

Växtodling

- i ett klimat under förändring

2024

Sara Bergström Nilsson, Alexander Lilliehök, Sofie Pålsson, Hushållnings­sällskapet Halland
Line Strand och Ylva Andersson, HS Konsult AB



Europeiska jordbruksfonden
för landsbygdsutveckling, Europa
investerar i landsbygdsområden

GRADVIS^o

KLIMATOPTIMERAR SVERIGES LANTBRUK

Hushållnings
sällskapet



Förord

Denna rapport är en reviderad version av materialet från klimatstrategiprojektet Gradvis från 2010. Det ursprungliga projektet Gradvis genomfördes av Hushållningssällskapet Halland och projektet var då finansierat av LRF och Länsförsäkringar Halland. I projektet publicerades under 2010 tre rapporter: Klimatet 2040, Växtodling 2040 och Djurhållning 2040. Rapporterna sammanfattades som kortfattade faktablad och regionalt anpassade råd och var tillgängliga på projektets hemsida www.gradvis.se. Mycket av det vi då förutspådde skulle inträffa till 2040, har redan hänt. Den reviderade rapporten som slutfördes 2024 har finansierats av Jordbruksverket. Målgruppen är lantbrukare, rådgivare, tjänstemän på myndigheter med flera. Syftet med denna rapport är att ge en tillämpad bild av hur klimatförändringarna påverkar förutsättningarna för växtodlingsproduktionen samt visa på åtgärder som behöver vidtas nu för att förhindra en minskad livsmedelsproduktion i Sverige.

Upprinnelsen till projektet Gradvis var att klimatprognoserna från SMHI från tidigt 2000-tal visade att ett förändrat klimat var att vänta framöver. Oavsett hur den fortsatta utvecklingen av koldioxidhalten i atmosfären förändras så är forskare i världen eniga om att jorden 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. Beräkningar visar att även om man 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 därmed ej med säkerhet förutses. Med en förändring av klimatet följer 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 en fördel att vara medveten om de förändringar i klimat och väder som förutspås. Att ha kunskap om och kunna planera och hantera de risker och möjligheter det kan innebära är en nödvändighet. Från 2010 har utvecklingen gått i den riktning som prognosticerats. Flera rekordtemperaturer har noterats de senaste åren. Dessutom har vädret blivit mer oförutsägbart, med snabba svängningar i temperaturer och nederbörds mängder. Världen, inklusive Sverige, har drabbats av negativa effekter av klimatförändringarna. Den långvariga torkan 2018 som slog hårt mot svenskt lantbruk och även ledde till omfattande bränder är ett bland många exempel på hur klimatförändringarna påverkar svenskt lantbruk.

Vi hoppas att rapporterna och råden från Gradvis 2.0. kan inspirera till fortsatt diskussion och handling runt om i Sverige.

Halmstad i februari 2024.

Sara Bergström Nilsson

Innehållsförteckning

Inledning	1
Sammanfattning	2
Vatten	2
Temperatur.....	3
Klimatanpassningsåtgärder.....	4
<i>Långsiktigt perspektiv</i>	4
<i>Säsongsperspektiv</i>	5
Referenser	7

Bilagor

Bilaga 1. Temperatur och nederbörd	11
Bilaga 2. Vegetationsperiod och nollgenomgångar	15
Bilaga 3. Extrema väderhändelser	19
Bilaga 4. Erosion och jordskred	27
Bilaga 5. Grundvatten och markvatten	28
Bilaga 6. Tillgång till vatten	31
Bilaga 7. Effekt på växtodlingen	35
Bilaga 8. Ogräs	41
Bilaga 9. Skadeinsekter, sniglar och nematoder	43
Bilaga 10. Växtsjukdomar.....	49
Bilaga 11. Skörd och lagring av spannmål	51

Inledning

Jordbruket är känsligt för klimatförändringar. Väder- och klimatrelaterade händelser som extrem torka och översvämningar har redan fått stor inverkan på jordbruket globalt sett och kan resultera i lägre skördar samt ökad dödlighet i animalieproduktionen med lägre livsmedelsproduktion till följd. Förekomsten och effekten av dessa händelser kommer att öka, även i Sverige, och negativa ekonomiska effekter uppmäts redan. Störst ekonomisk skada har uppmätts på växtodlingsgårdar i torkdrabbade områden (Lindqvist och Prade, 2023; Tilburg och Hudson, 2022, Jordbruksverket, 2019). De ekonomiska incitamenten med stordrift och specialisering inom jordbruket, i kombination med klimatförändringarna, medför en ökad sårbarhet. Klimatförändringarna kan även påskynda strukturförändringar inom jordbruket, genom att större företag ofta har större resurser för att hantera den ökade risk som klimatförändringarna medför. Jordbruket och svensk livsmedelsproduktion behöver bli mer tåligt mot kriser och extremhändelser, men detta är svårt att åstadkomma i en ekonomiskt pressad bransch som är starkt beroende av andra aktörer och resurser. Jordbruksföretagarna behöver ökad kunskap, vara proaktiva och att ha strategier för att minimera effekten av extrema händelser. Dessa strategier kan resultera i en mer stabil inkomst samtidigt som det bevarar markens bördighet. För en framgångsrik riskhantering krävs information om åtgärder samt effektiv kommunikation från meteorologiska institut. För att kunna dra nytta av de fördelar ett varmare klimat kan komma att innebära för Sveriges jordbruk krävs investeringar, styrning och satsningar.

Klimatanpassning av livsmedelsproduktionen är inget självändamål, utan en förutsättning för att möta framtida utmaningar som utöver klimatförändringar handlar om efterfrågan, konkurrens från omvärlden och jordbrukspolitik. Globalt sett förväntas skördarna av majs, ris och vete minska redan vid en global temperaturökning mellan 1 och 2°C, ett temperaturintervall som världen redan befinner sig i.

Klimatförändringarnas påverkan på jordbruket kommer att kräva såväl nationella som regionala och lokala riskhanteringsstrategier, frånvaron av sådana strategier kan få förödande konsekvenser. Torkan 2018 minskade spannmålsskörden i Sverige med 43% och beräknas ha kostat det svenska lantbruket mellan 6 och 10 miljarder (Jordbruksverket, 2019). Prognoserna visar att frekvensen och intensiteten av bland annat torka kommer att öka (SMHI, 2020a) vilket följaktligen kommer medföra stora variationer i skörd, kvalitet samt lönsamhet mellan åren.

Det är mycket sannolikt att den storskaliga cirkulationen i Atlanten kommer att försvagas under 2000-talet. Det är inte troligt att den kollapsar innan 2100. Om så ändå skulle ske, skulle det få stora och snabba följd effekter på regionala vädermönster med bland annat minskad nederbörd i Europa. I denna rapport utgår vi från tiden innan stora förändringar i Golfströmmen och den storskaliga cirkulationen sker.

Sammanfattning

Klimatförändringarna har redan haft stor inverkan på odlingsförutsättningarna nationellt och globalt. Årsmedeltemperaturen har ökat med 1,7 grader i Sverige och det är främst vintern och våren som har blivit varmare. Detta märks tydligast i att grödor som exempelvis höstvetete, höstraps och majs idag går att odla allt längre norrut jämfört med för 10-20 år sedan. Vegetationsperioden har blivit cirka tre veckor längre i norra Sverige och fem veckor längre i södra Sverige, jämfört med perioden 1960 - 1990. Klimatförändringarna kan påverka en grödas utvecklingshastighet och skördepotential både positivt och negativt. Även om våren startar tidigare och hösten varar längre så måste fälten vara tillräckligt torra för att de ska vara farbara och kunna sås eller skördas, annars kan lantbruket inte dra nytta av förändringarna. Tidpunkten för sista frost kommer inte att tidigareläggas i samma omfattning som vegetationsperiodens start. Detta medför ökad risk för frostsador på frostkänsliga grödor som exempelvis äpple och färskpotatis.

Vatten

Tillgången till grundvatten riskerar att minska främst i norra Sverige, trots riklig nederbörd. När djup tjäle hindrar vattnet från att tränga ner i marken fylls inte grundvattenmagasinen på i samband med snösmältning under vinter och vår. I sydöstra Sverige förväntas nederbörden att minska under delar av året, vilket medför minskad grundvattenbildning. Lantbruket behöver ha en beredskap med alternativa tillgångar till vatten om den primära vattenkällan inte är tillräcklig.

Extrema väderhändelser förväntas inträffa oftare och med ökande intensitet. Höga temperaturer har stor betydelse för växtodlingen. Värmeböljor ökar växternas transpiration, varvid tillgången till vatten för tillväxt minskar, vilket resulterar i avstannad tillväxt, brådmognad eller i värsta fall total nedvissning för grödan.

Intensiva regn under växtodlingsperioden riskerar att leda till ytavrinning istället för påfyllning av vatten i rotzonen. Våtmarker eller bevattningsdammar är därför en bra åtgärd för att hålla kvar vatten i landskapet. Extrem nederbörd med översvämning till följd kan orsaka stor skördenedsättning eller i värsta fall utebliven skörd. Andra typer av skador som översvämningar kan orsaka är kontaminering av fält och gröda om exempelvis vattendrag med breddat avloppsvatten svämmar över fält eller om vattnet sveper med sig förorenade massor från gruvområden och industrier med mera. Extrem nederbörd ökar även risken för ras och skred. Skyddszoner längs vattendrag kan minska risken för erosion vid vattendrag. På sluttande marker är det viktigt att tänka på att undvika placering av tunga maskiner och material, då det kan utlösa ras eller erosion.

Underhållet av diken, åar och andra vatten behöver öka för att vattnet ska få plats i diken vid extremväder. Fördröjningsdammar behöver anläggas i områden som är känsliga för översvämning för att fördröja att allt vatten samtidigt rinner ut i recipienten.

En ökande havsnivå medför att värdefull åker- och betesmark riskerar att översvämmas tillfälligt eller permanent. Det kan därför bli aktuellt med invallning och att pumpa ut vattnet. Vidare kan en ökande havsnivå medföra saltinträngning i brunnar, vilket påverkar dricks- och bevattningsvatten negativt. Det kan också försämra dräneringen genom att en förhöjd vattennivå dämmer utloppen så att vattnet inte rinner från fältet på samma sätt som tidigare.

En god jordhälsa medför att lantbruket lättare kan stå emot påfrestningar som ett förändrat klimat kan medföra. Att säkerställa att dräneringen fungerar väl och att öka mullhalten i marken gör att risken för vattensador minskar samt att fälten kan sås och skördas i tid vilket ger en säkrare

odlingsekonomi. Ökad mullhalt bidrar också till att minska markpackningen vilket är en viktig åtgärd för att bevara en god jordstruktur som bidrar till en god jordhälsa.

Temperatur

Vid en överoptimal temperatur stänger grödan sina klyvöppningar för att skydda växten från uttorkning. En hög temperatur missgynnar bland annat potatisodlingen på grund av sämre knölsättning. Vårsådda, annuella grödors pollenproduktion påverkas negativt av överoptimal sommartemperatur. Blomningen går då snabbare, vilket kan medföra lägre skörd. Majs och perenna grödor klarar ofta värmen bättre än vårspannmålen. Förutsättningarna för gräsfröproduktion kan komma att förbättras med ett förändrat klimat, med lång höst som underlättar etablering, hög tillväxt tidigt på säsongen och sedan torra förhållanden när det är dags att tröska. Varma nätter på sommaren riskerar att minska förekomsten av dagg. Detta kan påverka grödan negativt då daggen kan vara en viktig vattenkälla för marker som inte bevattnas.

Ett varmare och fuktigare klimat påverkar mineraliseringen av organiskt material och kväveleverans från jorden. Det blir allt viktigare med nollrutor för att följa markens kväveleverans, för att kunna anpassa gödslingen.

Vallen behöver regelbunden tillförsel av vatten och skörden minskar kraftigt vid torka. Genom att blanda in torktåliga arter i vallfröblandningen, ökar chansen till skörd även under torra förhållanden. Odlingen av majs har ökat kraftigt och denna utveckling kommer troligtvis att fortsätta. Ett varmare klimat medför att nya grödor kan komma att odlas. Bland dessa kan nämnas hösthavre, durumvete och växelvete, sojaböna, linser och solros.

Klimatförändringarna påverkar förekomsten av ogräs genom att arter som tidigare inte klarade av klimatet, nu överlever. En ökad odling av höstvete och majs har ökat förekomsten av renkavle respektive hönshirs. Dessa ogräs kan komma att spridas ytterligare.

Mängden skadeinsekter förväntas öka med en ökande temperatur. Skadeinsekterna förväntas bli aktiva tidigare på våren, vilket kan ge större direktskador på grödan samt sprida virus. Statistik från Jordbruksverkets Växtskyddscentraler visar att mängden bladlöss inte har ökat generellt sett, undantaget majsbladlusen. Även problem med nematoder förväntas öka med en ökande temperatur, dels genom att de överlever längre norrut, dels genom att de hinner slutföra fler generationer per säsong. Skador från sniglar har ökat och förväntas öka ytterligare, dels på grund av ökad plöjningsfri odling, dels på grund av mer nederbörd under augusti och september. Inom de närmaste åren finns risk för att nya skadegörare kommer att etablera sig i Sverige. Majsmott är en ny och allvarlig skadegörare som har upptäckts på flera ställen i södra Sverige. Koloradoskalbaggen och majsrotbaggen är andra skadeinsekter som förväntas komma. Bakteriesjukdomen *Xyllella fastidiosa* som angriper både örtartade och vedartade växter är ett ökande problem i Europa, och det finns risk att den även sprids till Sverige.

Ett varmare och fuktigare klimat ökar risken för mögelsvampar i fält. Att torka spannmålen ner till 13% vattenhalt eller kyla spannmål direkt efter inlagring och torkning kommer att bli viktigare. Risken för skadegörare i lagren under lagringsperioden ökar med en högre temperatur. Med större kapacitet på skördetröskor finns risk för att spannmålmottagarna inte hinner med att torka eller kyla varan när det kommer en stor mängd på samma gång, vilket hotar kvaliteten på varan.

Klimatanpassningsåtgärder

I och med att klimatet förändras ökar osäkerheten kring odlingsförutsättningarna. Det kommer medföra större variation i temperatur och nederbörd och följaktligen ökade risker. Det är viktigt, -och sannolikt även lönsamt, att anpassa sin verksamhet så att den blir mindre sårbar till följd av variationerna i temperatur och vattentillgång. Att samarbeta med grannarna kan göra att man lättare hittar lösningar på akuta problem, det kan underlätta arbetet samtidigt som det kan vara bra att ha någon att tala med.

Långsiktigt perspektiv

- Se över dräneringen så att du kan komma ut på tidigt på våren. En väl-dränerad jord gynnar rotutvecklingen vilket är bra även ett torrår.
- Placera infiltrationsbrunnar i lågpunkter eller jämna ut fält med ett schaktblad för att undvika utvintringsskador till följd av stående vatten i fält.
- Förbättra markstrukturen genom att strukturkalka de jordar som passar för detta.
- Undvik markpackning genom exempelvis:
 - Lättare maskiner.
 - Gödselspridning med matarslangssystem.
 - Undvik överfarter.
 - Anpassade däcktryck.
- Odlå fleråriga grödor exempelvis vall. Detta förbättrar markstruktur, markens vattenhållande förmåga samt gynnar nyttoinsekter.
- Håll marken bevuxen under så stor del av året som möjligt.
- Använd organiska gödselmedel för ökad mullhalt, vattenhållande förmåga och gynna nyttoinsekterna i fält.
- Om marken ofta översvämmas, överväg att anlägga skyddsvallar.
- Risk för ett kortare skördefenster medför att du:
 - kan behöva ha tillgång till fler och effektivare maskiner och
 - torkkapacitet som kan ta hand om mycket skörd på kort tid.
- Anlägg dammar som kan användas för bevattning (vid torka eller frost), reservvatten till djur, att fånga växtnäring, eller reservvatten vid brand.
- Ha en plan för vad du ska göra om du får problem med din huvudsakliga vattenförsörjning.
- Se över din bevattningsteknik så att den har låga förluster.
- Om du har grödor som är känsliga för frost, överväg teknik som varnar för frost i kombination med frostsnyddsbavattning.
- Fundera över din personalsituation om det blir brand eller översvämning. Kan personalen ta sig till företaget?
- Se över dina försäkringar oavsett storlek på din odling. Se över om försäkringen täcker exempelvis hagel, omsådd och översvämning.
- Gör en beredskapsplan som tydliggör det som ska genomföras vid brand, storm eller översvämning. Gå igenom den regelbundet med din personal. Bestäm vid vilken tidpunkt eller händelse du ska börja agera på respektive plan (vad ska du göra?), exempelvis översvämning av ett visst fält, brand x mil bort eller uteblivet regn i ett visst antal veckor.
- Försök att hitta kompletterande inkomstkällor, ex energi.

Säsongsperspektiv

Jordhälsa och fysik

- Mineralisering av organiskt material ökar. Anlägg ogödslade noll-rutor för att följa markens kväveleverans.
- Underhåll av dräneringen. Rensa vid behov vattendrag där dräneringsrören mynnar ut (prata med Länsstyrelsen först).
- Att vattna upp en torr jord inför prognosticerad frost är ett sätt att öka markens värmehållande förmåga och kan skydda grödor nära marken, exempelvis potatis och jordgubbar.

Växtodlingsplanering

- Våga prova nya grödor (för ditt område). Testa småskaligt först.
- Sprid riskerna genom att ha olika planteringsdatum eller såtidpunkt.
- Vårbruket kan komma att påbörjas tidigare. Var beredd och utnyttja fukten i jorden innan den försvinner.
- Överväg direktsådd då det behåller jordens förmåga att transportera upp vatten till en nysådd gröda.
- Mylla kvävegödsel i de grödor det är möjligt.
- Odlar mer torktåliga växter.
 - Ha torktåliga sortblandningar i vallen, exempelvis lusern och hundäxing. Se till att du gödslar tillräckligt.
 - Höstsådd spannmål klarar ofta sommartorka bättre.
- Välj rätt sorter för att rusta dig för klimatförändringarna. Med en tidig och en sen vetesort minskar riskerna för förluster vid extremt väder.
- Odlar sorter med olika odlingsegenskaper för att sprida riskerna i och med att frekvensen av extremväder kommer att öka. Att odla sortblandningar kan vara ett alternativ.
- Satsa på drösningsresistenta rapssorter. Dessa tål mer påfrestande väderlek, till exempel intensiva regn eller hagel.
- Behovet av vatten varierar mellan olika potatissorter. Överväg sorter som behöver lite mindre vatten, exempelvis Faxe och Asterix.
- Ha en strategi för kontraktering av gröda.
- Öka bladmassan hos grödan som odlas för att sänka temperaturen vid jordytan, exempelvis skörda inte vallen lika lågt som tidigare.

Skadedjur

- Motverka majsmott: krossa majsstubben, plöja djupt och ha en varierad växtföljd för att förebygga en ökning av majsmott.
- Snigelförekomsten kan öka. Var observant på sniglar, speciellt om du tillämpar reducerad bearbetning.

Skörd

- Fler skördar av grovfoder väntas.
- Tidigarelägg vallskördar. Torktåliga vallgräs har tidigare skördeoptimum.
- Analysera hela kedjan från fält till förbrukning/leverans, identifiera flaskhalsar och åtgärda dem för att säkra foder/leverans av skörd under besvärliga skördeförhållanden.
- Planera för hantering av stor skörd och ha en plan för vad du gör när lagren inte räcker till. Säkerställ att det finns lagringskapacitet.
- Förbered för sortering av partier med olika kvalitet eller kontaminationsgrad.
- Ha beredskap för hantering av spannmål med höga halter av mykotoxiner.
- Varmare och kortare vintrar ställer högre krav på konservering och lagring.
- Övervaka temperaturen i spannmålslager.
- Minimera mellanlagringen av spannmål utan tillskottskyla.

Plan för vattenbrist

- Ha en beredskapsplan. Vad ska göras om det blir torka i området? Prata eventuellt med grannarna. Kanske ni kan hjälpas åt?
- Gör en bevattningsplan om du har möjlighet att bevattna. Börja bevattna tidigt.
- Underhåll och rengör bevattningsanläggningen för hög funktion och för att undvika att smittor sprids.
- Håll koll på vattenbalansen i dina brunnar. Hur stort är inflödet jämfört med utflödet?

Plan vid för mycket vatten

- Odlad inga dyrbara grödor på marker som ofta översvämmas.
- Lämna inte dyra maskiner i områden på fält som riskerar att översvämmas.
- Identifiera det högst belägna området på gården, så att du vet var du ska ställa saker vid en översvämning.

