risk och dess komponenter .....	20
3.1.1. Den skyddsvärda tillgången (SVT) .....	20
3.1.2. Hot (H) .....	21
3.1.3. Konsekvens (K) .....	22
3.1.4. Sannolikhet (S) .....	23
3.2. Riskanalys av krisscenarier .....	24
<b>4. Resultat</b> .....	<b>27</b>
4.1. Sammanfattningar .....	27
4.1.1. Radioaktivt-nedfall - Spannmål .....	27
4.1.2. Virus-i-spannmål .....	29
4.1.3. Herbicidresistens - Spannmål .....	30
4.1.4. Extremt-sommarväder - Spannmål .....	31
4.1.5. Leptospiros-utbrott - Mjök .....	33
4.1.6. Foderimport-stopp - Mjök .....	34
4.1.7. Värmebölja - Mjök .....	35
4.2. Omvärldsscenario, Hot, Åtgärd och Effekt .....	36
4.3. Risk - Konsekvens och Sannolikhet .....	41
4.4. Kunskapsluckor .....	43
4.5. Följdhändelser .....	43
<b>5. Diskussion och slutsatser</b> .....	<b>46</b>
5.1. Hot .....	46
5.2. Åtgärd .....	47
5.3. Effekt .....	47
5.4. Riskbedömning .....	48

5.5. Kunskapsluckor .....	49
5.6. Tidsperspektiv .....	51
<b>6. Framtida studier .....</b>	<b>52</b>
6.1. Riskanalyser - samhällsperspektiv.....	52
6.2. Riskanalyser - tidsperspektiv.....	52
<b>7. Referenser .....</b>	<b>59</b>
<b>Appendix 1: Författarbidrag och arbetsordning.....</b>	<b>64</b>
<b>Appendix 2: Hotkategorier .....</b>	<b>65</b>
<b>Appendix 3: Krisscenarioer .....</b>	<b>66</b>
A.3.1. Radioaktivt-nedfall - Spannmål .....	66
A.3.2. Virus-i-spannmål .....	80
A.3.3. Herbicidresistens – Spannmål.....	96
A.3.4. Extremt-sommarväder - Spannmål .....	107
A.3.5. Leptospiros-utbrott – Mjök.....	123
A.3.6. Foderimport-stopp - Mjök.....	130
A.3.7. Värmebölja - Mjök .....	144

# Definitioner

Definitioner av begrepp som de används i denna studie. Dessa ord inleds i löpande text ibland med stor begynnelsebokstav för ökad tydlighet.

BEGREPP	DEFINITION
<i>Analysfunktion</i>	En grupp Experter som analyserar Effekter av Hot inom sina respektive expertområden, i detta fall författarna av denna studie
<i>Effekt</i>	Ett hots inverkan på mätbara komponenter ("metrics") av SVT.
<i>Expert</i>	Metod för bedömning av X inverkan på Y. Om inte annat anges är Expert en människa och bedömningen är till odefinierad utsträckning subjektiv.
<i>FA</i>	Forskningsprogrammet Framtidens lantbruk vid SLU (FA, 2015)
<i>Följdhändelse</i>	En effekt av ett hot som inte faller inom systemavgränsningen men som i sin tur är ett tänkbart hot för SVT.
<i>Hot (H)</i>	En händelse som kan orsaka en negativ Konsekvens för SVT
<i>Konsekvens(K)</i>	En negativ Effekt på SVT
<i>Konsekvensskala</i>	Hotets inverkan på SVT graderad i en skala i fem nivåer (konsekvensnivåer) från ingen till extrem Konsekvens.
<i>LLP</i>	Lantbrukets livsmedelsproduktion. LLP definieras här som de två produktionsgrenarna Spannmåls- respektive Mjolkproduktion på nationell svensk nivå
<i>Metric</i>	Mätbar komponent av SVT (jmf t ex Knox m fl, 2012).
<i>Mjolkproduktion</i>	Syftar på definitionen av SVT = Mjolkproduktion. Definieras av nuvarande situation för den nationella mjolkproduktionen som den beskrivs i JBV & SCB (2013)
<i>Modell</i>	Allmänt begrepp för metod att bedöma X:s inverkan på Y. Exempel: Förklaringsmodell är en allmän logisk redogörelse eller modell för X:s inverkan på Y. Förutsägelsemodell är en modell som kan kvantifiera/gradera X:s inverkan på Y. Beräkningsmodell är en transparent och upprepbar metodik för att beräkna X:s inverkan på Y.
<i>Omvärldsscenario</i>	Ett antagande om omvärldsförhållanden som definierar de yttre förutsättningarna för Riskanalysen
<i>Produktionsgren</i>	Lantbruksproduktion av livsmedel på gårdsnivå; från "input" till gård till "output" från gård
<i>Risk</i>	Sannolikheten för att ett Hot orsakar en viss (negativ) Konsekvens
<i>Riskhanterare</i>	En grupp Experter som definierat syftet med studien, SVT och Konsekvensskalan, och som ska utnyttja riskanalysens resultat för att hantera risken.
<i>Sannolikhet (S)</i>	Andelen utfall med en viss Konsekvens, av en större mängd utfall (uttryckt i andel 0-1 eller i %)
<i>Skyddsvärd-tillgång (SVT)</i>	Det objekt eller den funktion som är utsatt för Risk, i vårt fall Spannmåls- respektive Mjolkproduktionen
<i>Spannmålsproduktion</i>	Syftar på definitionen av SVT = Spannmålsproduktion. Sveriges spannmålsproduktion (SVT) definieras av nuvarande situation för dess odlingsareal, hektarskörd och nationella produktion som de beskrivs i JBV & SCB (2013)
<i>XX</i>	Ett värde som behövs för Riskanalysen, men som inte kunnat bestämmas i vår studie (förekommer i Appendix 3).
<i>Åtgärd</i>	En händelse som avser undvika/mildra ett Hot, alternativt mildra Effekterna av ett Hot



# Sammanfattning

*Vad är syftet med denna Riskanalys?* Svensk spannmåls- och mjölkproduktion beror på många faktorer av vilka flera är så kallade biofysiska, dvs i allt väsentligt är de av naturvetenskaplig karaktär (t ex väder, sjukdomar mm). En del förändringar i dessa förutsättningar utgör hot. Vår studie avser att identifiera några av dessa hot och utvärdera, utifrån vetenskapligt testade metodiker, sannolikheten för att de orsakar en skada på produktionen. Detta kräver dock ett mycket omfattande arbete och i denna studie har vi därför begränsat oss till att (i) strukturera hur en vetenskapligt baserad riskanalys bör gå till, och (ii) göra ett antal preliminära riskanalyser för att (iii) identifiera kunskapsluckor som behöver forskas på för att analysen ska kunna antas vila på en vetenskaplig grund.

*Vad menar vi med Risk?* Vi har definierat risk som sannolikheten att ett hot orsakar en viss negativ konsekvens för den skyddsvärda-tillgången. Av dessa termer är kanske den sistnämnda den mest centrala. Vad är det vi vill skydda? Vi har valt ut två tillgångar, Sveriges nationella spannmåls- respektive mjölkproduktion och avser då den produktion som lämnar gården, eller används inom gården, och att de skyddas så att de förblir ungefär av den omfattningen de har i dagsläget. Hoten mot denna produktion har valts utifrån förslag från tidigare studier, workshop, tillgången på Experter och att hoten ska vara av biofysisk karaktär. Vilket hot som verkligen utgör en stor risk vet vi ju dock inte förrän efter riskanalysen är utförd och valen av hot bygger därför på en preliminär uppskattning. Biofysisk karaktär innebär att vi främst analyserat naturvetenskapliga hot. Hoten orsakar effekter på produktionen i mätbara termer som sedan översätts till en mer abstrakt skala från ingen till extremt negativ konsekvens. Beroende på olika osäkerhetsfaktorer erhåller vi flera konsekvensvärden för ett givet hot, och fördelningen av dessa på konsekvensskalan utgör ett mått på sannolikheten. Riskens anges alltså som ett förhållande mellan konsekvens och sannolikhet.

*Varför har vi gjort denna systemavgränsning?* Riskanalysen har två huvudaktörer; riskhanteraren som definierar vad som ska analyseras och analysfunktionen som utför analysen. Riskhanteraren är i vårt fall styrgruppen för SLUs forskningsprogram Framtidens lantbruk (FA, 2015) som har definierat typen av hot och de skyddsvärda-tillgångarna som ska analyseras. Vi som utfört denna studie är analysfunktionen, och har alltså dessa definitioner som en utgångspunkt. Om vi ändå tillåter oss att spekulera kring valet av spannmåls- respektive mjölkproduktionen så kan det motiveras av SLU's nationella ansvar vad avser den vetenskapliga kompetensen inom de areella näringarna. Ett fokus på biofysiska hot motiveras av att dessa är potentiellt stora och växande, såsom t ex är fallet vad avser klimatförändringar. Riskanalyser av denna typ bildar centrala underlag för att formulera olika strategier, t ex angående livsmedelsförsörjning.

*Hur har arbetet gått till?* Riskanalyserna har utförts för ett antal ”krisscenarier”; fyra avseende hot mot spannmålsproduktionen (Radioaktivt-nedfall, Virus-i-spannmål, Herbicidresistens och Extremt-sommarväder) och tre avseende mjölkproduktionen (Leptospiros-utbrott, Foderimport-stopp och Värmebölja). Analysen tar sin utgångspunkt i ett omvärldsscenario som definierar de yttre förutsättningarna för vad som antas inträffa. Detta ligger till grund för att identifiera troliga hot mot produktionen och vilka åtgärder som förväntas vidtas. Vi har sedan utgått från att dessa hot och åtgärder verkligen har hänt när vi mha våra förklaringsmodeller bestämt effekterna på produktionen i termer av mätbara enheter (”metrics”; t ex procentuell minskning av lokal eller regional veteproduktion). Dessa effekter tolkas/integreras sedan till en konsekvens för, helst den nationella, men i realiteten främst den regionala produktionen i fem nivåer (ingen, liten, måttlig, stor respektive extrem). Osäkerheter i bedömningarna innebär att flera alternativa konsekvenser erhålls, för ett givet hot, och som ligger till grund för en sannolikhetsbedömning. Analyserna har gjorts av Experter inom respektive hots vetenskapliga område, men som haft begränsade förutsättningar (av tidsskäl) att göra tillräckligt många bedömningar för att erhålla ett tillförlitligt mått på sannolikhetsfördelningen (osäkerheten). Istället har vi, vilket också är ett huvudsyfte med studien, huvudsakligen försökt identifiera de kunskapsluckor i förklaringsmodellerna som begränsat våra möjligheter att kunna göra vetenskapligt baserade bedömningar av effekterna (se vidare Appendix 3).

*Vad är resultatet?* Vi har gjort vissa grova skattningar av sannolikheten trots det bristfälliga antalet bedömningar av konsekvenser. Om ett radioaktivt nedfall sker i en region får det extrema konsekvenser för dess spannmålsproduktion på regional nivå. Ett omfattande angrepp av jordburna virus orsakar en måttlig eller stor konsekvens. En utvecklad herbicidresistens hos ogräsen orsakar i huvudsak en liten till måttlig konsekvens. En extremt torr sommar kan ett år orsaka en stor konsekvens och ett annat år ingen alls. Likaledes orsakar en Regnig-sensommar i ca hälften av fallen ingen konsekvens, men för de resterande åren kan alla grader av konsekvenser uppstå på spannmålsproduktionen. För mjölkproduktionen orsakar samtliga tre hot (Leptospiros-utbrott, Foderimport-stopp och Värmebölja) en liten till måttlig konsekvens. Vad avser ett importsopp för foder är detta under förutsättning att olika åtgärdsprogram kombineras. Om fokus läggs på endast ett åtgärdsprogram ökar risken väsentligt. Dessa skattningar ska alltså inte betraktas som en vetenskapligt baserad analys i nuläget, utan demonstrerar främst exempel på resultat från sådana analyser. Skattningarna har hjälpt oss att identifiera vilka kunskaper vi saknar för att analyserna ska kunna betraktas som vetenskapligt baserade (se vidare Tabell 4.3a; sammanfattningar av respektive scenario finns i Resultatdelen).

Analyserna har ibland också lett till att vi identifierat följdhändelser som faller utanför systemavgränsningen för vår studie och som andra studier har till uppgift att utreda. Många av de hot vi analyserat kan leda till betydande ekonomiska konsekvenser för enskilda företag, vilket i sin tur utgör hot mot produktionen. För denna analys krävs



dock socioekonomiska analyser. Vi ser här också kopplingar mellan krisscenarier som är av biofysisk karaktär, t ex kan foder kontaminerat med radioaktivt cesium utgöra ett hot mot mjölkproduktionen. Vår studie har dock bara analyserat ett krisscenarios inverkan på antingen spannmåls- eller mjölkproduktionen.

*Vilka är de viktigaste slutsatserna?* En central fråga är: Hur trovärdiga/säkra är dessa förutsägelser? Risk avser en förutsägelse om något som ännu inte hänt. Det första som behövs är alltså någon form av modell. Dessa modeller kan vara av olika sort i termer av vilken empirisk kunskap de använder för extrapolering (t ex funktioner, behandlingseffekter, mm), om de är objektiva och om de är transparenta. Alla modeller är osäkra i någon mening. Dock saknas i alla de fall vi undersökt mått på modellernas förutsägelselförmåga (med något enstaka undantag). En allmän slutsats blir att forskningen behöver inriktas mot att testa modellernas förutsägelselförmåga mot observationer för att kunna bidra till en vetenskapligt baserad riskanalys av spannmåls- respektive mjölkproduktionen. Detta innebär att experiment- och försöksupplägg behöver göras utifrån hypoteser (modeller) om hur de dynamiska förloppen beror på varierande förutsättningar och omgivningsförhållanden. T ex behöver de statistiska relationerna för hur Extremt-sommarväder påverkar spannmålsproduktionen, som används i vår studie, kompletteras med tester av grödm modeller som kan beakta flera vädervariablers samtida variationer i både tid och rum. För kunskapsluckor som är specifika för respektive hot, se Tabell 4.4.

Sammanfattningsvis behövs (i) fler förutsägelser av respektive potentiellt hots konsekvenser på produktionen, med modeller som har någon form av graderad tillförlitlighet, för att erhålla mått på osäkerheter. Dessutom behövs det (ii) tester av hypoteser för uppskalningar från kontrollerade experiment och försök (på en liten skala i tid och rum) till regional och nationell skala över flera år, och (iii) utveckling av metodiker för hur sannolikheter för hot, åtgärder respektive konsekvenser kan kombineras till en sannolikhetsfördelning som inbegriper bedömningsosäkerheter för alla dessa faktorer. Troligtvis behövs också att fler potentiella biofysiska hot analyseras.

*Hur går vi vidare?* En mer fullständig riskanalys som inkluderar alla potentiellt stora hot mot produktionen, och samtidigt är vetenskapligt baserad, kräver att potentiella hot utreds kontinuerligt inom respektive produktionsrelaterat ämnesområde vid SLU. Detta kräver troligen att verksamheter som testar hypoteser för att förutsäga effekter av hot knyts nära den experimentella forskningen och Experter inom respektive ämnesområde. Det krävs troligen också att en syntesverksamhet etableras på en ämnesövergripande nivå där metodiker kan standardiseras, och olika hot och dess konsekvenser kan jämföras och kombineras. En sådan fungerande verksamhet behöver utvidga systemgränserna jämfört med vår studie, genom att sannolikheter för att hot uppkommer och att åtgärder faktiskt vidtas, också bedöms. Dessa sannolikheter behöver sedan integreras med sannolikheterna för konsekvenserna på

produktionen. Därefter kan riskanalysen utökas till att inbegripa en mer avlägsen framtid, t ex liknande de tidsperspektiv som klimatförändringsanalyser behandlar. Två av hoten mot mjölkproduktionen utgör exempel på riskanalys för en nära framtid (ca 2025). Vi avslutar rapporten med att diskutera hur en sådan ansats kan se ut i ett längre perspektiv.

# 1. Introduktion

Inom ramen för Framtidens lantbruks forskningsprogram (Future Agriculture research program; FA, 2015) utförs det i denna studie en riskanalys för hur biofysiska hot kan tänkas påverka svenskt lantbruks livsmedelsproduktion (LLP) i en nära framtid.

Ur ett samhällsperspektiv har svensk spannmåls- och mjölkproduktion historiskt varit av mycket stor betydelse för människors livsmedelsförsörjning. På senare tid har såväl produktionen som konsumtionen kopplats starkare till världsmarknaden och svensk produktion har utsatts för konkurrens som lett till att den visar en stadigt minskande omfattning. Samtidigt råder det stor osäkerhet om framtida behov av livsmedelsförsörjning och nuvarande trender av minskande produktion kan komma att behöva ersättas med en motsatt utveckling. Framtiden innebär också osäkerheter vad avser de fysiska och biologiska förutsättningarna för spannmåls- respektive mjölkproduktion i Sverige, och det kan vara av mycket stor betydelse att dessa förutsättningar förblir goda eller förbättras. Samhällsutvecklingen påverkar t ex klimatet, risken att föroreningar sprids i naturen, förekomsten av skadegörare, tillgången till djurfoder mm. Vilka biofysiska hot är produktionen utsatt för? Hur bra är vi på att bedöma konsekvenserna av denna typ av hot och i vilken utsträckning vilar dessa bedömningar på vetenskaplig grund? Detta är grundläggande frågeställningar som lantbruksvetenskapen behöver kunna besvara för att analysera risken biofysiska hot kan orsaka svensk spannmåls- respektive mjölkproduktion.

*Tidigare riskanalysstudier* specifikt riktade mot riskanalys av nordiskt jordbruk och publicerade i internationella refereegranskade vetenskapliga tidskrifter är få. För t ex åren 2010 - 2013 kunde vi endast finna en, och den handlar om risken för skador och sjukdomar på människor i fiskt jordbruk (Jalava m fl, 2011). För länder utanför Norden finner vi betydligt fler, och vad avser biofysiska hot kanske främst inom klimatforskningen (t ex IPCC, 2014). Riskanalyser utförda i utredningssyfte och publicerade i olika myndigheters regi är väsentligt vanligare. I tidigare riskanalyser av Sveriges spannmålsproduktion har Livsmedelsverket, Jordbruksverket och Sveriges Veterinärmedicinska anstalt analyserat åtgärdsprogram för att detektera och förhindra förekomsten av skadliga substanser i livsmedel (SLV, JBV & SVA, 2008; SLV & JBV, 2008). Även om studien inkluderar analyser av förekomsten av faror i primärproduktionsledet, faror ur ett folkhälsoperspektiv, åtgärder inom primärproduktionen, åtgärder i andra led i livsmedelskedjan (från jord till bord), samt produktionsvolym, så fokuserar studien på mögelgifter, bekämpningsmedelsrester och föroreningar, vad avser spannmål, och läkemedelsrester och bakterier vad avser mjölk. Studien fokuserar risker att inte upptäcka dessa faror i livsmedelskedjan, medan vår studie fokuserar risker att dessa faror uppstår på gårdsnivå pga biofysiska hot.

Försvarets forskningsinstitut har nyligen utfört en analys av antagonistiska hot mot svensk foderproduktion (FOI, 2014). I vår studie analyseras också foderproduktionen men med en betydligt snävare systemavgränsning, i syfte att fokusera den vetenskapliga metodik som finns för att bedöma de risker som biofysiska hot orsakar. Inom klimatförändringsforskningen har metodik för att värdera risker tillämpats och utvecklats under en längre tid och vikten av att beskriva metodiken har betonats i flera studier (se t ex Knox & Wade, 2012). I en studie för Storbritannien identifierades över trettio ”riskfaktorer” inom respektive sektor för växtodling, trädgårdsodling och husdjursproduktion (Knox m fl, 2012). Risken värderades som en produkt av effekt, sannolikhet och åtgärdsbehov (”urgency”) i termer av en ”Impact score”. Detta resulterade i följande prioritetslista för ”riskfaktorer” för växtodlingen: Växtskadegörare, stressfaktorer (frost etc), torka, ogräs, översvämning, försaltning osv. För husdjur var motsvarande prioritetslista: Växtskadegörare, försaltning, vattenutnyttjande, vattentillgång, livsmedelsförsörjning, stressfaktorer, djursjukdomar osv. För svenska förhållanden gjordes i Klimat och Sårbarhetutredningen (SOU, 2007) en mindre omfattande sårbarhetsanalys av effekterna av ett förändrat framtida klimat. För växtodlingen bedömdes ökat insatsbehov vara det största hotet, relaterat till att temperaturklimatet för odling och dess skadegörare bedömdes bli gynnsammare (Eckersten m fl, 2007).

Vår studie inkluderar fler biofysiska hot än de som är relaterade till enbart en klimatförändring. I Sundström m fl (2014) analyserades ett vidare spektrum av framtidshot för olika typer av länder definierade främst i termer av ekonomisk tillväxt och tillstånd. För kategorin länder med hög inkomst norr om breddgraden 50°N, analyserades framtida hot inom kategorierna miljöförstöring, klimatförändring, samt djur- och växtsjukdomar. Effekten på produktionen klassades som liten, medium respektive stor om produktionsminskningen bedömdes mindre, lika med, respektive större än 20 %, och sannolikheten liten, moderat respektive hög om effekten bedömdes komma att inträffa i storleksordningen en gång per 40 år, en gång per 10 år respektive varje år. Det ända hot som bedömdes kunna ge mer än en liten effekt var klimatförändringars effekt på växtproduktionen. Sannolikheten för att effekten var medium bedömdes som moderat. De hotkategorier som togs upp i studien har legat till grund för valet av hot i vår studie. Framförallt har dock vår studie utgått från en analys av ett antal krisscenarier för svensk växtproduktion för livsmedel (Djurle, 2013) för att identifiera hot som behöver analyseras.

Ett syfte med studien är att ge ett underlag för att bedöma forskningsbehov för att både bättre kunna förutse risken för hot och att kunna undvika och bemöta hoten. Hot är ett allmänt använt ord men definieras här mer precist som de händelser som orsakar en negativ konsekvens på lantbrukets livsmedelsproduktion (LLP). För definitioner som används i denna rapport se under rubriken ”Definitoner”. Studien syftar till att utvärdera hot som troligen orsakar en betydande negativ konsekvens, dvs ett hot som ger upphov till en stor risk. Vi behöver alltså egentligen utföra riskanalysen innan vi vet vilka hot studien ska innehålla. För att ta oss förbi detta hinder har

vi utgått från hot föreslagna av de två tidigare studier som nämnts ovan (Djurle, 2013 och Sundström m fl, 2014) samt Experters förslag. Följaktligen kan vissa hot visa sig orsaka en liten risk efter det att riskanalysen gjorts (och egentligen inte behöver vara med i studien), medan flera hot som kan utgöra en betydande risk kan saknas.

## 1.1. Forskningsbehov

Risk avser alltid något som ännu inte inträffat medan observationer och erfarenheter inom vetenskapen beskriver sådant som redan hänt. För att göra en bedömning av risk måste denna empiriska information extrapoleras. Detta görs mha modeller av olika slag, alltifrån enkla modeller (t ex modeller som antar analogi mellan resultat ”observerade” i fält eller kontrollerade experiment) och framtiden, till mer komplicerade modeller såsom processbaserade ekofysiologiska modeller. I denna senare typ av modeller antar man analogier mellan funktioner ”observerade/analyserade” i experiment och samma funktioner i framtiden. Extrapoleringen görs sedan genom att beräkna hotets effekter på dessa funktioner och samspelet mellan dem (t ex växtens fenologi respektive transpiration och markens vattenlagringsförmåga), pga att flera omgivningsfaktorer ändras samtidigt (t ex temperatur, koldioxidhalt i atmosfären, jordtyp, mm). De vanligaste modellerna, och troligen de mest komplicerade, är dock Expertbedömningarna. Dessa kan utnyttja all tänkbar information, inklusive modellerna beskrivna ovan, men är till olika grad icke-transparenta och det är oklart hur informationen använts. Expertmodellerna kan t ex innehålla intuitiva slutledningar, vilka ännu inte formulerats och utvärderats vetenskapligt.

Risikanalys bygger alltså på ett flertal skattningar (extrapoleringar) av vetenskaplig expertis. Sammanvägningen av dessa bildar underlaget för riskbedömningen, varvid olika modellers tillförlitlighet måste beaktas. Hur modellers tillförlighet ska mätas (se t ex Montesino-San Martin m fl, manuskript) och jämföras vid bestämningen av sannolikheten (att en viss konsekvens inträffar) är oklar. En central del av riskanalysen i denna studie är därför att beskriva hur dessa bedömningar är gjorda och därmed försöka identifiera de forskningsbehov som finns inom respektive forskningsdisciplin för att göra riskanalysens skattningar säkrare. Utifrån bättre beskrivningar av skattningar, och förhoppningsvis också bättre skattningar, kan sedan förslagen på åtgärder för att minska riskerna förbättras.

## 1.2. Systemavgränsning

Svenskt lantbruks livsmedelsproduktion är omfattande och inbegriper ett stort antal produktionsgrenar. Eftersom syftet med denna studie är av metodisk karaktär, snarare än att utföra en så realistisk riskbedömning som möjligt (vilket är ett framtida

syfte som vår studie avser lägga en grund för) har vi avgränsat LLP till att vara den nationella spannmåls- respektive mjölkproduktionen. Dessa har i sin tur avgränsats till gårdars produktion (i termer av kvantitativa och kvalitativa mått på den spannmål/mjölk som lämnar gården alternativt används inom gården) aggregerad till en produktion på regional eller nationell (svensk) nivå. Produktionerna avgränsas också av att produkten (spannmålen alternativt mjölken) kan användas till livsmedel eller djurfoder. Riskbedömningen ska göras för de närmaste kommande åren. Nuvarande förhållanden och trender anger de yttre förutsättningarna orsakade av förändringar i vår omvärld som svensk jordbruksverksamhet inte kan påverka. Dessa förutsättningar är utgångspunkten för analyserna och som vi benämner omvärldsscenarioer.

### **1.3. Syfte och mål**

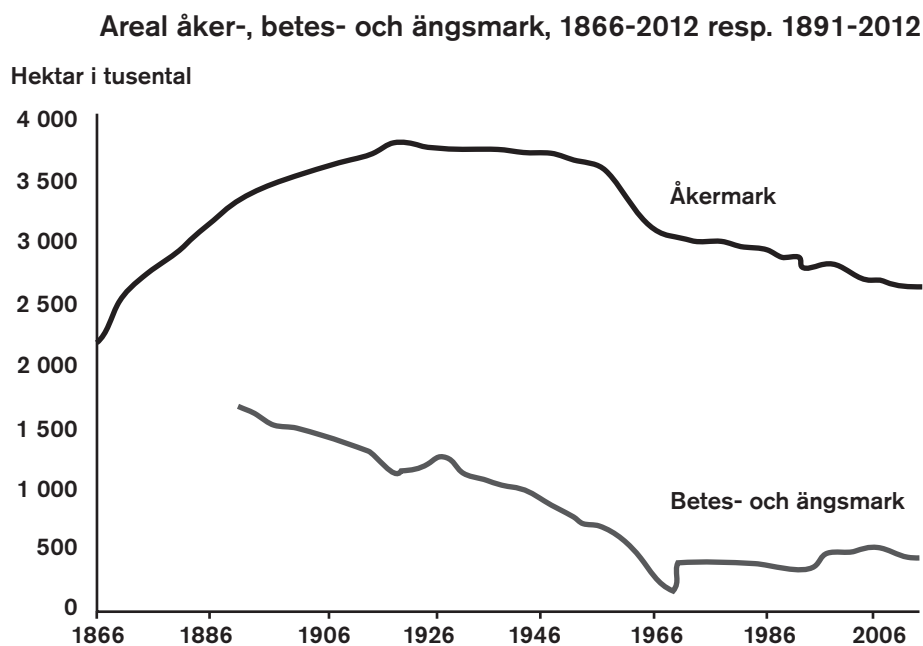
Syftet är att analysera risker för spannmåls- respektive mjölkproduktionen orsakade av biofysiska hot och ge ett underlag till att beskriva vilken forskning som behövs för att förbättra riskanalysen och åtgärda/mildra riskerna. Såväl forskning om tillämpbara riskreducerande åtgärder som förståelse-forskning om processer för bedömning av hots och åtgärders effekter, avses analyseras.

Ett första delmål är att skapa en struktur för hur risken ska bedömas. Ett andra delmål är att identifiera kunskapsluckor för att kunna värdera risken. Kunskapsluckorna identifieras genom att utföra en preliminär riskbedömning. Även om denna riskbedömning leder till vissa resultat så kan dessa inte antas vila på en vetenskaplig grund i denna rapport, pga att kunskapsluckorna (som bedömningen avser identifiera) behövs ersättas med grova skattningar. Eventuell referering till faktiska värden som publiceras här rekommenderas därför ske till de ursprungsreferenser som anges i respektive fall (se Appendix 3).

## 2. Bakgrund

Sveriges åkermarksareal ökade från ca 2 miljoner hektar (Mha) i mitten av 1800-talet (då statistiken i Jordbruksstatistisk årsbok börjar; JBV & SCB, 2013) till sitt högsta värde på 3.7 - 3.8 Mha från det första till ett tag efter det andra världskriget (ca 1915-1955). Den långsiktiga trenden är numera att arealen minskar och är nu nere i ca 2.6 Mha, varav ca 1 Mha används för spannmålsproduktion.

Betesmarksarealen är i dagsläget på en ganska stabil nivå (ca 0.5 Mha). Som störst var arealen 1.6 Mha runt 1890, då statistiken börjar. Summan av areal åkermark och betesmark var som störst ca 1915 under en tid då åkermarksarealen ökade och betesmarksarealen minskade (ca 4.9 Mha; Figur 2).

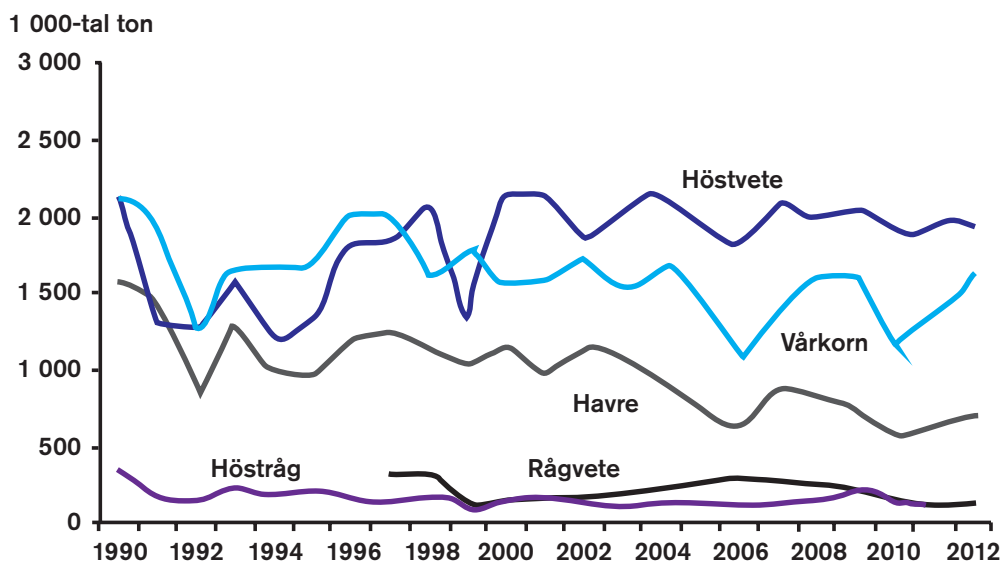


Figur 2. Nationella arealer av åkermark respektive betes- och ängsmark (kha/Sverige). (Figur 1B i JBV & SCB, 2013)

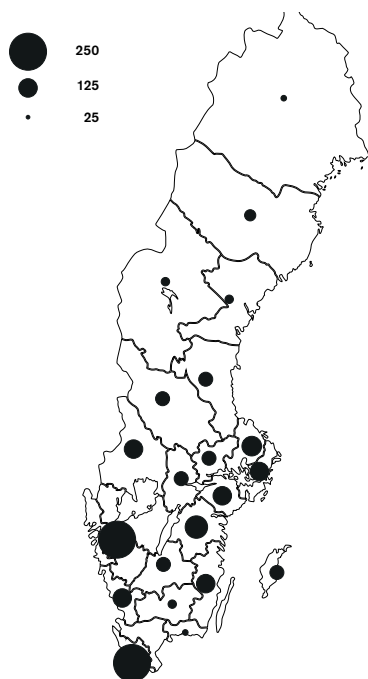
### 2.1. Svensk spannmålsproduktion

Sveriges totala spannmålsproduktion är knappt 5 miljoner ton per år (Mton/år; ca 5 ton  $ha^{-1} \text{år}^{-1}$ ). Höstvetets totalskörd för hela Sverige har varit ganska stabil sedan år 2000 (ca 2 Mton/år). Vårkornets totalskörd är svagt minskande och nu ca 1.5 Mton/år.

## Totalskördar av spannmål 1990-2012, 1 000-tal ton



Figur 2.1a. Nationella skördar (kton/Sverige). (Figur 4A i JBV & SCB, 2013).



Figur 2.1b. Spannmålsarealens geografiska fördelning 2012 (kha/län). (JBV & SCB, 2013).

Havres totalskörd är tydligt minskande och nu ca 0.75 Mton/år. Variationsbredden mellan enskilda år är i storleksordningen  $\pm 10-20\%$  (Figur 2.1a). Huvuddelen (ca 40 %) av Sveriges spannmålsareal återfinns till ungefär lika delar i Skåne och Västra Götaland (22 respektive 19 %), ca 15 % i Östra Svealand, ca 10 % i Östergötland, ca 5 % i Norrland (inkl Dalarna), och resterande 30 % fördelas på de övriga nio länen (Figur 2.1b). Antalet spannmålsföretag i Sverige har minskat från ca 38 tusen företag 2005 till ca 27 tusen 2012 (ca -1.5 tusen/år), dock med en lägre minskningstakt det sista året (-0.7 tusen/år).

I jämförelse med den totala svenska spannmålsproduktionen på ca 5 Mton/år (vilket motsvarar ca 1.5 kg per svensk och dag) så utgör den del som konsumeras som livsmedel i Sverige ca 20 % (varierar 19-24 % för åren 2006-10; JBV 2014a), och andelen foder ca 50 % (47-58 %) varav i storleksordningen en tredjedel konsumeras av korna. I övrigt används spannmålen till industriändamål (drygt 10 %; ökande 6-17 %) och till utsäde (ca 5 %; 4-5 %). Sammantaget

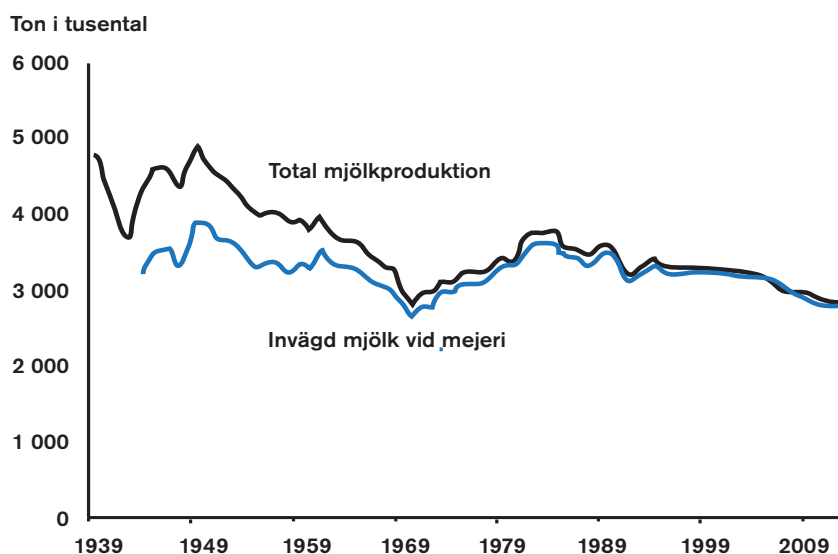


konsumerar vi alltså en mängd som motsvarar 85 % av vår inhemska produktion. Resterande 15 % plus 5 % (dvs totalt 20 %; 16-22 %) exporteras. Underskottet täcks av en import på 5 % (3-8 %). Dessutom tillkommer ett lager som normalt är knappt 10 % (3-16 %: alla % räknat i andel av den inhemska produktionen).

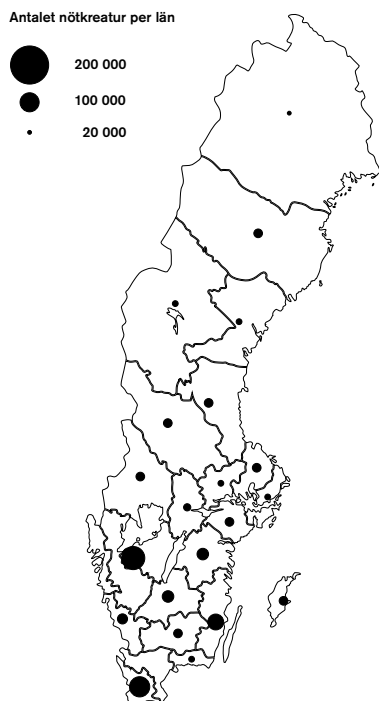
## 2.2. Svensk mjölkproduktion

Betesmarksarealen, foderproduktionen, antalet mjölkkor och mjölkföretag är faktorer som i olika utsträckning påverkar mjölkproduktionen. Betesmarkarealen är i dagsläget ganska stabil kring 0.5 Mha (Figur 2). Importen av djurfoder var 2010 ca 50 % och exporten drygt 20 % i jämförelse med Sveriges totala foderproduktion (1.4 Mton/år), dvs det som används i Sverige är ca 1.8 Mton/år ( $1.4 - 0.2 \times 1.4 + 0.5 \times 1.4$ ). Antalet mjölkkor är stadigt minskande sedan redovisningens start 1975 då dom var ca 700 tusen till idag då de är ca hälften så många (ca -9 tusen/år). Antalet mjölkföretag har också minskat, från ca 8.5 tusen företag 2005 till ca 5 tusen 2012 (ca -0.5 tusen/år), men minskningstakten var större de sista två åren (ca -1 tusen/år). Sveriges totala mjölkproduktion är långsiktigt minskande men på senare år har minskningen i viss mån planat ut vid knappt 3000 kton mjölk per år (Figur 2.2a). Fördelningen av kor mellan län i Sverige (Figur 2.2b) påminner om fördelningen av spannmålsarealen (Figur 2.1b), med den skillnaden att i Svealand och Norrland är andelen kor mindre än andelen spannmålsareal.

### Total mjölkproduktion och invägd mjölk vid mejeri 1939-2012



Figur 2.2a. Nationell mjölkproduktion (kton/Sverige). (Figur I1 i JBV & SCB, 2013).



Figur 2.2b. Nötkreaturens geografiska fördelning 2012 (antal/län). (JBV & SCB, 2013).

I jämförelse med den totala svenska mjölkproduktionen på knappt 3 miljoner ton mjölk per år (knappt 1 kg per svensk och dag) importeras och exporteras förhållandevis små mängder. Tendensen är dock att dessa ökar, mest vad avser importen som är i storleksordningen 50 % större än exporten räknat i ton produkter (JBV 2014b).

### 2.3. Riskhanteringsmodell

Hur gör man en riskanalys? Inom försvarsmakten finns det utarbetat tydliga rutiner för hur detta bör ske i termer av en riskhanteringsmodell (Försvarsmakten, 2009). Viktiga principer för denna modell är att begrepp som används är väldefinierade och att dessa definitioner används strikt (se tabell under rubriken Definitioner. Ibland inleds ord kopplade till dessa definitioner med stor bokstav för ökad tydlighet). Metodiker som används för bedömningar ska beskrivas så transparent som möjligt. Dessutom är det en klar rollfördelning mellan den funktion som ska hantera risken (riskhanteraren) och den funktion som ska analysera risken (analysfunktionen).

Riskhanteraren definierar riskanalysuppdraget och förutsättningarna för analysfunktionens studie genom att fastställa grundvärden (bl a definiera den skyddsvärda-tillgången; SVT) och avgränsa analysuppgiften. Analysfunktionen konkretiserar hoten, identifierar skydd (i vår studie avser detta troliga åtgärder) och bedömer sårbarhet, samt bedömer risken i termer av sannolikheten för att ett visst hot orsakar en viss konsekvens. Riskhanteraren beslutar om åtgärder (i vårt fall forskningsbehov) utifrån de framtagna risknivåerna. Riskhanteraren kan sedan behöva analysfunktionens hjälp för att erhålla en ny riskbedömning givet de föreslagna åtgärderna.

I princip följer riskhanteringsmodellen i vår studie samma struktur som Försvarsmaktens modell, men skiljer sig vad avser att vår riskhanteringsmodell syftar till att identifiera forskningsbehov för att bedöma och reducera framtida risker för de skyddsvärda-tillgångarna (SVT). Speciellt avser detta metodikerna för bedömningar av konsekvenser som, så långt som möjligt, ska baseras på vetenskaplighet och beskrivas transparent, i syfte att bedömningarna kan upprepas av en annan person med samma resultat som följd.

## **Riskhanteraren**

Riskhanterarens uppgift är att definiera ett omvärldsscenario som anger de yttre förutsättningarna för riskanalysen och som ej är påverkbara utifrån det avgränsade jordbrukssystem som analysen avser. I denna första studie bestäms de yttre förutsättningarna av rådande förhållanden och trender i vår omvärld, som vi antar karakteriseras av "Business as usual" (i senare studier avses framtidsscenarioer kunna behandlas). Riskhanterarens uppgift är att också definiera den skyddsvärda-tillgången, främst på en övergripande nivå (SVT; i vårt fall nationell alternativt regional produktion), men också, och i samarbete med analysfunktionen, enskilda mätbara komponenter (t ex hektarskördar) som bygger upp den övergripande nivån. Relationen mellan dessa mätbara komponenter och konsekvensen för SVT (konsekvensskalan) fastställs av riskhanteraren. Riskhanteraren har i vårt fall varit FAs styrgrupp.

## **Analysfunktionen**

Analysfunktionens uppgift är att utifrån de givna yttre förutsättningarna (omvärldsscenario) och definitionen av den skyddsvärda-tillgången bedöma vilka potentiella hot som kan uppstå och vilka effekter dessa har på SVT. Denna bedömning inbegriper en kedja av förutsägelser, var och en behäftade med osäkerheter. Utifrån osäkerheten i dessa förutsägelser bestäms en sannolikhetsfördelning för de skattade konsekvenser. Analysfunktionen är i vårt fall är författarna till denna rapport och utgörs av Experter inom respektive hots vetenskapsdiscipliner.

# **3. Material och metoder**

Konsekvensskalan (Tabell 3.1.3a) har bestämts dels utifrån ett möte med FAs referensgrupp, men till största delen av analysfunktionen. Valen av hot har skett mha bland annat en workshop för respektive skyddsvärd-tillgång. Alla forskare och lärare inom SLUs jordbruksvetenskapliga del har erhållit en inbjudan till dessa två workshop. För respektive hot har sedan ett "krisscenario" definierats och utifrån detta har analysfunktionens Experter analyserat risker. Respektive "krisscenario" har analyserats separat genom en kontinuerlig kommunikation mellan redaktörerna till studien (se Appendix 1) och respektive Experter. Det ska noteras att Experternas arbete erhållit en starkt begränsad ersättning, vilket begränsat studiens möjligheter till djupgående analyser.

### 3.1. Risk och dess komponenter

Ordet risk ska definieras så att det ger en konkret och användbar innebörd för riskhanteraren. Den vanligast använda definitionen för risk är produkten mellan sannolikheten å ena sidan och utfallet (1 eller 0; förlust eller ej) för den skyddsvärda-tillgången, å den andra. I vårt fall använder vi en förenklad definition av risk genom att inte göra multiplikationen mellan utfall och sannolikhet utan istället presentera såväl utfallen (konsekvenserna) som sannolikhetsfördelningen för dessa utfall, explicit. Definitionen av risk blir då värdeparen för sannolikheten ( $S_i$ ) att ett hot orsakar en viss (negativ) konsekvens ( $K_i$ ) för den skyddsvärda-tillgången (SVT).

$$\text{Risk} = [K_i:S_i]; i = \text{fem konsekvensnivåer} ; \sum S_i = 100 \% \quad (1)$$

#### 3.1.1. Den skyddsvärda tillgången (SVT)

Den skyddsvärda-tillgången är den nationella (alternativt regionala) spannmåls- respektive mjölkproduktionen. Observationer, experiment, beräkningar och förklaringsmodeller är dock oftast anpassade till mindre skalor och någon form av bedömning måste tillämpas på denna information för att skatta effekter på den nationella eller regionala nivån. Uppskalningen från den experimentella och lokala skalan baseras många gånger på betydande förenklingar vars vetenskapliga grund är otydlig. För att skilja dessa otydliga delar från vad vi verkligen vet, görs i ett första steg (i) skattningar av effekter av hotet på specifika mätbara komponenter av den nationella eller regionala produktionen (t ex procentuell minskning av hektarskördar för ett odlingsområde pga eventuell mer frekvent sommartorka). I nästa steg (ii) bedöms konsekvensen ( $K$ ) för produktionen på den större skalan (SVT) utifrån effekterna på de dess mätbara komponenter, uttryckt i en mer abstrakt enhet på en skala från ingen till en extremt negativ konsekvens för SVT (konsekvensskalan; Tabell 3.3.3a).

Spannmål: Sveriges spannmålsproduktion (SVT) definieras av nuvarande situation för dess odlingsareal, hektarskörd och nationella produktion som den beskrivs i JBV & SCB (2013; se Tabell 3.1.1). Den långsiktiga trenden för Sveriges totala spannmålsareal är en minskning med ca 13 kha/år, mest beroende på att korn- och havrearealerna minskat, och trots att vetarealen ökat med 5-10 kha/år. Men variationen över kortare tidsrymder kan vara stor, och för åren 2011-12 var utvecklingen den motsatta. Den relativa variationsbredden för de nationella hektarskördarna mellan enskilda år är större för vårkorn och havre (ca +10-15%) än för höstvetete (se Figur 2.1a).

**Tabell 3.1.1.**

Definition av mätbara komponenter av den övergripande skyddsvärda-tillgången (SVT). Samtliga värden är grovt skattade från JBV & SCB (2013). Alla värden avser hela Sverige. ( $\pm$  avser ungefärlig variationsbredd mellan år)

	Beskrivning	Värde
<b>SVT = Spannmål</b>		
Odlingsareal	Spannmål	Spannmålsarealen (ca 1 Mha) uppvisar en tydligt sjunkande trend som främst beror på minskande korn- och havrearealer.
	Höstvete	Ökat från ca 180 till ca 340 kha på 30år (= 5 kha/år)
	Vårvete	Ökat de senaste 5 åren med ca 5-10 kha/år
Hektarskörd	Allmänt	Variationsbredden (mellan år) är ca $\pm 10-15\%$
	Höstvete	ca $6.1 \pm 0.5$ (ton/ha) ( $\pm 10\%$ )
	Vårkorn	ca $4.1 \pm 0.4$ (ton/ha) ( $\pm 10\%$ )
	Havre	ca $3.6 \pm 0.5$ (ton/ha) ( $\pm 15\%$ )
	Höstkorn	ca $5.2 \pm 0.7$ (ton/ha) ( $\pm 15\%$ )
Nationell produktion	Totalt	ca 5.0 Mton/år. Variationsbredden är ca $\pm 10-20\%$
	Höstvete	Totalskörd (ca 2 Mton/år; $\pm 10\%$ ) har varit ganska stabil sedan år 2000
	Vårkorn	Totalskörd (ca -1.3 Mton/år; $\pm 20\%$ ) är svagt minskande
	Havre	Totalskörd (ca -0.75 Mton/år; $\pm 25\%$ ) är tydligt minskande
<b>SVT = Mjök</b>		
Nationell mjölkproduktion		Långsiktigt minskande från ca 3.8 Mton/år (1985) till ca 2.9 Mton/år 2009 (ca -35 kton/år; ca -1 %/år). Sedan 2010 är produktionen ganska stabil. Variationen mellan år är några få %.

*Mjök:* Den övergripande skyddsvärda-tillgången för mjölkproduktionen (SVT) definieras av nuvarande situation för den nationella mjölkproduktionen. Sveriges totala mjölkproduktion är långsiktigt minskande från ca 3800 kton/år (1985) till ca 2900 kton/år 2009 (ca -35 kton/år; ca -1 %/år), men sedan 2010 är produktionen ganska stabil. Variationen mellan närliggande år är mycket liten (några få %; Tabell 3.1.1; Figur 2.2a).

### 3.1.2. Hot (H)

Vi har delat in hoten i två kategorier; biofysiska respektive socioekonomiska, där biofysiska syftar på hot av huvudsakligen naturvetenskaplig karaktär. De olika typerna av hot samspelar och förekommer i kedjor av hot, och det är ofta omöjligt att renodla ett fall med enbart biofysiska hot. T ex kan en väldigt varm sommar utgöra ett biofysiskt hot mot spannmåls- och foderskördar, som kan leda till minskad tillgång på spannmål och foder och högre pris på spannmål och foder, vilket kan leda till att mjölkföretag får ekonomiska problem och mjölkproduktionen minskar. Dessa senare hot är av socioekonomisk karaktär och avses inte analyseras i denna studie.

Som underlag för kategoriseringen av hoten har vi utgått från två tidigare riskanalysstudier; dels en klimatförändringsstudie (Knox m fl, 2012), dels en mer allmän studie där klimatförändring är en del av flera tänkbara hot som delas in i sju kategorier: markförstöring, kemiska och radioaktiva föroreningar, växtskadegörare och sjukdomar, skadedjur och sjukdomar på djur, extrema väderhändelser och gradvisa klimatförändringar (Sundström m fl, 2014). Dessutom tillkommer andra ekosystemfunktioner, insatsvaror mm (se Appendix 2). Vi har valt ut fyra av dessa som hot mot spannmålsproduktionen (Radioaktivt-nedfall, Virus-i-spannmål, Herbicidresistens samt Extremt-sommarväder) och tre som hot mot mjölkproduktionen (Leptospiros-utbrott, Foderimport-stopp samt Värmebölja). Valen har skett utifrån (i) ett workshop för respektive produktionsgren, (ii) tillgången på Experter för studien och (iii) en tidigare studie om krisscenarier för svensk spannmålsodling av Djurlle (2013).

### 3.1.3. Konsekvens (K)

Bestämningen av konsekvensen av ett hot utgår från beräkningar av effekter på ett antal specificerade mätbara komponenter (jmf ”metrics” i t ex Knox m fl, 2012) av den skyddsvärda-tillgången (SVT). Beräkningarna inkluderar oftast effekter av åtgärder som troligen vidtagits för att mildra effekterna av hoten. Effekterna på de mätbara delkomponenterna (t ex hektarskördar) konverteras sedan till en konsekvens för SVT (t ex den nationella spannmålsproduktionen) som uttrycks i termer av ett kvalitativt index i fem nivåer, från ingen till extrem som den mest negativa konsekvensen:

$$K_i = \text{Ingen} \quad \text{Liten} \quad \text{Måttlig} \quad \text{Stor} \quad \text{Extrem} \quad (2)$$

Konsekvensskalan (dvs relationen mellan konsekvensnivå och effekt) för spannmålsproduktionen bestämdes grovt av riskhanteraren (Tabell 3.1.3a) genom att värdera ett krisscenario för en svartrostepidemi i Sverige (Djurlle, 2013). Svartrostepidemin bedömdes orsaka en genomsnittlig skördeminskning på 30 % jämfört med normalt (med en variation på 70 till 0 % reduktion mellan enskilda fält). Riskhanteraren bedömde att denna effekt motsvarar en stor konsekvens för den nationella spannmålsproduktionen. För mjölkproduktionen har den nationella nivån inte definierats explicit, utan effekter har i de flesta fallen bestämts på länsnivå. För denna produktion är konsekvensskalan framtagen utifrån krisscenerierna där Experterna värderat en minskning av den totala regionala mjölkproduktionen med 5 % som en stor konsekvens, > 0.5 % som en måttlig konsekvens och > 0 men < 0.5 % som en liten konsekvens (Tabell 3.1.3).

Den väsentligt större konsekvensen för mjölkproduktion jämfört med spannmålsproduktionen för en given relativ effekt, motiveras av att mjölkproduktionen normalt varierar betydligt mindre mellan år jämfört med spannmålsproduktionen (på natio-

nell nivå några få % jämfört med +10-20% för spannmålsproduktionen; Figurer 2.1a och 2.2a, och Tabell 3.1.1).

