



Bevattningsbehov av vall under svenska förhållanden

Beräkningar av bevattningsbehov och avkastning

Karl Lingham

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap/Institutionen för mark och miljö

Agronom mark och växt – Masterprogram

Examensarbeten / Institutionen för mark & miljö, SLU

Serienummer: 2026:05

Uppsala 2026



Bevattningsbehov av vall under svenska förhållanden.

Beräkningar av behov och avkastning

Irrigation needs of ley in Swedish conditions. Calculations of irrigation requirements and yield

Karl Lingham

Handledare: Abraham Joel, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö

Bitr. handledare: Ingrid Wesström, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö

Examinator: Helena Aronsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avanserad nivå, A2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Markvetenskap för agronomer

Kurskod: EX1053

Program/utbildning: Agronom mark och växt - Masterprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för mark och miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2026

Nummer i serien: 2026:05

Serietitel: Examensarbeten / Institutionen för mark & miljö, SLU

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: FAO Penman-Monteith ekvationen, vall, evapotranspiration, bevattningsbehov, avkastning, jordart

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Sammanfattning

År som 2018 och 2023 med stark torka är i närminnet för många. Detta har lett till ett ökande intresse för bevattning både från lantbrukarna och regeringens sida. Vall bevattnas dock till en mycket liten utsträckning även om det är Sveriges mest odlade gröda. I försöksvägar finns det några bevattningsförsök från senare delen av 1900 talet och två från Gotland och Öland mellan åren 2020 och 2023. De två nyare utfördes genom att i fyra olika behandlingar: obevattnat, bevattna fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen. Bevattningsbehoven beräknades med FAO Penman-Monteith ekvationen och resultaten validerades med markfuktighetsmätningar. Resultatet från detta var att ekvationen kan användas för att beräkna bevattningsbehovet vilket lett till att syftet med denna rapport var att bland annat beräkna bevattningsbehoven för de tre behandlingarna under de fyra åren för resterande Sverige. För att göra detta delades Sverige in i nio delar och beräkningar utfördes för åtta av dem. Ett annat syfte med denna rapport var att jämföra resultaten av bevattningsbehovsberäkningarna med vad verkliga lantbrukare gör. För att åstadkomma detta genomfördes en intervju med lantbrukare med fokus på bevattningsvolym och hur många hektar som bevattnas. Ett ytterligare syfte med denna rapport var att beräkna avkastningen som hade blivit om bevattningen hade utförts och för detta användes ekvationen beskriven i FAO Irrigation and drainage paper no 33. Det sista syftet var att göra alla beräkningar på två jordarter, en mellanlera och en lättlera, för att undersöka jordartens betydelse i både bevattningsbehov och avkastningsökning.

Resultatet blev att bevattningsbehovet under säsongen varierade mellan platser och år. Bevattningsbehoven mellan de olika åren var dock jämnare över hela säsongen än de var för bevattning fram till de två första skördarna som påverkades till större utsträckning av försommartorka. De beräknade bevattningsbehoven var liknande dem i försöken från Gotland och Öland men det är högst troligtvis för höga bevattningsmängder för lantbrukare i verkligheten. Med bland annat resultaten från intervjun skulle en bevattningsmängd på ungefär 100 mm vara en rimligare rekommendation. Denna volym skulle även räcka fram eller till och med förbi den första skörden, vilket är den viktigaste och kan säkra året för lantbrukaren. För de beräknade avkastningarna följde de bevattningen på så vis att om det skedde mycket bevattning blev avkastningen större. Både för bevattningsberäkningarna och för avkastningen hade mellanleran, som var den mer vattenhållande jorden, både lägre beräknat bevattningsbehov och avkastningsökning. Eftersom alla beräkningar var teoretiska och inga mätningar gjordes i verkligheten kan resultaten ifrågasättas och detta är sant för avkastningsberäkningarna men för bevattningsbehovsberäkningarna är resultaten högst troligtvis rätt.

Nyckelord: FAO Penman-Monteith ekvationen, vall, evapotranspiration, bevattningsbehov, avkastning, jordart

Abstract

The years 2018 and 2023, with severe droughts, are still in the recent memory of many in Sweden. This has led to an increasing interest in irrigation from both farmers and the Swedish government. However, even though ley is the most cultivated crop in Sweden, it is only irrigated to a small extent. There are some irrigation trials from the latter part of the 20th century, and two more are from Gotland and Öland, conducted between 2020 and 2023. The two more recent ones were carried out by irrigation in four different treatments: no irrigation, irrigation until the first and second harvest, and irrigation throughout the whole season. The irrigation requirements were calculated using the FAO Penman-Monteith equation and these were validated with soil moisture measurements. The results from this were that calculating the irrigation requirements using this method gave accurate results. Therefore, one objective in this report was to do the same calculations for the three irrigation treatments in the rest of Sweden during the same four years. This was done by dividing the country into nine parts and doing the calculations for eight of them, excluding the regions where the trials had taken place. Another objective was to compare the calculated irrigation requirements with real-world farming practices through interviews focusing on irrigation volumes and the number of hectares irrigated. A third objective was to estimate the potential yield if the calculated irrigation was implemented, using calculations from FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. The finally objective was to analyse differences in irrigation requirement and yield when the calculations were done on two different soil types.

The result was that irrigation needs during the season varied by location and year. However, the irrigation needs between the different years were more even throughout the season than they were for irrigation up to the first two harvests, which were affected to a greater extent by the early summer drought.

The calculated irrigation needs were similar to those in the trials on Gotland and Öland, but these volumes are most likely too high for farmers. Based on the interview results, among other things, an irrigation amount of approximately 100 mm would be a more reasonable recommendation. This volume would also reach or even pass the first harvest, which is the most important and can secure the year for the farmer. For the calculated yields, they followed the irrigation requirements so that when the calculated irrigation requirement were high, the yield was high. For both irrigation calculations and yield, the medium clay, which was the more water-retentive soil, had a lower calculated irrigation need and a lower yield increase. Since all calculations were theoretical and no measurements were made in practice, the results can be questioned, and this is true for the yield calculations, but the results for the irrigation requirement calculations are most likely correct.

Keywords: FAO Penman-Monteith equation, ley, evapotranspiration, irrigation requirements, yield, soil type

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	11
Förkortningar	12
1. Inledning	13
1.1 Syfte och frågeställningar	13
1.2 Avgränsningar	14
2. Bakgrund	15
2.1 Metoder för att bestämma bevattningsbehov	15
2.1.1 Mäta bevattningsbehov	15
2.1.2 Beräkna bevattningsbehov	15
2.2 Beräkning av evapotranspiration	16
2.2.1 Beräkning av grödans evapotranspiration	17
2.2.2 Beräkning av grödans evapotranspiration med vattenstress	18
2.3 Beräkning av avkastning om bevattning utförs	19
2.4 Vallskördar i Sverige	20
2.5 Tidigare bevattningsförsök i Sverige	20
2.5.1 Hur mycket vatten har lantbrukare	21
2.6 Klimatiska områden för vall i Sverige	22
2.7 Jordarter	24
3. Metod	25
3.1 Beräkning av evapotranspirationen	25
3.1.1 Väderdata och beräkning av ET_0	25
3.1.2 Säsongsstart, tillväxt och skördedatum	26
3.2 Jordartsval och bevattning	27
3.3 Avkastningsberäkning	28
3.4 Intervju	28
4. Resultat	29
4.1 Generella trender av bevattningsbehov och avkastning	29
4.2 Område A – Alnarp	29
4.3 Område C – Huskvarna	32
4.4 Område D – Vreta kloster	34
4.5 Område E – Vara	37
4.6 Område F – Uppsala-Säby	39
4.7 Område G – Hedemora	41
4.8 Område H – Sundsvall	43
4.8.1 Område I – Umeå	45

4.9	Intervju	47
5.	Diskussion	48
5.1	Bevattningsbehov	48
5.1.1	Förbättringsområden	50
5.2	Avkastning.....	51
5.2.1	Förbättringsområden och framtida forskning.....	52
6.	Slutsats	53
Tack 54		
	Referenser.....	55
	Populärvetenskaplig sammanfattning	61
	Bilaga 1.....	62