Referenser

- "Eppo Global Database." 2023, accessed 16 Juni 2023, <https://gd.eppo.int/>.
- af Geijersstam, L. "Fröblandningar Med Blålusern." 2016. https://partnerskapalnarp.slu.se/ekonf/20161206/34_Linda_afGeijersstam.pdf.
- Albihn, A., C. Hultén, L. Orsén, I. Rodriguez Ewerlöf, and J. Stavenow. *Klimat-Och Sårbarhetsanalys. Statens Veterinärmedicinska Anstalt. Sammanfattande Rapport 2021*. Sva-Rapport. Vol. 70, 2021. <https://www.sva.se/media/8d9f2f277402cbf/sva-klimat-och-s%C3%A5rbarhetsanalys.pdf>
- Andersson, et al. . *Bilaga 2 Till Rapport 2012:10 Till 'Vässa Växtskyddet' G. Berg. 2012*. (2012). https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra12_10_Bil_2.pdf.
- Andersson, L. *Risk För Nya Ogräsproblem Med Fodertransporter*. (2016). <https://ograsradgivaren.slu.se/extramaterial/dokument/Ograsproblem%20om%20fodertransporter.pdf>.
- Andersson, Stig. *Nematoder Som Växtskadegörare*. Örebro: Artemi bokförlag, 2018.
- "Kavelhirs - Artbestämning." 2022, accessed 26 april, 2023, <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/Setaria%20viridis-1936>.
- Benouiche, Maya, Marcel Kuper, Ali Hammani, and Harm Boesveld. "Making the User Visible: Analysing Irrigation Practices and Farmers' Logic to Explain Actual Drip Irrigation Performance." *Irrigation Science* 32, no. 6 (2014/11/01 2014): 405-20. <https://doi.org/10.1007/s00271-014-0438-0>. <https://doi.org/10.1007/s00271-014-0438-0>.
- Berg, G. *Vässa Växtskyddet För Framtidens Klimat - Hur Vi Förebygger Och Hanterar Ökade Problem I Ett Förändrat Klimat (Med Flertal Bilagor)*. Jordbruksverket (Jönköping: 2012). https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra12_10.pdf.
- Berglund, G., C. Huhtasaari, and A. Ingevall. *Dränering Av Jordar Med Rostproblem. Dränering Av Tryckvatten*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för hydroteknik (Uppsala: 1984).
- Berglund, K., Ö. Berglund, and A. Gustafson Bjuréus. *Markstrukturindex – Ett Sätt Att Bedöma Jordarnas Fysikaliska Status Och Odlingssystemets Inverkan På Markstrukturen*. . (Uppsala: 2002). https://pub.epsilon.slu.se/4872/1/berglund_k_et_al_100630.pdf.
- "Projekt Linsodling På Gotland." 2023, accessed 26 april, 2023, <https://grontcentrum.se/gront-naringsliv/projekt-linsodling-pa-gotland/>.
- Commission, European, and Directorate-General for Environment. *Strengthening the Synergies between Agriculture and Flood Risk Management in the European Union*. Publications Office (2021). <https://data.europa.eu/doi/10.2779/128153>.
- Djurle, A., and M. Lindblad. *Fritflugor*. Vol. Jordbruk Faktablad om växtskydd. Uppsala, 1992.
- Eckersten, H., L. Andersson, F. Holstein, B. Mannerstedt Fogelfors, E. Lewan, R. Sigvald, B. Torssell, and S. Karlsson. *Bedömningar Av Klimatförändringars Effekter På Växtproduktion Inom Jordbruket I Sverige*. . Department of Crop production Ecology, SLU (Uppsala: 2008). https://pub.epsilon.slu.se/3366/1/No_6.pdf.
- "Xylella Fastidiosa." 2023, accessed 26 april, 2023, <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/xylella-fastidiosa>.
- Ekbohm, B. . *Kornflugor*. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Institutionen för ekologi, 2004.
- Fogelfors, H., M. Wivstad, H. Eckersten, F. Holstein, S. Johansson, and T. Verwijst. *Strategic Analysis of Swedish Agriculture - Production Systems and Agricultural Landscapes in a Time of Change*. Department of Crop Production Ecology (VPE) (Uppsala: 2009). https://pub.epsilon.slu.se/4626/1/fogelfors_et_al_100325.pdf.
- Fones, Helen, and Sarah Gurr. "The Impact of Septoria Tritici Blotch Disease on Wheat: An Eu Perspective." *Fungal Genetics and Biology* 79 (2015/06/01/ 2015): 3-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fgb.2015.04.004>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1087184515000705>.
- Gertzell, H. *Listor – Biologi, Utbredning Och Kontroll*. Institutionen för växtproduktionsekologi (Uppsala: 2020). https://stud.epsilon.slu.se/16414/1/gertzell_h_210205.pdf.
- Hatfield, Jerry L., and John H. Prueger. "Temperature Extremes: Effect on Plant Growth and Development." *Weather and Climate Extremes* 10 (2015/12/01/ 2015): 4-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094715300116>.

- Henriksson, J. *Klimatförändringar Och Dess Effekter På Ogräsfloran I Sverige* SLU (Uppsala: 2009). https://stud.epsilon.slu.se/12291/1/henriksson_j_171031.pdf.
- Hushållningssällskapet. *Alternativa Livsmedelsgrödor*. (2013). <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2014/09/alternativa-livsmedelsgrödor-for-hemsidan.pdf>.
- . *Rotgallnematod Meloidogyne Hapla*. (2016). <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2016/12/faktablad-rotgallnematod-m-hapla.pdf>.
- . *Vit Och Gul Potatiscystnematod* (2016). <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2016/12/faktablad-potatiscystnematoder.pdf>.
- IPCC. *Ar6 (Sixth Assessment Report) Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. (2021).
- Johansson, B. *Påverkan Av Temperatur Och Fuktighet På Växtparasitära Nematoder – Förväntade Effekter Av Pågående Klimatförändringar*. Institutionen för ekologi (Uppsala 2020: 2020). https://stud.epsilon.slu.se/15800/1/johansson_b_200707.pdf.
- Johansson, Frank, Germán Orizaola, and Viktor Nilsson-Örtman. "Temperate Insects with Narrow Seasonal Activity Periods Can Be as Vulnerable to Climate Change as Tropical Insect Species." *Scientific Reports* 10, no. 1 (2020/06/01 2020): 8822. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65608-7>. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65608-7>.
- Jordbruksverket. *Bekämpningsrekommendationer Svampar Och Insekter 2023*. (Jönköping: 2023).
- "Hektarskörden Av Kornmajs 67 % Högre Än I Fjol." Updated 29 maj 2020, 2020, accessed 26 april, 2023, <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2020/05/29/hektarskorden-av-kornmajs-67-hogre-an-ijfol/>.
- Jordbruksverket. *Jordbruksstatistisk Sammanställning 2019 Med Data Om Livsmedel – Tabeller*. (Jönköping: 2019). <https://jordbruksverket.se/download/18.5b7c91b9172c01731757d898/1592479793521/2019.pdf>.
- . *Klimatförändringen Och Täckdikningen*. (Jönköping: 2009). https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr169.pdf.
- . *Långsiktiga Effekter Av torkan 2018 Och Hur Jordbruket Kan Bli Mer Motståndskraftigt Mot Extremväder*. (2019). https://www2.jordbruksverket.se/download/18.21625ee16a16bf0c0eed70/1555396324560/ra19_13.pdf.
- "Renkavle – Ogräs Som Är Mycket Konkurrenskraftigt." 2022, accessed 26 april, 2023, <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtskydd/vaxtskyddsatgarder/renkavle>.
- Jordbruksverket. *Snigeln – En Besvärlig Skadegörare I Yrkesmässig Odling*. (2017). https://www2.jordbruksverket.se/download/18.1251fb7615c9e885688a7823/1497517953904/jo17_1v2.pdf.
- . *Växtskyddsåret 2020- Hallands, Skånes Och Blekinge Län*. (2020). https://www2.jordbruksverket.se/download/18.71157f50175ddabfoa73a2a3/1605810040542/jo20_8.pdf.
- "Åkermarkens Användning Och Antal Företag Med Åkermark Efter Län Och Gröda. År 1981-2022." 2022, accessed April, 25, 2023, https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Arealer_1%20Riket%20l%20c3%a4n%20kommun/JO0104B1.px/.
- "Årsjämförelse - Slutangrepp." 2023, accessed 26 april, 2023, <https://etjanst.sjv.se/povpubgui/#/diagram/arsjamforelse?produktionsinriktning=jordbruk>.
- "Segrade I Odlingstävling Och Slår Ett Slag För Underbevattnig." Updated 15. januari, 2021, 2021, accessed Feb, 12, 2024, <https://www.landsbygdensfolk.fi/nyheter/segrade-i-odlingstaevling-och-slar-ett-slag-foer-underbevattnig>.
- Lantmännen. *Säker Spannmål*. https://www.lantmannenlantbrukmaskin.se/siteassets/om-oss/vara-tjanster/broschyrorg/spannmal-och-vaxtodling/saker_spannmal.pdf/.
- Lilliehöök, Alexander. *Hönshirs – Ett Gräsogräs På Frammarsch* Institutionen för växtproduktionsekologi (Uppsala: 2020). https://stud.epsilon.slu.se/16049/1/lilliehook_a_200903.pdf.
- Liu, C., and H. J. Van der Fels-Klerx. "Quantitative Modeling of Climate Change Impacts on Mycotoxins in Cereals: A Review." [In eng]. *Toxins (Basel)* 13, no. 4 (Apr 12 2021). <https://doi.org/10.3390/toxins13040276>.
- Markensten, T., P. Bodin, E. Johansson, and J. Andersson. *Handlingsplan För Klimatanpassning - Jordbruksverkets Arbete Med Klimatanpassning*. (Jönköping: Jordbruksverket, 2017). https://www2.jordbruksverket.se/download/18.60bca316180aa6f0766b2ef5/1652341349479/ra22_8.pdf.

- Mathiassen, Solvejg K. , and Per Kudsk. *Hanespore Og Grøn Skærmaks - Biologi Og Bekæmpelse*. (2004). <https://pure.au.dk/portal/files/267659/hanespore.pdf>.
- Menegat, Alexander, Per Milberg, Anders T. S. Nilsson, Lars Andersson, and Giulia Vico. "Soil Water Potential and Temperature Sum During Reproductive Growth Control Seed Dormancy in *Alopecurus Myosuroides* Huds." *Ecology and Evolution* 8, no. 14 (2018): 7186-94. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.4249>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ece3.4249>.
- Miglietta, F., V. Magliulo, M. Bindi, L. Cerio, F. P. Vaccari, V. Loduca, and A. Peressotti. "Free Air Co2 Enrichment of Potato (*Solanum Tuberosum* L.): Development, Growth and Yield." *Global Change Biology* 4, no. 2 (1998): 163-72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00120.x>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2486.1998.00120.x>.
- Nicolaidis Lindqvist, Andreas, and Thomas Prade. *Rusta För Torkan*. Partnerskap Alnarp (Alnarp: 2023). <https://doi.org/10.54612/a.5s3j7tb7cc>.
- Nygren, M. "Impact of Climate Variability on Dynamic Groundwater Storage in Mid- to High Latitude Countries." Doktor grad, Göteborgs universitet, 2022. <http://hdl.handle.net/2077/70892>
- Olesen, J. E., B. H. Jacobsen, K. Thorup-Kristensen, N. E. Andersson, P. Kudsk, L. N. Jørgensen, L. M. Hansen, B. L. Nielsen, and B. Boelt. *Tilpasning Til Klimaændringer I Landbrug Og Havebrug*. . (2006).
- Olsson, O. *Vidareutveckling Av Svensk Hösthavre Slutredovisning Til Slf (H0633164)*. (2010). file://storage-sa.slu.se/home\$/stefang/Downloads/Slutrapport_+Namn%C3%B6st.pdf.
- Parikka, P., K. Hakala, and K. Tiilikkala. "Expected Shifts in *Fusarium* Species' Composition on Cereal Grain in Northern Europe Due to Climatic Change." [In eng]. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 29, no. 10 (2012): 1543-55. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.680613>.
- Pulato, B., K. Hall, M. L. Linderson, and A. M. Jönsson. "Effect of Climate Change on the Potential Spread of the Colorado Potato Beetle in Scandinavia: An Ensemble Approach." *Climate Research* 62, no. 1 (2014): 15-24. <https://www.int-res.com/abstracts/cr/v62/n1/p15-24/>.
- Rogbeck, Y., A. Björlin, R. Kiilgaard, M. Kristensson, A. Elliot, G. Westberg, and R. Jonasson. *Kartläggning Av Roller Och Ansvar För Ras- Och Skredfrågor I Samhället, En Översikt Av Brister Och Behov*. (Linköping: 2022-12-22 2022). <http://swedgeo.diva-portal.org/smash/get/diva2:1722405/FULLTEXT01.pdf>.
- Royo-Esnal, Aritz, Andrea Onofri, Donato Loddò, Jevgenija Necajeva, Peter K. Jensen, Garifalia Economou, Alireza Taab, *et al.* "Comparing the Emergence of *Echinochloa Crus-Galli* Populations in Different Locations. Part I: Variations in Emergence Timing and Behaviour of Two Populations." *Weed Research* 62, no. 3 (2022): 192-202. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/wre.12525>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/wre.12525>.
- Rydberg, I., A. Albihn, H. Aronsson, G. Berg, C. Hidén, T. Johansson, M. Stark, H. Wirsén, and L. Rydhmer. *Jordbrukets Klimatanpassning*. (Uppsala: 2019). https://pub.epsilon.slu.se/16622/1/rydberg_i_et_al_200127.pdf.
- SCB. *Växtskyddsmedel I Jordbruket 2021- Beräknat Antal Hektardoser*. (2021). https://www.scb.se/contentassets/189b45d9dfb48d9821afe30b8440ae4/mi0501_2021a01_sm_mi3ism2201.pdf.
- Schultze, Lisbeth, Robert Johannesson, Elisabet Lindgren, Carina Keskitalo, Erik Kjellström, Sofie Storbjörk, Irene Bohman, Henrik Larsson, and Gregor Vulturius. *Första Rapporten Från Nationella Expertrådet För Klimatanpassning*. (Stockholm: 9 februari 2022 2022). https://klimatanpassningsradet.se/polopoly_fs/1.180289!/Rapport%20fr%C3%A5n%20Nationella%20expertr%C3%A5det%20fr%C3%B6r%20klimatanpassning%202022.pdf.
- SGU. 2023. Så påverkar klimatförändringar grundvattnet. <https://www.sgu.se/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/grundvatten-i-planeringen/klimatforandringar/paverkan/> (Accessed 12 mars 2024).
- Siggelin, Erik. *Durumvete – Lantbrukares Erfarenheter Av Durumveteodling På Gotland, Självständigt Arbete Grundnivå, G2e*. (Uppsala: 2017). https://stud.epsilon.slu.se/10000/1/siggelin_e_170306.pdf.
- Sigvald, R., A. Kvarnheden, and V. Ninkovic. *Rödsotvirus I Höstsäd*. (2019). <https://www2.jordbruksverket.se/download/18.7466e23816cb50dcb90c162c/1566545567830/ovr504.pdf>.
- "30 Lantbrukare Testar Att Odla Sojabönor Och Lupin." 2022, accessed 26 april, 2023, <https://www.slu.se/ew-nyheter/2022/7/30-lantbrukare-testar-att-odla-sojabonor-och-lupin/>.
- "Klimatstabil Vete Förädling Av Robust Och Högkvalitativ Vete För Ökad Livsmedelsförsörjning." 2021, accessed 16 juni, 2023, <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/grogrund/projekt/klimatstabil-vete-foradling-av-robust-och-hogkvalitativ-vete-for-okad-livsmedelsforsorjning/>.

SLU Grogrund. *Slu Grogrund Årsrapport 2021. Växtförädling För En Hållbar Och Klimatsmart Livsmedelsproduktion I Samverkan Mellan Akademi, Näring Och Samhälle.* (Alnarp: 2021).
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/grogrund/dokument/slu_arsrapport_2021_webb.pdf.

SMHI. *Fn:S Klimatpanel Ipcc – Sammanfattning För Beslutsfattare. Specialrapport Om Klimatförändringar Och Marken.* (Norrköping: 2020).

"Framtida Medelvattenstånd." Updated 21 Januari 2022, 2022, accessed 28 November, 2022,
<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>.

"Framtida Vattenstånd." 2023, accessed 4 April, 2023, <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>.

SMHI. *Klimat I Förändring 2021 Den Naturvetenskapliga Grunden Sammanfattning För Beslutsfattare, Arbetsgrupp I Bidrag Till Den Sjätte Utvärderingsrapporten (Ar6) Från Fn:S Mellanstatliga Klimatpanel Ipcc.* (2021).
https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.179269!/Klimatologi_65%20Klimat%20i%20f%C3%B6r%C3%A4ndring%202021%20Den%20naturvetenskapliga%20grunden.pdf.

"Klimatindikator - Vegetationsperiodens Längd." 2023, accessed 4 april, 2023.

"Nollgenomgångar." 2023, accessed 4 april, 2023.

"Sveriges Klimat Har Blivit Varmare Och Blötare." 2021, accessed 28 November, 2022,
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/sveriges-klimat-har-blivit-varmare-och-blotare-1.21614>.

"Temperaturens Ökning I Sverige Sedan 1800-Talet." Updated 17 april 2021, 2020, accessed 4 april, 2023.

Sommer Pedersen, S., E. Fløjgaard Kristensen, H. O. Kristensen, and J. Petersen. *Dansk, Økologisk Dyrkning Af Sojabønner Til Fødevarer- Og Foderformål – Resultater 2008.*, Aarhus Universitet (2008).
<http://www soja.djfprojekt.dk/gfx/DJFinternrapport%20markbrugnr22.pdf>

Spörndly, R., G. Bergkvist, N. Nilsdotter-Linde, and T. Eriksson. *Ersättningsfoder Till Nötkreatur Vid Grovfoderbrist.* (Uppsala: 2020). https://pub.epsilon.slu.se/16596/7/sporndly_r_et_al_200122.pdf.

Strandberg, G. *Säkert Och Osäkert I Klimatscenierna.* (2020). <https://rib.msb.se/filer/pdf/29466.pdf>.

"Så Påverkar Klimatförändringar Grundvattnet." 2017, accessed Feb, 12, 2024,
<https://www.sgu.se/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/grundvatten-i-planeringen/klimatforandringar/paverkan/>.

Sveriges officiella statistik. *Dränering Av Jordbruksmark 2016 Slutlig Statistik (Drainage of Agricultural Land, Final Statistics)* (Jönköping: 2016).
<https://jordbruksverket.se/download/18.1baa822517cd5f669364208f/1635761809412/JO41SM1701.pdf>

"Väder: El Nino Och La Nina." 2023, <https://www.svt.se/vader/el-nino-och-la-nina>.

Taiz, L, E Zeiger, IM Möller, and A Murphy. *Plant Physiology and Development.* Edited by L.Taiz, E. Zeiger, I. M. Möller and A. Murphy. 6 ed. Sunderland: Sinauer Associates Incorporated, 2015. <https://libris.kb.se/bib/17532571?vw=short>.

Timlin, D., S. M. Lutfur Rahman, J Baker, V. R. Reddy, D. Fleisher, and B. Quebedeaux. "Whole Plant Photosynthesis, Development, and Carbon Partitioning in Potato as a Function of Temperature." *Agronomy Journal* 98 (2006): 1195–203.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.575.8875&rep=rep1&type=pdf>.

van Tilburg, Anoeck J., and Paul F. Hudson. "Extreme Weather Events and Farmer Adaptation in Zeeland, the Netherlands: A European Climate Change Case Study from the Rhine Delta." *Science of The Total Environment* 844 (2022/10/20/ 2022): 157212. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157212>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722043108>.

Växa. *Effektiva Rådgivning För Bättre Djurvälstånd Och Ökad Konkurrenskraft Vid Extrem Torka.* (2022).
<https://www.vxa.se/contentassets/fb35e387d03e4f16bf466adad325c131/radgivning-och-atgarder-vid-extrem-torka.pdf>.

Wesström, Ingrid, Pia Geranmayeh, Abraham Joel, and Barbro Ulen. *Översvämningar På Jordbruksmark : Utredning Av Konsekvenser På Mark Och Produktion.* Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences, SLU (Utluna: 2016). https://pub.epsilon.slu.se/13612/7/wesstrom_i_etal_160915.pdf.

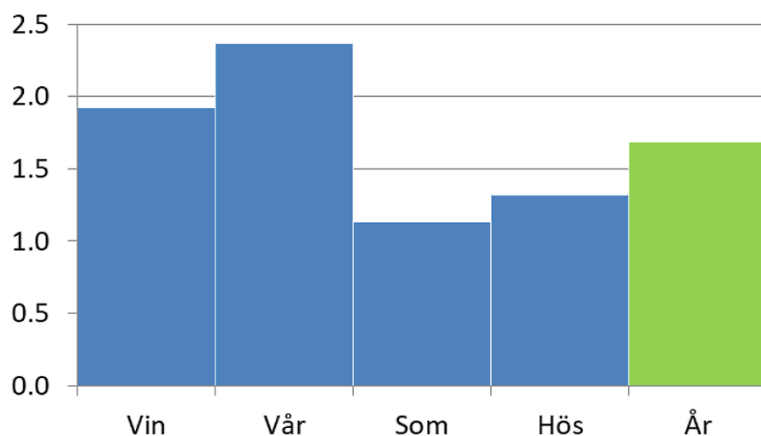
"Skörden Blir Sämre, Men Ändå Hyfsad I Österbotten – Bevattnings Underifrån Ger Bäst Skörd." Updated 6 Juli 2018 2018, accessed Feb, 12, 2024, <https://svenska.yle.fi/a/7-1315684>.

