



Emergo
Studies in the Biogeophysical Environment

Simulering av transpiration från jordbruksgrödor vid grundvattensänkning

Mellanårsvariationer 1980 - 2006

Konsekvensanalys av ny järnvägsdragning i Skrea och Stafsinge, Halland

Elisabet Lewan & Harry Linnér



INNEHÅLL

Inledning och Syfte.....	5
Stafsinge – Bakgrundsinformation.....	6
Skrea – Bakgrundsinformation.....	7
Simulering av Transpiration.....	8
Teori och Modell.....	9
Indata och Parameterisering.....	10
Meteorologiska data.....	10
Markdata – Stafsinge.....	11
Markdata – Skrea.....	13
Grödor.....	16
Grundvattennivåer – undre randvillkor.....	16
Resultat.....	17
Jordarnas egenskaper.....	17
Vårkorn på sandjord.....	17
Vårkorn på lerjord.....	20
Andra grödor – Höstvet, Vall och Potatis.....	23
Diskussion.....	27
Betydelsen av grödor, jordart och mellanårsvariationer i klimatet...27	
Osäkerheter i beräkningarna.....	28
Slutsatser.....	29
Referenser.....	31
Bilaga 1 – Översiktskarta.....	33
Bilaga 2 – Observationer 26 juni, 2007.....	35

INLEDNING

Efter dom av miljödomstolen 2002 och 2004 har Banverket inlett utbyggnaden av Västkustbanan vid Falkenberg med en tunnel genom Skrea backe och på sträckan vid Stafsinge. Läget framgår av översiktskarta, Bilaga 1. Projektet väntas medföra grundvattensänkning i anslutning till tunnelpåslag och i anslutning till viadukter för korsande vägar. Markarbetena i Skrea påbörjades 2005 och avslutades i maj, 2007. I Stafsinge började markarbetet 2006 och avslutades 1 september, 2007.

Grundvattensänkningen bedöms inverka på skördenivån inom vissa delar av de påverkade områdena. Frågan om ersättning för skador på växtodlingen har enligt domen uppskjutits till avgörande efter utgången av en prövotid på fem hela växtsäsonger, räknat från det att markarbetena avslutats (2008 – 2012). Miljödomstolen har förordnat Agr. Trygve Fahlstedt som domstolens sakkunnige att utreda frågan om inverkan på växtodlingen och ersättning till berörda markägare. En separat utvärdering av skador på växtodlingen ska ske efter varje skördesäsong, varefter den sakkunnige kan besluta om förskott på ersättning för skada ska utgå till sakägare. Förslag på slutlig ersättning inlämnas snarast efter prövotidens utgång.

Denna studie har genomförts som ett led i att ta fram ett objektivet underlag för beräkning av skördeskadeersättningar i Skrea och Stafsinge. Studien har beställts av Miljödomstolens sakkunnige, T. Fahlstedt.

Studien bygger på vetenskapliga metoder för beräkning av hur grundvattenytans nivå påverkar grödans transpiration. Avkastningsnivån anses vara direkt beroende av transpirationsnivån. En sänkning av grödans aktuella transpiration antas därför medföra motsvarande sänkning i avkastning. För beräkningarna används en processbaserad matematisk modell som beskriver lagring och flöde av vatten i olika mark-växt-system. Metoden och modellen är väl beprövad och har tillämpats på flera olika grödor och marktyper. Metoden har även tillämpats för att ta fram underlag för miljödomar vid andra tunnel- och järnvägsbyggen (t ex: Linnér & Hansson, 1999; Florgård et al., 2000).

SYFTE

- Att beräkna transpirationen för de dominerande jordbruksgrödorna i Skrea- och Stafsinge-området – dels med utgångspunkt från olika ostörda grundvattennivåer och dels med avseende på olika avsänkingsnivåer.
- Att beräkna de relativa förändringarna i årlig transpiration med avseende på ovanstående fall.

STAFSINGE - BAKGRUNDSINFORMATION

Områdets läge, storlek och topografi

Den totala areal som påverkats av grundvattensänkning kring Stafsinge uppskattades till 128 ha 2006 (Aqualog, 2006:a), varav 86 ha utgjordes av åker. Av åkerarealen bedömdes 57 ha ha drabbats av skördebortfall som berättigade till skördeskadeersättning. Resterande åkerareal upptogs av träda eller utgjordes av mark som ägs av Banverket. Övrig påverkad mark upptas av skog, bebyggelse, vägar, trafikplatser och arbetsområde för järnvägsbygget. (Fahlstedt, 2006:a). Jordbruksmarken inom det grundvattensänkta området ligger ca 17-35 m ö h och är relativt kuperat. Grundvattenpåverkande markarbeten påbörjades i april 2006 och avslutades i april 2007.

Grundvattennivåer

Den opåverkade grundvattennivån inom det berörda området har legat på 0.8 – 2.1 m djup. Grundvattensänkningen har maximalt uppgått till 0.8 m, men var vanligen mindre än 0.5 m, 2006.

Arealfördelning på olika grödor 2006

Dominerande grödor i Stafsingeområdet är vårkorn (35%) och slåttervall/betesmark (25%), Tabell 1. I området odlas även potatis/lök, åkerbönor och rågvete (4-6% vardera), samt i mindre omfattning (<3%) havre, råg och vissa år höstraps. Ca 21% av arealen utgjordes av träda.

Tabell 1. Arealfördelning på olika grödor i Stafsinge 2006

<i>Gröda</i>	<i>Areal (ha)</i>	<i>Areal (%)</i>
Vårkorn	49.0	34.8
Havre	1.2	0.9
Åkerbönor	6.3	4.5
Råg	3.9	2.8
Rågvete	8.5	6.0
Slåttervall, bete	35.8	25.4
Potatis, lök	6.5	4.6
Träda	29.7	21.1
<i>Summa</i>	<i>140.9</i>	<i>100</i>

Medelskördar

Skördeprovtagning i området har genomförts 2001 - 2006. Provtagningen utfördes med försökströska av Hushållningssällskapets personal. Inom fyra berörda brukningsenheter har, om möjligt, två fält för provtagning valts ut. Inom dessa fält har fem provytor (à 20 m²) lokaliserats med slumpmetod. Samma ytor har skördats varje år. Läget har bestämts med GPS-utrustning. Provtagning har även utförts i potatis om denna gröda förekommit på provyrefältet. Provtagningen har i sådant fall skett med den metod som används i Hushållningssällskapets försöksodlingar.

De hittills utförda skördeprovtagningarna har givit en bild av växtodlingen i området och aktuella skördenivåer för området och för enskilda skiften.

Resultatet av skördeprovtagningarna 2001-2006 redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Medelskördar, kg/ha, vid Stafsinge 2001-2006 enligt skördeprovtagning

År	Korn	Havre	Höstråg	Rågvete	Höstraps	Potatis
2001	6062		5389	6258		
2002	5110	5501				49425
2003	4948				3600	53422
2004	5065	6593	4552	6617	3900	
2005	5591	5911	6449	6483		
2006	4748					44632
Medel	5254	6002	5463	6453	3750	49160

Källa: T. Fahlstedt, årsrapporter från skördeprovtagning vid Stafsinge

Skördebortfall 2006

Skördebortfallet år 2006 skattades baserat på en tidigare genomförd modellstudie för Skrea backe (Linnér & Hansson, 1999). En sänkning av grundvattennivån på 0.1-0.4 m resulterade i mellan 0-14% skördebortfall, för olika skiften. Variationen beror dels på gröda och grundvattenytans ursprungsnivå och dels på sänkningens storlek.

SKREA – BAKGRUNDSINFORMATION

Områdets läge, storlek och topografi

I Skrea beräknas totalt ca 57 ha ha påverkats av grundvattensänkning år 2006 (Aqualog 2006:b), varav 37 ha utgjordes av åkermark. Av åkerarealen bedömdes ca 17 ha ha drabbats av skördeskada, varav den största delen låg i anslutning till det södra tunnelpåslaget. Vissa åkerskiften har tagits i anspråk för deponering av överskottsmassor från järnvägsbygget (Fahlstedt, 2006:b). Det grundvattensänkta området ligger ca 18-42 m ö h. Markarbetena påbörjades 2005 och avslutades i maj 2007.

Grundvattennivåer

Den opåverkade grundvattennivån inom det berörda området har legat på 0.8-2.5 m djup. Grundvattensänkningen är som störst (2-3 m) i anslutning till södra tunnelmynningen och i skärningen med väg 150.

Arealfördelning på olika grödor 2006

Området domineras av vårkorn (ca 30% av arealen). I området odlas även höstvetete, rågvete, havre, råg och potatis (4-9% vardera), samt i mindre omfattning (2%) slåttervall/betesmark. Träda utgjorde 38% av arealen, Tabell 3.

Tabell 3 . Arealfördelning på olika grödor i Skrea 2006

Gröda	Areal (ha)	Areal (%)
Vårkorn	20.7	29.6
Havre	3.1	4.4
Höstvetete	6.0	8.6
Råg	2.9	4.1
Rågvete	5.2	7.4
Slåttervall, bete	2.1	1.9
Potatis	3.1	4.4
Träda	26.8	38.3
Summa	69.9	100

Medelskördar

Skördeprovtagning genomfördes 2001-2006 enligt samma metod som beskrivits ovan för Stafinge. Fem brukningsenheter ingick i undersökningen. Resultatet av skördeprovtagningarna 2001-2006 redovisas i Tabell 4. På en av gårdarna bedrivs odlingen ekologiskt. Resultatet från skördeprovtagningen på den gården ingår därför inte i de beräknade medelvärdena.

Tabell 4. Medelskördar, kg/ha, vid Skrea 2001-2006 enligt skördeprovtagning

År	Korn	Havre	Höstvete	Rågvete	Höstraps	Potatis
2001	5843	5957		4529		
2002	5937					44727
2003	4876	5023	7175	5654		46897
2004	5420			5896	3600	54176
2005	6112				3700	
2006	5355	5782	7672			52128
Medel	5590	5587	7424	5360	3650	49482

Källa: T. Fahlstedt, årsrapporter från skördeprovtagning vid Skrea

Skördebortfall 2006

Skördebortfallet år 2006 skattades baserat på en tidigare genomförd modellstudie för Skrea backe (Linnér & Hansson, 1999). En sänkning av grundvattennivån på 0.2-3,0 m resulterade i mellan 1-33 % skördebortfall, för olika skiften. Variationen beror dels på grundvattenytans ursprungsnivå och dels på sänkningens storlek. Skördebortfallet var störst i anslutning till den södra skärningen, där grundvattenytan före sänkningen legat ganska optimalt.

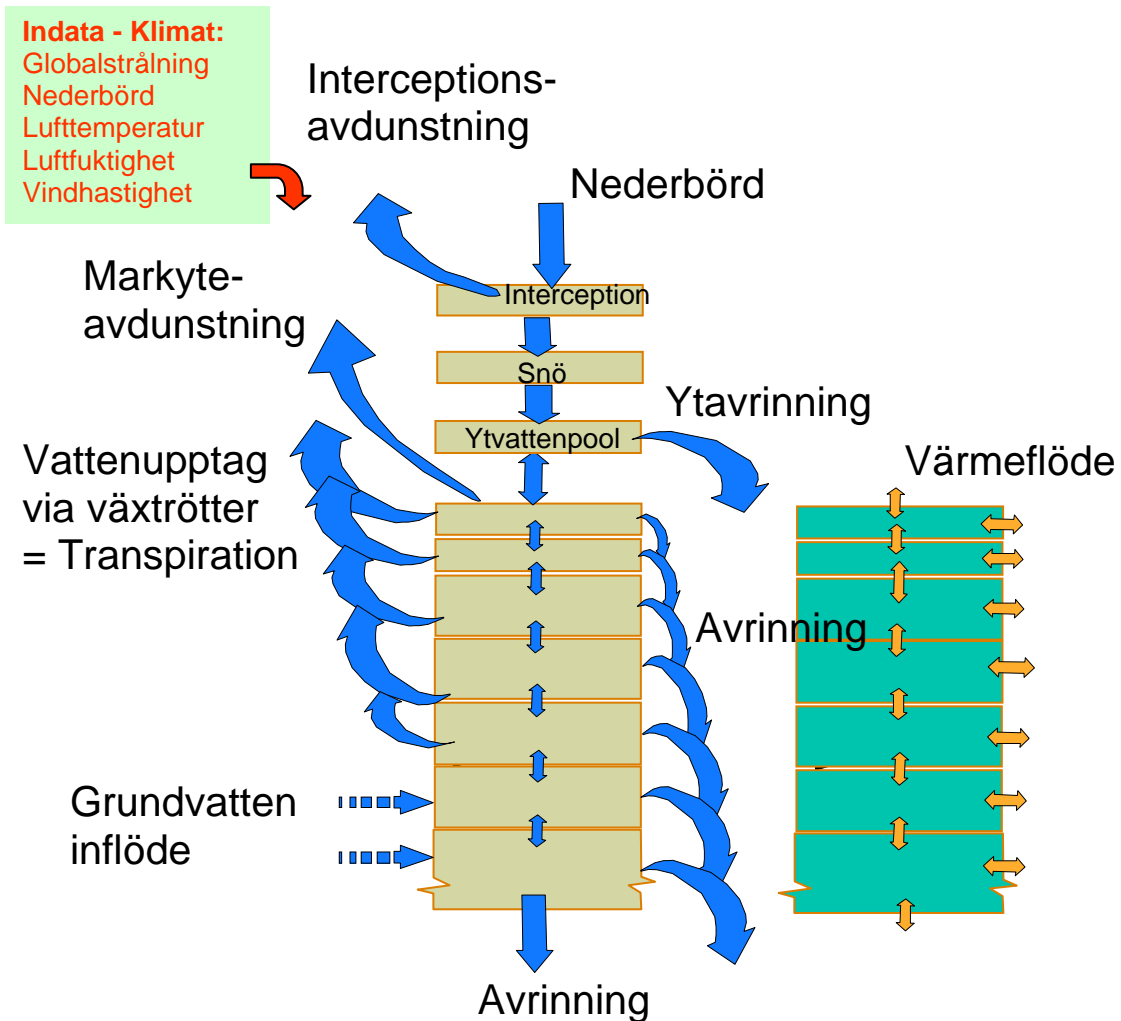
SIMULERING AV TRANSPIRATION

Såsom nämnts i inledningen anses en grödas transpiration stå i ett proportionellt förhållande till avkastningsnivån. Förändringar i transpirationen kan därför antas medföra motsvarande förändringar i avkastningen. Detta är naturligtvis en förenkling och avvikelser kan förekomma. Grödans avkastningsnivå påverkas dessutom olika starkt beroende på när under växtsäsongen eventuell vattenbrist uppstår och hur länge denna situation varar. För beräkningar över längre tidsperioder och för signifikanta förändringar av vattentillgången kopplat till grundvattensänkning kan dock antagandet anses vara giltigt.