**Tabell 3.1.3 Konsekvensskala**

Relationen mellan effekter av hoten på delkomponenter av spannmåls- respektive mjölkproduktionen (SVT) och motsvarande konsekvenser (K) för desamma.

<b>Konsekvens:</b>	<b>Liten</b>	<b>Måttlig</b>	<b>Stor</b>	<b>Extrem</b>
<i>Spannmål: Åkerareal</i>			Minskar kraftigt <sup>a</sup>	
<i>Spannmål: Hektarskörd</i>	-10 <sup>b</sup> till -15 <sup>b</sup> %	-15 <sup>b</sup> till -25 <sup>b</sup> %	-30 % <sup>a,c</sup>	-50 <sup>b</sup> % -
<i>Mjölk: Regional produktion</i>	< 0 till -0.5 %	-0.5 till -5 %	-5 % till -10%	-15 % -

<sup>a</sup> FA referensgrupp möte 2013-11-28; <sup>b</sup> godtyckligt valda; <sup>c</sup> i genomsnitt för hela Sverige

### 3.1.4. Sannolikhet (S)

Sannolikheten kan betraktas som ett mått på osäkerheten om hur framtiden blir. Osäkerheten i sin tur beror på att vi inte kan observera framtiden, utan vi känner den bara genom de förutsägelser vi gör. Man kan tänka sig flera förutsägelser beroende på vilka antaganden man gör och vilken information som finns tillgänglig, och osäkerheten består då av spridningen i alla förutsägelser. Sannolikheten inbegriper då förutsägelser om såväl huruvida hotet kommer att inträffa, åtgärder kommer att vidtas, som att konsekvensen för spannmåls- respektive mjölkproduktionen hamnar på en viss nivå givet att hotet inträffat och åtgärder vidtagits. För var och en av dessa tre förutsägelser (hot, åtgärd respektive konsekvens) är det en viss sannolikhet att förutsägelsen är korrekt. I denna studie fokuserar vi dock enbart på sannolikhetsbedömningar för konsekvensbedömningarna, dvs vi antar att hotet inträffat och åtgärder vidtagits. Sannolikheten uttrycks alltså som en sannolikhetsfördelning ( $S_i$ ):

$$S_i = \text{Andelen av alla förutsägelser som erhåller konsekvensnivån } K_i \quad (3)$$

I många studier används statistiska distributionsmodeller för att beskriva, alternativt förutse sannolikhetsfördelningar, såväl vad avser hot som åtgärder och konsekvenser. I denna studie har vi dock valt att uttrycka varje enskild skattning så explicit som möjligt, dels därför att vi i många fall saknar distributionsmodeller som testats mot observationer, dels för att göra skattningarna så transparenta som möjligt och därigenom identifiera kunskapsluckor. Sannolikhetsfördelningen i vår studie inbegriper inget explicit beaktande av bedömningarnas kvalitet (t ex mått på förutsägelseförmåga).

## 3.2. Riskanalys av krisscenarier

Hot definieras inte enbart av hot-faktorn, utan i kombination med konsekvensen för SVT. Vi har därför valt att identifiera potentiella hot genom att konstruera vad vi här kallar krisscenarier (Appendix 3). Kris definieras av att den negativa konsekvensen antas kunna vara stor. Logiken i analysen beskrivs av tio moment som utförs i tur och ordning:

- (1) Ett Omvärldsscenario definierar de yttre förutsättningar (utgångspunkten) som kan
- (2) orsaka att Hotet(en) (H) inträffar, som i sin tur kan ge upphov till
- (3) potentiella Effekter på de mätbara skyddsvärda-tillgångarna (Tabell 3.1.1) om inga åtgärder vidtas.
- (4) Efter det att troliga Åtgärder vidtagits
- (5) mildras Hotet, liksom
- (6) Effekterna, som nu också inkludera bedömningar av positiva och eventuella negativa effekter orsakade av åtgärderna. Detta ger ett underlag för att
- (7) göra Riskbedömningen, där sannolikheten bedöms för att hotet, med beaktande av de vidtagna åtgärderna, orsakar en viss konsekvens för spannmåls-, alternativt mjölkproduktionen (SVT). Dessa bedömningar utgår från de ”beräknade” mätbara effekterna på komponenterna av SVT enligt konsekvensskalan; Tabell 3.1.3a).

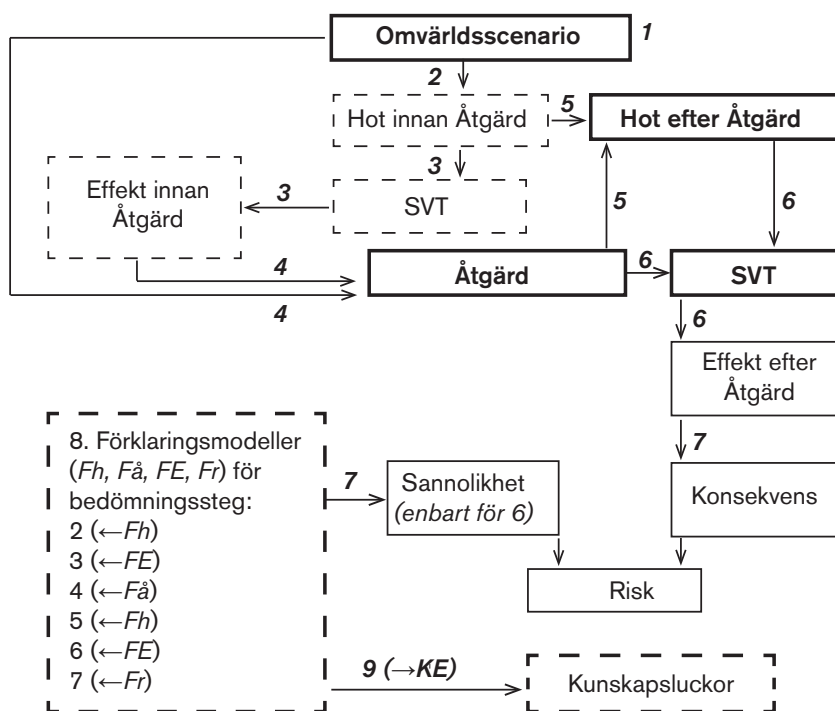
Alla bedömningar har sin grund i

- (8) Förklaringsmodeller för Hot, Åtgärder, Effekter respektive Risk ( $F_h$ ,  $F_a$ ,  $F_E$  respektive  $F_r$ ) som beskrivs i ett separat stycke. Dessa beskrivningar är underlaget för att
- (9) identifiera Kunskapsluckor ( $K_h$ ,  $K_a$ ,  $K_E$ ,  $K_r$ ) där frågeställningar formuleras och vars svar bedömts till en betydande del ha påverkats av bristande vetenskapligt underlag. För två krisscenarier som utgår från en framtidssituation (år 2025) tillkommer förklaringsmodeller och kunskapsluckor för Omvärldsscenario ( $F_o$  och  $K_o$ ).
- (10) Slutligen redovisas tänkbara Följdhändelser av hotens konsekvenser för den skyddsvärda-tillgången (SVT), och som faller utanför systemavgränsningen för denna studie (se vidare Appendix 3).

Fokus i analysen ligger på att bedöma effekterna på den skyddsvärda-tillgången (moment 6 i figur 3.2a). Bedömningarna görs mha vad vi kallar förklaringsmodeller. Vi skulle hellre vilja kunna kalla modellerna för förutsägelsemodeller. Dock är de modeller vi kunnat använda sällan eller aldrig av den karaktären att de kan göra de



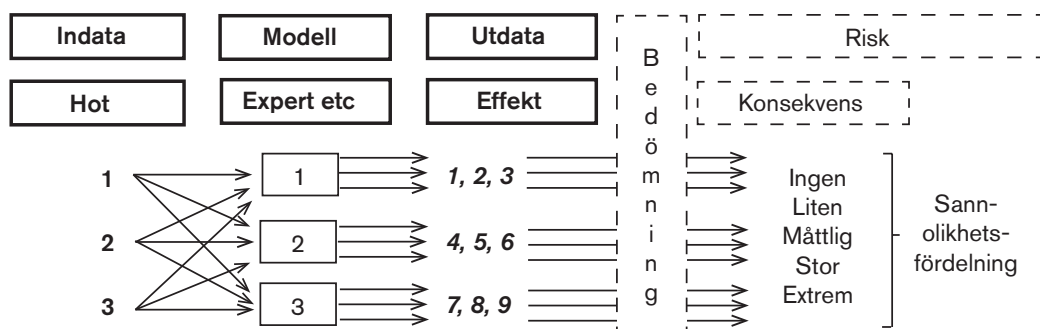
förutsägelser vi egentligen efterfrågar. De är snarare ett underlag till de expertmodeller som gör de slutgiltiga förutsägelseerna. När vi beskriver t ex effekterna av ett hot så hänvisar vi till dessa förklaringsmodeller. I Appendix 3 gör vi denna hänvisning med noteringen ( $\leftarrow FE$ ). Vi gör motsvarande hänvisningar för hot, åtgärder respektive riskbedömning med ( $\leftarrow Fh$ ), ( $\leftarrow F\hat{a}$ ) respektive ( $\leftarrow Fr$ ). Från de delar av bedömningarna (mha förklaringsmodellerna) som vi bedömer brister pga ett litet vetenskapligt underlag hänvisar vi, i sin tur, till kunskapsluckor med noteringen ( $\rightarrow KE$ ), vad avser effekter, och för hot, åtgärder och riskbedömning med ( $\rightarrow Kh$ ), ( $\rightarrow K\hat{a}$ ) respektive ( $\rightarrow Kr$ ).



Figur 3.2a. En schematisk beskrivning av de olika bedömnings- och beräkningstegen från omvärldsförhållanden till risk (SVT = skyddsvärd-tillgång). Linjer symboliserar flöden av information. Riskanalysen görs utifrån information om omvärldsscenario, hot, åtgärd och SVT. Avsikten är att analysens tonvikt ska ligga på att beskriva förklaringsmodeller (FE) för speciellt bedömningen av effekter (6) och att identifiera kunskapsluckor (KE) (se vidare Appendix 3).

I riskbedömningen (moment 7 i figur 3.2a) bedöms enbart sannolikheten för att en viss konsekvens kan inträffa (dvs vi antar att hotet har inträffat och åtgärder vidtagits). En mer fullständig riskanalys, och termen risk, inbegriper normalt också sannolikheterna för hot respektive åtgärder. Vår avgränsade "riskanalys" är mer jämförbar med

vad man normalt benämner konsekvensanalys, men i vårt fall med en tillhörande osäkerhetsanalys där vi uttrycker osäkerheten i termer av sannolikhet. Om vi t ex tänker oss hundra fall med lika förutsättningar vad avser att ett hot har inträffat och åtgärd vidtagits kan bedömningen bli att t ex. i fyrtio fall blir konsekvensen ingen, trettio fall liten, tjugo fall måttlig och i tio fall stor. Denna fördelning på utfall är ett mått på sannolikheten för respektive konsekvens. Vad beror denna osäkerhet på (moment 8 i figur 3.2a)? En extrem förklaring kan vara att hundra modeller (t ex Experter) gör hundra olika bedömningar utifrån samma tillgängliga information. Utfallet representerar då en osäkerhet orsakad av skillnader i modellernas strukturer. En annan extrem alternativ förklaring kan vara att alla de hundra modellerna är lika men det finns variationer i förutsättningarna som vi inte har fullständig information om eller inte förstår och därför skattar, t ex med slumpfaktorer. I detta fall får vi hundra olika utfall orsakat av osäkerheter i indata och tillämpningen av en modell. Kombinerar vi osäkerheter i både indata och modellstrukturer erhåller vi ett mycket stort antal skattningar. Risk definierar vi som den sannolikhetsfördelning som dessa osäkerheter i skattningarna ger upphov till. I figur 3.2b har vi illustrerat principen för vår metodik att bestämma risken för ett hypotetiskt fall då vi har tre alternativa indata och tre modeller. Sannolikhetsfördelningen är principiellt jämförbar med så kallade ”probability density function (pdf)” som ofta används för att uttrycka osäkerheter vid analyser av hot, t ex vid bedömningar av klimatförändringars effekter på grödors skörd (se t ex Montesino-San Martin, 2014).



Figur 3.2b. En schematisk beskrivning av hur ett fåtal osäkerheter i indata respektive modellstrukturer (i detta fall tre vardera) leder till ett stort antal skattningar av effekter och bedömningar av konsekvenser. Risk presenteras som sannolikhetsfördelningen för dessa konsekvenser. Vår studie avser främst osäkerheter i modellernas skattningar. (I figuren saknas åtgärder).

Vi har använt Experter för att göra den slutgiltiga riskbedömningen, som man kan betrakta som en typ av modeller. I syfte att göra dessa modeller så transparenta som möjligt har resonemanget för bedömningarna beskrivits i ord (se Appendix 3 under rubriken Riskbedömning). Utifrån dessa beskrivningar har bedömningsmetodiken

karaktäriserats i termer av om den huvudsakligen baserar sig på expertbedömning (E), extrapolering av jämförbara observerade data (O), extrapolering av experimentella effekter (X) eller mekanistiska (processbaserade) modeller (M). Sannolikhetsfördelningen i riskbedömningen beror alltså till stor del på osäkerheten i vår förmåga att förutsäga vad som blir konsekvensen av ett hot och vidtagna åtgärder, och är en indikation på att det finns kunskapsluckor att utforska (moment 9 i figur 3.2a).

## 4. Resultat

Här beskrivs en sammanställning för alla krisscenarier i Appendix 3. Ursprungligen föreslogs i två workshops elva scenarier (urbanisering, radioaktivt nedfall, svartrostepidemi, virus i spannmål, invasiva ogräs, herbicidresistens, mul- och klövsjukesjukdom, extremväder, vulkanutbrott, foderimport-stopp, elavbrott och antagonism). Beroende på tillgången på Experter ändrades och begränsades dock antalet scenarier till fyra för spannmålsproduktion (Radioaktivt-nedfall, Virus-i-spannmål, Herbicidresistens och Extremt-sommarväder) och tre för mjölkproduktion (Leptospiros-utbrott, Foderimport-stopp och Värmebölja). Utförliga beskrivningar av respektive scenario återfinns i Appendix 3, där också de förklaringsmodeller som beskriver hur effekterna bedömts, redovisas, liksom tänkbara följdhändelser av krisscenario som faller utanför systemavgränsningen för denna studie.

Nedan presenteras respektive analys först i termer av en sammanfattning som beskriver en logisk kedja genom analysen. Vad avser fakta så presenteras de i en kortfattad form i Tabellerna som följer efteråt. De fullständiga riskanalyserna beskrivs i Appendix 3.

### 4.1. Sammanfattningar

#### 4.1.1. Radioaktivt-nedfall - Spannmål

Utgångspunkten är att ett omfattande radioaktivt utsläpp skett från ett kärnkraftverk i Sverige eller närliggande land. Utsläppet varar i tio dagar och varierande väderförhållanden under denna period har orsakat att en stor andel av Sveriges spannmålsareal drabbats av radioaktivt nedfall. Nedfallet (Hotet) inträffar efter blomningen vid för grödorna en känslig tidpunkt. Dessutom kontamineras mark samt arbetsmiljön. Strålsäkerhetsmyndigheten tar ledningen för Åtgärders genom-

förande enligt ett åtgärdsprogram som finns sedan tidigare. Man börjar med omfattande provtagningar för att kartlägga situationen. För måttligt kontaminerade områden vidtas motåtgärder såsom att plöja ner grödan, ta bort grödan och så en ny, låta grödan stå och gödsla med kalium alternativt använda den som energigröda (bränsle), eller att slå av grödan och deponera den och lägga arealen i träda en tid.

Effekterna av nedfallet blir att stora arealer inte kan skördas, och att arealer med ett måttligt nedfall får höga halter av radioaktiva ämnen i skörden, varvid en mycket stor andel av spannmålsproduktionen inte kan användas till livsmedel eller foder, utan får gå till biobränsle eller destrueras. Också marken kontamineras, och det kan ta lång tid innan marken kan odlas igen. Beräkningarna av Sannolikheten för att halten radioaktivitet i skörden hamnar på en viss nivå, givet ett visst nedfall och åtgärdsprogram, beror på osäkerheter i vår kvantitativa förståelse och representation av ekofysiologiska processer i växt och mark. Alternativa modelltillämpningar ger ett underlag för dessa osäkerhetsbedömningar. I avsaknad av dessa har vi gjort en expertbedömning och skattat sannolikheten som mycket stor att konsekvensen för spannmålsproduktionen blir extrem för den eller de regioner som utsatts för nedfallet. På nationell nivå är sannolikheten ganska lika för alla grader av konsekvenser beroende på att nedfallet kan lika gärna ske i södra, mellersta som norra Sverige, med olika konsekvenser. som följd.

Det finns Förklaringsmodeller som kan beräkna (förutse) halterna av radioaktiva ämnen i skörden som funktion av nedfallets storlek, väder, markförhållanden och skötsel såsom bevattning. Dessa har testats för ett fåtal kontrollerade experiment, men inte tillämpats i praktiken eller i större skala. Kunskapsluckorna består främst i att tillämpa förklaringsmodellerna för alla de nedfall-väder-mark-skötsel-kombinationer som kan tänkas inträffa. För de mest troliga fallen behöver modellernas förutsägelser testas genom att det görs fysiska experiment som härmar dessa simulerade situationer. Av speciellt behov är att testa dessa modeller vad avser hur fort halterna i skörden avtar med åren, och jämföra med observerade data från radioaktiva utsläpp i vår omvärld som redan skett.

En komplett Riskanalys inbegriper också sannolikheterna för att ett utsläpp sker, hur det sprids över Sverige och orsakar nedfall i olika regioner samt för att åtgärder kommer att vidtas i tid och i tillräcklig utsträckning. Till mycket stor del är analyserna av dessa sannolikheter av socioekonomisk karaktär eller relaterade till teknik- och atmosfärsvetenskaper som faller utanför systemavgränsningen för denna studie. En grov bedömning är dock att sannolikheten för en extrem konsekvens minskar drastiskt om speciellt sannolikheter för att ett utsläpp av radioaktivt material och nedfall beaktas, medan åtgärderna troligen kommer att vidtas med hög sannolikhet.

### **4.1.2. Virus-i-spannmål**

Utgångspunkten är att virus av typen SBCMV (soil-borne cereal mosaic virus) förekommer allmänt i våra grannländer. Eftersom symtomen av ett virusangrepp är oklar och delvis påminner om näringsbrist och/eller begränsad vattentillgång har inte virusets närvaro i Sverige upptäckts förrän efter flera år, vilket lett till att viruset då etablerat sig på flera ställen i Sverige. Det innevarande året har vädret varit gynnsamt för virusets angrepp på grödan och omfattande regionala angrepp har inträffat. Hotet mot spannmålsproduktionen förstärks av att de sorter som odlas i Sverige inte är resistent mot viruset, och hotet kommer att kvarstå över flera år framöver pga att viruset finns kvar i åkerjorden i många år. Åtgärder vidtas i samråd med forskning, växtförädling och rådgivare och inbegriper införandet av skyddszoner, planer för omhändertagande av skördad produkt, undersökning av sorters resistens, import och förädling av resistent sorter samt att ersätta spannmålsareal med alternativa grödor.

Effekterna av virusangreppet på skördenivåerna det innevarande året kan lokalt vara mycket stora (upp till 80%-ig reduktion på en odefinierad areal) men för en hel region är effekterna betydligt mindre (i storleksordningen 30%). Påföljande år kan effekten på spannmålsproduktionen kvarstå beroende på väder, och eventuellt förstärkas pga att förändringar i grödval och nedläggning av odlingsenheter orsakat en minskad spannmålsareal. På sikt kan effekten avta något pga att resistent sorter introduceras i viss utsträckning.

Sannolikheten för en betydande skördeminskning och att konsekvensen för spannmålsproduktionen blir måttlig eller stor på regionnivå bedöms som mycket stor, givet att ett omfattande angrepp sker, dvs risken är stor. Hur fort konsekvensen avtar de påföljande åren är oklart beroende på osäkerheter om tillgången på resistent sorter och hur produktiva dessa sorter är under svenska odlingsförhållanden. På nationell nivå är konsekvensen lägre än på regional nivå, men kan tänkas öka påföljande år pga att viruset sprider sig. Förklaringsmodellerna som använts för skattningen av de regionala skördeminskningarna utgår från en studie av hur ett omfattande virusangrepp i Östergötland och Södermanland (som orsakade vetedvärgsjuka) påverkade skörden (uttryckt som en jämförelse med normalskörden under en tioårsperiod). Förutsägelsen av effekterna av det jordburna viruset i vårt fall bygger alltså på en analogi mellan effekter av strit- respektive jordburna virus. Denna skattning saknar ett explicit beaktande av graden av angrepp (annat än att det är omfattande), samt vilka ekofysiologiska processer i grödan som viruset påverkar, vilket försvårar utvärderingen av samspelseffekter t ex med väderförhållandena det aktuella året då angreppet skett. Generaliseringen av vår studies resultat, baserat på endast ett omfattande utbrott, är därför mycket osäker.

Kunskapsluckorna för att kunna beräkna effekterna av denna typ av virusangrepp pekar alltså på behovet av fler studier. Modellerna ska kunna förutse effekternas bero-

ende av varierande förutsättningar, såsom virusförekomst, väder, jordtyp, skötsel, grödans utvecklingsstadium vid angreppet, hur virusets vektor påverkas av odlings- och miljöfaktorer, sort mm. Hur förutsägelseberor på vilken storlek på område man betraktar, från lokal till regional eller nationell nivå, är av speciellt intresse för riskanalysen. Modeller för denna typ av förutsägelser behöver kunna ge kvantitativa svar på frågeställningar som: Vilka spannmålsgrödor angrips, och i vilken utsträckning?; Vilka gräsarter (odlade gräs och gräsogräs) angrips av samma virus?; Hur fort återhämtar sig skörden och till vilka nivåer?; Hur stor är skördeminskningen påföljande år pga att arealen av spannmålsgrödor minskar efter ett omfattande angrepp? För detta krävs att flera alternativa förutsägelsemodeller testas mot observationer på en större skala än lokala experiment, och att nödvändig information finns tillgänglig. Speciellt bedöms informationen om virusets förekomst vara av stor vikt för förutsägelseberorna. En komplett Riskanalys där även sannolikheter för att omfattande virusangrepp (hot) uppstår och åtgärder vidtas kräver ytterligare analyser som faller utanför systemavgränsningen för denna studie. Dock gjorde vi i detta fall en grov bedömning av hur sannolikt det är att viruset når/finns i Sverige, etablerar sig i Sverige, och att ett omfattande angrepp sker givet att viruset etablerat sig. Till detta kommer en bedömning av sannolikheten för att åtgärder vidtas. Den grova skattning som gjorts föreslår att sannolikheten för en stor eller extrem konsekvens på regional nivå det kommande året är liten (några procent), och på nationell nivå noll. Denna bedömning baserar sig på studier av virusets utbredning i Tyskland och erfarenheter från åtgärder tagna vid tidigare angrepp i sockerbetor i Sverige. Fler systematiska studier av denna typ av händelser behövs för att göra en komplett riskanalys.

#### **4.1.3. Herbicidresistens - Spannmål**

Utgångspunkten är att det i Sverige sker en utveckling mot en höstsädesdominerad växtodling, att reducerad jordbearbetning blir allt vanligare, och att höstsådden sker allt tidigare. Dessa faktorer gynnar förekomsten av höstgroende gräsogräs, framförallt renkavle och åkerven, vilket skapar ett behov av intensiv kemisk bekämpning. Bristen på herbicider med nya verkningsmekanismer i kombination med kontinuerligt herbicidanvändande under flera år leder till ökande problem med herbicidresistens (Hot), speciellt i renkavle och åkerven. Detta leder i sin tur till en ökad mängd av dessa ogräs i höstsädesodlingen med risk för resulterande skördeminskningar. Detta hot Åtgärdas med förbättrad information om herbiciders effektivitet och resistensstrategier samt ökad tillämpning av IPM (Integrerad ogräsbekämpning). Detta innebär t ex att viss höstsädesareal ersätts med vårsäd, dvs trots åtgärder kvarstår ett visst hot om skördeminskning jämfört med innan herbicidresistens var ett problem.

Effekterna av herbicidresistens hos ogräsen på spannmålsproduktionen, på t ex den regionala nivån, beror alltså både på minskad skörd i höstsädesodlingar där resis-

tensutveckling skett men IPM inte vidtagits, och, för övriga arealer, på att IPM i sig påverkar spannmålskörden bl a genom att en förändrad växtföljd innebär att en viss areal höstsäd ersätts med en vårsådd spannmålsgröda som avkastar mindre än höstsäd, eller ersätts med en annan gröda. Även om våra skattningar föreslår att konsekvensen är liten till måttlig så kräver en noggrann skattning betydligt mer ingående analyser. Sannolikheten att en viss ökad ogräsförekomst och införandet av IPM orsakar en viss skördeminskning utgår från att det görs flera kvantitativa bedömningar, men eftersom endast en grov skattning gjorts i denna studie saknas ett kvantitativt underlag för att bestämma sannolikheten. Därför baseras skattningarna på expertbedömningar.

Avsaknaden av Förklaringsmodeller som kan beräkna (förutse) hur stora skördeförlusterna blir pga ökad ogräsförekomst och att IPM vidtas är alltså ett centralt hinder för att kunna göra en tillförlitlig riskanalys. För att täcka dessa Kunskapsluckor behöver fysiska experiment av hur ogräsförekomst och IPM metoder påverkar skörden kombineras med tillämpningar av modeller som inkluderar hypoteser för hur denna påverkan skulle ändras om omgivningsförhållandena (t ex gröda, mark och väder) varierar. Dessa studier behöver göras för olika skalor i tid och rum.

En komplett Riskanalys där även sannolikheter för att herbicidresistens uppstår och orsakar ökad ogräsförekomst (hot) och att IPM och herbicidutveckling vidtas som åtgärder, kräver ytterligare analyser. Förhållandevis fler modeller finns för kvantitativa förutsägelser av hur herbicidanvändning påverkar ogräsförekomsten (hotet) än av hur ogräsförekomsten påverkar spannmålsproduktionen (SVT). Modellerna är ofta av dos-respons karaktär och saknar funktioner för att beakta varierande omgivningsförhållanden, såsom väder och marktyp. Speciellt svårt är det att bedöma hur herbicidanvändning påverkar herbicidresistensen och ogräsförekomsten över flera år. En komplett riskanalys kräver också en analys av hur sannolikt det är att åtgärder vidtas (t ex utveckling av nya herbicider), vilket dock till stor del inbegriper socioekonomiska analyser som faller utanför systemavgränsningen för vår studie.

#### **4.1.4. Extremt-sommarväder - Spannmål**

Utgångspunkten är att det antingen inträffar en "Torr-sommar" under spannmålsgrödornas tillväxtperiod, eller en "Regnig-sensommar" som påverkar främst skördeförhållandena. Torr-sommar definieras som att det under perioden 15 maj till 31 juli inträffar fler än tio dagar som föregås av trettio dagars torra. Regnig-sensommar definieras som att det för perioden 1 augusti till 15 september inträffar fler än två tio-dagarsperioder med högst två dagar som är tjänliga för tröskning. Torr-somrarna antas orsaka hämmad tillväxt och axanläggning samt kort och torr kärn- och mognadsfas vilket utgör Hot mot skörden. Även om bevattning är en möjlig Åtgärd antas den inte vidtas eftersom bevattning av spannmål i dagsläget inte sker i betydande skala i Sverige. Regnig-sensommar antas orsaka fuktiga förhållanden vid skördetid



vilket kan orsaka dels att Fusarium-svampar bildar mykotoxiner som kontaminerar skörden, dels att stora arealer är för fuktiga för att kunna skördas (hot). Effekterna av en Torr-sommar på den regionala spannmålsskörden variera från mycket liten till betydande, i Skåne. Effekterna av en Regnig-sensommar varierar också från mycket liten till betydande, men i detta fall såväl i Skåne som i Uppland.

Hur sannolikt det är att skördeminskningen av en Torr-sommar blir betydande går inte att bedöma pga ett för litet statistiskt underlag. Bara två år har detta inträffat och bara för det ena året blev det en skördeminskning. Med nuvarande observationsunderlag är alltså sannolikheten fifty-fifty att konsekvensen för den regionala skörden i Skåne blir extrem eller ingen alls. Sannolikheten för skördeminskningen vid en Regnig-sensommar har kunnat bedömas utifrån betydligt fler observerade fall (år) eftersom detta inträffar i genomsnitt vartannat år. Om en Regnig-sensommar inträffar är sannolikheten lite större att konsekvensen är ingen än att en skördeminskning sker. För Regniga-sensommar då skörden minskar är konsekvensen måttlig för hälften av åren, men alla grader av konsekvenser kan inträffa. Förklaringsmodellerna som använts för dessa bedömningar utgår från en beskrivning av regional skördestatistik och griddade väderobservationer och ett antagande om en analogi mellan det som redan hänt (skördestatistik) och det som kan hända framöver. Denna metod saknar mekanistiskt baserad analys av samspelseffekter och bedöms inte kunna förutse konsekvenserna för ett specifikt år med en Torr-sommar och/eller en Regnig-sensommar.

Kunskapsluckorna för att beräkna effekterna av en Torr-sommar på den regionala spannmålsskörden beror på ett bristande observationsunderlag (få år och regioner). Att det ena av de två fallen med Torr-sommar gav en mycket liten skördeminskning kan ha berott på att detta år inträffade också en Regnig-sensommar som kan ha haft en kompenserande effekt. Denna typ av kombinationseffekter av olika extremväder kan också vara förklaringen till att en Regnig-sensommar i mer än hälften av fallen inte orsakade någon skördeminskning. Om kombinationseffekter beaktats kunde vi kanske ha bedömt vilka Regniga-sensommar som orsakat en skördeminskning. Simuleringsmodeller baserade på hur ekofysiologiska processer (som påverkas av omgivningsfaktorer) är den mest utvecklade metoden för att beräkna dessa kombinationseffekter och kan dessutom (teoretiskt) bedöma effekter av fler typer av extremväder än de två som behandlats i denna studie, t ex extremväder orsakade av en pågående klimatförändring. Modellerna måste dock utvärderas vad avser sin förmåga att förutsäga effekterna av extremväder för regioner i Sverige. Tester av modellerna som gjorts har oftast inte separerat effekterna orsakade av extremväder från effekterna orsakade av ”normala” variationer i väder, och avser dessutom främst kontrollerade experiment. För skördeprediktioner i praktisk odling kan agroklimatiska index vara en kompletterande eller alternativ metod till processbaserade modeller som är svåra att tillämpa på praktisk odling.



Vi har gjort en ansats till en komplett Riskanalys i termer av en beräkning av hur ofta dessa extremväder förekommit, och som inbegriper även sannolikheter för att extremväder (hot) uppstår och åtgärder vidtas. Sannolikheten att en Torr-sommar orsakar en stor konsekvens minskade då kraftigt, medan sannolikheterna för konsekvenser orsakade av en Regnig-sensommar inte ändrades märkbart därför att dessa förekommit ofta (dvs vi kan ifrågasätta om vår definition på Regnig-sensommar är ett extremväder). Bedömningar av sannolikheter för att åtgärder som bevattning, sortval mm vidtas kräver även analyser av socioekonomisk karaktär som dock faller utanför vår systemavgränsning.

#### **4.1.5. Leptospiros-utbrott - Mjolk**

Utgångspunkten är att vi har mjölkobesättningar i Västra Götalands och Uppsala län år 2025, såsom de skattats utgående från nuvarande trender i förändringen av antalet mjölkföretag, besättningsstorlekar samt mjölkavkastning per ko och år. De allra flesta korna finns i naturligt ventilerade stallar och hålls på bete enligt nuvarande föreskrifter. Under dessa förutsättningar uppstår hot i form av nyinfektion av mjölkkor med *Leptospira hardjo* som introducerats till Sverige via livdjursimport och spridits till vilda idisslare samtidigt som det är en varm försommar, häftiga åskregn och översvämmade beten. Två nivåer på Leptospiros-utbrott analyseras, dels Utbrott-Medel då 5 % av besättningarna infekteras, dels Utbrott-Stor då dubbelt så många besättningar infekteras. Det finns flera möjliga kompensatoriska åtgärder, med en tänkbar potential att mildra dessa hot, som dock inte beaktats vid bedömningarna.

Effekten av ett utbrott på mjölkproduktionen på länsnivå har skattats utifrån en beräknad medelförlust på 300 kg ECM per infekterad ko och år, och att i stort sätt alla kor i en besättning infekteras. Reduktionen på länsnivå var mindre än en halv procent även för det större Leptospiros-utbrottet och konsekvensen skattades som liten. I absoluta termer (kg mjölk) var reduktionen större i Västra Götaland pga av större besättningar och fler besättningar än i Uppland.

Förklaringsmodellerna som ligger till grund för bestämningen av infektionens påverkan på de enskilda korna är huvudsakligen expertbedömningar baserade på en omfattande litteraturstudie och veterinärmedicinsk specialistkunskap kring pågående klimatförändring, djurhållningssystem, reproduktion och mikrobiologi. Uppskalningen från den enskilda kon till länsnivå är beräknat utifrån en medelko och en medelbesättning för respektive län.

Kunskapsluckorna för denna riskbedömning är främst en avsaknad av alternativa skattningar av reduktionen av mjölkproduktionen som kan ge ett underlag för att bestämma en sannolikhetsfördelning, t ex skattningar som kan bedöma effekten av oklarheter kring hur de högre mjölkproduktionsnivåerna för 2025 kan tänkas påver-

ka reduktionen. Dessutom saknas tillräckligt mycket data på besättningsnivå för att testa vår ansats som baserade sig på en proportionell uppskalning av reduceringen för en medelko till att gälla hela besättningen.

En komplett Riskanalys som också inbegriper sannolikheterna för att *Leptospira hardjo* introduceras till Sverige och att nyinfektion av mjölkkor inträffar, faller till stor del utanför systemavgränsningen för vår studie. Vi bedömer dock att sannolikheten för att 5% av besättningarna nyinfekteras är väsentligt högre än för att 10% nyinfekteras, och högre i Västra Götaland än i Uppland.

#### **4.1.6 Foderimport-stopp - Mjolk**

Utgångspunkten är att svenska mjölkkor i dagsläget är högproducerande vilket kräver en foderstat med en relativt stor andel kraftfoder. En stor andel av detta kraftfoder importeras. Vi antar att det i detta läge inträffar ett totalt importstopp mitt i sommaren och att de svenska mjölkorna fullt ut måste utfodras med inhemskt foder. Då uppstår ett Hot om undernäring som en följd av att foderstaten ändras vad avser att majs- och potatisprotein utgår, och att raps och sockerbetsprodukter reduceras liksom mineraler, kalk och salt, etc. Som Åtgärd tänker vi oss fyra alternativa ersättningsutfodringar som var för sig fullt ut ska ersätta det uppkomna näringsunderskottet. Det första alternativet är att (i) spannmål från livsmedelsproduktion används till foder. Det andra alternativet är att (ii) andra djurslags kraftfoder ges till mjölkorna i första hand. Det tredje alternativet är att (iii) drank från biobränsleproduktion ges till korna och slutligen det fjärde alternativet är (iv) en kombination av alla alternativen (i-iii) och att markanvändningen dessutom ställs om så att mer ärt, åkerböna, raps och majs odlas. Kraftfoderalternativen blir allmänt "svagare" än de importerade foderstaterna och kan äventyra djurhälsan främst för de allra mest högpresterande mjölkorna. Det är oklart hur känsliga dessa ersättningsutfodringsalternativ är för ett variabelt väder som kan orsaka reducerade foderskördar. Dessutom upphör tillgången på nytt importerat foder mitt i sommaren och lagren antas räcka i två månader, och då uppstår frågan om hur snabbt ersättningsfodret kan vara på plats för respektive ersättningsalternativ.

Effekten på mjölkproduktionen, dvs hur mycket den reduceras, bedöms vara störst för ersättningsalternativen (i) spannmål respektive (ii) andra djurslags foder. I drank alternativet är effekten mindre. I kombinationsalternativet (iv) kan förändrad växtodling med mer fodergrödor erhållas först det påföljande året. Men redan för det innevarande året kan den reducerade fodertillgången täckas upp till stor del genom att kombinera de övriga ersättningsalternativen och effekten blir mindre. Sannolikheten bedöms som störst att konsekvensen för mjölkproduktionen är stor om endast ett ersättningsalternativ vidtas (något mindre för drankalternativet). Om all alternativ kombineras bedöms konsekvensen i de allra flesta fallen bli måttlig. Förklaringsmodellerna som ligger till grund för Experternas bedömningar av dessa sannolikheter

utgår ifrån ett antal utfodringsexperiment. Vi saknar mått på prediktionsförmågan (säkerheten) i dessa bedömningar och därmed också möjligheten att bedöma osäkerheten i desamma.

Kunskapsluckorna för att kunna göra en mer vetenskapligt baserad riskanalys avser alltså i första skedet vetenskapliga tester av de förutsägelser vi gjort här, genom att jämföra dem med experimentella data, dels på lokalnivå, men framförallt för större rumsliga skalor. Testerna kommer mycket troligt ge upphov till mer detaljerade frågeställningar om hur foderstater påverkar mjölkproduktionen, hur växtodlingssystem med andra mål än mjölkproduktion samspelar med mjölkproduktionen när man betraktar den regionala och nationella skalan, etc.

En komplett Riskanalys som också inbegriper sannolikheterna för att ett foderimport-stopp inträffar och att respektive foderersättningsalternativ vidtas, inbegriper till mycket stor del analyser av socioekonomisk karaktär och faller utanför systemavgränsningen för vår studie. Det återstår alltså att analysera hur sannolikt det är att ett foderimport-stopp inträffar, och för SLUs del kanske främst hur sannolikt det är att respektive åtgärdsalternativ vidtas.

#### **4.1.7. Värmebölja - Mjök**

Utgångspunkten är att vi har mjölkobesättningar i Västra Götalands och Uppsala län år 2025, såsom de skattats utgående från nuvarande trender i förändringar av antalet mjölkföretag, besättningsstorlekar samt mjölkavkastning per ko och år. De allra flesta korna finns i naturligt ventilerade stallar och hålls på bete enligt nuvarande föreskrifter. Under dessa förutsättningar antas hot i form av kraftiga värmeböljor inträffa. Två intensiteter i värmeböljor analyseras. Värmebölja-Medel innebär att fyra värmeperioder inträffar under en sommar (totalt 13 dagar) och Värmebölja-Extrem att sex värmeperioder inträffar (totalt 21 dagar). Det finns flera möjliga kompensatoriska åtgärder, med en tänkbar potential att mildra dessa hot, som dock inte beaktats vid bedömningarna.

Effekten av en värmebölja på mjölkproduktionen skattades genom att först beräkna en värmestressfaktor (THI), och utifrån den beräkna produktionsminskningen för en genomsnittsbesättning. Reduktionen på länsnivå var i storleksordningen några procent och konsekvensen skattades som liten för Värmebölja-Medel och måttlig för Värmebölja-Extrem.

Den skattade produktionsänkningen är behäftad med flera osäkerhetsfaktorer, bl a beroende på att väderleksvariationer under dygnet inte beaktats och att det är oklart hur stallarna kommer att se ut 2025, men också vad avser hur svenska koraser reagerar på värmestress, och i vilken utsträckning de ersatts med andra sorter till 2025. Förklaringsmodellen (metoden) som ligger till grund för bestämningarna av dels

ett värmestressindex, dels hur detta index påverkar mjölkornas mjölkavkastning, är baserade på transparenta metoder publicerade i tidigare studier. Experterna (med veterinärmedicinsk specialistkunskap kring pågående klimatförändring, djurhållningssystem, reproduktion och mikrobiologi) har utgått från en omfattande litteraturstudie vid urvalet av denna metodik.

Kunskapsluckorna för att basera denna riskbedömning på vetenskapligt belagda beräkningsmetodiker inbegriper osäkerheter om hur värmestress påverkar svenska mjölkkor, såväl kortsiktigt som långsiktigt. Bedömningarna är också osäkra pga osäkerheter i förutsägelseerna av indata till bedömningarna för 2025, t ex vädrets inomdygnsvariationer.

En komplett Riskanalys som också inbegriper sannolikheten för att en värmebölja inträffar inbegriper meteorologiska bedömningar som faller utanför vår studie. En grov bedömning av oss föreslår dock att sannolikheten är stor för att en Värmebölja-Medel inträffar, och liten för en Värmebölja-Extrem, år 2025.

## **4.2. Omvärldsscenario, Hot, Åtgärd och Effekt**

De yttre förutsättningarna för riskanalysen definieras av att de rådande förhållandena och trenderna i vår omvärld, och att dessa består de närmaste kommande åren (<5år). Två av krisscenerierna för mjölkproduktionen utgår dock från ett framtidsscenario för ca 2025. (Tabell 4.2a)

Under de förutsättningar som definieras av omvärldsscenerierna antas de biofysiska hoten inträffa (Tabell 4.2b). För att mildra effekterna av hoten på produktionen antas det att åtgärder vidtas enligt Tabell 4.2c. De beräknade effekterna på spannmåls- respektive mjölkproduktionen varierar mycket mellan olika krisscenerier och olika åtgärdsalternativ, och är allmänt större för spannmålen än mjölken vilket kan ha en förklaring i att mjölkproduktionen variera betydligt mindre mellan år (Tabell 4.2d).

**Tabell 4.2a. Omvärldsscenario:**

Kortfattad beskrivning av omvärldsscenario för respektive krisscenario

Krisscenario	Omvärldsscenario
Spannmål	
Radioaktivt-nedfall	Ett mycket omfattande radioaktivt utsläpp från ett kärnkraftverk har inträffat i Sverige eller närliggande land under en tio-dagarsperiod på sommaren. Vädret är ogynnsamt och spannmålsarealen utsätts för omfattande radioaktivt nedfall
Virus-i-spannmål	I år upptäcks omfattande angrepp av jordburna virus på spannmålen. Vädret har varit gynnsamt för virusets utveckling. Tidigare år har angreppen förbisetts genom att förklaras med andra orsaker.
Herbicid-resistens	Renkavle och åkerven utvecklar resistens mot alla herbicider som är möjliga att använda i höstsådesodling pga stadiga förändringar av växtodlingssystemen som gynnar ogräsen och ökar herbicidanvändningen. Samtidigt saknas det en utveckling av nya herbicider och herbicidresistens är ett ökande problem i Europa.
Extremt-sommarväder	Extrem-sommar: -Torka och värme under juni och juli (Torr-sommar). -Vid skörd mycket stora regnmängder (Regnig-sensommar)
Mjök	
Leptospiros-utbrott	-Det är år 2025 (ca) och de allra flesta mjölkorna i Västra Götalands och Uppsala län hålls på bete enligt nuvarande föreskrifter. Under dessa förutsättningar har Leptospira hardjo introducerats till Sverige via livdjursimport och spridits till vilda idisslare samtidigt som det är en varm försommar, häftiga åskregn och översvämmade beten.
Foderimport-stopp	-Fodret till mjölkorna består i normala fall till ca hälften av grovfoder (hö, ensilage, bete och halm). Den övriga hälften består till ungefär lika delar spannmål och annat kraftfoder, räknat på dess torrvt. -Tillgången på foder på världsmarknaden upphör i början av juni och pågår åtminstone ett år. Lagren av importerat foder räcker i ca två månader. -De uteblivna importerade andelarna av foderstaten (främst "annat kraftfoder") ersätts så långt som möjligt med inhemsk utfodring.
Värmebölja – mjök	-Det är år 2025 (ca) och de allra flesta mjölkorna i Västra Götalands och Uppsala län finns i naturligt ventilerade stallar och hålls på bete enligt nuvarande föreskrifter. Under dessa förutsättningar inträffar kraftiga värmeböljor.

**Tabell 4.2b. Hot:**

Kortfattad beskrivning av hot för respektive krisscenario.

Krisscenario	Hot
Spannmål	
Radioaktivt-nedfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Knappt hälften av Sveriges spannmålsintensiva odlingsområden drabbas av radioaktivt nedfall.</li> <li>-Händelsen inträffar då grödorna går över i sin kärnfyllnadsfas</li> <li>-Kontaminerat mark- och växtmaterial samt arbetsmiljö</li> </ul>
Virus-i-spannmål	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Oklara symtom som delvis påminner om närings- eller vattenbrist</li> <li>-Virusen har spritts och etablerats i större områden</li> <li>-Omfattande virusangrepp på spannmålsgrödorna.</li> <li>-Viruset etableras i Sverige och finns kvar i åkerjorden årtionden framöver</li> <li>-Resistent växtmaterial saknas.</li> <li>-Viss areal tas ur spannmålsproduktion.</li> <li>-Resistent ersättningsorter ger inte stabil produktion</li> <li>-Virusen förändras genetiskt vilket leder till att resistensen försämras</li> </ul>
Herbicide-resistens	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Stor andel renkavle och åkerven i höstsäd</li> <li>-Tillämpning av anti-resistens strategier som sänker skördenivåer</li> <li>-Höstsädsareal ersätts med vårsäd, alternativt med en annan gröda.</li> </ul>
Extremt-sommarväder	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hämmad axanläggning samt kort och torr kärn- och mognadsfas.</li> <li>-Hämmad tillväxt pga dålig vattentillgång.</li> <li>-Fuktiga förhållanden vid skördetid.</li> <li>-Stora arealer skördas inte.</li> <li>-Ökad känslighet i händelse av att extremt väder inträffar även påföljande år.</li> </ul>
Mjolk	
Leptospiros-utbrott	<ul style="list-style-type: none"> <li>Två alternativa hot i form av nyinfektion med Leptospira hardjo sker för:</li> <li>-(i) 5% av mjölkbesättningarna (Utbrott-Medel)</li> <li>-(ii) 10% av mjölkbesättningarna (Utbrott-Stor)</li> <li>- I dessa tidigare oinfekterade besättningar infekteras 90% av de lakterande korna.</li> </ul>
Foderimport-stopp	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sojabönsprodukter och palmkärnkaka saknas helt i mjölkornas foderstat.</li> <li>-Alla fetter från oljepalm utgår.</li> <li>-Majsprotein och potatisprotein i foder utgår.</li> <li>-Rapsprodukter reduceras med 45% och Sockerbetsprodukter med 30%.</li> <li>-Mineraler, kalk och salt reduceras med drygt 20%.</li> <li>-Krafftoderalternativen blir "svagare"</li> <li>-Ett fosforöverskott uppstår jämfört med dagens foderstat.</li> <li>-Djurhälsan äventyras för högpresterande mjölkkor.</li> <li>-Minskad tillgång på inhemskt foder i händelse av dåliga inhemska skördar.</li> </ul>
Värmebölja – mjölk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Två alternativa hot i form av värmestressnivåer inträffar pga:</li> <li>-(i) fyra värmeperioder (totalt 13 dagar; Värmebölja-Medel)</li> <li>-(ii) sex värmeperioder (totalt 21 dagar, Värmebölja-Extrem)</li> </ul>

**Tabell 4.2c. Åtgärd:**

Kortfattad beskrivning av åtgärder för respektive krisscenario.

Krisscenario	Åtgärd
Spannmål	
Radioaktivt-nedfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fastställa vilka arealer som är starkt, mellan respektive svagt kontaminerade</li> <li>-Överväga skörd innan utsläppet når åkern</li> <li>-Välja bland åtgärder: Deponera eller plöja ner grödan djupt, gödsla med kalium, låta grödan växa vidare och använda den som bränsle</li> <li>-Jordbruksmark läggs i träda</li> </ul>
Virus-i-spannmål	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kontakt med forskning, växtförädling, rådgivare och övrig expertis</li> <li>-Skyddszoner införs för att förhindra spridningen av virus i jord</li> <li>-Planer och information upprättas för omhändertagande av skördad vara mm.</li> <li>-Resistensundersökningar hos värdväxterna införs i svensk sortprovning</li> <li>-Resistenta sorter som odlas i Nordtyskland börjar odlas i Sverige</li> <li>-Viss areal ersätts med alternativa grödor som ej påverkas av viruset</li> </ul>
Herbucid-resistens	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Information om herbicidens effektivitet sprids via Decision Support Systems.</li> <li>-IPM (Integrerad ogräsbekämpning) och andra åtgärder vidtas för att minska risker för fortsatt resistensutveckling.</li> <li>-Höstsädesareal ersätts med vårsäd</li> </ul>
Extremt-sommarväder	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Torkanläggning torkar upp en viss andel av skörden</li> <li>-Bortrensning av små kärnor för att minska mykotoxinhalten i spannmålsparter</li> </ul>
Mjolk	
Leptospiros-utbrott	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Specifika kompensatoriska åtgärder har inte beaktats vid bedömningarna.</li> <li>Möjliga åtgärder skulle kunna vara antibiotikabehandling, djuren hålls inomhus, stängs av områden, vaccination, bekämpning av gnagare, undvika naturlig betäckning, prov på individuella djur, uppföljande prover på tankmjölk, samt att kor och får/små kameldjur separeras på beten.</li> </ul>
Foderimport-stopp	<p>Fyra åtgärdsalternativ analyseras, var för sig:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Alternativ 1 (spannmål): Sveriges spannmålsproduktion görs fullt ut tillgänglig för mjölkprodukter. Utebliven importerad foderspannmål ersätts med inställd export.</li> <li>-Alternativ 2 (Andras foder): Andra djurslags foder omfördelas till mjölkprodukter.</li> <li>-Alternativ 3 (Drank): Drank från bioenergiproduktion ersätter uteblivet kraftfoder.</li> <li>-Alternativ 4 (Kombination): Samtliga Alternativ 1-3 vidtas i olika utsträckning samt att markanvändningen ändras så att en större andel kraftfoder odlas i Sverige</li> </ul>
Värmebölja – mjölk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Specifika kompensatoriska åtgärder har inte beaktats vid bedömningarna.</li> <li>Möjliga åtgärder skulle kunna vara minskad exponering utomhus, förbättrad stallventilation, avkylning med vatten, och alternativa lösningar för strömedel i liggbås, tillgång på dricksvatten och fodersammansättning.</li> </ul>

**Tabell 4.2d. Effekt:**

Kortfattad beskrivning av effekter för respektive krisscenario.

Krisscenario	Effekt
Spannmål	
Radioaktivt-nedfall	-En viss andel av produkterna kan användas till livsmedel respektive foder, resten destrueras. -En viss andel av odlingsarealen måste tas ur produktion
Virus-i-spannmål	-Skördeförstörningar på 30-70% observeras i mottagliga sorter. -Alla spannmålsslag drabbas. -Nästa års spannmålsskörd förväntas bli lika låg. -Normaltillståndet kan ligga långt fram i tiden. -Förändringar i odlingssystemet (växtföljder, grödor). -Nedläggning av odlingsenheter. -Mer årsmånskänslig produktion av nya sorter jämfört med tidigare -Fortsatta skördeförstörningar pga avtagande resistens hos sorterna
Herbicid-resistens	-Minskade hektarskördar av spannmål pga ökad mängd ogräs, införandet av IPM och att höstsädesodlingar ersätts med vårsäd eller andra grödor.
Extremt-sommarväder	-Torr-sommar: Skördar minskar med 5 - 25% i Skåne. -Regnig-sommar: Skördar minskar med 5 - 30% både i Skåne och Uppland. -I skördad spannmål förekommer mykotoxiner.
Mjolk	
Leptospiros-utbrott	Reduktionen av mjölkproduktionen på länsnivå är mindre än en procent, även för det större leptospiros-utbrottet.
Foderimport-stopp	-Alternativ 1 (Spannmål): Mjölkproduktionen minskar med ca 5-15%. -Alternativ 2 (Andras foder): Mjölkproduktionen minskar med ca 5-15%. -Alternativ 3 (Drank): Mjölkproduktionen minskar med 0-5%. -Alternativ 4 (Kombination): Mjölkproduktionen minskar mindre än i de övriga alternativen; 0-5%.
Värmebölja – mjölk	Reduktionen av mjölkproduktionen på länsnivå är i storleksordningen några procent, för båda nivåerna på värmebölja.



### 4.3. Risk - Konsekvens och Sannolikhet

Vår riskanalys (som är mycket osäker; vi kommer tillbaka till det senare) föreslår att om ett radioaktivt nedfall sker över en region får det helt säkert extrema konsekvenser för dess spannmålsproduktion (Tabell 4.3a). Ett omfattande angrepp av jordburna virus orsakar en måttlig eller stor konsekvens. En utvecklad herbicidresistens hos ogräsen orsakar en liten till måttlig konsekvens. En extremt torr sommar kan ett år orsaka en stor konsekvens och ett annat år ingen alls. Likaledes orsakar en Regnig-sensommar i ca hälften av fallen ingen konsekvens, men för de resterande fallen kan alla grader av konsekvenser uppstå. För mjölkproduktionen orsakar alla hot en liten till måttlig konsekvens. Vad avser ett importstopp av foder är detta fallet under förutsättning att flera olika åtgärdsprogram kombineras. Om fokus läggs på endast ett åtgärdsprogram ökar risken väsentligt (Tabell 4.3a).