Wesström, Ingrid, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. (personligt meddelande, januari 2024).

Bilaga 1. Temperatur och nederbörd

Temperatur och nederbörd

Klimatet har redan förändrats och förändringen fortsätter. Med dagens ökningstakt kommer den globala medeltemperaturen år 2040 att vara +1,5 ° C jämfört med förindustriell tid. Globalt sett har medeltemperaturen redan ökat med drygt 1°C (IPCC, 2021). Temperaturen över land har ökat nästan två gånger så mycket som den globala medeltemperaturen. I Sverige har medeltemperaturen redan stigit med i genomsnitt 1,7 grader C jämfört med förindustriell tid. Den största temperaturökningen har skett under vår och vinter (figur 1).



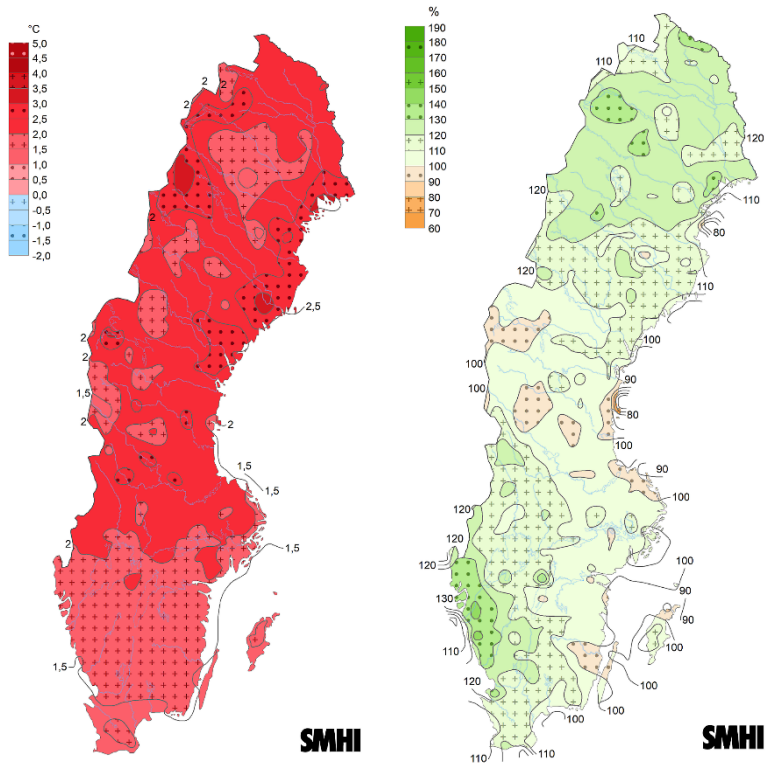
Figur 1. Säsongsvis temperaturökning mellan perioderna 1860–1900 och 1991–2019 för 35 stationer (efter SMHI)

Störst ökning har uppmätts i norra och östra Sverige. Den största ökningen, över 3 grader, har uppmätts i nordvästra Norrland under mars och december.

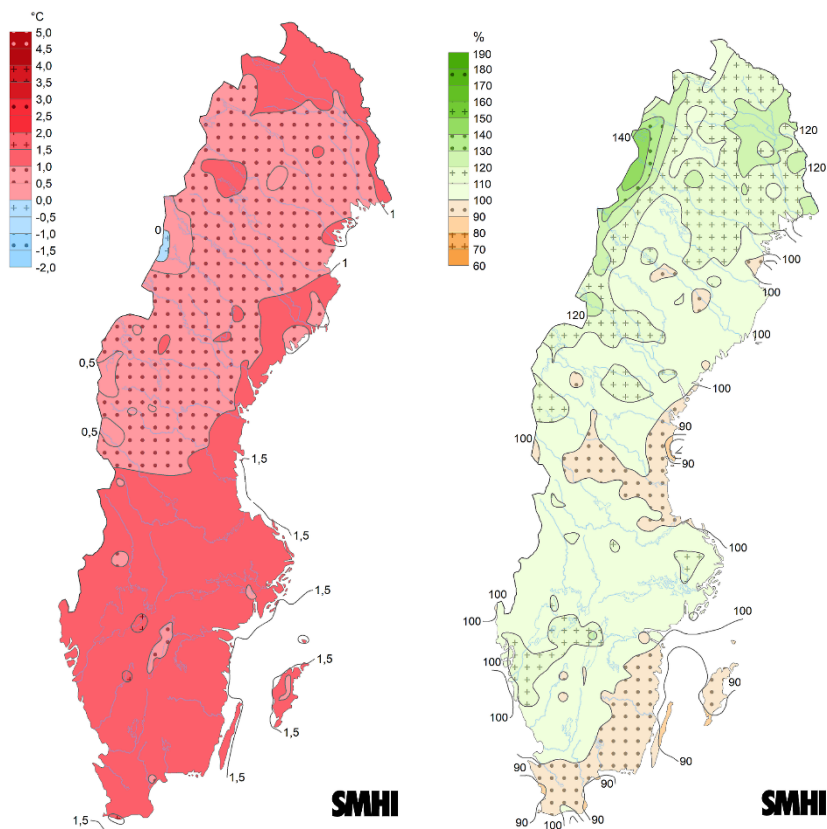
Generellt sett visar mätningarna att:

- Vintern har blivit varmare och betydligt blötare.
- Våren har blivit varmare och torrare
- Sommaren har blivit varmare och blötare.
- Hösten har blivit varmare och torrare.

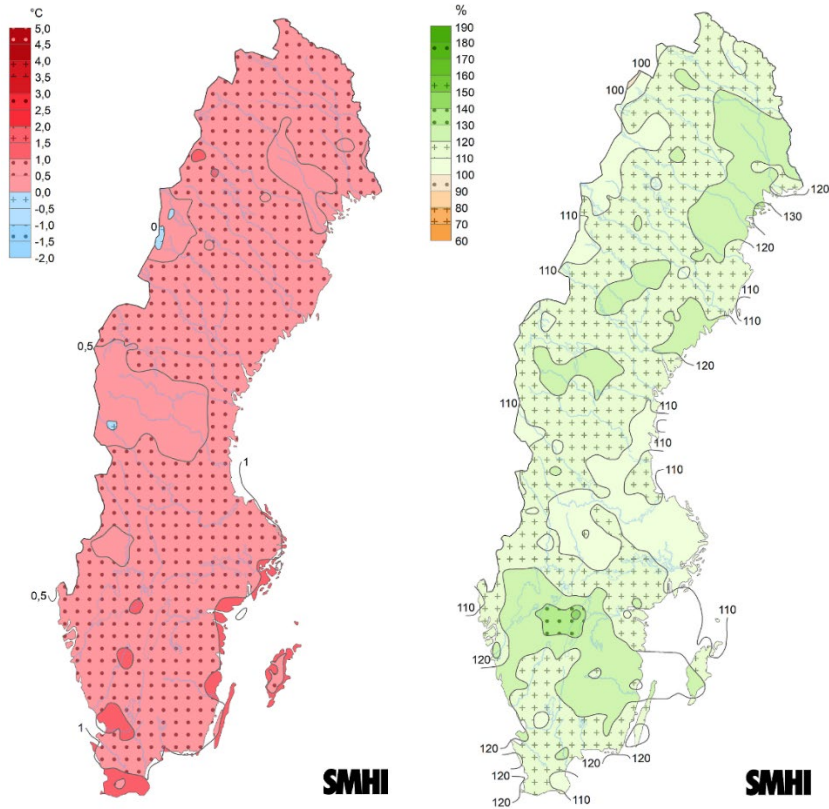
Den ökade temperaturen medför ökad avdunstning (vår, sommar) vilket resulterar i att markfuktigheten kan minska, trots att nederbörden är densamma eller till och med har ökat.



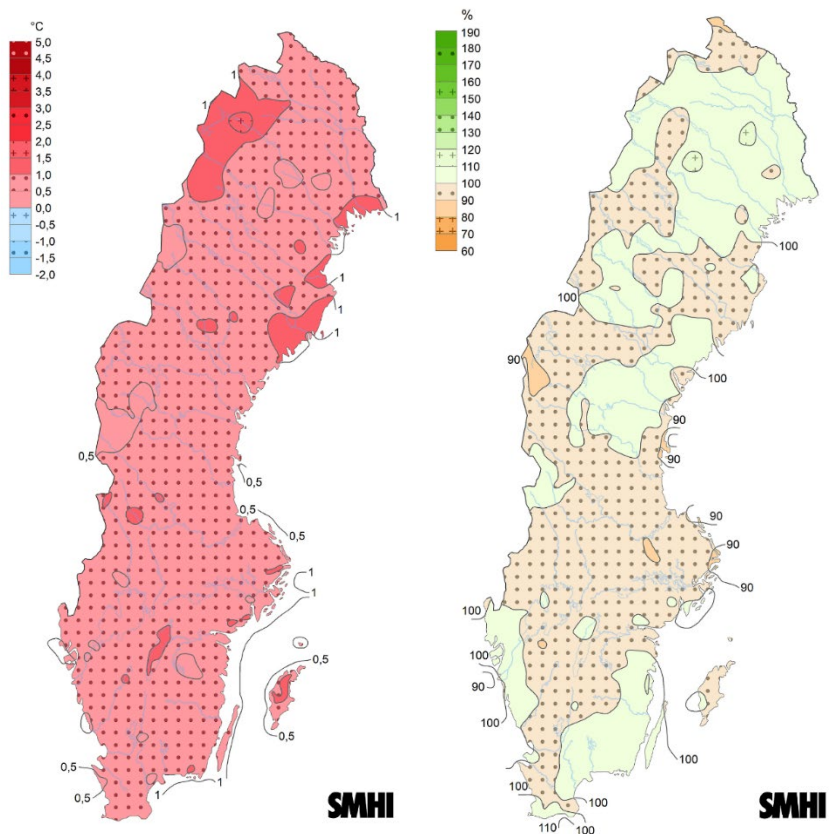
Figur 2. Uppmätt förändring i temperatur och nederbörd under vintern (december, januari och februari) för perioden 1961-1990 och 1991-2020.



Figur 3. Uppmätt förändring i temperatur och nederbörd under våren (mars, april, maj) för perioden 1961-1990 och 1991-2020.



Figur 4. Uppmätt förändring i temperatur och nederbörd under sommaren (juni, juli, augusti) för perioden 1961-1990 och 1991-2020.



Figur 5. Uppmätt förändring i temperatur och nederbörd under hösten (september, oktober, november) för perioden 1961-1990 och 1991-2020.

Framtidens klimatförändring kommer att vara en förändring till följd av utsläppen vi gör idag. Men även om utsläppen av klimatgaser skulle upphöra nu, skulle uppvärmningen fortgå ett tag eftersom det tar tid för haven och atmosfären att nå en ny jämvikt. Hela samhället i alla delar av jorden kommer att påverkas. Det är därför viktigt att planera för förändrade förutsättningar. Figur 2–5 visar den uppmätta förändringen i medeltemperatur under olika årstider. De största temperaturökningarna har skett, och förväntas fortsätta att ske, under vinter och vår.

Under de senaste åren har det varit mer utbredd försommartorka, något som tidigare har varit återkommande längs Sveriges östkust. Detta kan medföra problem då grödan under etableringsskedet ofta är extra känslig för uttorkning. I ett förändrat klimat med längre och intensivare perioder med torka kan konkurrensen om vatten öka ytterligare, mellan grödor såväl som mellan olika samhällsfunktioner.

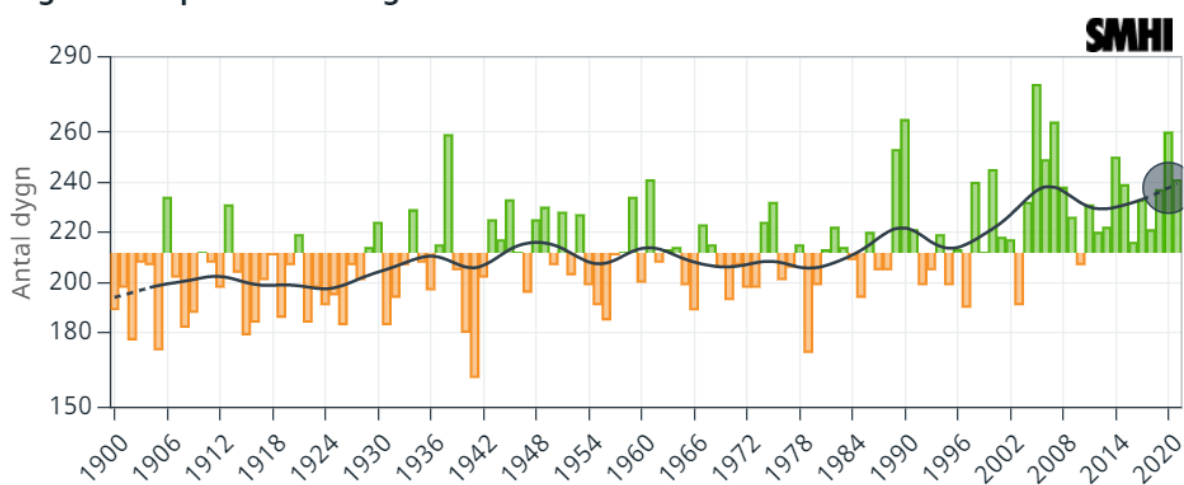
Sveriges framtida klimat beror på många faktorer som befolkningsutveckling, energianvändning, globala utsläpp av klimatgaser osv. Dessa olika faktorer sammanfattas i olika scenarier. Här visas utvecklingen av klimatet i Sverige enligt scenario RCP8,5 vilket är ett scenario som används i IPCC, AR5 och bygger på höga utsläpp av växthusgaser.

Bilaga 2. Vegetationsperiod och nollgenomgångar

Längre vegetationsperiod

Med ett varmare klimat förlängs växtodlingssäsongen över hela landet, se figur 6. I Götaland har växtodlingen förlängts med ca 5 veckor under perioden 1991–2017 jämfört med referensperioden 1961–1990 medan växtodlingssäsongen i norra Sverige förlängts med ca 3 veckor jämfört med referensperioden (SMHI 2023). Denna trend förväntas fortsätta i framtiden och hur stora förändringarna blir beror på utsläppen av växthusgaser. Sett över hela landet flyttas odlingsgränserna norrut. I områden där en viss gröda odlas idag kan högre temperaturer leda till förändringar både i utvecklingstakt och skörd av den grödan.

Vegetationsperiodens längd för Götaland

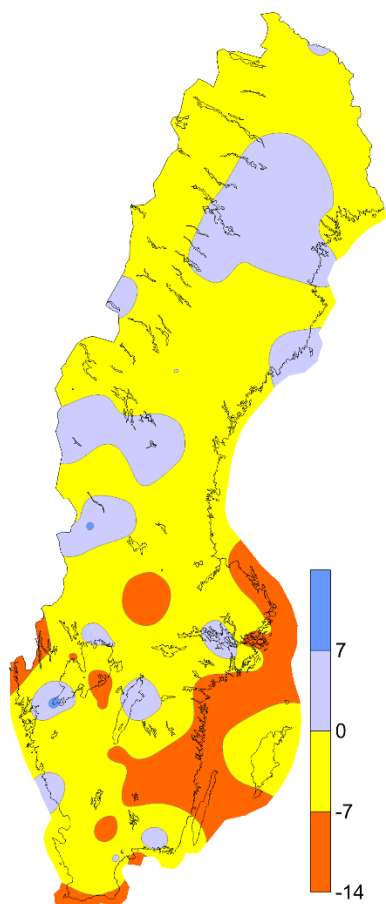


Figur 6. Uppmätt längd på vegetationsperioden i Götaland. Den grå linjen visar ett glidande medelvärde beräknat över ca 10 år .

Tidigare sista frost och fler nollgenomgångar

En mildare vinter medför att tidpunkten för sista dagen med frost kommer tidigare på våren (figur 7) och att vegetationsperioden blir längre (figur 6). Trots att vintrarna förväntas bli mildare och våren komma tidigare, visar beräkningar från SMHI att tidpunkten för sista frost inte kommer att ändras nämnvärt. I och med att vegetationsperioden blir längre kommer växtligheten igång tidigare och risken för frostsador blir därmed större. Frost kan orsaka stor skada i odlingar med blomning som exempelvis äpple.

Figur 7. Skillnaden i antalet dagar för vårens sista frost mellan perioden 1991-2017 jämfört med perioden 1961-1990.



Nollgenomgångar

Med nollgenomgångar avses när temperaturen skiftar kring noll, det vill säga mellan plus- och minusgrader. Antalet dagar som växlar mellan plus och minusgrader, så kallade nollgenomgångar, kommer minska i södra Sverige, men öka i mellersta och norra Sverige. I de delar av Sverige som brukar få tjäle kan fler nollgenomgångar under vintern ge ökade problem. Med fler nollgenomgångar ökar risken för att snön smälter men tjälen i marken under består. Vattnet från snön blir då antingen kvar i stora pölar på åkern eller rinner av som ytvattenavrinning. Båda alternativen medför en stor risk att växtnäring följer med ytvattnet ner i diken eller ner till dräneringsrören via grövre gångar i jorden när tjälen väl släpper. För grödans del är det en stor påfrestning när vatten blir stående i fält och det riskerar att frysa till is. Störst problem blir det under våren när solljuset startar transpirationen i växten och den torkar eftersom den inte kan ta upp vatten då det är fruset.

Ett annat problem med stående vatten i fält är att ”iskakor” bildas, vilket kan frysa sönder grödan. Under vintern 2022 drabbades Mälardalen av stora utvintringsskador i höstsådda grödor på grund av många nollgenomgångar och återkommande nederbörd i form av regn och snö under vintern. Uppskattningsvis behövde 10–30% av arealen sås om eller kompletteras med en vårgröda (muntlig meddelande, Johan Kullsand, HS Konsult AB).

För att förebygga att fler nollgenomgångar inte orsakar utvintrade områden i höstsådda grödor så bör infiltrationsbrunnar placeras i lågpunkter, som kan leda bort smältvattnet. Alternativt kan fälttopografin justeras så att fältformer får en lätt välvd yta, så att vattnet kan rinna av. Det kan man åstadkomma med ett schaktblad eller en genomtänkt jordbearbetning. Genom att schakta jord från högre till lägre partier på fältet kan lågpunkterna, där vattnet blir stående minskas eller byggas bort. Idag finns det hyvlar och schaktblad som ställs in med GPS och laser och som med hög precision kan skapa önskad fältform.

Översvämning och ökande havsnivå

Havsnivån förväntas att öka till följd av att landisar och glaciärer smälter samt av att vattnet utvidgas när det värms upp. Den lokala landhöjningen eller sänkningen, och dess effekt på marken, påverkar förutsättningarna i Sverige genom förlust av åker och betesmarker samt risk för saltvatteninträngning. Tillfälliga översvämningar kan erodera marken och öka risken för ras. Störst risk för förlust av åkermark finns i södra Sverige, där delar av Sveriges mest bördiga marker förekommer. En ökad havsnivå kan även försvåra markavvattningen vilket kan resultera i ökande problem med

översvämningar vid högvattenstånd. En ökande havsnivå kan också leda till saltinträngning i brunnar, vilket kan medföra att grundvattnet inte kan användas till människor, djur eller till bevattning .

Medelvattenståndet visar var den framtida strandlinjen förväntas gå. Den är beräknad av SMHI och finns för alla Sveriges kustkommuner på SMHI:s hemsida <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493> . I tabell 1 finns exempel på det förändrade vattenståndet i olika kommuner.

Tabell 1. Trolig förändring av medelvattenstånd 2040 jämfört med idag i olika kommuner. Bygger på data från SMHI, 2022, 2023a.

Kommun	Trolig förändring av medelvattenstånd (cm) 2040 jämfört med idag
Västkusten	
Strömstad	-10 till 15
Orust	0-20
Göteborg	5-30
Halmstad	10-35
Höganäs	10-45
Landskrona	15-35
Sydskusten	
Malmö, Trelleborg, Ystad, Simrishamn, Kristianstad, Sölvesborg, Karlshamn, Karlskrona	20-40
Södra ostkusten	
Mörbylånga, Kalmar, Borgholm	20-40
Gotland, Oskarshamn, Mönsterås, Västervik	10-30
Norrtälje, Valdemarsvik, Norrköping, Söderköping, Nyköping	5-30
Norra ostkusten	
Haparanda, Kalix	1-20
Luleå	0-20
Umeå, Skellefteå	-5 till 15
Härnösand	-5-10
Söderhamn	0-15

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 åkrarna kommer inte att kunna dräneras till det djup som behövs för att kunna brukas optimalt. Risken finns också att saltvatten kan tränga in i dräneringsledningarna om de mynnar i havet vilket skadar grödorna. För att skydda och bevara vissa marker kan det bli aktuellt med invallningar.