Aktuell dygnstranspiration för en viss gröda kan beräknas (simuleras) utifrån data på klimatet, grödans höjd, bladyta och rotdjup samt vissa grödspecifika karakteristika. Dessutom krävs data på markens egenskaper, såsom vattenhållande förmåga (retention) och förmåga att transportera vatten (hydraulisk konduktivitet) vid olika dräneringsdjup. Dessa egenskaper påverkas i hög grad av markens textur (kornstorleksfördelning). Retentions- och konduktivitetskurvor (Fig. 5) kan därför skattas med matematiska funktioner från texturdata.

I denna studie har transpirationen för olika grödor beräknats med en väl beprövad simuleringsmodell (COUP, Jansson & Karlberg, 2004), med avseende på olika grundvattennivåer. Simuleringarna har körts på dygnsbasis, för en lång tidsperiod (> 25 år, 1980 - 2006). Den relativa förändringen i årlig transpiration, vid olika avsänkningar, har beräknats med avseende på olika utgångsnivåer på grundvattenytan (0.75 - 3 m).

COUP - modellen



Figur 1. COUP-modellen. Hydrologiska komponenter och processer. (Jansson & Karlberg, 2004)

TEORI OCH MODELL

COUP-modellen

COUP-modellen är en processbaserad simulerings-modell som beskriver vatten- och värmedynamik i jordbruksmark kopplat till klimatets variation. Modellen drivs med standardklimatdata (lufttemperatur, luftfuktighet, nederbörd, globalstrålning och vindhastighet) och kan köras med en tidsupplösning som kan variera mellan timmar upp till dygn över valfri tidsperiod. Modellen beskriver hur avdunstning, transpiration och markens hydrauliska och termiska egenskaper påverkar vatten- och värmedynamiken i en markprofil (Fig. 1). Utveckling och tillväxt för olika typer av jordbruksgrödor kan simuleras i direkt interaktion med givna väderförhållanden och simulerade vatten- och kväveförhållanden i marken. Grödans tillväxtdynamik (t ex rotdjup och bladyteindex) kan även ges på förhand genom modellparametrar – vilket kräver mindre detaljerad

indata och parameterisering. COUP-modellen har tillämpats för ett stort antal olika mark-växt-system, grödor, jordar och klimatförhållanden (Jansson & Karlberg, 2004).

Parameterisering av modellen – Jordar, grödor, skötselåtgärder

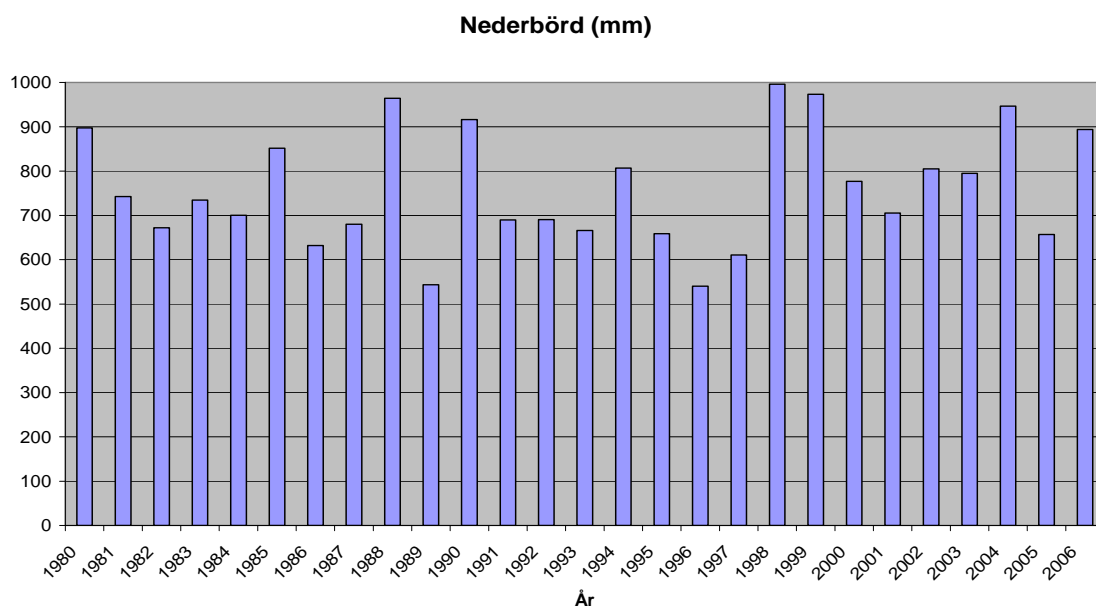
Parameteriseringen av COUP-modellen för olika jordar baseras på en existerande markdatabas för svensk jordbruksmark (Eriksson et al., 1997) och därtill kopplade pedotransferfunktioner för olika jordar. Pedotransferfunktioner är matematiska funktioner som beskriver sambandet mellan en jords textursammansättning (proportionen av olika kornstorleksfraktioner som sand, mo och ler = ”kornstorleksfördelning”) och markens markfysikaliska egenskaper (t ex vattenhållande och vattenledande förmåga, dvs vattenretention och hydraulisk konduktivitet). Genom användning av pedotransferfunktioner kan parametervärden för olika jordars fysikaliska egenskaper beräknas baserat på texturanalys av aktuella jordar (Wösten et al., 1998). Parametervärden för retentions- och konduktivitetskurvor har i denna studie baserats på linjekartering och texturanalys av 10 skiften i respektive Skrea och Stafsinge.

Parameteriseringen av olika grödor baseras, i denna studie, dels på tidigare modellapplikationer (Eckersten & Jansson, 1991; Lewan, 1993 & 1994; Eckersten et al., 2001; Blombäck et al., 2003; Jansson & Karlberg, 2004;) och dels på existerande data från experiment och fältförsök och information från E. Ekre, Hushållningssällskapet i Halland, samt på direkta fältobservationer, 2007, i Stafsinge och Skrea.

INDATA och PARAMETERISERING

Meteorologiska data

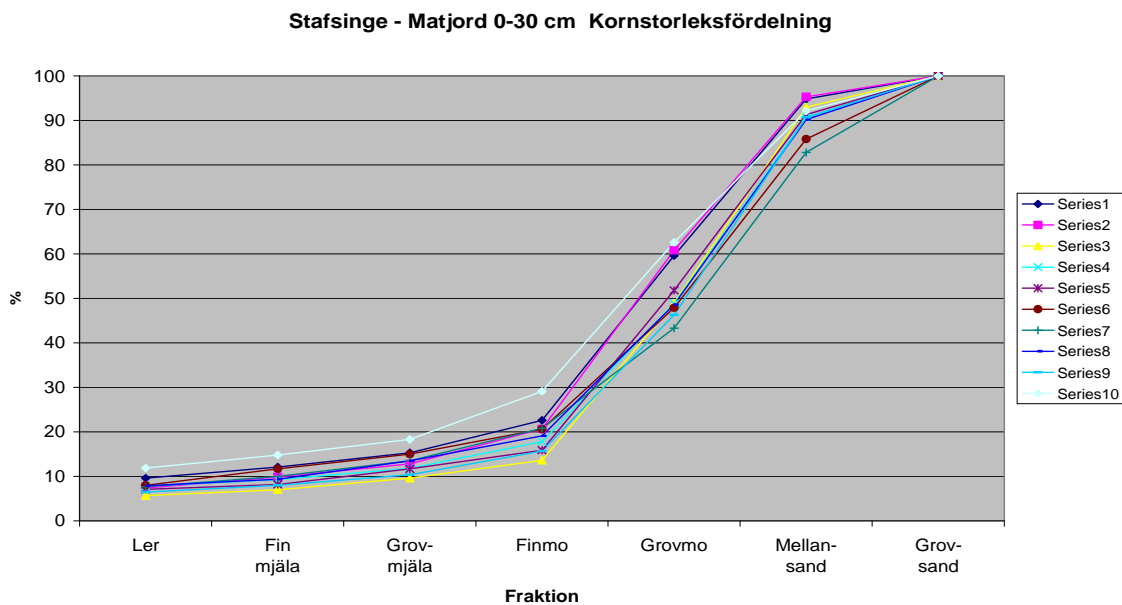
Dygnsdata på nederbörd, lufttemperatur, solstrålning, vindhastighet och luftfuktighet används som drivdata i simuleringarna. Meteorologiska data är hämtade från Halmstad 1980-2005 och Mellby (2006). Nederbörden 1998-2006 är från Falkenberg och Halmstadsnederbörd för perioden 1980-1997 är korrigerad baserat på linjär regression mot Falkenbergsdata. Årsnederbörden var i genomsnitt 761 mm under den aktuella perioden och varierade mellan 540 -991 mm/år (Fig. 2).



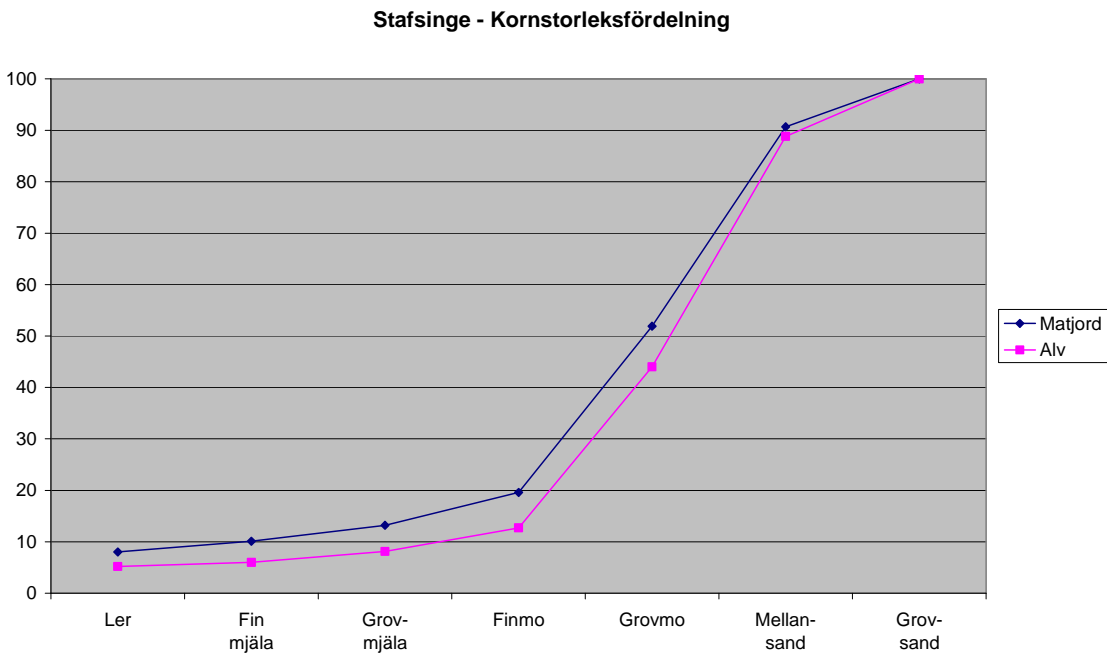
Figur 2. Årsnederbörd (mm) 1980 – 2006. (Falkenberg 1998-2006; Halmstad 1980-1997 korrigerad till Falkenberg med regressions koefficienter). Data korrigerad för vindförluster: regn + 7%, snö 7+8%.

Markdata - Stafsinge

Enligt linjekartering av 10 fält inom Stafsingeområdet domineras jordarna av fraktionerna grovmo (0.06-0.2 mm) och mellansand (0.2 – 0.6 mm). Resultaten från jordprovtagning och texturanalyser visar på homogena jordartsförhållanden både med avseende på variation mellan fält och mellan matjord och alv (Fig. 3 & 4). Både matjord och alv kan betecknas som ”lerig moig sand”.



