

Växtodling i Sverige 2040

Magnus Melin
Kristin Sigfridsson
Line Strand

GRADVIS°

Klimatoptimerar svenskt lantbruk



Växtodling i Sverige 2040

Magnus Melin, Växa Halland

Kristin Sigfridsson, HS Rådgivning Nord

Line Strand, HS Konsult AB

Delrapport 2 i Projektet Gradvis

GRADVIS^o Klimatoptimerar svenskt lantbruk



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden



LANTBRUKARNAS
RIKSFÖRBUND



Hushållnings
sällskapet

	Innehåll	Sida
1	Inledning	6
2	Tillväxtbetingelser	7
3	Skadeinsekter	16
4	Sjukdomar	21
5	Ogräs	25
6	Markstruktur	29
7	Nya grödor	30
8	Bevattning	34
9	Markavvattning	37
10	Höjning av havsnivån	41
11	Regionala odlingsförutsättningar	42
12	Litteraturförteckning	60

Förord

Denna rapport är ett resultat av klimatstrategiprojektet Gradvis som har drivits av Hushållningssällskapet Halland och finansierats av LRF och Länsförsäkringar Halland. I projektet kommer det under 2010 att publiceras tre rapporter: Klimatet 2040, Växtodling 2040 och Djurhållning 2040. Dessa kommer även att sammanfattas som kortfattade faktablad och regionalt anpassade råd som kan laddas ner från projektets hemsida www.gradvis.se.

Upprinnelsen till projektet Gradvis är att klimatprognoserna från SMHI visar att ett förändrat klimat är att vänta framöver. Oavsett hur den fortsatta utvecklingen av koldioxidhalten i atmosfären blir så är forskare i världen eniga om att vi redan är i ett skede där klimatet successivt håller på att förändras till följd av mänsklig påverkan. Utifrån olika klimatmodeller kan förändringar i klimatet simuleras för olika framtidsscenarier. Dessa visar att även om vi skulle sluta använda fossil energi i dag, är trögheten i systemet så stor, att förändringar i klimatet kommer att fortskrida. Hur dessa förändringar kommer att se ut och hur snabbt de sker beror på många olika och osäkra faktorer och kan ej med säkerhet prognostiseras.

Med en förändring av klimatet följer också ett behov av att anpassa befintlig produktion och verksamhet för att hantera förändrade väderförutsättningar. Förändringar i klimatet kommer på ett naturligt sätt att tvinga fram en omställning av produktionen. Ur ett företagsperspektiv är det dock en fördel, och kanske en nödvändighet, att vara medveten om de förändringar i klimat och väder som förutspås, samt att ha kunskap om och kunna planera och hantera de risker och möjligheter det kan innebära.

Vi hoppas att rapporterna, faktabladen samt de regionala råden från Gradvis kan inspirera till diskussion och handling runt om i Sverige.

Halmstad i mars 2010.

Sara Bergström Nilsson, projektledare

1 Inledning

Flera undersökningar pekar på en ljus framtid för svensk växtodling, där en klimatförändring med ökad temperatur och högre koldioxidkoncentration höjer avkastningspotentialen på grödorna. Denna rapport har till syfte att belysa de möjligheter och utmaningar som svensk växtodling har att vänta med den framtida klimatförändringen. Det kommer att krävas en anpassning av växtodlingen till nya nederbördsmönster, temperaturförhållanden och halter av koldioxid i atmosfären. Nya strategier kring dränering av åkermark, bevattning, växtnäringstillförsel och växtskydd krävs för att växtodlingen fullt ut ska kunna utnyttja de nya odlingsförutsättningarna som ett förändrat klimat för med sig.



2 Tillväxtbetingelser

I den första rapporten inom projektet GradVis redogjorde vi för hur klimatet kan komma att förändras i Sverige fram till mitten av detta sekel. Som en följd av stigande temperatur förväntas vegetationsperioden förlängas i hela landet. I de södra delarna upp till 4 månader och i norr med 1-2 månader jämfört med referensperioden 1961-1990. Beräkningar visar att våren tidigareläggs i större utsträckning än vad hösten förlängs (Fogelfors, et al., 2008). Förlängningen av vegetationsperioden kommer att gå fortare i den södra landsändan. Redan 2025 beräknas vegetationsperioden vara 4 månader längre medan det i norr dröjer till 2085 innan vegetationsperioden har förlängts med 1-2 månader.

En ökad koldioxidhalt sänker växternas transpirationsbehov utan att tillväxten påverkas på grund av ökat klyvöppningsmotstånd. Det är osäkert hur stor påverkan denna faktor har på växternas vattenhushållning eftersom ökad temperatur samtidigt leder till ökad tillväxt och större transpiration. Störst effekt av ökad temperatur blir det troligen på våren eftersom då är temperaturen den viktigaste tillväxtbegränsande faktorn idag. (Eckersten, et al., 2007)

Under oktober-mars ökar troligen nederbörden för att under april vara oförändrad och generellt ser det ut att bli torrare under juli – september. Simuleringar som gjorts tyder på att ett vattenunderskott uppstår under maj- september. Vattenunderskottet under vegetationsperioden skulle enligt beräkningar vara i storleksordning 15-80 mm. Höstgrödan påverkas i mindre utsträckning än vårgrödorna av denna torrperiod, då denna i stort sett är skördemogen då. De vårsådda grödorna kommer dock att befinna sig i kärnfyllnadsfasen under torrperioden. Detta kan leda till försämrade kärnskörd och förändrade proteinhalter i vårgrödorna, vilket ger de höstsådda grödorna en fördel i den förändrade nederbördssituationen. Grön-saksodlingarna som redan idag kräver bevattning kan komma att kräva ytterligare bevattning. Man kan förvänta sig ett ökat behov av bevattningskapacitet och tillgång på vatten totalt sett. Återväxtskördarna under juli-september kan bli begränsade av vattenunderskottet under denna period. (Eckersten, et al., 2007)

2.1 Koldioxidens effekt på växtproduktionen

2.1.1 Sammanfattning

Koldioxid har en stor inverkan på växtligheten. De flesta undersökningar pekar på ökad tillväxtpotential av biomassa då koldioxidkoncentrationen ökar. Inverkan på skördens kvalitet och grödans utvecklingsmönster är uppenbarligen mer svårbedömd då forskningsrapporterna pekar i olika riktningar. Positivt är att våra vanligast förekommande grödor idag tillhör den grupp av arter som gynnas mest av en ökad halt av koldioxid i atmosfären. Hur stor effekt den ökade koldioxidkoncentrationen får i praktiskt odling avgörs av andra klimatologiska faktorer som temperatur och vattentillgång.

2.1.2 Koldioxidens inverkan

Växtens fotosyntes svarar på koncentrationen av koldioxid i luften. Ju högre koncentration desto bättre fungerar fotosyntesen med högre tillväxt som följd. Detta samband är tydligare för C3-växter än för C4-växter. Majoriteten av världens jordbruksgrödor ha C3-fotosyntes medan de flesta ogräsen använder sig av C4-fotosyntes. Fotosyntes-systemet C3 bildades under en period då koldioxidhalten var fyra till fem gånger högre jämfört med i dag. Då dagens koncentration av koldioxid är underoptimal kommer en framtida höjning av koldioxidhalten i atmosfären öka fotosyntesen hos C3-växter. C4-systemet utvecklades senare än C3-systemet, under en period då koncentrationen av koldioxid i atmosfären var lägre men temperaturen högre. C4-växtens respons på en förhöjd koldioxidhalt förväntas därför bli mindre än C3-växtens. (Henriksson, 2009)

Koncentrationen av koldioxid påverkar även klyvöppningarna på växternas blad. Ju högre koncentration av koldioxid desto mindre blir klyvöppningarna. Vid en fördubbling av koldioxidkoncentrationen minskar klyvöppningarnas yta med 20 procent. Detta påverkar C3- och C4-växter i samma utsträckning.

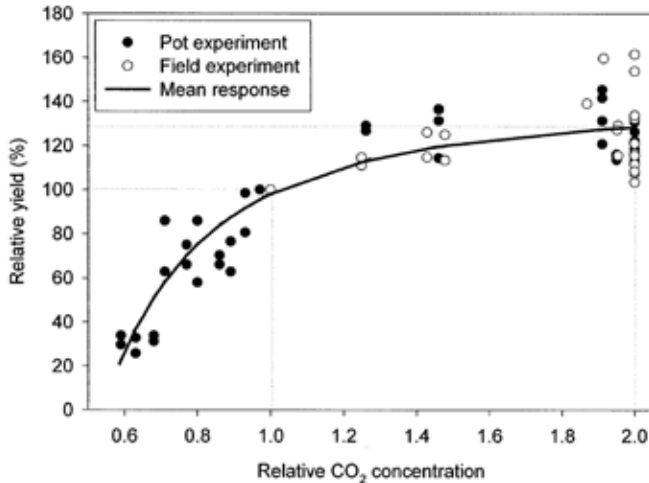
Den tredje direkta effekten i växten av en förhöjd koncentration av koldioxid är minskad respiration. Under fotosyntesen råder det en risk för förväxling av koldioxid och syrgas vilket sänker växtens förmåga att bilda enzymer, vilket i sin tur minskar växtens fotosyntetiserande kapacitet. En fördubbling av koldioxidkoncentrationen minskar denna

för växten skadliga respiration med 20 procent. Högre koncentration av koldioxid medför därmed en större kapacitet för växten att utnyttja solinstrålning, växtnäring och vatten. (Henriksson, 2009)

Den tydligaste responsen från växten på en förhöjd koldioxidkoncentration är förbättrad vattenhushållning och bättre vattenhushållning kan leda till högre avkastning. Vid en fördubbling av halten koldioxid ökar höstvetets vattneffektivitet med 50-60 procent. I danska experiment ökade avkastningspotentialen hos höstvete i snitt med 28 procent vid en fördubbling av koldioxidkoncentrationen. Forskarna anger samtidigt att det bland C3-växterna finns en variation med avseende på hur avkastningspotentialen ökar i förhållande till koldioxidkoncentrationen (Olesen & Bindi, 2002). Enligt Henriksson 2009 beräknades effektiviteten av vattenutnyttjandet öka med 54 procent hos majs, 55 procent hos solros och 48 procent hos sojaböna. Vid denna beräkning var temperaturen konstant. Vid en höjning av temperaturen ökar dock drivkraften för transpiration från bladen, samtidigt som växten förväntas producera mer biomassa, d.v.s. få ett större bladyteindex. Båda dessa effekter talar för en större transpiration per markyteenhet. Med andra ord, temperaturhöjningen leder till en större potentiell avdunstning samtidigt som koldioxidhöjningen leder till en effektivare vattenhushållning hos växten. Vad som blir nettoeffekten av detta råder det oklarheter om.

Med hänsyn taget till enbart höjningen av koldioxid från 350 till 700 ppm beräknas produktionen av biomassa för en C3-växt öka med 40 procent. Motsvarande siffra för en C4-växt är 11 procent. För några av våra vanliga grödor nämns siffran 10-15 procent för vete, 12 procent för gräs och 28 procent för potatis. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Trots C4-växternas anpassning till ett varmt och torrt klimat beräknas C3-växterna få en större tillväxtökning i ett framtida klimat. Då temperaturen idag ligger en bra bit under tillväxtoptimum kommer en ökad koldioxidhalt i kombination med en temperaturhöjning ge en högre tillväxt hos C3-växterna än hos C4-växterna. (Henriksson, 2009). Däremot kommer C4-växterna få ökad konkurrensförmåga i de områden där nederbörden under vegetationsperioden minskar så att vatten blir den största tillväxtbegränsande faktorn. Förmågan att assimilera koldioxid per volymenhet vatten är ca 2 gånger så stor hos C4-växter som hos C3-växter. (Henriksson, 2009)



Figur 1. Sambandet mellan relativ avkastning av höstvetete och halten koldioxid i atmosfären (Olesen & Bindi 2002)

En undersökning på majs som är en C4 växt visade att en ökning av koldioxidkoncentrationen under tillväxtbetingelser med torkstress gav en skördeminskning på 2 procent i jämförelse 18 procent skördeminskning vid torkstress utan förhöjd koldioxidkoncentration. En förhöjd koldioxidkoncentration gav ingen skördeökning vid tillväxtbetingelser med god vattentillgång hos majs. Mandersheid, Erbs & Weigel (2012).

Vad gäller växtens utvecklingsförlopp har flera studier visat att en förhöjd koldioxidhalt i atmosfären inte har någon direkt effekt trots att kortare studier visat på att en fördubbling av koldioxidhalten i luften ökar fotosyntesen i växten med 20 – 40 procent. Andra studier visar att växtens utvecklingsförlopp kan påverkas men att reaktionen på en ökad koldioxidhalt skiljer sig åt mellan arter. Vissa arter visar på ett snabbare utvecklingsförlopp medan andra arter blivit för försenade. (Thorstenson, 2008).

I stråsåd finns det undersökningar som visar att en ökad koldioxidhalt förkortar längden på den aktiva kärnfyllnadsfasen vilket kan innebära lägre kärnskörd och lägre proteinhalt (Henriksson, 2009). Både proteininnehåll och falltal hos vete beräknas sjunka med ökande halt av koldioxid (Porter 2007).

Studier som utförts visar på att en växt som utsatts för en förhöjd koldioxidhalt lagrade in mer stärkelse i bladen. Stärkelse i bladen är byggstenar för t.ex. olja i rapsfröet. I en studie undersöktes oljehalten i rapsplantor som växt i luft med höga koldioxidhalter. Oljeinnehållet i rapsfröet ökade inte i denna studie. Slutsatsen var att den begränsande faktorn för oljeupbyggnad i fröet inte är mängden stärkelse utan omfördelningskapaciteten från blad till frö. (Ekman, Stymne, & Bulow, 2008)

Förändringar i kvoten mellan rot och skott har påvisats i studier med ökad koldioxidkoncentration i atmosfären. Dock finns det inget entydigt mönster utan vissa arter reagerar med att öka rotvolymen i förhållande till skotttillväxt och andra tvärtom. De arter som reagerar med en ökad kvot rot/skott vid begränsad näringstillgång anses ha större konkurrenskraft.

Kvaliteten på fodergrödorna kommer att förändras vid förändrad temperatur och koldioxidhalt. Om effekterna av förändrad koldioxidhalt kommer att dominera förväntas torrsubstansskördarna att öka men smältbarheten försämrar. Om effekterna av högre temperatur kommer att dominera förväntas torrsubstansskördarna att sjunka medan smältbarheten förbli opåverkad. Fodergrödor som majs till ensilage och foderbetor förväntas få en väsentligt högre avkastningspotential i Sverige. (Olesen & Bindi, 2002)

Undersökningar som gjorts på sockerbeter visar att en ökning av koldioxidkoncentrationen från 375 till 550 ppm ökade bladytan men inte bladantalet. Ökningen av koldioxidkoncentrationen gav ökad sockerskörd mellan 12 och 13 procent. En högre kvävegiva ökade inte sockerskörden ytterligare. Däremot var solljuset den begränsande faktorn för att öka sockerskörden ytterligare. Om beskuggningen av bladen eliminerades ökade sockerskörden med 28 % vid samma ökning av koldioxidkoncentrationen. (Manderscheid, Pacholski & Weigel, 2010)

Tabell 1. Förändring av fyra olika nyckelvariabler i växten när koldioxidkoncentrationen fördubblas. Förändringen anges i procent och med variation enligt 95 % konfidensintervall (Rogers & Dahlman, 1993).