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

Vid blåsig väder kan vattennivåerna tillfälligt öka kraftigt. Hur mycket högre vattennivån blir beror på vattenståndets utgångsläge och vinden. Sannolikheten ökar för att extremt höga vattennivåer inträffar. SMHI har utvecklat en tjänst (Högvattenhändelser idag och i framtiden) som visar hur högvattenhändelser kan inträffa i olika delar av landet.

Läs mer på SMHI.se: https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/ny-webbtjanst-visar-hogvattenhandelser-idag-och-i-framtiden-1.193332?utm_campaign=unspecified&utm_content=unspecified&utm_medium=email&utm_source=apsis

Bilaga 3. Extrema väderhändelser

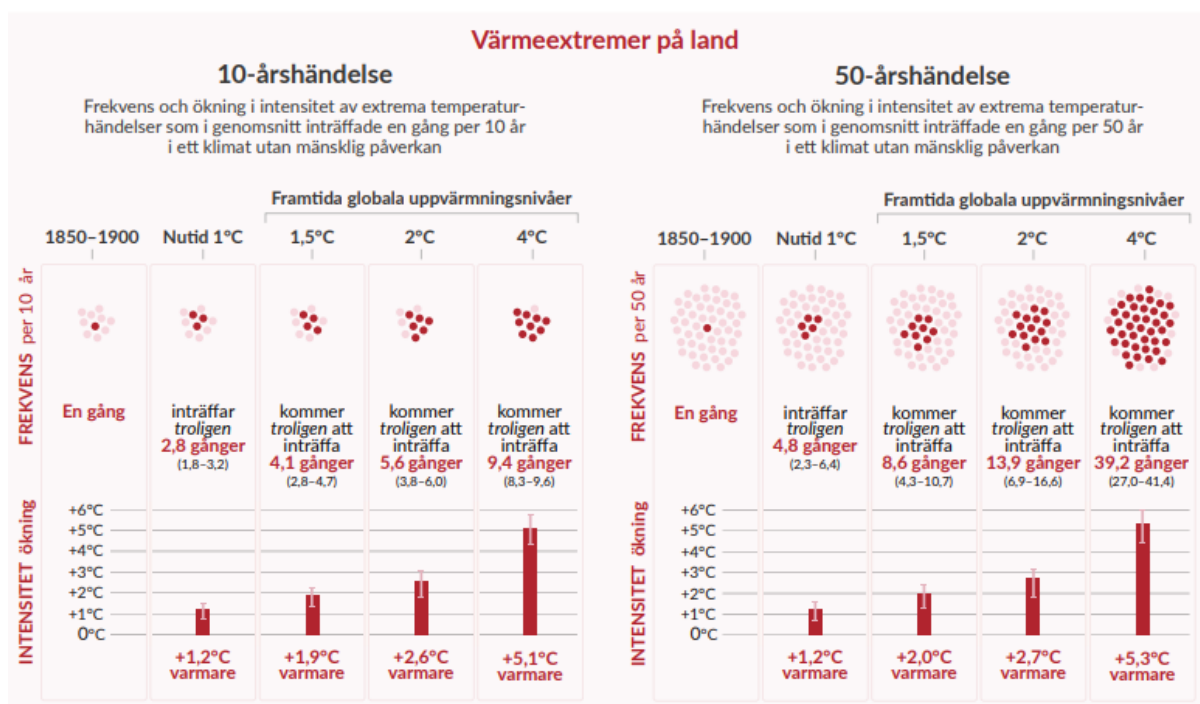
Extrema väderhändelser

En varmare atmosfär kan hålla mer vatten, vilket medför ökad risk för skyfall och stora nederbörds mängder. Nederbörd och ytavattenflöden beräknas därför att få större säsongsvariation och mellanårsvariation.

”Både mycket blöta och mycket torra väder- och klimathändelser och säsonger kommer att intensifieras i ett varmare klimat, med både översvämningar och torka till följd” (IPCC, 2021)

Extrem värme

Värmeböljor kommer att inträffa oftare i framtiden. Redan små förändringar av den globala medeltemperaturen förväntas få stor effekt på frekvensen av extrema temperaturer, se figur 8. Även intensiteten i de extrema temperaturerna kommer att öka med ökande global uppvärmning. Förekomsten av vissa extrema händelser som saknar motstycke enligt vad som observerats hittills kommer att öka.



Figur 8. Förekomsten och intensitet i värmeextremer över land vid ökande global medeltemperatur. Definition värmextremer: den dygnsmaxtemperatur som i genomsnitt överskrids en gång under en 10-årsperiod.

”Globalt sett förväntas förekomsten av värmeböljor fördubblas redan vid en global uppvärmning av en halv grad.”

Extremt höga temperaturer har störst betydelse under sommaren, då temperaturen redan är hög. Detta har stor betydelse för lantbruket i och med ett ökat behov av ventilation i stallar och tillgång till

vatten i växtodlingen. Extrema värmeböljor har snabb effekt på växtodlingen genom minskad eller avstannad tillväxt, brådmognad och i värsta fall torkar grödan ihjäl.

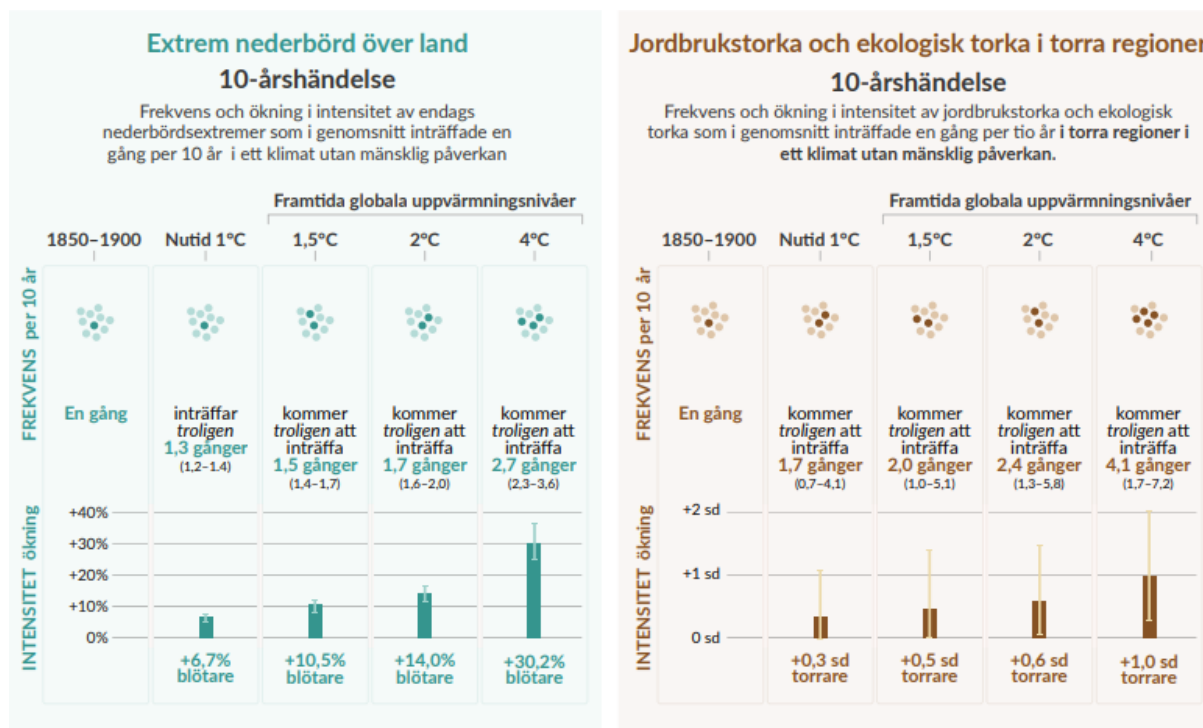
Det är mycket troligt att flera värmeextremer kommer att inträffa på flera ställen samtidigt. Det minskar möjligheten att få hjälp, både regionalt, nationellt och internationellt. Det är därmed nödvändigt att rusta sitt företag i förebyggande syfte med exempelvis större egna lager, fläktar för att kunna kyla djuren och framför allt en beredskapsplan.

Det är troligt att förekomsten av torka globalt sett kommer att öka i och med ett förändrat klimat. De regioner som främst kommer att drabbas är bland annat Nordamerika, norra och södra Mellanamerika, stora delar av Sydamerika, Väst- och Centraleuropa, Medelhavsområdet samt stora delar av Australien. I dessa områden produceras idag mycket livsmedel och foder och en ökad frekvens av torka i dessa områden riskerar att minska tillgången på jordbruksprodukter på världsmarknaden och därmed tillgången på foder för det svenska lantbruket.

MSB:s (2023) karttjänst visar uppmätta extrema marktemperaturer över 45 °C på delar av Öland under perioden 2017 till 2022. Dessa höga temperaturer påverkar gröda, produktionsdjur och även förekomsten av insekter negativt.

Extrem nederbörd eller torka

Frekvensen och intensiteten av extremt stor nederbörd kommer att öka med en ökande global medeltemperatur. Dygnsnederbörden bedöms bli mer intensiv och beräknas öka med 7% för varje 1°C ökning av den globala temperaturen (SMHI, 2021a).



Figur 9. Förekomst och intensitet av extrem nederbörd och torka vid olika uppvärmningsnivåer. Jordbrukstorka och ekologisk torka är samma sak fast över olika sorters vegetation.

Översvämning

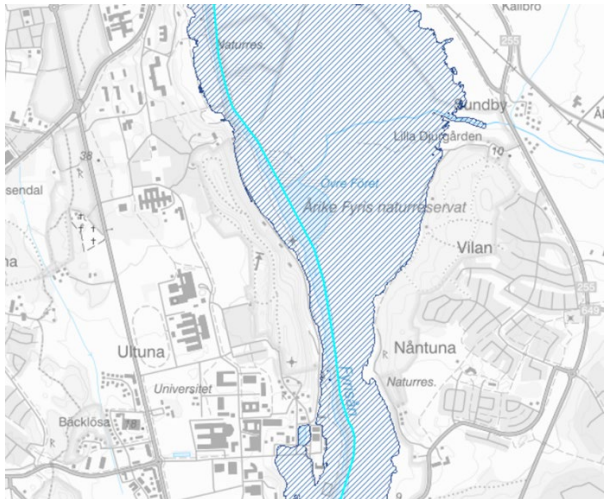
En ökad frekvens och intensitet av extrema nederbörds mängder medför förhöjd risk för översvämning av jordbruksmark och fastigheter. En översvämning påverkar jordbruket dels genom direkta skador på bland annat gröda, markstruktur, teknikutrustning och infrastruktur, dels genom att bestående skador som dålig markbärighet som försenar vårbruk och försvårar skörd samt ökar kostnaden för jordbearbetning. Markstrukturen påverkar markens infiltrationskapacitet av vatten, mineralisering av näring, erosionskänslighet och biologiska aktivitet. Det är viktigt att ha en hög struktur stabilitet och redan vid översvämningar på 1–3 dagar påverkas struktur stabiliteten negativt. Vid en översvämning förlorar lerjordar förlorar sina makroaggregat och sand- och flytjordar förlorar snabbt sin bärkraft. Vid översvämning är rotmiljön syrefri och under dessa förhållanden gynnas bakterier som bland annat orsakar kväveförluster, rotsjukdomar eller för växten giftiga ämnen. Vidare kan fosfor förloras genom erosion och kväve förloras genom denitrifikation (Wesström m fl, 2016).

Många grödor klarar att stå under vatten maximalt en till tre dagar. Grödor som grönsaker, potatis och sockerbetor kräver större odlingsinsatser och är förknippade med större ekonomisk risk än andra grödor. Grödor som dessa bör inte odlas på marker som regelbundet översvämmas (Wesström m fl, 2016).

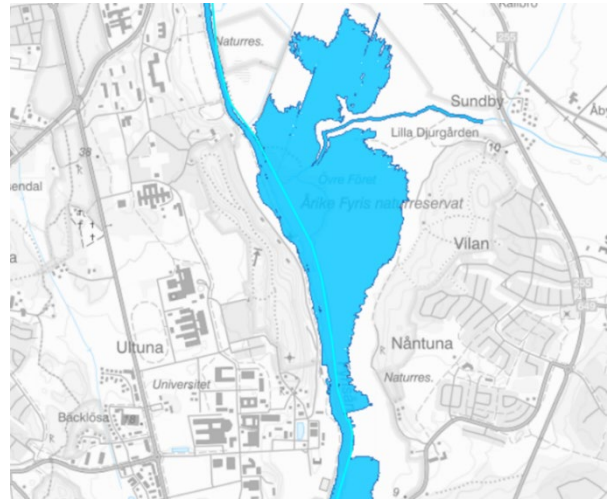
Direkta skador på grödan kan värderas relativt lätt. Skadans storlek beror av tiden grödan står under vatten och temperatur vid tillfället. Tidpunkten då översvämningen sker har mycket stor betydelse för lantbrukaren. Vid översvämning under våren finns möjligheter att etablera en ny gröda när översvämningen är över, men ju senare under säsongen som översvämningen sker, desto fler insatser har lantbrukaren bekostat och ju större värde går förlorat om kvaliteten på grödan går förlorad eller om skörden uteblir på grund av skadorna. Kostnader som är svåra att värdera är effekten av packningsskador från de maskiner som behövs för att bärga skörden efter en översvämning. Andra kostnader som också är svåra att värdera är den ökade dragkapaciteten som behövs till följd av försämrade förutsättningar för jordbearbetning, vattnets påverkan på jordens struktur och den negativa effekten på markens bördighet och mikroliv samt förluster av näringsämnen som eventuellt försvunnit med vatten som passerat genom fältet.

Effekter som utebliven höstsådd eller sämre etablering på grund av en senare höstsådd är ytterligare kostnader som lantbruket kan drabbas av. Även förändring av växtföljden till följd av att vissa grödor inte kan sås i tid medför förlorade intäkter. Den regniga sensommaren 2023 kunde många lantbrukare inte så höstoljeväxter på grund av vattenmättade jordar. Våroljeväxter har en betydligt lägre skördepotential och skördas senare vilket medför att etablering av höstvete efter våroljeväxterna året därpå riskerar bli sent sått och få sämre förutsättningar.

På Översvämningssportalen <https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/index.html> finns kartor framtagna av MSB som visar var det är risk för översvämningar vid 50- respektive 100-års flöden, samt ett beräknat högsta flöde. Som framgår av kartorna i figur 10 är det stora områden som riskerar att översvämmas vid beräknat högsta flöde och 100-år flöden.



Figur 10. Beräknat högsta flöde för Fyrisån, MSB Översvämningsportalen. Normal vattennivå är den ljusblå linjen i bilden.



Figur 11. 100-årsflöde i Fyrisån, MSB Översvämningsportalen

Samhället har ett stort behov av att förutse var vattnet samlas vid översvämnningar för att kunna undvika att viktig infrastruktur som sjukhus, bränsledepåer mm inte ställs under vatten. Lantbrukare har också nytta av att känna till vilka marker som ligger i riskzonen för att översvämmas. Dels för att skydda egen infrastruktur men också för att samhället har ett behov i extrema situationer att ta jordbruksmark i anspråk för att skydda viktig bebyggelse. På EU-nivå finns en önskan om att stärka samverkan mellan samhället och lantbruket för att minska kostnaderna för skador i samband med översvämnningar (Roche och Kavvadas, 2021). Det kan vara kostnadseffektivare för samhället att ersätta lantbrukare för förlorad skörd och packningsskador för att undvika stor förstörelse av bebyggelse och infrastruktur vid en översvämnning än att anlägga skyddsvallar vid översvämnningar. Andra förebyggande åtgärder för lantbrukare kan vara att anlägga våtmarker, plantera träd och häckar, lägga mark i träda för att på så sätt för att skydda egen mark och samhällsintressen.

Exempel på effekt av extremväder: Översvämningen nedströms Sala i september 2023

1 maj och 30 juni

Under denna period regnade det i princip ingenting i området. Dagstemperaturen låg mellan 18 och 24 grader, det var varmt men inte extremt varmt. På grund av torkan var vårvetet var ca 15 cm högt i början av juni. Sommaren 2018 var det ännu varmare, närmare 30 grader i dagstemperaturer, men värmen kom senare under sommaren då.

Lördagen 1 juli

Denna dag började det att regna. "Äntligen regn!" tänkte alla vallproducenter vars 1:a skörd gett knappt halv skörd och vars 2:a skörd helt hade torkat bort.

Juli och augusti

Det regnade i stort sett varje dag dessa två månader. Följden blev att marken vattenmättades och det kom massor med grönskott i de korta grödorna till följd av att frön som legat torrt som grodde och att det kom ytterligare sidokott från befintliga plantor. Det ledde till att dem vårsådda spannmålen hade tre olika generationer i samma fält. Antalet ax dubblades i vårvetet efter att grönskotten hade vuxit till.

Bland lantbrukarna spekulerades det om man skulle skörda med lågt skärbord när de gröna stråna fortfarande var gröna eller om man skulle vänta tills de nya axen mognat. Vallproducenterna såg fram emot en stor 3:e vallskörd. Men regnet fortsatte så det gick inte att skörda eftersom det bara regnade mer och mer.

Tärna Hovberga invallningsföretag från 2001

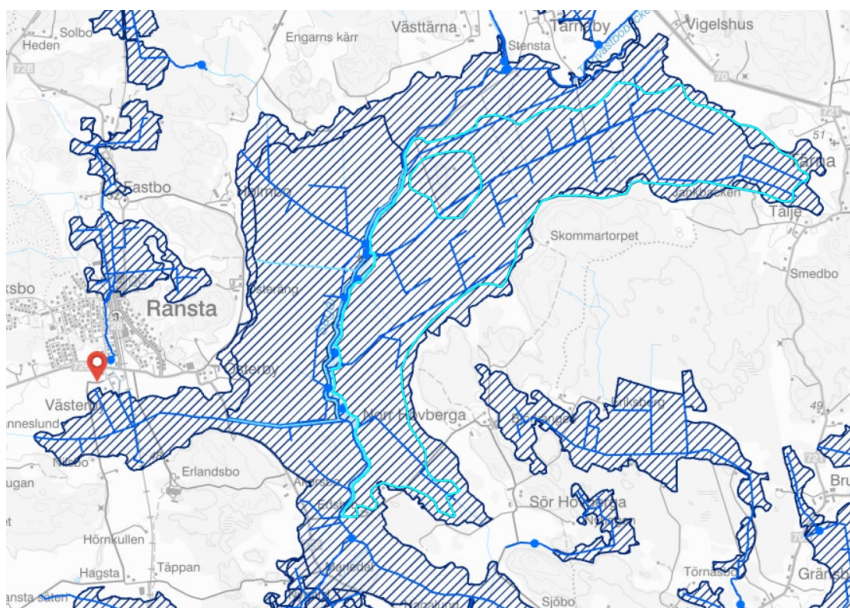
I samband med sänkningen av Sagån 1947 skapades ett jordbruksområde mellan Vilgelshus, Ransta och Sör Hovberga. Så sent som 2001 tillkom Tärna-Hovberga invallningsföretag där ca 800 ha åkermark ingår. Det ligger på den östra sidan av Sagån. 2023 är det fem lantbrukare som brukar marken. Invallningen består av en lång vall mot Sagån samt tre pumpstationer med två pumpar i varje, en pump för normaldrift och en pump vid stora vattenflöden.

Fredagen 1 september

Markerna i området runt Sala var vattenmättade. Pressen och privatpersoner på Facebook lade kontinuerligt ut info om vad som hände i Sala. Vattnet i Sagån stod högt upp på vallen till Tärna Hovberga invallningsföretag.