Tabellförteckning

Tabell 1: Bevattningsbehov och avkastningsökning från försök på Gotland och Öland åren 2020-2023 för bevattning fram till första och andra skörd samt över hela säsongen (Joel et al. 2020a; 2021; 2022; 2023)	21
Tabell 2: Väderstationer använda i denna studie. Område C och D saknade väderstationer med rimliga nederbördsvärden från Lantmet vilka har ersatts med uppmätt data från SMHI. Resterande väderstationer är alla från Lantmet	26
Tabell 3: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020	30
Tabell 4: Beräknade värden i Alnarp av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter.	30
Tabell 5: Beräknade avkastningar över säsongen i Alnarp för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.	30
Tabell 6: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020	32
Tabell 7: Beräknade värden i Huskvarna av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ” – ” betyder att det inte fanns bevattningsbehov	32
Tabell 8: Beräknade avkastningar över säsongen i Huskvarna för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.	32
Tabell 9: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020	34
Tabell 10: Beräknade värden i Vreta kloster av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ” – ” betyder att det inte fanns bevattningsbehov ...	34
Tabell 11: Beräknade avkastningar över säsongen i Vreta kloster för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.	35
Tabell 12: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020 ..	37

Tabell 13: Beräknade värden i Vara av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ” –” betyder att det inte fanns bevattningsbehov	37
Tabell 14: Beräknade avkastningar över säsongen i Vara för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.....	37
Tabell 15: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020 ..	39
Tabell 16: Beräknade värden i Uppsala-Säby av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter	39
Tabell 17: Beräknade avkastningar över säsongen i Uppsala-Säby för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.....	39
Tabell 18: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020 ..	41
Tabell 19: Beräknade värden i Hedemora av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter	41
Tabell 20: Beräknade avkastningar över säsongen i Hedemora för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.....	41
Tabell 21: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020 ..	43
Tabell 22: Beräknade värden i Sundsvall av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter	43
Tabell 23: Beräknade avkastningar över säsongen i Sundsvall för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.....	43
Tabell 24: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020 ..	45
Tabell 25: Beräknade värden i Umeå av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till	

den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ” –” betyder att det inte fanns bevattningsbehov	45
Tabell 26: Beräknade avkastningar över säsongen i Sundsvall för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.....	45
Tabell 27: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område A, Alnarp.	62
Tabell 28: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område C, Huskvarna.	62
Tabell 29: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område D, Vreta kloster.	63
Tabell 30: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område E, Vara.	63
Tabell 31: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område F, Uppsala-Säby.	64
Tabell 32: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område G, Hedemora.	64
Tabell 33: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område H, Sundsvall.....	65
Tabell 34: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område I, Umeå.	65

Figurförteckning

Figur 1: Grödkoefficienten, K_c , (enhetslös), värden över en säsong med fyra vallskördar.	18
Figur 2: Uppdelning av Sverige efter olika klimatiska likheter. Punkter är positioner av försöken utförda av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023). Figuren är en ombearbetning av uppdelning av Sverige av Halling et al. (2021) Källa: Ombearbetad från (Koyus 2012)	23
Figur 3: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	31
Figur 4: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	33
Figur 5: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden. 2022 hade två dagar med högre nederbörd på 102 mm och 62 mm.	36
Figur 6: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	38
Figur 7: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	40
Figur 8: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	42
Figur 9: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	44
Figur 10: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c_{act}}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.	46

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
ET_0	Potentiell evapotranspiration
ET_c	Växters ohämmade evapotranspiration
K_c	Grödkoefficient
$ET_{c\ act}$	Växters vattenstressade evapotranspiration
K_s	Vattenstress koefficient
TAW	Totalt tillgängligt vatten
RAW	Enkelt tillgängligt vatten
Y_a	Verklig skörd
Y_m	Skörd med bevattning
K_y	Korrelationsfaktor mellan skörd och evapotranspiration

1. Inledning

Försommartorka och andra långa perioder av torka gör att säker skörd för lantbrukare blir allt viktigare. En del i vad lantbrukare kan göra för att inte bli påverkade av denna torka är bevattning, men i Sverige är det inte många lantbrukare som bevattnar och i sådana fall oftast inte i vall (Grönvall 2024a; Regeringskansliet 2025). Detta är i stor kontrast till hur det ser ut i världen totalt sett där över 20% av all jordbruksmark bevattnas (UNESCO 2021) vilket beror på att Sveriges klimat har lett till relativt låga bevattningsbehov (SCB 2022). Med torrår som 2018 och 2023 i närminnet för många lantbrukare finns det ett ökande intresse av att bevattna för att säkerställa produktionen på den egna gården (Ekman et al. 2019; Niléhn 2024). Även framtida scenarios med mer utvecklade klimatförändringar modellerar att Sverige under sommarhalvåret kommer få det torrare samt att de nederbördsevent som kommer under denna tid kommer att vara större och med större mellanrum (Lee et al. 2023). Allt detta har lett till att Regeringskansliet (2025) i Livsmedelsstrategin 2.0 skriver om ett utökad behov av bevattning och en utökad kunskap kring det.

I vall finns det både nya och äldre bevattningsförsök. De äldre skedde under tre decennier från 60-talet. De flesta försöken var lågintensiva odlingssystem med två skördar men det skedde även försök med bevattning och tre skördar. Bevattningen skedde när en till två tredjedelar av det tillgängliga vattnet i marken var tömt och återfyllde det igen (Håkansson et al. 1965; Linnér et al. 1993).

De nya bevattningsförsöken anlades på Gotland och Öland under åren 2020–2023 vilka utfördes av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023) där beräkningar på tillgängligt vatten användes för att bestämma när bevattning behövdes. Beräkningarna gjordes med FAO Penman-Monteith ekvationen med olika koefficienter för att efterlikna verkligheten. Till skillnad från de tidigare försöken fylldes inte det tillgängliga markvattenförrådet vid varje bevattning. Försöken gjordes i fyra olika led där bevattning skedde fram till den första skörden, andra skörden, under hela säsongen och en obevattnad kontroll.

Det utfördes även markfuktighetmätningar som jämfördes med beräkningarna. Resultatet från detta var att beräkningarna av tillgängligt vatten liknade verkligheten och kan användas för att beräkna markvattenförrådet (Andås 2023).

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna rapport var att beräkna bevattningsbehov och avkastningar på olika platser i Sverige. Genom att beräkna avgång av vatten med hjälp av bland annat väderdata och försöksresultat från Joel et al (2020a; 2021; 2022; 2023) kan bevattningsbehov och avkastningar uppskattas. Dessa gjordes under åren 2020–2023 fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen.

Fyra huvudsakliga frågeställningar som ska besvaras i detta arbete:

1. Vad är bevattningsbehovet i vall fram till tre olika tidpunkter på olika platser i Sverige under åren 2020–2023?
2. Är beräkningarna av bevattningsbehoven realistiska för lantbrukare att bevattna med?
3. Vad skulle avkastningen bli om bevattningarna hade genomförts?
4. Hur påverkar jordarten bevattningsbehovet och avkastningarna?

1.2 Avgränsningar

Avgränsningarna som har gjorts i detta arbete är till att börja med att alla beräkningar som har gjorts antar att växterna aldrig är stressade. Detta betyder att vallen inte har några sjukdomar, blir inte skadad och det finns alltid god tillgång till näring. Detta bryts i en ekvation där endast vattenstress påverkar växterna. En annan avgränsning som har gjorts är att vid bevattningen är den bevattnade mängden så mycket vatten som infiltrerar ned i marken. Det betyder att förluster vid exempelvis bevattningen inte tas med i beräkningarna. Ett sista antagande som har gjorts är vid beräkningarna av avkastning tas ingen hänsyn till kvalitetsaspekter av vallen.

2. Bakgrund

2.1 Metoder för att bestämma bevattningsbehov

Vall är den största grödan i Sverige då det odlas på nästan hälften av all jordbruksmark (Jordbruksverket 2025b). Det är dock inte en av de grödor som bevattnas i stor utsträckning utan det är främst i potatis, grönsaker, frukt och bär (Grönvall 2024b). Det finns rekommendationer i exempelvis grönsaker med 100-150 mm bevattning över hela säsongen (Svensson 2003), men för just när bevattningen ska utföras är rekommendationerna att aningen mäta eller beräkna bevattningsbehovet men helst göra båda tillsammans (Svensson 2003; Malm & Berglund 2006). Anledningen till att det är rekommenderat att göra båda är eftersom det finns stora svagheter med alla sorters mätningar och beräkningar där en kombination täcker bådas svagheter (Pereira et al. 2025).

2.1.1 Mäta bevattningsbehov

För att mäta bevattningsbehovet finns det flera olika sätt som kan användas. Till att börja med går det att mäta markfukt. Här finns det flera olika produkter och mätare, exempelvis tensiometer och TDR (Time Domain Reflectometry), som ger en tydlig bild av hur mycket fukt det finns i marken. Detta gör att det lätt går att bestämma bevattningsbehovet (Ekelöf et al. 2010).