Gröda	Transpiration	Fotosyntes	Biomassa	Skörd
Majs	-26±6	+4±3	+9±5	+29±64
Vete	-17±17	+27±20	+31±16	35±14
Korn	-19±6	+ 14±*	+30±17	+70±*
Potatis	-51±24	-	-15±*	+51±111
* För få data för att kunna beräkna intervallet				

Potatis svarar kraftigt på en ökning av koldioxidkoncentrationen. De potatisplantor som växte i förhöjda koldioxidkoncentrationer utvecklades också snabbare och nådde skördemognad tidigare. (Migletta, Bindi, Cerio, Vaccari, Loduca, & Magliulo, 1998)

Beräkningar visar på ökat kvävebehov i grödan med en ökad koldioxidhalt. För klimatscenariot A2 beräknas optimal kvävegiva till höstvetete öka med mellan 7 och 44 kg N/ha. För scenariot B2 beräknas optimal kvävegiva ligga på en nivå som är 3 kg lägre än idag till 24 kg högre än idag. Risken för kväveutlakningen ökar också med högre vintertemperaturer och nederbörd. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

2.2 Temperaturens effekt på växtproduktionen

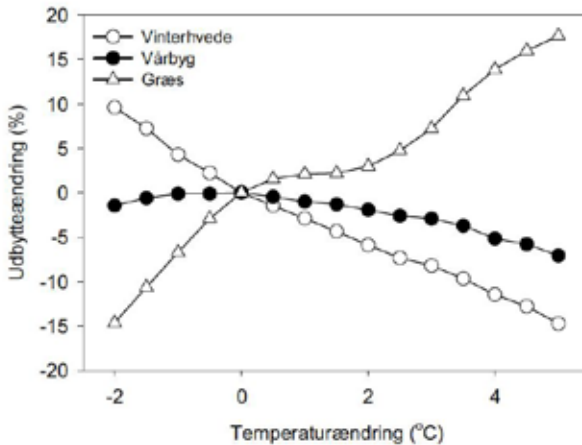
2.2.1 Sammanfattning

Stigande temperaturer i ett framtida klimat har flera effekter. Sett över hela landet flyttas odlingsgränserna norrut. Studier som utförts i Finland pekar på att odlingsgränsen för vårgrödor flyttas norrut med 120-150 km för varje grads temperaturökning i snitt över året (Olesen & Bindi, 2002). I områden där en gröda odlas idag kan högre temperaturer leda till både förändringar i utvecklingstakt och skörd.

2.2.2 Temperaturens inverkan

Koldioxidhalten och temperaturen i luften är avgörande för hur effektiv fotosyntesen i växten blir. Temperaturen i den omgivande luften måste ligga på en för arten lagom nivå för att de kraftigt temperaturberoende enzym som driver processen skall fungera optimalt. Vid överoptimala temperaturer stängs klyvöppningarna för att skydda växten från uttorkning. I den första rapporten inom projektet GradVis konstaterade vi att det finns simuleringar av det framtida klimatet som visar att det kan finnas en ökad risk för värmeböljor under sommarhalvåret i framtiden men att risken är mest uttalad i de södra och östra delarna av landet (SMHI, 2007).

Det finns studier som visar att för gräsarter kan en förhöjd temperatur påskynda växtens utveckling. Blomningen tidigarelades i dessa studier 2 till 5 dagar. Vid en fördubbling av koldioxidhalten försenades dock utvecklingen hos gräsen med 2 till 6 dagar samtidigt som örternas utveckling tidigarelades med 2 till 4 dagar. (Thorstensson, 2008).



Figur 2. Avkastningen for tre olika grödor vid en förändring av medeltemperaturer. Modellberäkningarna avser grödor odlade på lerjord i Danmark. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Fröproduktionen i Skandinavien är i dag omfattande delvis på grund av goda klimatologiska förhållanden. För en god fröproduktion krävs en avtagande dagslängd i kombination med avtagande hösttemperaturer (september/oktober). Under denna period ansätts axanlagen. Under vintern krävs minst 20 veckor med temperaturer under 9°C för att vernaliseringen säkert skall ske. Under våren (mars/april) startar tillväxten. Den tilltagande dagslängden initierar sträckningen hos plantans fröstänglar. Generellt kommer klimatförändringen att bidra till bättre förutsättningar för fröproduktion. Det finns en risk att ökad frekvens av försommartorka minskar avkastning men i gengäld kommer det torra vädret att underlätta skördarbetet.

I ettåriga grödor kommer en temperaturökning att förkorta växtperioden eftersom grödan mognar av tidigare. Detta riskerar att reducera avkastningen. Enligt några forskare (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006) missgynnas de höstsådda grödorna jämfört med de vårsådda eftersom de vårsådda grödorna kan skyddas från brådmognad genom en tidigarelagd såtidpunkt. Andra forskare hävdar motsatsen då de menar att tidpunkten för vårbruket i praktiken, på grund av att fälten inte hunnit

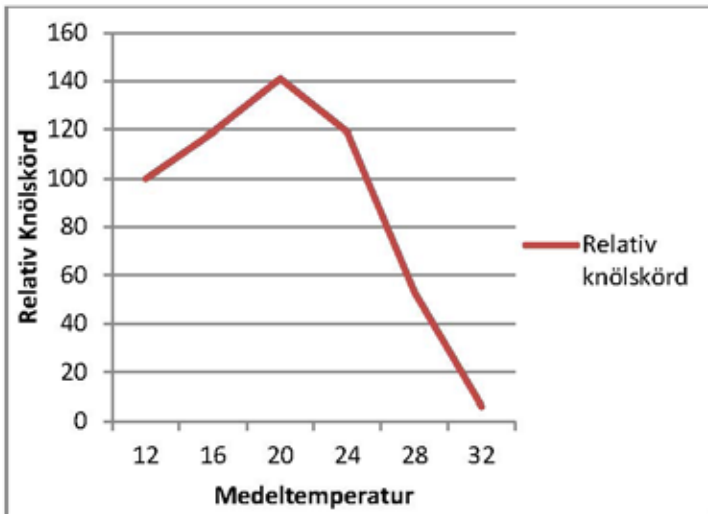
torka upp, inte kommer att kunna tidigareläggas i samma utsträckning som starten på vegetationsperioden. Risken för brådmognad är därför betydligt större i vårsådda grödor än i grödor etablerade på hösten (Eckersten, et al., 2007). För fleråriga grödor såsom sockerbeter och vallväxter begränsas inte tillväxtperioden av att grödan mognar av. Här bestämmer vegetationsperioden längden på grödans tillväxtperiod. För dessa grödor kommer en temperaturökning att öka tillväxtpotentialen. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

I en stråsädesgröda tas huvuddelen av kvävet upp under tillväxtperioden fram till juni månad och huvuddelen av kolet tas upp därefter. Beräkningar för gräsvall visar att kvävebehovet kan komma att öka. Den ökade mineraliseringen i marken täcker enligt simuleringarna det ökade



kvävebehovet t.o.m. mars månad men i april och maj kan det uppstå ett underskott. Troligt vattenunderskottet under juli månad minskar kolupptaget, d.v.s. tillväxten, vilket skulle kunna leda till ökad proteinhalten i skörden. Även högre temperatur under kärnfyllnadsprocessen ökar risken för ett reducerat kolupptag och ökade proteinhalter. Konsekvensen kan vara att vårsådden och då inte minst malkornsodlingen kan drabbas av kvalitetstörningar. Höstsådden påverkas i mindre utsträckning av kvalitetsstörningar. (Eckersten, et al., 2007).

Potatis är enligt litteraturen känslig för höga temperaturer. Vid temperaturer över 24°C försämras bladens förmåga till fotosyntes och åldrandet av bladen går snabbare. Optimal temperatur för maximal knölproduktion är 20°C. (Timlin, Rahman, Baker, & Reddy, 2006)



Figur 3. Relativ knölskörd hos potatis i förhållande till dags medeltemperatur. (Timlin, Rahman, Baker, & Reddy, 2006)

3 Skadeinsekter

3.1 Sammanfattning

Antalet insekter av en art beräknas att bli fler samtidigt som nya arter kan komma att introduceras. En förlängd vegetationsperiod har större betydelse för vissa skadegörarens utveckling än t.ex. en förhöjd temperatur eller nederbörd. Detta gäller för de arter som slutför flera generationscykler per säsong och som då beräknas hinna med fler generationer per säsong (Fogelfors, et al., 2008).

Ett tydligt exempel på en insekt som drar nytta av en längre vegetationsperiod är bladlusen. Vid en temperaturhöjning med 2 grader beräknas bladlössen kunna slutföra ytterligare 4-5 generationscykler per säsong.

Den geografiska utbredningen av insekter i Norra Europa begränsas i många fall av deras möjlighet till övervintring. Övervintringen begränsas idag av låga vintertemperaturer som är direkt dödliga för insekten samt av den korta vegetationsperioden som hindrar insekten att bygga upp ett tillräckligt energiförråd inför vintern. I tempererade område har man beräknat att en tempohöjning flyttar insekterna norrut med 200 km för varje grads höjning av temperaturen.

3.2 Klimatets inverkan på insekten

Insekternas populationsutveckling är temperaturberoende. Då många av våra skadegörare i Norden befinner sig i ett klimat med underoptimal temperatur kommer en temperaturhöjning leda till en snabbare uppförökning av insekterna. Vid en temperaturhöjning med 2 grader beräknas bladlössen kunna slutföra ytterligare 4-5 generationscykler per säsong. För trips och flugor kan 2-3 generationer fler hinnas med jämfört med idag och för fjärilar ytterligare 1-2 generationer.

I tempererade område har man beräknat att en temperaturhöjning flyttar insekterna norrut med 200 km för varje grads höjning av temperaturen. Insekternas direkta skada då de äter på grödorna ökar men även de indirekta effekterna såsom att insekter kan sprida växtvirusjukdomar förväntas öka i betydelse. Framst kommer skadorna att öka i södra

Sverige samt i de torrare områdena i landet. Insekterna kommer att bli aktiva tidigare på våren. De vårsådda grödorna blir därmed mer utsatta då de direkta skadorna från insekterna drabbar växten under ett tidigare utvecklingsstadium. Generellt orsakar tidiga skador större skördeföruster. Bekämpningströsklarna är lägre vid angrepp på yngre växter, vilket kommer att leda till ökat bekämpningsbehov. Denna effekt kommer att beröra Götaland och Svealand men inte Norrland i samma utsträckning. (Eckersten, et al., 2007)

Virusangrepp i höstsådda grödor är i dagsläget begränsat på grund av det låga antalet vektorer på hösten. I dagsläget existerar heller ingen brygga mellan smittade vårgrödor och nysådda höstgrödor. Ökat antal höstaktiva insekter samt ökad odling av sent mognande vårgrödor som t.ex. majs ökar risken för virusangrepp i de höstsådda grödorna.

Vilka nya insektsarter som kommer att etablera sig är osäkert. Detta beror bl.a. på vilka grödor som kommer att odlas i framtiden. (Eckersten, et al., 2007)

Insekter förväntas generellt kunna anpassa sig snabbare till nya klimaförutsättningar än vad t.ex. ogräs kan (Fogelfors, et al., 2008).

3.2.1 Bladlöss

Bladlusen är en av de arter som kommer att gynnas vid en temperaturökning. Fler fullbordade generationer ger ett större antal skadegörare och ökar behovet av bekämpning. Gynnsamma vindförhållanden leder till ökad risk för massinvasioner av bladlöss. Milda vintrar ger fler arter möjlighet att övervintra som fullbildade insekter. Detta ger tidigare angrepp i grödan på våren.

Som direktskadegörare förväntas havrebladlusen och sädesbladlusen få en större betydelse. I potatis och oljeväxter kommer persikbladlusen att orsaka mer skada. I sockerbetor och åkerbönor kommer betbladlusen att bli mer betydelsefull.

Som vektorer för virussjukdomar i svenska lantbruksgrödor kan ca 40 bladlusarter vara aktuella. I England ser man ett starkt samband mellan höga vintertemperaturer och tidig förekomst av vingade bladlöss. En tidigarelagd vårmigration av bladlöss ökar direktskadan på vårsådda grödor om inte vårbruket tidigare läggs i samma utsträckning. Eftersom nederbörden beräknas öka under vinterhalvåret och fram t.o.m. mars månad finns en risk att vårbruket inte kan tidigareläggas i samma

utsträckning som bladlössens värmigration. Denna risk är störst för Mellansverige. Virussjukdomen Beet Western Yellow Virus i höstoljeväxter förväntas öka då viktiga vektorer såsom persikbladlusen, havrebladlusen och ärtbladlusen ökar. För vi russsjukdomar som t.ex. dvärgskottsjuka och vetedvärgsjuka är det svårare att bedöma vilken betydelse de kan få vid en klimatförändring eftersom andra faktorer, t.ex. odlingsteknik, också påverkar sjukdomens spridning. (Eckersten, et al., 2007)

Bladlöss är den i särklass mest betydelsefulla skadegöraren i stråså idag. Enligt beräkningar utförda i Danmark kan bekämpningsbehovet komma att öka med 50 procent om medeltemperaturen höjs med 1°C. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

3.2.2 Fritflugan

Vid ett framtida varmare klimat kan fritflugan komma att flyga ut i fält tidigare vilket leder till att den period då fritflugan lägger ägg, fram tills grödan blir åldersresistent, blir längre. Även höstsåden riskerar att bli angräpen i större omfattning.

3.2.3 Koloradoskalbagge

Koloradoskalbaggen är en mycket allvarlig skadegörare i potatis som spridit sig i stora delar av Europa. Den är idag etablerad i södra Finland och delar av Ryssland. Koloradoskalbaggen uppträder enstaka år i Danmark och kan vissa år sluta en livscykel. Under senare år har det kommit rapporter om att skalbaggen lyckats övervintra i Danmark. Forskare där menar att med 1°C temperaturökning har skalbaggen möjlighet att slutföra 2 livscykler. Detta skulle i praktiken betyda att potatisodlingen skulle behöva skyddas mot angrepp med minst 2 insekticidbehandlingar (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006). Det finns därmed redan i dag en risk för att skalbaggen skulle kunna etablera sig i de sydligaste delarna av Sverige. Med en ökad temperatur skulle denna skadegörare kunna övervintra upp till Mellansverige.

3.2.4 Majsbladlusen

Vid en ökad majsodling i Sverige kan majsbladlusen komma att etablera sig. Majsbladlusen blir i så fall en viktig vektor för rödsotvirus.

3.2.5 Majsrotsbaggen

En skadegörare på majs som kan etablera sig i Sverige vid ökad majsodling och högre temperatur är majsrotsbaggen (Fogelfors, et al., 2008). Den har under senare år spridit sig norrut från Italien och återfinns nu i södra Tyskland. Skadegöraren orsakar 30-90 procentiga skördeföruster i majs genom att larverna angriper rotsystemet vilket leder till omkullvälta plantor. De fullbildade skalbagarna livnär sig också på kolvarna vilket orsakar kärnbortfall. Majsrotsbaggen har spridits snabbt över stora avstånd vilket gör att man misstänker att den förflyttats med hjälp av trafiken. Man kan därför misstänka att om klimatbetingelserna är de rätta kommer den att kunna fortsätta att spridas i snabb takt norrut. (Hansen, 2008)

3.2.6 Majsmott

I Syd- och Centraleuropa är majsmottet en allvarlig skadegörare på majs. Larverna lever i stammarna där det gnager gångar. De angriper även kolvarna. Skördeförlusten kan bli betydande utan att det syns på plantorna. Majsmottet har spridit sig norrut i Tyskland. Den har även påträffats i Danmark och Sydsverige sporadiskt. (Berg 2010)

3.2.7 Stor stamvivel

Återfinns i Centraleuropa och kan lokalt göra stor skada i oljeväxtfält. Viveln förflyttar sig endast kortare sträckor och skadorna oftast avgränsade i fältet.