Natten till lördagen 2 september

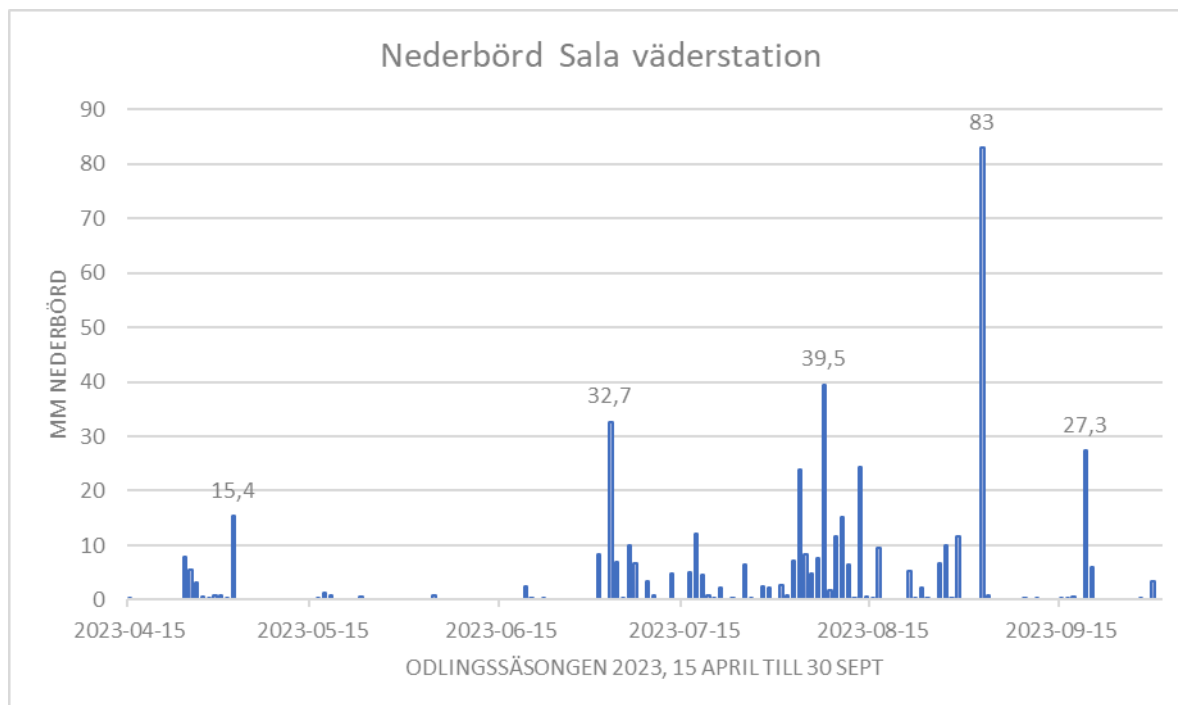
Under natten till 2 september regnade det 83 mm enligt SMHI:s väderstation i Sala. Egna mätningar från boende i området runt Sala med omnejd visade att det regnat mellan 100-130 mm. Sala kommun gick upp i stabsläge. Vattnet steg och steg trots att tappningen från dammar högre upp i vattensystemet stängdes och att dammluckorna var maximalt öppnade vid Svassla, Krokforsen och Måns-Ols. Beslut togs om att börja pumpa vatten ur dammen Långforsen för att minska trycket på dammvallarna och förhindra överströmning, vilket skulle kunna leda till dammbrott.



Tärna-Hovberga invallningsföretag 2001 ligger på den östra sidan om Sagån, Österby-Västtärna inv 1982 ligger på den västra sidan. Kartan är hämtad från WebbGIS Västmanland.

Lördagen 2 september

Lantbrukarna inom Tärna-Hovberga invallningsföretag åkte ner till invallningen för att förstärka vallen. Tillsammans med en grävmaskinist jobbade de i skift under hela dagen. Jord från insidan av vallen lyftes upp på vallkrönet. Arbetet slutade först när mörkret föll, för då vågade de inte hålla på längre eftersom vattennivån i ån stod så högt. Vallen till invallningsföretaget mittemot, Österby-Västtärna invallningsföretag från 1982, hade brustit under dagen.



Måndag 4 september

På måndagen 4 september gick det inte längre att köra på bilvägen ner på invallningen. En av lantbrukarna återvände till vallen för att kolla läget.

–”Det var stående vatten i fältet som jag gick ut i. Vattnet nådde till halva låret när jag närmade mig invallningen. Ett dovt muller hördes och jag såg hur vatten vällde in över vallen. Gluggen var ca 4 m bred och det var den, numera, lägsta punkten på vallen som brast. Grävmaskinisten som jobbat hela lördagen hade inte hunnit till denna del av vallen där vattnet nu sköljde in.”

Sedan invallningen anlades har det aldrig varit problem med att vatten tryckt in. Totalt finns det tre pumpstationer och 6 pumpar inom invallningsföretaget som är ca 800 ha stort. Största pumpstationen tar 960 l/sek med två pumpar igång. Ca 300 ha av den totala arealen stod under vatten när det var som mest översvämmad.



Sala silvergruva

Väster om Sala ligger Sala silvergruva. Nordväst om Sala silvergruva finns ett antal dammar som regleras av Sala kommun. Allt vatten som rinner till Sagån västerifrån kommer genom Sala antingen via Sala silvergruva, Dammboskid eller dammluckorna vid Svassla, Krokforsen och Måns Ols. Vattenvägarna möts i Ekeby damm i Sala och rinner därifrån vidare till Sagån som ligger öster om Sala.

Det finns flera sänkningsföretag runt Sala. En viktig yta som är sänkt är Sala damm som ligger norr om Sala. Den damm som fanns där sänktes 1900. Tidigare var den ytan en kraftdamm för hyttan.

Under översvämningen

Invallningens pumpar gick hela tiden. Den största pumpen gick sönder, men lantbrukarna inom invallningsföretaget lyckades låna en traktordriven pump, med kapaciteten på 500 l/sek.

Grödorna på de översvämmade delarna bestod av ett vårmete och brösthög fin vårraps. De stod under vatten i 2 veckor. Rapsen och grönskotten på vårvetet dog, det såg ut som om det var kemiskt avdödat när vattnet hade försvunnit. På mer höglänta skiftena odlades potatis och lantbrukaren grävde diken runt dessa skiften för att leda bort vattnet. Endast delar av dessa skiften översvämmades.

Efter översvämningen

Lantbrukarna väntade tills vattennivån hade sänkts så pass att det inte rann längre innan de började att tröska. En lyckades tröska utan större missöden. Skörden av vårraps blev ca 2000 kg/ha med 25% vattenhalt, vilket gav upphov till extra kostnader eftersom det direktlevererades och vatteninnehållet översteg gränsen för torkavtalet så medförde det avdrag på priset för torkningen. Vårvetet gav ca 1500 kg/ha. Mycket av spannmålen var grön och inget vete klarade falltalgränsen för brödsäd. Proteinhalten var hög, ca 17%. Skiftet hade gödslats med 90 kg kväve och skiftet var kalkat våren innan odlingsförutsättningar hade varit goda. Lantbrukarna på andra sidan ån har mark som är något mer låglänt. De försökte tröska men körde fast och delar av deras areal tröskades aldrig.

Lantbrukarna i invallningsföretaget planerar att laga och förstärka invallningen under vintern när jorden är frusen och risken för markpackning är låg.



Tack till Gustaf Forsberg och Anders Larsson, två av lantbrukarna inom Tärna-Hovberga invallningsföretag som berättat om översvämningarna. Tack till Michael Nilsson, utredningsingenjör på Sala kommun som berättat om hur Sala kommun agerade vid extremvädret samt tack till Viktor Kärvinge, vattensamordnare i Sagåns avrinningsområde som berättat om olika sänkingsföretag och om förloppet.

Bilaga 4. Erosion och jordskred

Risken för jordskred ökar med ett förändrat klimat . Fastighetsägare har både ett ekonomiskt och juridiskt ansvar att skydda sin fastighet mot skred. I praktiken kan detta vara mycket svårt eftersom åtgärder kan behöva göras på en annan fastighetsägares mark för att skydda den egna fastigheten. Fastighetsägaren har också ett ansvar att inte orsaka skred för andra, exempelvis genom vårdslöst grävarbete eller upplag av tungt material. Den som orsakar ett skred som ger skada hos någon annan kan bli skadeståndsskyldig .

En permanent skyddszon längs ett vattendrag kan vara ett effektivt sätt att minska risken för skred. Jordbruket kan orsaka ras och skred genom att ta bort växtlighet samt genom att dräneringsvatten från jordbruksmark leds till erosionskänsliga stränder.

I områden där det är risk för skred är det viktigt att inte öka belastningen på marken exempelvis genom att lägga upp massor av jord, virke eller parkera tunga maskiner. Nybyggnation kan också medföra en risk för skred. För byggnader som inte behöver bygglov, exempelvis ekonomibygnader, måste markägaren själv ha kunskap för att bedöma om marken klarar belastningen . I framtiden kan det bli mer aktuellt med skyddsvallar på åkermark för att skydda mot översvämning från hav, sjöar eller vattendrag. Tyngden från dessa skyddsvallar kan bidra till ökad risk för skred. Åtgärder som anläggning av olika sorters våtmarker, dammar och återskapande av vattendragens naturliga form kan bidra till att fördröja vattnet i landskapet, vilket minskar risken för erosion och skred.

Bilaga 5. Grundvatten och markvatten

Grundvatten och markvatten

Tillgången på grundvatten förändras i och med ett förändrat klimat. I Sverige faller det mer nederbörd under sommar och höst än under vinter och vår. Trots den större nederbördsmängden sker det vanligtvis ingen grundvattenbildning under vegetationsperioden eftersom växterna tar upp vatten och den högre temperaturen medför att vattnet avdunstar. När växtsäsongen avslutas under hösten och vintern så finns mer nederbörd tillgänglig för grundvattenbildning. I den klimatförändring som pågår så förändras nederbördsmönstret och snögränsen förskjuts norrut. Snösmältningen och vegetationsperioden infaller tidigare på våren och växtlighet växer längre på hösten, med större evapotranspiration (avdunstning av vatten från en bevuxen yta) som följd och därmed lägre grundvattenbildning. Detta innebär att grundvattennivåns avsänkingsperiod under sommarhalvåret har förlängts med ungefär två veckor under de senaste 20 åren (SGU, 2023).

Förväntad förändring av grundvattnet

Det finns olika åsikter om hur den framtida grundvattenbildningen kommer att bli. För de långsamreagerande grundvattenmagasin som är viktiga för den allmänna vattenförsörjningen (exempelvis de kommunala vattentäkterna) förväntas följande enligt SGU:

- Grundvattnets årsmedelnivå beräknas höjas i större delen av Sverige utom i landets sydöstra delar där nivåerna beräknas sjunka.
- Grundvattnets max- och miniminivåer förväntas öka i norra Sverige men minska i södra Sverige.
- Nivåfluktuationerna beräknas minska i norra delen av landet men öka i landets södra och sydvästra delar.

För snabbreagerande grundvattenmagasin, vilka främst är viktiga för personer med egen brunn, förväntas följande förändringar:

- Grundvattennivåerna beräknas vara lägre under sensommar och tidig höst till följd av en längre period utan grundvattenbildning under sommarhalvåret.
- Grundvattennivåerna beräknas variera mindre i norra Sverige medan det i södra Sverige beräknas bli i stort sett oförändrade nivåvariationer.

Klimatförändringar som leder till mildväder mitt i vintern riskerar att påverka grundvattenbildningen negativt. När vintrarna blir varmare i norra Sverige finns risk att grundvattennivån sjunker, trots riklig nederbörd. Med varmare vintermånader finns risk för att en större del av snösmältningen sker när det fortfarande är tjäle i marken. Det medför att påfyllningen av grundvattenmagasinen riskerar att minska när smältvattnet rinner ovanpå marken ut i sjöar och vattendrag i stället för att tränga ner i marken.

Markvatten

Växtodlingen är beroende av den nederbörd som lagras i markvattenmagasinet, den omättade zonen ovanför grundvattenytan. Markvattenmagasinet är det svenska jordbrukets primära vattenresurs eftersom det tillhandahåller huvuddelen av jordbrukets vattenbehov (Klimatanpassningsrådet, 2022). Inför varje växtodlingssäsong start är markvattenförrådet fullt efter nederbörden under höst, vinter

och vår. Tillgången på vatten i markvattenmagasinet går att påverka genom att arbeta med markstruktur och dränering. Det arbetet är därför en nyckelfaktor både för att nå en tillfredsställande vattenhalt vid blöta förhållanden och försörja grödan med vatten vid torka.

Markstruktur

Markstrukturen beskriver hur marken är uppbyggd, hur olika markpartiklar är lagrade och förbundna med varandra. I en jord med god struktur kan rötterna utvecklas väl och försörjningen av näring och vatten fungerar bra liksom gasutbytet i marken. Detta leder i sin tur till säkrare och högre skördar och därmed ökad lönsamhet (Berglund m fl 2002). Markpackning är skadligt då det minskar markens förmåga att hålla vatten genom att reducera antalet och volymen av jordporer, samt genom att skapa täta lager, så kallade plogsulor. En jord med skadad struktur har sämre förmåga att släppa igenom vatten och är svårare att dränera, vilket resulterar i sämre rotutveckling och tillväxt för grödan. En jord med strukturskador kräver större dragkraft när den ska bearbetas, den torkar upp långsammare och skördevariationen riskerar att bli större mellan åren. Försämrade vattenledningsförmåga begränsar de processer som är beroende av syre som till exempel nitrifikationen och ökar risken för denitrifikation (gasformiga förluster av kväve) och jorderosion. Markpackning medför även jorderosion på grund av ytavrinning vilket är en stor orsak till fosforläckage.

Lantbrukaren kan påverka markens struktur genom att vidta olika åtgärder som dränering, tillförsel av organiskt material samt genom val av odlingssystem. Odlingsystemet, som inkluderar val av grödor, växtföljd, jordbearbetningsmetoder och gödsling, har en påverkan på marken och dess struktur, både i positiv och negativ riktning. Ett hållbart odlingssystem bör upprätthålla en god markstruktur och helst även förbättra den över tid. Genom att öka halten av organiskt material i jorden kan markens struktur förbättras och jordens förmåga att lagra vatten öka. Jordens upptorkning under kritiska perioder som sådd och skörd går snabbare med hög mullhalt eftersom jorden kan hålla en större mängd vatten utan att upplevas som kletig.

På lerjordar förväntas ökade regnmängder och högre temperaturer få stora konsekvenser eftersom det finns stor risk för ökad markpackning med minskad genomsläpplighet som följd. Vidare riskerar tjälens luckrande effekt att utebli vintertid. Å andra sidan ökar risken för torrsprickor i lerjordar sommartid, och dessa kan ha samma effekt på strukturen som tjälen, men nå djupare. (Jordbruksverket 2009b)

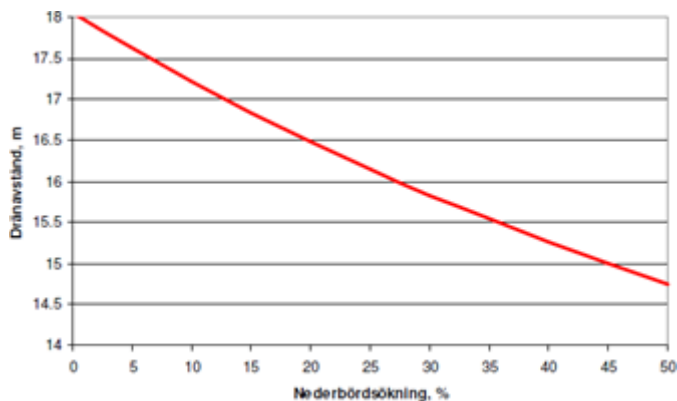
Täckdikning

Jordbrukets behov av en väl fungerande dränering vintertid är lika stort som under odlingssäsongen. Ett varmare klimat innebär att vårbruket kan starta tidigare och då är det viktigt att dräneringen är effektiv även under vinterhalvåret, så att vattenöverskottet kan ledas bort och marken torka upp tidigt.

Det finns ett generellt behov av ökad täckdikning. Idag är cirka 50% av åkermarken täckdikad och ca hälften av den täckdikningen är äldre än femtio år. Enligt en undersökning av SCB (2016) har 20% av den brukade åkerarealen otillfredsställande dränering. Ansvaret för att täckdika åkermarken ligger på markägaren och hänger på dennes vilja och ekonomiska utrymme för att göra investeringen. En svag lönsamhet minskar intresset för att täckdika.

Ökade flöden och stigande vattennivåer i sjöar, hav och vattendrag kan medföra att huvudavloppen kommer att dämna för täckdikningssystemen så att dessa får sämre avrinning. Detta ökar risken för skador på grödan. Även täckdiknas stamledningar bedöms ha alltför liten kapacitet för att klara de förväntade högre vattenflödena i ett framtida klimat.

Om nederbörden ökar med en viss procent kan det vara skäligt att minska avståndet mellan täckdikningsrören med samma procentandel (figur 12). Utanför Sala finns ett nytt täckdikningsförsök som bland annat visar att det ännu inte är lönsamt att fördubbla tätheten mellan dräneringsrören. Försöket visar att dräneringen är viktig för att rötterna ska kunna tränga ner djupt i jorden för att komma åt ett större vattenförråd i form av växttillgängligt markvatten (Wesström, 2024).



Figur 12. Sambandet mellan förändringen i nederbörd och optimalt avstånd mellan täckdikningsrören (Lindmark, 2009)

Grusning är ett sätt att förbättra jordens genomsläpplighet. Vid återfyllning efter täckdikning är det i täta jordar såsom lerjordar lämpligt att punktvis, med jämna mellanrum, grusa upp till markytan. Kostnaden för grusning är en betydande del av kostnaden för ny täckdikning. Ett sätt att hålla nere grusningskostnaden är att utveckla smalare grävaggregat, så att täckdikningens grendiken kan grävas smalare. 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. Eftersom framkörningskostnaden för maskinerna blir hög om man bara ska dränera små områden kan slitsdränering och punktvis grusning vara ett alternativ för små områden som är mindre än 5-10 ha.

Alven har ofta sämre genomsläpplighet än matjorden. Genom att vara noga med att föra ner matjord till grusfiltret i rörgraven vid täckdikning kan vattnet tränga ner bättre till dräneringsledningen. 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 är att blanda jorden som läggs tillbaka med strukturkalk för att förbättra aggregatstabiliteten, något som visat sig effektivt i det nya täckdikningsförsöket utanför Sala.

Bilaga 6. Tillgång till vatten

En ökande temperatur, fler väderextremer och förändrad grundvattenbildning kommer att påverka tillgång och kvalitet på såväl yt- som grundvatten. Verksamheter med djur eller grödor som bevattnas är särskilt sårbara. En potentiell vattenbrist är en stor belastning för ett företag och kan påverka dess affärsutveckling. Det kan därför vara bra att försöka förebygga problem och att ha en plan för vad som ska göras om problem uppstår. Exempel på åtgärder kan vara

- Alternativa vattenkällor/dubbla brunnar.
- Beredskap för kris, en buffert och lagringskapacitet.
- Vattenbesparande åtgärder och optimering av drift.
- Avtal med kommun eller grannar för reservvatten.

För jordbruksproduktionen kan det vara en bra idé att anlägga bevattningsdammar för att lagra vatten mellan årstiderna. Anläggning av bevattningsdamm kan ha andra fördelar utöver att vara en bevattningsvattenskälla. Bevattningsdammen kan användas för att samla upp näringsämnen från omkringliggande fält och därmed minska andelen som rinner ut i sjöar, hav och vattendrag. Bevattningsdammen kan även bidra med biologisk mångfald då många insekter och djur behöver den typ av miljö. En vattenspegel påverkar även det lokala klimatet genom att det sänker temperaturen. Bevattningsdammen kan även fungera som en branddamm.

Om en brunn tar slut eller får problem är det bra om det finns dubbla brunnar där varje brunn ger full kapacitet. Ett annat sätt kan vara att ha ledningar mellan gårdar, så att om ett företag får problem, kan de tillfälligt koppla upp sig mot grannens brunn. Det är viktigt att spola dessa reservledningar regelbundet så att de hålls fräscha. Ibland är det problem med att ledningar läcker. Ett sätt att förebygga detta problem är att ha dubbla ledningar från sin brunn. Det är också möjligt att samla regnvatten/takdagvatten till en separat damm. I Australien och Nya Zeeland finns dubbla system med olika vattenkvaliteter, där takdagvatten filtreras och används som dricksvatten.

I delar av Sverige finns nu avsaltningssystem, där havsvatten avsaltas för att kunna användas som dricksvatten. Avsaltning kan pågå året runt och överskottsvattnet lagras inför sommarsäsongen. I vissa lägen kan det vara möjligt med en konstgjord infiltration. Det krävs dock en viss uppehållstid i marken för att vattnet ska bli rent. Det är viktigt att infiltrationen görs fackmannamässigt, eftersom det annars finns risk för att vattenkällan kontamineras.

För företag med får, köttdjur, kvigor kan det vara möjligt att utnyttja vattendrag, sjöar och hav som extra vattenkälla till djur. Djur tål en salthalt på maximalt mellan 3 och 6 promille. Att utnyttja havet som vattenkälla är lämpligast där salthalten är som lägst, exempelvis i norra Östersjön.

Bevattning

Bevattning kommer att bli allt viktigare även i Sverige för att kunna bibehålla produktionsvolymerna i växtodlingen i ett varmare klimat. Bevattning höjer inte bara skörden under torka, utan har också en kylande effekt på grödan. På Öland, Gotland och i Kalmar län har bevattningsanläggningarna ökat kraftigt efter flera år med kraftig torka och lågt grundvattenstånd.