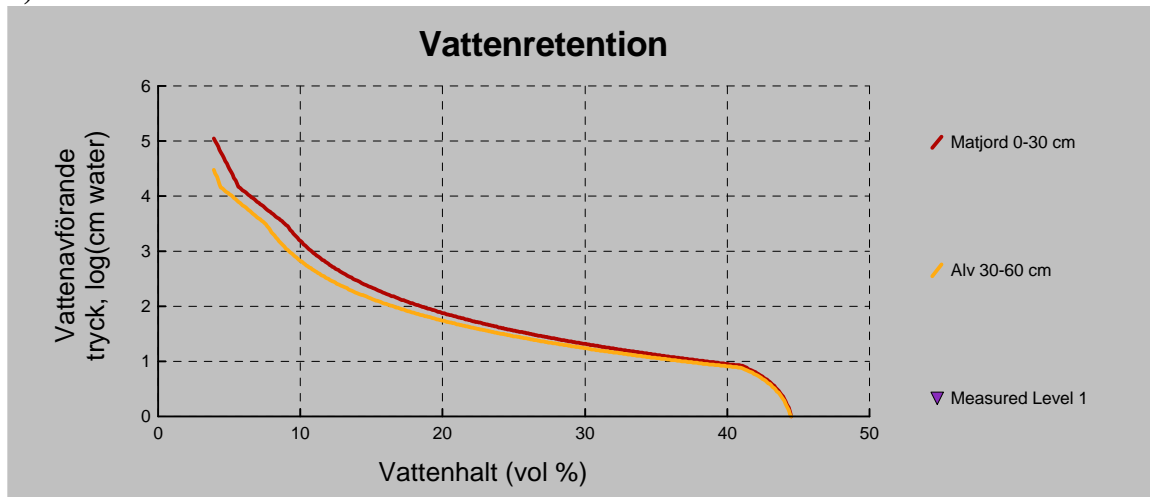
Figur 3. Ackumulerad procentuell (%) kornstorleksfördelning i matjorden (0-30 cm), för 10 olika provtagnings skiften (Serie 1-10) i Stafsinge området.



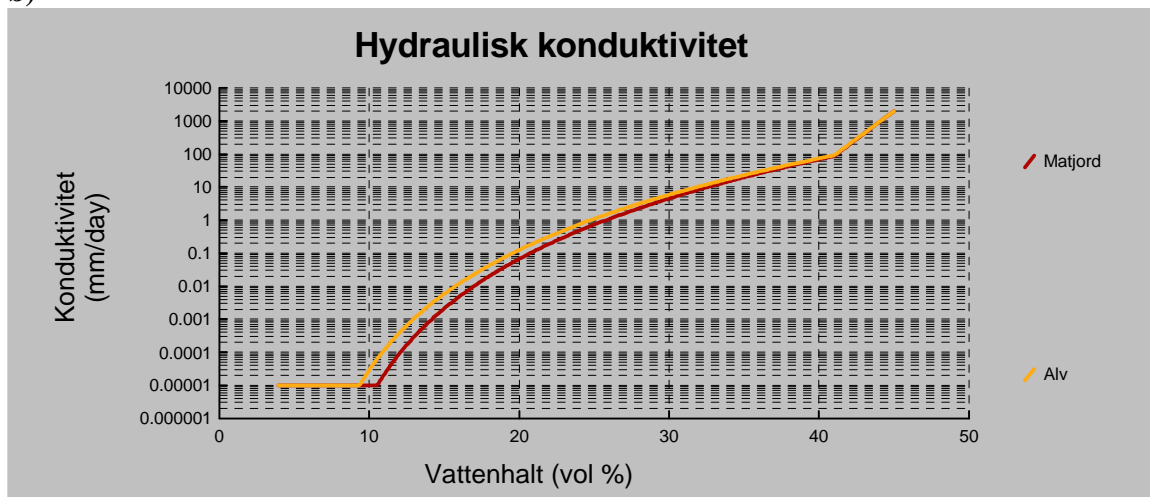
Figur 4. Ackumulerad procentuell genomsnittlig kornstorleksfördelning för matjord (0-30 cm) respektive alv (30-60 cm), Stafsinge.

Hydrauliska parametrar (retentionskurvor och hydraulisk konduktivitet), som beskriver markens förmåga att lagra, leda och dränera vatten vid olika ”dräneringsdjup” (vattenavförande tryck) beräknades med s.k. pedotransfer funktioner. Parametervärdena skattades på så vis från markens textur (kornstorlekssammansättning). Eftersom provtagning och analyser visade på mycket homogena jordartsförhållanden beräknades hydrauliska parametervärden från genomsnittstexturen hos matjord respektive alv. De skattade kurvorna visas i Figur 5.

a)



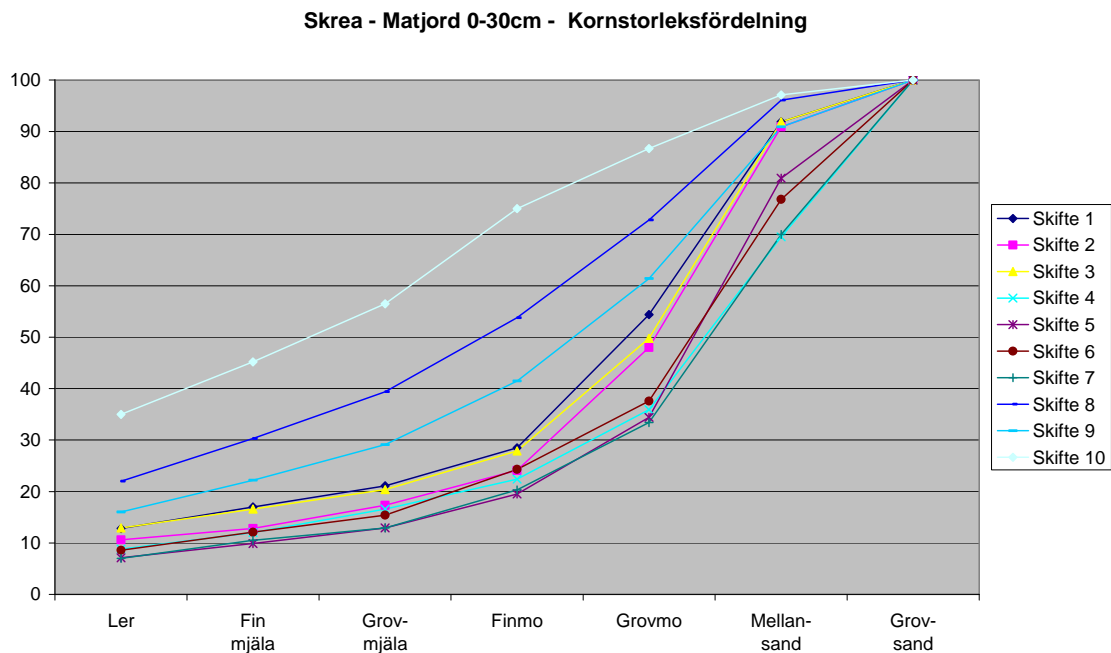
b)



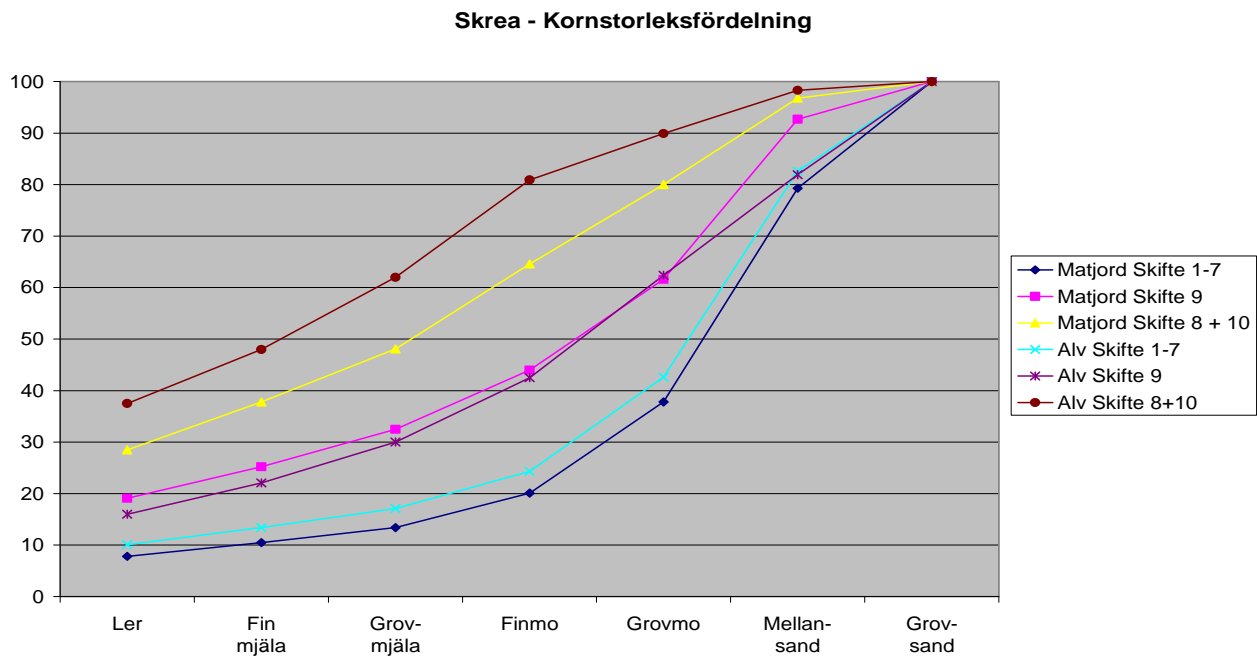
Figur 5. Retention (vattenhalt) vid olika vattenavförande tryck (a) och hydraulisk konduktivitet vid olika vattenhalter (b), för matjord och alv i Stafsinge.

Markdata - Skrea

a)



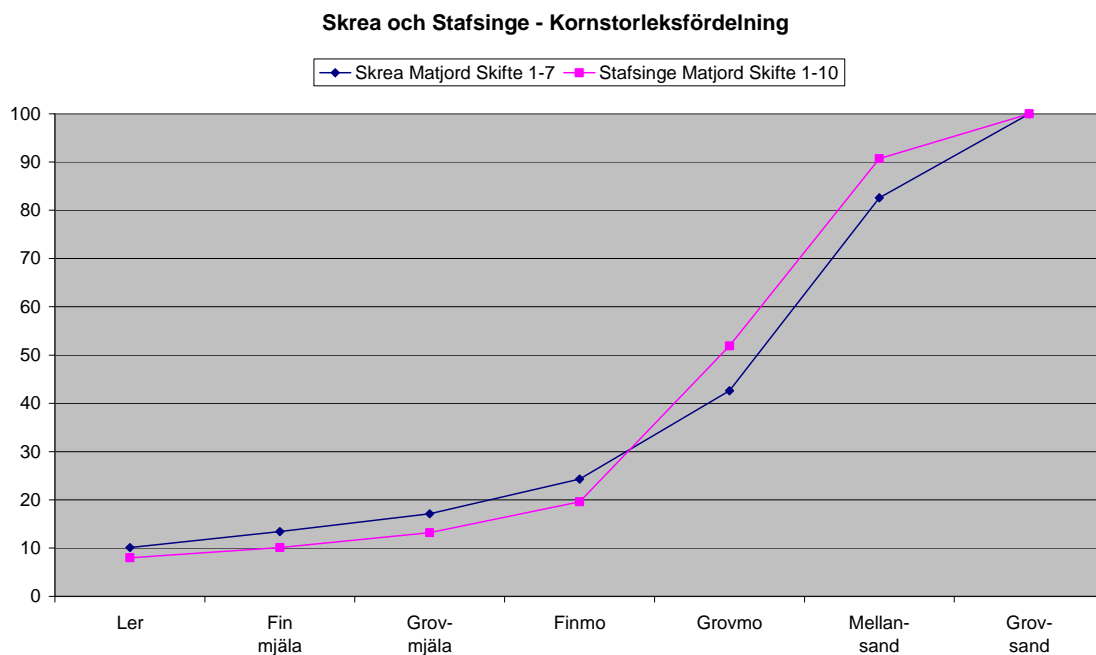
b)



Figur 6 . Ackumulerad procentuell (%) kornstorleksfördelning i (a) matjorden för provtagningsskifte 1-10 och (b) för genomsnitt av skifte 1-7, 9, samt 8+10: matjord respektive alv, i Skrea.