3.2.8 Ceutorhynchus picipitarsis

Är en vivel som förekommer lokalt i raps i Centraleuropa och Storbritannien. Larven lever i stambasen och kan skada plantan så pass att den utvintrar.

3.2.9 Diuraphis noxia

Bladlusen "Russian wheat aphid" är spridd över en stor del av världen. Bladlusen angriper korn och vete som uppvisar virusliknande symtom. En angripen planta får ihoprullade antocyanfärgade blad samt får svårt att skjuta axet ur holk.

3.2.10. Schizaphis graminum

En bladlus som är vanligt förekommande på stråsåd i stora delar av världen. Arten är anpassad till inlandsklimat. Optimal temperatur för fortplantning är cirka 20-30 grader. Troligtvis skulle arten kunna etablera sig i veteodlingar i inlandet.

3.2.11 Brunaktigt knöfly

Finns över hela världen. Larven angriper många olika växtarter som majs, potatis, solros och stråsåd. En stadigvarande population av fjärilen förekommer i Centrala delarna av Europa. Men i dagens klimat sker stor inflygning till Nederländerna och Storbritannien. Med ett varmare klimat kommer inflygningen även ske till Sverige. (Berg 2010)

3.2.12 Nematoder

Frilevande nematoder finns över hela världen i ett mycket stort antal arter. Rotgallnematoden omfattar ett 60 tal arter varav endast en art har etablerat sig i Sverige i dag. Vid ett varmare klimat kommer fler arter att kunna etablera sig samtidigt som de befintliga arterna sannolikt skulle kunna få fler generationer per säsong och större andel lyckas övervintra. Rotgallnematoderna lever på växtrötterna. Angripna plantor får en försämrad förmåga att ta upp näring och vatten vilket leder till lägre skörd. Gallbildningen ger även sämre kvalitet på rotfrukter t.ex. på morot. På potatis sprider frilevande nematoder viruset TRV (Tobacco Rattle Virus) samt anses initiera angrepp av groddbränna. (Manduric)

Växter påverkas mer av nematoder under perioder med begränsad vattentillgång och höga lufttemperaturer. En ökad nederbörd kan i gengäld öka nematodernas förmåga att sprida sig. (Berg, 2010). De arter av växtparasitära nematoder som man förväntar sig ökar med varmare klimat är; rotgallnematoder, betcystnematoder, potatiscystnematoder, rotsårsnematoder, stjälknematoder och bladnematoder. Även de frilevande nematodarterna stubbrotsnematod och nålnematoder förväntas öka. (Berg, 2010)

3.2.13 Sniglar

Överlevnaden hos sniglarna kommer att öka med mildare vintrar. Samtidigt kommer snigelbestånden att reduceras under försommartorra perioder. Tittar vi på våra grannländer i söder som har bekämpningsbehov av sniglar i dag kan man misstänka att mildare vintrar kan komma att medföra ett ökande snigelproblem även i Sverige.

4 Sjukdomar

4.1 Sammanfattning

Svampsjukdomarnas omfattning påverkas av både temperatur och fuktighet. Då fuktighetsförhållanden regionalt kommer att ändra sig mycket förväntas svamparnas utveckling också förändras därefter. Mest utsatt är höstsåden där den förlängda vegetationsperioden på hösten ger ökad risk för infektion. I södra Sverige förväntas den torrare försommaren minska infektionsrisken i vårsåd. I de norra delarna av Sverige innebär ett varmare och fuktigare klimat att infektionstrycket av svampsjukdomar generellt förväntas öka. I torrare och varmare regioner förväntas rostsvamparna på spannmål gynnas. Sjukdomar som kornets bladfläcksjuka, bomullsmögel, svartfläcksjuka och klumprotsjuka kommer sannolikt minska i omfattning i försommar torra områden. Dessa svampar är beroende av fuktig väderlek för att kunna sprida sig. (Eckersten, et al., 2007)

I potatis förväntas risken för angrepp av potatisbladmögel öka i Norrland och Svealand. Behovet av kemisk bekämpning mot potatisbladmögel, med nuvarande sortmaterial och preparat, förväntas öka med 30-50 procent i norra och mellersta Sverige. Angreppen av torrfläckssjuka i potatis förväntas öka i Götaland. (Eckersten, et al., 2007)

4.2 Bladfläcksvampar i stråsäd

En förhöjd koldioxidkoncentration i atmosfären ger en lägre koncentration av kväve i växtvävnaden. Detta kan påverka bladsvampar och växtskadegörarens förmåga att angripa växten. Exempelvis svartpricksjuka (*Septoria tritici*) gynnas av en hög kvävekoncentration. Om svartpricksjuka missgynnas i ett framtida klimat kan istället brunfläcksjuka (*Septoria nodorum*) kanske komma att öka. Brunfläcksjuka har idag tenderat att minska då den i en konkurrenssituation om utrymmet med svartpricksjuka missgynnas (Fogelfors, et al., 2008). Men även nederbördsförhållandena är viktiga för hur angrepp av svartpricksjuka utvecklar sig. Svartpricksjuka kräver fuktighet för att sprida sig i beståndet. Är med stor nederbörd under perioden april-juni ger ofta större angrepp av svartpricksjuka.

Svartpricksjuka är även i Frankrike och Tyskland en av de mest betydelsefulla svampsjukdomarna i vete. Detta talar emot att ett varmare klimat skulle missgynna svartpricksjukan. (Berg, 2010)

De varmare somrarna i ett framtida klimat kan komma att gynna svampar med ett högt temperaturoptimum som t.ex. *Fusarium graminearum* som orsakar axfusarios i vete och korn. Behovet av kemisk behandling mot axfusarios kommer troligen att öka i framtiden i takt med att sommartemperaturerna och majsarealen ökar.

Brunrost i höstvetete samt svartrost i rajgräs gynnas också av höga sommartemperaturer. Förekomsten av kornrost gynnas av höga temperaturer under våren. Vintertemperaturen är avgörande för övervintringen av rostsvampen.

Mjöldagg gynnas av torr väderlek under sommaren. Mildare vintrar gynnar dessutom mjöldaggs övervintring. Detta sammantaget tyder på att angreppen av mjöldagg kan komma att bli större i framtiden.

Både vetets och kornetbladfläcksjuka gynnas av högre temperaturer. (Berg, 2010)

Tabell 2. Svampsjukdomar som förväntas öka vid ett varmare klimat samt möjlig förändring i antal växtskyddsbehandlingar i olika grödorna. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Gröda	Viktiga skadegörare	Antal behandlingar	Förändring i behov av växtskydd
Vete	Fusarium, Brunrost, Brunfläcksjuka	2	+
Höstkorn	kornrost	1 - 2	+
Vårkorn	kornrost	0 - 2	+
Råg / Råg-vete	Brunrost, Brunfläcksjuka	0 - 1	+ -
Rajgräs	Svartrost	0,1	+
Potatis	Alternaria, Bladmögel	6-10	+
Ärter		0,1	+ -
Oljevaxter	Phoma, alternaria	0,15	+ -
Socketbetor	Ramularia, Bladmögel?	0,2	+

Sköldfläcksjuka förväntas minska i betydelse då svampen gynnas av kall och fuktig väderlek. (Berg, 2010)

Angreppen av snömögel kommer minska då snötäcket förväntas bli mindre och mer kortvarigt. (Berg, 2010)

Rotdödare kan också öka i omfattning då den gynnas av mild vinter, kall och fuktig vår samt varm och torr sommar. (Berg, 2010)

I höstraps kan både torröta och klumprotssjuka gynnas av mildare och fuktigare klimat. Bommullsmögel förväntas minska i betydelse med torrare försomrar. (Berg, 2010)

4.3 Bladfläcksvampar i potatis, sockerbetor och majs

Risken för angrepp av potatisbladmögel väntas öka i Norrland och Svealand i ett framtida varmare klimat. Behovet av kemisk bekämpning mot potatisbladmögel, med nuvarande sortmaterial och preparat, förväntas öka med 30-50 procent i norra och mellersta Sverige. Angreppen av torrfläckssjuka (*Alternaria Solani*) i potatis förväntas öka i Götaland eftersom svampen gynnas av höga sommartemperaturer. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Även *Ramularia* i sockerbetor gynnas av höga sommartemperaturer och förväntas få ökad betydelse. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Mildare vintrar ökar risken för att marksmitta av bladmögel får större betydelse vilket leder till att angreppen kommer tidigare i alla grödor. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Majssot återfinns redan i dag i Sydsverige samt i Östergötaland. Med förlängd vegetationsperiod kan majssoten få en ökad betydelse. (Berg, 2010)

Följande tre majssvampsjukdomar finns i vårt närområde och förväntas etablera sig i Sverige i framtiden.

- Majsbladfläcksjuka som rapporterats från Danmark kan orsaka skördeföruster om angreppet sker före blomning.
- Majsögonfläcksjuka har påträffats i Danmark och förekommer främst på fält där Majs odlats i monokultur i plöjningsfri odling.
- Solrosmjöldagg är en bladmögelsvamp som även falsk mjöldagg och förekommer i våra sydliga grannländer. (Berg, 2010)

4.4 Virussjukdomar

Då insekterna förväntas gynnas av klimatförändringen kommer även spridningen av virussjukdomar att öka.

Rödsotvirus (BYDV) kan komma att för en ökad betydelse, främst i höstspannmålen. Varmare höstar gynnar bladlössen som infektera plantorna under en längre period på hösten. Under de varma höstarna 1999 och 2006 förekom större angrepp i Sydsverige.

Vetedvärgsjuka som sprids av stritar förväntas öka med stigande hösttemperaturer. Kortare vinter innebär en förhöjd överlevnadsgrad hos stritarna som i sin tur ökar spridning av virussjukdomen.

Turnip Yellow Virus (TuYV) överförs av persikbladlusen i höstraps. Sjukdomen kan ge stora skördeföruster och förväntas öka. Viruset finns redan i dag i Skåne och i takt med att vektorerna blir fler till antalet kan sjukdomen sprida sig norrut.

Virusgulsot i sockerbetor förväntas också att öka då bladlössen blir fler till antalet. (Berg, 2010)

4.5 Bakteriesjukdomar

Candidatus Liberibacter solanacearum ger upphov en sjukdom på potatis som kallas "Zebra chip". Denna bakterieliknande sjukdom är relativt nyupptäckt i Mellan- och Nordamerika. Bakterien sprid med bladloppor.

Clavibacter michiganensis ssp. insidiosus orsakar vissnesjuka i lusern. Den finns redan i vissa andra europeiska länder. Den troligaste spridningsvägen är via handel med smittat plantmaterial.

Pantoea stewartii ger upphov till vissnesjuka i majs. Den anses vara den allvarligaste sjukdomen på majs i USA. Den har även spridit sig till Centraleuropa. Då ingen av de insekter som kan sprida bakterien finns i Sverige eller förväntas invandra, är risken liten att sjukdomen skulle fotfäste i Sverige. (Berg, 2010)

5 Ogräs

5.1 Sammanfattning

En längre vegetationsperiod förväntas generellt ge en ökad ogräsflora. Detta förklaras med att flera arter hinner nå sin reproduktiva utvecklingsfas. Även en förändrad grödfördelning ger utrymme för en förändrad ogräsflora. Ökad andel höstsådda grödor ökar risken för uppförökning av de vinterannuella ogräsen. Ökad odling av grödor med svag ogräskonkurrerande förmåga, t.ex. majs, riskerar att uppföröka ogräs som t.ex. nattskatta.

Risken för herbicidresistens förväntas öka med en mer ensidig växtföljd och ökad bekämpningsintensitet.

Arter som betraktas som allvarliga ogräs i sydligaste Sverige förväntas sprida sig norrut, t.ex. renkavle, sandlost, luddlost och bågarnattskatta.

Ogräs som hönshirs (*Echinochloa crus-galli*), svinamarant (*Amaranthus retroflexus*), malörtsambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*), kavelhirs (*Setaria viridis*) och blodhirs (*Digitaria sanguinalis*) är arter som vi inte ser idag, men som förväntas etablera livskraftiga bestånd i Sverige. (Eckersten, et al., 2007)

5.2 Klimatets inverkan på ogräsens utbredning

Bland de 18 mest aggressiva ogräsen i världen är 14 av dem C4-växter. Endast 5 av de 86 vanligast förekommande jordbruksgrödorna är C4-växter. Än så länge är de dominerande ogräsen i Sverige C3-växter. I studier som utförts på C3-grödor som konkurrerar med C4-ogräs gynnas grödans tillväxt av en förhöjd koldioxidhalt, på bekostnad av ogräsets tillväxt. Det saknas motsvarande studier för gröda och ogräs med samma fotosyntessystem. I dagsläget saknas en modell för hur olika arter kan komma att reagera på olika kombinationer av konkurrens, koldioxidhalt och resurstillgång. (Henriksson, 2009)

En klimatförändring innebär förändrade utbredningsområden. De idag vanligt förekommande ogräsarterna i södra Frankrike kan vara framtida problemogräs i Sverige. En inventering av ogräsfloran i åkermark med

spannmålsdominerad växtföljd, från Sverige i norr till Italien i söder, pekade på en betydligt artrikare ogräsflora i söder jämfört med i norr. Det totala antalet påträffade arter ökade från 78 arter i norr till 165 i söder. Arter som endast påträffades i norr var gatkamomill, åkerkårel, har-kål och sumpnoppa. Arter som endast påträffades i ett varmare klimat var venusspegel, italienskt rajgräs och åkerranunkel. Trampört, åkerbinda, åkertistel och svinmålla återfanns i alla klimatzoner. (Henriksson, 2009)

Tabell 3. Skörd av sojaböna (C3-växt) med och utan konkurrens från svinmålla vid olika halter koldioxid i luften (Kudsk, 2008)

	Relativ skörd vid normal CO ₂ -halt	Relativ skörd vid förhöjd CO ₂ -halt (+60 %)	Förändring i skörd
Sojaböna (C3)	188	228	+22 %
Sojaböna (C3) + Svinmålla (C3)	135	141	+4 %
Förändring i skörd	-28 %	-38 %	

Tabell 4. Skörd av sorghum (C4-växt) med och utan konkurrens från lindmalva vid olika halter koldioxid i luften (Kudsk, 2008)

	Relativ skörd vid normal CO ₂ -halt	Skörd vid förhöjd CO ₂ -halt (+60 %)	Förändring i skörd
Sorghum (C4)	322	302	-4 %
Sorghum (C4) + Lindmalva (C4)	322	251	-22 %
Förändring i skörd	0 %	-17 %	

Många av världens mest problematiska ogräs, oavsett fotosyntes-system, har sitt ursprung i tropiska klimatzoner. Deras utbredningsområde norrut begränsas av låga temperaturer. Vid en temperaturhöjning kommer dessa ogräs få en möjlighet att sprida sig norrut. En förhöjd koldioxidhalt påskyndar denna spridning eftersom undersökningar har visat att köldtoleransen ökar med stigande koldioxidhalt. Det är svårt att förutsäga vilka släkten av ogräs som kommer visa sig vara invasiva vid en klimatförändring. Forskare menar att ogräs med ett redan stort utbredningsområde kan antas vara bland de arter som breder ut sig ytterligare vid en klimatförändring. Ett ogräs som härstammar från en

varmare klimatzon kan antas gynnas mer än grödan vid en temperaturhöjning. (Henriksson, 2009)

Behovet av bekämpning kan komma att påverkas på flera sätt. Klimatförändringen kommer generellt att favorisera ogräsfloran mer än grödan, speciellt i C4-grödor. Nya arter av gräsogräs kan leda till att behovet av ogräsbekämpning ökar medan nya tvåhjärtbladiga ogräsarter inte beräknas öka bekämpningsbehovet i samma utsträckning. Ogräspreparat med jordverkan bryts också ned snabbare i ett varmare klimat och får därmed kortare fytotoxisk persistens. Det är osäkert hur koldioxidhalten och den minskande nederbörden under sommaren påverkar bekämpningsbehovet. (Kudsk, 2008)

5.3 Vilka arter blir framtidens problemogräs?

Generellt är kunskaperna kring samspelet mellan gröda och ogräs vid en framtida klimatförändring dålig. Det är därför svårt att finna konkreta svar på vilka ogräs som kommer att öka respektive minska i omfattning. Följande bedömningar återfinns i litteraturen.