Tidigare bevattnades främst odlingar med specialgrödor och potatis eftersom dessa genererar mer intäkter. Biologiskt sett har bevattning högst skördehöjande effekt i vall följt av vårsäd och våroljeväxter. Flera mjölkproducenter i sydöstra Sverige har börjat bevattna slätter- och betesvallar.

För mjölkproducenterna ger det en säkerhet att kunna odla större delen av eget foder samt kunna beta nära ladugården under hela odlingssäsongen eftersom det är billigare än att transportera vallfoder långa sträckor. Lantbrukare som investerat i bevattningsanläggningar vittnar om att har man väl börjat bevattna så vill man kunna vattna alla grödor. Det en stor investering att skaffa en bevattningsanläggning, men ofta är det ändå tillgången till vatten som begränsar den bevattnade arealen.

Det är viktigt att samla vatten under den del av året det finns ett överskott i diken och dräneringar, så att inte bevattningen ställs mot biologisk mångfald när det är låga flöden i vattendragen. Dammar för bevattning utgör inget hot för den biologiska mångfalden på samma sätt som uttag av grund- eller ytvatten. Investeringskostnaden kan dock bli stor beroende på landskapets form. På slätten kan stora mängder jord behöva flyttas för att åstadkomma en stor volym, medan i ett kuperat landskap kan det räcka med att dämna vatten och på så sätt skapa volymen.

För att bevattna så effektivt som möjligt gäller det att utrustningen som används är välskött. Blir det smuts eller kalk i rör och liknande så behövs mer vatten pumpas in i system för att det ska spridas i fältet. Ett torrår då det är brist på vatten kan ett välfungerande och rent system göra skillnaden på om skörden lyckas eller ej. I bevattningssystem kan även patogener och smuts komma in vilket sedan kan spridas till grödorna. För att minska risken för spridning av sjukdomar så är rengöring viktigt.

Bevattningstekniker

Den vanligaste bevattningstekniken i Sverige är en så kallad bevattningskanon. Tekniken bygger på att en sprinkler skjuter ut vattnet långt från ett roterande munstycke. Spridaren dras långsamt genom fältet tillbaka till slangvagnen. Fördelen med bevattningskanoner är att de är lättare att flytta än rampbevattning, har ett lägre anskaffningsvärde och kan bevattna ojämna fält. Nackdelen med tekniken är att den är vindkänslig vilket kan ge ojämn fördelning av vatten i fält, vattenförlusterna kan bli stora på grund av avdunstning samt att den kräver större pumpkapacitet än andra bevattningstekniker.





En annan teknik är rampbevattning. Det är en bevattningsramp som dras genom fältet. Fördelen med rampbevattningen är att den ger jämnare givor, är mindre vindkänslig, kan ge lägre givor och har lägre tryckbehov än en bevattningskanon. Nackdelen med tekniken är att den kräver raka fält, att det finns risk för ytavrinning samt att den är svårare att flytta än bevattningskanonen.



Centerpivot eller cirkelbevattning är en storskalig bevattningsramp som rör sig runt en mittpunkt med pump och vattentillförsel. Centerpivot passar stora sammanhängande fält med upp till 20 hektar per cirkel. Fördelen med tekniken är att den ger en jämn bevattning med låg vindavdrift samt att den är automatiserad och självgående vilket medför låg arbetsinsats. Nackdelen är de höga investeringskostnaderna.

Droppbevattning är en metod som blir allt vanligare i frukt-, bär- och grönsaksodlingar. Droppslangar placeras ut permanent i odlingen, de kan grävas ner grunt för att man ska kunna köra i och bearbeta fältet eller läggas under en markduk. Fördelen med droppbevattning är att den ger en jämn vattentillgång, den kan ge låga givor som ändå kommer grödan till godo, ger låga förluster genom avdunstning, behöver endast lågt tryck, kräver låg arbetsinsats under växtsäsongen samt att blad och frukter inte kommer i kontakt med vattnet vilket är bra för kvalitet och hygien. Nackdelen med tekniken är att den kan vara känslig för partiklar i vattnet och att filter kan krävas. Andra nackdelar är hög materialkostnad och kort livslängd på droppslangarna samt att det är arbetsamt att lägga ut slangarna.

Underbevattning eller reglerbar dränering är en teknik som tillämpas av många olika orsaker, men i ett förändrat klimat kan man öka vattentillgången under sommaren när det är en längre torrperiod. Genom att vatten pumpas in i dräneringssystemet från ett närliggande vattendrag under växtodlingssäsongens torra perioder, bevattnas grödorna underifrån och vattnet fördelas ganska jämt i systemet. Skördarna kan ökas med flera tusen kilo enligt finska erfarenheter (Thomasfolk, 2021).

Reglerbar dränering är enklast att konstruera på flacka områden där grundvattennivån kan hållas uppe med hjälp av ett fåtal dämningar. Reglernivån bör inte ligga högre än ca 60 cm under markytan på någon del av fältet för annars är risken stor för att grödorna påverkas negativt. Underbevattning på leror där vattnet rör sig långsammare medför en större risk för grödskador vid stora sommarregn än samma teknik på lätta jordar som dränerar snabbare. Reglerbar dränering tillämpas på sulfidjordar

eller jordar med rostproblem för att minska problemen med utfällningar av svavel och rost i dräneringssystemet (Westerberg, 2018).

I Miljöbalken, 11 kap. § 12, finns ett undantag som berör en enkel reglerad dränering. Miljöbalken tillåter dig att göra en mindre dämning eller enkel reglerad dränering i ett dike om den inte skadar annans mark eller egendom eller hindrar djur och växter från att förflytta sig i vattendraget. Du kan testa att täppa till dina dräneringsögon eller åkerdiken. Detta kan hjälpa till att öka både markvatten till växterna samt ge vattnet tid att sippra ner och bilda grundvatten.

Oavsett bevattningssystem är det viktigt att hushålla med vattnet. De flesta grödor behöver inte bevattnas under hela säsongen utan endast när tillväxten är som störst. Behovet av bevattning varierar beroende på bland annat gröda, jordart, mullhalt, dräneringsdjup, eventuella packningsskador samt pH-gradienten i alven. Det finns därför olika metoder som kan användas för att bedöma när bevattning behövs. En jordvattensensor är en sensor som sticks ner i marken för att mäta jordens fuktighet i realtid. Bevattningsbehovet kan även beräknas fram genom att man uppskattar andelen vatten som avdunstar från marken och grödorna, alltså den potentiella evapotranspirationen.

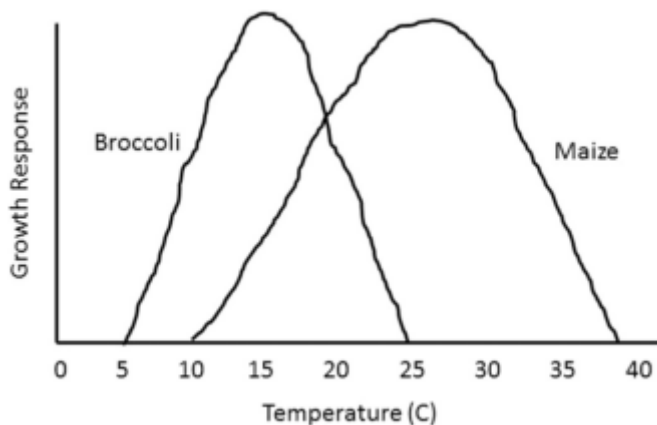
Bilaga 7. Effekt på växtodlingen

Ökande temperatur, effekt på tillväxt och avkastning

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 fotosyntesen skall fungera optimalt. Vid överoptimala temperaturer stängs klyvöppningarna för att skydda växten från uttorkning.

För höga temperaturer under blomningen/pollineringen påverkar även grödornas produktion av pollen och dess livsduglighet. För många grödor gäller att om temperaturen är mer än 5 °C över den optimala temperaturen för pollineringen, blir pollineringen reducerad med en minskad potentiell avkastning till följd.

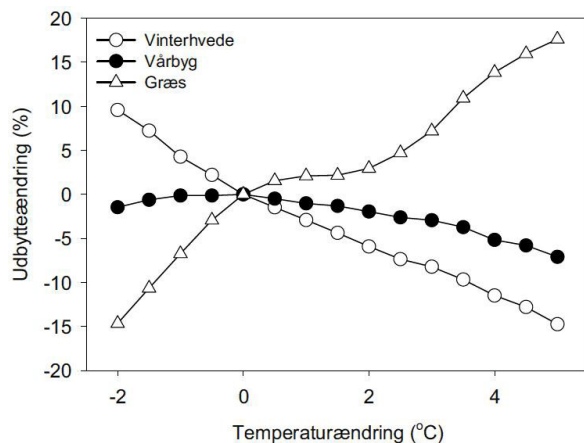
De årliga vårgrödorna är generellt mest känsliga för höga temperaturer under blomningen eftersom deras utveckling går fortare än höstspannmål och de befinner sig i blomningen under en kort period. Bienna och perenna grödor har vanligtvis en långsammare utveckling vilket gör att de kan uthärda en kortare värmebölja under deras lite längre blomningsperiod. För majs, som är en värmeälskande gröda, går brytpunkten vid 25 °C när pollineringen och den vegetativa tillväxten blir lidande, se figur 13. För många andra grödor är brytpunkten lägre.



Figur 13. Temperaturresponsen för majs och broccoli som visar minimum, optimum och maximum temperaturer för den vegetativa tillväxten.

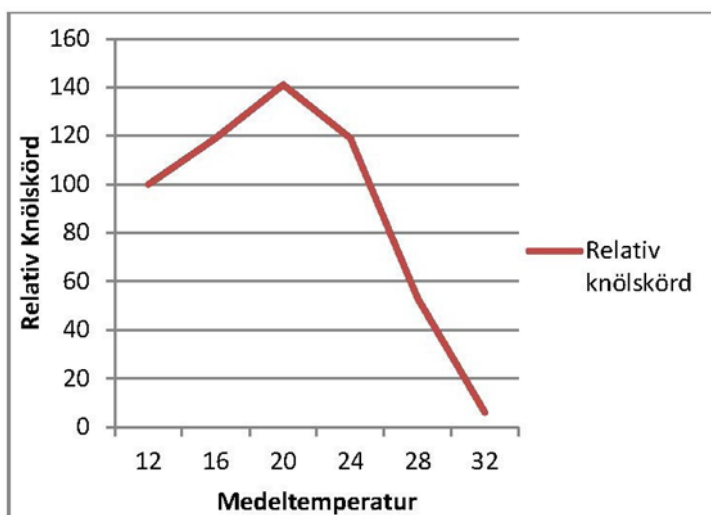
I ettåriga grödor kommer en temperaturökning att förkorta växtperioden eftersom grödan mognar av tidigare. Detta riskerar att reducera avkastningen. För bienna eller fleråriga grödor såsom sockerbetor och vallväxter begränsas inte tillväxtperioden av att grödan mognar av (figur 14). Här bestämmer vegetationsperioden längden på grödans tillväxtperiod. För dessa grödor kommer en temperaturökning att öka tillväxtpotentialen.

Däremot kan det bli komplicerat för fleråriga, bienna eller höstgrödor med behov av köldperiod (vernalisering) innan stråskjutning, om vintertemperaturerna blir för höga. Om dessa grödor inte genomgår vernalisering så kommer de inte att kunna gå in i sin reproduktiva fas och bilda frön, frukter mm. Är det de reproduktiva delarna som skördas från dessa grödor får det stora effekter på avkastningen.



Figur 14. Förändring i avkastningen för tre olika grödor vid förändrad medeltemperatur. Modellberäkningarna avser grödor odlade på lerjord i Danmark.

Potatis är känslig för höga temperaturer. Vid temperaturer över 24°C försämras bladens förmåga till fotosyntes och åldrandet av bladen går snabbare (figur 15). Optimal temperatur för maximal knölproduktion är 20°C. Under torkan 2018 visade det sig att potatissorter som Faxé och Asterix tålde torkan och värmen bättre än exempelvis sorter som Gala och Solist, som behövde mer vatten (Jordbruksverket, 2019).



Figur 15. Relativ knölskörd hos potatis i förhållande till dagsmedeltemperatur.

Gräsröproduktionen 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 hösttemperatur (september/oktober). Under denna period ansätts axanlagan. 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. Klimatförändringen kan komma att bidra till bättre förutsättningar för fröproduktion då markfukt förväntas finnas under gräsets tillväxt och sedan torka under sensommar när det är dags för skörd. Det finns dock en risk att ökad frekvens av försommartorka minskar avkastningen.

Minimumtemperaturen under dygnet påverkar mängden vattenånga i atmosfären och därmed nederbörden. En högre minimumtemperatur medför att mindre vatten fälls ut som dagg under nätterna. Minimumtemperaturen under sommaren kommer att få stor påverkan på grödornas tillväxt, speciellt i områden och med grödor som i dagsläget inte är beroende av bevattning. Minimumtemperaturerna påverkar också växternas respiration under nätterna och kan då inverka på tillväxten av biomassa.

Effekt på näringstillgång

I en stråsädesgröda tas huvuddelen av kvävet upp under perioden fram till juni månad och huvuddelen av kolet tas upp därefter. Troligt vattenunderskott under juli månad minskar kolupptaget (tillväxten), vilket skulle kunna leda till en ökad proteinhalt i skörden.

Även högre temperatur under kärnfyllnadsprocessen ökar risken för ett reducerat kolupptag och ökade proteinhalter. Konsekvensen kan vara att vårsådden och inte minst malkornsodlingen kan drabbas av kvalitets störningar. Höstsådden förväntas att påverkas i mindre utsträckning av kvalitets störningar.

Beräkningar för gräsvall visar att kvävebehovet kan komma att öka. Den ökade mineraliseringen i marken täcker enligt simuleringarna det ökade kvävebehovet till och med mars månad men i april och maj kan det uppstå ett underskott (Eckersten et al., 2008).

Torka

Risken för torka ökar med en ökande temperatur under växtodlingssäsongen, trots att även nederbörden förväntas öka. Växter reagerar på torka genom att stänga sina klyvöppningar. Det påverkar inte bara växtens utsläpp av vatten, utan även dess upptag av koldioxid. Om växten inte tar upp koldioxid minskar bladens fotosyntetiserande förmåga och grödans tillväxt (Taiz & Zeiger, 2015). När en växt utsatts för torkstress tillräckligt länge, börjar vattnet som lagrats i cellerna att sitta fast. När vattnet försvinner minskar vätsketrycket vilket gör att bladets celler sjunker ihop och till slut kollapsar bladet. Tillgång till vatten är avgörande för all jordbruksproduktion och det är tillgången till vatten av rätt kvalitet som är viktig. I SVA:s Klimat och sårbarhetsanalys beskrivs vattenbrist som den viktigaste och mest allvarliga sårbarhetsfaktorn för jordbruksproduktionen.

Arter med ett stort rotsystem kan transportera vatten från en större jordvolym och därmed klarar de torka längre än arter med ett litet rotsystem. Fleråriga grödor som olika vallgräs, rödklöver och lusern är torktåligare än ettåriga grödor. Bland de ettåriga grödorna har höstsådda sorter en fördel före vårsådda sorter, exempelvis klarar höstvetet torka bättre än vårvetet. Vissa arter som till exempel vitklöver har väldigt grunda rotsystem, men de är snabba att återhämta sig när regn väl kommer. Det pågår förädlingsarbete inom Sverige för att få fram sorter som är klimatstabila, det vill säga tål både torka och kraftiga regn.

Effekt på olika grödor

Spannmål och oljeväxter

Det förändrade klimatet har redan påverkat odlingen av spannmål och oljeväxter med ca 1-3 veckors tidigare sådd och skörd. Odlingen av höstvetet har ökat med ca 166% under de senaste 40 åren och förväntas öka ytterligare. Odlingsgränsen flyttas norrut och år 2022 odlades fyra sorters höstvetet så långt norrut som i Öjebyn nära Piteå. Odlingen av höstraps har ökat med 185% under samma period. Höstkorn som tidigare främst odlades i Skåne, odlas nu även i bland annat Närke.

Växtens fotosyntes påverkas av koncentrationen av koldioxid i luften. En ökad koldioxidhalt kan medföra att växterna hushåller bättre med vattnet och blir mer torktåliga. En förändrad halt av koldioxid kan även påverka kvalitén på grödan. Det finns studier på stråsäd som visar att en ökad koldioxidhalt förkortar längden på den aktiva kärnfyllnadsfasen vilket kan medföra lägre kärnskörd och lägre proteinhalt. Även proteininnehåll och falltal hos vete beräknas sjunka med ökande halt av koldioxid.

Vall

Vallen är i många områden en intensiv gröda som kräver kontinuerlig tillförsel av vatten under hela växtsäsongen för att ge hög avkastning. Flera vanliga vallväxter, exempelvis timotej, engelskt rajgräs och vitklöver, avkastar dåligt under torka. Genom att välja torktåliga arter i sin vallfröblandning finns det möjlighet att ta goda skördar även om det blir torka under delar av växtodlingssäsongen.

Vallgräsarter som grupperas som mer torktåliga är hundäxing, rörsvingel, foderlost och rajsvingel. Dessa gräs är generellt lite tidigare i utvecklingen jämfört med timotej och engelskt rajgräs. Det gäller att skörda i tid för att erhålla ett bra fodervärde när de tidigare arterna utgör en större del av vallfröblandningen.

Rent generellt är vallbaljväxter mer odlingssäkra än vallgräsen när det kommer till torktålighet. Både lusern och rödklöver klarar torka bra även om lusernen klassas som den allra mest torktåliga. Det som gör lusernen torktålig är dess väldigt djupa rotsystem som klarar av att hämta vatten långt ner i jordprofilen. En nackdel med lusern är att den är långsam i etableringen och kräver ett högt pH och rätt bakterieflora i marken. Hundäxing är det vallgräs som vanligtvis odlas ihop med lusern i blandvallar eftersom den har en liknande tillväxtrytm och konkurrensförmåga. Ett annat samodlingsalternativ till lusern är rörsvingelhybrid. Kärringtand och esparsett är vallbaljväxter som inte är så vanliga i Sverige men i andra delar av världen där torka är frekvent förekommande. Utsäde till dessa arter finns på marknaden i Sverige även om odlingen är mycket liten idag. Om återkommande torkperioder blir mer vanligt förekommande i framtiden kan exempelvis kärringtand vara ett intressant alternativ på marker där inte lusern trivs. På grund av att den är konkurrenskänslig så passar den bäst ihop med timotej och ängssvingel i blandvallar. Försök gjorda i Sverige visar på att kärringtand fungerar bäst i tvåskördesystem, andelen kärringtand är högst i andraskörden. (Spörndly et al 2019). Svartkämpar en annan art som också är torktåliga tack vare sitt djupa rotsystem och avkastar bra. Arten gynnas av näringsfattiga marker och klarar av ett pH ner till 4,2. I områden i världen med mycket torka används svartkämpar i huvudsak i betesvallar och inte så mycket i slåttervallar.

När det kommer till vall är kvävegödning en metod för att minimera skadan som torkan åstadkommer. Att gödsla en nedbränd vall låter motsägelsefullt men blir bara kvävet tillgängligt för vallväxterna så motverkas torkan till viss del. En annan viktig del i vallodling i områden med regelbunden torka är skördestrategi. Att skörda vall när det är torka ger vanligtvis minimal skörd med en hög skördekostnad som följd, men eftersom strået huggs av börjar vallen om sin skotttillväxt vilket ger potential för en större efterföljande skörd.

Vid torka tidigt på sommaren blir det högt kväveinnehåll i växterna eftersom växten behöver vatten och solljus för att omvandla kvävet till protein. Om växten inte får vatten i tillräckligt stor utsträckning i lagom tid före skörd finns risk för ansamling av nitrat i växten. Alltför höga nitratvärden i vallen, >9g per kg torrsbstans (ts), kan vara dödligt för nötkreatur, och rekommenderad gräns är under 3g per kg ts. Om djuren successivt tillväns vid foder med mycket nitrat kan de dock klara högre värden.

Majs

Odlingen av majs har ökat med 36% under de senaste nio åren och odlingen förväntas öka ytterligare. Vid en höjning med 2°C utökas odlingsområdet till att omfatta större delen av Götaland och södra Svealand.

Intressant att notera är att majs hittills har betraktats som en torktålig gröda i Sverige, men inte utomlands. Torkan år 2018 resulterade i att majs-skörden minskade med 30%. I exempelvis Frankrike

är majs en av de grödor som bevattnas i stor omfattning. Där pågår det en diskussion om att ersätta den "torkkänsliga majsen" med durra, som odlas i norra Afrika.