**Tabell 4.3a. Risk:**

Skattade sannolikheter (%) ( $\Sigma = 100\%$ ) för en viss konsekvens för spannmåls- respektive mjölkproduktionen pga hot orsakade av olika krisscenarier, givet att Hoten och Åtgärderna inträffar. Värderingen avser konsekvenser på en regional nivå.  $N_m$  = antalet modeller.  $N_s$  = antalet bedömningsutfall (skattningar) som sannolikhetsfördelningen är baserad på (- = ingen uppgift). M = typ av modell som används för skattningen av effekter (utfall) (E = Expert, O = Observation för den typ av fall riskbedömningen avser, Ox = Observation för liknande fall). Notera att alla värden är mycket osäkra, och vissa extra osäkra.

<b>Konsekvens (K)</b>	<b>Ingen</b>	<b>Liten</b>	<b>Måttlig</b>	<b>Stor</b>	<b>Ex-trem</b>	<b><math>N_m</math></b>	<b><math>N_s</math></b>	<b>M</b>
<i>SVT = Spannmål</i>								
Radioaktivt-nedfall <sup>3</sup>	0	0	0	0	100	1	1	Ox
Virus-i-spannmål	0	0	50	50	0	1	2	Ox
Herbicidresistens <sup>3</sup>	5	45	45	5	0	$\leq 2$	-	E
Extremt-sommarväder: Torr-sommar <sup>1</sup>	50	0	0	50	0	1	2	O
Regnig-sensommar <sup>2</sup>	60	10	20	5	5	1	22	O
<i>SVT = Mjök<sup>4</sup></i>								
Leptospiros-utbrott: <i>Medel</i>	0	100	0	0	0	1, $\leq 2$	1, -	M, E
<i>Stor</i>	0	100	0	0	0	1, $\leq 2$	1, -	M, E
Foderimport <sup>5</sup> : Alternativ 1 (Spannmål)	0	0	20	75	5	$\leq 3$	-	E
Alternativ 2 (Andras foder)	0	0	20	75	5	$\leq 3$	-	E
Alternativ 3 (Drank)	5	10	60	25	0	$\leq 3$	-	E
Alternativ 4 (Kombination)	10	20	70	0	0	$\leq 3$	-	E
Värmebölja-mjök <i>Medel</i>	0	100	0	0	0	1	1	M
<i>Extrem</i>	0	10	90	0	0	1, $\leq 2$	1	M, E

<sup>1</sup> Malmöhus län; <sup>2</sup> Malmöhus och Uppsala län; <sup>3</sup> Extra osäkra värden; <sup>4</sup> Notera, olika konsekvensskalor för mjök jämfört med spannmål (Tabell 3.1.3a); <sup>5</sup> Foderimport-stopp

Hur trovärdiga är dessa förutsägelser av risker? Det underlag vi har för att bilda oss en uppfattning om detta består av antalet modeller ( $N_m$ ; när det gäller expertmodeller avses antalet Experter) och antalet skattningar ( $N_s$ ) som ligger till grund för analysen. Modellernas prediktionsförmåga har vi dock inte något mått på. Vi kan endast ange med vilken typ av modell som skattningarna har gjorts (M). Skattningarna för scenarierna Radioaktivt-nedfall och Virus-i-spannmål har gjorts genom att anta analogi mellan observationer för liknande fall på andra ställen, eller för en annan period, men som skiljer sig i något avseende vad avser förutsättningar jämfört med vårt fall (Ox i Tabell 4.3a). För scenariot Värmebölja-mjölk är skattningarna baserade på en beräkning med en ”mekanistisk” modell, vilket också är fallet för scenariot Leptospiros-utbrott men som i något steg också inkluderar en expertbedömning. Skattningarna för Herbicidresistens och Foderimport-stopp scenarierna är gjorda av Experter och det är oklart hur förklaringsmodellerna som redovisas i respektive krisscenario använts för de kvantitativa bedömningarna, kanske främst därför att en begränsad experttid ej möjliggjort en detaljerad analys (E i Tabell 4.3a). I fallen med Extremt-sommarväder (spannmål) bygger skattningarna på observationer för de områden som riskbedömningen avser, och det har antagits en analogi mellan hur stor risken varit de senaste drygt tjugo åren och hur de kommer att bli den närmaste framtiden (O i Tabell 4.3a). I samtliga fall saknas det mått på modellernas förutsägelsetförmåga och det är svårt att bilda sig en uppfattning om trovärdigheten. I vårt fall är dessutom antalet skattningar mycket få vilket gör trovärdigheten låg, alternativt ej bedömningsbar.

#### Tabell 4.3b. Risk:

Skattade sannolikheter (%) ( $\Sigma = 100\%$ ) för en viss konsekvens på spannmålsproduktionen pga hot orsakade av olika krisscenarier, inkluderat sannolikheter för att Hoten och Åtgärderna inträffar. Värderingen avser konsekvenser på en regional nivå.  $N_m$  = antalet modeller.  $N_s$  = antalet bedömningsutfall (skattningar) som sannolikhetsfördelningen är baserad på (- = ingen uppgift). M = typ av modell som används för skattningen av effekter (utfall) (E = Expert, O = Observation för samma typ av fall som riskbedömningen avser). Notera att alla värden är mycket osäkra, och vissa extra osäkra.

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	$N_m$	$N_s$	M
<b>SVT = Spannmål</b>								
Radioaktivt-nedfall <sup>3</sup>	94	3	2	1	1	≤ 4	-	E
Virus-i-spannmål	60	20	10	4	1	≤ 4	-	E
Extremt-sommarväder:								
Torr-sommar <sup>1</sup>	97	0	0	3	0	1	52	O
Regnig-sensommar <sup>2</sup>	75	10	10	3	2	1	104	O

<sup>1</sup> Malmöhus län; <sup>2</sup> Malmöhus och Uppsala län; <sup>3</sup> Extra osäkra värden

Om vi går utanför systemavgränsningen för vår studie och dessutom beaktar sannolikheten för att hoten inträffar så minskar risken betydligt, dvs sannolikheten för att SVT råkar ut för allvarliga konsekvenser minskar. Vad avser exempelvis hoten mot spannmålsproduktionen föreslår våra grova skattningar att i ett till två fall (t ex år) av hundra orsakar dessa en extrem konsekvens, men för de allra flesta fallen blir konsekvensen ingen. För Virus-i-spannmål och Regnig-sensommar finns dock fortfarande en betydande sannolikhet att det blir någon grad av negativ konsekvens, medan för Radioaktivt-nedfall och Torr-sommar är denna sannolikhet mindre än fem procent (Tabell 4.3b). Dessa bedömningar går alltså utanför vårt expertområde, vilket gör våra bedömningar osäkra. För de övriga krisscenerierna är sannolikhetsbedömningarna för att hoten kan inträffa ännu osäkrare och redovisas inte här, i två fall beroende på att de också inkluderar en bedömning av utvecklingen till år 2025 (se vidare Appendix 3).

Hur Experterna resonerat (expertmodellerna) vid bedömningarna av sannolikhetsfördelningarna i Tabellerna 4.3a-b ovan, finns redovisat under rubriken "Riskbedömning" i respektive krisscenario i Appendix 3.

#### **4.4. Kunskapsluckor**

Vilka delar av riskbedömningen bedömer vi brister pga ett litet vetenskapligt underlag, och vilka potentiella åtgärder ser vi som skulle kunna öka vår förmåga att anpassa produktionen om ett hot blir verklighet och som skulle behöva forskas på?

Gemensamt för alla riskbedömningar i vår studie är bristen på vetenskapligt testade metoder (modeller) för att kvantifiera effekter av ett hot på produktionen och osäkerheter i dessa kvantifieringar. I vår analys har t ex i inget fall använts processbaserade grödmodeller. Följaktligen brister det vad avser metodiker som kan ge ett stort antal skattningar av konsekvensen och som kan bilda ett underlag för en sannolikhetsfördelning. Detta tillsammans med uppskalningen från den lilla skalan till regional och nationell nivå är gemensamma problem för alla krisscenerier, liksom hur vi ska jämföra resultat från modeller med olika förutsäggelseförmåga. I övrigt är de flesta kunskapsluckorna specifika för respektive scenario (Tabell 4.4).

#### **4.5. Följdhändelser**

Vår riskanalys har identifierat ett antal tänkbara Följdhändelser, men som faller utanför systemavgränsningen för studien. Dessa utgör underlag för frågeställningar som andra studier har till uppgift att besvara. Många av de hot vi analyserat kan leda till betydande ekonomiska konsekvenser för det enskilda företaget, vilket i sin tur utgör

**Tabell 4.4. Kunskapsluckor:**

Kortfattad beskrivning av kunskapsluckor för respektive krisscenario

Krisscenario	Kunskapsluckor
<b>Spannmål</b>	
Radioaktivt-nedfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Beräkningar av halten radioaktiva ämnen i spannmål behöver förbättras.</li> <li>-Förklara stora variationer i experimentella data med alternativa modeller.</li> <li>-Förbättra vår förmåga att förutse effekter av olika åtgärder</li> <li>-Vilka alternativa kvantifieringsmodeller finns för bedömningar</li> <li>-Kärnkraftsolyckor i vår omvärld behöver studeras vad avser dess effekter på produktionen.</li> </ul>
Virus-i-spannmål	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hur sprids viruset i växten?</li> <li>-I vilken utsträckning angrips olika grödor?</li> <li>-Hur representativ är en undersökning om strit-burna virus för jordburna virus?</li> <li>-Hur mycket areal "tas ur bruk" året efter ett omfattande virusangrepp?</li> <li>-Hur fort återhämtar sig skörden och till vilka nivåer? Litteraturstudie?</li> <li>-Vilka alternativa kvantifieringsmodeller av skördeförkluster finns?</li> <li>-Finns det utländska studier av omfattande angrepp på nationsnivå som är relevanta för Sverige?</li> <li>-Hur beräknas skördeförkluster för större områden, från fält till nation?</li> </ul>
Herbicid-resistens	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hur påverkas ogräs av konkurrens, allelopati, skuggning respektive reducerad jordbearbetning?</li> <li>-Vilka modeller finns som kan prediktera effekter av ogräsförekomst eller IPM på spannmålskördar, och hur väl överensstämmer prediktionerna med observationer?</li> <li>-Vilka prediktioner av skördeändringar pga ogräsförekomst och/eller IPM finns gjorda, där ogräsförekomst och vidtagandet av IPM kan anses bero på att herbicidresistens utvecklats hos ogräsen? Vad förutser dessa prediktioner?</li> </ul>
Extremt-sommarväder	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Testa grödmodeller för att beräkna effekter av att flera extremväder inträffar samma år?</li> <li>-Hur stor är vädrets roll för skördens hygieniska kvalitet?</li> <li>-Hur stora är effekterna av Extremt-sommarväder för olika odlingsregioner i Sverige?</li> <li>-Hur kan vi använda modeller för att analysera effekterna av extremväder för olika marktyper?</li> <li>-Hur påverkar pågående klimatförändringar effekterna av Extremt-sommarväder?</li> <li>-Det statistiska underlaget och väderindexen behöver bli bättre.</li> <li>-Hur kan vi använda "Impact response surface analysis" och olika grödmodeller för att beskriva osäkerheterna i bedömningarna och sannolikheten för en viss skördeminskning?</li> <li>-Vilka egenskaper ska grödor ha för att motstå Extremt-sommarväder bättre?</li> </ul>
<b>Mjök</b>	
Leptospiros-utbrott	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Det saknas data och metodik för att med någorlunda säkerhet spekulera kring effekten av kompensatoriska åtgärder.</li> <li>-Det finns endast svaga/obefintliga data kring sannolikheten för att ett leptospiros-utbrott kan bli verklighet.</li> <li>-Utbrottets omfattning (andel nyinfekterade besättningar) på regionnivå år 2025 är svårbedömt. Hur kan denna skattning bli säkrare?</li> </ul>
Foderimport-stopp	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Effekten på mjölkproduktionen av att mineralämnen minskas behöver studeras noggrannare.</li> <li>-Hur representativa är slutsatser för 20 mjölkkor för effekter på nationell nivå (300000 mjölkkor)? Hur skalar man upp resultat från lokala experiment till nationell nivå?</li> <li>-Kvantifieringar av hur mycket mjölkproduktionen påverkas av att importerat kraftfoder ersätts med spannmål behöver förbättras.</li> <li>-Hur mycket påverkas mjölkproduktionen av att importerat kraftfoder ersätts med foder som finns tillgängligt från andra djurslag?</li> <li>-Hur mycket påverkas mjölkproduktionen av att importerat kraftfoder ersätts med drank?</li> <li>-Vad blir effekten av ett foderimport-stopp om alla åtgärdsalternativen kombineras?</li> <li>-Hur stora är osäkerheterna i bedömningarna och hur beror dessa på alternativa teorier och/eller bristande information?</li> <li>-Till vilken grad beror osäkerheterna i förutsägelseerna på att effekterna av ersättningsutfodringen är slumpmässiga? Kan vi få grepp om slumpfaktorn?</li> </ul>
Värmebölja – mjölk	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Effekterna av värmestress på mjölkkor av svenska mjölkkoraser, på kort och lång sikt.</li> <li>-Tillförlitlig statistik saknas över hur många och när på dygnet kor hålls på bete.</li> <li>-För bedömningar av effekter år 2025 behöver betydelsen av bristande information utvärderas vad avser tidsmässig och geografisk klimatvariation, väderleksvariationer under dygnet och djurstallarnas utförande och standard.</li> <li>- I vilken utsträckning kan man erhålla bättre information om förutsättningarna 2025?</li> <li>- Möjligheter för och effekter av åtgärder för att minska värmestress hos mjölkkor.</li> <li>- Skatta indirekta negativa effekter på mjölkproduktionen till följd av t ex ökad sjuklighet.</li> </ul>

**Tabell 4.5. Följdhändelser:**

Följdhändelser som faller utanför systemavgränsningen för denna studie

Krisscenario	Följdhändelser
<b>Spannmål</b>	
Radioaktivt-nedfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Höga halter av radioaktivt cesium kan finnas i mjölk.</li> <li>-Vilka gränsvärden ska sättas för att undvika överföring till den mänskliga näringskedjan?</li> <li>-Vilka alternativa användningar finns det för kontaminerad spannmål?</li> <li>-Kontaminerade spannmål som deponeras ger avfallsproblem.</li> <li>-Finns det tillräckliga resurser för att kunna genomföra åtgärderna?</li> <li>-Risker för lantbrukarna som arbetar i kontaminerade områden.</li> <li>-Djur som måste flyttas, slaktas eller avlivas.</li> <li>-Vi behöver vidareutveckla samarbeten mellan samhällsinstitutioner.</li> </ul>
Virus-i-spannmål	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Svårigheter att odla vissa grödor kvarstår under en mycket lång tid.</li> <li>-Brist på spannmål påverkar produktion och tillgång på livsmedel och foder.</li> <li>-Ökat importbehov av spannmål.</li> <li>-Ökad känslighet för utvecklingen på världsmarknaden.</li> <li>-Försämrade inkomster för spannmålsnäringen.</li> <li>-Fåskyndad nedläggning av odlingsmark.</li> <li>-Det blir dyrt att införa resistensundersökningar i svensk sortprovning.</li> </ul>
Herbucid-resistens	-
Extremt-sommarväder	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Brist på spannmål och djurfoder och ev. ransonering.</li> <li>-Noggranna kontroller av spannmål vad avser halter av mykotoxiner.</li> <li>-Produktionsstörningar drabbar bryggerinäringen.</li> <li>-Skörd måste kasseras och kan användas till bränsle.</li> <li>-Jordbruksföretag går i konkurs.</li> <li>-Igenväxning av mark.</li> <li>-Minskad spannmålsexport och behov av ökad spannmålsimport.</li> </ul>
<b>Mjök</b>	
Leptospiros-utbrott	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mastitincidensen ökar sekundärt till det akuta utbrottet.</li> <li>-Fertiliteten sjunker, fler inseminationer krävs, kor slås ut.</li> <li>-Kornas livstidsproduktion reduceras pga fertilitetsstörningar och förlängt kalvningsintervall.</li> <li>-Ökad andel ofrivilligt utslag av kor vilket leder till sänkt medellålder i besättningen.</li> <li>-Antalet rekryteringskvigor blir inte tillräckligt stort för att optimera gårdens produktion.</li> <li>-Smittspridning till lantbrukaren.</li> <li>-Försämrade ekonomi för mjölkföretagen</li> </ul>
Foderimport-stopp	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ökad sjuklighet bland kor pga nutritionsbrister och acetonemi.</li> <li>-Mjökbrist i livsmedelsförsörjningen.</li> <li>-Betesmarksarealen förändras.</li> <li>-Miljöeffekter: Val av foderråvara påverkar biologisk mångfald samt användningen av energi, mark och bekämpningsmedel.</li> <li>-Fosforöverskott i foderstaten ger mer fosfor i organiskt gödselmedel.</li> <li>-Foderpriserna kan antas öka.</li> <li>-Krafftoder till andra djurslag minskar.</li> <li>-Behov av "reserv" spannmålsodlingar för mjölkproduktionen.</li> <li>-Spannmål som ersättningsfoder kan begränsa tillgången på spannmål till bioenergi.</li> </ul>
Värmebölja – mjök	-Försämrade ekonomi för mjölkföretagen.

hot mot produktionen. För denna analys krävs dock socioekonomisk expertis. Vi ser här också kopplingar mellan krisscenarier som är av biofysisk karaktär, t ex kan foder kontaminerat med radioaktivt cesium, vilket är en konsekvens av krisscenario Radioaktivt-nedfall, utgöra ett hot för mjölkproduktionen. Trots att detta senare hot faller innanför systemavgränsningen för vår studie har vi inte analyserat det pga begränsad tid. För mer detaljer avseende krisscenarier, se Appendix 3.

## 5. Diskussion och slutsatser

Gemensamt för alla riskanalyser i denna studie är en tydlig avsaknad av vetenskapligt testade modeller för hur vi skattar konsekvensen av ett visst biofysiskt hot mot spannmåls- respektive mjölkproduktionen. Riskbedömningen avser alltid en extrapolering in i en framtid som vi ännu inte kunnat observera. Att vi saknar dessa modeller innebär inte att vi kan påstå att vi inte kan göra sådana skattningar bra. Vi har många Expertmodeller som troligen/möjligen gör bra skattningar, men vi kan inte säga att vi vet att dessa skattningar är bra förrän vi har testat dem vetenskapligt och beskrivit dem transparent. Ordet ”bra” är här ett vagt uttryck som behöver kvantifieras i termer av med vilken sannolikhet förutsägelsen är korrekt. Det är allmänt stora brister i underlaget för att kvantifiera sannolikheten i skattningen av konsekvensen. Flera alternativa modeller (processbaserade, statistiska, Experter, mm) behöver testas mot observationer för att få en uppfattning om på vilket sätt osäkerheten i vårt vetenskapliga kunnande påverkar denna sannolikhet. Dessa kunskapsluckor gäller i stort sätt samtliga krisscenarier som vi behandlat i denna studie. Riskanalyser av klimatförändringseffekter utgör här ibland undantag i den mån de tillämpar flera olika vetenskapligt testade modeller för att beräkna ett stort antal möjliga effekter av ett givet klimatförändringsscenario på t ex skörden av höstvetete (AgMIP 2014, COST-action 734). Dessutom använder dessa bedömningar ofta alternativa klimatscenarier (dvs hot) för att också belysa effekten av osäkerheten i indata. Vi har försökt följa samma principiella bedömningssteg (Figur 3.2b), men med väsentligt mindre transparenta bedömningsmetoder. I vår analys av krisscenariot ”Extremt-sommarväder – spannmål” skulle vi teoretiskt kunnat ha använt ett flertal alternativa processbaserade modeller, men vi valde en väsentligt mer tidseffektiv metod, eftersom vår studie avser främst att strukturera riskanalysen och att identifiera kunskapsluckor.

### 5.1. Hot

Vi kan inte avgöra om hoten vi valt är de värsta tänkbara för spannmåls- respektive mjölkproduktionen, t ex har vi inte utvärderat svampsjukdomars effekter på grödorna, och inte heller alla aspekter av foderkvalitetens effekter på mjölkproduktionen. Bland de hot vi utvärderat kan vi kanske ana att konsekvensen kan vara störst för ett radioaktivt utsläpp men att sannolikheten för att hotet inträffar är mindre än för de andra hoten.

Många hot har också fallit utanför systemavgränsningen för vår studie. T ex. är produktionens påverkan på miljö och ekosystemfunktioner i sig ett biofysiskt fenomen men dess återverkan på produktionen tros främst gå via lagstiftning, skatter, bidragssystem mm som är av socioekonomisk karaktär. Detsamma gäller hot om bristande kunskapsförmedling, problem med rekrytering av lämplig personal, kostsamma djurskyddsregler mm.

För att identifiera allvarliga biofysiska hot mot spannmåls- respektive mjölkproduktionen måste en analys av respektive hot göras. Det är mycket troligt att vi inte lyckats identifierat de allvarligaste hoten i vår studie. För att lyckas med det krävs troligen att forskningen inom respektive lantbruksvetenskapsdisciplin kontinuerligt värderar potentiella hot. Vår studie har dels strukturerat hur en sådan analys bör utföras för att ge ett begripligt mått på risken, dels visat på behovet av att flera testade modeller används vid analysen.

## **5.2. Åtgärd**

Problemställningar relaterade till vidtagandet av åtgärder utgör centrala forskningsområden vid SLU. Åtgärder är per definition till viss del av socioekonomisk karaktär, men när väl beslutet om åtgärder tagits är många av biofysisk karaktär, t ex bevattningens effekt på koncentrationen av radioaktiva ämnen, herbicidanvändningens utveckling av herbicidresistens och alternativa fodermedels effekt på mjölkproduktionen. Inom alla dessa områden behöver förutsäggelseförmågan dokumenteras bättre och troligen också förbättras.

## **5.3. Effekt**

Vetenskapliga studier av effekter av hoten på en regional eller nationell nivå är sällsynta i jämförelse med studier för enskilda fält och djurbesättningar. Då uppstår problemet med att skala upp resultat av studier på en mycket liten skala till den större skalan där mark-, väder- och andra förhållanden är olika dem där experimenten utförts. Det uppstår också frågor om regioner är oberoende av varandra och vi kan addera (medelvärdesbilda) resultaten, eller om regioner samspelar, och i så fall, hur skattar vi det? I Sverige används sådana här metodiker vad avser beräkningar av näringsutlakning till Östersjön (t ex Johnsson m fl, 2008) och kolinlagring i åkermark (Andrén m fl, 2004; 2008; Lokupitya m fl, 2012) kopplat till utvärderingar av beräkningarnas noggrannhet (t ex Blombäck m fl, 2013). För studier av växtproduktionens beroende av biofysiska faktorer (t ex väder) i Sverige tillämpas sällan processbaserade uppskalningsmetodiker, medan på Europainivå används, t ex inom klimatförändringsstudier, många alternativa klimatmodeller respektive gröd-



modeller, vilka bildar underlag för strategiska beslut inom t ex forskning om Europas framtida livsmedelsförsörjning (FACCE-JPI, 2014).

Det tydligaste resultatet från vår studie är dock avsaknaden av modeller inom respektive disciplin för att förutse effekter givet att ett hot inträffar, som också ger oss ett mått på prediktionens säkerhet. Detta gäller även modeller för den lilla, lokala skalan, som sedan ska ligga till grund för en uppskalning till större områden. Slutsatsen blir att forskningen måste inriktas mot att testa prediktionsmodeller mot observationer för att kunna bidra till en vetenskapligt baserad riskanalys. Säkerheten i förutsägelseerna kan också begränsas av att modellerna inte beaktar vissa faktorer. T ex behöver det troligen utredas hur gårdsstorleken påverkar hur hoten påverkar produktionen och vilka åtgärder som kan vidtas, vilket aktualiseras av att gårdsstorleken har förändrats kraftigt de senaste årtiondena (A. Wästfelt, SLU, muntlig kommunikation). I t ex. krisscenariot *Leptospiros*-utbrott har en relativt enkel ansats använts i brist på data på besättningsnivå (Appendix 3). Allmänt finns alternativa prediktionsmodeller tillgängliga inom de flesta disciplinerna. I vilken mån modellerna behöver vidareutvecklas och kan användas för riskbedömning bestäms av tester mot observationer och behovet av noggrannhet i förutsägelseerna.

## 5.4. Riskbedömning

Riskbedömningen består dels av bedömningar av konsekvenser, dels av bedömningen av en sannolikhetsfördelning. Konsekvensbedömningen avsåg från början produktionen på nationell nivå. I inget av våra krisscenarier har vi dock erhållit ett värde på effekten på nationell nivå, utan i bästa fall på regional nivå. Av det skälet har vi i de flesta fallen blivit tvungna att ändra definitionen av den skyddsvärda-tillgången till att gälla den regionala produktionen.

Skattningen av sannolikheten är i grunden samma problematik som bedömningen av konsekvensen, med den skillnaden att bedömningen ska göras mer än för endast en förutsättning. Skillnader i förutsättningar kan bero på att det finns olika teorier (modeller) för hur hoten påverkar SVT, att tillgänglig information passar modellerna olika, och att olika modellanvändare tolkar informationen olika. För att få ett bra mått på sannolikheten måste många konsekvensbedömningar utföras som täcker spridningen i dessa förutsättningar. Det finns olika metodiker för det, såsom att använda alternativa processbaserade modeller (se t ex Palosuo m fl, 2013), statistiska distributionsmodeller, enstaka experiment mm, som alla har det gemensamt att de måste testas mot observationer. Om modellerna har olika förutsägelseförmåga (vilket de alltid har) uppstår frågan om hur respektive konsekvensvärden ska vägas i förhållande till varandra vid bestämningen av sannolikhetsfördelningen. Vi har inget förslag på hur detta kan ske.



Sannolikheterna för att hoten inträffar och åtgärderna vidtas har vi definierat ligga utanför systemavgränsningen för vår studie. För hoten är skälet främst att deras inträffande till stor del bestäms av socioekonomiska faktorer ("Foderimport-stopp", "Radioaktivt-nedfall", "Herbicidresistens") och/eller av naturvetenskapliga faktorer vars forskning i huvudsak ligger utanför SLUs verksamhetsområde ("Extremt-sommarväder" och "Värmebölja-mjolk"). Ett undantag är i viss mån hotet "Virus-i-spannmål" vars spridning mellan fält till stor del beror på faktorer av biofysisk karaktär och som är en del av SLUs forskningsområden, men som i vår studie behandlats lika som de andra hoten av praktiska skäl. Vi har, trots detta, i vissa fall tillåtit oss göra mycket grova skattningar om sannolikheterna att hoten inträffar, varvid i allmänhet risken minskar väsentligt (t ex för "Radioaktivt-nedfall").

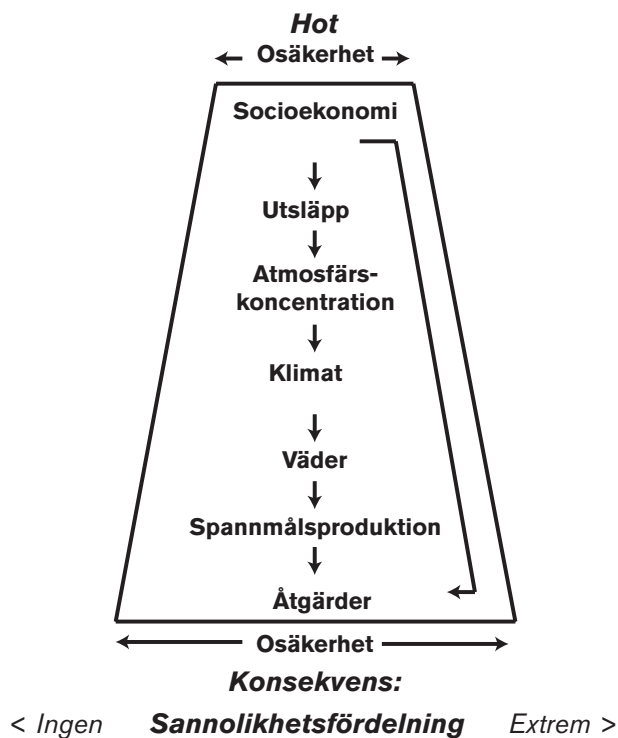
Sannolikheterna för att åtgärderna inträffar, och konsekvensen av dom, utgör som sagt centrala frågeställningar inom SLUs forskningsverksamhet (t ex inom växt- och djurproduktion) men även dessa har fallit utanför vår systemavgränsning.

## 5.5. Kunskapsluckor

Den viktigaste kunskapsluckan för att forskningen ska kunna bidra till en vetenskapligt baserad riskanalys är, som sagt, bristen på prediktionsmodeller som testats mot observationer och vars förutsägelserförmågor är kända. I de fall vi använt beräkningsmodeller har vi inte beaktat något osäkerhetsmått, utan utgått från att de beräknade effekterna på produktionen är korrekta. Vad avser t ex Regnig-sensommarindexets förutsägelser av spannmålsproduktionen resulterade detta i en spridd sannolikhetsfördelning för konsekvenserna (Tabell 4.3a). Detta kan alternativt tolkas som en hypotestestning och att detta index har låg prediktionsförmåga som behöver utvecklas, förslagsvis genom att kompletteras eller ersättas med hypoteser (grödm modeller) som kan beräkna dynamiska samspelseffekter orsakade av varierande förutsättningar i temperatur-, solinstrålning- och nederbördsförhållanden under växtsäsongen.

En annan gemensam kunskapslucka hos konsekvensbedömningarna i denna studie är bristen på systematiska metoder för att skala information i rummet, t ex från lokal skala till regional eller nationell nivå, eller vice versa. Det finns systematiska angreppssätt utvecklade för denna typ av skalning vad avser bedömning av t ex klimatets påverkan på grödors produktion (t ex van Bussel m fl, 2011; Zhao m fl, manuskript) som skulle kunna implementeras för svenska förhållanden och eller utnyttjas inom andra ämnesområden.

Osäkerheter i bedömningar beror dels på osäkerheter i enskilda bedömningar, dels på att flera bedömningar behöver göras. Inom klimatförändringsforskningen har detta illustrerats som en kedja av skattningar från ett hot som har sitt ursprung i samhällsutvecklingen som i sin tur orsakar utsläpp av växthusgaser, som sedan ökar växthus-



Figur 5.5. Illustration av ökad osäkerhet med antalet bedömningssteg vid skattningar av klimatförändringseffekter (anpassad från New & Hulme, 2000; Refsgaard m fl, 2013; Montesino-San Martin, 2014). De tre sista leden ingår i vår studie.

gaskoncentrationer, som sedan påverkar det storskaliga klimatet, som sedan påverkar lokalklimatet och vädret, som sedan påverkar grödorna, och som till sist påverkar vilka åtgärder som vidtas. Dessutom ska återkopplingar mellan de olika nivåerna skattas.

Varje skattning är behäftad med osäkerheter beroende på att det finns flera alternativa modeller och att varje modell erhåller flera alternativa indata, vilket till slut leder fram till en sannolikhetsfördelning för konsekvensen (Figur 5.5).

Att på ett transparent sätt beskriva motsvarande kedja av osäkerheter i bedömningar för andra typer av hot mot spannmåls- respektive mjölproduktionen kräver omfattande forskning.

Osäkerheter i en enskild förutsägelse beror dels på hur säkra indata (t ex väder eller sortegenskaper) till modellen är, dels på hur säkert modellen (t ex en grödmodell) bedömer effekten av dessa indata. Resultatet blir osäkerheter i förutsägelsen (dvs i utdata, t ex skörd). Ett ofta använt mått på osäkerhet i förutsägelser är MSE "mean squared error", dvs summan av de kvadrerade avstånden mellan de olika förutsägelseerna och den observation som ska beräknas. Att det förekommer ett flertal förutsägelser beror oftast på osäkerheter i indata vilket gör att ett flertal alternativa indata behöver användas (alternativt kan en sannolikhetsfördelning av dessa beskrivas med en funktion som i sin tur ska testas mot observationer av indata). MSE delas i sin tur upp i en "bias"-term ("icke-noggrannhet"), dvs hur mycket förutsägelseerna i medeltal avviker från observationen, och en varians-term ("icke-precision"), dvs variationen mellan de enskilda förutsägelseerna (av den givna observationen) som visar hur modellen bedömer effekterna av osäkerheter i indata (se t ex Montesino-San Martin 2014; Montesino-San Martin m fl, manuskript). Den ideala modellen har en hög

noggrannhet (liten ”bias”) och ger en varians i utdata som motsvarar verkligheten. Ingen av våra riskbedömningar har känt till modellernas MSE. Det återstår alltså att bestämma dessa, och givet att dessa är kända, att utreda hur förutsägelser av modeller med olika MSE ska kombineras vid skattningen av sannolikhetsfördelningen.

Riskbedömningen avser att kunna jämföra risker för olika hot i termer av konsekvens och sannolikhet. I vår studie skulle detta innebära att risken är störst vid ett radioaktivt-nedfall och minst vid ett extremt-sommarväder, av de fyra undersökta hoten mot spannmålsproduktionen (Tabell 4.3a). Vad avser mjölkproduktionen utgör foderimport-stopp största risken i det fall endast ett åtgärdsalternativ används, men risken minskar betydligt om flera alternativ kombineras. Bedömningarna för såväl spannmåls- som mjölkproduktionen är dock gjorda med förutsägelsemodeller vars prediktions säkerhet vi inte har något mått på. Av det skälet kan vi inte dra slutsatser om en risk är allvarligare än en annan.

Sammanfattningsvis behövs allmänt (i) fler förutsägelser av hotens konsekvenser för produktionen, (ii) flera alternativa modeller som har någon form av graderad tillförlitlighet, (iii) tester av hypoteser för uppskalningar från kontrollerade experiment och försök (som avser en liten skala i tid och rum) till regional och nationell skala över flera år, och (iv) utveckling av metodiker för hur sannolikheter för hot, åtgärder respektive konsekvenser kan kombineras till en fördelning av konsekvenser (se t ex Montesino-San Martin m fl, 2014; jmf Figur 5.5), utifrån vilken en integrerad sannolikhetsfördelning kan beräknas. Detta ska sedan ligga till underlag för att föreslå lämpliga åtgärder och forskningsbehov. Dessutom behövs det troligen att fler potentiella biofysikaliska hot analyseras.

## 5.6. Tidsperspektiv

Hur bråttom det är att sätta in åtgärder beror på hur nära förestående hoten är, och våra möjligheter att med åtgärder mildra hoten eller effekterna av dem inom en viss tid. I vår studie har vi utgått från att hoten inträffat, så vad avser hoten så beaktas inte tidsperspektivet. Vad avser åtgärdernas tidsperspektiv så är det beaktat vid bedömningarna av konsekvenserna för produktionen. T ex har vi försökt bedöma hur lång tid det tar att utveckla spannmålssorter som är resistent mot jordburna virus och som samtidigt ger en god skörd i det Skandinaviska klimatet, och hur lång tid existerande foderlager räcker vid ett importstopp. Mått på tidsperspektivet är därmed inbakat i värdena för sannolikheten för att ett givet hot orsakar en viss konsekvens på produktionen.

# 6. Framtida studier

## 6.1. Riskanalyser - samhällsperspektiv

Vår avgränsade ”riskanalys” är mer jämförbar med vad man normalt benämner konsekvensanalys, men utökad med avsikt att göra en osäkerhetsanalys av våra bedömningar. En mer fullständig riskanalys, och termen risk, inbegriper normalt också sannolikheterna för att hot respektive åtgärder inträffar. En mer fullständig riskanalys av ett krisscenario kräver alltså att sannolikheten för att hoten inträffar kan kopplas ihop med sannolikheten för att åtgärderna vidtas, och de sannolika konsekvenser detta orsakar produktionen.

Vi har i vårt krisscenario för ”Extremt-sommarväder – spannmål” (se Appendix 3) berört problemet med hur sannolikheterna på de olika bedömningsnivåerna kan kombineras för att erhålla en fullständig riskanalys. En Torr-sommar inträffar ca 3 ggr per ca 50 år för en enskild region i Sverige, dvs sannolikheten att hotet inträffar är 6%. Torka kan åtgärdas med bevattning. En väldigt liten andel av spannmålsarealen har kapacitet att bevattnas, och givet att hotet (Torr-sommaren) inträffar bevattnas bara en viss andel av spannmålsarealen. Hur stor denna andel är kan bara förutsägas med en viss sannolikhet. Av detta resonemang ser vi att konsekvensen av hotet består av dels en minskad produktion på den areal som inte bevattnas, och en helt annan konsekvens för den areal som bevattnas. För den spannmål som inte bevattnas är sannolikheten ”fifty-fifty” att konsekvensen är ingen, som att den är stor, enligt vår studie (se Tabell 4.3a). Konsekvensen för den bevattnade spannmålen kan vara positiv eftersom den potentiella (ej vattenbegränsade) produktionen kan öka pga att extra soligt väder är vanligt i samband med torka. Sammantaget har vi i detta exempel alltså fyra sannolikhetsuppskattningar (hot, åtgärd respektive två konsekvenser) som behöver göras för att erhålla en fullständig riskanalys från hot till konsekvens för produktionen, varav de två först nämnda oftast huvudsakligen är av socioekonomisk karaktär.

## 6.2. Riskanalyser - tidsperspektiv

Riskanalysen i vår studie har utgått från omvärldsförhållanden som antas vara möjliga under nuvarande förhållanden i samhälle och natur (förutom de två krisscenarier som avser 2025). Med nuvarande förhållanden menas någon form av jämviktsförhållande kring 2012, baserat på det vi redan observerat de senaste åren och det vi bedömer möjligt kan hända de närmaste åren baserat på bl. a. trender i utvecklingen av samhälle och natur.

Risikanalys avseende en mer avlägsen framtid (t ex 2050) kan, teoretiskt, göras på två olika sätt. I något vi här kallar ”jämvikts-analys” antar vi relativt väldefinierade omvärldsförhållanden för en given framtida period som vi kan beskriva med t ex ett medelvärde och en variation kring detta för en viss variabel (t ex ökad medeltemperatur och variation inom och mellan år). Detta är i princip samma metod som vi använt för analysen ovan av den nutida situationen, förutom att vi hoppar framåt i tiden. Då uppstår frågan hur vi hoppar framåt i tiden, vilket i sin tur leder oss in på det andra alternativet där vi analyserar utvecklingen år för år från nu fram till t ex 2050. Denna analys, som vi här kallar ”förlopps-analys”, är den ultimata analysen men är betydligt svårare eftersom den inbegriper skattningar av ett stort antal samspel i ett mycket komplext system, och felaktiga skattningar av positiva respektive negativa återkopplingar under en längre period kan lätt orsaka stora fel i analysen. Av det skälet fokuserar vi nedan vårt resonemang kring ”jämvikts-analysen”, som dock implicit förutsätter en ”förlopps-analys” i någon mening genom att den utgår från alternativa framtidsbilder som måste ha skapats via ett förlopp (även om framtidsbilder oftast kallas framtidsscenarier presenteras de oftast mer som ”jämviktsförhållanden” kring ett givet år).

För att bedöma risken för vår skyddsvärda-tillgång i en mer avlägsen framtid, t ex 2050, måste de omvärldsförhållanden vi antagit för de nuvarande förhållandena uppdateras, dvs utformas i enlighet med de scenarier som finns för socioekonomin och naturen. Därefter kan hot och åtgärder skattas och konsekvenser bedömas och en ny riskanalys för t ex 2050 göras på motsvarande sätt som vi gjort för de nutida omvärldsförhållandena i vår studie. I de två av våra krisscenarier som avser 2025, har denna metodik i viss mån praktiserats.

### **Socioekonomi - framtidsscenarier**

Omvärldsscenarier för socioekonomin ska beskriva de indata som modellerna, som ska bedöma effekterna på produktionen, behöver. Dessa kan t ex vara tillgången på insatsmedel och intresset för avsalu, jordbrukspolitiska åtgärder, miljödirektiv, etc (se t ex Rounsvell m fl, 2005). Det finns ett relativt stort antal socioekonomiska scenarier tillgängliga, framförallt på global nivå, men också på Europa nivå, medan på den nationella (svenska) nivån är de mer sällsynta, och nedskalning till jordbrukssektorn är ännu mer sällsynt (jmf. Fogelfors m fl, 2009; Eckersten m fl, 2007). På global nivå återfinns IPCC's ofta använda växthusgasutsläppsscenarier (A1, A2, B1, B2; Nakicenovic & Swart, 2000) som baserar sig på antaganden om den socioekonomiska utvecklingen. Dessa scenarier utvecklades i syfte att förse klimatmodeller med information om framtida växthusgaskoncentrationer för beräkning av klimatförändringar. Av forsknings- och utredningseffektiva skäl har klimatscenierna på senare tid börjat frikopplas från de socioekonomiska scenarierna som nu utvecklas separat (socio-economic pathways; SSP; O'Neil 2012; ordet pathways antyder att man analyserar förlopp), och i ett senare skede, allteftersom dessa scenarier utvecklas, bildar

underlaget för utsläppsscenarioer (O’Neil and Schweizer 2011; Moss m fl, 2010). IPCC’s A- och B- scenarier, är uppdelade efter dimensionerna globalt kontra regionalt respektive tillväxt- kontra miljöorienterade samhällsutvecklingar. Detta skapar de fyra fallen global-tillväxt (A1), regional-tillväxt (A2), global-miljö (B1) och regional-miljö (B2). SSP karakteriserar istället utvecklingen efter samhällets anpassningsförmåga (”adaptation”; stor kontra liten) respektive miljöhänsyn (”mitigation”; stor kontra liten). Detta ger de fem fallen: Stor anpassning - liten miljöhänsyn, stor anpassning - stor miljöhänsyn, liten anpassning - liten miljöhänsyn, liten anpassning - stor miljöhänsyn, respektive mellan anpassning - mellan miljöhänsyn (O’Neil 2012).

Det finns också socioekonomiska scenarier utvecklade i Sverige för den globala nivån (Öborn m fl, 2012). Dessa fem FA-scenarier är inte presenterade i termer av dimensioner, men två scenarier representerar starkt diametrala utvecklingar av samhälle och natur. ”An overexploited world”-scenariot kan i viss mån liknas vid vad som ofta benämns som ”Business as usual” och är i viss mån jämförbar med IPCC’s A2 scenario. ”A world in balance”-scenariot är i viss mån jämförbar med IPCC’s B1 scenario, och motsvarar i många experters mening en framtid som samhället och dess invånare måste sträva mot för att undvika miljö och socioekonomiska hot som kan få oöverskådliga konsekvenser som följd. Nedan väljer vi att studera detta senare scenario därför att det kanske är troligare än det andra om vi antar att samhället och dess invånare har viljan och förmågan att styra utvecklingen i den riktning dessa experter föreslagit, även om detta scenario, vad avser dess antaganden om växthusgasutsläppen, blir allt mindre sannolikt som tiden går och inga drastiska minskningar av utsläppen sker. ”A world in balance”-scenariot har vidare skalats ned till Europeisk nivå (Tabell 6.2a). Tidshorisonten för scenariot är oklar men troligen 2050 eller senare.

Scenariot analyserar utvecklingen för nio samhällsfaktorer med potentiellt inflytande på jordbrukets ekosystemtjänster (Tabell 6.2a). I jämförelse med FA-scenariot ”An overexploited world” (OW), som kanske kan ses som en vidareutveckling av dagens trender i samhället, skiljer sig ”A world in balance” vad avser mark och vattenresurser, tillgången på insatsmedel i jordbruket, tillgången på vatten, miljöpolitik, jordbrukspolitik och matkonsumtion. I scenariot ”A world in balance” förblir totala arealen odlad mark densamma som idag men mer förskjutet åt östra och norra Europa (i OW ökar arealen). Växtodlingens produktionspotential förbättras (i OW försämras den). Tillgången på insatsmedel blir god och priserna låga och tillgången på vatten blir oförändrad jämfört med idag (i OW minskar den och blir mer ojämn). Priset på energi ökar, fossila bränslen kommer att användas mindre och klimatet blir måttligt varmare än idag (i OW blir klimatet betydligt varmare). Jordbruksstöden blir små och jordbrukspolitiken styrs på global nivå (i OW styrs den på Europeanivå), och köttkonsumtionen minskar jämfört med idag och jämfört med ”An overexploited world” scenariot (OW).

**Tabell 6.2a. FAs framtidsscenario "A world in balance"**

Samhällsfaktorerens värden (kvalitativa) för FAs framtidsscenario "A world in balance" (Framtidens Lantbruk; Öborn m fl, 2012). *Kursiv = faktorer av speciellt intresse för jordbrukets matproduktion.* ( ) = FA-scenariot "An overexploited world". (FA syftar på SLUs forskningsprogram Framtidens lantbruk)

	<b>Faktor</b>	<b>Värde</b>	<b>Kommentar</b>
<b>1</b>	<b>Population</b>		
a	Housing patterns in the regions	High urbanisation; Large cities growing (The same)	Well developed infrastructure and good public and private services
b		Developed rural areas	
c			New technology reduces the importance of workplace location
d	Population size in the regions	Approximately as today	
e	Demographics in the regions	Even age distribution Obelisk (The same)	<i>Many people are actively involved in issues to do with sustainable use of resources, biological diversity</i>
<b>2</b>	<b>Land-water resource availability</b>		
a	Potential grazing and arable land in the regions	<i>Area as today displaced towards eastern Europe (Increased area)</i>	<i>Total cultivated area is unchanged</i>
b	Soil fertility, Production potential, Ecosystem services	<i>Increased (Decreased)</i>	<i>The potential of fertile soils in the east is utilized to the full. Production potential is good</i>
<b>3</b>	<b>Availability of agricultural inputs</b>		
		<i>Good; Low prices (Little; High prices)</i>	
<b>4</b>	<b>Access to water in the regions</b>		
		<i>Access to water as today, distributed as today (Less access, more unevenly)</i>	
<b>5</b>	<b>Environmental policy</b>		
a		<i>Strong environmental policies</i>	<i>The price of energy is high as a policy control measure</i>
b		<i>Environmentally adapted systems</i>	<i>Less use of fossil fuels and used more efficiently</i>
c		<i>Ecosystem services increase</i>	
d		<i>Climate change 1-2°C (3-4°C) globally by 2090</i>	<i>Cultivated area shifted more to the north and east</i>
<b>6</b>	<b>Agricultural policy</b>		
		<i>Global trade agreements replace European agreements (Europe is a protected market)</i>	<i>Agricultural subsidies are small and policies are governed by global agreements</i>
<b>7</b>	<b>Regional power relations</b>		
		<i>Strong supranationalism in Europe (The same)</i>	
<b>8</b>	<b>Economic development</b>		
		<i>Equalized development (The same)</i>	<i>Economic divides between countries are smaller. Many countries influence development.</i>
<b>9</b>	<b>Food consumption</b>		
a		<i>Animal-based 10% (30%) Plant-based 90% (70%)</i>	<i>Animal-based foods have decreased to 10 % of total</i>
b		<i>Beef &amp; lamb 10% (15%) Milk products 35% (35%) Pork&amp;poultry&amp;eggs 25% (40%) Fish &amp; shellfish 30 % (10)</i>	<i>Consumption of fish has increased while pork and poultry decreased</i>



## Natur - framtidsscenarier

Det finns också många framtidsscenarier för världens naturresurser och i t ex Rockström m fl (2009) värderas ett antal som är speciellt hotade, varav klimatet är en. Låt oss här, som ett exempel på framtidsscenario, fokusera på klimatet. Klimatscenarier (vilka har karaktären av "förlopps-analys") utvecklas parallellt med andra scenarier, t ex de socioekonomiska scenarierna (SSP; O'Neil 2012), utifrån ett antal fysiskt definierade växthusgaskoncentrationer i atmosfären (RCP; Representative Concentration Pathways; van Vuuren m fl, 2011). RCPs betecknas i termer av den höjning av strålningsabsorptionseffekten ("radiative forcing") som respektive atmosfärskoncentration orsakar år 2100. Några av de olika RCP:na kan i ett senare skede kopplas till ett utsläppsscenario som är konsekvensen av ett visst socioekonomiska scenarier (SSP). "Radiative forcing" utgår från skillnader som uppkommit sedan förindustriell tid, och år 2000 var den  $2.0 \text{ W/m}^2$ . "Radiative forcing" ökar snabbt och dagens nivå är ca  $2.5 \text{ W/m}^2$ . Fram till år 2100 förutses den öka till 2.6, 4.5, 6.0 och  $8.5 \text{ W/m}^2$  för respektive RCP (Moss m fl, 2010). Dessa RCP är relativt jämförbara med de tidigare växthusgasscenarierna för IPCC: s A- och B-utsläppsscenarier (IPCC, 2000). T ex är klimatscenarier baserade på A1b-scenarier ofta ganska jämförbara med dem baserade på RCP  $4.5 \text{ W/m}^2$  scenarier (där 4.5 alltså syftar på år 2100). FA-scenariot "A world in balance" motsvarar troligen RCP  $2.6 \text{ W/m}^2$ , som innan det sjunker till  $2.6 \text{ W/m}^2$  år 2100 överstiger  $3 \text{ W/m}^2$  år 2050.

Klimatscenarier baserade på dessa växthuseffektsscenarier görs på en globalnivå med en upplösning på kanske över  $250 \text{ km} \times 250 \text{ km}$  stora områden (t ex Montesino-San Martin m fl, 2014) vilket är en mycket grövre upplösning än vad grödmodellerna, som ska värdera effekten på grödors produktion för enskilda fält, är utvecklade och testade för (jmf Hoffman m fl, 2014). Av det skälet skalar man ned de globala klimatscenarierna till mindre områden ( $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$  eller mindre) mha regionala klimatmodeller (t ex, SMHI 2011). Hur dessa data används för att bedöma effekten på grödans produktion, varierar. Den vanligaste metoden har varit att endast använda de beräknade förändringarna i klimatet och att dessa adderas/multiplieras till de observerade (rådande) vädervariablerna (delta-metoden; t ex Eckersten & Kornher 2012). En annan metod ersätter det observerade vädret med "syntetsikt väder" beräknat med en vädergenerator kalibrerad mot observerat väder. Klimatförändring införs sedan genom att modifiera vädergeneratorns indata (se t ex Semenov m fl, 2010). En tredje metod använder de faktiska temperaturvärdena etc, som klimatscenarierna levererar, som direkta indata till bedömningarna av effekter på grödan. Till ca 2050, bedöms sommartemperaturen öka med i storleksordningen  $1^\circ\text{C}$  enligt simuleringar med den regionala klimatmodellen RCA4 för RCP-scenariot  $4.5 \text{ W/m}^2$ , i stort sett lika över hela Sverige (SMHI, 2014). Sommarnederbörden beräknas öka med 5-15%, mest i Svealand och Norrland utmed vilkas Östersjökuster ökningen kan bli 15-20%. Detta är ett medelvärde från nio globala klimatmodellers beräkningar. Spridningen i modellernas projektioner är stor, speciellt för södra och



sydvästra Götaland, där bara fem av nio modeller föreslår ökad nederbörd till 2100, medan för Svealand och Norrland föreslår i stort sett alla modeller en ökad nederbörd (SMHI, 2014). På motsvarande sätt används många olika grödmodeller för att bedöma osäkerheter orsakat av att vi ej vet exakt hur en gröda reagerar på väder (se t ex Palosuo m fl, 2011).

### **Risakanalys - framtidsscenarioer**

Hur skulle våra krisscenarier i Appendix 3 ändras om utgångspunkten skulle vara FAs framtidsscenarioer, istället för de nutida omvärldsscenarioerna? Låt oss spekulera kring hur ett framtidsscenario motsvarande "A world in balance" (Tabell 6.2a) skulle kunna ändra vår riskanalys av krisscenariot "Extremt-sommarväder - spannmål" (Tabell 4.2a), dock utan att vi gör någon nedskalning av detta scenario till svenska förhållanden (annat än för klimatförändringar; se ovan).