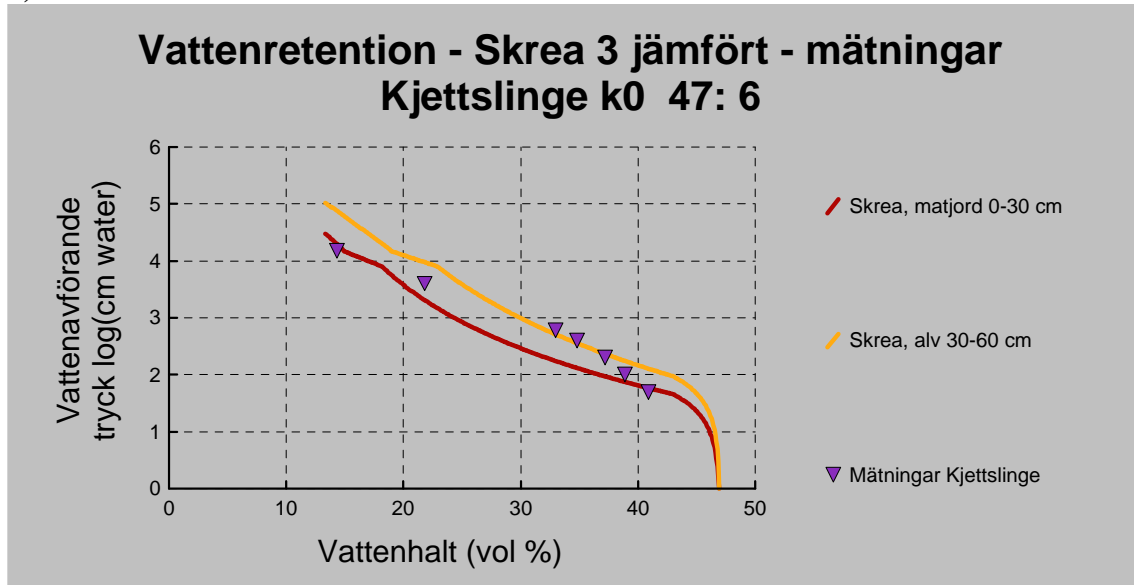
Linjekartering av 10 skiften i Skrea visar på större variation i jordart mellan olika skiften, jämfört med Stafsinge. Det är huvudsakligen provtagningsskifte nr 8-10 i norr som avviker vad avser kornstorleksammansättning. Lerhalten i matjorden på dessa skiften ligger mellan 15-40%, medan fraktionerna mellansand och grovsand är betydligt lägre än på övriga skiften. Skifte 9 kan betecknas som ”moig sandig lättlera och skifte 8 + 10 som ”moig sandig mellanlera”. Huvuddelen av skiftena (nr 1-7) uppvisar emellertid relativt små skillnader (Fig. 6a), och domineras, liksom i Stafsinge av grovmo, mellansand (och grovsand). Lerhalten på dessa skiften ligger kring 10% eller lägre liksom i Stafsinge. Fraktionen grovsand är på vissa skiften dubbelt så hög som i Stafsinge. Skillnaderna mellan matjord och alv är små. Genomsnittsjorden för skifte 1-7 i Skrea överensstämde dock väl med genomsnittsjorden för Stafsinge (Fig. 7).

För Skrea kördes därför simuleringar dels med ”Stafsingejorden” (Fig. 5) och dels med en jord som representerar de lerigare skiftena i norra delen av området. Skattade kurvor för vattenretention och hydraulisk konduktivitet för lerjorden redovisas i Figur 8, nedan. De skattade retentionskurvorna för ”lerjorden” jämfördes med mätdata från en jord med motsvarande kornstorleksfördelning (Kjettslinge), Figur 8. Jämförelsen visar på god överensstämmelse med uppmätta värden på retentionskurvan för denna typ av jord.

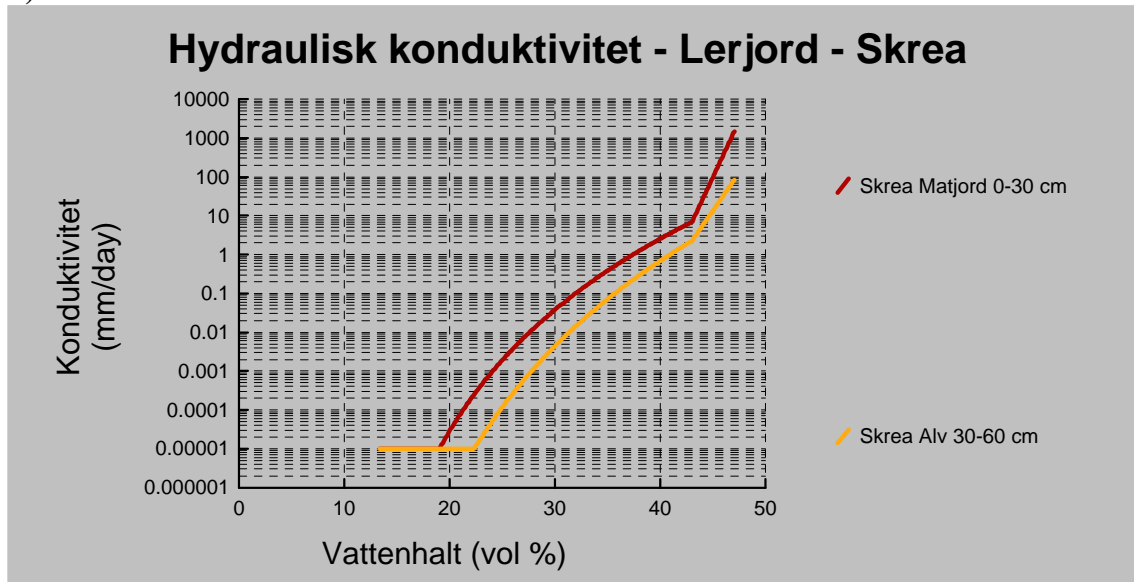


Figur 7. Genomsnittlig kornstorleksfördelning i matjorden för Skrea (skifte 1-7) och Stafsinge (skifte 1-10).

a)



b)



Figur 8. Retention (vattenhalt) vid olika vattenavförande tryck (a), respektive hydraulisk konduktivitet vid olika vattenhalter (b), för matjord och alv i Skrea, skattade från genomsnittlig kornstorleksfördelning för provtagningskifte 8 + 10 ("moig sandig mellanlera").

Grödor

Simuleringar kördes för de dominerande grödorna i området: vårkorn och slättervall, samt för höstvetete och potatis. Dessa grödor parameteriserades med avseende normal tidpunkt för sådd, mognad och skörd i området, enligt uppgifter från Hushållningssällskapet i Halland, Erik Ekre, 2007 (Tabell 5). Parameterisering av rotdjup och bladyta baserades på tidigare studier av grödor i området på liknande jordar, (Gustafsson et al., 2004; Blombäck et al., 2003; Lewan, 1993 & 1994.; Eckersten & Jansson, 1991; Eckersten et al., 1991). Maximalt rotdjup sattes i enlighet med direkta observationer i Skrea respektive Stafsinge, 26 juni, 2007 (Tabell 6, samt Bilaga 2: Fig. 1-3).

Tabell 5. Normaltidpunkter för sådd, mognad och skörd i Skrea-Stafsinge området

	Vårkorn		Höstvetete		Potatis		Vall ¹⁾	
	dagnr	datum	dagnr	datum	dagnr	datum	dagnr	datum
Sådd	105	15/4	268	25/9	120	30/4	insådd	
Uppkomst	115	25/4	278	5/10	152	1/6		
Max bladyta	176	25/6	161	10/6	191	10/7		
Gulmognad	213	1/8	213	1/8	237*	25/8*		
Skörd (I)	227	15/8	227	15/8	258	15/9	145	25/5
(II)	-	-	-	-	-	-	191	10/7

* Blastdödning

1) Vallskörd för ensilage vid två tillfällen

Tabell 6. Maximal bladyta (LAI) och rotdjup på sandjord och lerjord för olika grödor

	Vårkorn	Höstvetete	Potatis	Vall ¹⁾
Max bladyta (LAI)	4	5.5	4	5
Max rotdjup (m) sandjord	0.5*	0.5	0.4	0.55**
” ” lerjord	0.5	0.6***	-	0.6

Observationer: * Skrea, skifte 1; **Stafsinge, skifte 10; *** Norra Skrea, rågvete

1) Vallskörd för ensilage vid två tillfällen

Grundvattennivåer – undre randvillkor

För Stafsinge krävdes simuleringar med grundvattenytans utgångsläge på 0.75 – 2.25 m och för varje utgångsläge simuleringar med grundvattensänkning från 0.25 – 0.8 m. För Skrea krävdes simuleringar med grundvattenytans utgångsläge på 0.75 – 2.5 m och för varje utgångsläge simuleringar med grundvattensänkning från 0.25 – 3 m.

Skiften med lätta jordar ("lerig moig sand") var mycket snarlika i de båda områdena, med avseende på kornstorleksfördelning och hydrauliska egenskaper. De grafer som representerar simuleringar med avseende på grödor på lätta jordar gäller därför båda områdena. För Skrea redovisas dessutom motsvarande resultat med avseende på en lerigare jordtyp ("moig sandig mellanlera"), enligt ovan. Simuleringarna gjordes med en stegvis sänkning av grundvattennivån på 0.25-0.5 m, för varje jord och gröda.

RESULTAT

Jordarnas egenskaper

Stafsingejorden domineras av grovmo, mellansand och grovsand, samt har en lerhalt på <10% i alven (Fig. 3 & 4). Halterna av grovmjåla och finmo, som främst påverkar jordens kapillaritet är <10%. Vattenförsörjning genom kapillär upptransport av vatten från grundvattenytan är därför sannolikt av mindre betydelse. Grödornas vattentillgång bestäms på denna typ av jord huvudsakligen av nederbörden. I områden där den opåverkade grundvattenytan legat grunt (<1 m) kan man dock förvänta viss direkt effekt på det växttillgängliga vattenmagasinet, vid sänkning av grundvattenytan. Effekten av sänkningen på grödornas transpiration i dessa områden kommer att bero starkt av grödornas rotdjup.

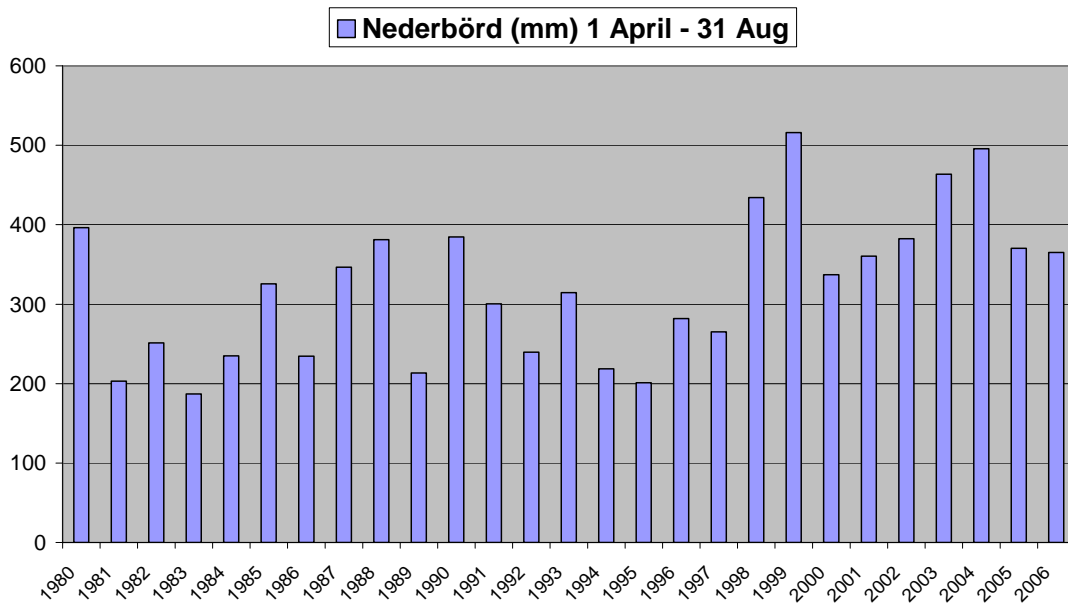
Ett par skiften i norra Skrea har lerhalter på > 15% (Fig. 6). Vid dessa lerhalter (lättlera till mellanlera) kommer jordens egenskaper att domineras av lerfraktionen vilken leder till aggregat och strukturbildning. Den främsta effekten blir att grödornas rötter kan växa djupare och därmed tillgodogöra sig ett större totalt vattenförråd – genom att rotzonen blir volymmässigt större. Rötterna når även närmare vattenmagasinet närmast ovan den mättade zonen (grundvattenytan). Grödornas vattentillgång kommer alltså även på denna typ av jord att styras starkt av rotdjupet. Vid mer begränsad sänkning av grundvattenytan (<0.5m) kan man tänka sig att grödor på lerjord, i viss mån kan kompensera för sänkningen genom att rötterna växer djupare. Denna effekt är emellertid ej beaktad i simuleringarna nedan. Vid en fältundersökning av rotdjupet, 26 juni, 2007, i det lerigare området i norra Skrea konstaterades ett rotdjup på 0.6 m för rågvete (Bilaga 2: Fig. 3). Under detta djup låg mycket styv lera av kompakt karaktär (ishavslera eller postglacial lera) som sannolikt ej medger ytterligare rotdjup. Det maximala rotdjupet i simuleringarna har därför satts till 0.6 m på lerjorden. Observationen indikerar att det är rimligt att utesluta eventuell kompensatorisk rottillväxt vid sänkning av grundvattenytan.