Det är svårt att peka på generella karaktärer som kommer att förknippas med de framtida problemogräsen. När det gäller det fotosyntetiska systemet kan man relativt säkert säga att C3-växten har en klar fördel gentemot C4-växten. Visserligen klarar C4-växten torkstress och höga temperaturer bättre men i Sverige förväntas inte temperaturen inom de närmaste 100 åren bli så hög att det gynnar C4-växten mer än C3-växten. En temperaturökning i Sverige gynnar därför C3-växterna. I dag har alla ogräs av ekonomisk betydelse i Sverige ett C3-fotosyntessystem. Förutom majs odlas också enbart C3-grödor i Sverige. Då dagens åkerogräs tillhör C3 typen kan man förvänta sig att nuvarande ogräsarter kommer att ta mer utrymme på åkern och bli mer skördenedsättande. Vid odling av majs, som anses vara en konkurrenssvag C4-växt, kommer C3-ogräs sannolikt bli ett stort problem i framtiden. (Henriksson, 2009)

Ogräsarter som idag finns etablerade i länder i Sveriges närhet kan misstänkas bli framtida ogräsproblem här när vegetationsperioden blir längre. Ett exempel på en sådan art är malörtsambrosia (*Amaranthus retroflexus*). Idag är den ett av de mest problematiska åkerogräsen i våra grannländer söderut och har redan påträffats i södra Sverige. Malörtsambrosia är en C3- och kortdagsväxt. Det är oklart vilken betydelse

den kommer att få i Sverige eftersom det råder långdagsförhållande här. (Henriksson, 2009)

Även inom landet finns det ogräs som idag begränsas av vårt klimat. Bågarnattskatta, renkavle, åkerven och sandlosta är arter som vid ett varmare klimat förväntas sprida sig norrut. Med 6-7 graders högre medeltemperatur under vinterhalvåret i slutet av seklet får dessa arter större möjlighet att övervintra i stora delar av Sverige. (Henriksson, 2009)

En förhöjd koldioxidhalt och högre temperatur medför generellt en snabbare fenologisk utveckling. En snabbare utveckling i kombination med längre vegetationsperiod skapar förutsättningar för nya arter att slutföra en livscykel. Småflen är exempel på en art som i framtiden kan etablera sig även i Sverige. Arten är idag ett problemogräs i veteodlingar i Asien men har på senare tid etablerat sig på Irland. Hos vissa ogräsarter har man redan sett tendenser till tidigarelagd blomning, t.ex. hönshirs (*Echinochloa crus-galli*), svinamarant (*Amaranthus retroflexus*) och malört. En tidigare blomning kan medverka till att en art snabbare etablera sig i ett område. Hönshirs är ett gräsogräs av C3-typ som gynnas av höstsädesdominerade växtföljder. Arten finns i dag i allra sydligaste Sverige i grödor med svag konkurrenskraft såsom sockerbetor och majs. Svinamarant är ett vanligt förekommande ogräs i stora delar av världen. Arten är av C4-typ och har endast förekommit sporadiskt i södra Sverige. Risken är stor att både hönshirs och svinamarant etablerar sig om konkurrenssvaga grödor som majs ökar i kombination med torrare och varmare somrar. (Henriksson, 2009)

Ökad andel höstsådda grödor i växtföljden gynnar vinteranuella ogräsarter. Arter som åkerven, renkavle och sandlosta får möjlighet att bygga upp kraftiga populationer som kan kräva en ökad herbicidinsats. Grön kavelhirs (*Setaria viridis*) är ytterligare en art som finns i Sveriges närhet i dag och som gynnas av en större andel höstsådda grödor. (Henriksson, 2009)

Ökad andel höstsådda grödor minskar också tidsutrymmet för att mekaniskt bearbeta jorden. Detta gynnar arter som gråbo och jordmandel (*Cypereus esculentus*).

I dag är kvickrot, åkerven och vitgröe de mest problematiska gräsogräsen. Vid en klimatförändring kommer vitgröe troligtvis att gynnas medan kvickrot missgynnas.

Bland örtogräsen dominerar i dag målla och då i vårsådda grödor och baldersbrå, våtarv och lomme i höstsådda grödor. Det finns dock få uppgifter idag på hur örtogräsen kommer att påverkas vid en klimatförändring.

5.4 Ogräsbekämpning

Effekten av en ogräsbehandling kan komma att minska i ett framtida klimat. Koldioxidhalten påverkar bladtjockleken och klyvöppningarna som i sin tur påverkar plantans upptag av ogräsmedel. Även rhizomtillväxten stimuleras av en ökad koldioxidhalt. Rotogräs som t.ex. åkertistel kan bli mer svårbekämpade då kvoten rot/skott ökar. I praktiken innebär detta mindre bladvolym att spruta på i förhållande till rotmassan. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Den fytotoxiska persistensen hos jordverkande herbicider minskar med högre temperatur. För att kompensera försämrad effekt kommer doserna att behöva höjas. Denna tendens omfattar säkert flertalet jordverkande herbicider. Ett exempel är utvecklingen för isoproturon. Enligt beräkningar som gjorts utifrån de klimatförändringar som skett mellan 1980 fram till 2001 har effekten av isoproturon minskat med 25 procent. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

6 Markstruktur

Markstrukturen kan komma att påverkas på flera sätt. Minskat antal dagar med minusgrader under vinterhalvåret reducerar sönderfrysningen av lerjordarna. Detta kan eventuellt uppvägas av en förlängd torrperiod under sommarhalvåret. (Fogelfors, et al., 2008)

Omsättningen av organiskt material kommer att öka i ett varmare klimat. Ökad andel vinterbevuxen areal motverkar denna utveckling medan en ökad majsareal påskyndar nedbrytningen. (Fogelfors, et al., 2008)

7 Nya grödor

7.1 Sammanfattning

Vid en klimatförändring beräknas odlingsgränsen för grödorna flyttas norrut. Förändringar i så- och skördetidpunkt förväntas då vegetationsperioden förlängs. På grund av Sveriges långdagsförhållande minskar möjligheten att introducera nya grödor som härstammar från sydligare breddgrader. Det kommer därför att krävas inhemsk sortförädling för att anpassa nya arter till svenska ljusförhållanden. (Fogelfors, et al., 2008)

7.2 Förändrad grödfördelning

Grödfördelningen har stor betydelse för hur produktionsutvecklingen kommer att se ut. I Västerbotten skulle den sammanlagda produktionsökningen bli 56 procent om nuvarande arealfördelning består. Om arealfördelningen förändras mot den som finns i Mälardalen i dag beräknas den totala produktionsökningen endast motsvara 26 procent. Anledningen är att vallen är så dominerande i dag och att denna förväntas avkasta mer i förhållande till höstvetet. I Mälardalen beräknas produktionen öka med 27 procent vid en förändrad grödfördelning liknande den som finns i Skåne i dag. Med bibehållen grödfördelning beräknas avkastningsökning i Mälardalen stanna vid 19 procent. För Skånes del måste vi jämföra med andra länder för att bedöma vilken förändring som kan komma att ske avseende grödfördelning. (Eckersten, et al., 2007)

7.3 Sojaböna

Odling av sojaböna i Sverige är inget nytt. Redan på 1940-talet provades sorter som kunde tänkas passa på dessa breddgrader. Den stora utmaningen i odlingen har och är fortfarande att sojabönan har ett högt temperaturberoende för att blomma. Avkastningsmässigt har sojabönan gett skördar på runt 1,5 ton/ha under svenska förhållanden. Med en fortsatt utveckling av odlingsteknik och sortprövning bedöms avkastningen kunna höjas till 2,0 ton/ha. Sojabönan kräver en lång vegetationsperiod.

Bönan sås sista veckan i maj och skördas i slutet av september till mitten av oktober. (Fogelberg, 2009)

I nyare danska odlingsförsök har ett såddjup på 2-3 cm samt minst 25-35 plantor/m² varit riktmärken för en god avkastning. Ett radavstånd på 50-75 cm har ökat avkastningen med 300 – 500 kg/ha i jämförelse med 12,5 cm radavstånd. Ympning med bakterien *Bradyrhizobia japonicum* rekommenderas trots att försöksresultaten inte är entydigt positiva. (Petersen, 2009)

7.4 Hösthavre

För hösthavre är det främst låga vintertemperaturer som försämrar övervintringen. Men även omväxlande temperaturer med plus- och minusgrader under vintern försämrar havrens övervintringsförmåga. Svenska fältförsök med hösthavre har visat att det finns linjer som tål de vinterförhållande som råder idag upp till Västra Götaland. I dagsläget är dock de mest hårdiga linjerna behäftade med andra icke önskvärda egenskaper, vilket gör odling av dem ointressant. Förädling pågår och i kombination med mildare vintrar förväntas sorter anpassade för södra Sverige vara tillgängliga för odling om ca 10 år. (Bräutigam, 2009)

7.5 Växelvete

Växelvete är i grunden vårvetesorter med vinterhårdighet. Växelvete odlas i dag i områden i Storbritannien och Tyskland. Även i Sydsverige prövas odlingen av växelvete. Växelvete mognar samtidigt som tidiga sorter av höstvete. Avkastningspotentialen för växelvete är högre än för vårvete och även högre än för höstvete sått senare än 20-25 oktober. I regioner med torrare klimat som Öland, Gotland och sydöstra Skåne kan växelvete i ett framtida klimat komma att bli ett alternativ till vårspannmål. Efter sent skördade förfrukter som vall, majs och sockerbetor kan växelvete etableras eftersom optimal såtidpunkt är i månadsskiftet oktober- november. Svårigheter kan vara etablering under blöta förhållande, fågelskador under uppkomstskedet samt svag stråstyrka. (Thorell, 2009)

7.6 Vinterbetor

Vinterbetor kan komma att bli ett komplement till den vårsådda betan. Övervintringen är med nuvarande sortmaterial inget problem. Det krävs dock sortförädling för att få bort problemet med stocklöpningen. Sortförädling pågår och med hjälp av GMO-teknik kan sorter utan risk för stocklöpning finnas på marknaden om ca 10 år. (Olsson, 2009)

7.7 Kärnmajs

Utbredningen av odlingsområdet för majs till mogen skörd förutsätter en ökning av temperaturen. Redan vid en ökning med 1°C jämfört med medeltemperaturen för referensperioden 1961-1990 är odling möjlig i Skåne och utmed Västkusten. Vid en höjning med 2°C utökas odlingsområdet till att omfatta större delen av Götaland och södra Svealand. Vid en 3-gradig höjning blir odlingen möjlig på Småländska höglandet. Runt år 2080 bör odling av majs till mogen skörd vara möjlig i hela Götaland och Svealand. (Eckersten, et al., 2007)

7.8 Solros

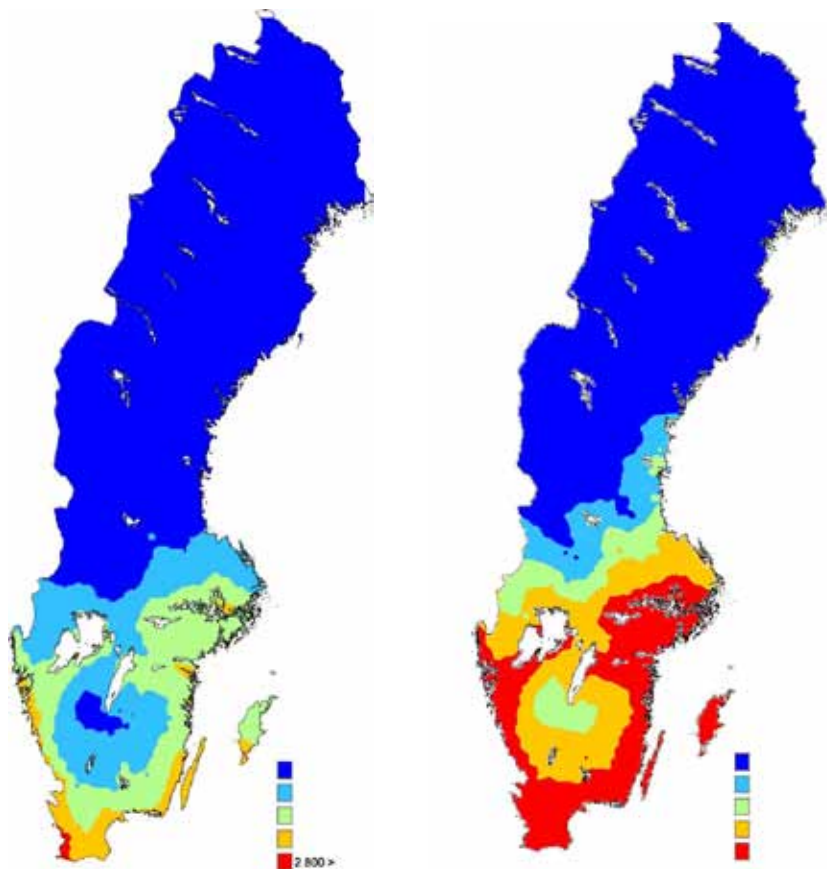
Enligt (Eckersten, et al., 2007) kommer det inte att finnas klimatologiska förutsättningar för en kommersiell odling av solros i Sverige före år 2080. Även (Harrison, 1995) har prognostiserat solrosens intåg på den svenska åkern till år 2080. Odlingsområdet kommer då att sträcka sig upp till Mälardalen. Solrosen är beroende av en lång vegetationsperiod med mycket soltimmar. Optimal såtidpunkt är då jordtemperaturen överstiger 10°C.

7.9 Durumvete

En odling av Durumvete i Sverige kommer bli möjlig i framtiden. Vete-typen trivs bäst i ett varmt och torrt klimat. Därför kan den bli aktuell för odling i de sydöstra delarna av Sverige. Ursprungligen kommer durumvete ifrån medelhavsländerna. Idag odlas durumvete med goda skördar i de inre delarna av Tyskland. På Ven i Öresund återfinns den nordligaste odlingen av durumvete. Berg, G. (2010)

2010

2040



Figur 4. Områden som lämpar sig för odling av kärn- och ensilagemajs idag och runt år 2040. De röda områdena är lämpliga för odling av kärnmajs. Odlingsområdet för ensilagemajs begränsas norrut av det mörkblå området. Beräkningarna är utförda av Kjell Gustafsson och Knud Nissen SVL, med hjälp av väderdata hämtade från SMHI.

8 Bevattning

8.1 Sammanfattning

Minskad nederbörd sommartid kommer att leda till att större arealer och fler grödor får ett bevattningsbehov. För att säkra produktionen på de lätta jordarna behöver bevattningen öka i omfattning jämfört med idag.

Vattenuttag från mindre ytvatten kommer att bli än mer begränsat än idag. Grundvattenmagasinen kommer troligtvis att fyllas på under det nederbördsrika vinterhalvåret. Endast i de sydöstra delarna av Sverige tros grundvattennivåerna kunna sjunka. I dessa områden kan uttag av bevattningsvatten bli begränsat.