Den odlade marken förutspås till år 2050 ha förskjutits åt östra och norra Europa (punkt 2a i Tabell 6.2a). Detta skulle kunna påverka storleken på Sveriges spannmålsproduktion (den skyddsvärda-tillgången). Men effekterna av hotet "Extremt-sommarväder" (uttryckta i relativa termer) påverkas nog inte. Att växtodlingens produktionspotential kan komma att förbättras t ex genom ökad bördighet (2b) kanske kan mildra effekterna av torka (detta kräver dock noggrannare analyser för att kunna kvantifieras). Att tillgången på insatsmedel kan bli god och priserna låga (3) torde, om de är på dagens nivå, inte påverka riskanalysen. Att tillgången på vatten kanske förblir oförändrad jämfört med idag (4) innebär egentligen en minskad möjlighet att genom bevattning mildra effekterna av torka, eftersom bevattningsbehovet kan öka pga att den potentiella avdunstningen ökar vid ett varmare klimat. Att priset på energi kanske ökar och fossila bränslen används mindre (5a, b) strider i viss mån mot att insatsmedel kan bli billigare (enligt 3 ovan), men torde göra det dyrare att t ex torka en fuktig skörd, vilket påverkar åtgärderna vid en Regnig-sensommar.

Att ekosystemtjänster kan komma att öka (5c) innebär allmänt att spannmålsproduktionen torde bli mer motståndskraftig mot hot. I vårt fall skulle det kunna minska effekterna av torkan (liksom i fallet för bördighet ovan) men en riktig analys kräver mer information om vilka ekosystemtjänster det är frågan om och i vilken utsträckning de ändras. Att klimatet troligen blir måttligt varmare med något mer nederbörd än idag (5d) innebär att Torr-somrar kan bli något mer frekventa och intensivare, liksom Regniga-sensomrar. Även om förändringarna av medelförhållanden troligen inte blir stora är det osäkert hur extremväder förändras. Att jordbruksstöden kanske blir små och jordbrukspolitiken styrs på global nivå (7) påverkar troligen inte riskanalysen nämnvärt; möjligen vad avser vilka åtgärder som kommer att vidtas. Den förmodade minskade köttkonsumtionen (9) påverkar troligen riskanalysen av krisscenariot "Extremt-sommarväder - spannmål" ännu mindre (se Tabell 6.2b).

Det återstår att beräkna effekterna på spannmålsproduktionen för att bedöma risken för densamma i en framtid som karaktäriseras av "A world in balance". För detta krävs att förändringarna i hot och åtgärder i förhållande till nuvarande situation kan specificeras i kvantitativa termer, varefter analysen av krisscenariot kan göras på motsvarande sätt som vi gjort i vår studie.

**Tabell 6.2b. Riskanalys för framtidsscenarioet "A world in balance"**

Förändringar av riskanalysen för "Extremt-sommarväder – spannmål" pga av att omvärldsförhållanden bestäms av framtidsscenarioet "A world in balance" (Tabell 6.2a) istället för dagens situation.

<b>Krisscenario:</b>	<b>Extremt-sommarväder</b>	
	<b>Nutid</b>	<b>Framtid</b>
Omvärldscenario	-Torr-sommar -Regnig-sensommar -Nutida växtodlingskötsel	-Torr-sommar (förstärks mkt lite) -Regnig-sensommar (förstärks mkt lite) -Växtodlingskötsel (nya grödsorter, skötselutrustning och rutiner) -Ökad koldioxidhalt i atmosfären.
Hot	-H1. Hämmad axanläggning samt kort och torr kärn- och mognadsfas. -H2. Hämmad tillväxt pga dålig vattentillgång. -H3. Fuktiga förhållanden vid skördetid. -H4. Stora arealer skördas inte. -H5. Ökad känslighet i händelse av Extrem-sommar även påföljande år.	-H1, H2 och H3 förstärks något pga klimatförändring. -H1 kan mildras genom nya grödsorter. -H2 kan mildras något pga ökad koldioxidhalt i atmosfären. -H4 förstärks möjligen lite, men kan samtidigt mildras av teknikutvecklingen.
Åtgärder	-Torkanläggning torkar upp en viss andel av skörden	-Torkning fördyras pga högre pris på energi. -Bevattning ökar pga av teknikutveckling och större behov. -Nya sorter (t ex mer torktåliga) -Förändrad odlingsmetod ( t ex tidigare sådd)
Effekter	-Spannmålsskördar minskar med 5 – 25% i Skåne - Spannmålsskördar minskar med 5 – 30% både i Skåne och i Uppland. - Mykotoxiner i skörden.	-Nya bedömningar av effekter behövs som funktion av de förändrade hoten och åtgärderna.

## 7. Referenser

- AgMIP, 2014. The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project. (<https://www.agmip.org/>)
- Andrén O., Kätterer T., Karlsson, T., 2004. ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 231–239
- Andrén O., Kätterer T., Karlsson, T., Eriksson J., 2008. Soil C balances in Swedish agricultural soils 1990–2004, with preliminary projections. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81:129–144
- Blombäck K., Duus Børgesen C., Eckersten H., Giéczewski, M., Piniewski, M., Sundin S., Tattari S., Väisänen S., Eds., 2013. Productive agriculture adapted to reduced nutrient losses in future climate – Model and stakeholder based scenarios of Baltic Sea catchments. (<http://www.balticcompass.org/PDF/Reports/WP5-Productive-agriculture-adapted-to-reduced-nutrient-losses-in-future-climate.pdf>)
- COST-action 734. Impacts of Climate Change and Variability on European Agriculture. ([www.cost734.eu](http://www.cost734.eu))
- Djurle A., 2013. Krisscenarier 2013 med anknytning till växtproduktion – Rapport av uppdrag från Livsmedelsverket i projektet Sektoriell risk- och sårbarhetsanalys av livsmedelskedjan 2015. Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU, Uppsala
- Eckersten H, Andersson L, Holstein F, Mannerstedt Fogelfors B, Lewan E, Sigvald R, Torssell B, 2007. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige (Evaluation of climate change effects on crop production in Sweden). Bilaga 24 i: Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter, SOU 2007:60, Bilagedel B, bilaga B 23–27: 26–277. (summary in English) (<http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>)
- Eckersten, H., Kornher, A., 2012. Klimatförändringars effekter på jordbrukets växtproduktion i Sverige – scenarier och beräkningssystem. (Climate change impacts on crop production in Sweden – scenarios and computational framework). Report No 14, Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 62 pp (In Swedish with English summary). ([http://pub.epsilon.slu.se/8590/1/eckersten\\_h\\_120208.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/8590/1/eckersten_h_120208.pdf))
- FACCE-JPI, 2014. The Joint Research Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change (<https://www.faccejpi.com/>)

FOI, 2014. Antagonistiska hot mot foderkedjan. En studie utförd av FOI på uppdrag av Jordbruksverket. FOI Memo 4977. 57 sidor.

Fogelfors H., Wivstad M., Eckersten H., Holstein E., Johansson S., Verwijst T., 2009. Strategic Analysis of Swedish Agriculture - Production systems and agricultural landscapes in a time of change (Swedish title of parent project: Framtidsanalys av svenskt jordbruk - Odlingssystem och jordbrukslandskap i förändring (FANAN)). Report No 10, Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 68 pp (<http://pub.epsilon.slu.se/4626/>)

Försvarmakten, 2009. Försvarmaktens gemensamma riskhanteringsmodell. Försvarets bok- och blankettförråd, Stockholm. 195 sidor.

Jalava, K, Ollgren J, Eklund M, et al, 2011. Agricultural, socioeconomic and environmental variables as risks for human verotoxigenic *Escherichia coli* (VTEC) infection in Finland. BMC Infectious diseases. Vol. 11, Article Number: 275 DOI: 10.1186/1471-2334-11-275

IPCC, 2000. IPCC Special Report on Emissions Scenarios. ([http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml))

IPCC, 2014. Intergovernmental panel on climate change. WGII AR5 Final Drafts (accepted). (<http://ipcc-wg2.gov/AR5/report/final-drafts/>)

JBV, SCB, 2013. Jordbruksstatistik årsbok 2013. Jordbruksverket. SCB-tryck, Örebro

JBV, 2014a. Jordbruksverkets hemsida. EU:s marknadsreglering för spannmål. (<http://www.jordbruksverket.se/>)

JBV, 2014b. Jordbruksverkets hemsida. Handel med mjölk och mjölkprodukter. (<http://www.jordbruksverket.se/>)

Johnsson, H., Larsson, M., Lindsjö, A., Mårtensson, K., Persson, K. and Torstensson, G., 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005. Naturvårdsverket Rapport 5823, 153 pp.

Hoffmann H, Zhao G, van Bussel L, Enders A, Specka X, Sosa C, Yeluripati J, Tao F, Constantin J, Teixeira E, Grosz B, Doro L, Nendel C, Kiese R, Raynal H, Eckersten H, Haas E, Kuhnert M, Lewan E, Bach M, Kersebaum K-C, Roggero PP, Rötter R, Wallach D, Krauss G, Siebert S, Gaiser T, Wang E, Zhao Z, Ewert F. 2014. Effects of climate input data aggregation on modelling regional crop yields. FACCE MACSUR Mid-Term Scientific Conference 'Achievements, Activities, Advancement. April 1-3(+4), 2014, University of Sassari, Sardinia, Italy.

Knox J.W., Hurford, A., Hargreaves, L., Wall, E., 2012. Climate change risk assessment

- for the Agricultural sector. Defra and others (Defra = Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK). 224 pages
- Knox J.W., Wade S, 2012. Assessing climate risks to UK agriculture – Correspondence. *Nature climate change*. vol 2 ([www.nature.com/natureclimatechange](http://www.nature.com/natureclimatechange))
- Montesino-San Martin, M. 2014. Uncertainties in Agricultural Impact Assessments of Climate Change. University of Copenhagen. Department of Plant and Environmental Sciences, Denmark, (PhD thesis) 88 pp.
- Montesino-San Martin, M., Olesen, J.E., Porter, J.R. 2014. A genotype, environment and management (GxExM) analysis of adaptation in winter wheat to climate change in Denmark. *Agricultural and Forest Meteorology*, 187, 1-13 pp.
- Montesino-San Martin, M., Olesen, J.E., Porter, J.R. (manuscript). Can crop-climate models be accurate and precise? A case study for crop production in Denmark. *Agricultural and Forest Meteorology*. (accepted November 2014)
- Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, Carter TR, Emori S, Kainuma M, Kram T, Meehl GA, Mitchell JFB, Nakicenovic N, Riahi K, Smith SJ, Stouffer RJ, Thomson AM, Weyant JP, Wilbanks TJ, 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessments. *Nature* 463, 747-756
- Nakicenovic N, Swart R (eds) (2000) *Emissions Scenarios 2000*. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, 570 pp
- Öborn, I., Magnusson, U., Bengtsson, J., Vrede, K., Fahlbeck, E., Jensen, E.S., Westin, C., Jansson, T., Hedenus, F., Lindholm, Schulz, H., Stenström, M., Jansson, B., Rydhmer, L., 2011. *Five Scenarios for 2050 – Conditions for Agriculture and land use*. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences. ISBN: 978-91-576-9032-6. ([www.slu.se/framtidenslantbruk](http://www.slu.se/framtidenslantbruk))
- Öborn, I., Bengtsson, J., Hedenus, F., Rydhmer, L., Stenström, Vrede, K., Westin, C., Magnusson, U., 2013. Scenario Development as a Basis for Formulating a Research Program on Future Agriculture: A Methodological Approach. *Ambio*, Vol. 42(7), 823-839
- Palosuo T, Kersebaum KC, Angulo C, Hlavinka P, Moriondo M, Olesen JE, Patil RH, Ruget F, Rumbaur C, Takáč J, Trnka M, Bindi M, Çaldağ B, Ewert F, Ferrise R, Mirschel W, Şaylan L, Šiška B, Rötter R, 2011. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: A comparison of eight crop growth models. *European Journal of Agronomy*. 35:103-114
- Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der

- Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley JA, 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472-475
- Rounsvell, M. D. A., Ewert, F., Reginster, I., Leemans, R., and Carter, T. R. 2005. Future scenarios of European agricultural land use II. Projecting changes in cropland and grassland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107 (2-3), 117-135.
- Semenov M, Donatelli M, Stratonovitch P, Chatzidaki E, Baruth B (2010) ELPIS: a dataset of local-scale daily climate scenarios for Europe. *Climate research*, 44, 3-15.
- SLV, JBV, 2008. Riskklassificering i primärproduktionen – foder- och livsmedelskedjan, erfarenhetsmodul. Rapport, del II. Rapport från Livsmedelsverket och Jordbruksverket. 32 sidor + appendix
- SLV, JBV, SVA, 2008. Riskklassificering i primärproduktionen – foder- och livsmedelskedjan. Rapport, del I. Rapport från Livsmedelsverket, Jordbruksverket och Statens Veterinärmedicinska Anstalt. 88 sidor + appendix
- SMHI, 2011. (<http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/scenariodata/1.6200>)
- SMHI, 2014. (<http://www.smhi.se/klimatdata/Framtidens-klimat/Klimatscenarier/Europa?area=swe&var=t&sc=rcp85&seas=ar&dnr=0&sp=sv&sx=0&sy=233#area=swe&dnr=99&sc=rcp45&seas=som&var=t>)
- SOU, 2007. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, SOU 2007:60 (<http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>)
- Sundström, J. F., Albihn, A., Boqvist, S., Ljungvall, K., Marstorp, H., Martiin, C., Nyberg, K., Vågsholm, I., Yuen, J., Magnusson, U., 2014. Future threats to agricultural food production posed by environmental degradation, climate change, and animal and plant diseases - a risk analysis in three economic and climate settings. *Food Security* 6:201-215
- van Bussel LGJ, Ewert F, Leffelaar PA, 2011. Effects of data aggregation on simulations of crop phenology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142 (1-2), Pages 75-84
- van Vuuren DP, Edmonds J, Kainuma M, Riahi K, Thomson A, Hibbard K, Hurtt GC, Kram T, Krey V, Lamarque J-F, Masui T, Meinshausen M, Nakicenovic N, Smith SJ, Rose SK, 2011. The representative concentration pathways: an overview.

Climatic Change (2011) 109:5–31

Zhao G, Hoffmann H, Van Bussel LGJ, Enders A, Specka X, Sosa C, Yeluripati J, Tao FL, Constantin J, Teixeira E, Grosz B, Doro L, Zhao Z, Nendel C, Kiese R, Raynal H, Eckersten H, Haas E, Wang E, Kuhnert M, Trombi G, Bindi M, Lewan E, Bach M, Kersebaum KC, Rötter R, Roggero PP, Wallach D, Krauss G, Siebert S, Gaiser T, Ewert F (manuscript) Effect of weather data aggregation on regional crop simulation for different crops, production conditions, and response variables. *Clim Res* (submitted 2014)

# Appendix 1: Författarbidrag och arbetsordning

Huvudredaktör, författare av gemensamma delar och redaktör för spannmålsproduktionsanalyser: Henrik Eckersten.

Redaktör för mjölkproduktionsanalyser: Ulf Magnusson

Krisscenario	Författare
Radioaktivt-nedfall	Annemieke Gärdenäs, Klas Rosén, Annika Djurle, Henrik Eckersten
Virus-i-spannmål	Annika Djurle, Anders Kvarnheden, Jonathan Yuen, Henrik Eckersten
Herbicidresistens	Lars Andersson, Henrik Eckersten
Extremt-sommarväder – spannmål	Annika Djurle, Alfredo de Toro, Elisabet Lewan, Libère Nkurunziza, Dietrich von Rosen, Henrik Eckersten
Leptospiros-utbrott	Renée Båge, Ulf Magnusson
Foderimport-stopp	Rolf Spörndly, Ivar Vågsholm, Henrik Eckersten
Värmebölja-mjök	Ann Albihn, Jan Hultgren

Henrik Eckersten har varit avlönad för att utföra studien medan alla övriga Experter har utfört sina insatser inom ramen för sina respektive ordinarie tjänster mot en mindre ersättning (ca en veckas arbetstid per krisscenario). Arbetsordningen har varit:

- Definition av uppdraget
- Möte med riskhanteraren, ca 5 möten
- Strukturera studien
- Ett omfattande internt arbete av redaktören.
- Rekrytering till Analysfunktion

Inbjudan till workshops har skickats i två omgångar per mail till hela Framtidens lantbruks sändlista. Inbjudan till workshops har skickats ut till de Experter som anmält intresse per mail. Presentation av uppdraget vid Framtidens lantbruks höstkonferens 2013. Två workshops, ett för spannmålsproduktionen och ett för mjölkproduktionen, varvid hot identifierats, intresserade och tillgängliga Experter rekryterats

- Riskanalyser
- Omfattande arbete och kommunikation mellan enskilda experter och redaktörerna
- Presentation av resultat vid FAs höstkonferens 2014.
- Rapportskrivning



# Appendix 2:

## Hotkategorier

Hotkategorier och hot som diskuterats och/eller analyserats i denna studie.

Hot huvudkategori:	Hot underkategori:	Krisscenario
1) Markförstöring	a) Soil fertility	
	b) Soil structure	
2) Kemiska och radioaktiva föroreningar:	a) Nuclear accidents	X
	b) Organic contaminants and metals	
	c) Phosphate fertilizers	
	d) Microbial pollution of soil and water	
3) Växtskadegörare och sjukdomar:	a) Newly arrived plant pathogens	X
	b) Diseases under CC	
	c) Weeds under CC	
	d) Resistance to herbicide	X
4) Skadedjur och sjukdomar på djur:	a) Transboundary diseases	X
	b) Diseases under CC	
	c) Resistance to antibiotics	
	d) Animal health	
5) Extrema väderhändelser:	a) Storms, flooding, water logging, humid	X
	b) Drought	X
	c) Heat waves and incidents	X
	d) Soil erosion	
	e) Combinations of weather events	
6) Gradvisa klimatförändringar:	a) Vegetation period	
	b) Critical temp. or levels of precip.	
	d) Average temperature and [CO <sub>2</sub> ]	
	e) Water demand	
	f) Water resources	
	7) Andra ekosystemfunktioner:	a) Biodiversity
8) Insatsvaror:	a) Fodder	X
	b) Electricity	

# Appendix 3:

## Krisscenarier

Här presenteras sju krisscenarier i sin helhet (fyra för spannmålsproduktionen och tre för mjölkproduktionen). Notera att flertalet av värdena som anges i detta avsnitt är mycket osäkra och i vissa fall fiktiva. Värden som vi inte har kunnat värdera (inte ens grovt) är angivna med "XX". Se kapitel 3.2 (Riskanalys av krisscenarier) för beskrivning av hur analyserna är strukturerade.

### A.3.1. Radioaktivt-nedfall - Spannmål

*Annemieke Gärdenäs, Klas Rosén, Annika Djurle, Henrik Eckersten*

Utgångspunkt för denna riskanalys är ett krisscenario av Djurle (2013).

#### Omvärldsscenario

En lördag morgon i mitten av juli meddelas via nyheterna att en olycka i ett kärnkraftverk har inträffat i Sverige (t.ex. Oskarshamn) eller närliggande land (t.ex. i Baltikum eller Ryssland). Man vet att en stor mängd radioaktivitet redan har läckt ut och befarar att situationen kommer att förvärras. Utsläppet startade troligen redan under fredagskvällen men eftersom de som skötte anläggningen i första hand försökte förhindra utsläppen och sätta lokalbefolkningen i säkerhet, prioriterades inte informationen till omvärlden. Utsläppet är av värsta graden, motsvarande det i Tjernobyl 1986 (7 på INIS-skalan), och pågår i ca 10 dagar och under denna tid är väderleksförhållandena sådana att risken för nedfall på svensk jordbruksmark är stor. Radioaktivt nedfall sker på en stor andel av Sveriges spannmålsareal och vid en tidpunkt då grödan ännu inte är mogen att skörda.

I Sverige är det semestertid och det är bara ett fåtal myndighetspersoner i tjänst. Nästan alla "tjänstemän i beredskap" är dock nåbara. Strålsäkerhetsmyndigheten tar ledningen och initiativet allteftersom personal spåras och kallas hem från semester. Det här är en kris av mycket stor omfattning och något som inte bara påverkar jordbruksproduktionen och livsmedelskedjan. Händelsen drabbar både stad och land.

De gränsvärden för livsmedel och foder som gäller i detta fall är de som fastställts av EU (←Få7).

### Hot innan Åtgärd

-H1. Rådande vindriktning är mot svenska odlingsområden och nederbörd innebär att ca 0.5 Mha av Sveriges spannmålsintensiva odlingsområden drabbas av radioaktivt nedfall. (←Fh2)

-H2. Under förvarningstiden är det främsta hotet ett nära förestående nedfall av radioaktivt jod, cesium och strontium på gröda. (←Fh1)

-H3. Händelsen inträffar ungefär då spannmålsgrödorna går över i sin kärnfyllnadsfas. (←FE5)

-H4. Efter det att nedfallet ägt rum är det kontaminerad mark- och växtmaterial samt arbetsredskap och arbetsmiljö som utgör hotet.

-H5. Nedfallet finns överallt i Sverige vilket minskar tillgängligheten till naturen i allmänhet .

### Effekt innan Åtgärd

-H4 → Vilka halter av radioaktiva ämnen återfinns i växten?

-H4 → Spannmålsprodukter från området får begränsad användning;  $XX_1$  % kan användas som livsmedel,  $XX_2$  % till foder, och resten måste destrueras. (←FE8)

-H4 → Knappt hälften av Sveriges odlingsmark för spannmålsproduktion måste tas ur bruk för att den är för starkt kontaminerad. (←FE7)

-H4 → Den mest akuta fasen omfattar minst en vecka (troligen längre), men även resten av odlingssäsongen är att betrakta som en akut fas. Jodisotoper har halverats efter drygt en vecka. Den akuta efterfasen varar i flera månader och att komma tillbaka till ett normaltillstånd dröjer många år. (←Fh3)

### Åtgärd

-H1-H4 → *Strategi*: En av de viktigaste strategierna är att fastställa (genom att provta och mäta gröda och mark) vilka arealer som är starkt, mellan respektive svagt kontaminerade. Utifrån detta kan det bedömas vilka åtgärder som bör sättas in (←Få1, 1b). Dessa åtgärder vidtas enligt följande:

-H2 → *Under förvarningstiden (innan nedfallet)*: Om utsläppet sker i Sverige sker ingen skörd därför att tiden är för knapp för en snabb skörd. Om utsläppet sker utanför Sverige och nära skördetid övervägs snabb skörd av foder och andra produkter. (←Få5)

-H4 → *Efter nedfallet (1:a året)*: För en viss andel ( $XX_3$  %) av den kontaminerade spannmålsarealen vidtar man motåtgärder. Av denna areal slår man av grödan på  $XX_4$  % av arealen och ”komposterar” den (deponi), plöjer ner grödan, dock djupt på  $XX_5$  % av arealen, gödslar med kalium på  $XX_6$  %, låter grödan växa vidare och använder

den som bränsle på  $XX_7$  %, eller lägger  $XX_8$  % av arealen i träda en tid. Om nedfallet sker i juli kan det vara svårt att genomföra några åtgärder innan skörd som innebär att grödorna kan räddas för livsmedels- eller foderproduktion. ( $\leftarrow Få6$ )

-H5  $\rightarrow$  *På lång sikt: Jordbruksmarken läggs i träda tillsvidare.*

### Hot efter Åtgärd

Hoten kvarstår efter åtgärderna, men effekterna av dem har mildrats ( $\leftarrow Få6$ ).

### Effekt efter Åtgärd

Typen av effekter är desamma som innan åtgärder vidtogs, men en osäkerhet råder om effekterna av åtgärder ( $\leftarrow FE9$ ). Effekterna har mildrats vad avser:

-H4  $\rightarrow$  *Vilka halter av radioaktiva ämnen återfinns i växten?* ( $\leftarrow FE1-5$ )

-H4  $\rightarrow$   $XX_9$  % av spannmålsprodukterna kan användas till livsmedel, och  $XX_{10}$  % till foder, och andelen som måste destrueras har minskat. ( $\leftarrow FE8$ )

-H4  $\rightarrow$  En  $XX_{12}$  andel av Sveriges odlingsmark måste tas ur bruk vad avser spannmålsproduktion. ( $\leftarrow FE7$ )

### Riskbedömning

I denna studie fokuseras effekterna, dvs vi skattar sannolikheten för att en viss effekt på spannmålsproduktionen uppstår, givet att ett radioaktivt nedfall inträffat och åtgärder vidtagits. Ett nedfall som skett i en viss region, och dessutom skett under odlings-säsongen, bedöms orsaka att odlade grödor tar upp så mycket radioaktivt cesium och strontium ( $FE5$ ) att årets spannmålsskörd ej kan användas för livsmedel eller foder ( $Få7$ ), och att kontaminerad mark ej går att använda för spannmålsproduktion för flera år framöver ( $FE7$ ). Vi saknar observerade data på omfattningen av denna effekt på regional nivå ( $\rightarrow Kr3$ ), men den bedöms kunna orsaka en minskning av regionens spannmålsproduktion med mer än 30 %, dvs en extrem konsekvens (se Tabell 3.1.3a i Material och metoder), även beaktat att alla grader av kontaminering troligen återfinns i regionen ( $Fr2$ ). Det finns inte ett tillräckligt stort antal observerade radioaktiva nedfall (lyckligtvis), och ej heller ett större antal skattningar med modeller som beaktar osäkerhetsfaktorer (t ex väderbetingelser;  $FE6$ ), för att kunna göra en sannolikhetsfördelning. Vi har därför gjort skattningen av sannolikheten utifrån de få fall som finns ( $FE7$ ), t ex Tjernobyl 1986, då konsekvensen blev extrem för de regioner som låg nära utsläppet (Tabell A.3.1a).

På den nationella nivån är konsekvensen mindre än för en viss region som blivit utsatt för ett omfattande nedfall. Hur mycket mindre är dock oklart. Om nedfallet från ett långvarigt utsläpp har sin tyngdpunkt i södra och sydvästra Götaland så bedöms konsekvensen kunna bli extrem. Inom detta område finns ca 40 % av Sveriges totala

spannmålsareal (se Figur 2.1b i Bakgrund), eller 0.4 Mha, vilket motsvarar den spannmålsareal som blev kontaminerad i Ukraina och Vitryssland i samband med Tjernobylutsläppet 1986 (FE7, Fr2). Om tyngdpunkten av nedfallet istället skulle ligga i Mälardalsområdet så är det kanske 25 % av den nationella spannmålsarealen som inte kan utnyttjas (se Figur 2.1b i Bakgrund), och ser vi till mängden spannmål så är denna andel ännu mindre. Även för den nationella skalan saknas ett flertal skattningar som kan ligga till grund för en sannolikhetsfördelning. Vi har därför antagit, givet förutsättningarna i omvärldsscenarioet, att det med lika stor sannolikhet kan ske ett nedfall i södra-sydvästra Götaland, östra Götaland, Mälardalen, eller övriga spannmålsområden i Sverige. I respektive fall bedömer vi att konsekvensen för den nationella spannmålsproduktionen kan bli extrem, stor, måttlig respektive liten. ( $\leftarrow Fr2$ ) ( $\rightarrow Kr1$ )

### Tabell A.3.1a Riskbedömning

Sannolikheten (%) för en viss konsekvens för spannmålsproduktionen vid ett radioaktivt nedfall, givet att nedfallet inträffat och åtgärder vidtagits. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert). (Notera att värdena bedöms vara mycket osäkra)

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedömn.	Modell
Regionalt	0	0	0	0	100	-	E
Nationellt	0	25	25	25	25	-	E

### Förklaringsmodeller

#### Hot

H1-2 →

(Fh1) Hur lång tid tar det från det att utsläppet sker till dess att depositionen sker? Detta är situationsbundet: Förvarningstid: Om utsläppet sker i Sverige är förvarningstiden mycket kort eller i praktiken ingen. Om utsläppet sker utanför Sverige innebär det ett par dagars eller timmar förvarningstid. Det kan även ta veckor beroende på hur länge ett utsläpp håller på och hur vädret förändras under utsläppstiden. I Tjernobyl-fallet varade utsläppet i 10 dagar och drabbade Sverige i två omgångar. Efter olyckan vid Fukushima Dai-ichi kärnkraftverk i Japan 2011, uppmättes inom fem dagar förhöjda halter av radioaktivt jod och cesium i San Francisco Bay-området (nära ett av de viktigaste jordbruksområdena i USA; UC Berkeley Nuclear Air larmcentralen, 2013), och inom 9 dagar förhöjda halter över hela norra halvklotet (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2013).

H1 →

(Fh2) *Hur mycket påverkar väderförhållanden under utsläppsperioden graden av nedfall på svensk spannmålsodling?* Hur hot-spots bildas är starkt beroende av hur förloppet i en härdsmälta sker och hur utsläppet sker från en reaktor. Trots detta har väderförhållanden mycket stor betydelse, främst om det är våt deposition och kraftiga regn i föroreningsplymer kan skapa kraftig deposition (Cambray m fl, 1987). Vikten av regnmängd och -intensitet för uppfångande, retention och vittring (avsköljning) av radionuklider är välkänd (se t.ex. Colle m fl, 2009; Prohl, 2009). Regn efter deposition innebär att nedfallet sköljs av från växter men når istället marken. (→Kh2)

(Fh3) *Hur länge varar kontamineringen?* Efterfasens längd beror på nedfallets omfattning och som antas vara i flera månader. I Tjernobyfallet varade utsläppet i 10 dagar. Den akuta fasen brukar ibland räknas till den innevarande odlingsäsongen. Jodisotoper har en halveringstid på 8 dagar (I-131). Det tar ca 10 halveringar för att allt skall vara borta. Efterfasen varar i flera månader. Återgången till normaltillstånd (åren efter nedfall) kan dröja väldigt länge. En kontaminering kan vara i upp till 300 år beroende på typ av cesium och strontium.

### **Åtgärd**

H1-5 →

(Få1) *Vilket ansvar finns reglerat i lagen för att hantera Effekterna på Spannmålsproduktionen av ett radioaktivt utsläpp?* I Sverige är det länsstyrelserna som är ansvariga för planering och genomförande efter en olycka i ett kärnkraftverk beläget inom såväl som utanför landets gränser. Enligt förordningen om skydd mot olyckor ska länsstyrelsen upprätta ett program för räddningstjänst och sanering efter utsläpp av radioaktiva ämnen från en kärnteknisk anläggning, SRVFS 2007:4. Enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor avser saneringen sådana åtgärder som staten ska vidta för att göra det möjligt att åter använda mark, vatten, anläggningar och annan egendom som förorenats genom radioaktivt utsläpp.

(Få2) *Vilka strategier finns för att hantera Effekterna på Spannmålsproduktionen av ett radioaktivt utsläpp?* Jordbruksverket har gjort grundliga utredningar efter olyckan i Tjernobyl 1986 och man vet vilka möjliga åtgärder som finns för att minska effekterna av depositionen och utvecklingen av halter i grödor under åren efter depositionen (Rosén & Eriksson, 2008). Strategierna är situationsbundna.

(Få3) *Hur är Åtgärdsprogrammet organiserat?* SLU har ett beredskapslaboratorium som aktiveras när larm kommer från SSM om radioaktivt utsläpp. Det beredskapslabbet är ett av sex som finns i Sverige. Den främsta uppgiften är att mäta radioaktiviteten från prover som främst kommer från jordbruket i Sverige. Viktigt är att jordbrukets organisationer, t ex LRF, är med på vilka åtgärder som bör sättas in för att de skall få bra effekt.

(Få4) *Hur sker kartläggning av kontaminerad areal?* Kartläggning av nedfallets omfattning kommer att ta lång tid. Strålsäkerhetsmyndighet (SSM) har det övergripande ansvaret för en kartläggning. Det finns olika geografisk spridning av kontamination och det man behöver veta är var gränsen går mellan obrukbar areal och areal där det går att sätta in åtgärder.

(Få5) H2 → *Hur mycket kan grödan skyddas under förvarningstiden?* Förvarningstidens längd är beroende av väderlekssituationen och den kan vara mycket kort till relativt lång beroende på vind- och nederbördsförhållanden. Grödan kan inte skyddas, om inte nedfallet sker nära normal skördetidpunkt och skörden hinner ske under förvarningstiden. Efter kärnkraftsverksolyckan i Fukushima i Japan tog det 2 dagar för radioaktiva ämnen att nå San Fransisco och efter 9 dagar noterades förhöjda värden i Sverige.

(Få6) H3 → *Vilka Åtgärder kan vidtas för att mildra Effekterna av nedfallet?* Enligt lagen om skydd mot olyckor såsom utsläpp av radioaktiva ämnen från ett kärnkraftverk, ska det vidtas åtgärder som gör det möjligt att åter använda mark, vatten, anläggningar och annan egendom som förorenats genom utsläppet. Det finns ett fåtal åtgärder för att minska effekterna av ett radioaktivt nedfall (några beskrivs i Rosén & Eriksson, 2008). Exempel på åtgärder som ger en viss reducering av radioaktiva halter i grödan på kort eller lång sikt är att slå av och föra bort den kontaminerade grödan (deponi), fördela cesium/strontium i matjorden genom nedplöjning och kaliumgödsla / kalka. Beroende på hur effektiva dessa åtgärder är kan grödan i vissa fall användas som djurfoder eller till energiproduktion. Att så en ny gröda kan eventuellt bli aktuellt. Konstbevattning är också en möjlig åtgärd, men kräver stora investeringar i förebyggande syfte vilket måste vägas mot hur effektiv metoden är. Lite är dock känt om hur effektiv bevattning är vad avser att reducera halter i gröda och skördad produkt. (→Kå6, KE9)

(Få7) *Vilka är gränsvärdena för radioaktivt innehåll i livsmedel och foder?* Gränsvärden för konsumtion av livsmedel och foder som fastställts av EU (se Rosén & Eriksson, 2008) är de som gäller i ett fall som detta, då det är frågan om ett större radioaktivt utsläpp som drabbar flera länder. Dessa värden är betydligt högre än de som anges för Sverige idag, som för livsmedel är 300 Bq/kg och för sällan använda livsmedel 1500 Bq/kg. Å andra sidan kan upphandlarna av spannmål från kontaminerad åkermark tillämpa väsentligt lägre gränsvärden än de som myndigheterna satt för konsumtionen. Detta skedde för mjölk efter Tjernobylolyckan 1986. Att skatta radioaktivt innehåll i bröd från information om halter vid skörd, kan vara svårt. Halterna i bröd beror på hur den skördade spannmålen bearbetats, i vilken utsträckning det blandats med annat material och på hur lång tid det tagit från skörd till dess brödet säljs i butik.

(Få8) *I vilka områden ska Åtgärderna sättas in?* Det gäller att finna de mest och minst kontaminerade områdena. De där emellan är lämpliga för åtgärder.

## **EFFEKT**

H3 →

*(FE1) Vilka faktorer har betydelse för hur mycket radioaktivt cesium som tas upp av en gröda? Allt beror på nedfallets storlek och vilka nuklider som har släppts ut. I en av Jordbruksverkets rapporter (Rosén & Eriksson, 2008) redovisas beräkningar över hur höga halter av radioaktivt cesium som kan finnas i spannmål beroende på tidpunkten för nedfallet och mängden. Halterna beror dessutom av platsspecifika faktorer. Några av de viktigaste faktorerna är jordart, gödslingsintensitet, typ av gröda, utvecklingsstadium och väderlek. I mulljordar kan en mindre mängd Cs137 bindas till mineralpartiklar än i mineraljordar. Det leder till att man mäter upp högre Cs137-halter i grödor från mulljorden. Från mark som gödslas med K eller Ca sker en mindre överföring av Cs och Sr till växten. Detsamma gäller också marker som inte plöjs. Man har också sett att i intensiva jordbruk är halterna lägre än i extensiva jordbruk. Den största sannolikheten för förorening av livsmedelskedjan är vid nedfall under odlings säsongen när det sker en direkt överföring från atmosfären till växten (IAEA, 1996; Scott Russell, 1966; Bengtsson m fl 2012). (→KE1)*

*(FE2) När sker upptaget genom bladverket respektive rötter? Växter tar upp radionuklider genom bladverk och rötter. Bladupptag är den dominerande upptagsprocessen när det radioaktiva nedfallet sker under växtsäsongen (Middleton, 1958). Rotupptag är den dominerande upptagsprocessen om nedfallet sker tidigt under växtsäsongen, och för påföljande växtsäsonger. (→KE1)*

*(FE3) Vad styr upptaget genom bladverket? Upptaget av radionuklider genom blad regleras av växttyp, utvecklingsstadium och kapaciteten att fånga upp radionuklider, mängden och intensiteten av nederbörd, och de fysikalisk-kemiska egenskaperna hos radionukliden, såsom valens (Prohl, 2009). (→KE3)*

*(FE4) Vad styr upptaget genom rötter? Upptaget av radionuklider genom rötter regleras av rotutbredning, jordart, väder och markens näringsstatus (Greger, 2004; Rosén m fl, 1996). Radionuklidernas tillgänglighet för växten beror av markens adsorptionskapacitet, markens vattenhalt och vattentransport i marken (Simunek m fl, 2003; Avila, 2006; Strebl m fl, 2007). (→KE3)*

*(FE5) När är värsta tidpunkten för ett nedfall? Om olyckan sker under odlings säsongen ökar risken för att odlade grödor kontamineras och tar upp radioaktivt cesium och strontium (se t ex Anspaugh m fl, 2002; Vandecasteele m fl, 2001). Det största upptaget i växten sker under perioder av kraftig tillväxt och nära tiden för mognad. Undersökningar av upptag och transport i växtens ledningsvävnader har visat att ackumuleringen i vete och raps är som störst strax före skörd (Bengtsson 2013; Bengtsson m fl., 2012; 2013). Det värsta scenariot är när en deposition sker nära tiden för växtens mognad. (→KE1)*



(FE6) *Vilka metoder kan beräkna halter av radioaktiva ämnen i växten?* Det finns en modell för beräkning av halter av radioaktiva ämnen i Rosén & Eriksson (2008). I Tracey modellen (Gärdenäs m fl 2009, 2013) beräknas halter i växten baserat på ekofysiologiska processer och som testats mot observationer. Gärdenäs m fl (2013; manuskript) visade, med hjälp av denna modell (med indata för vatten- och koltransporter från Coup-modellen; Jansson & Karlberg, 2013) i vilken faktorer som styr lagringen av radionuklider i kärnan (t ex bladyte-index) varierar med grödans utvecklingsfas, att nästan hela det totala växtupptaget sker via blad, stjälkar, blommor och kärnor när nedfallet sker under odlings säsongen. Dessa simuleringsresultat överensstämde bra med observationer. (→KE3)

H4 →

(FE7) *Hur stor andel av spannmålsarealen måste tas ur bruk och för hur lång tid?* Hur stor areal som måste tas ur bruk beror på nedfallets storlek och omfattning. Efter Tjernoby lutsläppet 26 april 1986 kontaminerades ca 400 000 ha (0.4 Mha) i Tjernoby ls närområde (Sundström m fl, 2014) och som måste tas ur bruk för odling, vilket till ytan motsvarar knappt hälften av Sveriges totala spannmålsareal. En motsvarande effekt på svensk odlingsmark där spannmålsodlingen (totalt ca 1 miljon hektar (Mha)) är utspridd över en större yta skulle detta kunna innebära att  $XX_{13}$  % av den nationella produktionen skulle försvinna för  $XX_{14}$  år framöver. Nedfallet från Tjernoby l drabbade främst mellersta och delar av norra Sverige där spannmålsarealen är liten. Hade samma yta blivit kontaminerad i södra Sverige hade konsekvenserna för spannmålsproduktionen blivit mycket större.

(FE8) *Hur stor andel av skörden kan användas till livsmedel respektive foder?* EUs gränsvärden blir avgörande. Efter Tjernoby l olyckan tillämpade livsmedelsindustrin lägre gränsvärden än de officiella, vilket kan bli fallet igen.

(FE9) *Hur stor är Effekten av Åtgärderna?* Reduktion efter åtgärd kan variera från 10-80 (90) % beroende på åtgärd och situation. (→KE9)

### **Riskbedömning**

(Fr2) *Hur stora blir nedfallen vid ett utsläpp?* Alla grader av kontamineringar kommer att finnas vid ett större utsläpp; områden med mycket stark till mycket svag kontamination, en gradient av nedfallet. De omfattande utsläppen från tester med kärnvapensprängningar orsakade en kontaminering med ca 2-3 kBq/m<sup>2</sup> i den svenska fjällvärlden. Tjernoby lutsläppet orsakade värden på ca 10kBq/m<sup>2</sup> i genomsnitt över hela Sverige, med en variation från enstaka kBq/m<sup>2</sup> till 100 kBq/m<sup>2</sup> och enstaka värden på 200 kBq/m<sup>2</sup>. I Tjernoby ls närhet var värdena fler hundra kBq/m<sup>2</sup> för stora områden och ännu högre i vissa områden. I Tjernoby ls omedelbara närområde i Ukraina och Vitryssland kontaminerades 0.4 Mha. Om motsvarande areal skulle kontamineras i Sverige skulle det innebära 40 % av Sveriges totala spannmålsareal, vilket

är ungefär den andel som återfinns i Skåne och Västra Götaland. Om tre fjärdedelar av dessa områden skulle kontamineras till en nivå att de inte kan användas till varken livsmedel eller foder, motsvarar det en extrem konsekvens (mer än 30 % reduktion) på nationell nivå.

## **Kunskapsluckor**

### ***Hot***

(*Kh2*) Kärnkraftsolyckor som skett i vår omvärld behöver studeras vad avser t ex hur stor odlingsareal som kontamineras och till vilken grad respektive områden kontamineras, i syfte att kunna bedöma hotets konsekvenser på nationell nivå.

### ***Åtgärd***

(*Kå6*) Möjliga åtgärder för att minska effekterna av depositionen och utvecklingen av halter i grödor under åren efter depositionen behöver utvecklas ytterligare (Rosén & Eriksson, 2008). Det är okänt hur bra åtgärderna blir under olika förutsättningar och behöver utredas. Lite är känt om hur effektiv bevattning är vad avser att minska halterna av radioaktiva ämnen i växten. Det är av centralt intresse att utvärdera dess effektivitet innan investeringar eller rekommendationer om storskalig konstbevattning utförs i händelse av ett nedfall. Hur denna effektivitet beror av grödans fenologiska stadium och väderförhållanden behöver utredas. Det pågår ett pilotprojekt (simuleringsstudie) som ska undersöka hur effektiv bevattning kan vara för att reducera kontamineringen av spannmål i händelse av ett radioaktivt nedfall (Gärdenäs & Eckersten 2014).

### ***EFFEKT***

(*KE1*) Beräkningar av hur stora halter av radioaktivt cesium som kan finnas i spannmål beroende på tidpunkten för nedfallet och mängden behöver förbättras i den meningen att befintliga modeller måste testas mer (Rosén & Eriksson, 2008; Gärdenäs m fl, manuskript). T ex avser detta modeller som kan beräkna vilka halter av Cs och Sr det blir vid skörd, oberoende av när på året ett nedfall sker över Sverige. Det är även viktigt att testa hur effektiva olika åtgärder är på lång sikt. Det finns långa tidsserier med data om radioaktiva halter i svensk spannmål och vall efter Tjernobylutsläppet som kan användas för att utvärdera olika modellers prediktionsförmåga. Det behövs dessutom ytterligare data/fältförsök för att utvärdera fler utsläppsscenarioer än de som redan hänt.

(*KE3*) Observationer av upptag och ackumulering av radioaktivt cesium och strontium i vete varierar mycket. Hur mycket som överförs är svårbedömt på grund av stora variationer i observationerna i studier av Bengtsson m fl (2012, 2013) och resultat som skiljer sig jämfört med andra studier. Hur kan vi förklara skillnaderna mellan studierna? Vad som beror på osäkerheter i observationerna respektive vår tolkning (modeller) av resultaten är oklart.

(KE9) Vi behöver förbättra vår förmåga att förutse effekter av olika åtgärder. T ex: Vad är optimal gödsling av kalium/kalkning för olika grödor? Hur fungera ekologiska gödselmedel vad avser att reducera de radioaktiva halterna i ekologiskt odlade grödor? Hur väl fungerar plöjning och borttransport av gröda; vilken effekt har det på kort respektive lång sikt? Utifrån en litteraturgenomgång av vad som redan gjorts, behöver förutsägelsemodeller formuleras eller omformuleras och testas mot fältförsök.

### **Riskbedömning**

(Kr1) Vilka bedömningar av Effekter finns? Vilka alternativa kvantifieringsmodeller finns för bedömningar av hur stor andel av spannmålsskörden som utsatts för nedfall som ej kan användas för livsmedel eller foder? Det behöver undersökas vilka modeller det finns för att kvantifiera hur stor andel av den kontaminerade marken som ej går att använda för spannmålsproduktion kommande år? Se t ex Rosén & Eriksson (2008).

(Kr2) Kärnkraftsolyckor som skett i vår omvärld behöver studeras vad avser dess effekter på spannmålsproduktionen, t ex hur lång tid har det tagit att återfå areal med olika grad av kontaminering tillbaka till spannmålsproduktion. Även hur stor andel av spannmålsarealen som påverkas, och till vilken grad, behöver studeras noggrannare.

(Kr3) Hur stor är Sannolikheten för att spannmål kontamineras givet att ett nedfall sker? Detta kan antas mycket sannolikt, men alternativa skattningar saknas som kan ge underlag till en sannolikhetsfördelning.

### **Följdhändelser**

-Beräkningar över hur höga halter av radioaktivt cesium som kan finnas i mjölk och nötkött beroende på tidpunkten för nedfallet och mängden behöver förbättras. Tiden från skördad spannmål till dess mjölk säljs i butiken är vanligtvis kortare än för bröd.

-Vid vilken halt är spannmålen kontaminerad? Vilka gränsvärden ska sättas för att undvika överföring till den mänskliga näringskedjan? Gränsvärden för enskilda livsmedel fastställs av Livsmedelsverket. I samband med olyckan i Tjernobyl och det år som följde sattes ett gränsvärde på 300 Bq/kg i livsmedel. Undantag, dvs högre gräns 1500 Bq/kg, gjordes för vilt, insjöfisk, svamp, vilda bär och nötter med motiveringen att man i allmänhet äter mindre mängder av dessa livsmedel. Enligt Strålsäkerhetsmyndigheten ska man med normal kost inte utsättas för mer strålning än 1 mSv/år. Bedömningen är att man kan nå det målet genom de gränsvärden som satts för livsmedel.

Det internationella atomenergiorganet (IAEA) fastslog 2010 att det finns en brist på kvantitativa data om eventuell överföring av radioaktivitet till den mänskliga näringskedjan, och på lämpliga motåtgärder efter ett nedfall under en växtsäsong. ECOSYS-87 (Müller och Prohl, 1993) är ett exempel på en modell som beräknar strålningsexponering till människor via flera vägar, t.ex. genom näringskedjan och inandning. Modellen används i det europeiska beslutsstödsystem ARGOS och RO-

DOS för bedömning och beslutsstöd efter en radiologisk eller kemisk nödsituation (Andersson m fl, 2011).

-*Vilka alternativa användningar finns det för kontaminerad spannmål?* Kan starkt kontaminerad spannmålen användas till framställning av alkohol eller bränsle? Vid rotupptag på längre sikt innehåller spannmålshalmen flera gånger högre halter än kärnan om inga åtgärder vidtas (Rosen & Vinichuk 2014). Halmen bör därför hanteras separat och eventuellt brännas.

- Kontaminerad spannmål som ”komposteras” (deponi) ger stora avfallsproblem.
- Finns det tillräckliga resurser för att kunna genomföra åtgärderna?
- Risker för lantbrukarna som arbetar i kontaminerade områden.
- Djur som måste flyttas, slaktas eller avlivas vid en evakuering ger nya problem.

Vi behöver och kan vidareutveckla ett tidigare samarbete med SSM, SJV och SLV för att bedöma hur upptag av radioaktiva ämnen i olika grödor påverkar vidare transport och användning av dessa som livsmedel.

## Övrigt utanför systemavgränsningen

### *Riskbedömning utanför systemavgränsningen*

För en fullständig riskanalys behöver sannolikhetsbedömningen ovan (som avser enbart konsekvensen), utökas med skattningar av sannolikheterna för att dels ett radioaktivt utsläpp sker och orsakar ett radioaktivt nedfall över spannmålsarealen, och dels att de åtgärder som Rosén och Eriksson (2008) föreslår vidtas. Det statistiska underlaget är mycket litet. Sannolikheten att en kärnkraftsolycka som orsakar omfattande utsläpp ska ske i Sveriges närhet bedöms som liten baserat på vad som observerats, dvs olyckor som redan inträffat. Det har till dags dato skett en gång (Tjernoby1 1986) under den tid kärnkraft förekommit i vår närmaste omgivning (ca femtio år). Inbegrips också större kärnkraftsolyckor utanför Europa (främst Fukushima 2011) är sannolikheten större. Inbegrips alla kärnkraftsolyckor så antas det att en olycka sker i genomsnitt var femtonde år (*Fö1*). Men endast i Tjernobyfallet har konsekvensen för spannmålsproduktion varit så stor som det antagits i vårt scenario. Det är också en viss sannolikhet att utsläppet kan komma att ske utanför odlingssäsongen vilket innebär att konsekvensen blir mindre första året än om utsläppet sker under säsongen ( $\rightarrow K\ddot{o}1$ ). På längre sikt får ett större utsläpp stora konsekvenser även om det sker utanför odlingssäsongen. Sannolikheten bedöms vara mycket stor för att åtminstone delar av landet skulle drabbas av nedfall av radioaktivt cesium, strontium, jod m.fl. isotoper. Utsläppet antar vi sker under en tio-dagarsperiod vilket innebär att vind- och nederbördsförhållanden kan variera mycket vilket i sin tur kan orsaka att stora områden blir drabbade (*Fh2*;  $\rightarrow K\ddot{o}2$ ). Troligen är jordbrukarnas vilja att göra insatser stor. Detta var våra erfarenheter efter Tjernobylo-

lyckan, ”hellre göra något än att bara se på” även om det inte är givet att rätt åtgärder görs (Få1-6,8; →Kö3). Oavsett om vi vet om åtgärder kommer att vidtas eller ej blir konsekvensen extrem.

#### **Tabell A.3.1b. Riskbedömning inklusive Sannolikheter för Hot och Åtgärder**

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för den regionala spannmålsproduktionen pga ett radioaktivt utsläpp givet olika förutsättningar som inbegriper succesivt fler sannolikhetsbedömningar. Omvärldsförhållanden inkluderar sannolikheter för att nedfallet sker och åtgärder vidtas. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert). Notera att värdena är mycket osäkra och avser att bara demonstrera ett tankeexempel. <sup>1</sup>Från Tabell A.3.1a

<b>Givet, regionalt</b>	<b>Konsekvens (K)</b>	<b>Ingen</b>	<b>Liten</b>	<b>Måttlig</b>	<b>Stor</b>	<b>Extrem</b>	<b>Antal bedömn.</b>	<b>Modell</b>
Omvärldsförhållanden (Hot och Åtgärder ej givet)		94	3	2	1	1	-	E
att Hoten inträffat (men Åtgärder ej givet)		0	0	0	0	100	-	E
att Hoten inträffat och Åtgärderna vidtagits <sup>1</sup>		0	0	0	0	100	-	E

#### **Förklaringsmodeller utanför systemavgränsningen**

(Fö1) Kärnkraftolyckorna i Harrisburg 1989 och Sellafield 1987 påverkade omgivningen även om det inte blev en total härdsmläta.

#### **Kunskapsluckor utanför systemavgränsningen**

(Kö1) Hur stor är Sannolikheten för att en kärnkraftverksolycka ska inträffa i eller i närheten av Sverige? I Europa finns det över hundra kärnkraftreaktorer i bruk idag.

(Kö2) Hur stor är Sannolikheten för att odlingsområden i Sverige drabbas vid en sådan olycka?

(Kö3) Hur Sannolikt är det att Åtgärderna som Rosén och Eriksson (2008) föreslår vidtas?

#### **Referenser**

Andersson KG, Nielsen SP, et al, 2011. Journal of Environmental Radioactivity 102: 1024-1031.

Anspaugh LR, Simon SL, Gordeev KI, Likhtarev IA, Maxwell RM, Shinkarev SM. Movement of radionuclides in terrestrial ecosystems by physical processes. Health Physics 2002; 82: 669-679.

Avila, R. 2006. Model of the long-term transfer of radionuclides in forests. Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB TR-06-08, Stockholm, Sweden, Report, 54 pp.