Vårkorn på Sandjord

Variationer mellan år

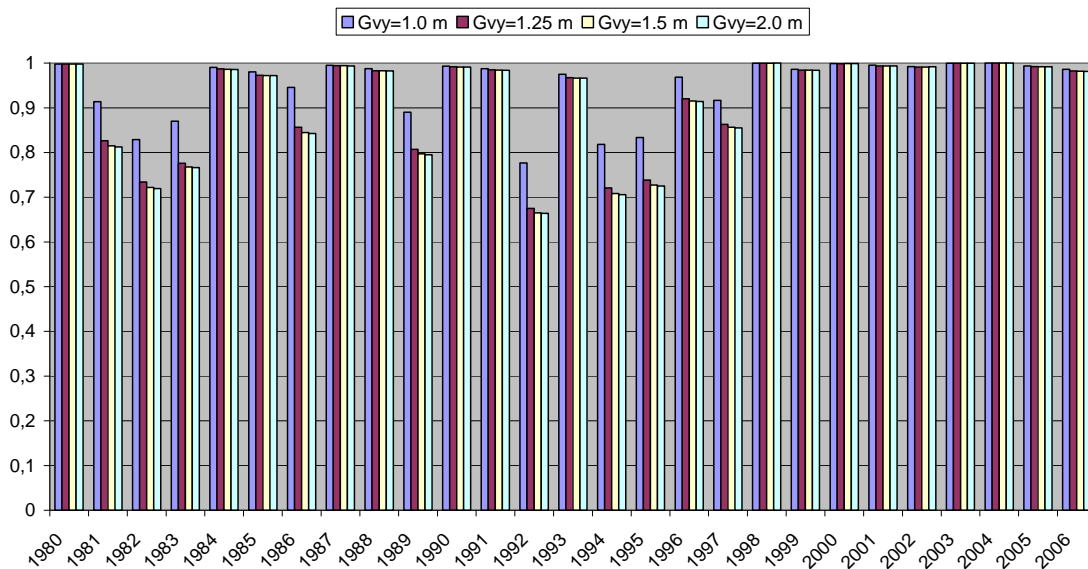
Här redovisas relativ transpiration för vårkorn på sandjord vid grundvattensänkning från utgångsnivån 0.75 m till: 1.0, 1.25, 1.5 samt 2.0 m, för olika år under perioden 1980-2006 (Fig. 11 och Tabell 7). Variationen i aktuell transpiration mellan olika år kan delvis hänföras till variationen i nederbörd. Variationen i transpiration mellan olika år kan emellertid inte förklaras av variationer i årsnederbörd (Fig. 2), eftersom det är nederbördens omfattning och fördelning under växtsäsongen som direkt påverkar transpirationen. En jämförelse med ackumulerad nederbörd under växtsäsongen, 1 April – 31 Augusti, visar bättre korrelation (Fig. 10), men kan inte heller förklara alla variationer pga betydelsen av nederbördens variation i tiden i relation till grödans utvecklingsstadium.

Resultaten från simuleringarna visar på en minskning av årlig relativ transpiration på mellan 0 – 22 % då grundvattenytan sänks från 0.75 till 1.0 m djup; 0 – 33% vid sänkning till 1.25 m djup eller till 1.5 m djup, samt 0-34% vid sänkning till 2.0 m, för olika år (Fig. 11 och Tabell 7). Den *genomsnittliga minskningen* över perioden som helhet, för motsvarande grundvattensänkningar är 5%, 8% och 9 % (Tabell 7 och Fig. 12).



Figur 10. Nederbörd 1 April – 31 Augusti för hela perioden 1980-2006.

**Relativ Transpiration vid olika avsänkning - Vårkorn på Sandjord
(Gvy = 0.75 m)**



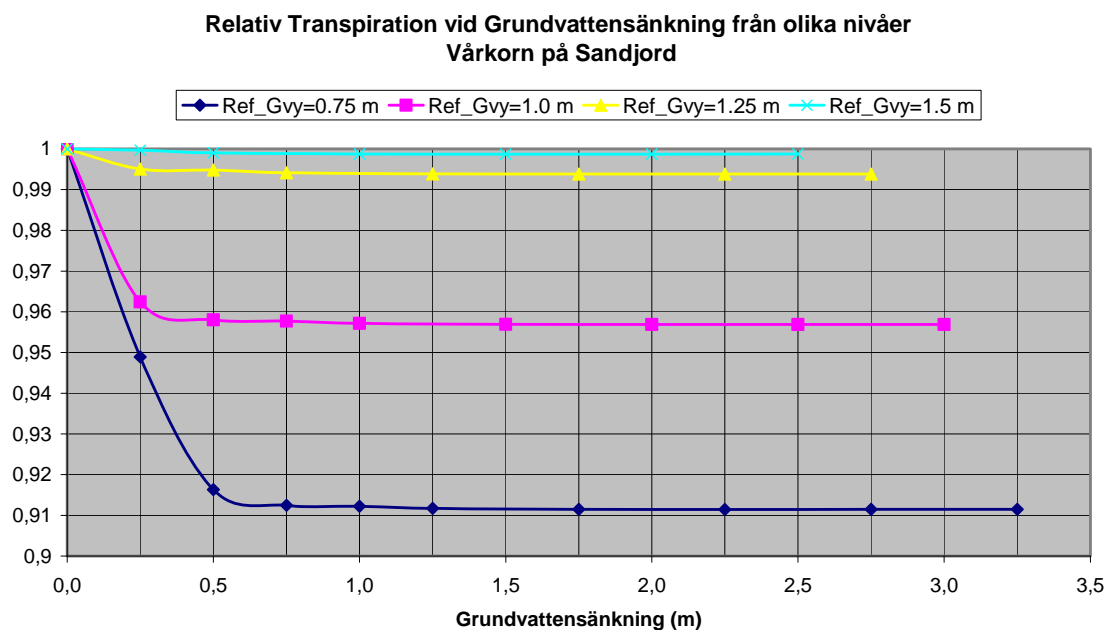
Figur 11. Vårkorn på sandjord: Relativ transpiration i förhållande till transpirationen vid ursprunglig grundvattenyta = 0.75 m, vid sänkning av gvy till 1.0, 1.25, 1.5 m, samt 2 m djup.

I genomsnitt, över många år, blir alltså transpirationsminskningen och därmed det "skattade" skördebortfallet relativt litet ($< 10\%$), men variationen mellan olika år är stor. Generellt sett ökar sårbarheten för "torrperioder" och frekvensen av skördebortfall ökar till följd av grundvattensänkningen. Resultaten indikerar att skördebortfallet vissa år kan bli betydande. Effekten av grundvattensänkning var högst under 1992, då det också föll förhållandevis lite nederbörd under växtsäsongen (Fig. 10). Även 1994 och 1995 visar på betydande effekter, medan effekten år 1984 var betydligt mindre, trots att nederbörden under säsongen var ungefär densamma (Fig. 11). Detta illustrerar betydelsen av nederbördens fördelning i tiden.

Betydande effekter av grundvattensänkningen på transpirationen får man där den ursprungliga grundvattenytan legat < 1.25 m djup och vid avsänkning mellan $0.1 - 0.5$ m. Vid avsänkning från ursprungsnivåer på 1.25 m till 1.5 m djup är effekten enskilda år maximalt $< 2\%$ (resultat ej visade). I områden där den opåverkade grundvattenytan legat på 1.5 m eller djupare är påverkan av grundvattensänkning på transpirationen från korn försumbar.

Tabell 7. Relativ transpiration (*vårkorn på sandjord*) vid olika grundvattensänkning, relativt ursprunglig grundvattennivå = 0.75 m, samt nederbörd 1 April-31 Augusti, 1980 – 2006.

År	Nederbörd (mm) 1 April - 31 Aug	Relativ Transpiration (ref Gvy = 0.75 m)			
		Gvy = 1m	Gvy = 1.25	Gvy = 1.5m	Gvy = 2m
1980	396	1	1	1	1
1981	203	0,91	0,83	0,82	0,81
1982	251	0,83	0,73	0,72	0,72
1983	187	0,87	0,78	0,77	0,77
1984	235	0,99	0,99	0,99	0,99
1985	325	0,98	0,97	0,97	0,97
1986	235	0,95	0,86	0,84	0,84
1987	347	0,99	0,99	0,99	0,99
1988	381	0,99	0,98	0,98	0,98
1989	213	0,89	0,81	0,8	0,8
1990	385	0,99	0,99	0,99	0,99
1991	300	0,99	0,98	0,98	0,98
1992	240	0,78	0,67	0,67	0,66
1993	315	0,97	0,97	0,97	0,97
1994	219	0,82	0,72	0,71	0,71
1995	201	0,83	0,74	0,73	0,73
1996	282	0,97	0,92	0,92	0,91
1997	265	0,92	0,86	0,86	0,86
1998	434	1	1	1	1
1999	516	0,99	0,98	0,98	0,98
2000	337	1	1	1	1
2001	360	1	0,99	0,99	0,99
2002	382	0,99	0,99	0,99	0,99
2003	464	1	1	1	1
2004	496	1	1	1	1
2005	370	0,99	0,99	0,99	0,99
2006	365	0,99	0,98	0,98	0,98
Medel	322	0,95	0,92	0,91	0,91



Figur 12. Vårkorn på sandjord: Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprunglig grundvattennivå på 0.75, 1.0, 1.25 samt 1.5 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.

Genomsnitt för hela perioden

I genomsnitt över hela perioden (1980 – 2006) påverkas transpirationen från vårkorn på sandjord signifikant vid sänkning från ursprungsnivåerna 0.75 – 1.25 m. Vid sänkning från ursprungsnivåer >1.5m djup är påverkan på transpirationen *i genomsnitt* över alla år försumbar (Fig. 12).

Resultaten från simuleringarna bekräftar att vattenförsörjning via kapillär transport från grundvattenytan, på Stafsingejorden, har förhållandevis liten betydelse, under de flesta år. Effekten av grundvattensänkningen kan dock bli betydelsefull för avkastningen under vissa år med låg nederbörd under växtsäsongen, särskilt i områden där den ursprungliga grundvattenytan legat nära rotzonen (Fig. 11).

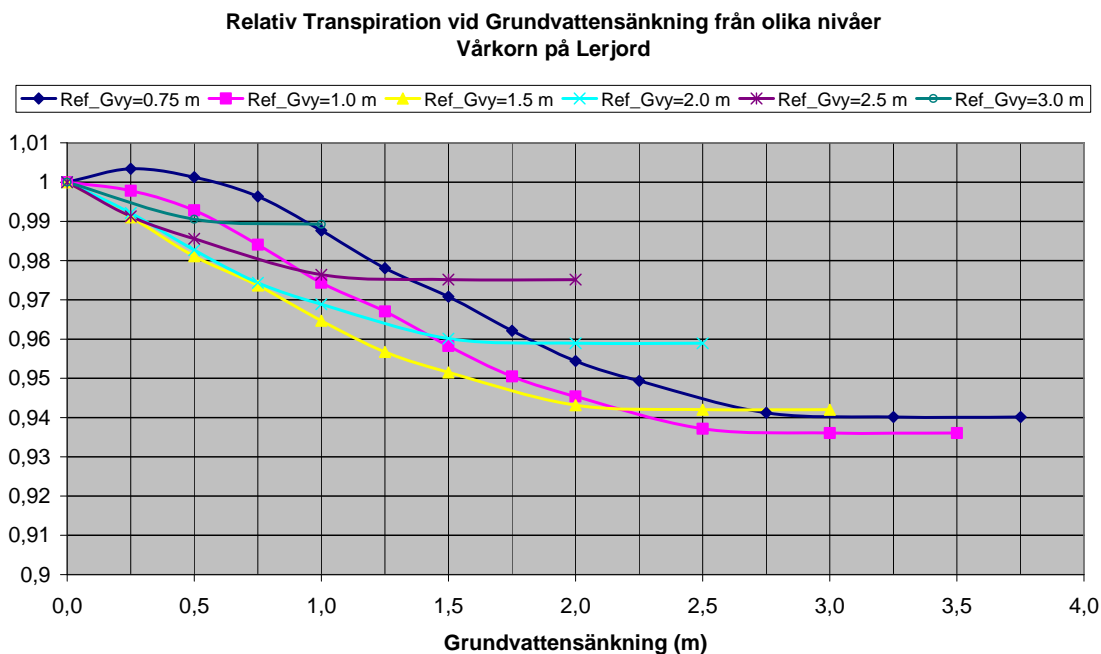
Vårkorn på Lerjord

Generella skillnader jämfört med sandjorden

På lättleror och mellanleror sker kapillär upptransport av vatten mycket långsamt. Kontinuerlig försörjning av grödor via transport av vatten från grundvattenytan är därför normalt försumbar på dessa jordar. Alven på provtagningsfälten hade dessutom högre lerhalt än matjorden och närmade sig på ett av skiftena ”styv lera”, vilket medför ännu långsammare transport genom skikten i och strax under rotzonen (Fig. 8). Den primära effekten av grundvattensänkningen blir, på denna typ av jord, en ren ”dräneringseffekt” – dvs mängden växttillgängligt vatten i rotzonen minskar när grundvattenytan sänks. Eftersom lerjorden (till skillnad från sandjorden) håller relativt mycket vatten även vid vattenavförande tryck på ett par hundra centimeter (Fig. 8) blir även denna ”dräneringseffekt” relativt liten. Däremot blir effekten på lerjorden mer kontinuerlig och ”märkbar” över ett större område av ”vattenavförande tryck”, jämfört med effekten på sandjorden. Sandjorden förlorar större delen av sitt vattenmagasin i ett smalare intervall och vid relativt låga tryck (Fig. 5). Den ”kontinuerliga effekten” på