8.2 Behov av vatten

Under månaderna juli–september bedöms nederbörden minska i Götaland och Svealand. Nederbörden som faller under denna period bedöms bli mer skurbetonad. Detta kan få till följd att vattenstressen blir större än beräkningarna pekar på. En intensiv regnskur ger mer avrinning och mindre växttillgängligt vatten än ett sammanhängande regnområde. Skurar ger också en ojämnt fördelad nederbörd. Därför kan vattenunderskottet förväntas skilja sig mer åt lokalt än regionalt och vissa år kan man lokalt komma att uppleva ett större underskott än de beräknade 15-80 mm. (Eckersten, et al., 2007)

Förändringen i bevattningsbehov kan uttryckas som differensen mellan förändringen i nederbörd och förändringen i avdunstning samt förändringen i avrinning. Avrinningen är generellt sätt liten på sommaren så differensen mellan förändringen i nederbörd och förändringen i avdunstning avspeglar förändringen i bevattningsbehov ganska väl. Om nederbörden minskar samtidigt som det blir varmare och torrare så borde avdunstningen öka. Därmed borde bevattningsbehovet öka mer än nederbördsminskningen. Enligt Eckerstens beräkningar kommer förändringarna i nederbörd vara överordnade förändringarna i avdunstning. Bevattningsbehovet beräknas därför öka i samma storleksordning som nederbörden minskar. Dessa siffror får ses som en fingervisning. För en noggrannare analys måste man beakta när i perioden regnet faller och på vilken jordtyp. (Eckersten, et al., 2007)

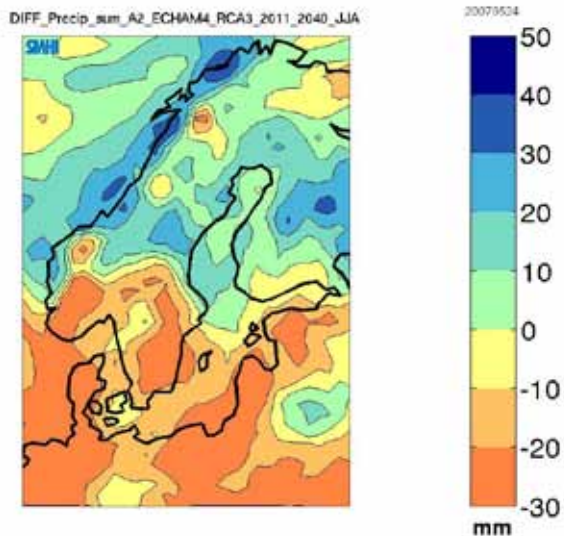
Växtens ökade avdunstning i samband med ökad tillväxtpotential uppvägs troligen av att vattenutnyttjandet blir effektivare vid högre koldioxidhalt. Därmed påverkar dessa faktorer inte markvattenhalten utan förändringen av mängden växttillgängligt vatten kan förklaras av ett förändrat nederbördsmonster. (Eckersten, et al., 2007)

8.3 Tillgång till vatten

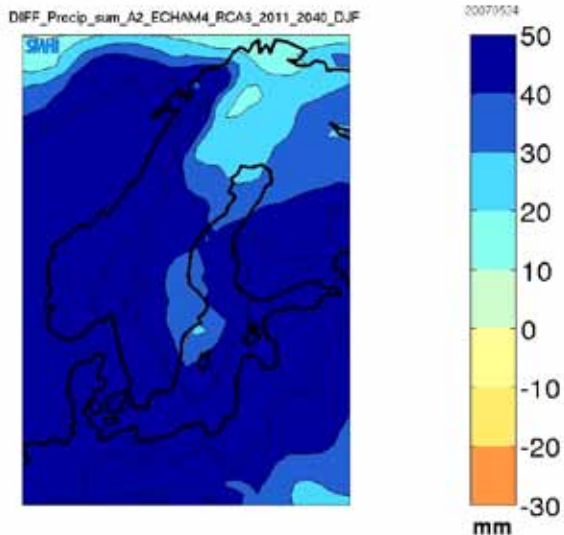
Arealen som bevattnas i Sverige idag uppgår ett år med normal nederbörd till 56 000 ha. Ett torrår ökar den bevattnade arealen till 96 000 ha. Huvuddelen av vattnet, 75 %, tas från ytvattentäkter. Resterande tredjedel av vattenuttaget sker från grundvattentäkter. (SCB, 2000)

Vattentillgången i mindre vattendrag och sjöar påverkas i hög grad av den minskade nederbörden under sommarmånaderna som klimatförändringarna kan komma att innebära. Grundvattennivåerna däremot kan komma att påverkas positivt om årsnederbörden ökar såsom klimatmodellerna visar. Grundvattennivåerna bedöms kunna öka med några decimeter i större delen av landet vid en framtida klimatförändring. Undantaget gäller sydöstra delen av landet där grundvattennivåerna beräknas sjunka. Bildningen av grundvatten i detta område är liten redan idag. I sydöstra och östra delarna av landet kommer bevattningsbehovet att öka samtidigt som vattentillgången i området minskar. (Jordbruksverket, 2009)

Nivåerna i grundvattentäkterna kommer att minska under torrperioder. I de sydöstra och östra delarna av landet bör den framtida vattentillgången därför säkras på annat vis. Nivåerna i sjöar och stora vattendrag förväntas däremot inte sjunka så att det blir problem med vattenuttaget i framtiden. I små vattendrag och små sjöar bör man dock planera för att begränsningar i vattenuttag kan komma att bli aktuella. Här bör andra källor för vattenuttag undersökas. (Jordbruksverket, 2009)



Figur 5. Förändring i nederbörd under sommaren (juni-augusti) år 2011-2040 jämfört med referensperioden 1961-1990.



Figur 6. Nederbördsförändring under vintern (december-februari) år 2011-2040 jämfört med referensperioden 1961-1990.

9 Markavvattning

9.1 Sammanfattning

Klimatförändringarna förväntas öka nederbördsmängderna och behovet av avrinning vintertid (oktober–mars). Sommartid förväntas nederbördsmängderna att minska men risken för extrema vädersituationer med intensiva regn bedöms kunna öka. En väl fungerande dränering kommer att bli avgörande för hög och jämn produktion.

9.2 Behov av dränering

Jordbrukets krav på en väl fungerade dränering är i dag inte lika stort vintertid som under odlingssäsongen. Ett varmare klimat kan dock innebära att vårbruket kan starta tidigare och då är det viktigt att dräneringen är effektiv även under vinterhalvåret, så att vattenöverskottet leds bort och marken torkar upp tidigt. Jordbrukets grödor klarar i regel att det rinner vatten på markytan under kortare perioder. Men i framtiden är det är troligt att översvämningar kommer oftare och att marken ställs under vatten under längre tid. Därmed ökar risken för skador.

Det är framför allt på lerjordarna som effekterna av ökade regnmängder och högre temperaturer kommer att få stora konsekvenser. På dessa jordar ökar markpackningen, jordens genomsläpplighet minskar och tjälens luckrande inverkan uteblir. (SJV, Klimatförändringen och täckdikningen, 2009)

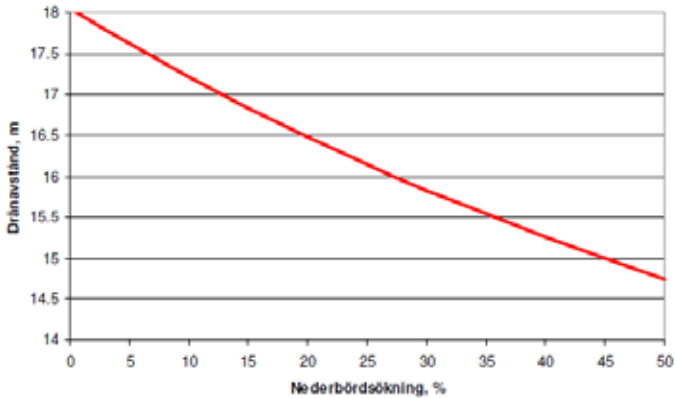
Även ökade flöden och stigande vattennivåer i sjöar, hav och vatten drag kan medföra att huvudavloppen kommer att dämna för täckdikningssystemen så att dessa får sämre avrinning. Risken för skador i marken ökar därmed. Även täckdikenas stamledningar bedöms ha alltför liten kapacitet för att klara de förväntade högre vattenflödena i ett framtida klimat.

9.3 Åtgärder som förbättrar genomsläppligheten

9.3.1 Grusning och slitsdränering

Grusning är ett sätt att förbättra jordens genomsläpplighet. Vid återfyllning efter täckdikning är det i tätta jordar såsom lerjordar lämpligt att

Tätare mellan dräner vid ökad nederbörd



Figur 7. Sambandet mellan förändringen i nederbörd och optimalt avstånd mellan täckdikningen (Lindmark, 2009)

punktvis, med jämna mellanrum, grusa upp till markytan. Det är också bra att minska avståndet mellan täckdikena. Om nederbörden ökar med en viss procent kan det vara skäligt att minska avståndet med samma procentandel. (SJV, Klimatförändringen och täckdikningen, 2009)

Kostnaden för grusning är en betydande del av kostnaden för nytäckdikning. Ett sätt att hålla nere grusningskostnaden är att utveckla smalare grävaggregat, så att täckdikningens grendiken kan grävas smalare. (Malm, 2009)

Ett smalare grävaggregat skulle också göra det billigare och enklare att åtgärda en packningsskada genom att göra en grusfylld slitsdränering tvärs över de befintliga dräneringsledningarna. Slitsdräneringen ska då göras så djup att den når ned till den befintliga dräneringens grusfyllnad. En slitsdränering kostar ca 2 000 kr per 100 m för maskinkostnad och grus, att jämföra med en dräneringsslang som inklusive alla kostnader kostar mellan 2 000-3000 kr per 100 m beroende på om man använder täckdikningsplog, kedjegrävare eller grävmaskin. Eftersom framkörningskostnaden för maskinerna blir hög om man bara ska dränera små områden kan slitsdränering och punktvis grusning vara ett alternativ för små områden mindre än 5-10 ha. (Malm, 2009)

9.3.2 Genomsläpplig jord ner till grusfiltret

Genom att vara noga med att föra ner matjord till grusfiltret i rörgraven vid täckdikning kan vattnet tränga ner bättre till dräneringsledningen. Alven har sämre genomsläpplighet. Denna metod användes i stor utsträckning på den tiden man handgrävde diken och går att tillämpa även idag om man använder en grävskopa. En kedjegrävare blandar alv och matjord och fungerar därför inte. Ett annat alternativ vore att blanda jorden som läggs tillbaka med strukturkalk för att förbättra aggregatstabiliteten.

9.3.3 Var rädd om det organiska materialet

På gårdar som inte har djur bör halmen brukas ner i stället för att tas bort eller brännas. Nedbrukad halm bibehåller mullhalten och förbättrar förutsättningarna för maskar och andra organismer att existera och bidrar till luckrandet och genomsläppligheten i jorden.

9.3.4 Minska markpackningen

Markpackning är ett bekymmer på lerjordar. En anpassning till den klimatrelaterade packningen kan vara att använda lättare maskiner eller maskiner med lägre marktryck eller att koncentrera marktrycket till fasta körspår. Att välja en bra tidpunkt för jordbearbetning kommer att få än större betydelse vid en framtida klimatförändring, t.ex. att hinna med en tidig höstbearbetning före höstregnen. Jordbearbetning vid optimal vattenhalt är alltid att föredra för att minimera packningsskadorna.

9.3.5 Strukturkalka

Att strukturkalka lerjordar kan förbättra genomsläppligheten. Då används en kalk med så hög andel släckt kalk (CaOH) som möjligt. Vid strukturkalkning är det viktigt att kalken blandas in noggrant i jorden för att den ska reagera med så stor andel av jorden som möjligt och på så sätt förbättra aggregatstrukturen. (Uhlén, 2009)

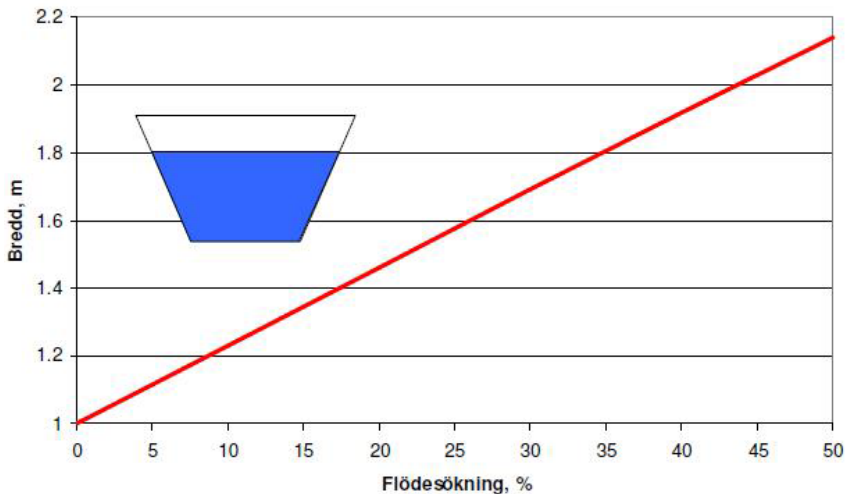
9.3.6 Åtgärder som förbättrar ledningssystemens avbördningskapacitet

Genom att anlägga eller förbättra kantdiken, så att vattenflöden in på åkermarken begränsas, minskas vattenmängderna som behöver ledas bort från åkern. (Malm, 2009)

Dimensionen på täckdikningens stamledningar kan ändå behöva ökas. Huvudavvattningen måste ha tillräcklig kapacitet för större flöden och vattennivåer. Den befintliga huvudavvattningen kan behöva både fördjupas och breddas. Kostnaden för att fördubbla kapaciteten på stamledningen ligger mellan 1 000-2 000 kr per hektar om man dimensionerar upp innan man lagt ned ledningen. Har man en befintlig stamledning och tror sig behöva byta ut den är kostnaden minst 3 000-6 000 kr per hektar. (Malm, 2009)

Att anpassa befintlig täckdikning till större avrinning berör normalt bara den egna marken och kräver därför inte tillstånd. Komplettering av befintlig täckdikning faller heller inte in under begreppet markavvattning eftersom syftet är att behålla markens lämplighet för ett visst ändamål, inte att öka lämpligheten. (SJV, Klimatförändringen och Juridiken, 2009)

Bredare diken för ökat flöde (vid bibehållen vattenyta)



Figur 8. Sambandet mellan dikesbredd och flödeförändringen (Lindmark, 2009)

10 Höjning av havsnivån

I Sveriges kustlandskap kommer markavvattningsföretagen påverkas när havets nivå höjs. Avrinningen bromsas upp av motståndet från havsvattenståndet. Om dikningsföretagens utlopp däms påverkas hela systemet uppströms. De lågt belägna kustnära markerna kommer inte att kunna dräneras till det djup som behövs för att kunna brukas optimalt. Dessutom kan saltvatten tränga in i ledningar som mynnar i havet och skada grödor. Det kan då bli aktuellt med invallning och att pumpa ut vattnet.

I Skåne förväntas havsnivån bli mellan 38 och 79 cm högre under de närmaste 100 åren jämfört med i dag (SJV, Klimatförändringen och dikningsföretaget, 2009). Det är den pågående landsänkning i södra Sverige, som i kombination med havets nivåhöjning, förvärrar situationen jämfört med kustlandskapen i norra Sverige.



11 Regionala odlingsförutsättningar år 2040

11.1 Götaland

11.1.1 Sammanfattning

Vädret i Götaland har under den senast 15-årsperioden blivit drygt 1 grad varmare i medeltal över året. Simuleringar av klimatförändringarna fram till år 2040 pekar på att temperaturen kommer att öka med ytterligare drygt 1 grad, främst vintertid.