Ett annat sätt att mäta bevattningsbehovet är att mäta avdunstningen. Även här finns det flera metoder såsom evaporimeter och pan evaporation. Dessa mäter på olika sätt hur mycket vatten som avdunstar och med bland annat nederbördsdata kan bevattningsbehovet beräknas (Malm & Berglund 2006; Pereira et al. 2025).

Ett sista sätt att mäta bevattningsbehovet är genom energimätningar där energiförändringar i luften över grödan mäts. Ett exempel på detta är en scintillometer som kan beräkna evapotranspiration och därav beräkna bevattningsbehovet (Pereira et al. 2025).

2.1.2 Beräkna bevattningsbehov

För att beräkna bevattningsbehovet finns det ett antal steg som behöver göras. Det första är att beräkna hur mycket vatten som avgår från marken varje dag och därefter beräkna hur mycket vatten som finns kvar i marken. Därefter är det möjligt att beräkna bevattningsbehovet. Det finns olika ekvationer som kan användas där alla beräknar evapotranspirationen från en yta. Evapotranspiration är en kombination av evaporation och transpiration där resultatet är hur stor förlusten av vatten är från marken till atmosfären. Skillnaderna mellan de olika ekvationerna är antagandena som görs och vilka väderparametrar som tas med (Joel et al. 2020b; Pereira et al. 2025). Vilken ekvation som kommer att vara bäst

att använda beror till stor del på vilka väderparametrar som mäts och därav om några behöver räknas ut (Hargreaves & Allen 2003).

Eftersom det endast krävs väderdata för att räkna ut evapotranspirationen finns det webb baserade program i olika länder som går att använda för att göra dessa beräkningar. Två exempel är PlanteInfo som kanske finns idag men som fanns i Danmark runt 00 talet, (Thyssen & Detlefsen 2006) och Alberta irrigation management model (AIMM) som finns att använda i Kanada (*Alberta Irrigation Management Model* u.å.). PlanteInfo beräknar potentiell evapotranspiration men ger inte klarhet i exakt hur (Olesen & Plauborg 1995) medans AIMM använder en variant av FAOs rekommenderade Penman-Monteith ekvation (Allen et al. 2018). Denna metod beskrivs av Allen et al. (1998) som även skriver om varför denna ekvation är rekommenderad vilket också uppdaterades av Pereira et al. (2025). Det är även denna metod som är fortsatt beskriven här efter.

2.2 Beräkning av evapotranspiration

Med teoretiska beräkningar som använder bland annat väderdata kan evapotranspirationen räknas ut och ju fler variabler som används i beräkningarna desto mer börjar de reflektera verkligheten. Det första steget är att räkna ut potentiell evapotranspiration (ET_0 ; mm) vilket är evapotranspirationen från en teoretisk gräsytta som kan jämföras mellan olika platser i tid och rum. För att göra detta finns det flera möjliga formler som diskuteras av Pereira et al. (2025) där den rekommenderade ekvationen är FAO Penman-Monteith ekvationen, ekvation 1. Ett antagande som krävs för dessa beräkningar är att det aldrig uppstår någon brist eller något annat, exempelvis sjukdomar, som gör att växterna inte växer optimalt. Dock i det sista steget av beräkningarna, 2.2.2 Beräkning av grödans evapotranspiration med vattenstress, bryts detta antagande då vattenstress kommer påverka växterna.

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

ET_0 = Potentiell evapotranspiration, mm dag⁻¹

R_n = Solinstrålning, MJ m⁻² d⁻¹

G = Markvärmeflödestäthet, MJ m⁻² d⁻¹

T = Genomsnittlig dagstemperatur, °C

u_2 = Genomsnittlig Vindhastighet, m s⁻¹

e_s = Mättnadsångtryck, kPa

e_a = Verkligt ångtryck, kPa

$e_s - e_a$ = Ångtrycksunderskott, kPa

Δ = Lutningen på ångtryckskurvan, kPa °C⁻¹

γ = Psychrometrisk konstant, kPa °C⁻¹

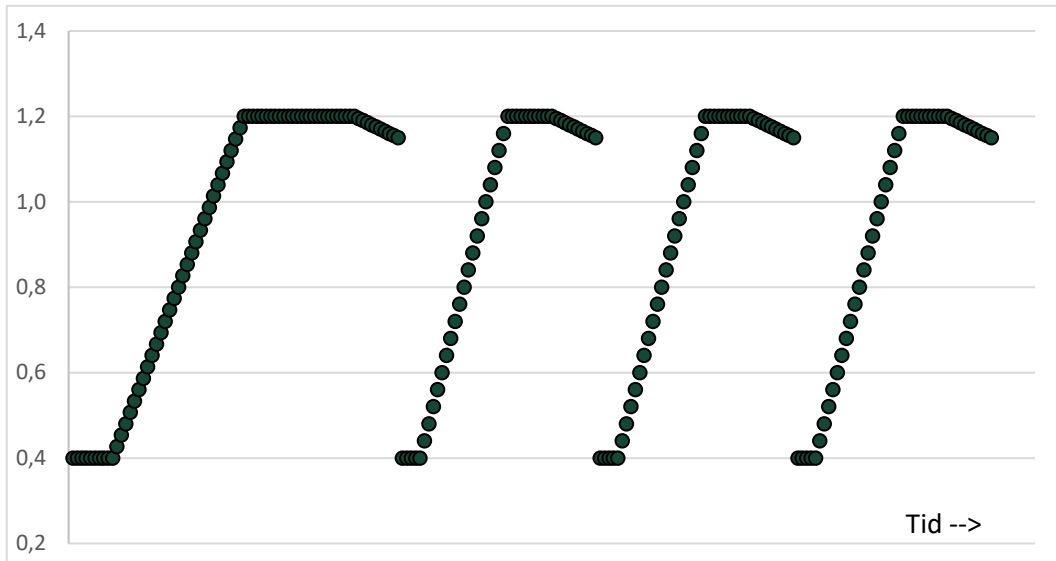
(1)

Parametrarna som krävs för varje plats och dygn är; genomsnittlig vindhastighet (m s^{-1}), solinstrålning ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), latitud (grader), meter över havet (m), maximal och minimal temperatur ($^{\circ}\text{C}$) och maximal och minimal relativ luftfuktighet (%) (Pereira et al. 2025). Hela proceduren för att beräkna ekvationen förklaras av Zotarelli et al. (2010).

2.2.1 Beräkning av grödans evapotranspiration

Det andra steget i att beräkna evapotranspirationen är växters evapotranspiration utan vattenstress (ET_c ; mm). Eftersom ET_0 är en teoretisk gräsyta kommer alla växter inte att ha samma evapotranspiration som denna vilket gör att det behövs en grödkoefficient (K_c ; enhetslös) mellan ET_0 och ET_c . Korrelationsfaktorn beror på vilken växt det är och tillväxtstadiet för växten den beräknade dagen vilket leder till att K_c kommer att variera under säsongen. Denna variation har delats in i fyra olika delar; initial, utveckling, hög tillväxt, och avslutande. Den initiala och den höga tillväxtdelen har båda fasta värden medan de andra två påverkas av längden på delen och på vilken dag i delen beräkningarna utförs. För de två delarna med fasta värden är de i vall: 0,4 initialt och 1,2 under hög tillväxt. Utvecklingsdelen mellan den initiala och den höga tillväxten ökar för varje dag där den börjar på 0,4 och slutar på 1,2. För den avslutande delen sjunker istället värdet för varje dag där den börjar på 1,2 och slutar på 1,15. För perioder utan tillväxt har K_c ett värde av 0,3 (Pereira et al. 2025).

Vall som skördas flera gånger per år kommer att ha flera cykler av de fyra delarna där en ny cykel börjar om på nytt direkt efter en skörd. FAO har publicerat två rapporter med olika rekommendationer kring längderna på de olika delarna i cyklerna. Båda rapporterna anger lucern som den enda vallgrödan med flera skördar under säsongen. Den äldre av de två rapporterna anger längderna på delarna i fasta dagar. För den första cykeln är längderna; initial 10 dagar, utveckling 30 dagar, hög tillväxt 25 dagar och avslutande 10 dagar och för de andra cyklerna är delarna 5, 20, 10 och 10 dagar långa. Den nyare rapporten som är en uppdatering av den äldre har inga fasta dagar för de olika delarna utan där rekommenderas det att temperatursumman används. Temperatursumman är differensen mellan dagens medeltemperatur och en bestämd minimal tillväxttemperatur, 5°C för vall, och om resultatet är över noll adderas det till alla andra dagar med en differens över noll. Varje del har en viss temperatursumma och när den har uppnåtts börjar nästa del. För den första cykeln är den totala summan minst 850°C för de andra är minsta summan 520°C . (Allen et al. 1998; Pereira et al. 2025). En visualisering av K_c under säsongen kan ses i figur 1.