- Bengtsson, S.B., 2013. Interception and storage of wet deposited radionuclides in crops – Field experiments and modelling. Doctoral thesis No. 2013:70. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. ISBN (e.) 978-91-576-7878-9
- Bengtsson, S.B., Eriksson, J., Gärdenäs, A.I., Rosén, K., 2012. Influence of development stage of spring oilseed rape and spring wheat on interception of wet-deposited radiocaesium and radiostrontium. *Atmospheric Environment* 60, 227-233.
- Bengtsson SB, Eriksson J, Gärdenäs AI, Vinichuk M, Rosén K. 2013. Accumulation of wet-deposited radiocaesium and radiostrontium by spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental Pollution*; 182: 335-342.
- Cambray RS, Cawse PA, Garland JA, Gibson JAB, Johnson P, Lewis GNJ, et al, Observations on radioactivity from the Chernobyl accident. *Nuclear Energy-Journal of the British Nuclear Energy Society* 1987; 26: 77-101.
- Colle C, Madoz-Escande C, Leclerc E. 2009. Foliar transfer into the biosphere: review of translocation factors to cereal grains. *Journal of Environmental Radioactivity*; 100: 683-689.
- Djurle A., 2013. Krisscenarier 2013 med anknytning till växtproduktion – Rapport av uppdrag från Livsmedelsverket i projektet Sektoriell risk- och sårbarhetsanalys av livsmedelskedjan 2015. Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU, Uppsala
- Greger M. 2004. Uptake of nuclides by plants. Technical Report, pp. 66.
- Gärdenäs AI, Berglund SL, Bengtsson SB, Rosén K. (manuscript). The Uptake and Storage of Cesium and Strontium by Spring Wheat – a Modelling Study Based on a Field Experiment. Manuscript in Bengtsson 2013.
- Gärdenäs A, Eckersten H, Reinert A, Gustafsson D, Jansson P-E, Ekström P-A, Avila R, Greger M, 2009. Modelling long-term accumulation of radionuclides in the biosphere originating from continuous groundwater contamination – a sensitivity analysis. SKB-report TR-09-24, 86 pp.
- Gärdenäs A, Eckersten H, 2014. Irrigation as a measure to reduce radioactive contamination of cereal yields. Ansökan Forskningsbidrag 2014 till Strålsäkerhetsmyndigheten.
- IAEA 1996. Modelling of radionuclide interception and loss processes in vegetation and of transfer in semi-natural ecosystems. 2nd report of the VAMP Terrestrial Working Group, pp. 84.
- Jansson P-E & Karlberg L (Eds) 2013. <ftp://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf>

- Middleton LJ, 1958. Absorption and translocation of strontium and caesium by plants from foliar sprays. *Nature*; 181: 1300-1303.
- Müller H, Pröhl G. ECOSYS-87: A dynamic model for assessing radiological consequences of nuclear accidents. *Health Physics* 1993; 64: 232-252.
- Pröhl G 2009. *J. of Env Radioactivity* 100, 675-682.
- Rosén K 1996. Transfer of radiocaesium in sensitive agricultural environments after the Chernobyl fallout in Sweden. II. Marginal and semi-natural areas in the county of Jämtland. *Science of the Total Environment* 182, 135-145. -Rosén, K., Eriksson, Å. & Haak, E. 1996. Transfer of radiocaesium in sensitive agricultural environments after the Chernobyl fallout in Sweden. I. County of Gävleborg. *The Science of the Total Environment*, 182, (1996) 117-135
- Rosén K Eriksson J 2008. Counter measures in crop production after a radioactive deposition different levels and seasons. Rep. 2008:27 Jordbruksverket, 110 pp (in Swed).
- Rosén K, Vinichuk M. 2014. Potassium fertilization and <sup>137</sup>Cs transfer to grass and barley in Sweden after the Chernobyl fallout. *Journal of Environmental Radioactivity* Volume 130, April (2014), Pages 22-32.
- Scott Russell R. 1966. Uptake and accumulation of radioactive substances in terrestrial plants. The radiobiological aspect. In: Aberg B, Hungate FP, editors. *Radioecological Concentration Process.* -Simunek J, Jarvis NJ, van Genuchten MT, Gardenas A. 2003. *Journal of Hydrology* 272: 14-35.
- SSM [www1: http://www.stralsakerhetsmyndigheten](http://www.stralsakerhetsmyndigheten)
- Strebl F, Ehlken S, et al, 2007. Behaviour of radionuclides in soil/crop systems following contamination. In: Baxter MS, editor. *Radioactivity in the environment* 10. pp. 19-42.
- Strålsäkerhetsmyndigheten 2013 *Radioaktivitet från Japan - mätbar i små mängder.* Stockholm.
- Sundström, J. F., Albihn, A., Boqvist, S., Ljungvall, K., Marstorp, H., Martiin, C., Nyberg, K., Vågsholm, I., Yuen, J., Magnusson, U., 2014. Future threats to agricultural food production posed by environmental degradation, climate change, and animal and plant diseases - a risk analysis in three economic and climate settings. *Food Security* 6:201-215
- Vandecasteele CM, Baker S, et al, 2001 *Science of the Total Environment* 278: 199-214.



### **A.3.2. Virus-i-spannmål**

*Annika Djurle, Anders Kvarnheden, Jonathan Yuen, Henrik Eckersten*

Utgångspunkt för denna riskanalys är ett krisscenario av Djurle (2013b).

#### **Omvärldsscenario**

-Virus av typen SBCMV (soil-borne cereal mosaic virus) och andra jordburna virus förekommer i Polen, Frankrike, England, Tyskland, Italien, Belgien och Danmark och angriper vete, råg och rågvete. Viruset bärs av en slemsvamp, *Polymyxa graminis*, som förekommer naturligt i de flesta jordar.

-I flera länder i Europa har man under tidigare år upptäckt att spannmålsgrödorna visar symtom som delvis påminner om näringsbrist och/eller begränsad vattentillgång.

-Det aktuella året har det i Sverige varit en vår och försommar med omväxlande rikliga regnmängder och torra perioder och temperaturer under 20 grader. Tidigare år har virusangrepp förbisetts genom att förklaras med andra orsaker därför att man inte är medveten om sjukdomarnas existens. I år upptäcks virusangreppen. Förvarningstiden har i vissa fall börjat vid upptäckt i fält, men i de flesta fall från det att man såg skörderesultatet 2-3 månader senare, vilket medfört att större områden kan ha hunnit angripas under tiden.

#### **Hot innan Åtgärd**

-H1. Oklara symtom: På flera platser i landet upptäcker man att vete, råg, och korn visar symtom som delvis påminner om näringsbrist och/eller begränsad vattentillgång, samt störd tillväxt och svag utveckling, vilket antyder kommande låga skördenivåer. (←Fh4,5)

-H2. Viruserna har spritts och etablerats i större områden därför att det dröjt flera säsonger från introduktion till upptäckt av viruset (pga att symtomen feltolkats). (←Fh6,7)

-H3. Omfattande virusangrepp på spannmålsgrödorna.

-H4. Viruset etableras i Sverige och finns kvar i åkerjorden i många år framöver. (←Fh9-14)

-H5. Resistent växtmaterial saknas. (←FE3)

#### **Effekt innan Åtgärd**

H1-5 →

-Skördeförluster på 30-70 % observeras i mottagliga sorter. (←FE5)



-Alla spannmålsslag drabbas och det leder i längden till lägre skördar (←FE7)

-Nästa års spannmålsskörd förväntas bli lika låg. (←FE9)

### **Åtgärd**

-H1 → Kontakt med forskning, växtförädling, rådgivare samt internationella kontakter för att utreda skälen till symtomen. Expertis konstaterar efter en tid att det rör sig om angrepp av bl a en aggressiv variant av viruset SBCMV. (←Få1)

-H2 → Skyddszoner införs för att förhindra spridningen av virus i jord via transporter mm.

-H2 → Planer upprättas för omhändertagande av skördad vara så att den hanteras säkert och inte används för utsäde. Information utgår till ”alla” berörda och kontakt tas med forskning och växtförädling.

-H5 → Undersökningar av resistens mot virusen hos värdväxterna (vete, råg, rågvete och korn) införs i svensk sortprovning. (←Få3)

-H5 → Resistenta sorter som odlas i Nordtyskland börjar odlas i Sverige. Dessa införs också i svensk sortprovning i syfte att testas vad avser sina tillväxtegenskaper under svenska odlingsförhållanden. (←Få3)

-H5 → Viss spannmålsareal ersätts med alternativa grödor som ej påverkas av viruset, såsom energiskog.

### **Hot efter Åtgärd**

I stort sett är hoten efter det åtgärderna vidtagits desamma som innan, förutom att orsaken till symtomen är klarlagd (dvs hot H1 utgår), samt att på sikt finns fler resistenta sorter att tillgå (dvs hot H5 mildras). Det tillkommer följande hot:

-H6. Viss areal tas ur spannmålsproduktion.

-H7. Resistenta ersättningsorter från främst Tyskland, ger inte samma stabila produktion som de sorter som odlades innan angreppen. (←Få3)

-H8. Viruserna förändras genetiskt vilket leder till att resistensen försämras eller upphör att fungera.

### **Effekt efter Åtgärd**

H2-3 →

-Innevarande år: Effekterna är desamma som innan åtgärder vidtagits.

-Påföljande år:

H3 →

-Skördeförlusterna är något mindre än innan åtgärder pga att resistent sorter i viss utsträckning ersatt angripna sorter. (←FE9)

H5 →

-Normaltillståndet kan ligga långt fram i tiden beroende på hur stort behovet av utvecklingen av resistent sorter blir, vilket tar tid. (←Få3)

H2-6 →

-Förändringar i odlingssystemet (växtföljder, grödor). (←Få4, FE9)

-Nedläggning av odlingsenheter. (←FE9)

H7 → Mer årsmånskänslig produktion av nya sorter jämfört med de sorter som odlades innan.

H8 → Fortsatta skördeförluster pga att de resistent sorterna inte längre är resistent.

### **Riskbedömning**

I denna studie fokuseras riskbedömningen på konsekvensen för spannmålsproduktionen för det fall att vi vet att ett omfattande virusangrepp uppstått. Om ett omfattande virusangrepp sker på den regionala skalan och åtgärder vidtas enligt förslagen ovan bedömer vi att effekterna av ett omfattande angrepp är något mindre än det var vid det stritburna virusangreppet i Östergötland och Södermanland 1918, då den var -25 till -35 %, vilket motsvarar en konsekvens som är stor respektive extrem (Tabell 3.1.3a; med antagandet att åtgärderna idag är mer effektiva än de var 1918). Å andra sidan kan ett jordburet virus finnas kvar i vektorn i marken i tiotals år, till skillnad från när vektorn är en insekt (som den var 1918) då man kan bli av med viruset betydligt snabbare t ex genom besprutning. Å andra sidan sprids dock ett stritburet virus fortare än ett jordburet virus. Sammanfattningsvis bedömer vi att konsekvensen blir ungefär densamma som 1918, dvs stor respektive extrem. Detta bygger på endast två observationer och strikt matematiskt blir då sannolikheten 50 % för respektive konsekvens. Om vi hade haft fler observationer och/eller beräkningar och/eller bedömningar av konsekvenserna hade sannolikhetsfördelningen varit mer tillförlitlig och troligen sett annorlunda ut. (←Fr1)

Konsekvensen på den nationella nivån bedöms utifrån konsekvenserna på den regionala nivån. Om vi antar att det ovanstående fallet beskriver ett angrepp när det är som störst, då torde omfattningen av angreppet vara mindre för andra odlingsregioner i Sverige. Hur mycket mindre är svårbedömt. Om vi t ex antar att halva Sveriges produktion utsätts för angrepp, och dessutom antar att denna halva har en succesivt

minskande angreppsgrad som ger en produktionsminskning från 35 % till 5 %, med ett snitt på 20 %, då blir effekten på nationell nivå -10 %, dvs en liten konsekvens. Detta är bara en bedömning och strikt matematiskt blir sannolikheten 100 %. (←Fr2)

Samma konsekvens gäller också de närmaste åren men därefter minskar konsekvensen successivt till ingen främst därför att mer resistenta sorter börjat odlas. (←FE9, 10)

### Tabell A.3.2a. Riskbedömning

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för regional spannmålsproduktion pga ett omfattande virusangrepp, givet att hoten och åtgärderna inträffar. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert; Ox = Observation av liknande men inte helt jämförbart fall). (Notera att de nationella värdena är fiktiva och saknar beräkningsmodeller som grund; de regionala värdena är mycket osäkra)

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedömn.	Modell
<b>Givet:</b>							
<b>Regionalt</b>	0	0	0	50	50	2	Ox
<b>Nationellt</b>	0	100	0	0	0	-	E

## Förklaringsmodeller

### Hot

-H1 → Vilka symptom uppvisar angripna grödor?

(Fh1) Vad vet man om virusen? De olika virusen är väl kända och beskrivna och kan detekteras med serologiska eller molekylärbiologiska metoder.

(Fh2) Vilka typer av virus infekterar grödan? Virus, förekomst och betydelse: De tre virus som det i första hand är frågan om är SBWMV (soil-borne wheat mosaic virus), SBCMV (soil-borne cereal mosaic virus) och WSSMV (wheat spindle streak mosaic virus). Av dessa är SBCMV vanligast i Europa, men SBWMV förekommer också. SBCMV har stora likheter med SBWMV, men har definierats som ett eget virus. WSSMV följer ofta med ett av de andra virusen. I korn finns BaYMV (barley yellow mosaic virus) och BaMMV (barley mild mosaic virus) och i havre OGSV (oat golden stripe virus) och OMV (oat mosaic virus) (Kühne, 2009).

(Fh3) Hur sprids virus från vektorn till växten? Vektorn *Polymyxa graminis* är en slemsvamp (tillhörande riket Protozoa (protozoer) och alltså inte en äkta svamp) och finns naturligt i de flesta odlingsjordar och penetrerar växtens rötter. "Svampen" har flera värdväxter. *P. graminis* bildar vilsporer som kan överleva i jorden i upp mot 10-30 år var i viruset kan finnas vilande hela tiden. I fuktig jord och närvaro av en värdväxt frigörs rörliga sporer (zoosporer) ur vilsporen och de rör sig i markvattnet mot växtrötterna och infekterar dessa. Vid infektionen överförs viruspartiklar till växten och sprids

från rötterna upp till bladen. Nya virusförande vilsporor som bildas i växtens rötter är mycket långlivade och blir kvar i marken när rötterna bryts ner.

(Fh4) *Vad kan orsaka att symtomen fördröjs?* Om det krävs en viss densitet av virus innan symtom börjar uppträda, så som är fallet med BNYVV i sockerbetor (Gilligan & van den Bosch, 2008), kan virusen i praktiken redan finnas här men ännu i så liten mängd att angreppen inte noteras. (→Kh4)

(Fh5) *Vilka symtom uppvisar angripna grödor?* Virusangripna plantor kan se hoptryckta ut och bladen uppvisar kloroser i fläck- eller mosaikmönster. I mycket känsliga sorter bildar angripna plantor många sidoskott och får ett tuvigt utseende. Symtomen av SBWMV och SBCMV kan förväxlas med WSSMV.

-H2 → *Hur sprids angreppen?*

(Fh6) *Var finns viruset?* Det som numera kallas SBCMV påträffades i råg i Danmark i slutet av 1990-talet (Nielsen m fl., 1999). Virus av typen WSSMV (wheat spindle streak mosaic virus) har påträffats bl.a. i Polen, Frankrike, Italien, Belgien och Tyskland. I England och Tyskland har dessa två virus snabbt brett ut sig över stora områden (Kühne, 2009). I Polen har SBCMV detekterats i åtta provinser vilka tillsammans motsvarar mer än halva landets yta (Jeżewska & Trzmiel, 2010). (→Kh6)

(Fh7) *Hur snabbt kan angreppen spridas?* Hur omfattande utbredningen blir beror bl a på hur vektorns miljökrav uppfylls och ev. mutationers egenskaper. Hur snabbt spridningen sker beror på vilka spridningsvägar som är möjliga och deras effektivitet. Man kan jämföra med utbredningen av sjukdomen rhizomania i sockerbetor och dess virus BNYVV (beet necrotic yellow vein virus) i södra Sverige. Den sjukdomen orsakas av ett virus som sprids med *Polymyxa betae* vars vilsporor också är långlivade i marken och kan spridas med jord. De första fallen påträffades 1997 och 2004 var sjukdomen så utbredd i Skåne att Sverige inte längre kunde definieras som en skyddad zon. Det verkar oklart hur rhizomania-viruset kom till Sverige (man gissar på sättpotatis eller sättlök), men det dök upp ungefär samtidigt på Öland och i Skåne. Det rörde sig då om olika virusgenotyper vilket indikerar att det rör sig om två oberoende introduktioner (Lennefors m fl, 2000). (→Kh7)

(Fh8) *Hur påverkar väder infektionens etablering i växten?* Infektion av *P. graminis* och överföring av virus kan ske inom ett brett temperaturintervall och man tror att det sker en anpassning till rådande temperaturer. Vid temperatur under 6 °C är överföringen dock begränsad, vilket kan bromsa infektionerna under sen höst till tidig vår i tempererat klimat.

-H4 → *Hur omfattande kan Hotet från ett virusangrepp bli för påföljande år?*

(Fh9) *I vilka värdväxter överlever viruset?* Överlevnad i odlade gräsarter och ogräs (kvickrot, renkavle) måste undersökas. Angrips majs i Sverige? WSSMV förekom-

mer ofta tillsammans med SBCMV eller SBWMV i vete, rågvete och råg. Viruset SBWMV kan angripa alla höstsådda spannmålsgrödor (vete, råg, korn, rågvete) och gräsarter. (→Kh9)

(Fh10) *I vilka vektorer överlever viruset?* Det finns jordburna virus som angriper korn och vete. De överlever under mycket lång tid i sin vektor, slemsvampen *Polymyxa graminis*, som förekommer naturligt i de flesta odlingsjordar. (→Kh10)

(Fh11) *Vad vet man om vektorn?* Det finns ett relativt omfattande forskningsmaterial, internationellt, kring vektorn *Polymyxa graminis* trots att den är en mycket krävande organism att arbeta med. Den kan t ex inte odlas i artificiella substrat.

(Fh12) *Var finns vektorn?* Livscykeln hos *Polymyxa graminis* är väl känd. *P. graminis* har detekterats i rötter från flera stråsädesgrödor, majs, flera vilda och odlade gräsarter, samt tvåhjärtbladiga växter inklusive sockerbeter (Rush, 2003). Isolat av *P. graminis* visar ibland specialisering till olika värdar (Ward m fl., 2005; Vainopoulos m fl., 2005) och en klassificering i olika *formae speciales* beroende på värdväxt, temperaturkrav och geografiskt ursprung har föreslagits (Legrève m fl., 2002). Graden av specialisering kan i någon mån begränsa överföringen av virus mellan olika grödor.

(Fh13) *Hur sprids vektorn?* Vektorn *P. graminis*, och medföljande virus, sprids med jord. Jorden kan följa med maskiner från fält till fält. Inom fält sker spridning dels med maskiner och dels med jordpartiklar som sprids med vind. Lokala foci kan på det viset växa och nya foci uppstår i anslutning till de förra. Långdistansspridning är också möjlig i form av jordflykt eller jord som följer med utsäde (potatis, sättlök) eller utplanteringsväxter som inte behöver vara värdväxter. Det finns uppgifter om att SBCMV kan överföras via utsäde (Budge m fl., 2008) men flera frågor återstår att lösa innan man vet vilken betydelse detta kan ha. För att bli kvar i ett fält måste viruset som kom dit via utsädet kunna fångas upp av vektorn i växten. (→Kh13)

(Fh14) *Hur länge kan smittan bestå?* När ett virus en gång har etablerat sig i vektorn i ett fält är det närmast omöjligt att bli av med det på grund av vilsporernas långa överlevnadstid (>10 år) och den breda värdväxtkretsen. Det förekommer uppgifter om att *Polymyxa* med virus antagligen kan finnas kvar i jorden i åtminstone 50 år efter att man odlat en mottaglig gröda. För sockerbeter kan *Polymyxa betae* vektorn för viruset BNYVV överleva i marken i 15 år (Lennefors & Lindsten, 2002).

(Fh15) *Hur påverkar väder vektorn?* För sockerbeter är slemsvampen *Polymyxa betae* vektor för det jordburna viruset BNYVV. Vektorn gynnas av relativt höga temperaturer (över +20°C) under en längre tid, hög markfuktighet och ett pH värde som är neutralt eller något högre (Lennefors & Lindsten, 2002).

### **Åtgärd**

(Få1) Vad kan orsaka att tiden till upptäckt av virusinfektionen fördröjs? En korrekt diagnosticering av virusangrepp kräver laborietester med ELISA eller PCR. Provtagning för att detektera smitta i tidiga skeden är mycket svåra att genomföra bland annat på grund av den ojämna fördelningen av den virusbärande vektorn i ett enskilt fält. För en tidig detektion skulle det krävas noggrann provtagning i ett stort antal fält. Det skulle bli mycket kostsamt att genomföra och andelen falskt negativa prover är svårt att uppskatta, dvs att uppskatta hur många prover som måste tas för att med en viss (stor) sannolikhet finna virus i ett fält där man skulle finna virus om man provtog all jord. I praktiken innebär detta att man måste definiera förekomsten av viruset i termer av dels ett mått på dess rumsliga utbredning, dels ett mått på viruskoncentrationen i enskilda prover. (→Kå1)

(Få2) Vad är följden av att upptäckten fördröjs? Om man identifierat angreppen tidigt kan det finnas viss möjlighet att begränsa angreppet till nästa år, men eftersom det är något nytt och som därmed inte ingår i vanlig bevakning eller i medvetandet hos odlare m.fl. så kan utbredningen hinna bli omfattande innan åtgärder vidtas.

(Få3) Vilka Åtgärder går att vidta för att begränsa angreppen? Möjligheterna att begränsa angreppen är mycket begränsade. Den mest effektiva kontrollåtgärden för dessa viroser är resistens hos värdväxten, men utvecklingen av resistens har sina egna problem såsom stora krav på växtförädlingsinsatser. Internationellt pågår arbete med resistensförädling, men den har många gånger haft kortvarig effekt. Skillnader mellan sorter har observerats internationellt. Det finns sannolikt ingen resistens mot virusen hos värdväxterna (vete, råg, rågvete och korn) i Sverige. Det sker heller inga sådana undersökningar av sortmaterialet. Man kan inte räkna med att det går snabbt att introducera nya sorter. Antag att det finns några tyska sorter. De kan ha för dålig vinterhärdighet för att odlas i Sverige. Det kan vara svårt att få tag i sådant utsäde när efterfrågan ökar från ett år till nästa. Även hur odlingsfälten är organiserade i termer av storlek och inbördes läge samt vad som odlas och hur (t ex planttäthet och gödsling), spelar roll för spridningen av angreppen.

(Få4) Vilka odlingsåtgärder kan inte begränsa angreppen? Jordburna virus är mycket svåra att kontrollera. Vektorn, *P. graminis*, finns naturligt i jord och är inte beroende av speciella värdväxter för sin överlevnad. Det betyder att vektorns förekomst är mycket svår att påverka. Kemisk bekämpning är inte möjlig vare sig mot virus eller mot vektorn. Växtföljd är inte heller en framgångsrik väg på grund av vektorns långa överlevnadstid i marken (*P. graminis* vilsporor överlever 10-30 år i marken). Om flera virus överförda av *P. betae* introduceras samtidigt, och blir ett problem, kan bortfall av produktion från en gröda inte automatiskt ersättas genom ökad odling av en annan.

## **EFFEKT**

-H3 → *Hur mycket påverkas grödorna av de omfattande virusangreppen?*

(FE1) *Hur påverkar virusinfektionerna grödorna?* De jordburna virus som angriper spannmålsgrödor kan orsaka omfattande skördeförstuder i mottagliga sorter vid gynnsamma (fuktiga) väderleksförhållanden. Angrepp leder till lägre kärnvikt, färre sidokott, lägre hektolitervikt och sammantaget till lägre skörd. Plantor på lågt liggande delar av fält, där markfuktigheten kan vara hög, drabbas först. I ett tillräckligt fuktigt klimat kan angrepp observeras fläckvis och överallt i ett fält. Viruset SBWMV orsakar en av de allvarligaste vetejukdomarna i centrala och östra USA (Kanyuka m fl., 2003).

(FE2) *Vad beror virusens aggressivitet på?* Virus förändras ofta, genom mutationer, och det kan leda till att aggressivare stammar utvecklas och att eventuell resistens mot virusangreppen upphör att fungera. De polska stammarna av SBCMV anses dock inte vara så aggressiva och man tror att det kan finnas tolerans i värdväxterna. Risken för betydande skördeförstuder bedöms därför som måttlig vad avser denna virusstam.

(FE3) *Är växterna resistenta mot dessa virus alternativt vektorn?* Det finns ingen resistens i svenskt korn och vete.

(FE4) *Hur påverkar väder infektionens utveckling i växten?* I USA anger man att virus-spridning i växten och utveckling av symtom avstannar när medeltemperaturen stiger över 20 °C och att virusen inte sprids i växten vid högre temperaturer, medan i Indien är isolat av samma virus aktiva vid 27–30 °C (Cadle-Davidson & Gray, 2006). Det är fortfarande mycket som inte är känt när det gäller virusens infektionsprocess, rörelse i växten m.m. men man tror att infektionen måste ske i ung växtvävnad (dvs i detta fall rötter) (Kanyuka m fl., 2003).

(FE5) *Hur stora kan skördeförstuder bli?* Skördeförstuder i vete i USA och Brasilien pga SBWMV angrepp har uppskattats till 50 resp. 80 %. I vete i västra och södra Europa och i huvudsakligen råg i centrala och nordöstra Europa leder SBCMV-angrepp, till 30–70 % förlust (Habekuss & Ordon, 2012). I höstvete har skördeförstuder på 30 % registrerats. I en känslig höstvetesort i England noterades 50 % förlust pga SBCMV. I Italien uppmättes 70 % förlust i durumvete av SBCMV i kombination med WSSMV. Skördeförstuder i korn i Europa pga BaYMV (barley yellow mosaic virus) och BaMMV (barley mild mosaic virus) på >50 % har förekommit. Skördeförstuder pga SBWMV kan vara underskattade eftersom symtomen (förutom de allra starkaste) är svåra att identifiera. (→KE5)

(FE6) *Hur påverkas skörden av enbart vektorn?* I sockerbetor utan närvaro av viruset orsakar *P. betae* inte nämnvärda skördeförstuder (Lennefors & Lindsten, 2002).

-H1-4 → *Hur har vi skattat Effekterna av Hoten?*



(FE7) *Vilka spannmålsgrödor angrips, och i vilken utsträckning?* Vi antar att alla virusformerna förekommer i samma utsträckning och angriper grödorna i samma utsträckning, dvs vete, råg, korn och havre angrips i samma utsträckning i relativa termer. (→KE7)

(FE8) *Hur stor areal kan angripas och hur stor skördeminskning kan det leda till?* Lindblom (1925) klassificerade ett virusangrepp 1918 i Östergötland och Södermanland i fem kategorier och kartlade graden av angrepp över området. Dessa virusangrepp gav upphov till vetedvärgsjukan. Studien kartlade skörden över området och fann en relativt god överensstämmelse med angreppen, där icke-ringa angripna områden hade den högsta skörden (>2 ton/ha) och de med mycket starkt angrepp lägsta skörden (<0.8 ton/ha). Vi antar att skörden för icke-ringa angripna = 100 %. Skörden för grödor med mycket starkt angrepp är då 30 % därav, och för de tre kategorierna däremellan antar vi att skörden är; starkt angrepp 50 %, mindre starkt angrepp 70 %, samt svagt angrepp 90 % av skörden för de icke-ringa angripna. För Södermanland, där angreppen var mer omfattande än i Östergötland, var arealen med mycket starkt angrepp, starkt angrepp mm, 20 %, 10 %, 40 %, 15 % respektive 15 % av områdets totala veteodlingsareal (grovt avläst från figur med antagandet att odlingarna är jämnt fördelade över området). För hela området får vi då en skördeminskning motsvarande:  $0.2 \times 0.3 + 0.1 \times 0.5 + 0.4 \times 0.7 + 0.15 \times 0.9 + 0.15 \times 1 = 0.68$  (dvs för 20 % av arealen erhöles 30 % av potentiell skörd, för 10 % av arealen 50 % osv.); dvs för området som helhet blev det en skördeminskning på 32 %. Lindblom (1925) beräknade totalskörden 1918 till 37 % lägre än för medelskörden över 10 år (1913–1922) och för Östergötland 26 % lägre. Viruset som orsakar vetedvärgsjuka sprids av stritar och epidemiologin blir då olik jämfört med jordburna virus. Hur detta kan ge upphov till skillnader också vad avser virusangreppens utbredning och effekt på grödan är oklart. (→KE8)

(FE9) *Hur stor är skördeminskningen påföljande år?* För påföljande år uppskattar vi att virusförekomsten är lika omfattande om inte större än första året, vilket föreslår samma grad eller en större skördeminskning. Dessutom antar vi att ett antal odlare valt att odla andra grödor än spannmål för livsmedel eller foder. Hur stor andel av arealen som detta är frågan om är oklart, och kan bero på t ex väderförhållanden och marknader. Sammantaget antar vi att minskningen av totala spannmålsskörden jämfört med innan angreppet nu är ca  $XX_1$  %. (→KE9)

(FE10) *Hur fort återhämtar sig skörden och till vilka nivåer?* Med åren förväntas skörden återhämta sig. Vi antar en gradvis återgång till normaltillstånd inom i storleksordningen tio år, främst därför att nya resistent sorter importerats och att resistensutveckling påbörjats och resistent sorter anpassade till svenska odlingsförhållanden börjat odlas. (→KE10)

(FE11) *Vilka alternativa kvantifieringsmodeller finns för bedömningar av skördeförlusternas storlek pga virusangrepp?* (→KE11)



### **Riskbedömning**

(Fr1) Hur sannolik är en viss skördeminskning givet att ett omfattande angrepp sker? Skattningar av effekten på grödans avkastning varierar beroende på alternativa skattningsmetoder. Fallet 1918 (Lindblom, 1925) föreslår en ca 35 % skördeminskning i Södermanland, ca 25 % i Östergötland, och sammantaget ca 30 %. Andra studier saknas för svenska förhållanden, vilket innebär att sannolikheten att effekten antingen blir 25 % eller 35 % är fifty-fifty. (→Kr1)

(Fr2) Hur relevant är studien 1918 för stritar för ett jordburet virus 100 år senare? Man kan nog anta att åtgärderna idag är mer effektiva än dom var 1918. Å andra sidan kan ett jordburet virus finnas kvar i vektorn i marken i tiotals år medan när vektorn är en insekt, som den var 1918, kan man bli av med den betydligt snabbare t ex genom besprutning. Årsvariationerna i populationsstorlek är stora för stritar och andra insektsvektorer, men *P. graminis* finns kvar i jorden hela tiden efter introduktionen. Är ett fält påverkat av ett jordburet virus återkommer problemen varje år, men för insektsburna virus kan det variera mycket i virusförekomst mellan år.

(Fr3) Hur stor blir konsekvensen av ett omfattande angrepp?

### **Kunskapsluckor**

#### **Hot**

(Kh4) Hur detekterar man att viruset finns i ett större område utan symtom? För tidig detektion skulle det krävas noggrann provtagning i ett stort antal fält. Det skulle bli mycket kostsamt. Det behöver utvecklas och dokumenteras en metod för stratifiering (dela in efter regler) av fält i syfte att utesluta att symtomen kan bero på vatten- eller näringsbrist. Kan symtom i dessa områden upptäckas med fjärranalys, varvid laboratorieprover skulle kunna riktas till dessa fält och därmed effektivisera provtagningen?

(Kh6) Finns viruset i Sverige? För att bedöma om viruset finns i Sverige är det nödvändigt med provtagningar och tester.

(Kh7) Hur kommer virusen till en ny plats? Virusens epidemiologi är inte tillräckligt utredd för att kunna svara på frågor om varifrån, hur och när virusen introduceras på en ny plats. Det är oklart vilken betydelse överföring av SBCMV via utsäde kan ha.

(Kh9) I vilka värdväxter överlever viruset? Överlevnad i odlade gräsarter och ogräs (kvikrot, renkavle) måste undersökas. Angrips majs i Sverige?

(Kh10) Hur samspelar virus och vektor, och hur infekteras växten? Detaljkunskap om hur infektionsprocessen och överföringen av virus går till saknas och flera andra aspekter av interaktionerna mellan virus och vektor är inte kända (Kanyuka m fl., 2003; Kühne, 2009). Hur stor virusdensitet som krävs innan symtom börjar uppträda är okänt.

(Kh13) *Hur sprids vektorn?* Det finns uppgifter om att SBCMV kan överföras via utsäde (Budge m fl., 2008) men flera frågor återstår att lösa innan man vet vilken betydelse detta kan ha.

### **Åtgärd**

(Kå1) *Vad kan orsaka att tiden till upptäckt av virusinfektionen fördröjs?* Majoriteten av svenska spannmålsodlare är troligen inte medvetna om att dessa virussjukdomar existerar. Rådgivare m.fl. kanske är lika okunniga i många fall. Hur kan man informera och sprida kunskap utan att för den skull skrämmas med sådant som kanske inte finns?

### **EFFEKT**

(KE5) *Hur stora kan skördeförlusterna bli?* För hur stora områden avser observerade/beräknade relativa skördeminskningar, och hur beror dessa på hur stora områden man betraktar?

(KE6) *Hur sprids viruset i växten?* Det är fortfarande mycket som inte är känt när det gäller virusens rörelse i växten.

(KE7) *Vilka spannmålsgrödor angrips, och i vilken utsträckning?*

(KE8) *Hur representativ är en undersökning om strit-burna virus effekter på grödorna för bedömningen av effekterna av jordburna virus?*

(KE9) *Hur stor är skördeminskningen påföljande år pga att arealen av spannmålsgrödor minskar efter ett omfattande angrepp?* Finns det några exempel på hur mycket areal som "tas ur bruk" året efter ett omfattande virusangrepp?

(KE10) *Hur fort återhämtar sig skörden och till vilka nivåer?* Finns det några exempel? En litteraturstudie kan ge ett visst svar på denna fråga.

(KE11) *Vilka alternativa kvantifieringsmodeller finns för bedömningar av skördeförlusternas storlek pga virusangrepp?* Det är svårt att finna fler exempel för Sverige än de vi angivit i denna studie.

(KE12) *Hur skattar man Effekterna av ett virusangrepp på nationell nivå?*

### **Riskbedömning**

(Kr1) Det finns få svenska studier om skördeminskning pga ett omfattande virusangrepp men man borde kunna få ut något från publicering i andra länder.

(Kr2) Vilka studier finns på konsekvenser på den nationella nivån? Hur kan studier av effekter på en mindre skala utnyttjas för bedömning av konsekvenser på en nationell skala. Studier av Tysklands spannmålsproduktion kanske kan ge en uppfattning om det.

## **Följdhändelser**

-Spannmålsbrist och svårigheter att odla vissa grödor kvarstår under en mycket lång tid eftersom viruset har lång överlevnadstid.

-Hela landet drabbas i och med att det handlar om foder- och livsmedelsförsörjning. Vid mycket stora förluster uppstår brist på spannmål (vete och korn). Det påverkar livsmedelsproduktion, foder till djur och bryggerinäringen och en bristsituation på livsmedel kan uppstå.

-För att fylla behovet måste Sverige öka importen av spannmål för livsmedel och foder. I hur stor grad importbehovet kan fyllas beror på den aktuella situationen i vår omvärld beträffande tillgång, efterfrågan, handelsavtal/-hinder och ekonomi. Beroende på marknadspriset kan det leda till högre livsmedels- och foderpriser.

-Om samma händelser och produktionsbortfall (eller produktionsbortfall av andra orsaker) även drabbar andra länder eller områden ökar konkurrensen om det som man vill köpa på marknaden, priserna stiger och i sista ledet drabbas konsumenterna (t ex mjölkproducenterna) av höjda priser och i värsta fall av bristande tillgång på varor. Om marknaden av något skäl inte existerar eller inte är tillgänglig (avspärrning, handelshinder) förvärras situationen ytterligare.

-Försämrade inkomster för spannmålsnäringen. Kostnaden för skördeförluster i Östergötland och Södermanland 1918 beräknades till 5.1 miljoner kronor (Lindblom 1925), vilket i dagens penningvärde och marknadspriser för spannmål beräknats till ca 95 miljoner kronor (Djurle 2013).

-Påskyndad nedläggning av odlingsmark. Det tar mycket lång tid att återställa nedlagd odlingsmark om den under tiden använts som skogsmark eller för energiskogsodling.

-Det blir dyrt att införa undersökningar av resistens mot virusen hos värdväxterna i svensk sortprovning.

## **Övrigt utanför systemavgränsningen**

### ***Riskbedömning utanför systemavgränsningen***

Viruset finns i stor omfattning i närliggande länder såsom Tyskland och sannolikheten bedöms som stor (100%) att viruset snart når Sverige, alternativt redan finns i Sverige men ej upptäckts ( $\leftarrow F\ddot{o}1$ ). Från upptäckt till allmänt förekommande av viruset i Tyskland tog det mer än 9 år och mindre än 17 år. En skattning av sannolikheten för att viruset etablerat sig i hela Sverige inom de närmaste åren är då 0 %, men 15 år efter upptäckt nära 100 % (beroende på att vi bara har en skattning) ( $\leftarrow F\ddot{o}2$ ). Variationen i väder mellan år och inom Sverige gör det osannolikt att ett omfattande angrepp med en 30 % skördeminskning sker för hela Sverige samtidigt. För mindre områden är både effekten och sannolikheten större ( $\leftarrow F\ddot{o}3$ ). Erfarenheter från åtgärder vidtagna

mot rhizomania i sockerbetor föreslår att sannolikheten för att åtgärder vidtas, enligt som dom beskrivits ovan, är betydligt mindre än 100 % första året, men att de sedan snabbt ökar till 100 % kommande år. Vi antar därför att sannolikheten för en extrem konsekvens kan vara något större än om vi vet att åtgärderna vidtagits (←Fö4).

Sammantaget är sannolikheten för ett omfattande regionalt angrepp i år mycket liten (vi antar 5 %), men inom fem år kan flera områden inom en region ha utsatts för viruset om vi jämför med vad som hänt i Tyskland (jmf Kühne, 2009), vilket är något snabbare än de ca sju år det tog för motsvarande virus att etablera sig i sockerbetsodlingar i Skåne. Om vädret inte är gynnsamt för virusets utveckling ett givet år minskar sannolikheten i motsvarande grad. Sammantaget bedöms sannolikheten vara större (vi antar 60 %) att inget angrepp sker, än att det sker. Om vi antar att hotet har inträffat, dvs det har blivit ett omfattande angrepp, ökar sannolikheten för omfattande konsekvenser väsentligt. Även om åtgärder vidtas blir sannolikhet fifty/fifty att konsekvensen blir stor eller extrem (se Tabell A.3.2a). Om det ännu inte är känt i vilken utsträckning åtgärder kommer att vidtas ökar dock sannolikheten för de mest extrema konsekvenserna något. Om vi ser ett år framåt i tiden kommer dock åtgärderna mycket troligt att ha vidtagits (Tabell A.3.2b).

#### Tabell A.3.2b. Riskbedömning inklusive Sannolikheter för Hot och Åtgärder

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för regional spannmålsproduktion pga ett omfattande virusangrepp givet olika förutsättningar som inbegriper successivt fler sannolikhetsbedömningar. Omvärldsförhållanden inkluderar sannolikheter för att hoten och åtgärder inträffar. Notera att alla värden är fiktiva och anges bara som ett exempel på ett möjligt utfall av en bedömning. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert; Ox = Observation av liknande men inte helt jämförbart fall). <sup>1</sup>Från Tabell A.3.2a

Konsekvens (K) Givet:	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal be- döm.	Modell
<b>Regionalt</b>							
Omvärldsförhållanden (Hot och Åtgärder ej givet)	60	20	15	4	1	-	E
att Hoten inträffat (men Åtgärder ej givet)	0	0	0	40	60	-	E
att Hoten inträffat och Åtgärderna vidtagits <sup>1</sup>	0	0	0	50	50	2	Ox

På den nationella nivån är mönstret detsamma som på den regionala nivån, men konsekvenserna är mindre (vi har inte gjort någon kvantitativ bedömning) (← Fö3).

#### Förklaringsmodeller utanför systemavgränsningen

(Fö1) Hur Sannolikt är det att viruset når/finns i Sverige? Viruset har ännu inte upptäckts i Sverige. Det kan bero på att det inte finns här eller att det inte upptäckts men faktiskt finns. Viruset finns i vår närmaste omvärld, och möjliga smittovägar är många.

Sannolikheten att viruset når Sverige är kanske stor, men hur stor? För BNYVV viruset i sockerbetor tog det ca 45 år innan viruset observerades i Sverige (1997) från det att det först observerades i Europa i Italien 1952. Ca 10 år senare observerades det i Japan, och ca ytterligare 10 år senare (1970-talet) i flera länder i södra och centrala Europa. På 1980 talet observerades det i Holland och Storbritannien och i Sverige började man ta jordprover för att detektera virus eller vektorn 1986 (Lennefors m fl, 2000). (→ Kö1)

(Fö2) *Hur Sannolikt är det att viruset etablerar sig i Sverige?* De virus som förekommer i Europa och som kan angripa spannmålsgrödor via sin vektor förekommer inte i Sverige idag såvitt man vet. Samtidigt ökar förekomsten av virusangrepp i Europa. Vektorn *Polymyxa graminis* förekommer allmänt i mark där värdväxter odlas. En introduktion i Sverige av jordburna virus skulle kunna ske utan upptäckt. Viruset upptäcktes på enstaka platser i Tyskland 1977 och spred sig och inom 17 år (1994) var ca 75 % (grovt avläst i Kühne, 2009) av odlingsarealen i Tyskland smittad med viruset. Den smittade arealen ökade ca exponentiellt med tiden. Från upptäckt till allmänt förekommande av viruset i Tyskland tog det alltså mindre än 17 år men mer än 9 år. Utgår vi från samma spridningshastighet i Sverige är sannolikheten för att viruset finns nationellt allmänt förekommande inte stor de närmaste 10 åren, men kanske 15 år efter upptäckt. Regionalt var motsvarande siffror mellan 6 och 9 år dvs viruset kan regionalt vara etablerat redan 7 år efter upptäckt. För sockerbetor etablerade sig viruset i Sverige (Skåne) inom en sju års period efter det att viruset nått Sverige (Djurle 2013b; Lennefors m fl, 2000). I spannmålen förväntas dock, teoretiskt, spridningen kunna ske fortare än i sockerbetor eftersom spannmålsarealen är mycket större.

(Fö3) *Hur Sannolikt är det att ett omfattande angrepp sker om viruset etablerar sig i Sverige?* I Sverige är alla förutsättningar uppfyllda för att omfattande, kroniska, angrepp ska kunna uppstå om virusen finns här. Om angreppet av vetedvärgsjukan i Östergötland och Södermanland 1918 (Lindblom, 1925) kan antas representativt för två regioner varsohelst i Sverige är sannolikheten 100 % att skördeminskningen blir större än 26 % för två regioner, och 50 % att minskningen blir 35 % för en region givet att ett omfattande angrepp sker. Men effekten på nationell nivå kräver en bedömning av sannolikheten att hela Sverige drabbas av lika omfattande angrepp. Variationen i väder mellan år och inom Sverige gör dock att väderförhållanden som kan orsaka angrepp motsvarande dem för Östergötland och Södermanland 1918 (Lindblom, 1925) inträffar mycket sällan, eller kanske aldrig, för Sveriges spannmålsområden som helhet. Det saknas i dagsläget studier som bedömer frekvenser av denna typ. Vetedvärgsjukan sprids av stritar och det är många faktorer som ska stämma för att smittspridningen till en mottaglig gröda ska kunna ske i större omfattning (dvs såväl viruset ska vara närvarande som att vädret ska vara gynnsamt för angrepp). När det gäller virus som sprids med *Polymyxa* kommer vektor med virus finnas i jorden hela tiden. Av det skälet är det rimligt att anta att sannolikheten för att stora områden angrips underskattas av det observerade fallet med omfattande angrepp av vetedvärgsjukan. (→ Kö3)

(Fö4) Hur Sannolikt är det att Åtgärder vidtas för att bekämpa och mildra Effekterna av virusangreppet, givet att Hotet om omfattande angrepp upptäckts?

Sannolikheter för att åtgärder införs, som understiger 100 %, beror på fördröjningar i införandet av åtgärder som i sin tur beror på (i) hur allvarlig situationen bedöms vara, samt (ii) administrativa/ekonomiska begränsningar för verkställandet av åtgärder. i) Hur allvarlig situationen bedöms vara beror dels på osäkerheter i den vetenskapliga bedömningen och dels, och kanske främst, på socioekonomiska faktorer som inbegriper värderingar av svensk spannmålsproduktion i relation till kostnader för att vidta åtgärder. ii) Att upprätta skyddszoner inom vilka restriktioner för transport av varor regleras och kontrolleras kräver resurser och kan vara mycket svåra att hantera i verkligheten. Det finns därmed incitament att inte införa skyddszoner i onödan. Detta orsakar en osäkerhet om åtgärden kommer att vidtas eller ej. Detta påverkar sannolikheten för att skyddszoner upprättas olika för år ett, två, tre etc. Fallet med etableringen av det jordburna viruset BNYVV och sjukdomen rhizomania i sockerbeter i Skåne, kan ge information om i vilken grad administrativa/ekonomiska skäl påverkar hur och när åtgärder vidtas (Djurle, 2013b).

#### **Kunskapsluckor utanför systemavgränsningen**

(Kö1) Hur Sannolikt är det att viruset når/finns i Sverige? För att få en uppfattning om detta skulle man behöva studera historiska utbredningar av viruset i t ex Europa om hur fort viruset har spridit sig från ett land till ett annat.

(Kö3) Hur Sannolikt är det att ett omfattande angrepp sker om viruset etablerat sig i Sverige? Kanske ett angrepp som orsakar en skördeminskning på 30 % nationellt aldrig kan ske, dvs sannolikheten för en 30 % skördeminskning av hela Sveriges spannmålsproduktion pga ett virusangrepp är kanske noll? Då återstår frågan, vid vilken nivå på nationell skördeminskning blir sannolikheten noll vid ett omfattande virusangrepp (20 % eller 10 % eller ännu lägre). Variationen i väder mellan år och regioner spelar inte lika stor roll som för angrepp av stritburna virus motsvarande dem för Östergötland och Södermanland 1918 (Lindblom, 1925) eftersom spridningen av jordburna virus inte alls är lika väderberoende. För jordburna virus är spridningen över längre avstånd mer beroende av mänskliga aktiviteter.

#### **Referenser**

- Budge, G.E., Loram, J., Donovan, G. & Boonham, N. 2008. RNA2 of Soil-borne cereal mosaic virus is detectable in plants of winter wheat grown from infected seeds. Eur. J. Plant Pathol. 120, 97–102.
- Cadle-Davidson, L. & Gray, S. M. 2006. Soil-borne wheat mosaic virus. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2006-0424-01

- Djurle, A. 2013a. Can we estimate the costs of plant diseases to society? - Rapport av uppdrag från Livsmedelsverket i projektet Sektoriell risk- och sårbarhetsanalys av livsmedelskedjan 2015. Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU, Uppsala
- Djurle A., 2013b. Krisscenarier 2013 med anknytning till växtproduktion - Rapport av uppdrag från Livsmedelsverket i projektet Sektoriell risk- och sårbarhetsanalys av livsmedelskedjan 2015. Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU, Uppsala
- Gilligan, C.A. & van den Bosch, F. 2008. Epidemiological models for invasion and persistence of pathogens. *Ann. Rev. Phytopath.* 46, 385-418.
- Habekuss, A. & Ordon, F. 2012. Resistance of wheat to viral diseases. Kap 13 i *Disease resistance in wheat* (Ed. I. Sharma), sid. 277-294
- Jeżewska, M. & Trzmiel, K. 2010. Studies on cereal soil-borne viruses in Poland. *Journal of plant protection research* 50, 527-534.
- Kanyuka, K., Ward, E. & Adams, M.J. 2003. *Polymyxa graminis* and the cereal viruses it transmits: a research challenge. *Molecular Plant Pathology* 4: 393-406
- Kühne T., 2009. Soil-borne viruses affecting cereals – Known for long but still a threat. *Virus Research* 141:174-183
- Lennefors B-L, Lindsten K, 2002. Rhizomania på betor. Faktablad om växtskydd – Jordbruk. 108 J, Sveriges lantbruksuniversitet. 4 sidor
- Lennefors B-L, Lindsten K, Koenig R, 2000. First record of A and B type Beet necrotic yellow vein virus in sugar beets in Sweden. *European Journal of Plant Pathology* 106: 199-201
- Legrève A, Delfosse P, Vanpee B, Goffin A & Maraite H 1998. Differences in temperature requirements between *Polymyxa* sp. of Indian origin and *Polymyxa graminis* and *Polymyxa betae* from temperate areas. *European Journal of Plant Pathology* 104: 195-205
- Lindblom, A., 1925. En undersökning av dvärstritshärjningens 1918 utbredning och styrka inom Södermanlands och Östergötlands län samt en approximativ beräkning av de genom densamma föranledda ekonomiska förlusterna. *Medd. Centralanst. för försöksväxendet på jordbruksområdet* 287:73-78
- Lokupitiya, E. Paustian, K. Easter, M., Williams, S. Andrén, O. Kätterer, T., 2012. Carbon balances in US croplands during the last two decades of the twentieth century. *Biogeochemistry* 107:207-225 (DOI 10.1007/s10533-010-9546-y)
- Nielsen, S., Nicolaisen, M., Koenig, R. & Huth, W. 1999. First report of Soilborne rye. mosaic virus in rye in Denmark. *Plant Dis.* 83, 1074



Rush, C.M. 2003. Ecology and epidemiology of benyvirus and plasmodiophorid vectors. *Annu. Rev. Phytopathol.* 41:567-592.

Vaïanopoulos, C., Bragard, C., Maraite, H. & Legrève, A. 2005. Molecular methods for the detection of *Polymyxa graminis* f. sp. *temperata* and *P. graminis* f. sp. *tepidata* in association with bymo- and Furoviruses. In: Rush, C.M. (Ed.), *Proceedings of the 6th Symposium of the International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors*. Bologna, Italy, pp. 116-120.

Ward, E., Kanyuka, K., Motteram, J., Korniyukhin, D. & Adams, M.J. 2005. The use of conventional and quantitative real-time PCR assays for *Polymyxa graminis* to examine host plant resistance, inoculum levels and intraspecific variation. *New Phytologist* 165, 875-885.

### **A.3.3. Herbicidresistens – Spannmål**

*Lars Andersson, Henrik Eckersten*

#### **Omvärldsscenario**

- I Sverige sker en utveckling mot en höstsädesdominerad växtodling (eller bibehållen areal höstsädesodling eller trender). (← *Fh7*)
- Reducerad jordbearbetning blir allt vanligare. (← *Fh8*)
- Det finns en svag tendens till tidigare höstsådd. (← *Fh9*)
- Antalet selektiva herbicider mot gräsogräs i höstsäd är begränsat.
- Herbicidresistens är ett ökande problem i Europa. (← *Fh5*)
- Kontinuerligt användande under flera år av herbicider som verkar på få eller endast en mekanism hos ogräset. (← *Fh1*)
- Avsaknad av utveckling av nya herbicider med alternativa verkningsmekanismer. (← *Få5*)
- Tillämpningen av anti-resistens-strategier är otillräcklig. (← *Fh6*)
- Renkavle och Åkerven utvecklar på lång sikt resistens mot alla herbicider som är möjliga att använda i höstsädesodling.

#### **Hot innan Åtgärd**

- H1. Stor andel renkavle och åkerven i höstsäd, pga herbicidresistens.



### **Effekt innan Åtgärd**

H1 →

-Minskade hektarskörddar av höstsäd med  $XX_1$  % pga ökad förekomst av gräsogräs.

-Minskad areal höstsädesodling pga ökad förekomst av gräsogräs.

### **Åtgärd**

H1 →

-Information om herbiciders effektivitet sprids via Decision Support Systems. (Få1,2,3)

-IPM (Integrerad ogräsbekämpning) och andra tillgängliga åtgärder för att minska fortsatt resistensutveckling vidtas i begränsad omfattning. (← Få6,7)

-Höstsädesareal ersätts med vårsäd. (← FE2)

### **Hot efter Åtgärd**

-H1. Stor mängd renkavle och åkerven i höstsäd kvarstår som hot de närmsta åren efter åtgärd.

-H2. Minskad höstsädeskörd pga tillämpning av anti-resistens strategier. (← FE1)

-H3. Minskad spannmålsskörd pga att  $XX_2$  % av höstsädsarealen ersätts med vårsäd, alternativt med en annan gröda.