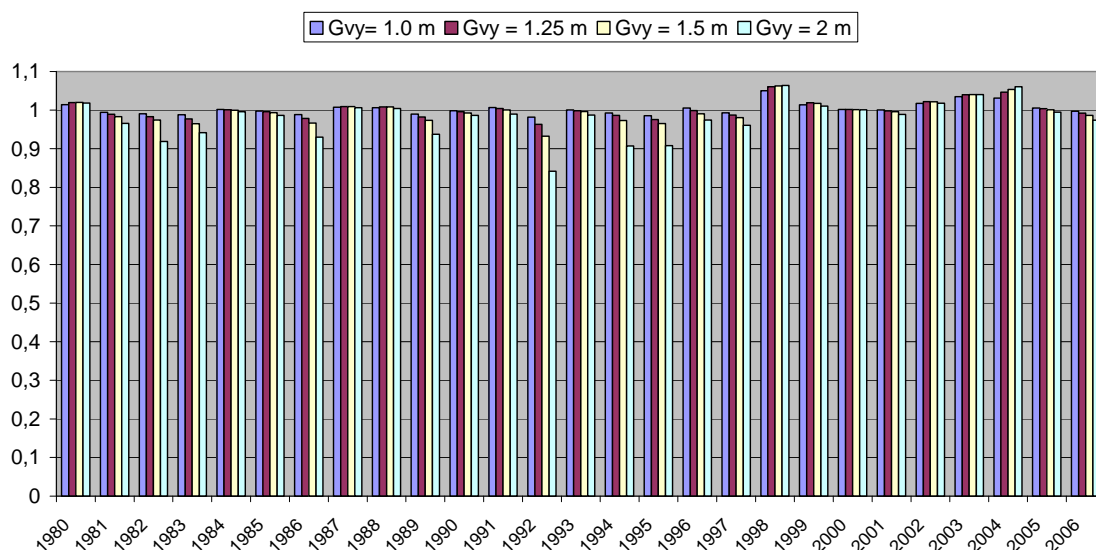
transpirationen från grödor på lerjord syns tydligt i Figur 13. Vid avsänkning från ursprungsnivåer på 1 m minskar den ”relativa transpirationen” med ungefär samma lutning tills grundvattnet når djup på ca 3.5 m, där effekten börjar plana ut. På sandjorden planade effekten ut redan vid grundvattennivåer på 1.5 m (Fig.12). Vid avsänkning från nivån 1.0 m till 1.25, 1.5 och 2 m minskade transpirationen i genomsnitt över perioden 1980-2006 med ca 0.2%, 0.7 % respektive 3.6%. Motsvarande siffror för sandjorden var 3.8 %, 4.2% och 4.3%.

Medan avsänkning från ursprungsnivån 0.75 m till 1.0 m på sandjorden, reducerade transpiration med i genomsnitt 5%, resulterar motsvarande sänkning på lerjorden i något ökad transpiration. Detta beror på att år med hög nederbörd kan leda till perioder av syrebrist för rötterna på lerjorden (Fig. 13 & 14). En sänkning av grundvattenytan minskar denna risk. Resultaten från simuleringarna indikerar att sådana perioder inträffar. Effekten är emellertid osäker, pga vattenupptag via rötter högre upp i rotzonen i viss grad anses kunna kompensera för reducerat upptag längre ner. I simuleringarna hade denna kompensatoriska effekt satts till 0.6.



Figur 13 . Vårkorn på lerjord: Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprungliga grundvattennivåer på 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 respektive 3.0 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.

Relativ Transpiration vid olika avsänkning - Vårkorn på Lerjord
(Gvy = 0.75 m)



Figur 14. Vårkorn på lerjord: Relativ transpiration i förhållande till transpirationen vid ursprunglig grundvattenyta = 0.75 m, vid sänkning av gvy till 1.0, 1.25, 1.5 samt 2.0 m djup.

Variationer mellan år och genomsnitt över perioden

För ursprungliga grundvattennivåer mellan 0.75-1.5 m, dämpas variationen mellan olika år på lerjorden pga jordens goda vattenhållande förmåga. Vid avsänkning från 0.75 m till 1m, 1.25, 1.5, samt 2 m varierade reduktionen i relativ transpiration mellan 0-1.8 %, 0-3.7, 0-3.8% samt 0-15.8 %, för olika år. Vid avsänkning ner till 2.5 m varierade reduktionen mellan 0-22% och vid 4.5 m mellan 0- 28 %. Mönstret i variationer mellan olika år överensstämmer med resultaten för sandjorden. Även på lerjorden var reduktionen störst under 1992 och betydande under t ex 1994 och 1995, men obetydligt under 1984 (Fig. 14).

I genomsnitt över perioden 1980-2006 var reduktionen i transpiration förhållandevis låg (<6%) även vid avsänkningar av storleksordningen 3 m. Effekten varierade dock, liksom för sandjorden, mellan olika år. Resultaten från simuleringarna visar att avsänkningar av storleken 1 m från utgångsnivåer på mellan 1-2 m kan leda till > 10% skördebortfall under vissa år (Fig. 14 &15). Vid större avsänkning kan bortfallet bli uppåt 20-25%.

I Stafsingeområdet och på lätta jordar i Skrea kan man alltså förvänta sig betydande skördebortfall under vissa år, vid relativt små avsänkningar (0.1 – 0.75 m) från utgångsnivåer på 0.75-1.25 m. På lerjordar i Skrea blir skördebortfallet sannolikt betydelsefullt först vid något större avsänkningar (>0.5 m). Till skillnad från sandjordarna kan betydande skördebortfall på lerjordarna förväntas även i områden där grundvattnet redan tidigare legat på djupa nivåer (<2m) (Fig. 15).

**Relativ Transpiration vid olika avsänkning - Vårkorn på Lerjord
(Gvy = 2.0 m)**



Figur 15. Vårkorn på lerjord: Relativ transpiration i förhållande till transpirationen vid ursprunglig grundvattenyta = 2.0 m, vid sänkning av gvy till 2.5, 3.0, 3.5 samt 4.0 djup.

Andra grödor – Höstvet, Vall och Potatis

På följande sidor redovisas resultat från simuleringar för höstvet, vall och potatis på sand- respektive lerjord. Eftersom potatis sannolikt ej odlas på de leriga skiftena uteslöts beräkningar för potatis på lerjord. Figurerna visar hur den relativa transpirationen från grödorna förändras i genomsnitt (medelvärde för 1980-2006) vid avsänkning från olika ursprungsnivåer på grundvattenytan. (Transpirationen = 1, vid aktuell ursprungsnivå = ”ref-nivå”). I texten redovisas även variationsbredden i resultat med avseende på enskilda år, för vissa avsänkningar – för att ge en bild av hur kraftigt grundvattensänkningen kan slå under vissa år och väderbetingelser. Dessa resultat presenteras dock ej i tabell eller figurform.

Höstvet - sandjord

Vid avsänkning från ursprungsnivån 0.75 m med 0.25 respektive 0.5 m reducerades transpirationen med i genomsnitt 7% respektive 11%. Ytterligare sänkning av grundvattenytan gav marginell reduktion av transpirationen (Fig. 16). Vid avsänkning från 1.0 m var motsvarande siffror 4.6% respektive 5%. Vid avsänkning från 1.25 m reducerades transpirationen med i genomsnitt <1% och vid avsänkning från 1.5 m var reduktionen knappast signifikant. Vid avsänkning från referensnivån 0.75 m till 1.5 m varierade reduktionen olika år mellan 0-29%. Motsvarande siffra för referensnivåerna 1.0 och 1.5 m var: 0-12% och 0-0.3%.

Höstvet - lerjord

Avsänkning från 0.75 m med 0.25 respektive 0.5 m reducerar transpirationen i genomsnitt med <1%. Ytterligare avsänkning resulterar emellertid i ytterligare reduktion av transpirationen tills grundvattennivån nått 3.5 m djup (då reduktionen är drygt 8%). Ytterligare avsänkning leder inte till signifikant reduktion av transpirationen.

Avsänkning från referensnivån 3 m leder till maximalt 1.2 % reduktion av transpirationen (Fig. 17). Vid avsänkning från 0.75 m till 4 m varierade reduktionen olika år mellan 0-27%. Motsvarande siffra för referensnivåerna 1.0, samt 1.5 m var: 0-25% och 0-20%. Den positiva effekten av en initial grundvattensänkning från 0.75 m till 1 m djup, som indikerats i beräkningarna för korn på lerjord, erhöles ej för höstvetete. Detta beror sannolikt på att höstvetete har ett större vattenupptag och därmed orsakar ett större markvattendeficit än vårkorn. Därmed blir risken för höga vattenhalter i rotzonen lägre.

Vall - sandjord

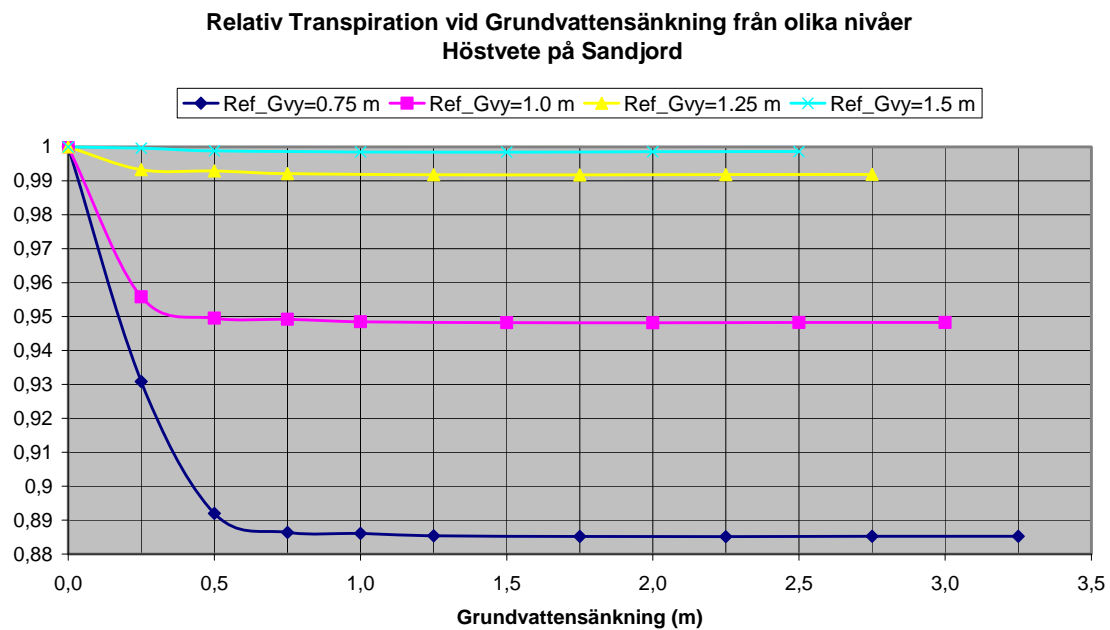
Vid avsänkning från ursprungsnivån 0.75 m med 0.25 respektive 0.5 m reducerades transpirationen med i genomsnitt 4.5 % respektive 8.3 %. Ytterligare sänkning av grundvattenytan gav marginell reduktion av transpirationen (Fig. 18). Vid avsänkning från 1.0 m var motsvarande siffror 4 % respektive 5%. Vid avsänkning från 1.25 m reducerades transpirationen med 1% och vid avsänkning från 1.5 m var reduktionen knappast signifikant. Vid avsänkning från referensnivån 0.75 m till 2.5 m varierade reduktionen olika år mellan 0-24%. Motsvarande siffra för referensnivåerna 1.0 och 1.5 m var: 0-13% och 0-0.3 %.

Vall - lerjord

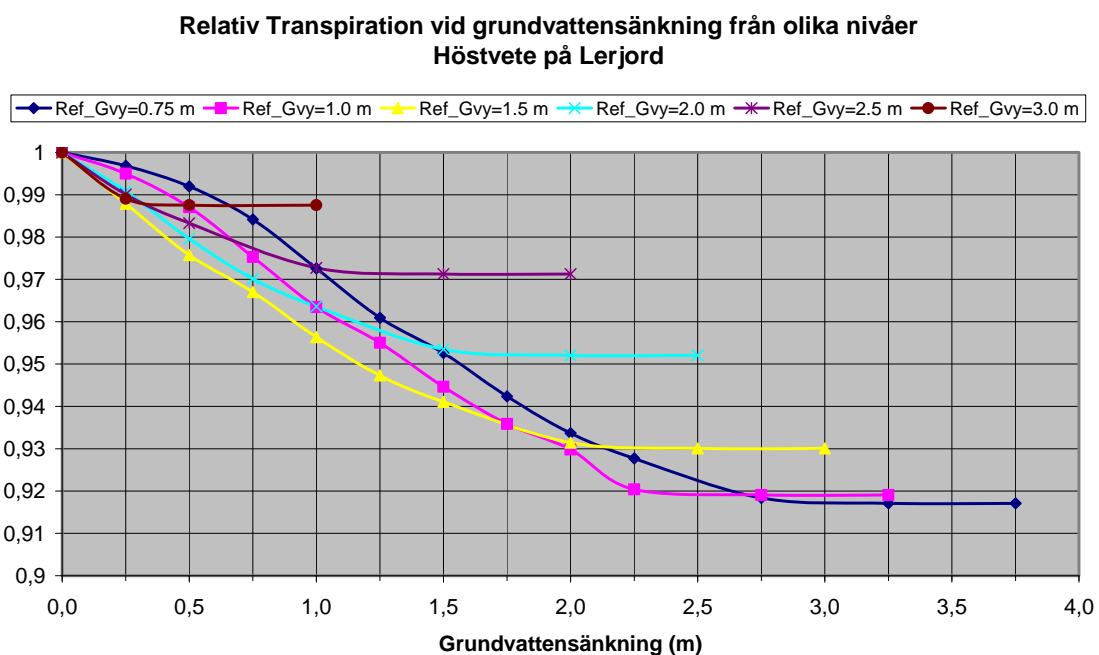
Avsänkning från 0.75 m med 0.25 respektive 0.5 m ökar transpirationen något i genomsnitt (<1%). Ytterligare avsänkning resulterar i reduktion av transpirationen tills grundvattennivån nått 3.5 m djup (då reduktionen planar ut på ca 5.5 %). Ytterligare avsänkning leder inte till signifikant reduktion av transpirationen (Fig. 19). Avsänkning från referensnivån 3 m leder till maximalt 1.2 % reduktion av transpirationen. Vid avsänkning från 0.75 m till 4 m varierade reduktionen olika år mellan 0-21%. Motsvarande siffra för referensnivåerna 1.0, samt 1.5 m var: 0-20% och 0-16%. En viss positiv effekt av grundvattensänkning från 0.75 m till 1 m djup erhöles alltså, i likhet med korn på lerjord. Eftersom vallen antogs uppnå maximalt rottdjup tidigare än höstvetete blir risken för uppkomst av syrebrist i rotzonen högre än för höstvetetet – t ex under våren. Vallens generellt höga vattenupptag kompenserar inte fullt ut för denna effekt. Men effekten är sannolikt marginell med avseende på skördenivåer.