Figur 1: Grödkoefficienten, K_c , (enhetslös), värden över en säsong med fyra vallskördar.

2.2.2 Beräkning av grödans evapotranspiration med vattenstress

Det sista steget i beräkningar av evapotranspiration är att räkna ut växters hämmade evapotranspiration med vattenstress ($ET_{c \text{ act}}$; mm). Eftersom det oftast uppstår vattenbrist någon gång under säsongen kan ET_c multipliceras med en vattenstresskoefficient (K_s ; enhetslös) för att efterlikna verkligheten. Dessa beräkningar kräver dock kunskaper om markens vattenhållande förmåga, hur mycket vatten en växt kan ta upp ur marken innan stress börjar uppstå och rotdjupet. För att räkna på markens vattenhållande förmåga krävs fältkapaciteten och den permanenta vissningsgränsen. Enkelt beskrivet är fältkapaciteten så mycket vatten som marken kan hålla utan att något rinner bort medan den permanenta vissningsgränsen är när vattnet är så hårt bundet till marken att växter inte kan ta upp någonting alls. Skillnaden mellan dem kallas totalt tillgängligt vatten (total available water, TAW) och när mer och mer vatten avgår från marken kommer det att bli svårare för växterna att ta upp. För alla växter finns det en gräns (readily available water, RAW) där vattnet börjar bli så svårt att ta upp att vattenstress uppstår. I vall kan 55% av vattnet i marken försvinna innan denna stress uppstår. Slutligen så krävs det kunskap om hur djupt rötterna växer och enligt Pereira et al. (2025) växer en valls rötter ungefär 60 cm ned i marken.

Med kunskapen om hur mycket vatten som finns tillgängligt för växterna i marken kan K_s beräknas. För att utföra dessa beräkningar är det första steget att subtrahera föregående dags evapotranspiration ($ET_{c \text{ act}}$) från den dåvarande mängden vatten i marken och sedan addera nederbörd och bevattning. För dagens beräkningar används summan av detta vilket sedan jämförs med RAW och om mer vatten än RAW finns i marken har K_s värdet 1 och $ET_{c \text{ act}}$ kommer att ha

samma värde som ET_c . Om summan jämförs med RAW och det finns mindre vatten i marken än gränsen kommer K_s börja sjunka mot noll beroende på hur långt under gränsen som summan är (Pereira et al. 2025).

2.3 Beräkning av avkastning om bevattning utförs

Det går att beräkna vad avkastningen hade varit om bevattning hade skett på en annars obevattnad yta. Det finns dock endast en metod vilket är beskrivna i FAOs Yield response to water – Drainage paper no 33 (Doorenbos et al. 1979) som använder uppmätt avkastning och beräknade evapotranspirationer (ET_c och $ET_{c\ act}$), ekvation 2, för att beräkna teoretisk avkastning.

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = K_y \left(1 - \frac{ET_{c\ act}}{ET_c}\right)$$

Y_a = Verklig skörd

Y_m = Maximal skörd utan vattenbrist

K_y = Korrelationsfaktor mellan skörd och evapotranspiration (2)

I ekvationen summeras de dagligen beräknade ET_c och $ET_{c\ act}$ från starten av säsongen fram till dagen då den sista skörden utfördes. För att kunna göra dessa beräkningar krävs det även ett antagande om att det är en korrelation mellan en växts evapotranspiration och dess tillväxt. Antagandet som krävs antas enligt Doorenbos et al. (1979) vara sant så länge ekvation 3 är sann. Även här är både ET_c och $ET_{c\ act}$ summorna över hela säsongen.

$$1 - \frac{ET_c}{ET_{c\ act}} > 0,5 \quad (3)$$

Detta antagande säger att skillnaden mellan summerat ET_c och $ET_{c\ act}$ inte får vara över 50%. Antagandet bygger då på att om växterna är stressade för länge kommer de att påverkas och transpirationen som sker kommer inte att betyda att växterna växer normalt. Men så länge som detta antagande håller kan beräkningen göras för att räkna ut skörden. Beroende på gröda kommer det att vara olika korrelation mellan ET och tillväxt. Denna variation beror på hur grödan reagerar på bevattning då vissa grödor får större fördelar än andra. I rapporten ges en korrelationsfaktor (K_y ; enhetslös) för vall ett värde på 0,7-1,1 (Doorenbos et al. 1979).

För att kunna beräkna avkastningarna behövs antingen avkastningen från en obevattnad yta eller från en yta med bevattning som gör att det aldrig är vattenstress. I Sverige finns det årlig data för avkastning av obevattnade ytor från Jordbruksverket med medelvärden från varje län (Jordbruksverket 2025a).

2.4 Vallskördar i Sverige

Valet av antalet skördar en lantbrukare tar beror många olika faktorer. (Oscarsson et al. 2014; Karlsson & Andås u.å.). Den första skörden är dock viktigast oberoende av antalet skördar då en bra förstaskörd både har kvalitet och volym på sin sida (Karlsson 2014; 2023). Det finns därför verktyg som går att använda för att beräkna ungefär när första skörden kommer att inträffa. Ett sådant verktyg är vallprognos.se som säger att förstaskörden bör vara avklarad när temperatursumman överstiger 250°C. Liksom för beräkningar av K_c är temperatursumman differensen mellan dagens medeltemperatur och en minimal tillväxttemperatur som sedan adderas med alla andra dagar där differensen är över noll. Den första dagen som temperatursumman räknas från är då tillväxten börjar vilket är den första dagen då medeltemperaturen överstiger 5°C i fem dagar framåt (*Vallprognos.se* 2025).

Följande skördar har inte lika väldefinierade skördedatum utan de anges ofta i antal veckor efter föregående skörd. Enligt Karlsson och Andås (u.å.) i Halland med ett fyrskördesystem kommer andra skörden komma 4,5 veckor efter den första, nästa 5 veckor efter det och den sista slutligen 5,5 veckor efter tredjeskörden. I PM för sortförsök med vallgräs ges rekommendationerna: 4, 5 och 5 veckor efter föregående skörd. Detta är rekommendationer som sträcker sig från Skåne till Uppsala. Försöket placerat norr om Uppsala, Hedåker utanför Avesta, har rekommenderat treskördesystem (*PM Sortförsök i vallgräs 2025* 2025). I norra Sverige står valet av antal skördar mellan två eller tre (Pang et al. 2017) och de kommer 6 och 7 veckor efter föregående skörd (Pang et al. 2017; *PM Sortförsök i vallgräs 2025* 2025). En förutsättning för att det ska gå att skörda är att det inte regnar vilket gör att skörden skjuts från sin normala tidpunkt (Nilsson 2010; Thomasfolk 2024) För avkastningsstorlekarna finns det årliga siffror som Jordbruksverket ger ut (Jordbruksverket 2025a).

2.5 Tidigare bevattningsförsök i Sverige

Under stora delar av sena 1900 talet utfördes ett antal bevattningsförsök i vall runtom i Sverige, de första startade 1964 och de sista slutade 1992. Experimenten var oftast en kombination av bevattning och kvävegödsling och bevattningen gjordes när en till två tredjedelar av TAW hade tömts och bevattningen återfyllde marken helt. Under tillväxten antogs det att det var en genomsnittlig vattenbortgång på 3 mm per dag oberoende av gröda.

De flesta experiment som utfördes under denna period var på vall som odlades under lågintensiva förhållanden med två skördar per år. Avkastningarna som den bevattnade vällen gav var oftast signifikant större än den obevattnade men där bevattning senare på säsongen inte ledde till någon signifikant ökning (Håkansson et al. 1965; 1966; 1967; 1968; 1969; 1970; 1971; 1972; 1973; Berglund et al.

1975; 1976; 1977; 1978; 1979; 1980; 1981; 1982; 1983; 1984; Linnér et al. 1985; 1986; 1987; 1988; 1989; 1990; 1991; 1992; 1993).

Åren 1986–1988 utfördes fem intensiva bevattningsförsök varav tre fortsatte in i 1989. En del i försöken var att bevattna för att växterna aldrig skulle känna vattenstress. Dessa bevattningar jämfördes mot obevattnat via avkastningen från tre skördar per år i Skåne, Uppsala, Kalmar, Västra Götaland och Västernorrland. Bevattningen utfördes inte under alla år eller på alla platser men för de andra åren och platserna bevattnades det i snitt 167 mm där den största mängden var 277 mm och den lägsta 106 mm. För denna bevattning blev avkastningen i snitt 30% högre med den högsta ökningen på 83% och den lägsta ökningen med 6% (Linnér et al. 1987; 1988; 1989; 1990).