### **Effekt efter Åtgärd**

-H1 → Ökad förekomst av gräsogräs i höstsädesodling minskar hektarskördarna ( $XX_3$  %). (← FE5)

-H2-3 → Införandet av IPM och andra åtgärder innebär en viss minskning ( $XX_4$  %) av hektarskördarna för dessa arealer. (← FE1,2)

-H1-2 → Den regionala spannmålsproduktionen minskar till en viss andel ( $XX_5$  %), förutom beroende på de direkta effekterna av IPM och ogräsets konkurrens med grödan, också beroende på en minskad areal med höstsäd (med  $XX_6$  %). (← FE4,6)

-H3 → För den areal höstsäd som byts ut mot vårsäd blir skördeminskningen i storleksordningen 20-25 %. Hur stor andel av höstsädsarealen som ersätts med vårsäd är oklart, men även om all areal ersattes med vårsäd (vilket är orealistiskt och skulle ge andra problem) skulle det ändå ge en väsentligt lägre effekt på den totala spannmålsproduktionen (än 20-25%), eftersom en del av den totala arealen är vårsäd. (← FE2,4)

## Riskbedömning

I denna studie fokuseras effekterna, dvs vi skattar sannolikheten för att en viss konsekvens för spannmålsproduktionen uppstår, givet att en omfattande herbicidresistens uppstått och att åtgärder vidtagits. Samtliga åtgärder resulterar i en viss minskning av den totala spannmålsproduktionen. För de odlingar där inga direkta åtgärder vidtagits och en omfattande ogräsförekomst finns, antar vi att skörden blir så låg (*FE5, 6*) att en stor andel av höstsädesodlingen byts ut mot en annan gröda. Även om all höstsädesareal skulle bytas ut mot vårsäd (vilket dock är orealistiskt; *Få13*), som avkastar mindre än höstsäd, så blir reduktionen av den totala nationella spannmålsproduktionen liten med beaktande av att bara en viss andel av spannmålsproduktionen är höstsäd (*FE2*). Om en viss andel av höstsäden i en växtföljd ersätts med en annan gröda blir det visserligen positiva växtföljdseffekter som bidrar till att öka skördenivåerna i den kvarvarande spannmålen (*FE1, 4*), men den totala spannmålsproduktionen minskar på grund av minskad areal spannmål. Sammantaget bedömer vi att konsekvensen blir liten. Det finns flera osäkerheter i denna skattning, men vi har inget underlag av observationer eller kvantitativa modellskattningar för att bestämma en sannolikhetsfördelning för de möjliga konsekvenserna, Vi antar en liten spridning kring en liten konsekvens med en viss förskjutning åt ingen konsekvens (Tabell A.3.3a).

### Tabell A.3.3a. Riskbedömning:

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för spannmålsproduktionen givet att herbicidresistens och åtgärderna inträffar. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert). Notera att värdena bedöms vara mycket osäkra.

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedömn.	Modell
<b>Regionalt</b>	5	45	45	5	0	-	E
<b>Nationellt</b>	40	50	10	0	0	-	E

På den regionala nivån är i vissa fall höstsäd den dominerande spannmålsgrödan, och om den ersätts med vårsäd eller andra grödor berörs en större andel av spannmålsarealen än på nationell nivå. Vi bedömer det som att sannolikhetsfördelningen för en region som utsatts för omfattande herbicidresistens förskjuts åt större konsekvens, jämfört med den nationella nivån. ( $\rightarrow Kr1$ )

## Förklaringsmodeller

### Hot

-H1  $\rightarrow$  Hur påverkas ogräsen och grödorna av Herbicidresistens?

(*Fh1*) *Hur verkar herbicider?* Herbicider verkar dels på specifika tillväxtfunktioner i växten ('target site') dels på växtens förmåga att via metabolism motstå/kompensera

för herbicidens effekt (WRAG 2005).

(Fh2) *Vad beror herbicidens effekt på och hur kvantifieras den?* Ogräsmedelens effektivitet beror av biotiska (ogräsflora, ogräsen utvecklingsstadium och grödornas konkurrenskraft) och abiotiska faktorer (marktextur, klimat, appliceringsteknik och förekomst av andra bekämpningsmedel). Herbicidens effektivitet kvantifieras mha dos-responskurvor (översatt). Vid väldigt små doser av en given herbicid kan bekämpningseffekten variera beroende på ogräs mellan 0 (*Cirsium arvense*) och ca 30 % (*Spergula arvensis*). För doser som ger en effekt på 90 % för vissa ogräs, är effekten på andra ogräs bara 10 %, men för de allra flesta ogräsarter mer än 50 %. (Kudsk m fl 2013)

(Fh3) *Hur utvecklas herbicidresistens?* Ogräs är relativt orörliga och utveckling av herbicidresistens är inom odlarens kontroll, jämfört med sjukdomar och skadedjur. Det innebär att odlingsmetoder på ett enskilt fält eller gård kommer att ha en direkt inverkan på hur herbicidresistens utvecklas inom ett enskilt fält eller gård, snarare än införsel av resistens utifrån. Blandningar eller i vilken följd ogräsmedel med olika verkningsätt appliceras kan försena utvecklingen av resistens. Ju fler verkningsätt du använder, desto lägre är risken att resistens utvecklas. Hastigheten i resistensutvecklingen påverkas också av ogrässtrycket i ett givet fält. Ju fler individer som finns av en viss ogräsart, desto sannolikare är det att det finns genotyper med resistensanlag. Effektiv ogräskontroll är alltså en strategi mot resistensbildning. Dock förhindrar inte dessa metoder utvecklingen av herbicidresistens - de fördröjer bara selektionsprocessen. (översatt) (WRAG 2005)

(Fh4) *Vilka herbicider har störst risk att utveckla resistens hos ogräsen?* Exempel på herbicidprodukter mot gräs-ogräs med stor risk att orsaka utveckling av herbicidresistens är: ALS herbicider (sulfonylureor; Atlantis, Attribut, Bullion, Hussar, Lexus, Monitor, Pacifica) och ACCase herbicider ('fops', 'dims' och 'dens'; Axial, Cheetah, Grasp, Tigress, Topik, Aramo, Falcon, Fusilade, Laser, Sceptre). (WRAG 2005)

(Fh5) *Hur mycket förekommer herbicidresistens i Europa?:* I renkavle (*Alopecurus myosuroides*) är resistens mot ACCase och ALS herbicider mycket utbredd i UK och Frankrike, frekvent i Tyskland och ökande i andra nordeuropeiska länder. I åkerven (*Apera spica-venti*) ökar resistensen i Tyskland, Tjeken, Polen och Danmark. Resistensen mot ALS herbicider ökar i tvåhjärtbladiga ogräs (våtarv (*Stellaria media*), vallmo (*Papaver rhoeas*), baldersbrå (*Matricaria* spp)) (Kudsk m fl 2013). I Sverige har resistens mot två ACCase-hämmande preparat (Event Super och Focus Ultra) konstaterats i renkavle. Minskad känslighet har observerats för ALS-hämmare (Lexus och Attribut Twin). Även för åkerven finns rapporter om resistens (Arelon och Monitor) (Svenskt Växtskydd, 2014).

(Fh6) *Vilka anti-resistens-strategier tillämpas inte tillräckligt mycket?* (i) Förhindrande och/eller undertryckning av ogräs (t.ex. genom växtföljder, odlingsmetoder, jordbearbetning och hygienåtgärder), därför att inget av alternativen är lika effektiva och/eller

billiga som applicering av herbiciderna; (ii) Tillämpning av varnings- och prognosermetoder samt diagnosverktyg; samt (iii) registrering av förekomsten av ogräs och ogräsmedel. (översatt) (Kudsk m fl 2013) (→ *Kh6,6a*)

(Fh7) *Hur utvecklas höstsädesarealen i Sverige?* Svag ökning sedan början av 2000-talet.

(Fh8) *Hur mycket ökar eller minskar arealen med reducerad jordbearbetning?*

(Fh9) *Hur starka är trenderna för tidigare, alternativt senare, höstsådd?* Osäkert, men troligen relativt svag glidning mot tidigare sådd.

### **Åtgärd**

(Få1) *Vad syftar val av herbicider till?* Val av herbicider (ogräsmedel) och dosering görs för att samtidigt bibehålla bekämpningseffekt och motverka fortsatt resistensutveckling. (Kudsk m fl 2013)

(Få2) *Hur upptäcks herbicidresistens i fält?* De första tecknen på resistens kan vara att isolerade ogräsplantor överlever behandling med herbicider eller att herbicideffekten gradvis minskar under flera år. Om man ser fläckar med överlevande ogräsplantor, ska de tas bort medan de är små (WRAG 2005).

(Få3) *Vad är nyttan med tester av herbicidresistens?* Tester kan identifiera typen av herbicidresistens i ett tidigt skede, och man kan då snabbt vidta åtgärder för att förhindra spridningen av resistensen. Testresultat indikerar vilken mekanism hos ogräset som orsakar resistens (WRAG 2005).

(Få4) *Hur blir man av med herbicidresistens?* Att minska andelen resistent ogräs är en mycket långsam process, även om inga herbicider används, och tar alldeles för lång tid för att vara av någon betydelse i praktisk växtodling (WRAG 2005).

(Få5) *Hur omfattande är utvecklingen av herbicider?* Utveckling av herbicider som verkar mot alternativa mekanismer hos ogräset har avstannat de senaste 30 åren. Det har inte tillkommit några nya verkningsmekanismer för herbicider sedan 1980-talet (verkan på 18 fysiologiska processer i växten: första (auxin) 1942; 1955–1970 11 nya (= 0.7 nya/år); 1970–1983 5 nya (= 0.4 nya/år); 1983– 0 nya). Avsaknaden av aktiva substanser ('ingredients'; särskilt jordherbicider) orsakar ett större tryck på ACCase-hämmare, ALS-hämmare och glyfosat (de herbicider som löper störst risk att utveckla herbicidresistens) (Kudsk m fl 2013). Inget företag producerar herbicider som kan erbjuda en lösning på herbicidresistensproblemen de närmast åren (WRAG 2005).

-H2 → *Hur påverkas ogräsen av alternativa bekämpningsmetoder?*

(Få6) *Vilka IPM-metoder finns det att välja ibland?* (i) Konkurrenskraftiga grödsorter sås; (ii) Sämönster och -täthet optimeras; (iii) Sen sådd, (iv) Falsk såbädd utföres (dvs såbäddberedning utan utsäde, senarelagd plöjning och harvning); (v) Alternativa växt-

följder; (vi) Kombination av metoder (t.ex. grüngödslingsgrödor + målstyrd plane-ring av jordbearbetning) (Kudsk m fl 2013). (vii) Icke-odling, antingen genom träda eller arealuttag (helst under två på varandra följande år), kombinerat med avslagning innan frösättning, kan vara ett mycket effektivt sätt att minska gräsogräspopulationer. Av dessa åtgärder är varierande växtföljd, plöjning och senarelagd harvning mest ef-fektiva (WRAG 2005). (→ *Kå6*)

(Få7) Hur omfattande bör IPM åtgärder vara för att vara effektiva? För en viss andel (XX<sub>7</sub> %) av höstsädesarealen kombineras eller ersätts herbicidanvändningen mot ogräs med IPM. Det kan innebära att en viss andel (XX<sub>8</sub> %) av den totala höstsädesarealen ersätts med vårsäd (alternativt en annan gröda).

(Få8) Hur mycket påverkar IPM herbicidanvändningen?

En ”måttlig” grad av IPM reducerar herbicidbehandlingsfrekvensen med ca hälften. En omfattande IPM reducerar den med nästan 90 %. (Kudsk m fl 2013)

(Få9) Hur kan man ”redesigna” en höstvetebaserad växtföljd för att förbättra IPM?

**Tabell A.3.3b. Redesigning weed management:**

IPM (PURE: Winter wheat based crop rotations (Danish site)). (från Kudsk m fl 2013)

System	Crop rotation	Cultural practices	Weed control practices
Current	Winter oilseed rape Winter wheat Winter wheat	Ploughing Early sowing Low seeding density	WOSR: Broadcast application WW: Protocol (autumn+spring)
Intermediate IPM	Winter oilseed rape Winter wheat <u>Spring barley</u>	Ploughing <u>Delayed sowing</u> High seeding density	WOSR: <u>Interrow cultivation + band spraying</u> WW: <u>Reduced dose in autumn + CPO in the spring</u> SB: <u>CPO</u>
Advanced IPM	Winter oilseed rape Winter wheat <u>(+cover crop)</u> Spring <u>oats</u>	Ploughing Delayed sowing + <u>false seed bed</u> (såberedning utan sådd ett tag innan den riktiga) High seeding density	WOSR: Interrow cultivation WW: CPO (only spring) SO: <u>Harrowing</u>

”Måttlig” IPM innebär att (i) ett av 2 års höstvete ersätts med vårkorn, (ii) senarelagd sådd och större utsädesmängd, samt (iii) Radhackning + bandsprutning, reducerad herbicidbehandling på hösten samt ”CPO” (”Crop Protection Online”, ett danskt beslutsstöd för behovsstyrd kemisk bekämpning) på våren, i jämförelse med nuvarande växtodlingssystem. ”Omfattande” IPM innebär (i) ett av 2 års höstvete ersätts med och en insådd fänggröda, (ii) senarelagd sådd, större utsädesmängd och falsk såbädd, samt (iii) Radhackning och ”CPO” på våren samt harvning, i jämförelse med nuvarande växtodlingssystem (Kudsk m fl 2013). (→ *Kå9*)

(Få10) *Hur mycket påverkar såtid och sådesign utsädesmängdens effekt på ogräsförekomsten?* En tidigarelagd höstsådd med ca 1 månad orsakar ca en fördubbling av ogrärens biomassa. En fördubbling av utsädesmängden (antal plantor per ytenhet) mer än halverar ogrärens biomassa (enligt ett försök i Danmark; Kudsk m fl 2013).

(Få11) *Hur effektiv är biologisk kontroll av ogräs?* Biologiska bekämpningsmetoder är mest effektiva i akvatiska miljöer. För ogräs i stora jordbruks- eller naturreservatområden etc (oftast flerårsogräs och ofta icke inhemska ogräs) är klassiska biologiska bekämpningsmetoder Psyllid för kontroll av *Fallopia japonica* (begränsad användning i UK) och *Stenopelmus weevil* för kontroll av *Azolla* (används i UK) (Kudsk m fl 2013). (→ Kå6,11)

(Få12) *Hur stor är olika åtgärders effekter på ogräsförekomsten?* De åtgärder som är aktuella i en situation där herbicidresistens har utvecklats innefattar dels indirekta kontrollåtgärder som ändrad växtföljd, såteknik och jordbearbetningsstrategier, och dels direkta icke-kemiska åtgärder. Moss & Lutman (2013) gjorde, utifrån ett stort antal engelska fältförsök, en uppskattning av kontrolleffekten av olika åtgärder mot renkavle. Största kontrolleffekten (i medeltal 80 %) uppnåddes genom att lägga in en vårsådd gröda i växtföljden. Ett annat alternativ är att lägga in en träda eller odla en perenn gröda som vall, vilket ger en årlig minskning av fröbanken med 70-80 %. Genom att odla en flerårig vall är det alltså möjligt att drastiskt reducera fröbankens storlek och därigenom bryta en populationsutveckling som riskerar att gå över styr. En flerårig vall inlagd i växtföljden kan bryta populationsökningen av renkavle och drastiskt minska fröbanken. Åtgärden kan fungera som effektiv engångsåtgärd som möjliggör höstveteskördar på hög nivå under relativt lång period. Hur lång effekten blir beror på vilka andra åtgärder som sätts in. Åtgärden är dock kostsam om det inte finns avsättning för grödan. Odlingsåtgärder som senare såtidpunkt, ökad utsädesmängd, konkurrensstarka sorter, ogräsharvning och falsk såbädd bidrar till att hålla nere renkavlepopulationen men kan inte helt ersätta en effektiv kemisk bekämpning.

(Få13) *Hur stor andel av höstsädesarealen kan bytas ut mot vårsäd?* Alltför ensidig odling av vårsäd riskerar att gynna vårgroende gräsogräs som flyghavre och hönshirs, vilka båda uppvisar exempel på herbicidresistens längre söderut i Europa.

## **EFFEKT**

H2 →

*(FE1) Hur mycket påverkar IPM skörden hos grödan?*

En ”måttlig” grad av IPM har ingen reducerande effekt på skördenivåer. En omfattande IPM reducerar dock skörden (Kudsk m fl 2013).

-För den areal där höstsäd ersätts med vårsäd (alternativt en annan gröda) innebär det att hektarskördarna minskar med ca 20 % (se FE4).

- Höstsädesodling kan i viss utsträckning förväntas ersättas av andra höstsådda grödor som höstoljeväxter. Det förbättrar möjligheterna till kontroll av gräsogräs eftersom herbicider med andra verksamma substanser blir tillgängliga. Den positiva växtföljdseffekten bidrar till att skördenivåerna i spannmål ökar, men totala spannmålsproduktionen minskar på grund av minskad areal.

H3 → *Hur stor areal höstsäd ersätts med vårsäd?*

*(FE2)* Den totala höstsädesarealen i Sverige är ca 280 kha. Antag att på 25 % av denna areal införs IPM, dvs på 70 kha, genom att höstsäd ersätts med vårsäd. Vårsäd avkastar i genomsnitt 20-25 % mindre än höstsäd (se FE4), dvs införandet av IPM på 25 % av arealen skulle orsaka att skörden på dessa 280 kha minskar med 5 % ( $20\% \times 0.25$ ), och bara drygt 1 % räknat på hela spannmålsarealen på ca 1 Mha.

*(FE3) Hur stor areal höstsäd ersätts med en annan gröda än vårsäd?*

*(FE4) Hur mycket minskar hektarsköörden (nationellt) pga att höstsäd ersätts med vårsäd?* Medelhektarsköörden nationellt för vårkorn är ca 20 % lägre än för höstkorn, medan hektarsköörden för vårvete är ca 25 % lägre än för höstvete (JBV & SCB, 2013; se också krisscenariot Extremt-sommarväder-spannmål)

H1 → *Hur påverkas skörden av ogräsförekomst?*

*(FE5) H1 → Hur påverkas skörden av ogräsförekomst (regionalt respektive nationellt)? (→ KE5)*

*(FE6) Hur skattas den regionala respektive nationella Effekten på skörden? (→ KE6)*

## **Kunskapsluckor**

### **Hot**

*(Kh6)* Behov: Ökad förståelse av hur ogräs fördelar sig på fältet för att möjliggöra effektiv platsspecifik ogräsbekämpning (Kudsk m fl 2013).

*(Kh6a)* Ökad förståelse av hur fröbanksdynamiken påverkas av odlingsåtgärder som jordbearbetning, såtidpunkt och ogräskontroll, samt av ekosystemtjänster (t.ex. fröpredation) och väder.



### **Åtgärd**

(Kå9) Behov: Utforma rationella strategier för resistenshantering som minskar användningen av bekämpningsmedel utan att kompromissa med effektiviteten eller öka risken för utveckling av resistens. Forskning om herbicidresistens, specifikt NTSR (non-target-site-based resistance), efterlyser samarbete mellan experter inom molekylärbiologi, ekologi, evolution, ogräs och agronomi (Kudsk m fl 2013).

(Kå2) Behov: Undersöka hur platsspecifik ogräsbekämpning kan optimera användningen av herbicider och verktyg för fysisk ogräsbekämpning (Kudsk m fl 2013).

(Kå6) Hur påverkar förebyggande, kulturella och biologiska bekämpningsverktyg utformningen av odlingsystemet? (Kudsk m fl 2013)

(Kå11) Behov: Undersöka hur biologisk mångfald kan erbjuda ekosystemtjänster (t.ex. fröpredation) som kan minska ogräsförekomsten. Forskning om biologisk mångfald och ekosystemtjänster och deras roll i IPM kräver ett nära samarbete mellan agronomi och ekologi (Kudsk m fl 2013).

(Kå12) Utveckling och testning av modeller som beräknar den integrerade effekten på ogräsförekomsten av olika odlingsåtgärder inklusive indirekta och direkta kontrollåtgärder (IPM), ekosystemtjänster och abiotiska faktorer.

### **EFFEKT**

(KE5) Hur påverkas ogräs av konkurrens, allelopati, skuggning respektive reducerad jordbearbetning (Kudsk m fl 2013)? På den lokala skalan finns det ansatser till att beräkna konkurrens mellan gröda och ogräs, men som behöver utvärderas och utvecklas vad avser såväl sin allmängiltighet som specificering för Renkavle respektive Åkerven (t ex Eckersten m fl, 2011). Dessa beräkningar bygger på att man först kvantifierar viktiga egenskaper för respektive gröda och ogräs (t ex vad avser strålningsutnyttjande och kväveupptag; Eckersten m fl, 2010)

(KE6) Vilka modeller finns som kan prediktera effekter av ogräsförekomst på spannmålskördar, hur väl överensstämmer prediktionerna med observerade skördeminskningar och hur kan de användas? Det finns ansatser för att beräkna konkurrensen mellan gröda och ogräs på en nationell skala där mark och väderförhållanden varierar, som dock behöver utvecklas vad avser t ex antaganden om herbicideffekt på ogräset (se t ex Stratonovitch m fl 2012 för studier i Storbritannien).

(KE7) Motsvarande (KE6) för modeller som kan prediktera effekter av IPM på spannmålskördar?

### **Riskbedömning**

(Kr1) Vilka skattningar finns av den regionala respektive den nationella Effekten? Hur påverkar rådande trender i ogräsförekomst, orsakade av ökande herbicidresistens, spann-



målsproduktionen? Vilka prediktioner av ogräsförekomst och/eller IPM skötsel effekter på skörd av höstsådd spannmål finns gjorda, där ogräsförekomst och vidtagandet av IPM skötsel kan anses bero på att herbicidresistens utvecklats hos ogräsen?

## Övrigt utanför systemavgränsningen

### **Riskbedömning utanför systemavgränsningen**

En fullständig riskanalys ska, förutom sannolikheten att herbicidresistens minskar spannmålsproduktionen, vilket analyserades tidigare (Tabell A.3.3a), också inbegripa sannolikheterna för att omfattande herbicidresistens utvecklas, och att detta leder till att IPM (Få9) och andra åtgärder för att motverka herbicidresistens och dess effekter vidtas (Få4-6). Faktorer som talar för att herbicidresistens utvecklas är att den förekommer allmänt i andra Europeiska länder med liknande klimat, såsom Storbritannien (Fh5), att förebyggande åtgärder såsom IPM tillämpas i otillräcklig utsträckning (Fh6), samt att trender i växtodlingen kan påskynda resistensutvecklingen. Dessa trender är t ex en ökande areal höstsäd som i viss mån sås allt tidigare (Fh7, 9), reducerad jordbearbetning (Fh8), brist på selektiva herbicider med olika verkningsmekanismer mot gräsogräs, samt att möjligheterna att ersätta överksamma herbicider med nya herbicider är starkt minskande (Få5). Faktorer som talar emot en omfattande utveckling av herbicidresistens är att ogräsen är relativt orörliga, från plats till plats, och i hög grad kan kontrolleras med odlingsmetoder (Fh3). Vi saknar, som sagt, ett flertal skattningar av vad nettoeffekten av alla dessa faktorer kan bli, men vi har bedömt det som att en stor andel av eventuella sådana skattningar skulle föreslå att omfattande herbicidresistens kan utvecklas regionalt, främst i södra Sverige där odlingen av höstsäd är mer omfattande. Detta innebär att sannolikheten för en viss konsekvens för den regionala spannmålsproduktionen är ganska lika det fall då vi vet att herbicidresistens uppstått, dock något mindre.

### **Tabell A.3.3c. Riskbedömning inklusive Sannolikheter för Hot och Åtgärder**

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för regional spannmålsproduktion pga herbicidresistens i höstsädesodlingar givet olika förutsättningar som inbegriper succesivt fler sannolikhetsbedömningar. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert). Omvärldsförhållanden inkluderar sannolikheter för att hoten inträffar och åtgärder kommer att vidtas. Notera att värdena är grova bedömningar som avser att främst demonstrera ett tankeexempel. <sup>1</sup>Från Tabell A.3.3a (regionalt; Vi vet att hotet inträffat och åtgärder vidtagits). <sup>2</sup>Vi vet att hotet inträffat men inte om åtgärder vidtagits. <sup>3</sup>Vi vet inte om vare sig hot eller åtgärder vidtagits.

Konsekvens (K) Givet:	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal be- dömn.	Modell
Omvärldsförhållanden (Hot och Åtgärder ej givet) <sup>3</sup>	10	50	35	5	0	-	E
att Hoten inträffat (men Åtgärder ej givet) <sup>2</sup>	5	40	45	10	0	-	E
att Hoten inträffat och Åtgärderna vidtagits <sup>1</sup>	5	45	45	5	0	-	E

Sannolikheten att åtgärder vidtas mot herbicidresistensens effekter i form av IPM etc. är oklar och till stor del bestämt av produktionens ekonomi och medvetenheten hos odlarna om riskerna, vilket bestäms av socioekonomiska faktorer som vi inte avser analysera i denna studie. Vi bedömer det dock som att åtgärder med nödvändighet måste vidtas om lönsam växtodling ska kunna fortsätta, varför sannolikheten för större konsekvenser bara är något större jämfört med om vi vet att åtgärder vidtagits.

## Referenser

- Eckersten, H., Lundkvist, A., Torssell, B., 2010. Comparison of monocultures of perennial sow-thistle and spring barley in estimated shoot radiation use and nitrogen uptake efficiencies. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*. 60:126–135.
- Eckersten, H., Lundkvist, A., Torssell, B. & Verwijst, T. 2011. Modelling species competition in mixtures of perennial sow-thistle and spring barley based on shoot radiation use efficiency *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*. Volume: 61 Issue: 8 Pages: 739–746
- JBV, SCB, 2013. Jordbruksstatistik årsbok 2013. Jordbruksverket. SCB-tryck, Örebro
- Kudsk P, P. Barberi, L. Bastiaans, I. Brants, C. Bohren, S. Christensen, F. Economuo, B. Gerowitt, P. E. Hatcher, B. Melander, P. Neve, E. Pannacci, B. Rubin, J. C. Streibig, K. Tørresen, M. Vurro. 2013. Weed management in Europe at a crossroads Challenges and opportunities. Powerpoint presentation from Proceedings from 16th Symposium EWRS, page 10. (<http://forskningsbasen.deff.dk/>)
- Moss S, Lutman P, 2013. Black-grass: the potential of non-chemical control. <http://www.rothamsted.ac.uk/sites/default/files/attachments/2014-01-09/1%20Black-grass%20non-chemical%20control%20compressed%20easy%20read%2028May13.pdf>
- Stratonovitch P, Storkey J, Semenov MA, 2012. A process-based approach to modelling impacts of climate change on the damage niche of an agricultural weed. *Global Change Biology* (2012), doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02650
- Svenskt Växtskydd, 2014. Resistens. ([http://webbutik.jordbruksverket.se/cgi-bin/ibutik/AIR\\_ibutik.pl?funk=visa\\_artikel&artnr=OVR292](http://webbutik.jordbruksverket.se/cgi-bin/ibutik/AIR_ibutik.pl?funk=visa_artikel&artnr=OVR292))
- WRAG, 2005. WRAG (Weed Resistance Action Group) was formed in 1989 as an informal group of representatives of the British Agrochemicals Association (BAA) (now the Crop Protection Association (CPA)) member companies and other organisations involved in herbicide resistance research. These other organisations include Rothamsted Research, ADAS Limited (ADAS), Defra Pesticides Safety Directorate (PSD), Universities, Colleges, and the Home-Grown Cereals Authority (HGCA.)

### **A.3.4. Extremt-sommarväder - Spannmål**

*Annika Djurle, Alfredo de Toro, Elisabet Lewan, Libère Nkurunziza, Dietrich von Rosen, Henrik Eckersten*

En utgångspunkt för denna riskanalys har varit ett krisscenario av Djurle (2013).

Vårt klimat bestämmer grundförutsättningarna för växtproduktion i landet. För en framgångsrik produktion måste vädret och odlingen vara synkroniserade. O gynnsamma temperatur- eller nederbördsförhållanden eller för liten solinstrålning, liksom extrema vädersituationer påverkar grödornas utveckling under växtperioden och våra möjligheter att så och skörda. Sveriges klimat förändras beroende på en pågående global klimatförändring. Denna förändring uttrycks dels som en förändring av medelvädret, dels som en förändring av variationen i vädret, med en möjlig ökad risk för extrema vädersituationer. Som underlag för identifieringen av möjliga extrema vädersituationer med stor negativ inverkan på grödan tas därför hjälp av riskanalyser av framtida klimatförändringar gjorda bland annat för Storbritannien (Knox m fl 2012).

#### **Omvärldsscenario**

Eftersom många vädersituationer ofta påverkar stora delar av Europa samtidigt kan förutom större delen av Sverige också Danmark, Norge, Brittiska öarna och norra Tyskland, liksom Polen och de Baltiska staterna samtidigt ha dessa typer av väder. Vi kan tänka oss fyra typer av vädersituationer (I) ”Extrem-höst”, (II) ”Extrem-vinter-vår”, (III) ”Extrem-sommar” samt (IV) ”Extremväder-kombinationer”. Vi behandlar nedan enbart Extrem-sommar:

-Torka och värme under juni och juli (Torr-sommar) (← *Fh2*).

-Vid skörd mycket stora regnmängder (Regnig-sensommar) (← *Fh4,5*).

(-Fuktigt väder från mitten av juni och 2-3 veckor framåt. Behandlas inte i denna studie.)

#### **Hot innan Åtgärd**

- H1. Hämmad axanläggning samt kort och torr kärn- och mognadsfas.

- H2. Hämmad tillväxt pga dålig vattentillgång. (← *Fh2*)

- H3. Fuktiga förhållanden vid skördetid. (← *Fh4,5*)

- H4. Stora arealer skördas inte.

- H5. Ökad känslighet för skördeminskningar påföljande år pga försenad eller utebliven höstsådd eller i händelse av att motsvarande Extrem-sommar inträffar även nästa år.

### Effekt innan Åtgärd

- H1-4 → Årets spannmålsskörd blir mycket mindre än normalt.
- H3 → I skördad spannmål förekom mykotoxiner i havren, vetet och kornet.
- H3 → Fusarium-svampar i malkorn.

### Åtgärd

- H3 → Torkanläggning torkar upp en viss andel av skörden, tillräckligt för att användas till livsmedel eller foder.
- H3 → Bortrensning av små kärnor för att minska mykotoxinhalten i spannmålspar-tier.

### Hot efter Åtgärd

- I allt väsentligt desamma som hoten innan åtgärder. H3 (Fuktigt vid skörd) har mildrats något.

### Effekt efter Åtgärd

- H1-2 → Regionala skördar för spannmålsgrödor minskar med 5 – 25 % i Skåne men inget i Uppland (← FE2).
- H3-4 → Regionala skördar för spannmålsgrödor minskar med 5 – 30 % både i Skåne och Uppland (← FE2).
- H3 → I skördad spannmål förekom mykotoxiner i XX<sub>1</sub> % av havren, XX<sub>2</sub> % av vetet och knappt XX<sub>3</sub> % av kornet.

### Riskbedömning

Bedömningen avser två separata riskvärderingar för två olika extremväder. I det ena fallet antar vi att en Torr-sommar inträffat (dvs extrem torka och värme i juni-juli), och att eventuella åtgärder som jordbrukaren normalt gör i detta fall, har utförts. Vi har valt att göra bedömningen strikt transparent, genom att anta att när en Torr-sommar inträffar igen kommer den att ha samma effekt på den regionala spannmålsproduktionen som den har haft i Malmöhus län för de år då detta inträffat under en 22-års period (← FE2; → KE8). Vi har sedan gjort förutsägelser mha dessa observerade år, dvs ett år då en Torr-sommar inträffade blev effekten en skördeminskning med 25 %; detta är vår första skattning. Nästa skattning är ett annat år då en Torr-sommar inträffade igen, men då blev det ingen skördeminskning, osv med alla tillgängliga data. Dock har en Torr-sommar inträffat endast två år, vilket innebär att underlaget för att göra en sannolikhetsfördelning av konsekvenserna är mycket litet. Om vi nu strikt följer denna vår modell för förutsägelser, blir sannolikheten fifty/fifty att konsekvensen blir antingen stor eller ingen alls, men bedömningen blir mycket osäker (→

*Kr1,2*). Uppsala län har inte tagits med i bedömningen för där finns det inget år då en Torr-sommar sammanfallit med en lägre skörd jämfört med den normala (Tabell A.3.4a). (← *Fr1,4*)

I det andra fallet antar vi att en Regnig-sensommar har inträffat, och att eventuella åtgärder har utförts. Vi har gjort bedömningen på motsvarande strikt transparenta sätt som i fallet ovan, dvs använt korrelationen mellan extremväder och skörd i det förflutna som en förutsägelsemodell för hur mycket detta extremväder påverkar skörden i framtiden (→ *KE8*). I fallet med Regnig-sensommar är dock dataunderlaget betydligt större än för Torr-sommar i och med att detta extremväder har inträffat betydligt oftare, och dessutom haft en effekt på spannmålsproduktionen både i Malmöhus och Uppsala län. I genomsnitt har en Regnig-sensommar inträffat för hälften av alla år (dvs detta är kanske en för vid definition på en regnig sensommar för att betraktas som ett extremväder). För mer än hälften (ca 60 %) av de totalt 22 Regniga-sensommar som inträffat har skörden varit normal eller större än normal, dvs ingen konsekvens. I ett fall har reduktionen varit mer än 30 %, ett fall 20-30 %, fyra fall 10-20 %, och i två fall 5 % (*FE2*), vilket motsvarar konsekvenserna extrem, stor, måttlig respektive liten, och ger upphov till en sannolikhetsfördelning enligt Tabell A.3.4a. (← *Fr2,3*).

#### Tabell A.3.4a. Riskbedömning

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för regional spannmålsproduktion pga Extremt-sommarväder, givet att hoten och åtgärderna inträffar. Modell syftar på bedömningsmetod (O = Observation av jämförbart fall). Notera att värdena är mycket osäkra.

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedömn.	Modell
<b>Regionalt:</b>							
Torr-sommar <sup>1</sup>	50	0	0	50	0	2	O
Regnig-sensommar <sup>2</sup>	60	10	20	5	5	22	O

<sup>1</sup> Malmöhus län; <sup>2</sup> Malmöhus och Uppsala län

#### Förklaringsmodeller

##### Hot

-H1-4 →

(*Fh1*) Hur definieras de olika "Extrem-somrarna" som orsakar de olika Hoten (H1-4)? I denna studie har vi strikta definitioner för H1 (Torr-sommar) och H3 (Regnig-sensommar). Se (*Fh2*) respektive (*Fh4*). (→ *Kh1*)

-H2 →

*(Fh2) Hur definieras vi Torr-sommar?* Torr-sommar definieras i vår studie som: Fler än 10 dagar inom perioden 15 maj till 31 juli föregås av en 30 dagars period med en sammanlagd nederbörd på mindre än 10 mm (de Toro m fl, manuskript). Som jämförelse definierar IPCC (2014) torka som perioder med minst 5 dagar i följd med nederbörd mindre än 1 mm, och Trnka m fl (2011) definierade torr sommar i termer av andelen dagar med torka definierade som dag med  $(\text{faktisk\_transpiration})/(\text{potentiell\_transpiration}) < 0.2$ . (→ *Kh2*)

*(Fh3) Hur lite nederbörd ska det vara för att betraktas som en extrem sommar?* 1992 i Skåne var det torka från mitten av maj till mitten av juli, och ett förslag på kriterium för torka är att under en 40-dagars period ska summa nederbörd vara mindre än 15 mm (de Toro m fl, manuskript). Motsvarande nederbördsgräns föreslagen i en Europeisk studie är ca 25 mm (Trnka m fl, 2011).

-H3 →

*(Fh4) Hur definieras vi Regnig-sensommar?* Regnig-sensommar definieras i vår studie som: Det har förekommit fler än två 10-dagarsperioder inom perioden 1 augusti till 15 september då högst 2 dagar varit tjänliga för tröskning (de Toro m fl, 2012, manuskript; se *Fh5*).

*(Fh5) Vid vilka regnförhållanden är det svårt att få in skörden?* Om det är färre än 12 dagar med mindre än 1.3 mm/dag under perioden 1 augusti till 7 september så försvåras skörden av alltför fuktiga förhållanden (de Toro m fl, 2012).

*(Fh6) Hur definieras en tjänlig skördedag?* "Diskonteringssumma" av regn mindre än 1.3 mm. "Diskonteringssumman" för en viss dag är lika med nederbörden den givna dagen plus 20 % av "Diskonteringssumman" från föregående dagar (dvs diskonteringsfaktorn är 0.2; Witney B.D. 1995). Detta baseras på gamla data från England. Tröskorna klarar fuktiga förhållanden bättre idag, därför använder vi 2 mm i stället för 1.3. Diskonteringsfaktor (0.2) borde vara högre på platser där den potentiella evapotranspirationen är liten (t ex i Norrland i början av september). I de Toro m fl (2012) antas det att det behövs ca sex arbetsdagar för att skörda höstsådd spannmål, och ytterligare sex dagar för vårsådd spannmål. (→ *Kh6*)

### **Åtgärd**

-H2 →

*(Få1) Hur kan bevattningsbehov beräknas?* Det finns ett starkt samband mellan bevattningsbehov och det potentiella markfuktighet underskottet (PSMD, potential soil moisture deficit); I Storbritannien börjar PSMD byggas upp oftast tidigt på våren när evapotranspirationen (ET) > nederbörden (P), ha en topp i juli-augusti för att därefter sjunka under hösten och vintern då  $P > ET$ . Därför kan beräkningen av PSMD börja den första januari (Knox m fl, 2012; översatt).

**Tabell A.3.4b. Skördereduktion vs torra respektive regniga perioder**

År med betydande regionala skördeminskningar relativt normskörden (SCB-data). För dessa år beskrivs relationen mellan skördeminskning och inträffandet av torr- eller regnperioder. Väderdata är dygnsvisa griddata med 4 x 4 km horisontell upplösning (SMHI, 2014) under perioden 1991-2012, för fyra griddar i respektive Malmöhus län (M-län) och Uppsala län (C-län). Varje månad är uppdelad i sin första respektive andra halva (5:e och 20:e är avrundade nedåt och 10:e och 25:e uppåt). Höst är höstvete; Vår är vårsådda grödor: vete, råg, korn och havre. För definitioner av Torr- respektive Regn-index se (Fh2) respektive (Fh4).  $\Sigma$  avser summa nederbörd för förkryssade föregående månader (- värde saknas). Data från de Toro m fl (manuskript).

M-län		% skördereduktion i gröda						Torra perioder och summa nederbörd i mm							
År	Höst			Vår			Torr								
	10-20	20-30	>30	10-20	20-30	>30	April2	Maj1	Maj2	Juni1	Juni2	Juli1	Juli2	Torr-index	
1992	11					42-52			x	x	x	x	x( $\Sigma$ 2)	35	
1993				14-19			x	x	x( $\Sigma$ 8)					14	
2004	13			10-19					x	x( $\Sigma$ -)				0	
2006		25		18	26	41-43				x	x	x	x( $\Sigma$ 50)	3	
2008					20-29			x	x( $\Sigma$ -)	x	x	x( $\Sigma$ 32)		0	
2010	15			11-16							x	x	x( $\Sigma$ 43)	0	
M-län		% skördereduktion i gröda						Regniga perioder och summa nederbörd i mm							
År	Höst			Vår			Regn								
	10-20	20-30	>30	10-20	20-30	>30	Maj2	Juni1	Juni2	Juli1	Juli2	Aug1	Aug2	Regn-index	
1992	11					42-52								0	
1993				14-19					x	x	x	x( $\Sigma$ 230)		2	
2004	13			10-19					x	x	x	x( $\Sigma$ 237)		2	
2006		25		18	26	41-43						x	x( $\Sigma$ 261)	16	
2008					20-29							x	x( $\Sigma$ 163)	2	
2010	15			11-16								x	x( $\Sigma$ 180)	4	
C-län		% skördereduktion i gröda						Torra perioder och summa nederbörd i mm							
År	Höst			Vår			Torr								
	10-20	20-30	>30	10-20	20-30	>30	April2	Maj1	Maj2	Juni1	Juni2	Juli1	Juli2	Torrindex	
1991					22									0	
1994				12	25							x	x( $\Sigma$ 15)	0	
1998		25		16	23	31								0	
1999	15			14-19	22				x	x( $\Sigma$ 21)		x	x( $\Sigma$ 19)	0	
2001	16			18		31			x	x	x	x	x( $\Sigma$ 28)	0	
2010	11			11	27						x	x	x( $\Sigma$ 6)	0	
2011			32	15	20-28	33					x	x	x( $\Sigma$ 27)	0	
C-län		% skördereduktion i gröda						Regniga perioder och summa nederbörd i mm							
År	Höst			Vår			Regn								
	10-20	20-30	>30	10-20	20-30	>30	Juni1	Juni2	Juli1	Juli2	Aug1	Aug2	Sept1	Regn-index	
1991					22		b				x	x( $\Sigma$ 100)		2	
1994				12	25						x	x( $\Sigma$ 78)		0	
1998		25		16	23	31	x	x	x	x( $\Sigma$ 198)				0	
1999	15			14-19	22									0	
2001	16			18		31					x	x <sup>a</sup>	x	3	
2010	11			11	27					x	x <sup>a</sup>	x <sup>a</sup>		0	
2011			32	15	20-28	33					x <sup>a</sup>	x <sup>a</sup>		3	

<sup>a</sup>Regniga femdagarsperioder (41-52 mm); <sup>b</sup>Regnig såperiod (25 april – 5 maj)



(Få2) *Vilka faktorer begränsar införandet av bevattning?* Bevattning som åtgärd bestäms av en avvägning mellan kostnaden för bevattning och växtens behov och respons på bevattning. För stråsäd i Sverige bedöms effekterna av bevattning vara försumbar för den regionala och nationella spannmålsproduktionen. ”Allmänt i Europa begränsas användningen av bevattning av tillgången på grundvatten och konkurrens från andra användningsområden” (IPCC 2014). (översatt)

(Få3) *Vilka Åtgärder kan inte signifikant mildra risken för vattenbrist enligt IPCC's (2014) Nyckel-Hot för Europa?* Behovet av vatten kan till en relativt liten del täckas av vatten från floder och grundvattenresurser mha vattneffektiv teknik, vattenbesparande strategier och ”bästa praxis”, samt styrinstrument av vattenresurser och integrerad vattenanvändning. (översatt)

(Få4) *Vilka Åtgärder kan inte signifikant mildra Hotet från extrem värme enligt IPCC's (2014) Nyckel-Hot för Europa?* Skördevariationer relaterade till extrema värmehändelser kan till en relativt liten del förhindras genom införandet av varningssystem och utveckling av försäkringsprodukter. (översatt).

-H6a →

(Få5) *Vilka Åtgärder kan mildra risken för översvämning enligt IPCC's (2014) Nyckel-Hot för Europa?* Översvämningar av flodområden och kuster kan förhindras till största delen tack vare flodskyddstekniker. Potentiella hinder är dock höga kostnader och efterfrågan på landareal, samt miljö- och landskapshänsyn. (översatt).

## **EFFEKT**

(FE1) *Hur mycket kan skörden påverkas av torka och värme under kärnfyllnadsfasen?* Torka under juli månad och i början av augusti leder till både en minskad tillväxt och att grödan mognar alltför snabbt för att hinna fylla kärnorna innan skörd. Skördeindexet kan variera beroende av väder och sorter mellan 0.27–0.37 i vårvete i Medelhavsområdet och Australien, 0.34–0.53 i vete i England (korn relativt lika) och 0.33–0.38 i vete i Kanada (Hay and Porter, 2006). I en studie för Gotland för senare hälften av 1900-talet (1965 – 96) befanns låga höstveteskördar vara mest korrelerad till höga sommartemperaturer (juni och juli) (Eck-ersten m fl 2010). Regionala spannmålskördar i Skåne minskade i stort sett med hälften jämfört med normskörd (vårvete –46 %; vårkorn –42 %; havre –52 %) 1992 då det var en extrem torka från mitten av maj till mitten av juli (<15 mm) (de Toro m fl, manuskript).

(FE2) *Hur mycket påverkas skörden av en Extrem-sommar?* I en studie av de Toro m fl (manuskript) har minskningar i regionala skördar jämförts med extrema nederbördsförhållanden (Tabell A.3.4a).

(FE3) *Hur samspelar effekterna av att en Torr-sommar respektive Regning-sensommar inträffar samma år?* Av de två fallen med Torr-sommar gav den ena en mycket liten skördeminskning. Detta kan ha berott på att detta år inträffade också en Regning-sensommar som kan ha haft en kompenserande effekt (Tabell A.3.4b).



(FE4) Hur kan graden av torkeffekt beräknas? För bedömningar av torkeffekter i Storbritannien har ett värde för markvattenunderskottet beräknats (PSMD i mm; soil moisture deficit;  $PSMD_i = PSMD_{i-1} + ET_i - P_i$ ; där  $ET_i$  = potentiell evapotranspiration från kort gräs för månaden  $i$  och  $P_i$  motsvarande nederbörd). För månader när  $P_i > (PSMD_{i-1} + ET_i)$  antas det inte vara något vattenunderskott (Knox m fl 2012). För bedömningen av torkeffekt på en global nivå har Vicente-Serrano m fl (2010) använt sig av varaktigheten av torka för att förstå torkans inverkan på ett flertal olika typer av vegetationer och biotoper. För detta ändamål användes the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) vilket är ett platsspecifikt torkindex som ger ett mått på platsens avvikelse från den genomsnittliga vattenbalansen. SPEI beräknas med hjälp av vattenbalansen definierad som nederbörd ( $P$ ) minus potentiell evapotranspiration ( $PET$ );  $D = P - PET$ . Hela förfarandet av beräkningen av SPEI finns i Vicente-Serrano m fl (2010a). (översatt)

(FE5) Vad är trenden för torkeffekten i Storbritannien? I Storbritannien har torkeffekten, i termer av nationellt medelvärde för agroklimatindexet PSMD, bedömts öka med 38 % till 2020 jämfört med 1961-90 (Knox m fl 2012). (→ Kh7, KE9)

(FE6) Skörd: Hur mycket påverkas skörden av fuktigt väder vid skördetid? Fuktiga förhållanden vid skörd i dagens förhållanden försenar skörden. Den försenade skörden orsakar en kvalitetssänkning. (→ KE6)

(FE7) Hur mycket större är skörden för höstsäd jämfört med vårsäd? Vårsådda spannmålsgrödor ger lägre skördar än höstsäd för en given region, i genomsnitt ca 20 % i södra Sverige och 35 % i Svealand (för 2012: Vårvete/Höstvete = Stockholm 0.64, Uppsala 0.59, Örebro 0.69, Östergötland 0.61, Västra Götaland 0.64, Halland 0.77, Skåne 0.74; Vårkorn/Höstvete = Stockholm 0.63, Uppsala 0.64, Örebro 0.64, Östergötland 0.74, Västra Götaland 0.74, Halland 0.82, Skåne 0.81; JBV,SCB 2013).

### **Riskbedömning**

(Fr1) Hur sannolikt är det att en Torr-sommar orsakar en skördeminskning? I Malmöhuslän 1991 till 2012 inträffade totalt två Torr-somrar (Torr index  $\geq 10$ ). Av dessa blev det för ett år 10-20 % skördereduktion för höstsäden och mer än 30 % för vårsäden. För det andra året var det bara en negativ effekt på vårsäden (10-20 % reduktion). Vårsäden utgör ca 50 % (se Fr4) av den odlade spannmålsarealen och ger i genomsnitt ca 20 % lägre skörd än höstsäden (se FE7). Detta tillsammans ger att den totala spannmålsproduktionen det ena året blev ca 75 % av den normala ( $(100 \times 0,5 \times 0,85 + 100 \times 0,5 \times 0,8 \times 0,6) / (100 \times 0,5 + 100 \times 0,8 \times 0,5)$ ), och det andra året ca 95 % ( $(100 \times 0,5 + 100 \times 0,5 \times 0,8 \times 0,85) / (100 \times 0,5 + 100 \times 0,8 \times 0,5)$ ), dvs en reduktion på -5 % i hälften av fallen och -25 % i den andra hälften. I Uppsala län förekom inga Torr-somrar under perioden 1991-2012 (Tabell A.3.4c). (→ Kr1)

**Tabell A.3.4c. Skördereduktion vs Extrem-sommarväder-index**

Skördereduktion i % i relation till Torr- respektive Regn-index för de år då skördereduktionen varit märkbar under perioden 1991-2012. Bokstäverna a-g syftar på de specifika åren angivna i kronologisk ordning i Tabell A.3.4b. För definitioner av Torr- respektive Regn-index se (Fh2) respektive (Fh4). \* är antalet år under den 22 år långa perioden (1991-2012) som skörden inte varit märkbart lägre än normskörden. Data från de Toro m fl, (manuskript).

Skörd-reduk%.	Torrindex							Regnindex						
	0	1	2-4	5-9	10-14	15-19	≥20	0	1	2-4	5-9	10-14	15-19	≥20
Malmö	höstsäd													
0*	14	1	1	0	0	0	0	6	3	3	4	0	0	0
<10	e				b					b+e				
10-20	c+f						a	a		c+f				
20-30			d										d	
>30														
Malmö	vårsäd													
<10														
10-20	c+f		d		b					b+c+f			d	
20-30	e		d							e			d	
>30			d				a	a					d	
Uppsala	höstsäd													
0*	11+1	0	2	1	0	0	0	8	0	4	2	1	0	0
<10	a+b							b+f		a				
10-20	d+e+f							d		e				
20-30	c							c						
>30	g									g				
Uppsala	vårsäd													
<10														
10-20	b+c+d +e+f+g							b+c+d+f		e+g				
20-30	a+b+c+d +f+g							b+c+d+f		a+g				
>30	c+e+g							c		e+g				

(Fr2) Hur Sannolikt är det att en Regnig-sensommar orsakar en skördeminskning? I Malmöhuslän 1991 till 2012 inträffade totalt tolv Regniga-sensomrar (Regn index >=2). Av dessa blev det för tre av åren en liten skördeminskning (10-20 %) och för två år en måttlig (20-30 %). För höstsäden var skördeminskningen också liten (dvs 10-20 %) för två av de tre åren men för ett år ingen effekt. För de två åren med måttlig minskning för vårsäden var minskningen också måttlig för höstsäden för det ena året, men för det andra året var det ingen minskning. Alltså sammantaget för vår- och höstsäd i Malmöhuslän, för 1 av 12 år var skördeminskningen 20-30 %; för 2 år 10-20

%; för 1 år ca 10 % och för 1 år ca 5 %. I Uppsala län inträffade totalt tio Regnigasensomrar. Av dessa var det tre år med en måttlig skördeminskning för vårsäden, medan för höstsäden var motsvarande konsekvensnivåer ingen, liten respektive stor för dessa tre år. Alltså för vår- och höstsäd i 1 av 10 år var skördeminskningen 30 %; 1 år ca 10 %; och 1 år ca 5 %. Sammantaget för Malmöhus och Uppsala län har vi 22 fall varav i 1 fall var reduktionen större än 30 %, 1 fall 20-30 %, 4 fall 10-20 %, och i 2 fall 5 % (Tabell A.3.4c). (→ Kr2)

(Fr3) *Hur stor blir Konsekvenserna av Extrem-sommar-kombinationer?* De beräknade effekterna på skörden belyser bara en del av den sammanlagda konsekvensen på spannmålsproduktionen. (→ Kr3)

(Fr4) *Hur stor är arealen för höstvetete i jämförelse med arealen för de vanligaste vårgrödorna havre och korn?* Kvoten (mellan arealerna) höstvetete/(höstvetete+vårvetete+vårkorn+havre) var för 2012 i Stockholms län 0.47, Uppsala 0.37, Örebro 0.19, Östergötland 0.62, Västra Götaland 0.15, Halland 0.10, Skåne 0.46 (JBV, SCB 2013).

## Kunskapsluckor

### Hot

(Kh1) *Hur definieras de olika Extrem-somrar som utgör Hot mot Spannmålsproduktionen?* Vilka alternativa definitioner på Extrem-sommar finns det, i betydelsen att de har stor inverkan på skörden? Dynamiska tillväxtmodeller för grödor beaktar hur vädret påverkar ekofysiologiska processer som är tillväxtbestämmande. Dessa modeller skulle kunna användas för att definiera potentiella Extrem-somrar. Ett exempel på detta kan vara att såväl definiera som beräkna agroklimatindex utifrån denna typ av modeller (se t ex Trnka m fl 2011).