Potatis

Potatis svarar kraftigt på en ökning av koldioxidkoncentrationen. I försöksodling utvecklades potatisplantor som växte i förhöjda koldioxidkoncentrationer snabbare och nådde skördemognad tidigare. Risken för virus bedöms öka vid ett förändrat klimat, varför odlingar med potatisutsäde sannolikt kommer att flytta norrut. Tillgång till bevattning blir allt viktigare i framtiden för att säkra potatisskörden.

Nya grödor

Hösthavre

Hösthavre har sedan lång tid tillbaka odlats i bland annat norra Tyskland och Storbritannien, i Storbritannien står den för 80% av havreproduktionen. Med de allt mildare vintrarna i södra Sverige som snart liknar dem i norra Tyskland och Storbritannien på 90-talet bör rationell storskalig odling snart vara möjlig i Sydsverige. 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. Fram till och med 2012 bedrev Göteborgs Universitet en omfattande sortprovning/förädling av hösthavre. Anledningen till den obefintliga odlingen av hösthavre i Sverige idag är att odlingssäkerheten tidigare varit för låg, främst på grund av utvintring.

Växelve

Växelve är i grunden vårvetesorter med vinterhärdighet. Växelve odlas i dag i områden i Storbritannien och Tyskland. Även i Sydsverige prövas odlingen av växelve. Efter sent skördade förfrukter som vall, majs och sockerbetor kan växelve etableras. Rekommenderad såtidpunkt är i månadsskiftet oktober--november. Svårigheter kan vara etablering under blöta förhållanden, fågelskador under uppkomstskedet samt svag stråstyrka. Det mognar samtidigt som tidiga sorter av höstve. Avkastningspotentialen för växelve är högre än för vårve och även högre än för höstve sått sent i oktober.

I regioner med torrare klimat som Öland, Gotland och sydöstra Skåne kan växelve bli ett alternativ till vårspannmål.

Durumve

Durumve är ännu en gröda som har börjat odlas i Sverige. Den trivs bäst i ett varmt och torrt klimat. Tidigare var de nordligaste odlingarna av durumve på Ven i Öresund. På Gotland finns nu flera odlare av durumve och skördarna ligger på ca 4 ton per hektar. Ytterligare odlingar kan bli aktuellt i sydöstra delarna av Sverige. Durumve tar dock lätt upp kadmium, vilket medför att grödan inte kan odlas på vissa jordar trots att det av klimatologiska skäl skulle fungera.

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. I danska odlingsförsök har ett sådjup på 2 till 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.

Under 2022 och 2023 odlade ett 30-tal lantbrukare i Sverige sojabönor i projektet PADILSO som drevs av forskare från SLU. Odlingen var relativt småskalig, något hektar per gård. Under 2022 stötte man på problem med framförallt fåglar som orsakade skada vid uppkomsten samt att det var svårt att lyckas bra med ogräsbekämpningen, speciellt för ekodlare. Ett annat problem i var trösktekniken.

Linser

Linser kan odlas på de flesta jordar, men de missgynnas av höga halter av kväve i jorden. Globalt sett odlas linser främst i USA, Canada och Indien. Gröna och röda linser är de vanligaste sorterna. Det finns ett begynnande intresse att odla linser även i Sverige. Linser odlas ofta tillsammans med havre som stödgröda, eftersom linsen är lågväxande och behöver en gröda att klänga fast vid för att underlätta skörd. Stödgrödan ska vara lätt att sortera ifrån efter skörd. Havre och linser har ungefär samma vegetationsperiod och genom att använda havre undviks risk för gluteninblandning vid skörd. Avkastningen är cirka 800–1200 kg/hektar.

Ogräsbekämpningen är svår i linser eftersom det inte finns några godkända kemiska preparat i Sverige. En mekanisk ogräsbekämpning med en så kallad ”falsk såbädd” är att rekommendera i kombination med ogräsharvning. Efter sista ogräsharvningen rekommenderas vältning för att undvika sten vid skörd.

Solros

För cirka 15 år sedan förutspådde att det inte kommer finnas klimatologiska förutsättningar för en kommersiell odling av solros i Sverige före 2080. Utvecklingen har gått extremt fort och 2022 finns det kommersiell odling av solros i Sverige. Arealen är än så länge blygsam, 168 hektar, men det har skett nästan en dubblering av arealen sedan 2019. I sydöstra Sverige finns det flera mjölkgårdar som odlar solros till frövara och använder den i foderstaten. Solrosfrön innehåller mycket olja och fett och det kompletterar fodret i ekologiska foderstater.

Solrosen är lik majsens i sina krav på odlingsförhållanden. Den kräver en jordtemperatur på minst 6 - 8 grader för en bra uppkomst vilket gör att såtidpunkten i de södra delarna av Sverige vanligtvis blir i slutet på april. Radavstånden ska helst vara lite bredare, gärna 24 – 48 cm vilket också möjliggör radhackning. Solrosen har flera olika användningsområden som snittblommor, fågelfrö, viltvård, oljeframställning samt foder och det finns sorter anpassade för respektive ändamål. Precis som för majs så är solrosen långsam och konkurrenskänslig i de tidiga utvecklingsstadierna och vid ökad odling kan detta leda till en mer artrik ogräsflora som följd. Att solrosen då konkurrerar svagt med ogräset kan potentiellt leda till att vi blir beroende av herbicider med breda verkningsmekanismer och höga doser.

Bilaga 8. Ogräs

Ogräs

Klimatförändringarna kommer att påverka vilka befintliga ogräs som gynnas men också vilka nya ogräs som kan etablera sig. De idag vanligt förekommande ogräsarterna i södra Europa kan vara framtida problemogräs i Sverige. En förhöjd koldioxidhalt och högre temperatur medför generellt en snabbare utveckling hos växter. Hos vissa ogräsarter har man redan sett tendenser till tidigarelagd blomning. Det gäller till exempel hönshirs, svinamarant och malört. En tidigare blomning kan medverka till att en art snabbare kan etablera sig i ett område.

Det är viktigt att komma ihåg att klimatet bara är en av många faktorer som påverkar ogräsfloran. Minst lika viktigt är hur odlingssystemen, politiken och marknaden förändras. Den ökande odlingen av höstvetete har lett till allt större problem med höstgroende gräsogräs som exempelvis renkavle, medan den ökande majsodlingen har gynnat spridningen av hönshirs. Informationen om de redan etablerade problemogräsen och potentiellt kommande i tabell 2, bygger på observationer av växtskyddscentralernas ogräsansvariga (Johansson L, 2022 Personligt meddelande, SJV).

Tabell 2. Ogräs som etablerats eller förväntas etableras i och med att klimatet förändras.

Etablerade	Förväntas komma
Renkavle	Svinamarant
Hönshirs	Malörtsambrosia
Sandlosta	Kavelhirs
Luddlosta	Blodhirs
Råttsvingel	Kolvhirs
Bägarnattskatta	Fingerhirs
Vitblära	
Lindmalva (lokalt på Österlen)	

Den ogräskategori som tycks öka mest är ettåriga gräsogräs. Flera av dem har etablerat sig i södra delarna av landet och sprider sig norrut. Eftersom flera av dem är lika varandra är det inte lätt att skilja dem åt, något som är nödvändigt både för att upptäcka nya arter och för att kunna bekämpa dem så effektivt som möjligt.

När den första Gradvis^o-rapporten publicerades 2010 förutspåddes det att redan etablerade gräsogräs som renkavle, sandlosta och luddlosta skulle öka i förekomst och sprida sig norrut. Det förväntades även att nya gräsogräs skulle vara på ingång från kontinenten, i det fallet nämndes flera arter av hirs, bland annat hönshirs, kavelhirs och blodhirs som potentiella problemogräs. Spaningen från 2010 fick i många fall rätt, idag har förekomsten av flertalet nämnda gräsogräs ökat.

Höstgroende gräsogräs

De i huvudsak höstgroende gräsogräsen renkavle, sandlosta och luddlosta orsakar framför allt problem i höstsådda grödor. Av gräsogräsen är renkavle ett av de allvarligaste. Renkavle kan gro såväl höst som vår, och har en stor fröproduktion per planta. Renkavle trivs på styva jordar och gynnas av grunda bearbetningar. Renkavle förekommer framför allt i Skåne, men den förekommer även spritt i andra höstvetedominerande områden såsom Östergötland, Västergötland och Mälardalen. Bland de höstgroende gräsogräsen återfinns även släktet lostor som kan orsaka problem. Den losta som i huvudsak är ett ogräs i åkermark är sandlosta och till viss del den betydlig konkurrens-svagare luddlostan. Vanligtvis förekommer lostorna främst i fältkanter, men vid hög förekomst inom fält kan de kraftigt reducera skörden. Lostor gynnas av odlingssystem med reducerad bearbetning, då fröbanken endast är livskraftig i upp till två år (Davies et al., 2018).

Vårgroende gräsogräs

I den förra rapporten Gradvis (2010) förutspåddes hönshirs vara ett framtida problemogräs för den svenska odlingen, vilket även har inträffat. Hönshirs är numera etablerat i södra Sverige som ett besvärligt ogräs i vårsådda grödor. Spridningen har även ökat norrut i landet och fynd förekommer upp till Gästrikland. Hönshirs är ett anpassningsbart gräsogräs som finns över en stor variation av klimatzoner och odlingssystem.

I Norge förekommer hönshirs upp till och med breddgrad 60° , motsvarande Fagersta i Sverige. Hönshirs är en C4-växt med tropiskt ursprung, som föredrar varma och fuktiga förhållanden. Groning av frön gynnas av höga marktemperaturer på cirka 15 °C. Groningen är därför förlagd till sen vår och sommar. Den sena groningen gör hönshirsens svårbekämpad då det finns risk att frön gror först efter att normala ogräsinsatser är genomförda. Hönshirs gynnas framförallt av radsådda grödor som majs och grönsakskulturer, men är även vanligt förekommande i vårspannmål samt svag höstspannmål (Lilliehöök, 2021). Internationellt anses hönshirs vara ett av världens värsta ogräs med utvecklad resistens mot nio olika verkningsmekanismer hos växtskyddsmedel (Heap, 2021). I Sverige finns det år 2021 ingen känd resistensutveckling hos hönshirs, men det finns god anledning att iakttäta stor försiktighet gällande herbicidstrategier.

Det är troligt att hönshirsens utbredning kommer fortsätta öka norrut i och med ökad temperatur och hönshirsens förmåga att anpassa sig till omgivningen. Tidigare har hönshirs ansetts tillhöra kortdagsväxter, men försök från 2016 visade att det finns en stor variation i dagslängdsbehov. Hönshirs från svenska och norska förhållanden har anpassat sig till de nordiska ljusförhållandena. Hönshirs som finns i Sverige och Norge har utvecklat en tidigare blomning än populationer från södra delarna av Europa och kan därmed producera livsdugliga frön.

Det finns en risk att förekomsten av hönshirs även gynnas indirekt av klimatförändringarna, framför allt om majsodlingen ökar.

Kavelhirsens har i sin tur inte haft en lika oroande utveckling som hönshirsens. Kavelhirsens är mindre konkurrenskraftig och förekommer främst i majs och jordgubbsodling i Sveriges sydliga delar, men den finns spritt över stora delar av landet. I Danmark orsakar kavelhirsens problem i majs och sockerbetor, men bedöms inte vara konkurrenskraftig nog för att bli ett problem i spannmål.

Bilaga 9. Skadeinsekter, sniglar och nematoder

Skadeinsekter

Insekternas populationsutveckling är bland annat beroende av temperaturen. Då många av våra skadegörare i Norden befinner sig i ett klimat med underoptimal temperatur förväntas att en temperaturhöjning kommer medföra en snabbare uppförökning av insekterna. Insekterna förväntas 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 skördeförluster. Bekämpningströsklarna är lägre vid angrepp på yngre växter, vilket kommer att leda till ett ökat bekämpningsbehov.

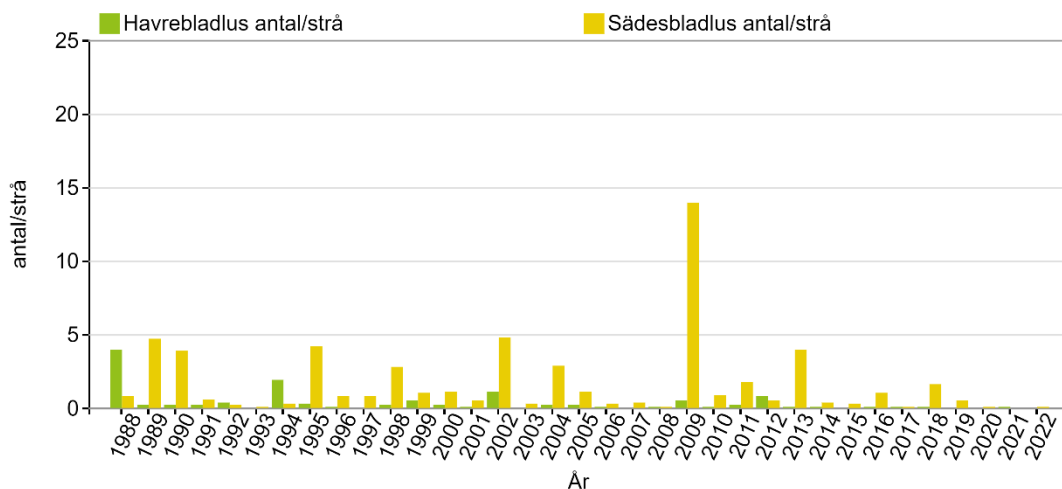
Det finns ingen entydig uppfattning om hur förekomsten av skadeinsekter kommer att påverkas av ett förändrat klimat. Ny forskning argumenterar för att även om temperaturen höjs, så kommer förhållandena för insekterna inte att vara optimala under hela deras livscykel, vilket begränsar deras aktivitet, exempelvis förökning. Förekomsten av skadeinsekter kanske därmed inte ökar i samma omfattning som tidigare förväntats. Data från Växtskyddscentralerna på Jordbruksverket visar också att förekomsten av skadegörare inte verkar ha ökat under de senaste 10 åren, trots att temperaturen har ökat. Användningen av bekämpningsmedel har inte heller ökat under det senaste decenniet. Antalet sålda hektardoser av insekticider har legat stilla sedan 80-talet eller till och med minskat något under den senaste 5-årsperioden. Nya arter av skadeinsekter kan komma att etablera sig, men vilka det blir beror både på det förändrade klimatet samt vilka grödor som kommer att odlas.

Bladlöss

Bladlöss är en betydelsefull skadegörare i flertalet grödor. Starka angrepp i vårspannmål kan orsaka skördeförluster på upp till 20 – 50 % i extrema fall. Bladlöss skadar växter genom att suga växtsaft samt sprida virussjukdomar. I svenska jordbruksgrödor finns det ca 40 bladlusarter som vi vet sprider virussjukdomar. Att förutse stora angrepp av bladlöss kan vara svårt då det vissa år är stor inflygning från andra länder i vårt närområde.

Det finns risk för att den totala skadan från bladlöss ökar till följd av att inflygningen i fält förväntas ske tidigare. Vårbruket förväntas förvisso att ske tidigare, men det kan hindras av ökad markfukt på grund av den ökade nederbörden under vintern. Det tar då tid innan fälten torkar upp och blir möjliga att vårbruka. Tidigare har prognosticerats att flera virussjukdomar som *Beet Western Yellow Virus* och rödsotvirus, förväntas öka då viktiga vektorer såsom persikobladlusen, havrebladlusen och ärtbladlusen förutspåddes öka, men den utvecklingen har ännu inte observerats.

Växtskyddscentralerna runt om i Sverige har fört statistik på bladlusförekomsten sedan lång tid och den finns lättillgänglig via deras hemsida. Faktum är att gör man en generell årsjämförelse på slutangrepp av bladlöss (sädes- och havrebladlus) i stråsäd mellan åren 1988 – 2022, med all data från hela Sverige, så visar den inte på någon ökning utan snarare på en lätt minskning, bortsett för majsbladlusen som har ökat, se figur 16.



Figur 16. Bladlusförekomst (slutangrepp) per strå i Växtskyddscentralernas (SJV) prognosverksamhet i höstvete för samtliga län åren 1988 - 2022.

För ärtbladlus finns det data från de senaste 25 åren (1997 – 2022). Ser man på hela Sverige ser förekomsten ut att ha minskat kontinuerligt de sista 20 åren. Däremot är antalet graderingar i denna sammanställning relativt få, så resultatet får tolkas med försiktighet.

I Sverige användes 3,8 ton insekticider (verksamt ämne) i spannmålsodlingen 2021, 2010 var mängden 3,9 ton. Statistiken inkluderar alla behandlingar mot insekter i spannmålen men eftersom bladlöss är den vanligaste skadegöraren, kan man anta en majoritet av den använda mängden var mot bladlöss. Därav kan vi inte se någon ökning av kemisk bladlusbekämpning i spannmål de senaste 10 åren i statistiken.

Fritfluga

Fritflugan angriper och orsakar stora skador i vårsäd, framförallt i havre men även i vår- och höstvete. Med en ökad temperatur under både vår och höst har problemen orsakade av fritflugan ökat. Milda höstar gynnar fritflugans tredje generation där höstvetefält sådda under augusti och de första dagarna i september, riskerar att drabbas av allvarliga angreppsskador. Vårvetefält belägna i skog och mellanbygd, samt i områden med stor andel betesmark är angreppsriskerna störst hos sent utvecklade grödor.

Kornfluga

Kornflugan förekommer i hela Europa och angriper vanligtvis kornplantor men även vårvete samt vilt gräs, till exempel kvickrot. Redan under 1700-talet fanns kornflugan som skadeinsekt i Sverige, fast med låg angreppsfrekvens. Danmark har däremot sedan några år tillbaka haft stora problem med kornflugsangrepp och under 2019 har en ökad angreppsgrad skett även i de södra delarna av Sverige. Angreppsgraden har framförallt ökat på fält med vårvete där angreppen har ökat med 10 och 60 procent. Inflygningarna i fält kan följas med hjälp av en temperatursmodell, där inflygning har visats ske vid 300 daggrader ifrån årsskiftet och 4,5°C i bastemperatur (Sverigeförsöken, 2020).

Rapsjordloppa

I stora delar av Europa är rapsjordloppan en allvarlig skadeinsekt för höstsådda oljeväxter samt andra korsblomstriga växter. Insekten brukar förekomma i sex- till sjuårsintervaller, främst i områden med kustklimat och milda vintrar så som Sydsverige. Rapsjordloppans utbredning har ökat och sedan 1990-talet har stora angrepp även förekommit i Östergötland och Västergötland. På grund av de varma vintrarna har rapsjordloppan även orsakat problem i norra Götaland. När fler larver överlever vintern i de angripna plantorna ökar behovet av kemisk bekämpning. Växtskyddscentralernas ackumulerade fångster visar dock inte att förekomsten av rapsjordloppa har ökat under de senaste 30 åren (Jordbruksverket 2023).

Nematoder

Det finns tyvärr inte särskilt mycket data när det gäller olika nematoders utbredning i landet och i de fall där det finns går det inte att göra några tydliga kopplingar till ett förändrat klimat. Det är för många andra faktorer som påverkar utvecklingen. Det kan till exempel handla om att nematoderna kommer in i landet med importerat utsäde, som potatiscystnematoden, förändringar när det gäller växtföljd och vilka grödor som dominerar odlingen, utveckling av resistent sorter m.m. Det finns exempelvis försök där man analyserat havrecystnematoder som visar hur populationen plötsligt minskar kraftigt efter ett antal år med ensidig spannmålsodling. En del av förklaringen tros vara svampparasiter på nematoderna, men det är förmodligen mer komplext än så.

När det gäller påverkan av förändrade nederbördsmönster som kan leda till torrare eller blötare jordar kan man generellt säga att en ökad fuktighet i marken ökar nematodernas rörelseförmåga. Detta beror på att de är beroende av en vattenfilm runt markpartiklarna för att kunna röra sig i marken. Det finns forskning som visar att antalet nematoder ökar vid ökad nederbörd och att artsammansättningen påverkas, vissa arter ökar medan andra minskar. Extrem torra kan å andra sidan påverka dem negativt men även här finns troligen stora variationer mellan arter. Generellt är nematoder motståndskraftiga mot torrperioder, de överlever och kommer igen när förutsättningarna är bättre.

Nematoderna sprids med redskap, utsäde och eventuellt även med bevattningsvatten. En generell åtgärd är därför att upprätthålla god hygien genom att tvätta maskiner och redskap samt att välja certifierat utsäde. En bra växtföljd, svartträda, bekämpning av ogräs som är värdväxter, fångstgröda och sanerande mellangrödor är andra viktiga åtgärder. Det är självklart viktigt att göra analyser för att säkerställa vilken typ av nematoder som orsakar skadorna.

Rotsårsmematoder, släktet *Pratylenchus*, angriper jordgubbar, morötter, lök, potatis och majs men även flera arter inom baljväxtfamiljen och gräs, inklusive stråsåd. Generationstiden från ägg till äggläggande individ är ca 6–7 veckor vid en temperatur av 20 °C. Ett varmare klimat kommer med andra ord att skapa förutsättningar för fler generationer. Rotsårsmematoder kan dessutom övervintra i alla stadier och överleva flera år i dvala under en torrperiod.