Vegetationsperioden kommer att bli successivt längre och framför allt är det våren som blir tidigare än idag. I södra delarna av Götaland närmar sig vegetationsperioden 240 dagar medan de norra och innersta delarna av Götaland kommer att få lika lång vegetationsperiod som Skåne har idag. Om fälten torkar upp tidigt på våren kan växtodlingssäsongen komma igång tidigt. För detta krävs bra dränering av fälten eftersom nederbörden under vinterhalvåret kommer att öka i hela regionen.

11.1.2 Odlingsförutsättningar runt år 2040

Simuleringar av klimatförändringarna fram till år 2040 pekar på en temperaturhöjning med 1,0 °C under vintern och 0,5-1,0 °C under vår, sommar och höst jämfört med idag, år 2010. Ökningen förutspås bli störst på Gotland och längs Östersjökusten.

Vegetationsperioden i södra Götaland förlängs från 270 dagar till 340 dagar år 2040. I norra och de inre delarna av Götaland ökar vegetationsperioden från runt 200 till 270 dagar. Det betyder att de norra delarna av Götaland kommer att få en lika lång vegetationsperiod år 2040 som Skåne har haft under perioden 1961-1990. En större del av ökningen kommer att ske redan under de närmaste decennierna. Redan idag har vegetationsperioden förlängts med tre veckor om man jämför med medellängden mellan åren 1961-1990. Beräkningar visar att våren tidigareläggs i större utsträckning än vad hösten förlängs (Fogelfors, et al., 2008). Förlängningen av vegetationsperioden kommer att gå fortare i den södra landsändan.

Nederbördsmönstret i Götaland kommer att förändras med mindre regn i juli och augusti. Under den senare halvan av seklet tenderar nederbörden att minska även tidigare på sommaren, kring midsommar. Det finns en tendens till ökad frekvens av försommartorka under de närmaste årtionena. Under seklets andra hälft tycks dock nederbörden öka under försommaren. Ökade nederbördsmängder är att vänta under senhöst och vinter. Scenariot B2 avviker här endast marginellt från A2. (Fogelfors, et al., 2008)

En ökad koldioxidhalt sänker växternas transpirationsbehov utan att tillväxten påverkas eftersom klyvöppningsmotståndet ökar. Det är osäkert hur stor påverkan denna faktor har för växternas vattenhushållning. Ökad temperatur leder annars till ökad tillväxt och större transpiration, vilket borde bli tydligast på våren då temperaturen är den viktigaste tillväxtbegränsande faktorn. (Eckersten, et al., 2007)

Under perioden oktober-mars ökar nederbörden för att under april vara oförändrad. Generellt ser det ut att bli torrare under juli-september. Simuleringar som gjorts tyder på att ett vattenunderskott kan uppstå under perioden maj-september. Vattenunderskottet under vegetationsperioden skulle enligt beräkningarna kunna vara i storleksordningen 15-80 mm. Höstgrödorna påverkas i mindre utsträckning än vårgrödorna då den blir skördemogen tidigare. De vårsådda grödorna kommer att befinna sig i kärnfyllnadsfasen under en eventuell torrperiod. Försämrade kärnskörd och förändrade proteinhalter i vårgrödorna ger därför de höstsådda grödorna en fördel. Grönsaksodlingarna som redan idag kräver bevattning kommer att kräva ytterligare bevattning. Man kan förvänta sig ett ökat behov av bevattningskapacitet och tillgång på bevattningsvatten. Återväxtskördarna under juli-september kan begränsas av vattenunderskottet. (Eckersten, et al., 2007)

11.1.3 Möjligheter

- Nya sorter av höstkorn och höstveten kan komma att odlas i Götaland. Arealen höstoljeväxter förväntas öka. Dess snabba utveckling under försommaren gör att den förhöjda risken för torka i juli och augusti inte påverkar grödans avkastning i samma utsträckning som grödor med senare utveckling. (Fogelfors, et al., 2008)
- Sockerbetorna är en gröda där huvuddelen av tillväxten sker i juli och september. Då tidpunkten för vårsådd inte förväntas kunna

tidigareläggas kommer det vissa år att krävas bevattning för att säkra avkastningen. (Fogelfors, et al., 2008)

- Majs till mogen skörd kommer att odlas frekvent. (Fogelfors, et al., 2008)
- Mellangrödor kommer att få en större betydelse. En vegetationsperiod som varar nästan året runt i kombination med hög vinter-nederbörd innebär ökad risken för kväveutlakning. Samtidigt kommer lerjordarna att behöva en luckring eftersom tjäle inte förväntas förekomma.

11.1.4 Risker

Insekter, svamp och ogräs

De framtida milda vintrarna kommer att ge fler arter chans att övervintra, vilket resulterar i tidigare angrepp på våren. Angrepp på grödor i tidiga utvecklingsstadier ger ofta större skördebortfall och därför är bekämpningströsklarna för t.ex. bladlöss i spannmål lägre ju tidigare angreppet sker. Virussjukdomar där bladlöss är vektorer förväntas öka i betydelse. Sammantaget förväntas bekämpningsbehovet mot skadeinsekter öka. Troligtvis kommer fler insektsbekämpningar eller mer betning med insekticider av spannmålsutsädet att krävas i framtiden.

Nya allvarliga skadegörare som majsrotbaggen, koloradoskalbaggen och majsbladlusen kommer att få klimatologiska möjligheter för etablering och övervintring i regionen. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006)

Den högre temperaturen gynnar svampsjukdomar som t.ex. Fusarium i vete, potatisbladmögel och rostsvampar i stråsäd (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006). Större angrepp av svampsjukdomar inte minst i höstvete förväntas. I den östra delen av Götaland kommer rostsvampar, vetets bladfläckssjuka och brunfläckssjuka öka samtidigt som svartpricksjuka minskar. Angreppen av axfusarios riskerar att öka både till följd av ökande temperatur och mer majsodling. Potatisbladmögelangreppen kan eventuellt etableras i fält tidigare under säsongen p.g.a. mer marksmitta men förväntas missgynnas av den torrare väderleken. Torrfläckssjukan i potatis förväntas öka i området. I väster där nederbörden inte förväntas minska i samma utsträckning kommer kornets bladfläckssjuka och potatisbladmögel samt vetets svartpricksjuka finna större utrymme än i övriga delar av regionen.

Den ökande arealen höstsådd kommer att gynna redan vanliga ogräs som vitgröe och åkerven samt skapa förutsättningar för nya ogräsarter som grön kavelhirs. Med en ökad majsodling kommer utbredningen av nattskatta att öka. De för oss nya ogräsarterna hirs och amarant kommer att kunna etablera sig i de torrare delarna av regionen med början i öppna kulturer som grönsaksodlingar, sockerbetor och majs. Flera av de arter som idag räknas till problemogräs i våra grannländer i söder kommer troligen att kunna etablera sig i Sverige runt år 2040. Klimatet spelar dock inte ensamt roll utan även Sveriges långdagsförhållande, växtföljden och jordbearbetningssystemet avgör möjligheten till spridning (Henriksson, 2009).

Väta och torka

Då den högre vinternederbörden ger en försenad upptorkning på våren kommer såtidpunkten för vårsådda grödor inte att kunna tidigareläggas i lika hög grad som vegetationsperioden startar tidigare. Den troliga trenden blir i så fall att höstgrödorna kommer att dominera växtföljderna (Fogelfors, et al., 2008). Även det faktum att sista nattfrostn riskerar att infalla vid nästan samma tidpunkt som idag hindrar en tidigare start på vårbruket. (SMHI, 2007)

Mycket nederbörd och låg ljusintensitet i kombination med höga temperaturer under vinterhalvåret är faktorer som dock kan begränsa övervintringen och omfattningen av den höstsådda arealen i regionen (Fogelfors, et al., 2008).

Kravet på dräneringssystemens kapacitet kommer att öka. Att upprätthålla god struktur på lerjordarna kommer att bli svårare då vintrar med tjäle blir mer sällsynta. Det kommer att krävas nya grepp för att upprätthålla lerjordarnas infiltrationsförmåga. Risken finns annars att höstsådda grödor inte kan etableras på de styvare lerjordarna utan att riskera utvintring till följd av syrebrist.

Nederbörden under sommarmånaderna juni-augusti förväntas minska med 10-30 mm (SMHI, 2007). Detta kommer att leda till ökat bevattningsbehov på jordar med lägre vattenhållande förmåga. Grödor som sockerbetor och återväxtskördarna av vall kommer att kräva bevattning i större utsträckning. I östra Götaland finns samtidigt en risk för sjunkande grundvattennivåer. Om bevattningsbehovet ökar på stora arealer

i detta område kan tillgången på bevattningsvatten bli begränsande.

Nederbörden under sommaren riskerar att komma mer som skurar. Detta kan få till följd att vattenstressen blir större än beräkningarna visar. En intensiv regnskur ger mer avrinning och mindre växttillgängligt vatten än en sammanhängande regnperiod. Skurar tenderar också att ge en ojämnt fördelad nederbörd över ett område. Därför kan vattenunderskottet förväntas skilja mer lokalt än regionalt och vissa år kan vissa platser komma att uppleva ett större underskott än de 15-80 mm som nämnts som möjliga. (Eckersten, et al., 2007)

Kvalitet

Sen höst, vinter och tidig vår blir mer nederbördsrik än tidigare medan risken för torra förhållanden under sommaren ökar. Fördelen är att skördeperioden troligtvis blir säkrare. Högre temperatur gör att skördetidpunkten kommer att inträffa tidigare än idag och troligen till generellt sett lägre vattenhalter. Att risken för regnskurar ökar kan dock göra att skördeskadorna vissa år kan öka.

Många analyser pekar mot större variation vad gäller skördens kvalitet och kvantitet. Till stor del beror detta på tillgång till vatten. En förhöjd koldioxidhalt bidrar till att proteinhalterna blir lägre i spannmål och vallskörd.

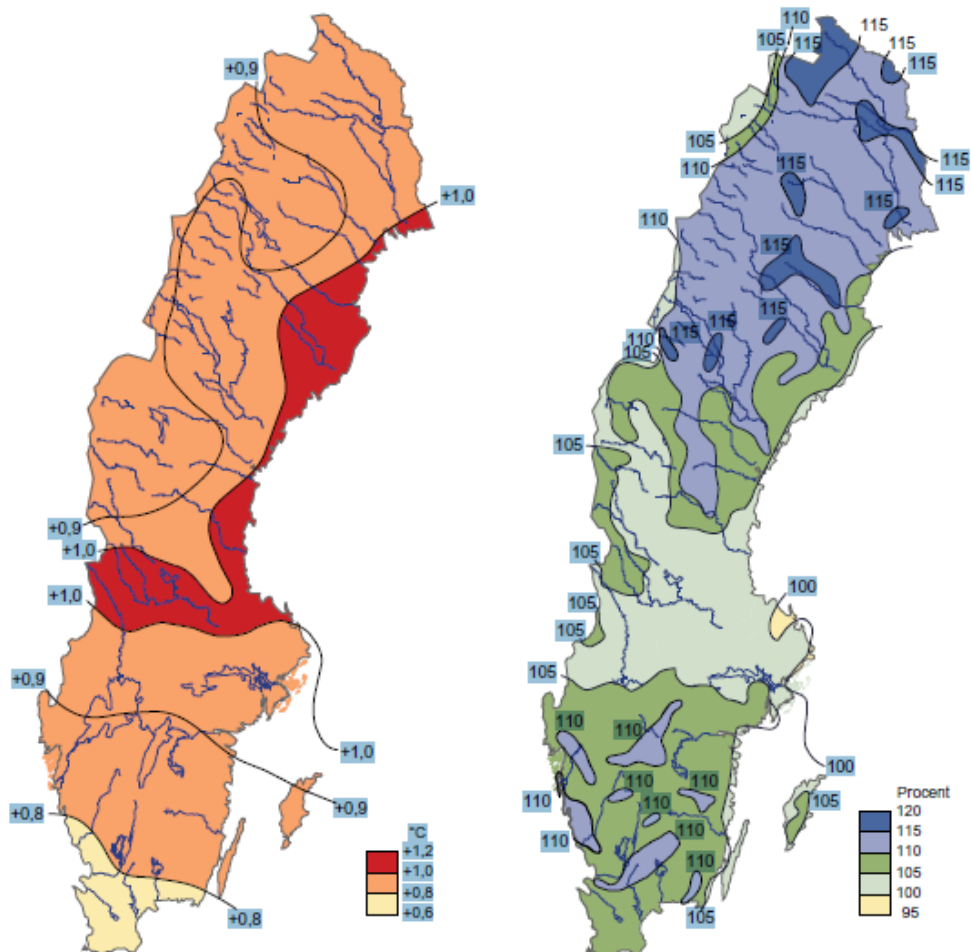
Växtnäringsförluster

Vid ökad temperatur ökar kvävemineriseringen men för att få upp proteinhalterna kommer kvävegödslingen att behöva ökas. Detta tillsammans med ökad vinternederbörd talar för ökat läckage av kväve och fosfor under den blöta perioden. Risken för utlakning ökar även av att skörden infaller tidigare vilket ger en längre period på hösten med bar mark. Även ändrad gröddfördelning kan bidra till ökade växtnäringsförluster, t.ex. om majs i högre grad ersätter vall som foder.

Troligt är att det kommer att bli viktigare med fånggrödor och mellangrödor.

Temperaturförändringar från perioden
1961–1990 till 1991–2005

Nederbördsförändringar från perioden
1961–1990 till 1991–2005



Figur 9. Förändringar i årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd som redan har inträffat. Bilderna visar förändringarna från referensperioden 1961-1991 fram till perioden 1991-2005. (SCB, Statistisk årsbok, 2009)

11.2 Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands, Örebro, Värmlands, Dalarna och Gävleborgs län

11.2.1 Sammanfattning

Vädret i Mälardalen och norr om Väneren har under den senaste 15-årsperioden blivit varmare med ca 1 grad i årsmedeltemperatur. Årsmedelnederbörden är i stort sett oförändrad. Går man lite längre norr ut, till Dalarna, Gävleborgs län och kusten mot Bottenhavet så är årsmedeltemperaturen 1,2 grader högre idag än för 15 år sedan. Delar av området har fått en ökning av årsmedelnederbörden med 5 procent. I tidsperioden fram till 2040 ligger den höjning av årsmedeltemperaturen vi redan sett med i den totala ökningen på 2 grader som beskrivs i samband med simuleringar av klimatförändringarna. Så vi är redan en bit på väg vilket också har märkts i praktiken med ökad höstveteodling i södra och mellersta Dalarna och ökade arealer med höstraps och majs i Mälardalen.

Vegetationsperiodens längd kommer att öka till 2040. Växtodlingssäsongen kan komma att påverkas mer på östra sidan av Sverige jämfört mot västra sidan. I Mälardalen kan man räkna med samma längd på vegetationsperioden som i Västra Götaland idag. Hudiksvall och Siljansbygden kan få samma vegetationsperiod som Mälardalen har idag.