Det har även skett försök på Gotland och Öland som gjordes av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023) i modern tid. I försöken skedde fyra olika behandlingar vilka var en obevattnad kontroll, bevattning fram till första skörd, andra skörd och över hela säsongen. Resultaten med bevattningsbehov och avkastningsökning kan ses i tabell 1.

Tabell 1: Bevattningsbehov och avkastningsökning från försök på Gotland och Öland åren 2020-2023 för bevattning fram till första och andra skörd samt över hela säsongen (Joel et al. 2020a; 2021; 2022; 2023)

	Bevattningsbehov (mm)			Avkastningsökning (%)		
	Första	Andra	Säsong	Första	Andra	Säsong
Min	20	69	140	6	14	14
Max	60	180	270	33	92	103
Medel	42	112	195	12	41	56

Bevattningsbehoven beräknades efter ekvationerna beskrivna av Allen et al. (1998) vilka är samma som tidigare beskrivits i denna rapport. Markfuktsmätningar utfördes också för att validera att beräkningarna och se om de kan användas för att beräkna bevattningsbehovet. Resultatet från detta var att det går att beräkna men ju längre platsen som beräkningarna är till för är från väderstationen desto sämre blir beräkningarna på att uppskatta bevattningsbehovet (Andås 2023).

2.5.1 Hur mycket vatten har lantbrukare

Det finns inga förbud kring hur mycket vatten som är tillåtet att bevattna med men det finns ett antal begränsningar. För vattenuttag ur ytvatten finns det tre olika regler beroende på mängder. Den första är att en lantbrukare får ta ut hur mycket vatten som önskas om det är uppenbart att det inte påverkar någonting men bevisbördan för detta ligger på lantbrukaren. Nästa steg är en ansökan hos Länsstyrelsen som ger tillåtelse att ta ut vatten från vattendrag eller sjö (SFS nr: 1998:1388 1998). Med tillåtelse får lantbrukaren möjlighet att ta ut totalt 100 000 m³ vatten under ett år från ett vattendrag och 200 000 m³ från en sjö men detta

kan begränsas under torkår (SFS nr: 1998:1388 1998; Länsstyrelsen Skåne u.å.). Om större mängder vatten ska kunna plockas ut krävs det en dom från mark och miljödomstolen som tillåter det (SFS nr: 1998:1388 1998).

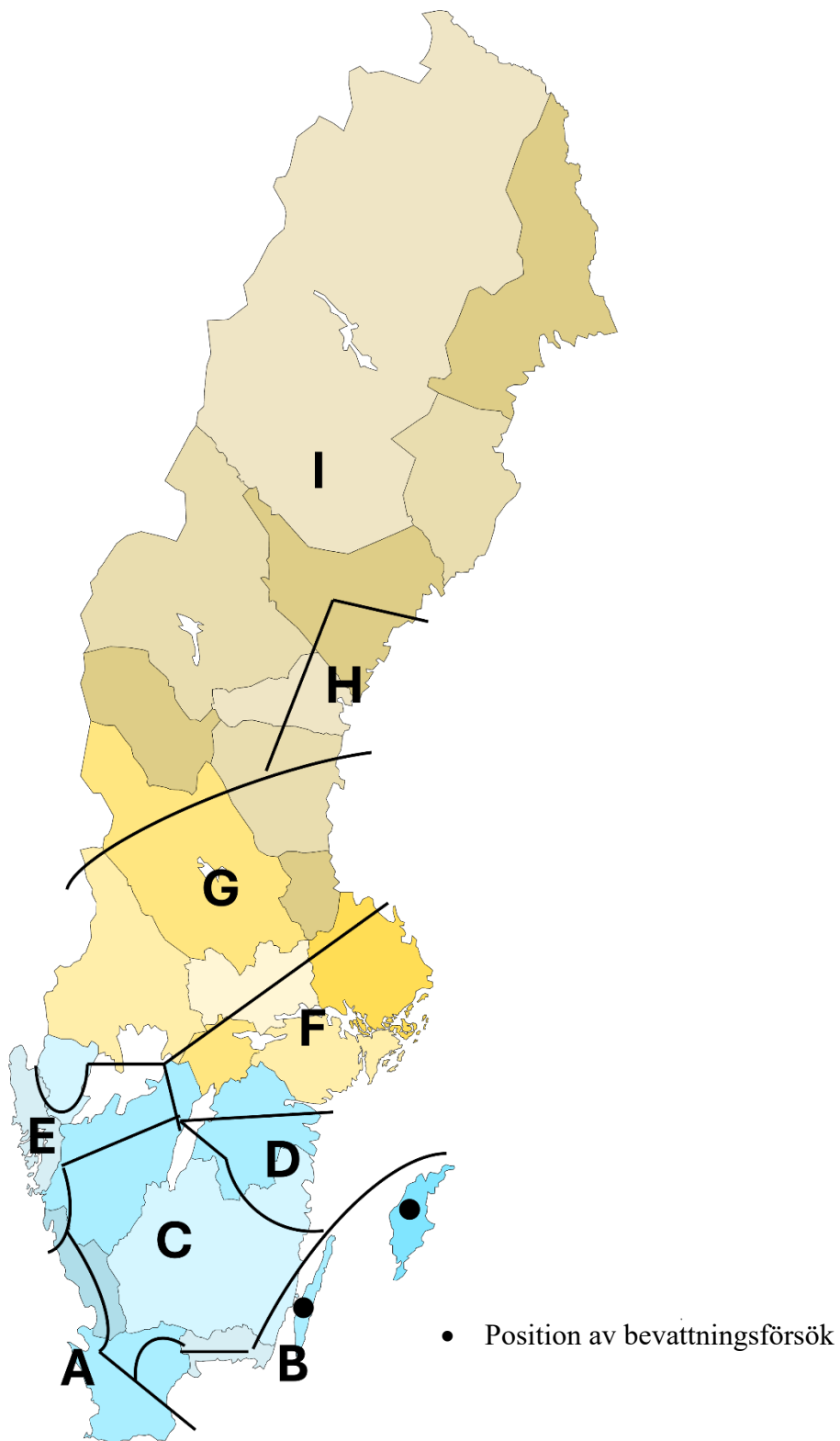
I en rapport av Andås et al. (2024) där lantbrukare har intervjuats finns det lantbrukare med upp till 560 000 m³ i vattenuttag men de flesta har runt 100 000 m³ per år.

Gällande bevattningsmängden finns det rekommendationer som anger att bevattning på cirka 20 till 30 mm vid varje tillfälle är rimliga mängder för att inte fylla jorden men även inte bevattna för lite (Malm & Berglund 2006).

2.6 Klimatiska områden för vall i Sverige

Det finns flera olika sorters områdesindelningar av Sverige vilka kan använda en eller flera parametrar (Stendahl 2025; *Normalkartor* 2025). En gammal och använd zonkarta inom trädgårdsodling är Svensk Trädgårds zonkarta (2021) som använder flera klimatfaktorer som påverkar tillväxt och vilka växter som kan växa på olika platser i Sverige. I denna indelning är ett stort fokus på att växterna ska kunna överleva en svensk vinter.

Det finns en modell som fokuserar på olika klimatiska zoner i Sverige och som används för uppdelning av landet för vallväxter till sortval. Modellen har delat Sverige i nio områden vilka kan ses i figur 2 (Halling et al. 2021). Alla områden har vallproduktion men några av dem har delar med väldigt lite produktion såsom område G och I som saknar betydande produktion i fjällen (Karlsson 2023)



Figur 2: Uppdelning av Sverige efter olika klimatiska likheter. Punkter är positioner av försöken utförda av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023). Figuren är en ombearbetning av uppdelning av Sverige av Halling et al. (2021) Källa: Ombearbetad från (Koyus 2012)

2.7 Jordarter

I Sverige finns det två huvudsakliga indelningar av jordart som beror på kornstorlekar. Indelningarna kommer från SLU och SGU där SLU har mer fokus på de finkorniga lerorna medans SGU har ett större fokus på grövre fraktioner såsom sten och block (Karlsson et al. 2021). Från USA finns det ett annat sätt att klassificera jordarter som beror på mer än kornstorleken, vilket är att även inkludera procenten av ler, mjåla och sand (USDA 2022). En klassifikation betyder inte att jorden har en viss vattenhållande förmåga eftersom det finns flera andra parametrar såsom organiskt material och markpackning som påverkar (Rawls et al. 2003). Detta gör att även jordar som är klassificerade på samma sätt har olika vattenhållande förmågor (British Columbia Ministry of Agriculture 2015; National Center for Appropriate Technology 2023) Några värden på vattenhållande förmåga som har använts av Joel et al. (2020b) är 180 mm TAW/m för en mellanlera och 130 mm TAW/m för en lättlera.