(Kh2) I de Toro m fl (manuskript) föreslås att perioden som definierar Torr-sommar skiljer sig mellan olika odlingsregioner i Sverige. Torrperioden (30 dagar med < 20 mm) beräknas för tiden 15 april – 31 juli i Götalands södra slättbygder, 15 maj – 31 juli i Svealands och Götalands mellanbygder respektive 1 jun – 10 augusti i Norrland. Det återstår att göra en riskanalys för dessa definitioner på Torr-sommar.

(Kh6) Definitionen av tjänlig skördedag behöver uppdateras. Nuvarande data baseras på mer än 30 år gamla data från England. Korrigeringar av dessa data sker med Expertbedömning i brist på ”up-to-date” data.

(Kh7) *Hur påverkar pågående klimatförändringar förekomsten av ”Extrem-sommar”?* En pågående klimatförändring gör att vi inte enbart kan se till erfaret väder. Variationen mellan enstaka år är dock mycket stor och för Uppsala större än förändringen i klimatet (dvs i 30-årsmedelvärdet) över 100 år vad avser temperaturen. Den största effekten av klimatförändringar är kanske att sannolikheten för extrema vädersituationer ökar (t ex sommaren 2003 i Centraleuropa).

(Kh8) Att förstå de framtida riskerna för det stora spektrumet av jordbruksgrödor i samband med förändringar i markförhållanden är en viktig lucka i nuvarande kunskap (Daccache m fl 2011b; Knox m fl 2012).

### **Åtgärd**

(Kå3,4) *Vilka tänkbara utforskade Åtgärder kan anpassa Spannmålsproduktionen till Extrem-somrar?*

(Kå6) *Vad är potentialen för nytt sortmaterial och nya odlingsmetoder att (i) förlänga sin kärnfyllnadsperiod vid varmt väder, samt (ii) att skördas under fuktiga förhållanden?* I ett flertal studier har det undersökts vilka förändringar i grödornas egenskaper och/eller odlingsmetoder (se t ex Semenov & Stratonovitch, 2013 och Montesi-San Martin m fl 2014 vad avser höstveten) som ger de högsta respektive stabilaste skördenivåerna mellan år vid rådande klimat. Studierna har också gjorts i syfte att identifiera "ideotyper" för ett framtida förändrat klimat och avser främst centrala och södra Europa och Danmark. Denna typ av studier behöver också göras för svenska odlingsförhållanden.

### **EFFEKT**

(KE3) *Hur beräknas effekter av kombinationer av Torr-sommar och Regnig-sensommar? Om vi har modeller som predikterar skördeförändringar pga dessa Extrem-somrar separat, hur kan vi kombinera dessa för att förutsäga effekten av att båda inträffar samtidigt?*

(KE6) *Hur stor är vädrets roll för skördens hygieniska kvalitet? Det är inte klarlagt vid vilken tidpunkt och varför toxiner bildas och toxinförekomsten är därför mycket svår att förutspå. Hur mycket försenas skörden av fuktiga förhållanden vid skörd i dagens odlingsförhållanden, och hur stor kvalitetssänkning orsakar detta?*

(KE7) *Hur stora är Effekterna av Extrem-somrar för övriga odlingsregioner i Sverige?*

(KE8) *Hur kan vi använda processbaserade mark-gröd-simuleringsmodeller för att analysera Effekterna av Extrem-somrar?* I vår studie har vi beräknat korrelationer mellan skörd och enskilda vädersituationer och sedan använt dessa som kausala modeller. Detta är en extremt stark förenkling av alla komplexa ekofysiologiska funktioner som påverkar en grödas skörd. I mekanistiska modeller utgår man istället från hur vädret och markförhållanden påverkar dessa funktioner. Denna typ av modeller används i många sammanhang (t ex Hoffman m fl 2014; Semenov & Stratonovitch, 2013). Att tillämpa denna typ av modeller i en studie som vår riskanalys är kompetens- och arbetskrävande men angeläget, och möjligheterna att kunna göra detta behöver utredas.

(KE9) *Hur påverkar pågående klimatförändringar Effekterna av detta "Extremväder"?* Det finns en stor mängd publikationer med data kring klimatpåverkan på jordbruksproduktionen och en ökande mängd rapporter som beskriver olika scenarier med ett föränd-

rat klimat och dess konsekvenser för jordbruk och växtproduktion. För norra Europa förutspås allmänt att skördenivåerna kommer att höjas i och med att temperaturen ökar och att odlingssäsongen blir längre. Denna slutledning avser effekter av ”medelväder”, inte ett ”Extremväder”. I många fall är dessa bedömningar beroende av resultat från tillämpningar med simuleringsmodeller (se t ex Eckersten m fl 2007). Testerna av modellerna är av naturliga skäl plats- och årsmånsspecifika och beräkningar för andra områden och år med andra förutsättningar innebär en extrapolation. De flesta modellerna är utvecklade och kalibrerade för tidsperioder då normalväder är mer vanligt än Extremväder. Modellernas prediktionsförmåga av Extrem-somrars effekter på skörden behöver testas vetenskapligt och jämföras med alternativa prediktionsmodeller, t ex agroklimatindex (se t ex Trnka m fl 2011; Elmqvist och Arvidsson, 2014).

### **Riskbedömning**

(Kr1,2) Hur kan vi använda olika väderdrivna simuleringsmodeller för grödors tillväxt och skörd för att skatta osäkerheten i bedömningen av en viss Extrem-sommars skördeminskande effekt? Givet samma väder beräknar olika modeller olika skördeminskningar (t ex Palosuo m fl, 2011), vilket representerar osäkerheter orsakade av modellstrukturer (dvs teoretiska antaganden om ekofysiologiska processers respons på väder), men också osäkerheter orsakade av hur indata till modellerna valts (se t ex Montesino-San Martin m fl 2014). Genom att ansätta sannolikhetsfördelningar till modellernas indata kan ett mycket stort antal skattningar av utfallet göras, utifrån vilka en sannolikhetsfördelning av skördeutfall kan skapas (se t ex Montesino-San Martin m fl manuskript). Detta kan ge ett mått på sannolikheten för en viss skördeminskning i det fall en viss Extrem-sommar inträffar. Det kan också ge underlag för hur Extrem-somrar ska definieras, men kanske framförallt skapa hypoteser som behöver verifieras med experiment eller redan observerade data.

(Kr3) Det statistiska underlaget för att bedöma effekten av en ”Torr-sommar” behöver bli större. Vi behöver kunna skala upp från regional till nationell skörd där risken troligen är betydligt mindre, dels därför att konsekvensen av en Torr-sommar eventuellt är mindre i andra län än i M-län, dels för att Torr-somrar eventuellt inträffar mer sällan och inte samma år i alla län.

(Kr5) Hur kan vi använda ”Impact response surface analysis” (Pirttioja m fl, 2012) för att bestämma sannolikheten för att en viss skördeminskning inträffar, givet ett visst klimat?

(Kr6) Sannolikheten att spannmålen (t ex olika sorter av höstvet) når en viss skördenivå och/eller kvalitet för ett givet år skulle kunna beräknas i analogi med hur detta har beräknats för fodermajs. Eckersten m fl (2011) och Nkurunziza m fl (2014) beräknade hur många år under en trettioårsperiod olika sorter av fodermajs når önskad foderkvalitet i Sverige, dels för rådande klimat, dels för klimatscenarier för framtiden.

## **Följdhändelser**

H1-4 →

-Brist på spannmål.

-Brist på djurfoder (leder till hot mot mjölkproduktionen)

H3 →

-Noggranna kontroller av spannmål avsedd för foder och livsmedel måste genomföras vad avser halter av mykotoxiner.

-Att malkornet inte är fritt från Fusarium-svampar leder till störningar eller produktionsbortfall som även drabbar bryggerinäringen.

-Regnig-sensommar gör att skörden kan innehålla stora mängder DON, ZEA och T2/HT2-toxin som gör den oanvändbar som livsmedel eller foder och måste kasseras (t ex blir bränsle).

-I England stoppades tillverkningen av ett par Weetabix-produkter under våren 2013 på grund av att det inte fanns något engelskt vete kvar av erforderlig kvalitet. Det berodde i sin tur på det dåliga vädret i England under 2012 och dess effekter på veteskörd och -kvalitet. För första gången på drygt 10 år importerades stora kvantiteter vete till England. Det bedömdes att även produktionen 2013 skulle påverkas av situationen 2012 och att ytterligare import var aktuell (Djurle, 2013).

H5 →

-Efterfasen kan innebära "ransonering" eller begränsad tillgång fram till nästa skörd påföljande år och högre pris på spannmålsprodukter.

-Jordbruksföretag går i konkurs

-Igenväxning av mark

-Minskad spannmålsexport och behov av ökad spannmålsimport.

## **Övrigt utanför systemavgränsningen**

### ***Riskbedömning utanför systemavgränsningen***

För en fullständig riskanalys behöver sannolikhetsbedömningen ovan (Tabell A.3.4a som avser enbart konsekvensen) utökas med skattningar av sannolikheterna för att dels extremvädret inträffar, dels att eventuella åtgärder vidtas. Vi utgår här från förutsägelser som gjorts med en modell som vi härlett genom att se hur ofta dessa extremväder förekommit i det förflutna. Sedan antar vi att de kommer att förekomma med samma frekvens även i framtiden.

Vad avser Torr-sommar uppstår frågan: Hur sannolikt är det att extrem torka inträffar i juni-juli och att effekten hamnar på en viss nivå? Frekvensen av Torr-sommar i Malmöhus län är en gång per ca 17 år. Vid en teoretisk uppskalning till 100 år sker då en Torr-sommar för sex år, varvid alltså konsekvensen är stor för tre av dessa år. För den nationella skörden är risken betydligt mindre, dels därför att konsekvensen av en Torr-sommar är mindre i andra län (i Uppsala län är den ingen), dels för att Torr-sommar inträffar mer sällan (i Uppsala en gång per 26 år), samt att Torr-sommar inte inträffar samma år i olika län. Åtgärder antas inte ekonomiskt intressanta och antas därför inte vara aktuella, dvs sannolikhetsfördelningen blir densamma som för när vi antagit att normala åtgärder vidtagits. (← Fö1)

Vad avser Regnig-sensommar är sannolikheten stor att den inträffar; ca en gång per 2-2.5 år. Övriga år, dvs för 55 % av åren, är konsekvensen då ingen. För de övriga 45 % av åren med Regnig-sensommar fördelas konsekvenserna enligt vår tidigare bedömning för fallet då denna typ av sommar faktiskt inträffat (Tabell A.3.4a), dvs i 27 (=0.60×45), 5, 9, 2 respektive 2 år (av de hypotetiska hundra åren) är konsekvenserna ingen, liten, måttlig, stor respektive extrem. Men i detta fall tillkommer ytterligare osäkerheter om huruvida åtgärder vidtagits eller ej (så som anpassning av skördetidpunkt, torkning mm). Om vi antar, rent godtyckligt, att för en oklar andel av fallen brister det i åtgärder, får dessa fall något större konsekvenser än om åtgärder vidtagits (Tabell A.3.4d). Detta gäller för en medelregion (medel av Malmöhus och Uppsala län) i Sverige. Om samma konsekvens ska kunna inträffa på den nationella nivån krävs att dessa väderhändelser inträffar för hela Sverige samtidigt, vilket minskar sannolikheten jämfört med den regionala skalan. (← Fö1,2) (→ Kö3)

#### Tabell A.3.4d. Riskbedömning inklusive Sannolikheter för Hot och Åtgärder

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för regional spannmålsproduktion pga Extremt-sommarväder givet olika förutsättningar som inbegriper succesivt fler sannolikhetsbedömningar. Omvärldsförhållanden inkluderar sannolikheter för att hoten inträffar och åtgärder vidtas. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert; O = Observation av jämförbart fall). Notera att värdena är mycket osäkra och avser att främst demonstrera ett tankeexempel. Några värden är fiktiva. (→ Kö4)

Konsekvens (K) Givet:	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedöm.	Mo- dell
<b>Torr-sommar, regionalt<sup>1</sup></b>							
Omvärldsförhållanden (Hot och Åtgärder ej givet)	97	0	0	3	0	52	O
att Hoten inträffat (men Åtgärder ej givet)	50	0	0	50	0	2, -	O, E
att Hoten inträffat och Åtgärder vidtagits <sup>3</sup>	50	0	0	50	0	2	O
<b>Regnig-sensommar, regionalt<sup>2</sup></b>							
Omvärldsförhållanden (Hot och Åtgärder ej givet)	75	10	10	3	2	104	O
att Hoten inträffat (men Åtgärder ej givet) (fiktiva)	50	15	25	5	5	22, -	O, E
att Hoten inträffat och Åtgärder vidtagits <sup>3</sup>	60	10	20	5	5	22	O

<sup>1</sup>Malmöhus län; <sup>2</sup>Malmöhus och Uppsala län; <sup>3</sup>Från Tabell A.3.4a



### **Förklaringsmodeller utanför systemavgränsningen**

(Fö1) Hur Sannolikt är det att en Torr-sommar inträffar? I Malmö inträffar Torr-sommar 3 ggr per 52 år, dvs 1 ggr per ca 17 år. I Uppsala inträffar detta 1 ggr per ca 26 år, dock ej för samma år som i Malmö (Tabell A.3.4e).

(Fö2) Hur Sannolikt är det att en Regnig-sensommar inträffar? I Malmö inträffar Regnig-sensommar mer än vartannat år (1ggr per 1.9 år) och i Uppsala mindre än vartannat år (1 ggr per 2.5 år; Tabell A.3.4e).

### **Tabell A.3.4e.**

Frekvens av Extremt sommarväder. Antal år under 52 års-perioden 1961-2012 då Torr- respektive Regn-index överstiger ett visst värde. För definitioner se (Fh2) respektive (Fh4). Data från de Toro m fl (manuskript).

	Torrindex							Regnindex							Totalt antal år
	=0	>0	>=2	>=5	>=10	>=15	>=20	=0	>0	>=2	>=5	>=10	>=15	>=20	
Malmö	40	12	10	6	3	2	1	20	32	27	14	5	2	0	52
Uppsala	36	16	14	8	2	1	0	29	23	21	12	6	1	0	52

### **Kunskapsluckor utanför systemavgränsningen**

(Kö3) Hur ofta inträffar Torr-sommar och Regnig-sensommar samtidigt?

(Kö4) Hur kombinerar man sannolikheter för hot, åtgärder respektive konsekvens till en sannolikhet som används i en mer fullständig riskanalys som inbegriper samtliga osäkerheter från hot till konsekvens (se t ex Figur 5.5 i huvuddokumentet)?

### **Övrigt**

Vad drar IPCC (2014) för slutsatser vad avser klimatförändringars effekter på europeisk grödproduktion? Klimatförändringarna kommer att öka bevattningsbehovet [hög säkerhet i förutsägelsen] men den framtida bevattningen kommer att begränsas av minskad avrinning, efterfrågan från andra sektorer, och av ekonomiska kostnader. Som en följd av ökad potentiell avdunstning, kommer vattentillgången från floder och grundvattenresurser minska avsevärt [medelsäkert]. Klimatförändringar kan också öka jorderosion (från ökade extrema händelser) och minska markens bördighet [låg säkerhet pga begränsade belägg]. (översatt)

### **Referenser**

de Toro A, Gunnarsson C, Lundin G, Jonsson N, 2012. Cereal harvesting – strategies and costs under variable weather conditions. Biosystems Engineering 111(4), 429-439.

- de Toro A., Nkurunziza L., von Rosen D. (manuskript) Weather impacts on yield variations of major crops in Sweden : 1965–2012. Department for Energy and Technology, SLU, Uppsala (manuscript 2014-12-05)
- Djurle A., 2013. Krisscenarier 2013 med anknytning till växtproduktion - Rapport av uppdrag från Livsmedelsverket i projektet Sektoriell risk- och sårbarhetsanalys av livsmedelskedjan 2015. Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, SLU, Uppsala
- Eckersten H, Andersson L, Holstein F, Mannerstedt Fogelfors B, Lewan E, Sigvald R, Torssell B, 2007. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige (Evaluation of climate change effects on crop production in Sweden). Bilaga 24 i: Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, SOU 2007:60, Bilagedel B, bilaga B 23-27: 26-277. (summary in English) (<http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>)
- Eckersten H, Herrmann A, Kornher A, Halling M, Sindhøj E, Lewan, E, 2011. Predicting silage maize yield and quality in Sweden as influenced by climate change and variability, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, Volume: 62 Issue: 2 Pages: 151-165
- Eckersten H, Kornher A, Bergkvist G, Forkman J, Sindhøj E, Torssell B and Nyman P, 2010. Crop yield trends in relation to temperature indices and a growth model. *Climate Research* 42:119-131.
- Elmqvist H., Arvidsson J. (eds.), 2014. Orsaker till stagnerande skördar i Sverige och framtida möjligheter (Reasons for stagnating yields in Sweden and future opportunities). Rapporter från jordbearbetningen, Dep. of Soil and Environment, Swedish Univ. of Agric. Sci., Uppsala. Rapport Nr 129. 176 pages (In Swedish, summary in English)
- Hay, R.K.M, Porter, J.R, 2006. The physiology of crop yield. Second Edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK. ISBN-13: 978-14051-0859-1. 314 pp.
- Hoffmann H, Zhao G, van Bussel L, Enders A, Specka X, Sosa C, Yeluripati J, Tao F, Constantin J, Teixeira E, Grosz B, Doro L, Nendel C, Kiese R, Raynal H, Eckersten H, Haas E, Kuhnert M, Lewan E, Bach M, Kersebaum K-C, Roggero PP, Rötter R, Wallach D, Krauss G, Siebert S, Gaiser T, Wang E, Zhao Z, Ewert F. 2014. Effects of climate input data aggregation on modelling regional crop yields. FACCE MACS-UR Mid-Term Scientific Conference 'Achievements, Activities, Advancement. April 1-3(+4), 2014, University of Sassari, Sardinia, Italy.
- IPCC, 2000. IPCC Special Report on Emissions Scenarios. (<http://www.ipcc.ch/ipc-reports/assessments-reports.htm>)
- IPCC, 2014. Intergovernmental panel on climate change. WGII AR5 Final Drafts (accepted). (<http://ipcc-wg2.gov/AR5/report/final-drafts/>)

- JBV, SCB, 2013. Jordbruksstatistik årsbok 2013. Jordbruksverket. SCB-tryck, Örebro
- Knox J.W., Hurford, A., Hargreaves, L., Wall, E., 2012. Climate change risk assessment for the Agricultural sector. Defra and others (Defra = Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK). 224 pages
- Lalić B, Eitzinger J, Thaler S, Vučetić V, Nejedlik P, Eckersten H, Jaćimović G, Nikolić-Djorić E (manuscript). Can Agrometeorological Indices of Adverse Weather Conditions Help to Improve Yield Prediction by Crop Models? *Atmosphere*. (accepted for publication November 2014)
- Montesino-San Martin, M., Olesen, J.E., Porter, J.R. 2014. A genotype, environment and management (GxExM) analysis of adaptation in winter wheat to climate change in Denmark. *Agricultural and Forest Meteorology*, 187, 1-13 pp.
- Montesino-San Martin, M., Olesen, J.E., Porter, J.R. (Manuscript). Can crop-climate models be accurate and precise? A case study for crop production in Denmark. *Agricultural and Forest Meteorology*. (in press)
- Nkurunziza L, Kornher A, Hetta M, Halling M, Weih M, Eckersten H, 2014. Crop genotype-environment modelling to evaluate forage maize cultivars under climate variability. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 2014 Vol. 00, No. 00, 1-15, <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2014.885076>
- Palosuo, T., Kersebaum, K.-C., Angulo, C., Hlavinka, P., Moriondo, M., Olesen, J.E., Patil, R.H., Ruget, F., Rumbaur, C., Takáč, J., Trnka, M., Bindi, M., Čaldağ, B., Ewert, F., Ferrise, R., Mirschel, W., Şaylan, L., Šiška, B. & Rötter, R.P. (2011). Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: A comparison of eight crop growth models. *European Journal of Agronomy*, 35, 103-114.
- Pirttioja, N.K., Fronzek, S., Carter, T.R. and Rötter, R.P., 2012. Simulating adaptive management using impact models in a risk framework. Poster presented at: *Adaptation Futures: 2012 International Conference on Climate Adaptation*, 29-31 May 2012, Tucson, AZ, USA and at the *FICCA midway seminar*, Hilton Helsinki Strand, 16 April 2013, Helsinki, Finland.
- Semenov MA, Stratonovitch P, 2013. Designing high-yielding wheat ideotypes for a changing climate. *Food and Energy Security*. 2(3): 185-196
- SMHI, 2014. SMHI webbtjänst URL: <http://luftweb.smhi.se/>
- Sousanna Jean-François, 20140516. Climate change, agriculture and forestry in Europe - IPCC AR5, WG II, Chapter 23. Presentation at KSLA-seminar, Stockholm.

Trnka, M., Olesen, J.E., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vuèetiæ, V., Nejedlik, P., Kumar, S., Lalic, B., Mestre, A., Rossi, F., Kozyra, J., Alexandrov, V., Semerádová, D., Žalud, Z. (2011). Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* Vol. 17 issue 7, pp. 2298 – 2318

Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI (2010) A multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI. *J Clim* 23(17):1696–1718

Vicente-Serrano SM, Gouveiab C, Camarero JJ, Beguería S, Ricardo Trigo, López-Moreno JI, César Azorín-Molinaa, Edmond Pashoa, Jorge Lorenzo-Lacruza, Jesús Revueltoa, Enrique Morán-Tejedaa, and Arturo Sanchez-Lorenzo (2010). Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. *PNA*; 6 pages. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1207068110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1207068110)

Witney B.D. 1995. *Choosing and Using Farm Machines*. Land Technology, Edinburg, Scotland.

### **A.3.5. Leptospiros-utbrott – Mjök**

*Renée Båge och Ulf Magnusson*

#### **Omvärdsscenario**

Studien avser Uppsala län och Västra Götalands län år 2025. Den genomsnittliga besättningsstorleken för mjölkkor förväntas öka från drygt 60 kor i dagsläget till 95 kor år 2025 i Uppsala län och från 70 till knappt 140 kor i Västra Götalands län (← *Fo1-3*). Mjölkkavkastningen förväntas år 2025 ha ökat till knappt 10 ton ECM per ko och år hos anslutna kor (kor anslutna till den offentliga mjölkboskapskontrollen utgör ca 85 % av alla kor) och 7.5 ton hos ej anslutna kor (← *Fo4-6*). 85 % av korna hålls på bete år 2025 enligt de nuvarande föreskrifterna (← *Fo7-9*).

Under dessa förutsättningar uppstår hot i form av nyinfektion av mjölkkor med *Leptospira* hardjo som introducerats till Sverige via livdjursimport och spridits till vilda idisslare samtidigt som det är en varm försommar och sommar med häftiga åskregn och översvämmade beten. Två nivåer på utbrott (5 respektive 10 % av mjölkkobesättningarna infekteras) analyseras (← *Fh1*).

### Hot innan Åtgärd

-H1. *Utbrott-Medel*: Nyinfektion med *Leptospira hardjo* sker i 5 % av mjölkbesättningar i Västergötlands respektive Uppsala län. I dessa tidigare oinfekterade besättningar infekteras 90 % av de lakterande korna.

-H2. *Utbrott-Stor*: Samma som H1 men 10 % av mjölkbesättningarna infekteras.

### Effekt innan Åtgärd

-H1 → Mjölkproduktionen på regionnivå minskar med 0.15 % på årsbasis. (←FE1-3)

-H2 → Mjölkproduktionen på regionnivå minskar med 0.3 % på årsbasis. (←FE1-3)

### Åtgärd

Det finns flera möjliga kompensatoriska åtgärder. Dessa har dock inte inkluderats explicit i bedömningarna. (←Få1-2).

### Hot efter Åtgärd

Hoten är desamma eftersom kompensatoriska åtgärder inte inkluderats i bedömningarna.

### Effekt efter Åtgärd

Effekterna är desamma. Se ovan.

### Riskbedömning

I denna studie fokuseras effekterna, dvs vi skattar sannolikheten för att en viss konsekvens på mjölkproduktionen uppstår, givet att ett *Leptospira*-utbrott inträffat. Skattningen har gjorts av Experter (←Fr1-2) baserat på beräkningar av mjölkavkastningen år 2025 (←Fo3, 7), som i sin tur skattats utifrån nuvarande trender hos utvecklingen av antal kor per besättning, antal mjölkföretag per län och mjölkavkastning per ko (←Fo4, 2, 5, 6). För beräkningarna av effekten på mjölkproduktionen på länsnivå har vi utgått från att en infekterad kos mjölkproduktion reduceras med 30 kg/dag i tio dagar (←FE1), och sedan har denna mängd skalats upp till länsnivå med antagande om att denna reduktion representerar ett medelvärde för alla infekterade kor i länet (←FE2). Beräkningarna har gjorts dels för Västra Götaland, dels för Uppland. Dessa skiljer sig vad avser reduktionen av mjölkproduktionen i absoluta termer, dock inte vad avser den relativa reduktionen (FE3). Konsekvensen (som avser den relativa reduktionen) skattades som liten för båda nivåerna på *Leptospira*-utbrott (←Fr3). Den skattade produktionssänkningen är behäftad med osäkerhetsfaktorer (←KE2-3), men vi har endast en skattning och därför antar vi att sannolikheten är 100 % att konsekvensen blir liten.

### Tabell A.3.5a. Riskbedömning

Sannolikheten (%;  $\Sigma=100\%$ ) för en viss konsekvens för mjölkproduktionen på länsnivå i händelse av att en Leptospiros-utbrott inträffat. Värdena gäller såväl Västra Götaland som Uppland. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert, M = Beräkningsmodell). (Notera att värdena bedöms vara mycket osäkra)

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Antal bedöm.	Modell
<b>Utbrott-Medel</b>	0	100	1, -	M, E
<b>Utbrott-Stor</b>	0	100	1, -	M, E

### Förklaringsmodeller

#### Omvärldsscenario

(Fo1) Hur förutsägs antalet mjölkföretag respektive mjölkkor till 2025? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo2) Hur är nuvarande trend för antalet mjölkföretag och mjölkkor? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo3) Hur många kor finns det 2025? Den genomsnittliga besättningsstorleken förväntas under perioden öka från 62 till 95 kor i Uppsala län och från 70 till 138 kor i Västra Götalands län. Se vidare krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo4) Hur förutsägs mjölkavkastningen för 2025? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo5) Hur är nuvarande trend i mjölkavkastningen länsvis och i Sverige? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo6) Hur stor är mjölkavkastningen 2025? Den årliga mjölkavkastningen förväntas öka till 9681 kg ECM per ko år 2025.

(Fo7) Hur länge ska kor hållas på bete enligt lag? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo8) Vilka observationer finns på hur stor andel av korna som hålls på bete? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

(Fo9) Hur stor andel av korna hålls på bete 2025? Se krisscenario Värmebölja-mjölk.

#### Hot

(Fh1) Vilka är förhållandena som orsakar att hotet uppstår? Efter en varm försommar och sommar kommer häftiga åskregn med översvämmade beten. *Leptospira hardjo*, som introducerats till Sverige via livdjursimport och spridits till vilda idisslare, sprids på de vattensjuka betena via urin från gnagare och från andra vilda och tama idisslare.

### Åtgärd

(Få1) Vad kan åtgärder syfta till? I stort går motåtgärder ut på att hindra besättningar från att bli smittade om smittan kommit in i landet.

(Få2) Vilka åtgärder kan vidtas för att mildra mjölkproduktionssänkningen? Motåtgärder kan bestå i (i) att djuren hålls inne för att inte kontaminera beten, alternativt att sankta områden stängs av, (ii) att kor och får/små kameldjur separeras på beten och att (iii) naturlig beteckning avrådes. Vidare kan (iv) vaccinations- (i smittade regioner och av dräktiga kor som inte kastat under abortstormen) och (v) kontrollprogram (uppföljande prover på tankmjölk och individuella djur beroende på region) genomföras i områden som är smittade och i akuta skeenden kan även (vi) antibiotikabehandling (dihydrostreptomycin) av hela besättningar komma i fråga för att rädda de dräktigheter som ännu inte aborterats. Vidare kan (vii) gnagare bekämpas, (viii) vilda djur hindras att vistas på beten mha stängsling, och (ix) smittbärare identifieras genom prov på individuella djur.

(Få3) Vad är effekterna av åtgärder?(→ Kå3)

### EFFEKT

(FE1) Hur mycket minskar mjölkproduktionen för en infekterad ko? Mjölkproduktionen sjunker drastiskt inom 2-7 dagar hos infekterade kor (produktionen återupptas efter 10-14 dagar, utom hos de kor som är i sen laktation där den avstannar helt). Beräknad förlust är 30 kg per dag och ko under 10 dagar, dvs totalt 300 kg/år. Detta beräknas utgöra en 3.1 % sänkning av en kos årsproduktion (← F06). Det är en rad andra effekter på kon utöver den direkta effekten på mjölkproduktionen som inte bedöms eller skattas här.

(FE2) Hur många % minskar mjölkproduktionen för en infekterad besättning och per region? En infekterad ko minskar sin mjölkproduktion med 3.1 % (← FE1). 90 % av korna i infekterade besättningar antas vara infekterade och mjölkproduktionen för hela den infekterade besättningen minskar då med 2.9 % (dvs  $0.9 \times 3.1$ ). I fallet då 5 % av besättningarna i regionen är infekterade innebär detta att mjölkproduktionen på regionsnivå minskar med 0.15 % (dvs  $0.05 \times 2.9$ ). I det fall 10 % av besättningarna är infekterade fördubblas reduktionen av den regionala produktionen till 0.29 %. (→ KE2)

**Tabell A.3.5b.**

Procentuella förlusten av mjölkproduktionen vid Leptospiros-utbrott

Förlust per ko	Förlust per besättning (90% av korna är inf.)	Förlust per region (5% [10%] av besättningarna är inf.)
3.1 % (300 kg/ko)	2.9 %	0.15 % [0.29 %]



(FE3) Hur många kg minskar mjölkproduktionen för en infekterad besättning och per region? En infekterad ko minskar sin mjölkproduktion med ca 300 kg per år (← FE1). I Uppland är det 95 kor/besättning varav 86 kor är infekterade och minskar sin produktion. Totalt för hela besättningen minskar produktionen med drygt 25500 kg per år. I det fall 5 % av de 81 besättningarna i Uppland är infekterade, dvs 4 besättningar, innebär det en reduktion av den regionala mjölkproduktionen med drygt 100 ton per år, och i fallet med dubbelt så många infekterade besättningar drygt 200 ton per år. Motsvarande siffror för Västra Götaland är 137 kor/besättning, varav 123 kor är smittade, dvs produktionsförlusten är ca 37000 kg per infekterad besättning. Om 5 % av de 320 besättningarna, dvs 16, är infekterade innebär det en reduktion med över 500 ton per region och år, och om ca 10 % infekterats i storleksordningen dubbelt så mycket. (→ KE3)

**Tabell A.3.5c.**

Förlusten av mjölkproduktionen i kg mjölk vid Leptospiros-utbrott

Region	<sup>1</sup> Antal kor/besättning	<sup>2</sup> Förlust/besättning	<sup>1</sup> Antal besättningar/ region	Förlust/region Utbrott-Medel (5%)	Förlust/region Utbrott-Stor (10%)
Uppland	95	25 650 kg	81	108 000 kg	216 000 kg
Västra Götaland	137	36 990 kg	320	509 000 kg	1 184 000 kg

<sup>1</sup>Från Krisscenariot Värmebölja-Mjölk; <sup>2</sup>Ekonomiska förluster, se Följdhändelser

### **Riskbedömning**

(Fr1) Vilka Experter har gjort bedömningarna? Fyra experter (författarna, professorer och docenter) rekryterades för uppdraget med överlappande kompetenser i veterinärmedicinsk kunskap kring pågående klimatförändring, djurhållningssystem, reproduktion och mikrobiologi. Som stöd för experternas bedömning gjordes en systematisk genomgång av den vetenskapliga litteraturen (CAB Direct m fl 2014).

(Fr2) Vilken information har Experterna använt? Två experter gick oberoende av varandra igenom en lista på 179 vetenskapliga studier (CAB Direct m fl 2014) och valde ut 35 av dem för vidare granskning som abstrakt. Några av dessa lästes också som fullständig artikel.

(Fr3) Hur bedöms konsekvensen för mjölkproduktionen utifrån de skattade effekterna? Sänkningen bedömdes som liten vid förlorad mjölkproduktion som är > 0 men < 0.5 % (kg ECM) per region och år.

## Kunskapsluckor

### *Hot*

(Kh2) Hotets omfattning på regionnivå är svårbedömt

### *Åtgärd*

(Kå2) Möjligheter för och effekter av kompensatoriska åtgärder för att minska Leptospiros-utbrott hos mjölkkor.

(Kå3) Det finns ett flertal möjliga motåtgärder, men det är alltför osäkert att spekulera i effekten av dessa.

### **EFFEKT**

(KE2) Det är oklart vilken betydelse skattningarna av 2025 års mjölkproduktionsnivåer har haft för beräkningarna av de relativa förlusterna pga Leptospiros-utbrottet, jämfört med om de utgått från nuvarande produktionsnivåer.

(KE3) Data för att skatta effekterna på besättningsnivå finns, dock ej i tillräcklig utsträckning för att göra en riktig metaanalys.

### **Följdhändelser**

-Det finns en rad andra effekter på kon av en leptospirainfektion än direkt sänkning av mjölkproduktionen. Dessa har inte bedömts här men är exempelvis: (i) Mastitincidensen ökar sekundärt till akuta utbrottet. Mjölkproduktionen sänks både av subklinisk/klinisk mastit direkt, och i de fall korna behandlas med antibiotika och mjölken kasseras pga karenstid. (ii) Fertiliteten sjunker, fler inseminationer krävs, kor slås ut i förtid. (iii) Kornas livstidsproduktion reduceras pga fertilitetsstörningar och förlängt kalvningsintervall. (iv) Ökad andel ofrivilligt utslag av kor som ej återhämtar sig efter infektionen leder till sänkt medelålder i besättningen vilket direkt innebär en lägre produktion. (v) Smittspridning till kalvar ger hög sjuklighet och dödlighet, och antalet rekryteringskvigor blir inte tillräckligt och gårdens produktion blir inte optimerad med "rätt ko på rätt plats". (vi) Smittspridning till lantbrukaren med sjukskrivning och risk för långtidseffekt på hälsan.

-Ekonomiska förlusten per drabbad besättning med dagens mjölkpriser blir i Uppland 77 000 kr och i Västra Götaland 111 000 kr per år för de beräknade förlusterna i Tabell A3.5c.

### **Övrigt utanför systemavgränsningen**

#### ***Riskbedömning utanför systemavgränsningen***

För en fullständig riskanalys behöver sannolikhetsbedömningen (se avsnitt Riskbedömning ovan, som avser enbart konsekvensen) utökas med skattningar av sannolik-

heterna för att ett Leptospiros-utbrott inträffar, dvs att Leptospira hardjo introduceras till Sverige och att nyinfektion av mjölkkor inträffar. Sannolikheten för att 5 % av besättningarna nyinfekteras skattades högre än för att 10 % nyinfekteras. Vidare bedömdes sannolikheten högre att hoten skulle realiseras i Västra Götaland än i Uppland (← Fö1).

#### Tabell A.3.5d. Riskbedömning inklusive Sannolikheter för Hot och Åtgärder

Skattade sannolikheter (%;  $\Sigma=100\%$ ) för en viss konsekvens för den regionala mjölkproduktionen pga Leptospiros-utbrott givet olika förutsättningar som inbegriper succesivt fler sannolikhetsbedömningar. Omvärldsförhållanden inkluderar sannolikheter för att en värmebölja inträffar. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert; M = Beräkningsmodell). [ ] anger att värdena för Uppland som skiljer sig från Västra Götalands värden. Notera att värdena är osäkra. <sup>1</sup>Från Tabell A.3.5a

Konsekvens (K) Givet:	Ingen	Liten	Antal bedöm.	Modell
<b>Utbrott-Medel</b>				
Omvärldsförhållanden (Hot ej givet)	20 [50]	80 [50]	-	E
att Hotet inträffat <sup>1</sup>		100 [100]	1, -	M, E
<b>Utbrott-Stor</b>				
Omvärldsförhållanden (Hot ej givet)	50 [80]	50 [20]	-	E
att Hotet inträffat <sup>1</sup>		100 [100]	1, -	M, E

#### Förklaringsmodeller utanför systemavgränsningen

(Fö1) Hur stor är sannolikheten att hotet (Leptospiros-utbrottet) och dess konsekvens inträffar? Sannolikheten för att ett Leptospiros-utbrott realiseras skattades utifrån experternas kunskap och efter genomgång av tillgänglig litteratur (CAB Direct m fl, 2014) och beskrevs som låg (<0,30), medel (0,30 -0,70) eller hög (>0,70). (→ Kö1)

#### Kunskapsluckor utanför systemavgränsningen

(Kö1) Det finns bara svaga/obefintliga data kring sannolikheten för att hoten skall bli verklighet.

#### Referenser

CAB Direct, Web of Science, & PubMed. 2014. För sökorden dairy, cows, bovine, milk production, milk drop syndrome och leptos. Denna sökning genererade 179 unika bibliografiska träffar i de tre databaserna CAB Direct, Web of Science, & PubMed. Inklusionskriterierna var att studierna skulle vara publicerade på engelska under perioden 2000-01-01 – 2014-10-31 samt matcha sökorden. (kontakta författarna för att erhålla listan på referenser)

### **A.3.6. Foderimport-stopp - Mjök**

*Rolf Spörndly, Ivar Vågsholm, Henrik Eckersten*

#### **Omvärldsscenario**

-Fodret till mjölkarna består i normala fall till ca hälften av grovfoder (hö, ensilage, bete och halm). Den övriga hälften består till ungefär lika delar spannmål och annat kraftfoder, räknat på dess torrsvikt.

-En andel av spannmålsproduktionen används för bioenergi (etanol framställning) varvid drank framställs.

-Av något skäl som vi ej känner till upphör tillgången på foder på världsmarknaden (t ex pga blockad av svenska hamnar), alternativt blir importerat foder så dyrt att det ej kan inhandlas till den svenska mjölkproduktionen. Detta antas hända utan förvarning i början av juni och pågå åtminstone ett år.

-De uteblivna importerade andelarna av foderstaten (främst ”annat kraftfoder”) ersätts så långt som möjligt med inhemsk utfodring. Mängden importerat kraftfoder som finns i lager vid importstoppets inträffande är i storleksordningen 15–20 % av årsbehovet vilket beräknas kunna räcka i två månader (dvs ungefär som vid normala förhållanden).

#### **Hot innan Åtgärd**

-H1. Sojabönsprodukter och Palmkärnkaka saknas helt i mjölkornas foderstat. (← *Fh1,2*)

-H2. Alla fetter från oljepalm utgår. (← *Fh1,2*)

-H3. Majsprotein och Potatisprotein i foder utgår. (← *Fh1,2*)

-H4. Rapsprodukter reduceras med ca 45 % och Sockerbetsprodukter med ca 30 %. (← *Fh1,2*)

-H5. Mineraler, Kalk och Salt reduceras med drygt 20 %. (← *Fh1,2*)

-H6. Minskad tillgång på inhemskt foder i händelse av dåliga inhemska skördar. (← *Fh7*)

#### **Effekt innan Åtgärd**

H1-5 → Mjölakens kvalitet påverkas mest för mjölkkor med hög avkastning. Medelhög-avkastande kor påverkas inte. (← *FE2,4*)

## Åtgärd - Kompensatoriska Åtgärdsalternativ

Vi behandlar här fyra Åtgärdsalternativ (Alternativ 1-4) separat. Analyserna av respektive Åtgärdsalternativ 1-3 görs med antagandet att de övriga alternativen inte vidtas. Alternativ 4 är en kombination av Åtgärdsalternativen 1-3 och vissa övriga åtgärder.

*Innevarande år:*

Gemensamt för alla Åtgärdsalternativ är att man omdisponerar användningen av det importerade kraftfodret som finns i lager så att de mest värdefulla partierna ges i första hand till kor som är i de första två-tre månaderna av laktationen. (← Få2, FE4)

*Alternativ 1 (spannmål):* H1-5 → 20 % av Sveriges totala spannmålsproduktion, utöver det som mjölkorna redan får, görs tillgänglig för mjölkorna. Dessutom ersätts idag importerat foderspannmål med spannmål som normalt går på export. (← Få7, 10)

*Alternativ 2 (andras foder):* H1-5 → Andra djurslags foder omfördelas till mjölkorna. (← Få8)

*Alternativ 3 (drank):* H1-5 → Drink från bioenergiproduktion ersätter uteblivet importerat kraftfoder. (← Få4, 9, 11)

*Alternativ 4 (kombination):* H1-5 → En viss mängd ( $XX_1$  kton) spannmål, andra djurs foder ( $XX_2$  kton) och drink från bioenergiproduktion ( $XX_3$  kton) ersätter uteblivet importerat foder. (← Få3, 4, 14)

*Påföljande år:*

*Alternativ 1-3:* Samma som innevarande år.

*Alternativ 4 (kombination):* Samma som innevarande år men också att markanvändningen ändras så att en större andel kraftfoder odlas i Sverige. (← Få1, 12, 13)

## Hot efter Åtgärdsalternativ

-H1-6. Hoten innan åtgärd kvarstår men mildras.

Följande hot tillkommer:

*Alternativ 1 (spannmål):*

-H7. "Kraftfederalternativen blir "svagare", särskilt koncentratet med avseende på energi och protein och fodret får sämre protein- och fettkvalitet" jämfört med hur det var innan hoten inträffade. (← Fh3,4)

-H8. "Djurhälsan äventyras för kor som normalt avkastar 10500 kg ECM." (← Fh8)

*Alternativ 2 (andras foder):*

Desamma som Alternativ 1 förutom:

-H9. Foderkvaliteten och tillgången på foder kan påverka hoten H7 och H8 som då blir annorlunda än i Alternativ 1 (←Fh5)

*Alternativ 3 (drank):*

-H10. Kvaliteten och tillgången på drank kan påverka hoten H7 och H8 som då blir annorlunda än i Alternativ 1 (←Fh6)

*Alternativ 4 (kombination):*

H1-9. Hoten är mildare än för Alternativ 1-3.

-H11. Ökad konkurrens om spannmål mellan de alternativa ersättningsutfodringarna. (← Få15)

### **Effekt efter Åtgärd**

*Innevarande år:*

*Alternativ 1(spannmål):*

H1-8 → Mjölproduktionen minskar med ca 5-15 %. (← FE6) (→ KE6)

*Alternativ 2(andras foder):*

H1-9 → Mjölproduktionen minskar med ca 5-15 %. (→ KE8)

*Alternativ 3(drank):*

H1-8,10 → Mjölproduktionen minskar med 0-5 %. (→ KE9)

*Alternativ 4(kombination):*

H1-8,11 → Mjölproduktionen minskar mindre än i de övriga Alternativen 1-3. (0-5 % (← FE5,7) (→ KE2,6)

*Påföljande år:*

*Alternativ 4(kombination):*

H1-8,11 → Effekten mildras något jämfört med innevarande år pga ändrad markanvändning i syfte att odla en ökad mängd kraftfoder.

### **Riskbedömning**

Bedömningen syftar till att skatta risken för den nationella spannmålsproduktionen. Troligen representerar skattningen dock mer den regionala produktionen eftersom

fler studier finns på den regionala eller lokala nivån än på den nationella nivån. Bedömningen av hur sannolikt det är att en viss reduktion av mjölkproduktionen uppstår utgår från att foderimport-stoppet inträffat och respektive hanteringsåtgärder vidtagits.

Om spannmål används som enda ersättningsfoder (*Åtgärdsalternativ 1*) bedöms mjölkproduktionen reduceras med ca 5-15 %, baserat på två experiment med ca 70 kor som visat på en ca 10 % reduktion (*FE6*). Utifrån denna nivå, som motsvarar en stor konsekvens (*Fr2*), antar vi att det finns en viss sannolikhet att konsekvensen kan var större om inte alla kor har full tillgång på spannmål. Mest troligt är dock att tillgången på ersättningsfoder är stor (*Få7, 10*) och att en viss andel av korna inte är högproducerande och därmed inte hämmas så mycket av ersättningsfodret.

Om ersättningsutfodringen för mjölkorna enbart erhålls genom omallokering av foder från andra djurslag (*Åtgärdsalternativ 2*) bedöms effekten på mjölkproduktionen också bli 5-15 %. Det saknas undersökningar av detta men vi antar att fodertillgången i detta fall kan bli osäkrare och att det är större sannolikhet att foderbrist uppstår. Å andra sidan kan foderstaten bli bättre än i spannmålsalternativet (*Få8*) och sammantaget har vi därför gjort i stort samma sannolikhetsfördelning som för Alternativ 1.

Om enbart drank används som ersättningsfoder (*Åtgärdsalternativ 3*) bedöms effekten bli relativt liten (ca 0-5 %) eftersom drank är ett bra ersättningsalternativ för importerat kraftfoder (*Få9*). Av det skälet bedöms sannolikheten vara stor för att konsekvensen är måttlig. Tillgången på drank har dock antagits osäker och kunna vara begränsande för en god foderstat (*Få11*), varför sannolikheten för stor konsekvens kan vara betydande.

Slutgiltigt om alla ersättningsalternativ kombineras (spannmål, andras foder och drank), och dessutom kompletteras med alternativ markanvändning med större areal kraftfoderodlingar (*Få14*), bedöms effekten bli betydligt mindre (0-5 %; *Åtgärdsalternativ 4*) än om endast en åtgärd vidtas. Sannolikheten att detta blir fallet bedöms som stor eftersom tillgången på ersättningsfoder bedöms bli stor. ( $\leftarrow$  *Fr1-3*).

Presentationen i Tabell A.3.6a av risken i termer av sannolikheten för att en viss konsekvens sker kan förslagsvis läsas som följer: Om vi har 100 fall med lika förutsättningar vad avser att ett foderimportstopp inträffar och ersättningsutfodring sker (t ex med spannmål; Alternativ 1) är konsekvensen för Mjölproduktionen i 20 fall måttlig, 75 fall stor och i 5 fall extrem.

## Förklaringsmodeller

### Hot

(*Fh1*) Vad består den "nationella medelfoderstaten" av? Fodret till mjölkorna består till ca 50-55 % av grovfoder (hö, ensilage, bete och halm), 20-25 % spannmål och resten



**Tabell A.3.6a. Riskbedömning**

Skattade sannolikheter (%) för en viss konsekvens för spannmålsproduktionen pga foderimport-stopp med alternativ ersättningsutfodring, givet att hoten och åtgärderna inträffar. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert). (Notera att värdena är framtagna utan strikta beräkningsmodeller som grund, och symboliserar ett medelvärde med ett stort osäkerhetsintervall i kring).

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedömn.	Modell
<b>Alternativ 1 (Spannmål)</b>	0	0	20	75	5	-	E
<b>Alternativ 2 (Andras foder)</b>	0	0	20	75	5	-	E
<b>Alternativ 3 (Drank)</b>	5	10	60	25	0	-	E
<b>Alternativ 4 (Kombination)</b>	10	20	70	0	0	-	E

**Tabell A.3.6b.**

Foderstater 2003-4. Total foderåtgång per år (ton ts) till Sveriges mjölkkor (Typfoderstater)". \*Från IndividRAM data. \*\* ca 25 % av detta är kraftfoder (Tabell 3.4 i Emanuelsson m fl 2006). Värdena avser 2003 eller 2004 (oklart från referensen).

Fodermedel	Mjölkkor	Rekryteringskvigor	Totalt: (Mjök+Rek)	Rekrytering%: Rek/(Mjök+Rek)	Fodermedel%: (Mjök+Rek)/TotFoderm
Hö_ensilage_bete	1 200 000	618 000	1 818 000	34	54
Halm	25 000	22 300	47 300	47	1
HP-massa	68 000	0	68 000	0	2
Socketbetsprodukter	180 000	3 800	183 800	2	5
Majsensilage	40 000	0	40 000	0	1
Spannmål_inköpt+egen	600 000	139 000	739 000	19	22
Rapsprodukter	180 000	6 400	186 400	3	6
Vetekli	55 000	2 100	57 100	4	2
Soja/soypass	115 000	4 200	119 200	4	4
Agrodrank	26 000	1 900	27 900	7	1
Palmkärnkaka_mm	44 000	1 300	45 300	3	1
Fett	25 000	1 100	26 100	4	1
Mineraler	18 000	500	18 500	3	1
Ärter/Åkerböna	121 00*	0	12 100	0	0.4
Totalt Fodermedel	2 588 100	800 600	3 388 700**	24	100

(20–30 %) av annat kraftfoder, räknat på dess torrsvikt. Spannmål är ett kraftfoder men ofta syftar ordet kraftfoder på det övriga kraftfodret (Tabell A.3.6b).

(Fh2) Vilken typ av foder används och hur mycket importeras? Nuvarande (dvs år 2011) andel av totala mängden kraftfoderråvara (ej spannmål) som importeras till Sverige är 40 % (år 2003–4: 57–60%) av den totala åtgången på 712 kton/år (år 2003–4: 670–738). Kraftfoderråvaran består av sojaprodukter\_mm (13 %; år 2003–4: 18%), rapsprodukter (28 %; år 2003–4: 33%), sockerbetsprodukter (ts; 13 %; år 2003–4: 33% ), palmkärnkaka\_mm (9 %; år 2003–4: 9%), mineraler\_kalk\_salt (4 %; år 2003–4: 4%), samt fetter (2 %; år 2003–4: 4%). Av dessa är det främst sojamjöl\_mm och palmkärnkaka\_mm som importeras. 100 % av dessa importeras medan för rapsprodukter är det 48 % (år 2003–4: 55%) och för sockerbetsprodukter (ts) 32 % (år 2003–4: 30%). 22 % (år 2003–4: 42%) av mineraler\_kalk\_salt importeras (värden för 2011 är från Jordbruksverket, JBV, 2013; värden för 2003–4 är från Emanuelsson m fl, 2006) (Tabell A.3.6c).

#### Tabell A.3.6c.

Nuvarande (2011) fodermedelanvändning. Fodermedel använda i foderindustrin 2011 till nötkreatur. OBS, omfattar inte lokalt producerat foder eller foder som säljs mellan lantbrukare utan att passera foderindustrin (undantaget åkerbönor). \* = inklusive lokalodlat, uppskattat från odlad areal

Foderslag	Svenskproducerat ton/år	Importerat ton/år
Spannmål, inklusive kli och skal	299 324	15 937
Drank	55 158	101
Andra proteinrika biprodukter från spannmål	105 528	4 962
Sockerbiprodukter	61 365	28 683
Rapsprodukter	103 341	95 278
Sojaprodukter	-	89 418
Palmkärnprodukter	-	61 246
Åkerbönor, Ärtor, Lucernmjöl *	60 000	-
Fetter	17 701	16
Mineraler	22 409	6 387

(Fh3) Hur förändras foderstaten av ersättningsutfodringen? (Emanuelsson m fl 2006).

(Fh4) Hur hög är proteinhalten i ett vall+spannmålsfoder jämfört med en totalfoderstat? Proteinhalten i vall+spannmålsfoder (dvs där proteinfoder uteslutits) sänktes från 18.8 % i totalfoderstaterna till 15.4 % det första året och från 17.7 till 14.7 % det andra året. Spannmålen bestod av korn, vete och havre i relationerna 36/34/25 medan resterande 5 % var melass och en mineral- och vitaminpremix (Spörndly & Spörndly, 2013).

(Fh5) Hur är kvaliteten på andra djurs foder? Här behövs en kvantitativ uppskattning av hur mycket andra djurslag konsumerar.

(Fh6) Hur är kvaliteten på drank? (→ Kh6)

(Fh7) Hur mycket kan de totala spannmålsskördarna variera mellan bra och dåliga år? Variationsbredden i den totala spannmålsskörderna mellan år är +10-20 % (JSÅ, 2013).

(Fh8) Varför och hur mycket äventyras djurhälsan? ”Dels eftersom risken för energibrist i tidig laktation ökar, dels som en effekt av den ökade ensidigheten i foderstaterna vilket medför en ökad risk för brist på t ex mikromineraler” (Emanuelsson m fl 2006). Det blir troligen mer problem med foderstaterna och sjuklighet hos högpressterande mjölkkor särskilt första 3 månaderna efter kalvningen. Troligen får man en ökad förekomst av acetonemi och problem med mineralbrister och eventuellt kalvningsförslamning (Hypocalcemi) hos mjölkkor under tiden efter förlossning. Möjligen uppstår problem med reproduktionen speciellt under en övergångsperiod innan mjölkproduktionen (kor, lantbrukare,..) har anpassat sig. I Norge var det en kampanj om grovfoder (ensilage, bete) och inhemskt (potatis, kålrot) med följd att det var stora problem med acetonemi och reproduktion i Nord-Norge och i skogslänen. Enligt Gustafsson m fl (2013) tyder det mesta på att effekterna på djurvälstånd blir små eller obefintliga.