11.2.2 Odlingsförutsättningar runt år 2040

Modellberäkningar av klimatförändringarna visar att årsmedeltemperaturen kommer att öka med ca 2 grader i länen (SMHI, www.smhi.se/klimatdata). Den största förändringen är att vintrarna blir varmare, en tendens som förstärks ju längre norrut vi kommer. Vårarna och höstarna blir också varmare, även om temperaturökningen inte blir lika stor som på vintern. Från Örebro län och västerut kommer medeltemperaturen att öka över hela året. I de östra delarna kommer däremot inte sommartemperaturen att öka. Runt Mälaren och Hjälmaren låg årsmedeltemperaturen under perioden 1961-1990 mellan 5,1-5,8 grader (SMHI, www.smhi.se/klimatdata). Med en temperaturökning om 2 grader blir årsmedeltemperaturen runt år 2040 densamma som den var i Skåne under perioden 1961-1990, 7,2 grader. Värmlands, Gävleborgs och Dalarnas län hade under perioden 1961-1990 en medeltemperatur på 4,2, 3,4 respektive 2,5 grader. En höjning med 2 grader i dessa län skulle ge samma

medeltemperatur som den som har varit i Östergötland och Mälardalen under perioden 1961-1990.

Årsmedelnederbörden tenderar att öka med ca 5 procent i länen. Det är främst vinternederbörden som ökar kraftigt, med 10-20 procent. Vårarna kan antingen komma att bli rejält blötare eller något torrare beroende på vilket scenario man tittar på, B2 eller A2. Det skiljer 20-40 procent i nederbördsmängd på våren mellan de två scenarierna. Beroende på vilket scenario som slår in så ser nederbördsfaktorn ut att kunna påverka vårsådden långt mer än vad ökad vårtemperatur kommer att göra. Sommarnederbörden påverkas inte alls enligt klimatmodellerna eller kan till och med bli mindre i länen runt Mälaren. Höstarna tenderar att bli blötare i länen närmast Mälaren medan nederbördsökningen norr- och västerut är marginell. Årsmedelnederbörden är i dagsläget lägst i Södermanland, 601 mm, och högst i Värmland, 733 mm. Däremellan fördelar sig länen efter regnmängd i nord-västlig riktning (SMHI, www.smhi.se/klimatdata). En ökning av regnmängden med 10-20 procent motsvarar alltså en total nederbördsökning på 60-140 mm i de olika länen.

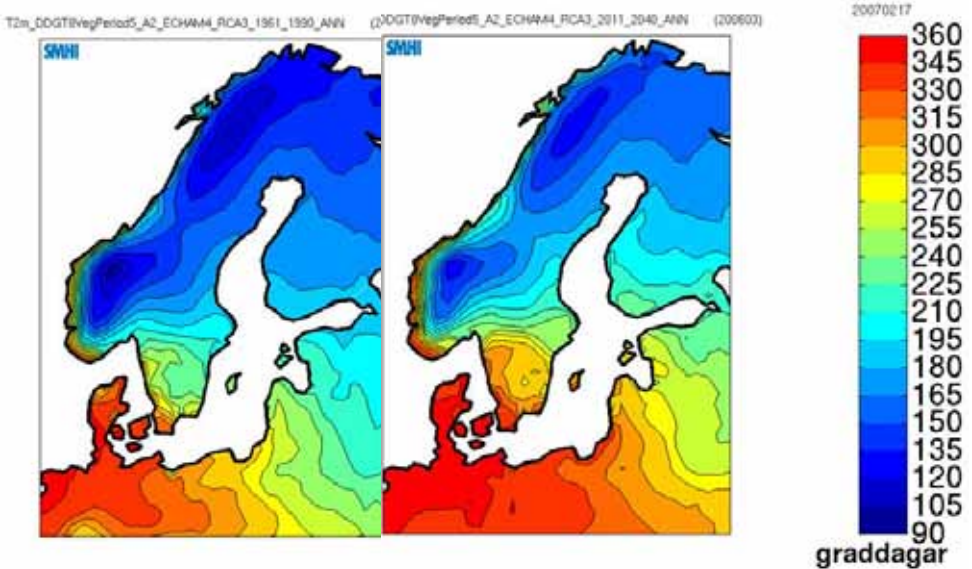
Vegetationsperiodens längd kommer att öka med 30-50 dagar fram till 2040 vilket motsvarar en förflyttning av den vegetationsperiod som rådde i västra Västergötland under perioden 1961-1990 upp till Mälardalen och rådande vegetationsperiod i Mälardalen upp till Hudiksvall och Siljansbygden (SMHI). Förlängningen av vegetationsperioden tenderar att ske främst på våren (Fogelfors, et al., 2008) Simuleringarna är för scenariot A2. (SMHI)

11.2.3 Möjligheter

En längre odlingsäsong ökar chansen till större skördar så länge skadegörare, ogräs och torka kan hållas i schack.

Med längre vegetationsperiod men eventuellt blötare vårar kommer höstgrödornas fördelar att överväga vårgrodornas. Å andra sidan är blötare och varmare vintrar inte gynnsamt för höstgrödornas övervintring om det förblir barmark och mycket frostnätter.

I området runt Mälardalen har odlingen av majs och höstoljeväxter redan ökat (SCB, Statistisk årsbok, 2009). Orsaken är längre växtodlingsäsong och vinterhårdigare sortmaterial. Intresset för höstkorn är stort men den praktiska odlingen är fortfarande i sin linda. Det som



Figur 10. Vegetationsperiodens längd under referensperioden 1961-1990 och perioden 2011-2040. Simuleringarna är för scenariot A2. (SMHI)

oftast knäcker bestånden i Svealand i dag är om det tinar och fryser ett antal gånger på vårvintern med isfläckar och uppfrysningsskador som följd.

I de nordligare länen har odlingen av höstvetete och våroljeväxter ökat (SCB, Statistisk årsbok, 2009). Höstrybs och hybridhöstraps har också provats men, än så länge med måttlig framgång. Att odla höstoljeväxter är fortfarande en chansning då risken för utvintring fortfarande är stor.

11.2.4 Risker

Insekter, svamp och ogräs

Insekterna kommer att bli aktiva betydligt tidigare på våren jämfört med idag eftersom vegetationsperioden tidigareläggs, vilket torde orsaka ökade angrepp på vårsådda grödor. I dag sammanfaller vårbruket ganska väl med vegetationsperiodens start (Eckersten, et al., 2007). Större mängd insekter vid vårsådden och risken att vårgrödan utsätts

för virussjukdomar i ett tidigare utvecklingsstadium kommer att öka behovet av bekämpning, om inte andra förebyggande åtgärder kommer att öka såsom användning av motståndskraftiga sorter. Om våarna inte blir blötare, såsom scenario A2 visar, kommer även odlingssäsongen att starta tidigare eftersom jordarna torkar upp i takt med att värmen kommer. Denna utveckling minskar risken för problem med insekter i vårsåden på våren.

Insekterna gynnas också av höga temperaturer på sommaren och bekämpningsbehovet kan tänkas öka även här. Bladlöss gynnas av ökade temperaturer och kan komma att öka spridningen av rödsotsvirus och olika potatisvirus.

Mälardalen har redan idag problem med vetedvärgsjuka som orsakas av ett virus som sprids av en strit. Med längre höstar kommer striten att ha längre tid på sig att infektera höstveteplantorna. Bli dessutom våarna varmare vaknar den tidigare och eventuell bekämpning måste tidigareläggas. Alternativt växer höstvetet förbi sina känsliga stadier tidigare vilket kan bromsa vårinfektionen.

I Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län är dvärgskottssjuka ett annat bekymmersamt virus som också sprids av stritar. Det är främst havre och till viss del korn och vårmete som drabbas och risken ökar med vallinsådd i vårgrödan. Med ett varmare klimat och större grödvariation i växtföljden borde problemet minska och förskjutas längre norrut.

Svamptrycket kan komma att öka såvida inte vårar och somrar blir torrare. Den svampflora som finns i södra Sverige idag kommer att få klimatomständiga förutsättningar för att etablera sig i större utsträckning i Svealand. Gulrost, brunrost, mjöldagg, vetets svartpricksjuka och axfusarios kan öka i betydelse.

Med ökande mängd höstgrödor kommer vinterannuella ogräs att gynnas framför sommarannuella. Troligen kommer också problemgräs-ogräsen åkerven och renkavle att vandra norr över vartefter förhållandena blir gynnsamma.

Väta och torka

Vattentillgång och vattenöverskott är nog de två faktorer som kommer att få störst påverkan på växtodlingen i Svealand. Infaller scenario A2 kommer våarna att bli lika dem som vi har idag vilket innebär en snabb upptorkning. Detta gynnar de stora mjälajordsområdena i Värmland och

Dalarna och lerjordarna i Mälardalen. En tidig vårsådd ökar möjligheten till större skördar. Likaledes missgynnas samma områden om våarna blir regnigare såsom det förutspås i scenario B2. Mjälajordarna är speciellt känsliga eftersom ytan lätt slår ihop vid skyfall och vid upptorkningen blir ytan som ett hårt cementlock där varken vatten eller luft kan passera.

Vårvetejordarna i Örebro län, som är låglänta mulljordar och som odlas tack vare invallningar mot Hjälmarens, ligger i riskzonen för att få stora problem med vatten om vinternederbörden ökar. Många invallningar och pumpkapaciteter är dåligt efterhållna. Om skyddsvallarna runt Hjälmarens inte håller bedöms 4 000 ha åkermark ställas under vatten vid den dimensionerade 100-årsnivån om +22,90 meter över havet (SJV, Klimatförändringen och invallningen, 2009). En 20-procentig ökning av vinter- och vårnederbörden motsvarar 60-100 mm som ska pumpas bort.

I Värmland påverkas en stor del av åkerarealen av Klarälvens flöde. I Gävleborgs län ligger mycket åkermark i Ljusnan och Voxnans dalgångar. I Dalarna rinner Dalälvarna genom hela länet. Med ökade vårfloder finns risk för att vårbruket i dessa områden försenas ytterligare jämfört med idag.

Under sommaren 2009 då det periodvis regnade häftigt var det många hektar som ställdes under vatten i Svealand. I vissa fall berodde det på att dikessystemen är dåligt underhållna och behöver rensas och repareras. På låglänta marker klarade inte jordarna av att infiltrera vattnet i så stor mängd, utan det stod kvar och dränkte grödorna.

Om regnen kommer mer i skyfall med långa perioder av torra dess- emellan är det främst vallodlingen i området som påverkas med lägre skördar som följd. Ju tidigare torkan kommer desto större risk att även vårgrödorna påverkas negativt.

Kvalitet

Höstvete från Mälardalen håller oftast brödvete-kvalitet sett till proteinhalt. Ett varmare klimat påverkar växtens kolupptag som i sin tur är proportionellt mot växtens kväveupptag (Eckersten, et al., 2007). I en stråsådesgröda tas den huvudsakliga mängden kväve upp under försommaren fram till början av juni, och huvudsakliga mängden kol tas upp därefter. Resultaten från några fåtaliga beräkningar för göds-

lad gräsvall tyder på att växtens kvävebehov ökar betydligt, och att ökningen i mineraliseringen vid ett varmare och fuktigare klimat inte täcker växtens ökade behov utan att vi kommer att behöva gödsla tidigare om vårarna och mer. Om kvävegödslingen i höstvetete inte ökar skulle detta betyda sänkta proteinhalter. Å andra sidan skulle den minskande markvattenhalten i juli kunna begränsa kolupptaget och ge en ökning av proteinhalten, men troligen är denna effekt försumbar. För t.ex. maltkorn, där proteinhalten vare sig får vara för låg eller för hög, förstärker detta ett i dag reellt odlingsproblem. En stor kvävegödsling på våren i maltkorn kan orsaka för höga proteinhalter om sommaren blir torr. Om tillväxten på sommaren blir hög är dock en stor kvävegödsling önskvärd. Delade givor kanske blir lösningen trots att det hittills inte visat på förbättrade kvalitetsegenskaper i vårkorn.

Till osäkerheten kring kvävemineralisering och vattentillgång kommer att höga temperaturer under kärnfyllnaden kan påverka inlagringen av protein och proteinsammansättningen. Man kan allmänt anta att problemen kring detta ökar (Eckersten, et al., 2007). Även faktorerna för proteininlagring i grödor visar alltså en tendens till förmån för höstsådda grödor framför vårsådda grödor vid en klimatförändring.

En studie som gjorts på höstvetete visar dock på att plantans kväveupptag ökar från 106 kg N/ha till 126 kgN/ha vid en koldioxidökning från 415 till 550 ppm. Konklusionen i denna undersökning pekar på ett ökat kväveoptimum när koldioxidkoncentrationen ökar i atmosfären. (Lam, o.a., 2011)

Växtnäringsförluster

Med ökad nederbörd under vintern ökar också risken för växtnäringsförluster. En ökad temperatur under hösten ökar mineraliseringen av kväve som sedan kan spolats bort vid snösmältning och tjällossning. Större delen av Mälardalen kanske aldrig får någon tjäle utan barmark hela vintern, vilket ökar risken för förluster av både fosfor och kväve vid vinterregn. Mjälajordar, belägna i dalgångarna med risk för översvämningar, kommer inte att kunna höstsås framledes heller. Dessa utgör redan idag högriskmarker för förluster av partikelburen fosfor. Med ytterligare nederbörd ökar risken ytterligare.

Perioden mellan skörd och höstsådd kommer att öka och därmed risken för kväveförluster. Detta glapp skulle kunna minskas med ökad

insådd av fånggrödor, men i områden med problem med vetedvärgsjuka utgör just gräsmarker mellanvärd för stritarna varför intresset troligen blir lågt.

11.3 Norrbotten, Västerbotten, Västernorrland och Jämtland

11.3.1 Sammanfattning

Simuleringarna visar att temperaturen kommer att öka mest i norr och vintertid. Vegetationsperioden kommer att öka, vilket eventuellt främst kommer att vara till nytta på våren, eftersom ljusinstrålningen är lägre på hösten. Även nederbörden ökar, inte så mycket på somrarna som de andra årstiderna och allra mest på vintern. Nya grödor kommer att kunna odlas i regionen eftersom vegetationsperioden blir längre. Det är dock mycket viktigt att sortförädlingen för området prioriteras, så att sorter anpassade för regionens specifika ljus- och temperaturförhållanden tas fram.

11.3.2 Odlingsförutsättningar runt år 2040

I framtiden kommer temperaturen i Sverige att öka mest i norr och under vintertid (www.smhi.se, 2009-11-20). Den normala årstemperaturen i de fyra nordligaste länen var för referensperioden 1961-1990 mellan $-1,5^{\circ}\text{C}$ till $+1,9^{\circ}\text{C}$ och i de områden där odling bedrivs något varmare. Runt år 2040 antas årsmedeltemperaturen ha ökat med ca 2°C i alla länen (Kjellström et al. 2005). Som exempel skulle detta för Västerbotten innebära att medeltemperaturen vid kusten skulle öka från $2,7^{\circ}\text{C}$ (Fogelfors et al., 2008) till ca $4,7^{\circ}\text{C}$. Detta kan jämföras med årsmedeltemperaturen i Uppsala län för perioden 1961-1990, $5,3^{\circ}\text{C}$, och Gävleborgs län, $3,4^{\circ}\text{C}$. Till år 2085 beräknas årsmedeltemperaturen för Västerbottens kust vara $7,0^{\circ}\text{C}$, vilket är något lägre än medeltemperaturen för åren 1961-1990 i Skåne. (SMHI, www.smhi.se/klimatdata)

Den normala årsnederbörden i regionen är idag mellan 660 och 750 mm. Mest nederbörd är det i Jämtland och minst i Västernorrland. Årsnederbörden runt år 2040 kan komma att öka med ca 10 procent i Norrbotten, Västerbotten och Jämtland och något mindre i Västernorrland (Kjellström, et al., 2005). Detta innebär en ökning av årsmedel-nederbörden med ca 50 -75 mm. Ökningen kommer att fortsätta och i

slutet av århundradet beräknas t.ex. årsmedelnederbörden i Västerbottens kustland ha ökat med ca 30 procent, d.v.s. 200 mm (Fogelfors, et al., 2008).