3. Metod

Metoden är uppdelad i fyra delar för att beskriva bland annat hur alla beräkningar har utförts och antaganden som har gjorts för att svara på frågeställningarna. Eftersom uträkningarna i område B, se figur 2 (Halling et al. 2021), redan utförts av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023) gjordes inga beräkningar för det området men för de andra områdena beräknades tre olika bevattningsbehov på två olika jordar. De tre bevattningsbehoven som beräknades var behovet fram till första och andra skörd samt behovet över hela säsongen. För alla beräkningar av bevattningsbehoven beräknades avkastningen som teoretiskt skulle skett om bevattningen hade utförts. Slutligen genomfördes även en intervju för att kunna bedöma hur mycket vatten som är realistiskt att bevattna med.

3.1 Beräkning av evapotranspirationen

Beräkningarna av evapotranspiration genomfördes genom att använda FAOs rekommenderade ekvation: Penman-Monteith ekvationen. Denna ekvation har validerats för beräkning av bevattningsbehov i vall i Sverige samt den användes i försöken utförda av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023).

3.1.1 Väderdata och beräkning av ET_0

För det första steget för beräkningar av evapotranspirationen är väderdata allt som behövs. Huvuddelen av denna data kommer från Lantmets väderstationer där en väderstation valdes och som fick representera hela området, tabell 1. Valet gjordes efter att väderstationen skulle vara placerad någonstans i området och att all data skulle vara realistisk. I område C och område D fanns det dock inga väderstationer som hade realistisk data för alla parametrar. De två väderstationer som då valdes krävde komplettering av nederbördsdata vilket gjordes genom att använda närmsta väderstation från SMHI. För att sedan beräkna ET_0 följdes stegen beskrivna av Zotarelli et al. (2010)

Tabell 2: Väderstationer använda i denna studie. Område C och D saknade väderstationer med rimliga nederbördsvärden från Lantmet vilka har ersatts med uppmätt data från SMHI. Resterande väderstationer är alla från Lantmet

Område	Väderstation	Latitud (grader)	Longitud (grader)	Meter över havet (m)
A	Alnarp	55,6689	13,1023	13
C	Huskvarna (Lantmet)	57,8138	14,2785	252
	Huskvarna (SMHI)	57,7867	14,2837	94
D	Vreta kloster (Lantmet)	58,4799	15,5081	56
	Linköping- Malmslätt (SMHI)	58,3980	15,5230	94
E	Bjertorp	58,2657	13,1113	83
F	Uppsala - Säby	59,8356	17,6961	6
G	Hedemora	60,3043	16,0130	95
H	Sundsvall	62,2831	17,4027	10
I	Umeå	63,8848	20,0652	84

3.1.2 Säsongstart, tillväxt och skördedatum

Beräkningar av ET_c kräver information om säsongen, såsom när tillväxten börjar, tillväxt och skördedatum. Dagen då tillväxten började valdes till den första dagen där de sju efterkommande dagarna alla hade en medeltemperatur på minst fem grader. Om detta inföll innan den första mars antogs det att dessa dagar inte startade tillväxten och om den startade skulle den snabbt avstanna. Vid dessa tillfällen valdes den första dagen som uppfyllde kriterierna efter den första mars. Anledningen till att sju dagar användes och inte fem som Vallprognos.se (2025) är för att minimera antalet perioder innan den första mars som kriterierna uppfylldes, det är vinter, alltså snö, då i stora delar av landet och eftersom detta användes för beräkningarna i försöken på Gotland och Öland.

Den första skörden gjordes senast på den dagen som temperatursumman med en minsta tillväxttemperatur på fem grader uppnådde 250°C från säsongens start.

Skördarna därefter gjordes som sortförsöken i vall där områden med fyra skördar hade den första skörden fyra veckor efter den första, sedan fem veckor efter den andra och den sista fem veckor efter den tredje. För områden med tre skördar kom dessa sex och sedan sju veckor efter den föregående skörden. Om det kom regn de dagar som egentligen skulle vara skördedagar flyttades skörden till en dag utan regn och som hade haft regnfritt minst tre dagar innan. Detta antogs vara tillräckligt för att vallen oftast skulle ha torkat upp och vara möjlig att skörda. Vid mycket förskjutna skördar antogs det att den första av de tre dagarna kunde ha regn på max $0,5 \text{ mm}^1$. Antalet möjliga skördar som antogs vara möjliga var fyra från södraste Sverige upp till område F och områdena norr om det hade alla tre skördar.

Tillväxten under säsongen följde FAOs äldre rekommendationer beskrivna av Allen et al. (1998) med fasta dagantal. För att passa ihop med skördarna

¹ Abraham Joel, docent, SLU, handledningsmöte 2025-12-04

modifierades antalet dagar och alla längder kan ses i bilaga 1. Om skördarna kom i ett snabbare intervall än de rekommenderade förkortades alla delar och om skördarna kom med ett längre intervall förlängdes speciellt de senare delarna mer. Anledningen till detta var för att det antogs att förskjutningen inte hämmar tillväxten utan mer drygar ut de senare delarna. Anledningen till att FAOs nya rekommendationer beskrivna av Pereira et al. (2025) inte användes var eftersom temperatursummorna inte passar med temperatursumman fram till första skörd. Rekommendationen är att den första skörden ska ske efter en temperatursumma på 850°C vilket är över tre gånger så mycket som från rekommendationerna från Vallprognos.se, med samma minimala tillväxttemperatur. Det antogs därför att de äldre rekommendationerna var bättre anpassade till Sverige.

De anpassade längderna på delarna av K_c användes sedan för att beräkna värdena vilka i sin tur multiplicerades med ET_0 vilket resulterade i beräknat ET_c .

För perioder innan tillväxten började sattes K_c till 0,3 och för perioder efter sista skörden följer K_c FAOs rekommenderade dagar för återuppväxt och om detta inte var tillräckligt lång tid fick de resterande dagarna ett K_c värde på 1,15.

3.2 Jordartsval och bevattning

De två jordarterna som användes var en lättlera med 130 mm m^{-1} TAW och en mellanlera på 180 mm m^{-1} TAW. Anledningen till dessa två värden valdes var för att lättleran hade samma TAW som i försöken från Gotland (Joel 2025a; b; c; d) och därefter behövdes en jord för att kunna jämföra resultaten och mellanleran hade redan använts för det (Joel et al. 2020b). Rotdjupet sattes till 60 cm över hela säsongen eftersom det antogs att rötterna växte under insåddsåret och att det inte är specificerat hur gammal vallen i beräkningarna är.

Med information om de två jordarna beräknades $ET_{c\ act}$ och den dagliga tillgängliga mängden vatten i marken. Beräkningarna av det tillgängliga vattnet i marken gjordes genom att ta den föregående dags tillgängliga vatten och subtrahera dagens $ET_{c\ act}$ och sedan addera nederbörd och bevattning. För den första dagen antogs det att TAW var fyllt och beräkningarna utfördes efter det. Bevattning skedde dagen innan RAW gränsen uppnåtts för att växterna aldrig ska vara stressade. Huvudmålet med bevattningen var inte att fullt replikera hur bevattningen hade skett i verkligheten men den teoretiska bevattningen skulle ändå kunna vara möjlig att genomföra. Det kan leda till enstaka dagar som är stressade då endast enstaka millimeter behöver bevattnas. Bevattningen som gjordes var i mängderna mellan 20 och 35 mm.

Beräkningarna av bevattningsbehoven gjordes som behandlingarna i experimenten utförda av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023) där bevattning skedde fram till första och andra skörd samt över hela säsongen.

3.3 Avkastningsberäkning

Beräkning av avkastningarna gjordes genom att använda ekvation 2 med beräkningar och avkastningar från experimenten utförda på Gotland och Öland (Joel et al. 2020a; 2021; 2022; 2023; Joel 2025a; b; c; d) samt avkastningar från Jordbruksverket (2025b).

Det första steget var att beräkna K_y med uppmätta avkastningar och beräknade evapotranspirationer (ET_c och $ET_{c\ act}$). Det fanns beräkningar för experimenten på Gotland för åren 2021 till 2023 och på Öland 2021 som användes för att beräkna K_y för varje år och plats och där snittet sedan användes.