### **Åtgärd**

(Få1) Vilken foderkvalitet syftar ändringen av markanvändningen till? Markanvändningen ändras så att en större andel kraftfoder odlas i Sverige i syfte att uppnå ”En inblandningsprocent av rapsprodukter på ca 45 % i koncentrat, varav 10 % är rapsfrö, som fettkälla”, och ”Ärter/åkerböna kan ingå med ca 10 % i kraftfodren.” (Emanuelsson m fl 2006).

(Få2) Hur länge räcker lagrat importerat kraftfoder? Normala lager räcker i ca 2 månader. Beroende på vilka åtgärder som kan vidtas kan lagren räcka längre. På lång sikt kan man dock bortse från lagerfrågan.

(Få3) Hur länge kan bete ersätta kraftfoder? Bete av god kvalitet är endast tillgängligt sporadiskt, kanske 8 veckor på ett år.

(Få4) Vilka inhemska kraftfodermedel kan öka fortast vid ett import-stopp? Det är främst rapsprodukter, åkerböna och torkad drank som förväntas kunna öka på kort och medellång sikt när det gäller kraftfoder (Gustafsson m fl, 2013).

(Få5) Hur mycket ökar foderbehovet för kor som får kraftfoder av sämre kvalitet? Vid utfodring med inhemskt kraftfoder (typfoderstat för Västra Götaland) beräknades överutfodring av energi (MJ) och protein (AAT) öka något (till 10 % respektive 15 %). Kornas genomsnittliga levande vikt sattes till 600 kg. Därmed ökar andelen fullfoder och korna blir något större, och foderåtgången per ”årsko” blir något högre, vid ett

importstopp” (Emanuelsson m fl 2006). Ett fosforöverskott kan uppstå motsvarande en överutfodring på 15 – 20 % jämfört med dagens svenska rekommendation.

*(Få6) Vilka inhemska fodermaterial är förhållandevis bättre som ersättningsfoder för uteblivet importerat kraftfoder? ”Foderstater med spannmål och koncentrat kan ersättas till vissa delar med ärter eller åkerböna”. Åkerböna har använts i Skåne och Götaland medan ärter använts i Svealand och Norrland.” ”Foderstater med majsensilage och HP-massa kan dock bättre kompensera för frånvaron av importerat protein än foderstater med enbart vallfoder” (Emanuelsson m fl 2006).*

*(Få7) Hur mycket mer foder går det åt i spannmålsalternativet (Åtgärdsalternativ 1)? I fallet där proentintillskott utesluts helt går det åt 25 % mer spannmål och 15 % mer vallfoder än idag till mjölkorna. Det skulle innebära en ökning av spannmålskonsumtionen för foder med ca 75 kton/år (se Fh2), vilket motsvarar några procent av Sveriges totala spannmålsproduktion.*

*(Få8) I vilken utsträckning kan andra djurslags foder ersätta importerat kraftfoder till mjölkorna? Om inte kvantiteten är för liten så finns förutsättningar att foderstaten kan bli kompenserad fullt ut.*

*(Få9) Hur bra är drank som ersättning till importerat kraftfoder? Drank kan inte fullt ut ersätta soja, med nuvarande processtekniker.*

*(Få10) Hur stor andel av Sveriges spannmålsproduktion kan användas som foder åt mjölkorna? Den totala spannmålsskörden 2012 var 5055 kton (1934, 356, 140, 60, 1641, 731, 140 respektive 53 kton för höstvet, vårvete, höstråg, höstkorn, vårkorn, havre, rågvete respektive blandsäd) på en areal av 1000 kha vilket ger en snittskörd på 5.1 ton/ha (JSÅ, 2013). Av den totala fodermängden utgör spannmål ca 750 kton och nästan lika stor del är övrigt kraftfoder (Emanuelsson m fl 2006). I dagsläget importeras en del av spannmålen, men denna del kan troligen ersättas med en minskad export av spannmål. De återstående 750 kton kraftfoder motsvarar då mindre än 15 % av Sveriges totala spannmålsproduktion, och inbegripit ev. överutfodring med 15 % (se Få5) och låga skördenivåer (-15 %) beroende på t ex dåligt väder skulle detta motsvara 20 % ( $750 \cdot 1.15 / (5055 \cdot 0.85)$ ) av den totala produktionen. Den spannmålsproduktion som idag bedrivs innebär en stor reserv som kan utnyttjas som foder.*

*(Få11) Hur mycket drank finns tillgängligt? Drankproduktionen vid Agroetanol i Norrköping har en kapacitet på 200 000 ton/år vilket är fyra gånger mer än den nuvarande årliga användningen av drank för foder (se Fh2). Agroetanol baserar sin produktion på 600 kton spannmål årligen (Agroetanol, 2014) vilket motsvarar 12 % av den totala skörden av spannmål i Sverige (4985.2 kton/år; JSÅ 2013). Biobränsleproduktion av spannmål utgör en reserv i livsmedelproduktionen som tillkommit de senare åren och ej beaktats i tidigare studier av livsmedelsförsörjningen vid en avspärning (t ex JBV, 1981). I en krissituation kan man överväga att fortsätta använda denna spannmålsproduktion som foder.*

målsproduktion till biobränsleproduktion samt drank till djurfoder, eller att använda den som den är (vetemjöl) till människor eller djur.

*(Få12) Hur stor mängd ärter/åkerböna-produktion krävs för ersättningsutfodringen?* För att ärter/åkerböna ska ingå med ca 10 % i kraftfodren (från ca 1.5 % år 2004) krävs en produktion av 80 kton ärter/åkerböna per år för hela Sverige (Emanuelsson m fl 2006). Totalskörden år 2012 för ärter (2.7 ton/ha; 13 kha) var 35 kton, och den har minskat med i stort sett hälften sedan 2000. För åkerbönor (3.2 ton/ha; 18 kha) var motsvarande produktion 58 kton och en ökning med fyra gånger sedan 2000. Totalskörden för ärter + åkerbönor (93 kton/Sverige/år) har alltså varit större än 80 kton sedan år 2000 (JSÅ, 2013).

*(Få13) Hur stor mängd och areal rapsproduktion krävs för ersättningsutfodringen?* För raps krävs ca en fördubbling av 2004 års nivå på ca 185 kton (totalskörd 2004 var 115 kton höstraps och 75 kton vårraps, JSÅ 2013), till ca 370 kton rapsprodukter per år (Emanuelsson m fl 2006). År 2012 har denna fördubbling till stor del redan skett (totalskörd 2012 var 230 kton höstraps (3.6 ton/ha) och 90 kton vårraps (2.0 ton/ha)) och upptar ca 110 kha åkermark. Potentialen att öka denna areal ytterligare finns, t ex 1990 var denna areal 168 kha. Den del av variationen mellan år i totalskörd för Sverige som beror på väder är mycket svårbedömd. Höstraps uppvisar en starkt ökande trend men har de senaste fem åren (2008-12) varierat  $\pm 15\%$ . Vårraps uppvisar först en nedåtgående trend som för de senaste fem åren vänt till en uppåtgående trend (från 50 till 90 kton) (JSÅ, 2013). Raps/rybs kräver en odlingsföljd som gör att de inte kan odlas på samma mark hela tiden.

*(Få14) Hur stor areal skulle behöva odlas för att ersätta de 90 kton sojaprodukter som idag importeras?* ”Om svenska proteinkraftfoder skulle ersätta de 90 kton sojaprodukter som årligen importeras så beräknar vi, grundat på många olika foderstater med regionala hänsyn, att det motsvarar en odling av ca 128 kha raps, ca 74 kha åkerböna samt torkad drank från spannmål motsvarande 74 kha. Detta avser summan för konventionell och ekologisk produktion” (Gustafsson m fl, 2014). Växtodlingen har potential och kapacitet att producera en stor mängd proteinrikt foder och kunskapsläget bedöms vara tillfredsställande för omställning (Gustafsson m fl, 2013). 74 kha spannmål motsvarar 7-8 % av Sveriges totala spannmålsareal och 128 kha raps mer än en fördubbling av nuvarande areal (som mest har rapsarealen varit ca 170 kha; se Få13).

*(Få15) Hur påverkar de alternativa ersättningsutfodringarna varandra?* Användning av drank balanserar mot användning av spannmål. Om spannmålen används för bioenergi och drank framställs så minskar tillgången på spannmål som foder. (→ Kå15)

## **EFFEKT**

*(FE1) Varför minskar mjölkproduktionen för kor som får kraftfoder av sämre kvalitet?* ”Avkastningen sjunker som en följd av att konsumtionsförmågan på 3.8 % överskrids.

Effekten beror dels på den lägre energikoncentrationen i kraftfodret, dels på att en bra vallfoderkvalitet blir avgörande. De år då näringsinnehållet i vallfodret inte blir som planerat blir det problem att näringsförsörja korna” (Emanuelsson m fl 2006).

*(FE2) Varför och hur mycket förändras mjölk kvaliteten av alternativa ersättningsutfodringar?* ”Mjölkkvaliteten försämras för kor som normalt avkastar 10500 kg ECM. Dels pga ökad energibrist i tidig laktation, dels pga ökad risk för brist på t ex mikromineraler. En ökad omättnadsgrad i foderfettet kan också inverka negativt på mjölkfettets hållbarhet (Swensson, 2012; Lindberg m fl, 2004)”. Lägre fetthalt och halt av ketonkroppar kan ge smakfel i mjölken. Mjölakens protein- och energihalt påverkades inte i försöket på Tingvall för kor som normalt avkastar ca 9000 kg ECM (Johansson & Sundås, 2002). (→ KE2)

*(FE3) Hur mycket minskar mjölkproduktionen för kor med sämre djurhälsa pga energi och näringsbrist?* Det ger också effekt på mjölkornas hälsostatus och reproduktion. Negativ energibalans ger sämre reproduktion och längre kalvningsintervall.

*(FE4) Vilka kor drabbas mest?* ”De högavkastande besättningarna drabbas hårdare än de lågavkastande” (Emanuelsson m fl 2006). Korna är som mest känsliga de första två-tre månaderna i laktationen. Hotet att samtliga mineralämnen minskas med 50 % kan orsaka den mest drastiska effekten. (→ KE6)

*(FE5) Hur mycket minskar mjölkproduktionen för kor som får enbart grovfoder jämfört med fullfoderblandning?* Försöket på Tingvall utfördes på 20 SLB-kor (vikt i september 590-650 kg/ko), som delades in i två grupper under tre år. Grovfodergruppen erhöll endast grovfoder. Med grovfoder avses här ensilage, hö och bete. Kontrollgruppen utfodrades med en fullfoderblandning med ensilage, hö, korn, ärter och proteinmix, enligt en ekologisk foderstat med begränsad mängd kraftfoder (max 50 procent per dag, ca 35 procent på årsbasis). Grovfodergruppen avkastade i medeltal 5950 kg ECM per år, vilket var i snitt ca 30 % mindre än Kontrollgruppens avkastning på 8683 kg ECM/år (Johansson & Sundås, 2002). Mjölkkproduktionen minskar med ca 5 % (400 kg ECM) för kor som normalt avkastar 9000 kg ECM, och med ca 6 % (600 kg ECM) för kor som normalt avkastar 10500 kg ECM” (Emanuelsson m fl 2006). (→ KE5)

*(FE6) Hur mycket minskar mjölkproduktionen för kor som får enbart grovfoder och spannmål jämfört med fullfoderblandning?* När proteinfodret uteslöts sänktes mjölkproduktionen med ca 5 kg per ko och dag medan halterna av både fett och protein höjdes. Räknat som energikorrigerad mjölk (ECM) var sänkningen 12 % år 1 och 7 % år 2. Det första året användes 37 kor under 20 veckor och under det andra året användes 32 kor under 12 veckor. Proteinhaltskillnader i fodret, orsakade av att det var skillnader i vallfodrets råprotein (rp; mellan 17 och 13 %), påverkade inte resultatet första året. Av det skälet tillämpades enbart en ensilagekvalitet (18 % rp och 11,6 MJ ME per kg ts) det andra året (Spörndly & Spörndly, 2013). Baserat på ovanstående kan en försik-

tig bedömning vara att mjölkproduktionen minskar med ca 15 % om man utesluter proteintillskott helt och enbart utfodrar med vallfoder och spannmål under en kristid. (→ KE6)

(FE7) Vad blir Effekten av foderimport-stoppet på mjölkproduktionen om alla Åtgärdsalternativen kombineras? Om man förutom extra spannmål också använder de inhemska producerade proteinfodermedlen (under förutsättning att en tillräcklig kvantitet och kvalitet av vallfoder och spannmål finns tillgänglig) torde minskningen i mjölkproduktionen kunna begränsas till ca 5-7 %. Vi har också en annan bedömning (Gustafsson m fl, 2013) som säger att ”sojamjöl kan ersättas med proteinfodermedel odlade och producerade i Sverige utan att mjölkavkastningen per ko sjunker” och att ”det mesta tyder också på att effekterna på mjölkens kvalitet blir små eller obefintliga”. (→ KE7)

### **Riskbedömning**

(Fr1) Hur Sannolikt är det att det inhemska ersättningsfodret orsakar en viss minskad mjölkproduktion? Vi saknar tillräckligt många undersökningar (experiment/försök och eller skattningar) av effekter på den regionala eller nationella skalan för att kunna skatta en sannolikhetsfördelning. Denna grundar sig därför uteslutande på Expertbedömningar. En sådan sannolikhetsfördelning kan t ex påverkas av att dåliga odlingsbetingelser (årsmån) kan orsaka att inhemska produktion inte kan ersätta den uteblivna importen. (→ Kr1)

(Fr2) Hur bedöms Konsekvenserna? Effekterna är ibland baserade på enskilda experiment med ett fåtal kor, ibland på en grov skattning om vad ett antal experiment skulle innebära för en större mängd kor över en större areal. Vi har här antagit att konsekvenserna ingen / liten / måttlig / stor / extrem motsvaras av effekterna ca 0% / -0.5% / -5% / -10% / -15% (Tabell 3.1.3a). (→ Kr2)

(Fr3) Vad beror det på att förutsägelserna av Konsekvenserna är osäkra? I vårt fall har två Experter bedömt sannolikheterna för de olika konsekvensnivåerna utgående från de förklaringsmodeller och effekter som presenterats ovan. (→ Kr3a,b)

### **Kunskapsluckor**

#### **Hot**

(Kh6) Hur är kvaliteten på drank?

#### **Åtgärd**

(Kå15) Hur kombinerar man Åtgärdsalternativen 1-4? Innebär t ex spannmålsalternativet att spannmålen som idag går till bioenergi kommer att gå till foder istället varvid tillgången till drank påverkas?



## **EFFEKT**

(KE4) Effekten på mjölkproduktionen av att mineralämnen minskas kraftigt saknar självklara referenser att tillgå och behöver studeras noggrannare.

(KE5) Hur representativa är slutsatser för 20 mjölkkor om effekter av att kraftfoder ersätts med grovfoder, för hur effekterna är för 300000 mjölkkor?

(KE6) Hur mycket påverkas mjölkproduktionen av att importerat kraftfoder ersätts med spannmål?

(KE7) Vad skulle effekten av foderimport-stoppet bli om alla Åtgärdsalternativen kombinerades?

(KE8) Hur mycket påverkas mjölkproduktionen av att importerat kraftfoder ersätts med foder som finns tillgängligt från andra djurslag?

(KE9) Hur mycket påverkas mjölkproduktionen av att importerat kraftfoder ersätts med drank?

## **Riskbedömning**

(Kr1) Det saknas tillräckligt med skattningar av effekter på den regionala och nationella nivån för att kunna göra en bedömning av sannolikheten för att en viss konsekvens uppstår.

(Kr2) Hur definieras relationen mellan effekter och konsekvenser för mjölkproduktionen? Konsekvensen avser en nationell skala, medan Effekterna oftast är kända på en mycket mindre skala. Hur skalar man upp resultat från lokala experiment till nationell nivå?

(Kr3a) Till vilken grad beror osäkerheterna i förutsägelsena av konsekvenser på att det finns alternativa teorier för hur ersättningsutfodring påverkar mjölkproduktion, bristande information om de faktorer som påverkar effekter och konsekvenser, och/eller en slumpfaktor?

(Kr3b) Till vilken grad beror osäkerheterna i förutsägelsena på att effekterna av ersättningsutfodringen på mjölkproduktionen är slumpmässig? Vad är det då som orsakar denna slumpmässighet och till vilken grad kan vi få grepp om den?

## **Följdhändelser**

-Ökad sjuklighet bland korna pga nutritionsbrister och acetonemi

-Mjölkbriest i livsmedelsförsörjningen.

-Betesmarksarealen förändras.

-Miljöeffekter: "Mjölk kan produceras med olika fodermiddel. Valet av foderråvara påverkar framförallt följande miljöeffekter i hela livscykeln av produkten mjölk: (i)



Energianvändning och förbrukning av ändliga energiresurser, (ii) Markanvändning, kvantitet och kvalitet, (iii) Biologisk mångfald, (iv) Utsläpp av toxiska ämnen via användning av bekämpningsmedel” (Emanuelsson m fl 2006).

-Fosforöverskott i foderstaten orsakar mer fosfor i organiskt gödselmedel.

-Ekonomi: ”Foderpriserna kan antas öka. Priset på foderblandningar med enbart svenska råvaror är redan idag högre än för konventionella blandningar trots att fodret har sämre egenskaper” (Emanuelsson m fl 2006).

-Kraftfoder till andra djurslag minskar.

- Behov av ”reserv” spannmålsodlingar för mjölkproduktionen i händelse av att foderimport-stopp inträffar.

- Om spannmålsproduktion används som ersättningsfoder till kraftfoder (istället för drank) vid ett foderimport-stopp, begränsar detta möjligheterna att använda spannmål till bioenergi.

### **Övrigt utanför systemavgränsningen**

I syfte att så småningom nå en fullständigare riskanalys som utöver sannolikheten för att vissa konsekvenser blir följden av foderimportstoppet, också inbegriper sannolikheterna för att hotet inträffar och åtgärder vidtas, måste faktorer som kan orsaka ett stopp av foderimporten analyseras. Detta kan orsakas av t ex konflikter i världen, ogynnsamt väder i flera av de fem stora odlingsområdena globalt sett, och/eller att transport- och distributionssystemet drabbas av störningar (← Fö1). Hur sannolikt det är att inhemsk ersättningsutfodring vidtas skiljer mellan Åtgärdsalternativen (← Fö2).

### **Förklaringsmodeller utanför systemavgränsningen**

(Fö1) Hur Sannolikt är Hotet, dvs att ett totalt stopp av foderimport inträffar? Faktorer som kan orsaka ett stopp av foderimport är: (i) Om konflikter i världen uppstår kan importen till Europa upphöra, och importen som kommer från Europa till Sverige kan påverkas indirekt av att andra Europeiska länders utrymme för export upphör. Ser vi till historiken de senaste 100 åren har stora konflikter orsakat problem med import i 10 av 100 år dvs 10 % (1914-18 och 1939-45). (ii) Om vädret ett år är ogynnsamt för växtodling i flera av de fem stora odlingsområdena i världen (här benämnda Europa, Ryssland, Kina, USA, Sydamerika). (iii) Om transportsystemet drabbas av störningar och/eller foderpriserna blir för höga för att bedriva ekonomiskt självbärande svensk mjölkproduktion. (→ Kö1)

(Fö2) Hur Sannolikt är det att ersättningsutfodringen sker till den nivå vi antagit? En gissning är att alla åtgärder tillämpas i någon mån – lite beroende på tillgänglighet och andra omständigheter. (→ Kö2)

### **Kunskapsluckor utanför systemavgränsningen**

(Kö1) *Hur ofta har foderimport-stopp till Sverige inträffat och av vilken orsak? Svaret på denna fråga är troligen till största delen av socioekonomisk karaktär.*

(Kö2) *Alternativ 1(spannmål): Hur stor är sannolikheten att spannmål finns tillgängligt i överskott relativt behovet från livsmedelsproduktionen? Sannolikheten att detta överskott kan användas till utfodring av mjölkkor beror på prioriteringen i relation till andra djurslags behov. Hur stor är sannolikheten att vädret orsakar en viss reducerad tillgång på spannmål för foder?*

*Alternativ 2(andras foder): Vad är sannolikheten att socioekonomiska beslut tas som prioriterar mjölkornas foderbehov framför andra djurslags behov?*

*Alternativ 3(dränk): Vad beror sannolikheten att dränk används som fodermedel på?*

*Alternativ 4(markanvändning): Vad är sannolikheten att tillräcklig mängd ärter/åkerböna, raps mm kan odlas för att täcka utebliven foderimport?*

(Kö3) *Hur sätts dessa Sannolikheter tillsammans till en fullständig Riskanalys och som också inkluderar Sannolikheten för att ett foderimport-stopp inträffar och Åtgärder vidtas?*

### **Referenser**

Agroetanol (2014). [www.Agroetanol.se](http://www.Agroetanol.se) 2014-08-22

Bernesson S, Strid S, 2011. Svensk spannmålsbaserad dränk – alternativa sätt att tillvarata dess ekonomiska, energi- och miljömässiga potential. Rapport 032, Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. ISSN 1654-9406. 234 sidor

Bertilsson J, Christel Cederberg, Margareta Emanuelson, Lars Jonasson, Håkan Rosenqvist, Marie Salomonsson, Christian Swensson, 2003. Närproducerat foder – Möjligheter och konsekvenser av en ökad användning av närproducerat foder till mjölkkor. Svensk mjölk, rapport nr 7017-P. 51 sidor

Emanuelson M, Christel Cederberg, Jan Bertilsson och Håkan Rietz, 2006. Närodlat foder till mjölkkor – en kunskapsuppdatering. Svensk mjölk, rapport nr 7059-P. 43 sidor

Gustafsson, A., Bergsten, C., Bertilsson, J., Kronqvist, C., Lindmark Månsson, H., Lovang, M., Lovang, U. och Swensson, C. 2013. Närproducerat foder fullt ut till mjölkkor – en kunskapsgenomgång. Forskningsrapport nr1. Växa Sverige. <http://www.vxa.se/Documents/Rapporter/N%C3%A4rproducerat%20foder%20fullt%20ut%20till%20mj%C3%B6lkor%20%E2%80%93%20en%20kunskapsgenomg%C3%A5ng-Rapport1.pdf>

FA, 2015. Framtidens lantbruk. Forskningsprogram vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) (<http://www.slu.se/framtidenslantbruk>)

- Gustafsson, A. H., Persson, A-T. och Lovang, U. 2014. Olika strategier för närproducerat foder på mjölkgårdar. Forskningsrapport nr 2. Växa Sverige. <http://www.vxa.se/Global/Dokument/Dokument/Foder/PDF/Forskningsrapport%20Nr%202%20Olika%20strategier%20för%20närproducerat%20foder%20till%20mjölkkor%202014%2002%2020.pdf>
- Isaksson, K. 2014. Soja eller inhemskt proteinfoder till mjölkkor? Examensarbete 497. Inst för husdjurens utfodring och vård. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. [http://stud.epsilon.slu.se/7023/1/isaksson\\_k\\_140718.pdf](http://stud.epsilon.slu.se/7023/1/isaksson_k_140718.pdf)
- JBV, 1981: Livsmedelsförsörjningen vid en avspärrning, Rapport maj 1981, Jordbruksverket,
- JBV, 2013. Rapporterad använd mängd foderråvaror i Sverige 2011. Rapport: 2013-08-22. Jordbruksverket. <http://www.jordbruksverket.se/download/18.2c4b2c401409a33493148c2/1378364845560/Tabell+1.+R%C3%A5varuf%C3%B6rbrukning+2011.pdf>
- Johansson B, Sundås S, 2002. Mjolkproduktion med enbart grovfoder på Tingvalls försöksgård. FAKTA Jordbruk, Nr 18, SLU, Uppsala. 4 sidor
- JSA, 2013. Jordbruksstatistisk årsbok 2013
- Lindberg, E., Andersson, I., Lundén, A., Holm Nielsen, J., Everitt, B., Bertilsson, J. & Gustafsson, A-H. 2004. Orsaker till avvikande lukt och smak i leverantörmjolk. Rapport nr 7028-P från Svensk Mjolk, Forskning, 99 sidor.
- Swensson, C., 2012. Grovfoderkvalitet – effekt på klimat och ekonomiskt resultat. Greppa Näringen, Praktiska Råd Nr 18 [http://www.greppa.nu/download/18.5ce-6c400139a12671c88000636/PR18\\_A4\\_w.pdf](http://www.greppa.nu/download/18.5ce-6c400139a12671c88000636/PR18_A4_w.pdf)
- Spörndly, E., Spörndly, R. 2013. Mjolk på bara vall och spannmål. Rapport 286. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. <http://pub.epsilon.slu.se/10211/>

### **A.3.7. Värmebölja - Mjolk**

*Ann Albihn, Jan Hultgren*

#### **Omvärldsscenario**

Studien avser Uppsala län och Västra Götalands län år 2025. Den genomsnittliga besättningsstorleken för mjölkkor förväntas öka från drygt 60 kor i dagsläget till 95 kor år 2025 i Uppsala län och från 70 till knappt 140 kor i Västra Götalands län (←Fo1-3). Mjölkvakastningen förväntas år 2025 ha ökat till knappt 10 ton ECM per ko och år

hos anslutna kor (kor anslutna till den offentliga mjölkboskapskontrollen utgör ca 85 % av alla kor) och 7.5 ton hos ej anslutna kor ( $\leftarrow F_{04-7}$ ). De allra flesta korna (90 %) bedöms finnas i naturligt ventilerade stallar (framför allt relativt nybyggda lösdrifter) år 2025, och som håller samma temperatur och luftfuktighet som utomhus. Restande kor finns i mekaniskt ventilerade stallar med konstant temperatur ( $\leftarrow F_{08}$ ). 85 % av korna hålls på bete år 2025 enligt de nuvarande föreskrifterna ( $\leftarrow F_{09-11}$ ). Under dessa förutsättningar antas hot i form av kraftiga värmeböljor inträffa. Två intensiteter i värmeböljor (Medel respektive Extrem) analyseras.

### Hot innan Åtgärd

-H1. *Värmebölja-Medel*: Två värmeböljor med 26 °C och 85 % luftfuktighet under 5 dagar i följd, samt en värmebölja med 30 °C och 80 % luftfuktighet under 3 dagar i följd. ( $\leftarrow F_{h2,3}$ )

-H2. *Värmebölja-Extrem*: Detsamma som för Värmebölja-Medel, men (i) tre värmeböljor av första typen, (ii) två värmeböljor av andra typen, samt (iii) en värmebölja med 33 °C och 77 % luftfuktighet under 3 dagar i följd. ( $\leftarrow F_{h2,4}$ )

### Effekt innan Åtgärd

-H1  $\rightarrow$  Mjölkproduktionen på länsnivå minskar med mindre än 0.5 %. ( $\leftarrow F_{E1-3}$ )

-H2  $\rightarrow$  Mjölkproduktionen på länsnivå minskar med 0.5 - 2 %. ( $\leftarrow F_{E1-3}$ )

### Åtgärd

Det finns flera möjliga kompensatoriska åtgärder. Dessa har dock inte inkluderats explicit i bedömningarna. ( $\leftarrow F_{a1-2}$ ).

### Hot efter Åtgärd

Hoten är desamma eftersom kompensatoriska åtgärder inte inkluderats i bedömningarna.

### Effekt efter Åtgärd

Effekterna är desamma. Se ovan.

### Riskbedömning

I denna studie fokuseras effekterna, dvs vi skattar sannolikheten för att en viss konsekvens på mjölkproduktionen uppstår, givet att en värmebölja inträffat. Skattningen har gjorts av Experter ( $\leftarrow F_{r1-2}$ ) baserat på beräkningar av mjölkavkastningen år 2025 ( $\leftarrow F_{03,7}$ ), som i sin tur skattats ( $\leftarrow F_{04}$ ) utifrån nuvarande trender hos utvecklingen av antal kor per besättning, antal mjölkföretag per län ( $\leftarrow F_{02}$ ) och mjölkavkastning per ko ( $\leftarrow F_{05-6}$ ). Effekten av en värmebölja på mjölkproduktionen skattades ge-

nom att först beräkna effekten på värmestressfaktorn THI ( $\leftarrow FE3, 1$ ), och utifrån den har produktionsminskningen på länsnivå för en genomsnittsbesättning beräknats ( $\leftarrow FE2$ ). Konsekvensen skattades som liten för Värmebölja-Medel och måttlig för Värmebölja-Extrem ( $\leftarrow Fr3$ ). Den skattade produktionsänkningen är behäftad med flera osäkerhetsfaktorer ( $\leftarrow Fr4$ ), men vi har endast en skattning och därför antar vi att sannolikheten är 100 % att konsekvensen blir liten för Värmebölja-Medel. Vid en Värmebölja-Extrem kan konsekvensen ibland bli liten, och vi har skattat denna sannolikhet till 10 %, i övriga fall (90 %) är den måttlig ( $\leftarrow FE3$ ).

#### Tabell A.3.7a. Riskbedömning

Sannolikheten (%;  $\Sigma=100\%$ ) för en viss konsekvens för mjölkproduktionen på länsnivå i händelse av att en värmebölja inträffat. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert; M = Beräkning med modell). (Notera att värdena bedöms vara mycket osäkra)

Konsekvens (K)	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedömn.	Modell
<b>Värmebölja-Medel</b>	0	100	0	0	0	1	M
<b>Värmebölja-Extrem</b>	0	10	90	0	0	1, -	M, E

### Förklaringsmodeller

#### Omvärldsscenario

(Fo1) Hur förutsägs antalet mjölkföretag respektive mjölkkor till 2025? Antalet företag år 2025 beräknas genom att extrapolera nuvarande trender, dvs under antagande att antalet mjölkbesättningar fortsätter att sjunka exponentiellt med tiden och att besättningsstorleken samtidigt ökar enligt en andragsradsfunktion (Tabell A.3.7b). En funktion för vardera länet beräknades med hjälp av regression JMP 11 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

(Fo2) Hur är nuvarande trend för antalet mjölkföretag och mjölkkor? Under många år har antalet mjölkproducerande företag och antalet mjölkkor visat en sjunkande trend i större delen av landet. Antalet mjölkföretag och mjölkkor i de studerade länen uppskattades från tillgänglig statistik för åren 2004, 2007, 2010 och 2013 (SCB, 2005, 2008, 2011, 2014).

(Fo3) Hur många kor finns det 2025? Det uppskattade antalet mjölkföretag och mjölkkor i de studerade länen år 2013 respektive 2025 framgår av Tabell A.3.7b. Den genomsnittliga besättningsstorleken förväntas under perioden öka från 62 till 95 kor i Uppsala län och från 70 till 138 kor i Västra Götalands län.

(Fo4) Hur förutsägs mjölkavkastningen för 2025? Avkastningen år 2025 extrapolerades från nämnda tillgängliga årsvisa data under antagande att den fortsätter att närma sig

**Tabell A.3.7b.**

Uppskattat antal mjölkföretag och mjölkkor i Uppsala och Västra Götalands län 2013<sup>1</sup> och 2025<sup>2</sup>.

Mått	Uppsala län		Västra Götalands län	
	2013	2025	2013	2025
Antal företag	165	81	828	320
Antal kor	10 204	7 688	57 812	43 994

<sup>1</sup> SCB (2014).

<sup>2</sup> Extrapolering från 2004, 2007, 2010 och 2013 (SCB, 2005, 2008, 2011, 2014), under antagande att antalet besättningar sjunker exponentiellt med tiden och att besättningsstorleken ökar enligt en andragsgradsfunktion.

10000 kg hos anslutna kor och 7500 kg hos ej anslutna kor enligt en naturligt logaritmisk funktion. Två separata funktioner för anslutna och ej anslutna kor beräknades med hjälp av regression i JMP 11 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Avkastningen hos alla kor beräknades därefter som ett vägt medelvärde av anslutna och ej anslutna kor med hänsyn till en fortsatt anslutningsgrad på 84 %.

*(Fo5) Hur är nuvarande trend i mjölkavkastningen länsvis? Länsvis statistik över mjölkavkastningen saknas. Istället antogs att avkastningen kommer att vara densamma i de två studerade länen och konstant över året.*

*(Fo6) Hur är nuvarande trend i mjölkavkastningen i Sverige? För kor anslutna till den offentliga mjölkboskapskontrollen i hela landet ökade avkastningen under perioden 1990–2013 från 7319 till 9535 kg ECM per ko och år (Växa Sverige, 2014), med en avtagande ökningstakt. Under perioden 1990–2006 ökade avkastningen hos ej anslutna kor från 5330 till 6980 kg ECM. Andelen anslutna kor har under det senaste decenniet varit relativt konstant runt 84 % (Växa Sverige, 2014).*

*(Fo7) Hur stor är mjölkavkastningen 2025? Mjölkavkastningen förväntas öka till 9681 kg ECM per ko år 2025.*

*(Fo8) Hur blir stallklimatet år 2025? Det antogs att 90 % av korna år 2025 kommer att finnas i naturligt ventilerade stallar (framför allt relativt nybyggda lösdrifter) och att återstoden finns i mekaniskt ventilerade stallar. Naturligt ventilerade stallar antogs vidare hålla samma temperatur och luftfuktighet som utomhus, medan mekaniskt ventilerade stallar antogs hålla temperaturer under 20 °C oavsett utetemperaturen.*

*(Fo9) Hur stor andel av korna hålls på bete 2025? Det svenska beteskravet för mjölkkor är dessutom ifrågasatt och en förändring kan eventuellt komma att ske före år 2025. I denna studie antogs att 85 % av korna hålls på bete år 2025 enligt de nuvarande föreskrifterna, 6 tim per dygn under 3 månader i sträck, medan övriga 15 % hålls på*

bete halva tiden, d v s 6 tim per dygn under 1,5 månader i sträck. Det antogs vidare att betestiden fördelas lika mellan dag och natt. Andelen bundna kor 2025 är sannolikt liten.

*(Fo10) Hur länge ska kor hållas på bete enligt lag?* Enligt gällande djurskyddslagstiftning (2 kap. 26 § Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd [SJVFS 2010:15] om djurhållning inom lantbruket m.m.) ska mjölkkor hållas på bete under minst 3 månader i Uppsala och Västra Götalands län under en sammanhängande tidsperiod som infaller under perioden 1 maj – 15 oktober. Djuren anses hållas på bete om de kommer ut minst 6 timmar per dygn. Enligt samma föreskrifter kan undantag från beteskravet ges av flera skäl. Ett antal djurhållare (framför allt stora besättningar utan tillgång till betesmark) har också dispens från beteskravet.

*(Fo11) Vilka observationer finns på hur stor andel av korna som hålls på bete? (→Ko11)*

### **Hot**

*(Fh1) Hur definieras SMHI värmebölja?* Värmebölja kan definieras på ett flertal olika sätt men enligt SMHIs definition är det ”en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur överstiger 25 °C minst fem dagar i följd” (SMHI, 2014a). SMHI har även kriterier för att utfärda värmevarning (SMHI, 2014b). Meddelande om höga temperaturer utfärdas om prognosen visar maximitemperaturer på minst 26 °C tre dagar i följd. Varning klass 1 för mycket höga temperaturer utfärdas om prognosen visar maximi-temperaturer på 30 °C eller mer under mer än tre dagar i följd. Varning klass 2 för extremt höga temperaturer utfärdas om prognosen visar maximi-temperaturer på 30 °C eller mer under mer än fem dagar i följd, alternativt 33 °C eller mer under mer än tre dagar i följd.

*(Fh2) Hur definieras värmeböljor som kan utgöra hot för kor?* Utifrån SMHIs definitioner konstruerades två hot som ger olika nivåer av värmestress på djuren. Det första, fortsättningsvis benämnt som Värmebölja-Medel, förväntas återspegla en skattad förändring av klimatet. Det andra benämns Värmebölja-Extrem och förväntas återspegla en mer extrem klimatförändring. För vardera värmebölja definierades ett hot med hänsyn till tidsmässig variation under året och dygnet samt till respektive län.

H1 →

*(Fh3) Hur definieras Värmebölja-Medel? Hot Värmebölja-Medel:* Två värmeböljor under perioden juni-augusti med 26 °C och 85 % luftfuktighet mellan kl 11:00 och 15:00 under 5 dagar i följd vid två tillfällen (totalt 10 dagar) i hela länet, samt en värmebölja under samma månader med 30 °C och 80 % luftfuktighet mellan kl 11:00 och 15:00 under 3 dagar i följd (totalt 3 dagar) i hela länet. Under resterande tid av dygnet antas temperaturen understiga 24 °C. Temperaturen och luftfuktigheten antas vara densamma i hela de studerade länen.



H2 →

(Fh4) Hur definieras Värmebölja-Extrem? Hot Värmebölja-Extrem: Detsamma som för Värmebölja-Medel, men (i) tre värmeböljor av första typen (totalt 15 dagar), (ii) två värmeböljor av andra typen (totalt 6 dagar), samt (iii) en värmebölja under samma månader med 33 °C och 77 % luftfuktighet mellan kl 11:00 och 15:00 under 3 dagar i följd (totalt 3 dagar).

### **Åtgärd**

(Få1) Vad kan åtgärder syfta till? Kompensatoriska åtgärder syftar till att minska djurens exponering för höga THI-värden (se FE1), men även att sänka djurens kroppstemperatur eller öka deras förmåga att stå emot värmestress. Åtgärderna kan också vara av mer eller mindre långsiktig karaktär, d v s kräva olika grad av investering och arbetsinsats. Kompensatoriska åtgärder kan dessutom inriktas på att minska de indirekta effekterna, t ex nedsatt motståndskraft mot infektioner till följd av värmestress eller ändrad epidemiologi för vissa infektionssjukdomar till följd av ett förändrat klimat.

(Få2) Vilka åtgärder kan vidtas för att mildra mjölkproduktionssänkningen? För att lindra effekterna av värmestress kan ett antal kompensatoriska åtgärder vidtas. Dessa beskrivs med hjälp av tillgänglig litteratur (CAB Direct m fl 2014). En åtgärd som ligger nära till hands är att minska djurens exponering för höga temperaturer genom att hålla dem inomhus. Många djurägare håller redan idag korna inne vid olämplig väderlek av olika slag. Beteshållning nattetid istället för dagtid är en variant på samma åtgärd. Skuggande tak eller växtlighet utomhus minskar också exponeringen för höga temperaturer. Inomhus kan förbättrad stallventilation minska eller helt eliminera djurens värmestress. Placering och orientering av stallar med naturlig ventilation i förhållande till förhärskande vindriktning kan också påverka stallklimatet. Vattenbegjutning med hjälp av sprinkler tillämpas ofta i torrt varmt klimat, men har begränsad effekt i fuktigt varmt klimat. När förutsättningar finns kan djuren även ges tillgång till att svalka sig genom att vada ut i ett vattendrag eller en damm. Valet av strömaterial har viss betydelse; sand har visats vara fördelaktigt, jämfört med t.ex. halm, vid höga temperaturer. God tillgång på dricksvatten är väsentligt för motståndskraften mot värmestress. En ändrad fodersammansättning har också visat sig kunna minska produktionssänkningen vid värmestress. (→Kå2)

### **EFFEKT**

(FE1) Hur skattas effekten av värmestress på mjölkavkastningen? Den negativa konsekvens som studerades var en sänkning av mjölkavkastningen (kg ECM) per ko och år som en direkt följd av värmestress hos korna när ett hot realiserades. Värmestressen antogs öka med ett s.k. temperatur-luftfuktighetsindex (*temperature-humidity index*, THI; Bohmanova m fl, 2007), beräknat som  $(1.8 \text{ Temp} + 32) - ([0.55 - 0.0055 \text{ Fukt}][1.8 \text{ Temp} - 26])$ , där Temp är temperaturen uttryckt i °C och Fukt är den relativa luftfuk-

tigheten uttryckt i procent (NRC, 1971). Skattningen av den negativa konsekvensen baserades på ett antagande om att produktionssänkning sker momentant som ett svar på ett förhöjt THI-värde och att kvardröjande effekter saknas efter återgång till lägre THI-värden. För vardera hotet, *Värmebölja-Medel* respektive *-Extrem*, beräknades därför den sammanlagda tid under vilken korna exponeras för respektive THI-värde (exponeringstid). Skattningen tog inte hänsyn till några kompensatoriska åtgärder, utan förutsatte att beteshållningen och skötseln förblir opåverkade av den rådande väderleken. Skattningen tog inte heller hänsyn till persisterande eller långsiktiga effekter, eller indirekta effekter till följd av t ex embryodöd, utebliven laktation och ökad nyrekrytering, eller produktionssänkning till följd av ökad sjukdomsförekomst. Fruktsamheten anses påverkas mer än mjölkproduktionen av höga temperaturer och värmestress runt insemination medför ökad embryodöd. För vardera hotet *Värmebölja-Medel* respektive *Värmebölja-Extrem* skattades den procentuella produktionssänkningen med hjälp av tillgänglig litteratur (CAB Direct m fl 2014) med hänsyn till exponeringen för olika THI-värden på bete och inomhus.

(FE2) Hur stor är effekten på (och konsekvensen för) mjölkproduktionen pga en värmebölja? Tabell A.3.7c visar skattade värden för THI vid olika utomhustemperaturer enligt hot *Värmebölja-Medel* respektive *Värmebölja-Extrem*, och momentan procentuell sänkning av mjölkproduktionen som en följd av exponeringen samt exponeringstid (Baeta m fl, 1987; West, 2003). Effekten av THI på mjölkproduktionen är skattad (→KE2).

**Tabell A.3.7c.**

Temperatur, luftfuktighet och THI vid *Värmebölja-Medel* respektive *Värmebölja-Extrem*, samt skattad total sänkning av mjölkproduktionen under hela 2025.

Hot	Temperatur, °C	Luftfuktighet, % <sup>1</sup>	THI <sup>2</sup>	Antal dagar	Produktions-sänkning <sup>3</sup>
Medel	26	85	77	10	Liten
	30	80	83	3	
Extrem	26	85	77	15	Måttlig
	30	80	83	6	
	33	77	87	3	

<sup>1</sup> Relativ luftfuktighet.

<sup>2</sup>  $THI = (1,8 \text{ Temp} + 32) - ([0,55 - 0,0055 \text{ Fukt}][1,8 \text{ Temp} - 26])$ , där Temp är temperaturen uttryckt i °C och Fukt är den relativa luftfuktigheten uttryckt i procent.

<sup>3</sup> Produktionssänkningen skattades som liten (<0.5 %), måttlig (0.5-2.0 %), stor (> 2.0 %).

(FE3) Hur mycket kan mjölkproduktionen sänkas pga en värmebölja? För genomsnittliga mjölkföretag i Uppsala och Västra Götalands län med 95 respektive 137 lösgående kor skulle en sänkning av mjölkproduktionen med totalt 1 % motsvara ca 9200 respektive 13300 kg ECM sänkning per företag och år.

### **Riskbedömning**

(Fr1) Vilka Experter har gjort bedömningarna? Fyra experter (författarna, professorer och docenter) rekryterades för uppdraget med överlappande kompetenser i veterinärmedicinsk kunskap kring pågående klimatförändring, djurhållningssystem, reproduktion och mikrobiologi. Som stöd för experternas bedömning gjordes en systematisk genomgång av den vetenskapliga litteraturen relaterade till hotet extremväder i form av värmebölja (CAB Direct m fl 2014).

(Fr2) Vilken information har Experterna använt? Två experter gick oberoende av varandra igenom en lista på 232 titlar på vetenskapliga studier (CAB Direct m fl 2014) och valde ut 72 av dem för vidare granskning som abstrakt. Några av dessa lästes också som fullständig artikel.

(Fr3) Hur bedöms konsekvensen för mjölkproduktionen utifrån de skattade effekterna? Konsekvensen av en viss relativ reduktion av mängd mjölk (kg ECM) per år bedömdes som liten (<0.5 %), måttlig (0.5-2.0 %) eller stor (>2.0 %). Bedömningen gjordes för ett medelstort mjölkföretag med en lösgående besättning, ett naturligt ventilerat stall och betesgång enligt minimikraven i nu gällande lagstiftning.

(Fr4) Hur har värmeböljornas konsekvenser för mjölkproduktionen skattats? Konsekvensen, dvs den totala sänkningen av mjölkproduktionen, skattades som liten för Värmebölja-Medel och måttlig för Värmebölja-Extrem. Den skattade produktionssänkningen är behäftad med flera osäkerhetsfaktorer. Effekten av värmestress på mjölkkor av svenska raser är till viss del okänd (→Kr4a). Lösgående kor har eventuellt större möjligheter än bundna att reglera sin kroppstemperatur, men i denna studie antogs skillnaden vara försumbar. Väderleksvariationer under dygnet har negligerats, liksom graden av solbelysning och vindförhållanden. Detta kan ha inneburit att skattningarna bygger på något för höga värden på luftfuktigheten (värdena är dock inom det intervall som uppmätts i Sverige; Wern, 2013) (→Kr4b). Det är oklart hur mycket och under vilka tider korna kommer att hållas på bete (→Kr4c), hur stallarna ser ut och hur djuren därför exponeras för höga temperaturer och luftfuktigheter (→Kr4d). Persisterande och långsiktiga effekter av exponering för höga temperaturer eller luftfuktigheter har negligerats (→Kr4e). Om en sänkt mjölkproduktion helt eller delvis kvarstår under den resterande laktationen skulle den totala produktionssänkningen öka avsevärt (→Kr4f). Även indirekta effekter till följd av t ex ökad sjuklighet eller embryodöd skulle också kunna öka den totala produktionssänkningen betydligt. Den beräknade produktionssänkningen är därför sannolikt en konservativ skattning.

### **Kunskapsluckor**

#### **Omvärldscenario**

(Ko11) Tillförlitlig statistik över hur många kor som hålls på bete dagtid respektive nattetid saknas.

### **Åtgärd**

(Kå2) Möjligheter för och effekter av kompensatoriska åtgärder för att minska värmestress hos mjölkkor.

### **EFFEKT**

(KE2) Beräkningen av effekten av THI på mjölkproduktionen skulle kunna göras med fler modeller för att få ett större underlag till sannolikhetsfördelningen, t ex Knox m fl (2012).

### **Riskbedömning**

(Kr4a) Effekten av värmestress på mjölkkor av svenska mjölkkoraser är till viss del okänd.

(Kr4b) Beakta väderleksvariationer under dygnet, inklusive graden av solbelysning och vindförhållanden vid skattningen av värmestress.

(Kr4c) Det är oklart hur mycket och under vilka tider korna kommer att hållas på bete år 2025.

(Kr4d) Det är oklart hur stallarna ser ut 2025 och hur djuren därför exponeras för höga temperaturer och luftfuktigheter.

(Kr4e) Omfattningen av persisterande och långsiktiga effekter av exponering för höga temperaturer eller luftfuktigheter.

(Kr4f) Skatta omfattningen av indirekta negativa effekter på mjölkproduktionen till följd av t ex ökad sjuklighet eller fosterdöd.

### **Följdhändelser**

-Försämrad ekonomi för mjölkföretagen.

### **Övrigt utanför systemavgränsningen**

#### **Riskbedömning utanför systemavgränsningen**

För en fullständig riskanalys behöver sannolikhetsbedömningen (se avsnitt Riskbedömning ovan, som avser enbart konsekvensen) utökas med skattningar av sannolikheterna för att en värmebölja inträffar. Det finns en tidsmässig och geografisk klimatvariation inom de studerade länen som kan innebära att vissa gårdar utsätts betydligt mer än andra vid värmeböljor ( $\rightarrow$ Kö2). Sannolikheten för att en Värmebölja-Medel realiserar skattades som hög och för Värmebölja-Extrem som låg, i båda länen ( $\leftarrow$ Fö1).

**Tabell A.3.7d. Riskbedömning inklusive Sannolikheter för Hot och Åtgärder**

Skattade sannolikheter (%;  $\Sigma=100\%$ ) för en viss konsekvens för den regionala mjölkproduktionen pga en värmebölja givet olika förutsättningar som inbegriper succesivt fler sannolikhetsbedömningar. Omvärldsförhållanden inkluderar sannolikheter för att en värmebölja inträffar. Modell syftar på bedömningsmetod (E = Expert; M = Beräkning med modell). Notera att värdena är mycket osäkra. <sup>1</sup>Från Tabell A.3.7a

Konsekvens (K) Givet:	Ingen	Liten	Måttlig	Stor	Extrem	Antal bedöm.	Modell
<b>Värmebölja – Medel</b>							
Omvärldsförhållanden (Hot ej givet)	20	80	0	0	0	-	E
att Hotet inträffat <sup>1</sup>	0	100	0	0	0	1	M
<b>Värmebölja – Extrem</b>							
Omvärldsförhållanden (Hot ej givet)	75	5	20	0	0	-	E
att Hotet inträffat <sup>1</sup>	0	10	90	0	0	1, -	M, E

**Förklaringsmodeller utanför systemavgränsningen**

(Fö1) Hur stor är sannolikheten att hotet (värmeböljan) och dess konsekvens inträffar? Sannolikheten för att Värmebölja-Medel realiserades skattades som hög och för Värmebölja-Extrem som låg i båda länen. Sannolikheten skattades utifrån experternas kunskap och efter genomgång av tillgänglig litteratur (CAB Direct m fl 2014) samt utifrån SMHIs klimatscenarier och beskrevs som låg (<0,30), medel (0,30 -0,70) eller hög (>0,70).

**Kunskapsluckor utanför systemavgränsningen**

(Kö2) Tidsmässig och geografisk klimatvariation 2025 är oklar.

(Kö3) Kostnader för kompensatoriska åtgärder för att minska värmestress hos mjölkkor.

**Referenser**

Baeta, F.C., Meador, N.F., Shanklin, M.D., Johnsson, H.D., 1987. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. ASAE, Paper No. 87-4015, St. Joseph, Michigan.

Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J.B., 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. J. Dairy Sci. 90, 1947–1956.

CAB Direct, Web of Science, & PubMed., 2014. För sökorden dairy, cows, bovine, dairy production, milk production, temperature, climate change och heat wave genererades 232 unika bibliografiska träffar i de tre databaserna CAB Direct, Web of Science, & PubMed. Inklusionskriterierna var att studierna skulle vara publicerade på engelska under perioden 2000-01-01 – 2014-10-31 samt matcha

sökorden. (kontakta författarna för att erhålla listan på referenser)

- Knox J.W., Hurford, A., Hargreaves, L., Wall, E., 2012. Climate change risk assessment for the Agricultural sector. Defra and others (Defra = Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK). 224 pages
- NRC. 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. National Academy of Science, Washington, DC, USA.
- SMHI, 2014a. (<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/varmebolja-1.22372>)
- SMHI, 2014b. (<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/varning-for-mycket-hoga-temperaturer-1.30684>)
- Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2010:15) om djurhållning inom lantbruket.
- SCB, 2005. Jordbruksstatistisk årsbok 2005. Statistiska centralbyrån, Stockholm. Rapport.
- SCB, 2008. Jordbruksstatistisk årsbok 2008. Statistiska centralbyrån, Stockholm. Rapport.
- SCB, 2011. Jordbruksstatistisk årsbok 2011. Statistiska centralbyrån, Stockholm. Rapport.
- SCB, 2014. Jordbruksstatistisk årsbok 2014. Statistiska centralbyrån, Stockholm. Rapport.
- Växta Sverige, 2014. Husdjursstatistik 2014. Växta Sverige, Uppsala. Rapport.
- Wern, L., 2013. Luftfuktighet - Variationer i Sverige SMHI, METEOROLOGI Nr 154
- West, J.W., 2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86, 2131-2144.





## **Framtidens lantbruk – djur, växter och markanvändning**

är en tvärvetenskaplig forskningsplattform vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) där forskare tillsammans med näringsliv, intresseorganisationer och myndigheter utvecklar forskning kring hållbar användning av våra naturresurser, med tonvikt på lantbrukets produktion och markanvändning.

Den här rapporten redovisar resultaten från ett av Framtidens lantbruks egna forskningsprojekt *Risker och hot mot det svenska lantbrukets livsmedelsproduktion*.

*”Det svenska lantbruket står inför stora utmaningar och förändringar. Förutsättningarna för att hålla djur och odla växter för produktion av livsmedel, andra bioråvaror och nyttigheter i Sverige påverkas i allt högre grad av globala skeenden och av klimatförändringar. För att möta dessa utmaningar behövs vetenskapligt baserad kunskap.”*

[framtidenslantbruk@slu.se](mailto:framtidenslantbruk@slu.se)

[www.slu.se/framtidenslantbruk](http://www.slu.se/framtidenslantbruk)