Den största nederbördsökningen kommer att ske under vintern, men även höst och vår får mer nederbörd. Under sommaren blir det i snitt en liten ökning och troligen även en minskning under vissa perioder. I alla de fyra nordligaste länen är det normalt idag mest nederbörd under sommaren och hösten. Då nederbörden kommer att öka olika mycket under de olika årstiderna så kommer fördelningen över året så småningom att förändras.

SMHI:s historiska data för vegetationsperioden visar att denna förlängs i hela landet. Ökningen är störst på våren och i norra Sverige. Där har vegetationsperioden från perioden 1961-1990 fram till idag redan förlängts med ungefär två veckor (SMHI, www.smhi.se/klimatdata). Vegetationsperioden i norra Sverige kommer fram till 2040 däremot inte att öka lika markant som i söder. Vegetationsperioden 2011-2040 blir enligt SMHI:s simuleringar mellan 16-26 dagar längre jämfört med 1961-1990 och den största förändringen blir i södra Norrlands kustland (Kjellström et al., 2008). I Västerbottens kustland visar simuleringarna ungefär samma vegetationsperiod 2011-2040 som under perioden 1961-1990 (Fogelfors, et al., 2008).

11.3.3 Möjligheter

I de fyra nordligaste länen domineras växtföljden i dag av vall och den spannmålsgröda som odlas i störst omfattning är vårkorn. Det odlas även havre, potatis, grönsaker och energigrödor, men på förhållandevis liten areal. Grönfoder med t.ex. havre/ärt eller åkerböna/vårveete är relativt vanligt, främst som insåningsgröda för vallen. I Jämtland odlas lika mycket grönfoder som vårkorn (Jordbruksmarkens användning). Det odlas idag inte höstsäd i Västerbotten och Norrbotten. Rågvete har testats av lantbrukare på 1990- och 2000-talen, men grödan har visat sig ha för dålig vinterhärdighet. Under 2008 odlades det i Västernorrland lite höstsäd, främst rågvete men även höstveete och några hektar råg. Även i Jämtland odlades det då några få hektar råg (Jordbruksmarkens användning). I dag hinner inte alltid höstsädd spannmål mogna i norra Sverige, vilket en längre odlingssäsong bör råda bot på.

Förutom de grödor som nämnts ovan kan några andra grödor bli intressanta i framtiden. I Jämtland och i Västernorrland odlades det t.ex. lite majs 2008, ca 30-40 hektar. I Norrbotten och Västerbotten har det de sista åren odlats lite våroljeväxter, främst vårrybs på ca 50 hektar (Jordbruksmarkens användning)

Varmare och torrare somrar kommer att öka avkastningen. De bra odlingsåren är på många jordar i norra Sverige i dag de lite torrare åren. I denna region är det främst värme som behövs medan nederbörden har mindre betydelse. Varmare somrar borde kunna öka avkastningen i hela området. Vattenbrist borde i Norrbotten och Västerbotten inte kunna leda till bekymmer eftersom odlingsjordarna till stor del består av mjälrika jordar. Dessa jordar är kapillära och innehåller mycket växttillgängligt vatten. De blir sällan för torra, utan risken i dag är snarare att det blir för mycket vatten. (Ericsson, 2009)

En tidigare start på odlingssäsongen innebär också möjlighet till ökad avkastning. Potentialen för tillväxt är som störst under tidig försommar och då har en vårsådd gröda i norra Sverige i dagsläget oftast ännu inte hunnit få full kapacitet för fotosyntes (Norgren och Ericson).

Förutom möjlighet till högre avkastning skulle höstsäd samt fler sorter vårsådda grödor innebära mer varierade växtföljder samt möjlighet till en högre självförsörjningsgrad på foder. Vårvete, mer havre, mer rågvete, råg, våroljeväxter och nya sorters grönsaker kan bli aktuella grödor (Fogelfors, et al., 2008).

En längre vegetationsperiod möjliggör en större andel bete för djurgårdar med idisslare och därmed ett mindre behov av vinterfoder. Vallväxterna kommer troligtvis att ge högre skördar och en förlängd odlingssäsong möjliggör fler skördar av vall. (Fogelfors, et al., 2008)

Utvintringssvampar växer även under snön, i låga temperaturer. Ett exempel är gräsröta som behöver 3-4 månader med konstant snötäcke. Kortare sammanhängande perioder med snötäcke kan alltså minska problemen med vissa arter av svampar i denna region. När det gäller rena köldskador på växterna kan dock snön vara en fördel jämfört med barmark, eftersom den isolerar mot kylan. (Ericsson, 2009)

11.3.4 Risker

Insekter, svamp och ogräs

Behovet av växtskyddsmedel kan komma att öka i ett framtida klimat, dels på grund av ett ökat sjukdoms- och insektstryck och dels på grund av odling av för regionen nya grödor.

Varmare klimat gynnar bladlössen och risken ökar att det blir fler år med mycket bladlöss. Ökad mängd och fler generationer av bladlöss ökar risken för virus-spridning i utsädesodlingarna av potatis i Norrland (Fogelfors, et al., 2008).

Då tidsperioden mellan vegetationsperiodens start och vårbruket start förmodas öka (Eckersten et al., 2007), finns en risk att problem med fritfluga i spannmål ökar. Däremot kan risken för skada av minerarflugan minska. Söderut i Sverige har man i dag mer problem med fritflugan och mindre med minerarflugan jämfört med norra Sverige (Lindberg T., muntl.).

Ett exempel på en ny gröda som kan innebära ökat behov av bekämpning med växtskyddsmedel är oljeväxter. En ökad odling av oljeväxter kan komma att medföra att även rapsbaggarna kommer till norra Sverige i större utsträckning. Rapsbaggar påträffades i odling av rybs år 2009 i Norrbotten, men har hittills varit ett litet problem i norra Sverige.

Svampsjukdomar gynnas av varmt och fuktigt väder. Potatisbladmögel öka troligtvis något och i norra Sverige torde svampangrepp på vårsäd få ökad betydelse (Eckersten, et al., 2007).

Tidigare sådd kan göra att spannmålen blir tröskmogen tidigare. Eftersom nederbörden på sommaren inte tycks öka bör risken för bladfläcksjuka och sköldfläcksjuka minska. En tidigare skörd innebär troligtvis torrare förhållanden vid tröskning, vilket ger mindre svampproblem i den skördade varan (Lindberg, T., muntl.).

Vad gäller övervintringssvampar ges dessa nästan ideala tillväxtförhållanden om snön faller på otjälad mark vilket innebär att problemen kan öka. (Yrjas, 1998)

Väta och torka

Hög nederbörd både höst, vinter och vår kan orsaka problem vid jordbearbetning och etablering av en ny gröda. Detta kan vara till fördel för

perenna grödor, både till foder och också energi. Dock kan nya sorter behövas för att klara övervintringen i det nya klimatet.

Bete under blöta förhållanden kan leda till trampskador på betesmark och vallar vilket skulle kunna gynna fårproduktionen framför uppfödning av nötkreatur. (Fogelfors, et al., 2008)

Mildare vintrar med mer nederbörd kan antas påverka höstgrödorna mest eftersom invintrings- och vernaliseringsprocesserna kan sättas ur spel (Eckersten, et al., 2007). De mildare vintrarna kan också komma att påverka vallens liggtid negativt på grund av skador av ytvatten och isbränna (Fogelfors, et al., 2008). Perioder med töväder vintertid är inte bra eftersom växten då kan börja tillväxa och snabbt tappa sin hårdighet. Dessutom skyddar ett permanent snötäcke mot köldskador (Yrjas, 1998). Vårfrost kan också utgöra en risk för höstsäd och vall genom att orsaka plantdöd och därmed ojämna bestånd, ojämn avmognad och sämre kvalitet (Eckersten, et al., 2007).

Skadan från isbränna påverkas främst inte av istäckets tjocklek utan av hur lång tid isen ligger. Förbättrad dränering har i denna region liten effekt vad gäller att minska risken för stående vatten. Dränering ger en minskad vattenmättnad på hösten men när tjälén väl har satt sig så blir infiltrationen nästan noll, fränsett på leror som fryser ohomogent. Ytplanering är däremot ett sätt att öka avrinningen och minska risken för stående vatten som kan frysa (Ericsson, 2009). Genom att plöja så att fältet får en form som påminner om en ås förbättras avrinningen. Dock är detta negativt avseende yterrosion och fosforförluster.

Ljusförhållandena i norra Sverige skiljer sig markant åt från dem i sydligare delarna av Sverige. Exempelvis är den årliga solinstrålningen i Västerbotten 91-95 procent av den i Skåne samt koncentrerad under en kortare tid. De mörka vintrarna ger helt andra odlingsbetingelser jämfört med längre söderut (Fogelfors, et al., 2008). Många sorter av våra vanliga lantbruksgrödor är inte lämpade att använda i norra Sverige. Med ett förändrat klimat krävs en fortsatt sortprovning och förädling i norra Sverige.

Det är nästan omöjligt att göra en prognos över hur mycket de mörka höstarna i norra Sverige påverkar tillväxten. Ljuset kan vara en begränsande faktor (Ericsson, 2009). Den förlängda vegetationsperioden kommer kanske inte att förlänga odlingssäsongen för spannmål så mycket på hösten, åtminstone inte i de två nordligaste länen Norrbotten och

Västerbotten. Redan i dagsläget påverkas tröskningssäsongens längd mycket av nederbörden, marken blir för fuktig i slutet av säsongen. Dagarna blir dessutom kortare och kortare ju senare på hösten vi kommer och upptorkningen långsammare. En ökning av temperaturen som ger högre avdunstning kanske inte räcker för att motverka den förväntade ökningen av nederbörden på hösten. Detta kan innebära att det blir svårare att bärga spannmålen under hösten med dagens teknik.

Torka under sommaren kan bli ett bekymmer på lättare jordar samt för de som odlar vattenkrävande grödor. I Norrbotten och Västerbotten består den mesta odlingsmarken av kapillära jordarter med mycket växttillgängligt vatten där torka inte borde bli ett bekymmer. I Västernorrland innehåller jordarna mer lera, lättleror och mellanleror är vanligt, men är ändå mjälrika. En större andel av vattnet i dessa jordar är inte växttillgängligt (Ericsson, 2009). På dessa jordar finns det risk för försommartorka redan idag och bekymren kan öka i framtiden med förändrat klimat. Även risken för skorpbildning på våren kan öka eftersom mer nederbörd under våren kan innebära större risk för regn efter sådd. I Jämtland odlas en hel del kalkrik morän vilka är bra odlingsjordar med lerinnehåll som gränsar till lättlera. Dessa jordar är inte torkkänsliga och beräknas mycket väl stå emot försommartorka. (Ericsson, 2009)



12 Litteraturförteckning

- Berg, G.(2010). Vässa växtskyddet för framtidens klimat. Jönköping: Jordbruksverket
- Bräutigam, M. (Nov. 2009). Personligt meddelande (Melin). Svensk Havreförening, Director.
- Eckersten, H., Andersson, L., Holstein, F., Mannerstedt Fogelfors, B., Lewan, E., Sigvald, R. (2007). Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. Uppsala: Department of Crop production Ecology SLU.
- Ekman, Å., Stymne, S., & Bulow, L. (2008). Blir växterna fetare i det nya klimatet. Alnarp: Växtförädling och bioteknik, SLU.
- Fogelberg, F. (2009). Personligt meddelande. Uppsala: JTI SLU.
- Fogelfors, H., Wivstad, M., Eckersten, H., Holstein, F., Johansson, S., VerWijst, T. (2008). Strategic analysis of Swedish Agriculture. Uppsala: Department of Crop production Ecology SLU.
- Goudriaan, J. Z. (1994). Global climate change: Modelling the potential responses of agro-eco systems. Elsevier.
- Hansen, L. M. (2008). Nye skadedyr? Under nye klimaforhold. Aarhus universitet.
- Harrison, P. B. (1995). Effects of Climate Change on Europe-wide wheat and sunflower productivity. Oxford: University of Oxford.
- Henriksson, J. (2009). Klimatförändringarna och dess effekter på ogräsfloran. Uppsala: SLU.
- Jordbruksverket. (2009). Klimatförändringarna och bevattningen. Jönköping: Jordbruksverket.
- Kudsk, P. (2008). Ukrudt og skadegörare under nye klimaforhold. Aarhus: Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, Aarhus Universitet.
- Lam, S., Han, S., Lin, E., Norton, R., Cen, D. (2011) Does elevated atmospheric carbon dioxide concentration increase wheat nitrogen demand and recovery of nitrogen applied at stem elongation. Agriculture, Ecosystems and Environment. Elsevier
- Malm, P. 2009. Personligt meddelande. HS Kristianstad

- Manderscheid, R., Pacholski, A., Weigel, H-J.(2010). Effect of free air carbon dioxide enrichment combined with two nitrogen levels on growth, yield and yield quality of sugar beet: Evidence for a sink limitation of beet growth under elevated CO₂. European Journal of Agronomy. Elsevier.
- Manderscheid, R., Erbs, M., Weigel, H-J.(2012) Interactive effects of free-air CO₂ enrichment and drought stress on maize growth. European Journal of Agronomy. Elsevier
- Manduric, S. En titt i underlandet. Alnarp: SLU.
- Martin Bezemer, T., Lindsey, J., & T., T. (1998). *Poa annua* shows inter-generational differences in response to elevated CO₂. *Global change biology* , 687-691.
- Migletta, H., Bindi, M., Cerio, L., Vaccari, F., Loduca, V., & Magliulo, V. (1998). Free Air CO₂ Enrichment of potato (*Solanum tuberosum*). *Global Change Biology* , 163–172.
- Olesen, J., & Bindi, M. (2002). Consequenses of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. Tjele Denmark: Danish institute of Agricultural Sciences.
- Olesen, J., Andersson, N., & Nielsen, B. (2006). Tilpasning til klimaändring i landbrug och havebrug. Ministeriet för födervarer, Landbrug, Fiskeri.
- Olsson, R. (Nov. 2009). Personligt meddelande (Melin). NBR.
- Parry, M. (2007). Use of Scenarios in climate impact and adaption assessment. London: Grantham Institute.
- Petersen, J. (2009). Ekologisk dyrkning av sojabönor. *Grön Viden* , nr 333.
- Porter, J. (2007). Afgrödernas respons på klimaändringar. Köpenhamn: KVL.
- Rogers, H., & Dahlman, R. (1993). Crop responses on CO₂ enrichment. *Vegetatio* , ss. 117-131.
- SCB. (2000). Vattenräkenskaper. SCB.
- SJV. (2009). Klimatförändringen och täckdikningen. Jönköping: Jordbruksverket.
- SMHI. (2007). Sveriges framtida klimat. Rossby Center: Hämtat från SMHI: <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=8785&l=sven> den 2 april 2009.

- Svensson, H., o. a. (2007) En meter i timmen. Jönköping: Jordbruksverket Thorell, H. (2009). Personligt meddelande. SW Seed
- Thorstensson, H. (2008). Effekterna av ett varmare klimat på fenologin hos växter och djur i Europa sedan 1950. Lund: Inst. för naturgeografi och ekosystem.
- Timlin, D., Rahman, S., Baker, J., & Reddy, V. (2006). Whole plant Photosynthesis, Development and Carbon Partitioning in Potato as a Function of Temperature. *Agronomy Journal* Vol. 98, 1196-1203.
- Vsc. (2009). Arbetsmaterial. Alnarp: Växtskyddcentralen.
- Fogelberg, F. (2009). Personligt meddelande. JTI SLU Uppsala.



GRADVIS°

Klimatoptimerar svenskt lantbruk