För beräkningar av avkastningar i de olika områdena valdes länet som väderstationen låg i för årlig data med hektar- och totalskörden från Jordbruksverket. För vad Jordbruksverket gör med den data som presenteras är beskrivet av Jordbruksverket (2024) men datan baseras på uppmätta värden vid skördar.

Med hektar- och totalskörden började beräkningarna med den maximala avkastningen som var möjlig vid bevattning genom att beräkna Y_m där hektar- och totalskörden sattes som Y_a .

För beräkningarna för avkastningsökningarna som skulle skett vid de teoretiska bevattningarna användes den beräknade Y_m och beräkningarna gjordes istället på nya Y_a . $ET_{c\ act}$ byttes även ut mot det värdet som beräknades med bevattningen som utfördes.

3.4 Intervju

För att kunna jämföra de beräknade bevattningsbehoven mot verkligheten utfördes en kortare intervju med lantbrukare som bevattnar vall. Frågorna som ställdes var:

- Hur många millimeter bevattnar du din vall med?
- Hur många hektar vall bevattnas?
- Hur har skörden och skördeökningarna påverkats av bevattningen?

Av de lantbrukare som kontaktades hade fem tid att svara på frågorna och de var placerade i område A, D och E.

4. Resultat

För alla beräkningar som har utförts på de två jordarterna har den som håller vatten bättre, mellanleran, alltid ett högre beräknat ET_c act. I början av säsongen kom bevattningsbehovet senare samt vid stora nederbördsevent där mellanleran kunde hålla mer vatten och därav kom bevattningsbehovet igen senare. Detta påverkar avkastningarna där avkastningsökningen alltid var lägre på mellanleran.

4.1 Generella trender av bevattningsbehov och avkastning

De generella trenderna som kunde ses i bevattningsbehov över hela säsongen var höga behov i södra Sverige och något lägre i norra. De exakta siffrorna kan ses i rubrik 4.2 till 4.8. Behovet var högst i område F – Uppsala-Säby där snittet över de fyra åren var 253 mm på lättleran och 234 mm på mellanleran. Därefter kom område A – Alnarp och sedan område C – Huskvarna med ett snittbehov på runt 200 mm, mellanleran lägre än lättleran. För område D – Vreta kloster och område E – Vara var behoven mycket lika. Båda hade behov av nästan exakt 180 mm på lättleran och 150 mm på mellanleran. Slutligen för områdena med tre skördar och nordligare läge minskade bevattningsbehovet ju längre norrut områdena låg där bevattningsbehovet minskade från 160 mm till 120 mm på lättleran och 140 mm till 100 mm på mellanleran.

För bevattningsbehoven till de två första skördarna var det mycket större variation mellan platserna och åren. Det tydligaste för alla platser och åren var att bevattningsbehovet 2023 var stort tidigt på säsongen.

De generella trenderna för avkastningen följde de helt bevattningsbehoven med de största ökningarna i område F – Uppsala-Säby och de lägsta i område I – Umeå. Detta gäller för alla tre olika bevattningsbehovsuträkningar.

4.2 Område A – Alnarp.

Bevattningsbehoven i Alnarp var relativt jämna över alla år i studien även om det under två av åren, 2021 och 2023, endast var möjligt med tre skördar på grund av nederbörden, tabell 3. För de två åren med en skörd mindre är bevattningsbehovet något lägre vilket kan ses i tabell 4. Det är även en skillnad i beräknat ET_c med att de två åren hade lägre resultat men det beräknade ET_c act var jämnare vilket leder till den något lägre skillnaden i bevattningsbehov och den dagliga skillnaden mellan dem kan ses i figur 3.

Tabell 3: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	12,8	13,2	22,6	51,6	61,4	34,0	49,8
2021	34,8	25,0	66,0	6,0	54,6	66,4	56,2
2022	0,2	40,2	53,8	34,4	34,8	39,6	64,0
2023	69,2	20,4	9,4	15,6	114,8	169,6	31,8
30 år	39,7	33,9	43,1	62,9	62,3	79,3	60,5

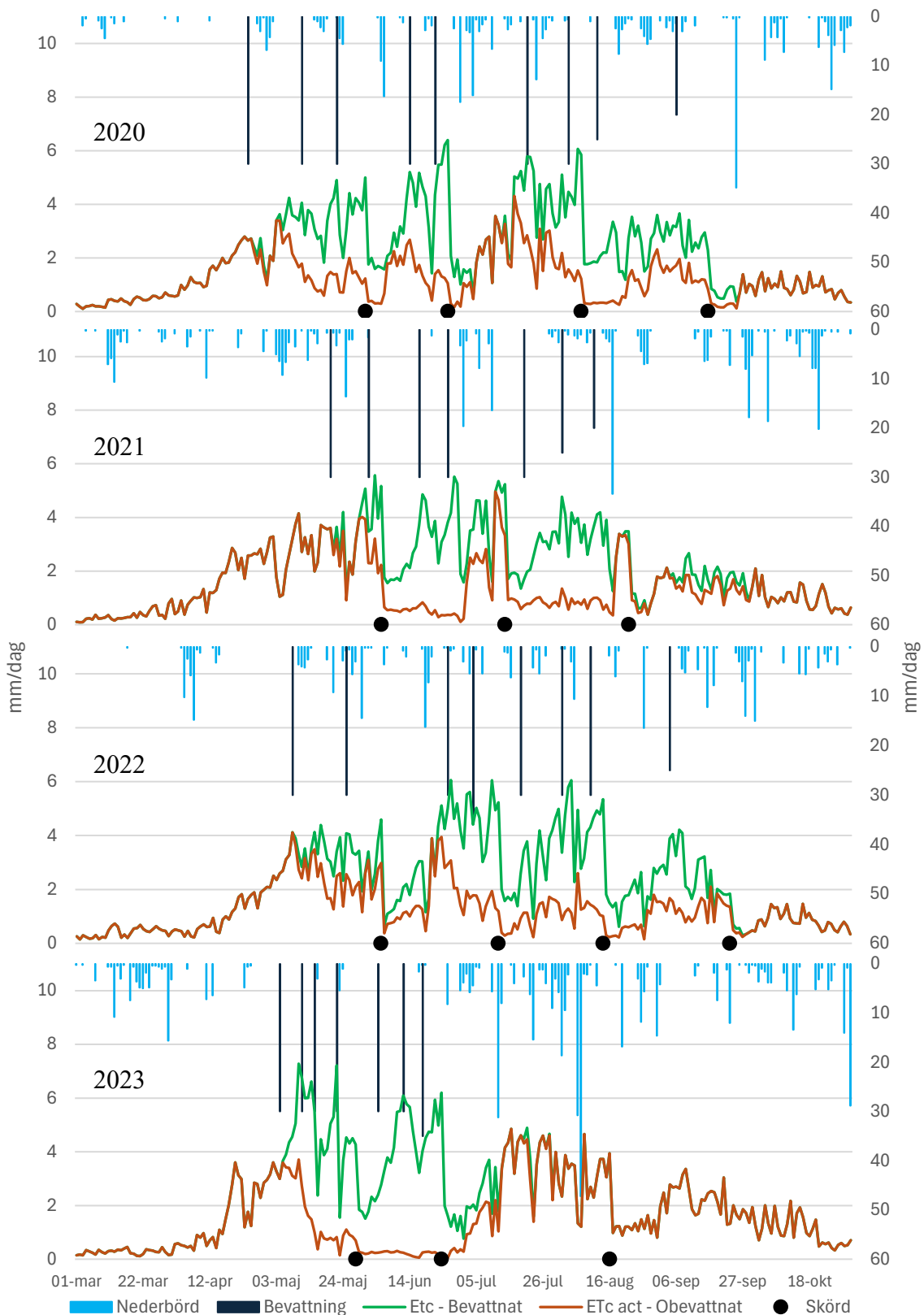
Tabell 4: Beräknade värden i Alnarp av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter.

År	ETc (mm)	Jordart	ETc act (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	489	Lättlera	255	85	140	255
		Mellanlera	279	65	120	240
2021	414	Lättlera	246	35	105	195
		Mellanlera	271	15	90	175
2022	474	Lättlera	254	35	115	240
		Mellanlera	277	20	100	220
2023	436	Lättlera	238	105	205	215
		Mellanlera	259	85	190	195

Avkastningsökningarna som kunde uppnås om bevattningen hade utförts över hela säsongen var i snitt 60% på lättleran och 49% på mellanleran. Eftersom beräkningen av avkastningsökningen beror på skillnaden mellan evapotranspirationen med och utan vattenstress har år som 2021 med en lägre skillnad en mindre ökning på 50% respektive 40% för lätt- och mellanleran. För bevattningsbehoven fram till den första och andra skörden stack 2023 ut då nästan all bevattning krävdes fram till den andra skörden. Detta påverkar avkastningsökningen som är större än exempelvis 2021 som kräver ungefär hälften av bevattningen fram till samma skörd, tabell 5.