Potatis - sandjord

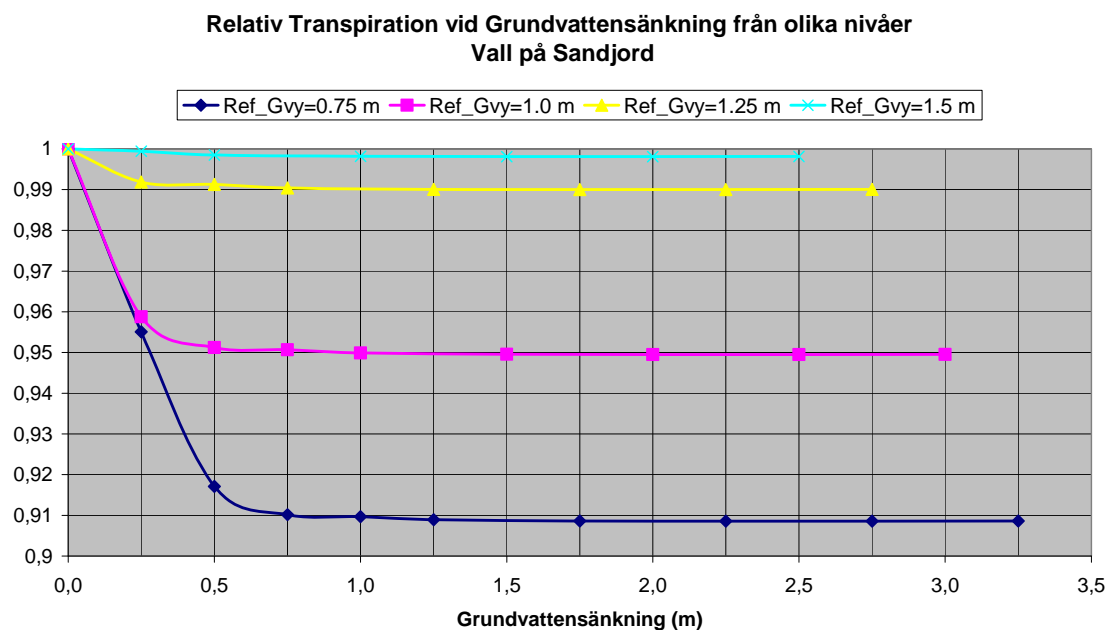
Vid avsänkning från ursprungsnivån 0.75 m med 0.25 respektive 0.5 m reducerades transpirationen med i genomsnitt 7.3 % respektive 10 %. Ytterligare sänkning av grundvattenytan gav marginell reduktion av transpirationen (Fig. 20). Vid avsänkning från 1.0 m var motsvarande siffror 3 % respektive 3.5 %. Vid avsänkning från 1.25 m reducerades transpirationen med < 1% och vid avsänkning från 1.5 m var reduktionen knappast signifikant. Vid avsänkning från referensnivån 0.75 m till 2.5 m varierade reduktionen olika år mellan 0-30%. Motsvarande siffra för referensnivåerna 1.0 och 1.5 m var: 0-9.4 % och 0-0.2 %.



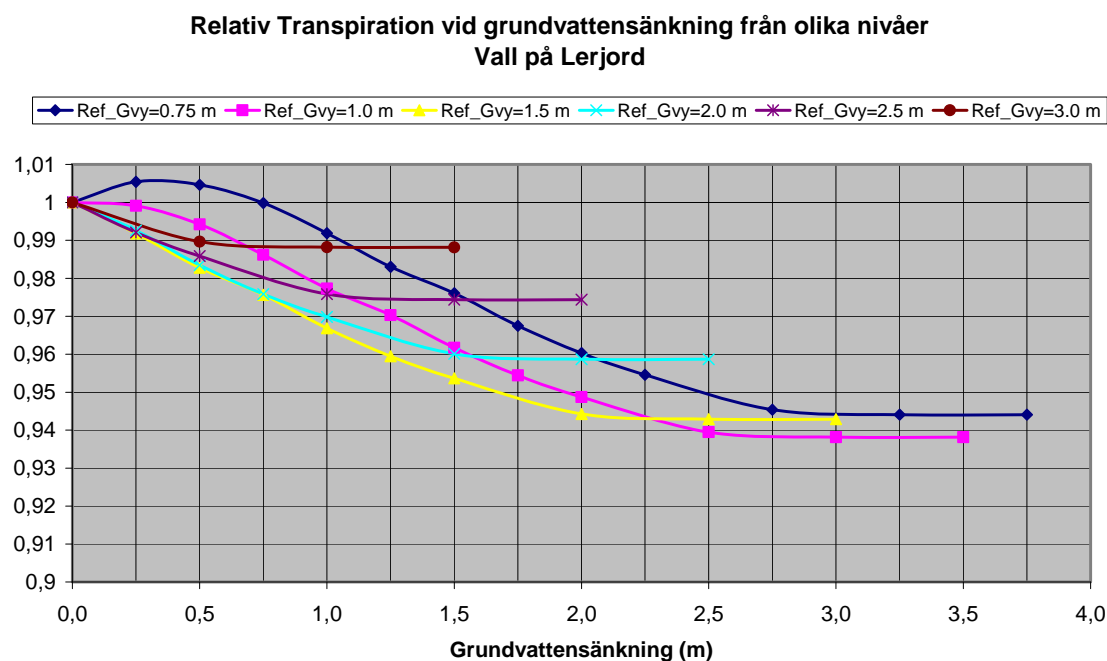
Figur 16. *Höstvete på sandjord:* Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprungliga grundvattennivåer på 0.75, 1.0, 1.25 och 1.5 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.



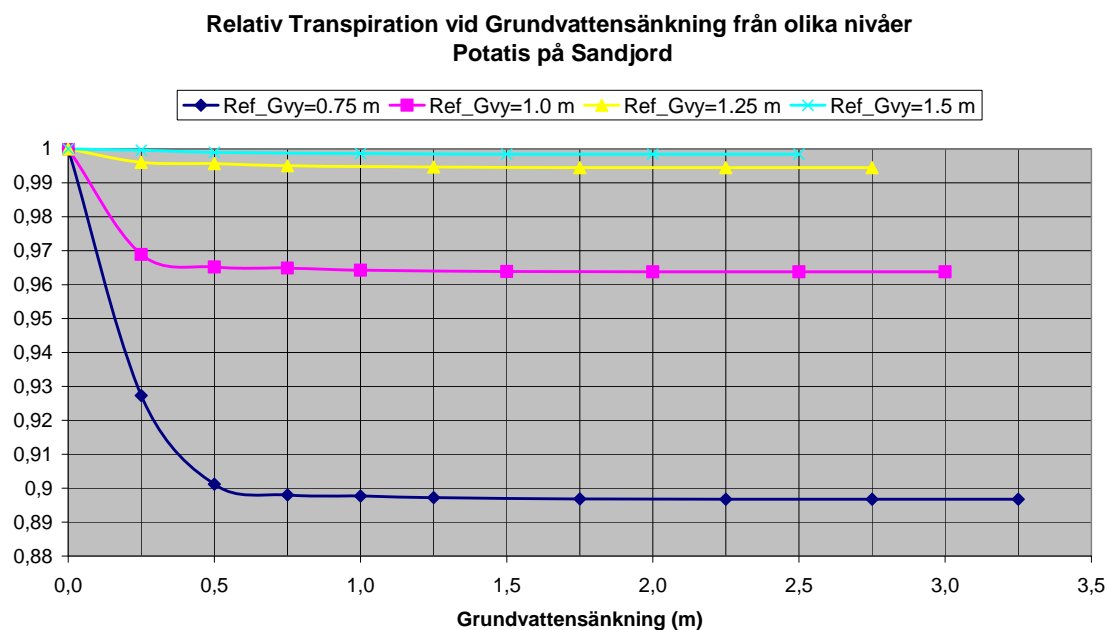
Figur 17. *Höstvete på lerjord:* Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprungliga grundvattennivåer på 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 respektive 3.0 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.



Figur 18. Slåttervall på sandjord: Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprungliga grundvattennivåer på 0.75, 1.0, 1.25 och 1.5 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.



Figur 19. Slåttervall på lerjord: Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprungliga grundvattennivåer på 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 respektive 3.0 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.



Figur 20. *Potatis på sandjord:* Förändring i transpiration vid avsänkning från ursprungliga grundvattennivåer på 0.75, 1.0, 1.25 och 1.5 m djup. Genomsnitt över perioden 1980 – 2006.

DISKUSSION

Betydelsen av grödor, jordart och mellanårsvariationer i klimatet

Förändringarna i relativ transpiration uppvisar liknande mönster för höstvetete, vall och potatis, som de som presenterats i mer detalj för korn på sand- respektive lerjord. Den relativa transpirationen reducerades i genomsnitt mest för höstvetete och potatis på sandjord, men skillnaderna i resultat mellan olika grödor vara förhållandevis små. Potatisen blir extra utsatt för torrperioder pga den har en relativt lång växtperiod. Rotdjupet för potatis antogs vara något mindre än för övriga grödor (se Tabell 6), vilket också ökade känsligheten för vattenbrist. Vallen var mindre känslig pga vallskörd för ensilage tas relativt tidigt under säsongen. Störst reduktion med avseende på ett enskilt år inträffade emellertid för korn på sandjord (34%). För alla grödor förekom vissa år reduktioner av transpirationen i storleksordningen 20-30%, vid avsänkning från referensnivån 0.75 m. På sandjorden inträffade dessa tillfällen redan vid avsänkning med 0.5 m, medan motsvarande situationer på lerjorden först inträffade vid större avsänkningar (2.0 m eller mer). Effekten av grundvattensänkning planade ut vid grundvattennivåer på 1.5 m djup på sandjorden och vid 3.0 – 3.5 m på lerjorden. Sänkningar från ursprungsnivåer > 1.5 m på sand respektive >3.5 m på lerjord påverkar ej grödornas transpiration (reduktionen < 1%).

Resultaten visar på måttliga effekter av grundvattensänkningen med avseende på genomsnitt över hela perioden (27 år). I genomsnitt över perioden var den maximala reduktionen < 12%, för alla grödor. Resultaten från simuleringarna för enskilda år visar dock att effekterna och därmed skördebortfallet kan bli betydande under vissa år för alla grödor. Dvs. transpirationen reducerades vissa år med >20% vid sänkning av grundvattenytan från referensnivåer på 0.75-1 m, och för vissa kombinationer av gröda, jord och avsänkning reducerades transpirationen med > 30%.

Osäkerheter i beräkningarna

Det är viktigt att notera att beräkningar på basis av modellsimuleringar bygger på förenklingar av verkligheten och innehåller flera osäkerheter. Beräkningarna är känsliga för indata (klimatdata), parameterisering (av tex rotdjup, bladyta, tidpunkt för sådd och skörd, samt jordarnas egenskaper) och definitionen av det undre randvillkoret (grundvattenytans nivå och dynamik under växtsäsongen). I dessa simuleringar har grundvattenytan "forcerats" till aktuell referensnivå (t e x 0.75 m) under den period då avrinning förekommer. Under växtsäsongen sjunker emellertid grundvattenytan under referensnivån - vilket också torde ske i verkligheten. Detta gör att grödor på sandjorden redan vid "referensnivån= 0.75 m" upplever viss vattenbrist under vissa perioder och år. Den beräknade effekten på transpirationen av grundvattensänkning från 0.75 m till 1.0 m blir därför mindre än om grundvattenytan (vid referensnivå=0.75 m) legat konstant på 0.75 m även under växtsäsongen. Om grundvattenytan istället definierats som konstant = 0.75 m under hela året hade den beräknade "referenstranspirationen" för denna nivå blivit högre, och den beräknade effekten av en sänkning till 1.0 m hade sannolikt blivit större, åtminstone på sandjorden. Vi saknar även laboratoriedata på vilka egenskaper som dominerar markprofilerna nedanför 60 cm djup, varför beräkningarna måste bygga på vissa antaganden.