Betcystnematoder är ett annat liknande exempel. Den vita betcystnematoden, som är vanligast, hinner bilda två generationer och troligen även en tredje under varma år. Den gula betcystnematoden har något större värmebehov men hinner med en andra generation under gynnsamma förhållanden. Båda arterna angriper olika betor och andra grödor i samma familj, men även höst- och vårraps, kål, rova och rädisa samt flera ogräs. Den vita betcystnematoden kläcker sina ägg vid 8–9 grader medan den gula kräver 15 grader.

Det finns dock flera toleranta, och även resistent, sorter av sockerbetor. En viktig åtgärd är att låta det gå minst fyra år mellan sockerbetor och ytterligare några år mellan rödbetor. En annan åtgärd är att odla mellangrödor som vitsenap och oljerättika som kan reducera beståndet kraftigt om de sås i tid.

Meloidogyne chitwoodi och *Meloidogyne fallax* är två rotgallnematodarter som klassats som karantänskadegörare (Andersson, 2018). De angriper bland annat morötter, potatis och ärtor men även stråsäd och majs vilket gör dem mycket svåra att kontrollera. Vissa grödor fungerar däremot sanerande. Jordbruksverket tar ett par hundra jordprover i fält och ungefär lika många knölprover på potatis varje år. De senaste åren har man gjort enstaka fynd varje år. De år som sticker ut är 2018 då man gjorde 3 fynd (52 prov) och 2021 med 5 fynd (284 prov) (Sofia Windstam, personligt meddelande).

Potatis- och stråsådesnematoderna bildar normalt sett bara en generation per odlingssäsong. Gul- och vit potatiscystnematod är klassade som karantänskadegörare. Den gula är relativt vanlig och behöver inte anmälas. Den identifierades första gången i början av 1920-talet och var troligen orsaken till kraftigt reducerade skördar redan i början på 1900-talet. Bättre växtföljder i kombination med resistent sorter har förbättrat situationen avsevärt. Redan första året med en annan gröda eller en resistent sort minskar antalet nematoder kraftigt, ju längre norrut i landet desto större blir minskningen. Förklaringen till skillnaderna mellan norr och söder är att ett varmare klimat gör att fler juveniler övervintrar. Det kommer med andra ord att krävas längre växtföljder och/eller resistent sorter framöver.

Den vita potatiscystnematoden är betydligt mer ovanlig och anmälningspliktig. Alla fält med utsädesodling och ca 1 % av fälten med odling av matpotatis provtas. Import av smittat utsäde är en av de största riskerna. Den vita potatiscystnematoden är bättre anpassad till ett kärvar klimat än den gula. Äggkläckningen för den gula potatiscystnematoden har ett optimum vid 13 grader men redan vid 10 grader är kläckningen betydande. Den vita cystnematoden börjar kläckas vid något lägre temperaturer och har en mer utdragen kläckningsperiod. Det har också visat sig att den vita potatiscystnematoden inte minskar lika mycket som den gula vid odling av en icke-värdväxt, vilket också är kopplat till en bättre anpassning till ett kallare klimat. Det finns i princip inte heller några odlingsvärda resistent sorter av matpotatis.

Havrecystnematoden är den vanligaste stråcystnematoden och även den som gör mest skada. Man trodde länge att havre var den bästa värdväxten, därav namnet, men det har senare visat sig att vårmete och korn kan vara lika bra värdväxter. Råg är den sämsta värdväxten bland stråsådesslagen. När det gäller känslighet är havre och vårmete känsligast. Därefter kommer korn, höstvetete och sist råg. Vallgräs kan också fungera som värdväxter, även om de är betydligt sämre än stråsådesslagen. Geografiskt är problemen som störst i Västergötland men man har även sett angrepp i Värmland och Södermanland medan skadorna har minskat i Skåne och Halland. En förklaring antas vara att odlingen av havre och vårmete minskat till förmån för korn men det tycks också finnas en mer långsiktig populationsdynamik där man kan se att angrepp blossat upp på flera platser under några år för att sedan plötsligt gå tillbaka. Här finns det ännu ingen förklaring.

Det finns stor tillgång till resistent sorter av korn och havre. Eftersom även vallgräsen kan upprätthålla en population bör vallinsådden ske i en resistent sort. Det finns en variant av havrecystnematod (*Heterodera filipjevi*), tidigare kallad Gotlandstypen. Den är mer utbredd österut, bland annat i Ryssland som har ett torrare klimat. I Sverige dominerar den på Gotland och är även vanlig i vissa delar av södra Sverige och Mellansverige. Äggen kan kläckas redan vid en temperatur på 2 grader medan äggkläckningen för den vanliga havrecystnematoden är mycket liten under 4 grader. I

övrigt är de två varianterna relativt lika med skillnaden att Gotlandstypen än så länge inte orsakar lika stora skördesänkningar.

Sammanfattningsvis så tycks klimatet inte vara den dominerande faktorn för havrecystnematodens utbredning, men en ökande temperatur kommer sannolikt att påverka populationsdynamiken i någon mån eftersom äggkläckningen går fortare.

Sniglar

Det är framför allt åkersnigel, trädgårdssnigel och spansk skogssnigel som orsakar skador i lantbruks- och trädgårdsgrödor. Den spanska skogssnigeln, även kallad mördarsnigel, är sällan ett stort problem i lantbruksgrödor då den mest håller sig i fältkanterna. Övervintrande populationer finns så långt norrut som i Vilhelmina. Det är inte självklart att sniglarna kommer att gynnas av det förändrade klimatet. Den spanska skogssnigeln övervintrar som ungdjur vilket innebär att våren och försommaren är den mest avgörande perioden för tillväxt och fortplantning. Om det är torrt under den perioden kommer uppförökningen under resten av året bli betydligt mindre. Milda vintrar bidrar till att de överlever allt längre norrut, men kan kompenseras av att varma och torra vårar och långa perioder av torka, även under sommaren, missgynnar sniglarna.

Åkersnigeln övervintrar huvudsakligen som ägg. Äggen är mycket köldtåliga och kan överleva i temperaturer ned till 35 minusgrader. Äggen kläcks tidigt och vuxna sniglar kan ses redan på våren, men de allvarligaste skadorna brukar ses i nysådda höstoljeväxter. Eftersom sniglarna lever i det övre jordlagret påverkas de negativt av all form av jordbearbetning. Plöjning kan reducera antalet sniglar med 75 %. Sniglarna trivs i hålrum under lerkockor vilket innebär att vältning efter sådd kan ha en positiv effekt för att reducera antalet sniglar.

Enligt växtskyddscentralen i Skara (Mellqvist, 2022) har problemet med åkersnigel ökat de senaste decennierna, men det är stora årsvariationer. En möjlig förklaring till förändringen kan vara den ökade plöjningsfria odlingen, som skapar ett ytskikt som gör det lättare för sniglarna att gömma sig. Ökningen kan också bero på att nederbörden ökat i augusti och september.

Nya skadeinsekter i Sverige

Information om nya skadeinsekter och deras utbredning i Europa och världen finns på EPPO: European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO Global Database](#) och ISC: The Invasive Species Compendium (ISC) som bland annat drivs av USA:s jordbruksdepartement. [Invasive Species Compendium \(https://www.cabidigitallibrary.org/product/qi\)](https://www.cabidigitallibrary.org/product/qi)

Koloradoskalbagge

Koloradoskalbaggen är klassad som karantänskadegörare och gör framförallt stor skada i potatis men kan även angripa tomat och aubergine. Den kommer från USA och etablerade sig i Frankrike på 1920-talet. Idag har den spridit sig i stora delar av Europa och är vitt spridd i bland annat Tyskland och Polen samt i Baltikum och delar av Ryssland. I de nordiska länderna har man under de senaste decennierna bara gjort enstaka fynd. Vid två tillfällen har det dock kommit in stora mängder skalbaggar med kraftiga vindar till Sverige, i början av 70-talet och i början av 80-talet. Båda gångerna lyckades man hindra skalbaggen att etablera sig här genom kemisk och manuell bekämpning. Under sommaren 2021 upptäcktes också koloradoskalbaggen hos en odlare i Skåne. Eftersom det är en karantänskadegörare ska den utrotas. Dessutom görs ytterligare inventeringar för att säkerställa att skadegöraren inte finns på fler ställen.

Den svenska vinterkylan antas inte vara något problem för koloradoskalbaggen då den kan klara vintern genom att gräva ner sig i marken. Den avgörande frågan är snarare om det är tillräckligt varmt tillräckligt länge under sommarhalvåret för att koloradoskalbaggen ska hinna fortplanta sig. En studie från Lunds universitet har tittat på temperaturerna historiskt och för framtida klimatscenarier för att kunna förutspå koloradoskalbaggens utbredning i ett varmare klimat, såväl i Skandinavien som övriga Europa. I Skandinavien har det hittills oftast varit för kallt för att en första generation ska hinna etablera sig. Under perioden 2020–2050 förutspår man däremot en betydande ökning vad gäller antal år som det kommer att vara tillräckligt varmt för en första generation i södra Skandinavien. Man konstaterar också att den nordligaste gränsen för en andra generation flyttas norrut vilket ökar risken för inflygningar till Sverige söderifrån.

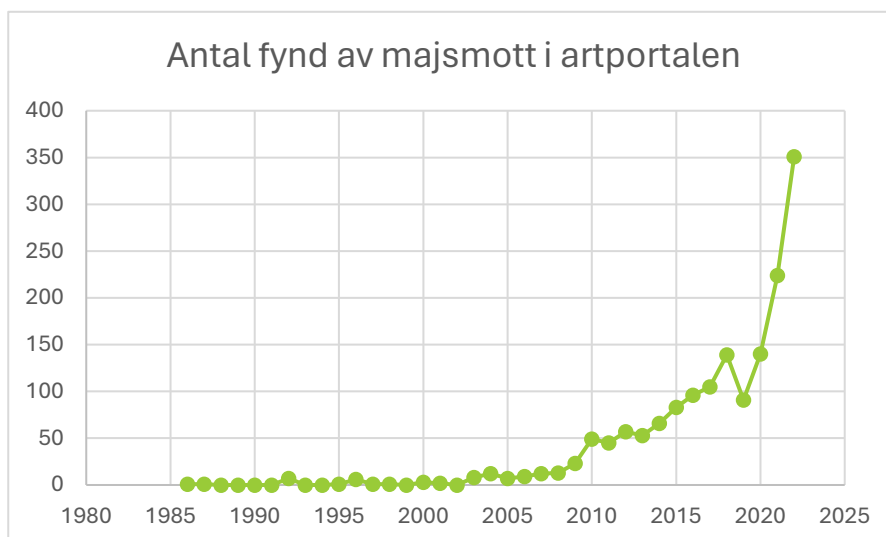
Majsrotsbaggen

Majsrotbaggen kommer från USA där den är en av de värsta skadegörarna i majs. Larverna äter på rötterna och den fullbildade skalbaggen lever på bladen och kolvarnas fina märkeshår. Den kom till Europa i början av 90-talet och är nu vitt spridd i sydöstra Europa upp till södra Polen och förekommer även i Tyskland. Majsrotbaggen klassades som karantänsskadegörare inom EU fram till 2013. I Sverige bevakas den framför allt av växtskyddscentralen i Skåne med hjälp av feromonfällor på fyra strategiskt utvalda lokaler. Än så länge har man inte gjort några fynd, men den kommer sannolikt att sprida sig norrut med ökande temperaturer.

Majsmott

Majsmott är en fjärilsart som blir alltmer utbredd i södra Sverige. Den finns i nästan hela Europa och är en av de värsta skadegörarna i majs. Den är svår att bekämpa eftersom larven snabbt borrar sig in i majsplantans stjälk där den lever skyddad för bekämpningsmedel. Larverna kan också äta sig in i mörgen på kolvarna utan att skadorna syns på utsidan. De första majsmottlarverna i Sverige upptäcktes 2011 och sedan 2013 har förekomsten övervakats av Växtskyddscentralen i Skåne.

Temperaturen är den viktigaste parametern för majsmottets spridning. Förekomsten av majsmott i feromonfällorna varierar mellan åren. Enligt Jordbruksverket (2020b) syns ingen trend vare sig positiv eller negativ, men en sammanställning av fynd av majsmott i artportalen antyder att förekomsten av majsmott kan ha ökat (figur 17). I nuläget anses majsmottet inte vara ett stort problem, men om den ökar och sprider sig riskerar den att bli en allvarlig skadegörare. Det är därför viktigt att förbygga en ökning genom att krossa majsstubben, plöja djupt och att ha en varierad växtföljd.



Figur 17. Registrerade fynd av majsmott i artportalen (baserat på data från artportalen www.artportalen.se)

Bilaga 10. Växtsjukdomar

Bladfläcksvampar i stråsäd

En förhöjd koldioxidkoncentration i atmosfären ger generellt sett en högre tillväxt vilket kan medföra en lägre koncentration av kväve i växtvävnaden. Den lägre kvävehalten kan i sin tur påverka bladsvampar och växtskadegörarens förmåga att angripa växten. Exempelvis svartpricksjuka, som är vanlig i vete, gynnas av en hög kvävekoncentration. Nederbördsförhållandena är viktiga för hur angrepp av svartpricksjuka utvecklas. Svartpricksjuka kräver fukt(regnstänk) för att sprida sig i beståndet. Med ökande nederbörd i norra Europa kommer svartpricksjukan troligen att gynnas.

En annan skadegörare som tros öka av samma anledning är *Fusarium spp* som orsakar axfusarios och DON (deoxynivalenol) i stråsäd. En ökande majsareal kommer också att bidra till att *Fusarium spp* blir mer vanligt förekommande.

Andra bladfläcksvampar i stråsäd som gynnas av högre temperatur är brunrost, gulrost, *Ramularia*-bladfläck, brunfläcksjuka, kornets och vetets bladfläcksjuka (DTR). Det finns även bladfläckssjukdomar som förväntas minska i betydelse i och med varmare och fuktigare klimat, exempelvis sköldfläcksjuka som gynnas av lägre temperaturer och snömögel, se tabell 3 (Berg, 2012).

Tabell 3. Svampsjukdomar som förväntas öka vid ett varmare klimat samt möjlig förändring i antal växtskyddsbehandling i olika grödor (Olesen et al., 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 / Rågvede	Brunrost, Brunfläcksjuka	0 - 1	+/-
Rajgräs	Svartrost	0,1	+
Potatis	Alternaria, Bladmögel	6-10	+
Oljeväxter	Phoma, Alternaria	0,15	+/-
Sockerbetor	Ramularia,	0,2	+

Bladfläcksvampar i potatis, sockerbetor och majs

Risken för angrepp av potatisbladmögel väntas öka i Norrland och Svealand i ett 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 i potatis förväntas öka i Götaland eftersom svampen gynnas av höga sommartemperaturer

Även *Ramularia* i sockerbetor gynnas av höga sommartemperaturer och förväntas få ökad betydelse. Mildare vintrar ökar risken för att marksmitta av bladmögel får större betydelse vilket leder till att angreppen kommer tidigare i alla grödor. Majssot finns redan i dag i södra Sverige samt i Östergötland.

Med en förlängd vegetationsperiod kan majssoten få en ökad betydelse. Följande tre majssvampsjukdomar finns i vårt närområde och förväntas etablera sig i Sverige i framtiden (Berg, 2012)

- Majsbladfläcksjuka. Erfarenheter från Danmark är att majsbladfläcksjuka kan orsaka skördeförluster om angreppet sker före blomning.
- Majsögonfläcksjuka har påträffats i Danmark och förekommer främst på fält där majs odlats i monokultur i plöjningsfri odling.
- Solrosmjöldagg, även kallad falsk mjöldagg, är en bladmögelsvamp som förekommer i våra sydliga grannländer.

Virussjukdomar

Rödsotvirus är en virussjukdom som sprids med bladlöss. Den kan orsaka stor skördenedsättning i alla höstsådda grödor, men främst höstkorn och höstvetete som kan få skördeminskningar på mellan 15 och 100%. En varm höst med mycket bladlöss kan resultera i stora skador på främst tidigt sådda fält. En sen sådd minskar risken för att rödsotvirus sprids, men den viktigaste åtgärden är att bekämpa bladlössen.

Bakteriesjukdomar

Bakteriesjukdomen *Xyllela fastidiosa* är en karantänsskadegörare som kan angripa många olika växtarter, både örtartade och vedartade. Den har tidigare endast påträffats i Syd- och Mellanamerika men upptäcktes 2013 i Italien. Sjukdomen har sedan spridits vidare till Spanien, Frankrike och Tyskland. Sjukdomen sprids med hjälp av små stickande insekter som dricker växtsaft från växterna. Angreppen får bladen att vissna eftersom bladnerverna blockeras. Sjukdomen kan bli ett allvarligt problem för fruktodlare och i skogen då angripna träd måste destrueras.

Bilaga 11. Skörd och lagring av spannmål

Ett varmare och fuktigare klimat ökar risken för mykotoxiner, det vill säga giftiga substanser som bildats av mögelsvampar. DON (deoxynivalenol), T₂ och HT₂-toxin samt ZEN (zearalenon) är exempel på mykotoxiner som bildas i spannmål i fält. OTA (Ochratoxin A) och Alfatoxin är mykotoxiner som kan bildas under lagring av spannmål. För mykotoxinerna som bildas i fält spelar vädret kring blomningen en stor roll för hur mycket mykotoxiner som bildas i spannmålen. Varmt och fuktigt väder under blomningen är gynnsamt för mögelsvamparna som bildar mykotoxinerna.

Att helt eliminera mögelsvamparna från ett spannmålsparti är i praktiken omöjligt, däremot finns det många åtgärder för att hålla tillväxten på ett minimum. Att kyla spannmålen direkt efter inlagring/torkning kommer att bli ännu viktigare i framtiden när temperaturen stiger. Varmgång i lagrad vara leder till kondensation, kombinationen av varmgång och kondens ökar risken för att det bildas mykotoxiner. Ett enkelt sätt att ha kontroll på sin spannmål under lagringen är att kontinuerligt mäta temperaturen. Lantmännen har en matris som visar hur länge en spannmål kan lagras vid olika temperaturer respektive fuktighet, se tabell 4. Om spannmålen torkas ner till 13% vattenhalt spelar omgivande temperatur mindre roll.

Med högre temperaturer i skördad spannmål ökar risken för att få ohyra i form av insekter i samband med lagring. De vanligaste skadeinsekterna under lagring av spannmål i Sverige är sågtandad plattbagge och kornvivel. Båda dessa arter gynnas av högre temperaturer. Med större skördeträskor finns det även en risk att spannmålsanläggningarna inte hinner att hantera all spannmål när det kommer stora mängder vara på kort tid, vilket ökar risken för både mykotoxiner och skadeinsekter

Tabell 4. Maximal lagringstid vid olika temperaturer och vattenhalter för att undvika skador (Lantmännen).

Max lagringstid vid olika temperaturer och vattenhalter för att undvika konditionsskador

Temperatur i spannmålen	14% vh	15% vh	18% vh	20% vh	22% vh
2 °C				60 dagar	32 dagar
3 °C				50 dagar	28 dagar
4 °C			> 170 dagar	44 dagar	24 dagar
5 °C			138 dagar	38 dagar	19 dagar
6 °C			102 dagar	32 dagar	15 dagar
7 °C			70 dagar	26 dagar	12 dagar
8 °C			49 dagar	21 dagar	10 dagar
9 °C		> 170 dagar	42 dagar	19 dagar	8 dagar
10 °C		140 dagar	36 dagar	16 dagar	6 dagar
11 °C		105 dagar	32 dagar	15 dagar	5 dagar
12 °C		70 dagar	28 dagar	13 dagar	4 dagar
13 °C		51 dagar	25 dagar	11 dagar	3 dagar
14 °C	> 170 dagar	45 dagar	22 dagar	10 dagar	3 dagar
15 °C	150 dagar	42 dagar	20 dagar	9 dagar	2 dagar
16 °C	135 dagar	39 dagar	19 dagar	8 dagar	2 dagar
17 °C	125 dagar	36 dagar	18 dagar	7 dagar	1 dag
18 °C	120 dagar	34 dagar	17 dagar	6 dagar	1 dag
19 °C	115 dagar	32 dagar	16 dagar	6 dagar	1 dag
20 °C	110 dagar	30 dagar	15 dagar	6 dagar	1 dag

Hushållningsällskapet
gradvis.se | hushallningssallskapet.se
E-post: infohalland@hushallningssallskapet.se | Telefon: 035-465 00



Europeiska jordbruksfonden
för landsbygdsutveckling. Europa
investerar i landsbygdsområden

GRADVIS^o
KLIMATOPTIMERAR SVERIGES LANTBRUK