Beräkningar som representerar enskilda år är mer känsliga för eventuella brister i indata och parameterisering än beräkningar baserade på många år. Så har t e x inte datum för sådd och utveckling av grödan anpassats till klimatet för enskilda år. För att öka tillförlitligheten i sådana beräkningar vore det önskvärt att för varje år ha datum på sådd och skörd för aktuella grödor. En viss reduktion av transpirationen kan dessutom få olika stor effekt på avkastningen beroende på under vilken del av grödans utvecklingsstadium som reduktionen inträffar. Skördeförlusten för ett enskilt år kan därför både bli större eller mindre än reduktionen i transpirationen för det aktuella året. I genomsnittsberäkningar baserade på flera år kompenserar emellertid överskattningar och underskattningar sannolikt varandra. Även beräkningarna för enskilda år ger dock med stor sannolikhet en rimlig bild av grundvattensänkningens påverkan på skörden under ett aktuellt år. Resultaten för enskilda år ger dessutom ett värdefullt perspektiv på hur ofta en signifikant skördesänkning kan förväntas inträffa, vid en viss grundvattensänkning, hur frekvensen av skördebortfall förändras vid ytterligare avsänkning, samt hur stor den maximala effekten kan förväntas bli ("worst case"). Precisionen med avseende på beräkning av skördeförluster för enskilda år skulle bli högre om man gjorde simuleringar som även omfattar dynamisk simulering av grödans tillväxt i relation till väderleks- och markvattenförhållanden. Det medför emellertid mer komplicerad parameterisering av modellen och är mer tidskrävande.

Osäkerheter till följd av pågående förändringar i klimatet

Observationer och prediktioner av klimatet pekar på en systematisk förändring mot mer nederbördsrikt klimat i sydvästra Sverige. Trots att medeltemperaturen under det senaste decenniet varit systematiskt högre än normalt har även observerad avrinning varit högre under denna period (Lindström & Alexandersson, 2004). Högre medeltemperatur ökar alltså avdunstningen, men den nuvarande temperaturökningen kompenserar ej för ökningen i nederbörd. Nederbördsökning skulle alltså, rent teoretiskt kunna dämpa effekterna av grundvattensänkningen på skördarna i området. Nederbörden förväntas dock öka främst under vinterhalvåret, varför den kompenserande effekten sannolikt blir liten eller obefintlig. Den pågående klimatförändringen kan i värsta fall även tänkas leda till ökad frekvens av vattenbrist under växtsäsongen (Eckersten et al., 2007) och därmed förstärka effekterna av grundvattensänkningen.

SLUTSATSER

- I Stafsingeområdet och på lätta jordar i Skrea kan man förvänta sig betydande skördebortfall under vissa år, vid relativt små avsänkningar (0.1 – 0.75 m) från utgångsnivåer på 0.75-1.25 m.
- På lerjordar i Skrea blir skördebortfallet sannolikt betydelsefullt först vid något större avsänkningar (>0.5 m). Till skillnad från sandjordarna kan betydande skördebortfall på lerjordarna förväntas även i områden där grundvattnet redan tidigare legat på djupa nivåer (<2m).
- Genomsnittlig reduktion av transpirationen över perioden som helhet var måttlig för alla grödor, maximalt < 12%.
- Grundvattensänkningen orsakade störst genomsnittlig reduktion av transpirationen för höstvetete och potatis på sandjord, men skillnaderna mellan olika grödor var små.
- Reduktionen av transpirationen för ett enskilt år var störst för korn på sandjord (34%).
- För alla grödor inträffade år då grundvattensänkning resulterade i en reduktion av transpirationen > 20%, på såväl sand- som lerjord.
- Även om en grundvattensänkning inte leder till signifikant reduktion av transpirationen, under alla år, och därmed sannolikt inte till skördebortfall, kommer en sänkt grundvattennivå öka grödornas sårbarhet för torrperioder på såväl lerjordar som sandjordar i de aktuella områdena.
- Resultaten för enskilda år är mer känsliga för förenklingar i modellkoncept och eventuella brister i indata, men ger viktig information om: variationen mellan olika år, hur ofta en signifikant skördesänkning kan förväntas inträffa, hur stor den maximala effekten kan bli, samt hur frekvensen av skördebortfall kan förväntas förändras vid ytterligare avsänkning.
- Resultaten från denna studie visar att skördebortfall pga vattenbrist kommer att inträffa med högre frekvens än tidigare, till följd av grundvattensänkningen i det aktuella området.
- Systematiska förändringar i klimatet till följd av den pågående klimatförändringen kan tänkas såväl dämpa eller öka effekterna av grundvattensänkningen på skördarna i området. Det är emellertid ännu för tidigt att säga hur klimatförändringen kommer att påverka klimat- och nederbördsmonster lokalt över längre tidsperioder.

REFERENSER

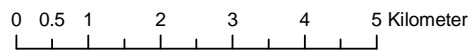
- Aqualog. 2006:a. PM Väst kustbanan Torebo-Heberg. Entreprenad Stafsing. Redovisning av grundvattennivåer vid Stafsing. Underlag för skördeskadeutredning. Aqualog AB, Göteborg. PM-2006-12-18.
- Aqualog. 2006:b. PM Väst kustbanan Torebo-Heberg. Entreprenad Skrea. Redovisning av grundvattennivåer vid Skrea. Underlag för skördeskadeutredning. Aqualog AB, Göteborg. PM-2006-12-18.
- Blombäck K, Eckersten H, Lewan E, Aronsson H. 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems*, 76/1: 95-114.
- Eckersten H and Jansson P-E, 1991. Modelling water flow, nitrogen uptake and production for wheat. *Fertilizer Research* 7, 313-329.
- Eckersten H, Blombäck K, Kätterer T, Nyman P. 2001. Modelling C, N, water and heat dynamics in winter wheat under climate change in southern Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environm.* 86, 221-235.
- Eckersten H, Andersson L, Holstein F, Mannerstedt Fogelfors B, Lewan E, Sigvald R, Torssell B. 2007. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. Bilaga B: 24 till SOU 2007:60.
- Eriksson J, Andersson A, Andersson R. 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Rapport 4778, SNV.
- Fahlstedt T. 2006:a. Väst kustbanan Stafsing, Skördeskadeutredning 2006. PM 2006-12-18.
- Fahlstedt T. 2006:b. Väst kustbanan Skrea backe, Skördeskadeutredning 2006. PM 2006-12-18.
- Fahlstedt T. 2007. VKB Skrea-Stafsing. PM-2007-01-28.
- Florgård C, Linnér H, Olsson M, Olsson S, Persson G, Wiklander G. 2000. Grundvattensänkning på Hallandsås. Effekter på natur, jordbruk och skogsbruk. Institutionen för landskapsplanering Ultuna. Samhälls- och landskapsplanering nr 11. Uppsala. (105 s.)
- Gustafsson D, Lewan E and Jansson P-E. 2004. Modeling Water and Heat balance of the Boreal Landscape in Scandinavia – Comparison of Forest and Arable land. *J. Appl. Met.* 43 (11):1740-1767.
- Jansson P-E and Karlberg L. 2004. Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Royal Inst. of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stockholm. 427 pp.
- Lindström G and Alexandersson H. 2004. Recent Mild and Water Years in Relation to Long Observation Records and Future Climate Change in Sweden. *Ambio*, Vol 33, No 4-5, pp. 183-186.
- Lewan E. 1993. Evaporation and discharge from arable land with cropped and bare soils during winter. Measurements and simulations. *Agric. For. Meteor.* 64, 131-159.
- Lewan E. 1994. Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: simulations and measurements. *Plant and Soil* 166, 137-152.

- Lindström G and Alexandersson, H. 2004. Recent Mild and Water Years in Relation to Long Observation Records and Future Climate Change in Sweden. *Ambio*, Vol 33, No 4-5, pp. 183-186.
- Linnér H och Hansson K. 1999. Konsekvensanalys för växtodlingen kring Skrea backe vid grundvattensänkning orsakad av ny järnvägsdragning. PM-1999-10-25. Avd. Hydroteknik, Inst Markvetenskap, SLU. Uppsala.
- Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A., Le Bas, C. 1998. Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. Report 156, Winand Staring Centre, SC-DLO, Wageningen, Netherlands, 106pp.

BILAGA 1 - Översiktskarta



----- Planerad järnväg



BILAGA 2 – Observationer 26 juni, 2007



Figur 1. Stafsinge 6:3, Skifte 10, Slättervall, rottdjup= 55 cm, därunder sand.



Figur 2 . Skrea 9:3, Skifte 1, Korn, rottdjup= 0.5 m , därunder sand.



Figur 3 . Skrea 13:2, mot Skifte 10 (norr), Rågvede, rotdjup=0.6 m , därunder styv lera

List of publications in Emergo

- 2003:1 Holmberg, H. Metodutveckling för utvärdering av simuleringsmodeller med hjälp av fluorescerande ämnen (Development of methods to evaluate simulation models using fluorescent dye tracers). M.Sc. thesis. 50 pages.
- 2003:2 Olsson, C. Översvämningsåtgärder i Emån – simulering i Mike 11 modellen (Measures for flood control in the river Emån – simulation in the Mike 11 model). M.Sc. thesis. 34 pages.
- 2003:3 Gärdenäs, A. Eckersten, H. & Lillemägi, M. Modeling long-term effects of N fertilization and N deposition on the N balance of forest stands in Sweden. 30 pages.
- 2003:4 Jarvis, N. Hanze, K. Larsbo, M. Stenemo, F. Persson, L. Roulier, S. Alavi, G. Gärdenäs, A. & Rönnngren, J. Scenario development and parameterization for pesticide exposure assessments for Swedish groundwater. 26 pages. ISBN: 91-576-6588-5.
- 2003:5 Eckersten, H., Gärdenäs, A. & Lewan, E. (Eds.) Biogeofysik – en introduktion (Environmental physics – an introduction). 141 pages. ISBN: 91-576-6591-5.
- 2003:6 Larsbo, M. & Jarvis, N. MACRO 5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Technical description. 47 pages. ISBN: 91-576-6592-3.
- 2003:7 Nylund, E. Cadmium uptake in willow (*Salix viminalis* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to plant growth and Cd concentration in soil solution. M.Sc. thesis. 33 pages.
- 2003:8 Strömqvist, J. Leaching of fungicides from golf greens: Simulation and risk assessment. M.Sc. thesis. 41 pages.
- 2003:9 Blombäck, K. Strandberg, M. & Lundström, L. Det organiska materialets betydelse för markens biologiska aktivitet och grässets etablering och tillväxt i en golfgreen (The influence of soil organic matter on soil microbial activity and grass establishment and growth in a putting green). M.Sc. thesis. 41 pages.
- 2003:10 Stenemo, F. & Jarvis, N. Users guide to MACRO 5.0, a model of water flow and solute transport in macroporous soil. ISBN: 91-576-6610-5.
- 2004:1 Årevall, H. Mark- och lokaliseringsspekter i miljökonsekvensbeskrivning – fem fallstudier av vindkraftsprojekt (Aspects of land and localization in environmental impact assessment – five case studies of wind power projects). M.Sc. thesis. 62 pages.
- 2004:2 Almqvist, S. Simulering av bekämpningsmedel i banvall – utveckling av ett prognosverktyg (Simulation of pesticide transport in railway embankments – development of a predictive tool). M.Sc. thesis. 47 pages.
- 2004:3 Eckersten, H., Gärdenäs, A. & Lewan, E. (Eds.) Biogeofysik – en introduktion (Environmental physics – an introduction). 143 pages. ISBN: 91-576-6591-5.
- 2005:1 Ortiz, C. Calibration of GenRiver with GLUE for Northern Vietnamese conditions. M.Sc. thesis. 27 pages.
- 2005:2 Adielsson, S. Statistical and neural network analysis of pesticide losses to surface water in small agricultural catchments in Sweden. M.Sc. thesis. 28 pages.
- 2005:3 Stenemo, F., Jarvis, N. & Jonsson, E. MACRO_GV – ett simuleringsverktyg för plats-specifika bedömningar av bekämpningsmedelsläckage till grundvatten (MACRO_GV – a simulation tool for site specific assessments of pesticide leaching to groundwater). 18 pages.
- 2005:4 Bergkvist, P., Jarvis, N., Rapp, L. & Eriksson, J. Critical load of cadmium on arable soils in Sweden. 24 pages.
- 2007:1 Andersson, P. Miljöbedömning av mark- och vattenresurser i kommunal översiktsplanering - En fallstudie av en del av planprocessen i Tierps kommun (Environmental assessment of soil and water resources in local authority planning- A case study of a part of the planning process in the municipality of Tierp). M.Sc. thesis. 61 pages.
- 2007:2 Larsbo, M., Greener, M. & Jarvis, N. Tillage effects on pesticide losses to drains in a heavy clay soil at Lanna, Sweden: Measurements and modelling. 32 pages. ISBN: 978-91-85911-25-7.
- 2008:1 Blombäck, K. En greens åldrande: Förändringar av växtbäddens biologiska, fysikaliska och kemiska egenskaper under en sexårsperiod. (Ageing of a green: Changes in biological, chemical and physical variables during a six year period.) Abstract in English.
- 2008:2 Lewan, E. & Linnér, H. Simulering av transpiration från jordbruksgrödor vid grundvattensänkning. Mellanårsvariationer 1980 – 2006. Konsekvensanalys av ny järnvägsdragning i Skrea och Stafsinge, Halland. (Simulation of transpiration from agricultural crops. Between-year variations 1980 – 2006. Impact analyses of new railway constructions in Skrea and Stafsinge, Halland). 38 pages. ISBN: 978-91-85911-92-9.