Tabell 5: Beräknade avkastningar över säsongen i Alnarp för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	7 200	Lättlera	8 856	123	9 962	138	11 908	165
		Mellanlera	8 426	117	9 457	131	11 162	155
2021	6 880	Lättlera	7 601	110	9 036	131	10 328	150
		Mellanlera	7 167	104	8 582	125	9 630	140
2022	5 550	Lättlera	6 101	110	7 360	133	9 014	162
		Mellanlera	5 845	105	7 020	126	8 455	152
2023	6 040	Lättlera	7 963	132	9 639	160	9 669	160
		Mellanlera	7 498	124	9 077	150	9 092	151
Snitt	6 418	Lättlera	7 630	119	8 999	140	10 230	160
		Mellanlera	7 234	113	8 534	133	9 585	149



Figur 3: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, ET_c^{act} , och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.3 Område C – Huskvarna

Liksom i Alnarp förhindrade nederbörden, tabell 6, att alla fyra skördar kunde genomföras för två av åren, 2021 och 2023. Det betydde dock inte att de åren hade lägst beräknat ET_c utan för 2023 var det till och med högst, tabell 7, figur 4. För bevattningsbehoven påverkades detta också av en större variation i beräknat $ET_{c\ act}$ där 2020 och 2021 har de lägsta behoven. För mellanleran 2021 krävdes det inte alls någon bevattning men detta vände till den andra skörden där nästan all bevattning behövdes. Detta syns även i avkastningarna som ökade rejält om bevattningen skedde fram till den andra skörden, tabell 8.

Tabell 6: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

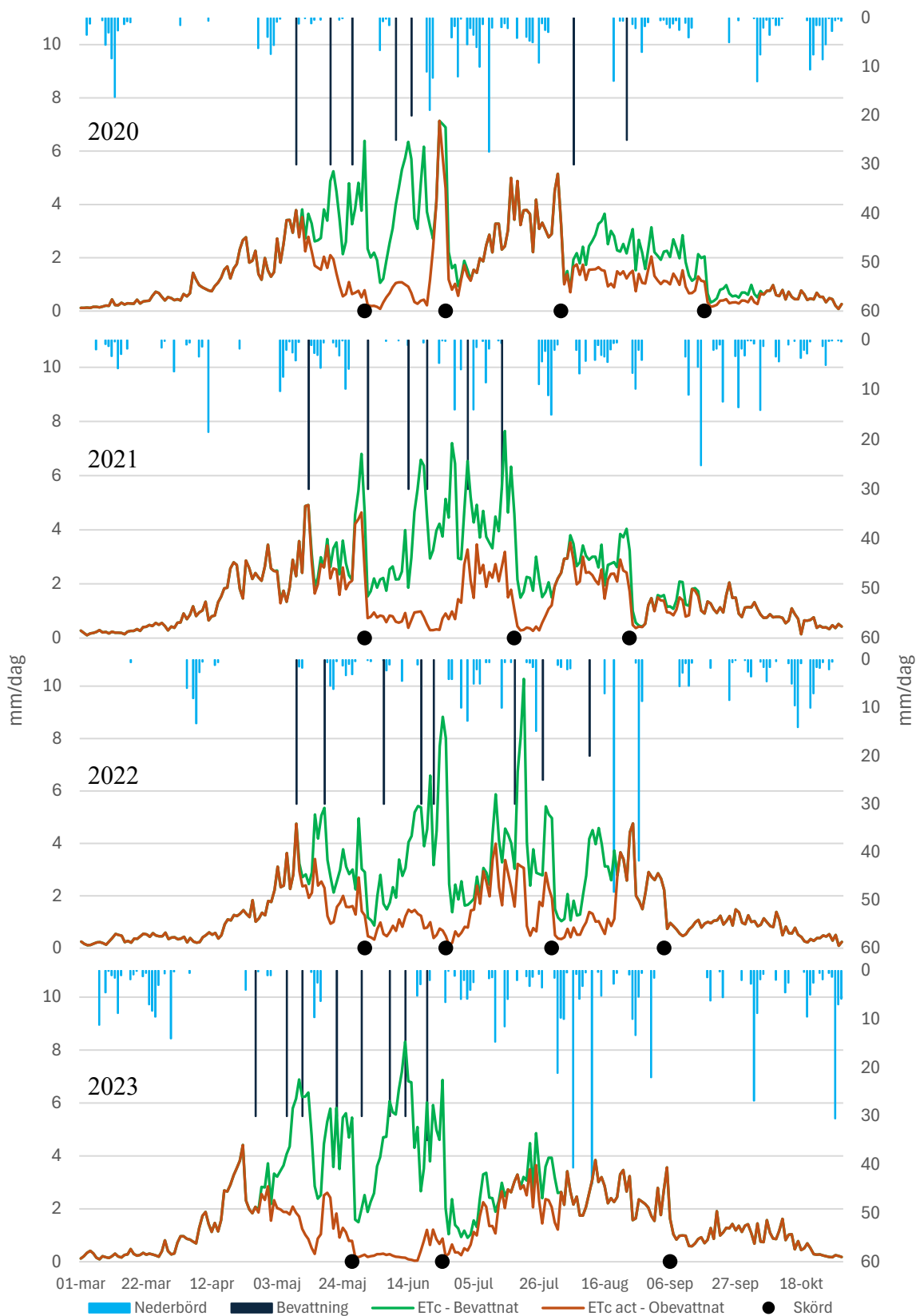
År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	43,7	12,2	17,7	68,9	96,4	27,1	20,9
2021	25,6	26,2	60,3	20,7	75,9	54,9	83,4
2022	0,5	31,7	24	17,1	64,1	112,7	25,7
2023	75,1	5,7	19,7	17,7	68,6	196,6	16,8
30 år	30,5	34,5	46,7	72,5	70,8	71,2	55,4

Tabell 7: Beräknade värden i Huskvarna av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ”–” betyder att det inte fanns bevattningsbehov

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c\ act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	451	Lättlera	289	70	130	190
		Mellanlera	312	60	115	160
2021	438	Lättlera	266	20	160	180
		Mellanlera	287	-	145	160
2022	435	Lättlera	231	50	130	225
		Mellanlera	255	35	115	205
2023	505	Lättlera	268	110	235	245
		Mellanlera	290	90	220	230

Tabell 8: Beräknade avkastningar över säsongen i Huskvarna för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	5 450	Lättlera	6 443	118	7 186	132	7 747	142
		Mellanlera	6 251	115	6 957	128	7 317	134
2021	6 230	Lättlera	6 579	106	8 984	144	9 230	148
		Mellanlera	6 230	100	8 534	137	8 715	140
2022	5 330	Lättlera	6 158	116	7 482	140	8 717	164
		Mellanlera	5 868	110	7 088	133	8 100	152
2023	6 490	Lättlera	8 398	129	10 483	162	10 592	163
		Mellanlera	7 962	123	9 944	153	10 007	154
Snitt	5 875	Lättlera	6 895	117	8 534	144	9 072	154
		Mellanlera	6 578	112	8 478	138	8 535	145



Figur 4: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_c act$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.4 Område D – Vreta kloster

Nederbörden i Vreta klosterpåverkade starkt bevattningsbehovet. Under alla år kom det under minst en månad ungefär dubbelt så mycket nederbörd mot 30 års normalnederbörden, tabell 9. Detta ledde till att två av åren, 2020 och 2021, endast behövde ungefär hälften så mycket bevattning som de andra två åren, tabell 10. Båda dessa åren hade den höga nederbörden tidigare på säsongen, juli 2020 och maj 2021, mot de andra två där nederbörden kom i augusti. Den totala nederbörden som kom under säsongen var jämn med 2020 lägst med 290 mm och 2021 högst på 340 mm, de andra två åren hade totalt 320 och 322 mm nederbörd. 2022 hade det största nederbördseventet för alla platser och år med över 160 mm på två dagar. Trots den höga mängden nederbörd på så kort tid var det endast ett år, 2022 där alla fyra skördar inte var möjliga att utföra, figur 5.

Tabell 9: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	32,7	23,3	38,5	55,9	122,1	23,3	44,4
2021	41,1	28,3	109	20	82,5	71,1	41,2
2022	0	43,1	51,9	25,9	61	179,8	38,9
2023	76,1	26,7	17,2	30,9	74,1	151,3	30,6
30 år	25,7	31,7	46,0	68,3	75,7	71,7	51,4

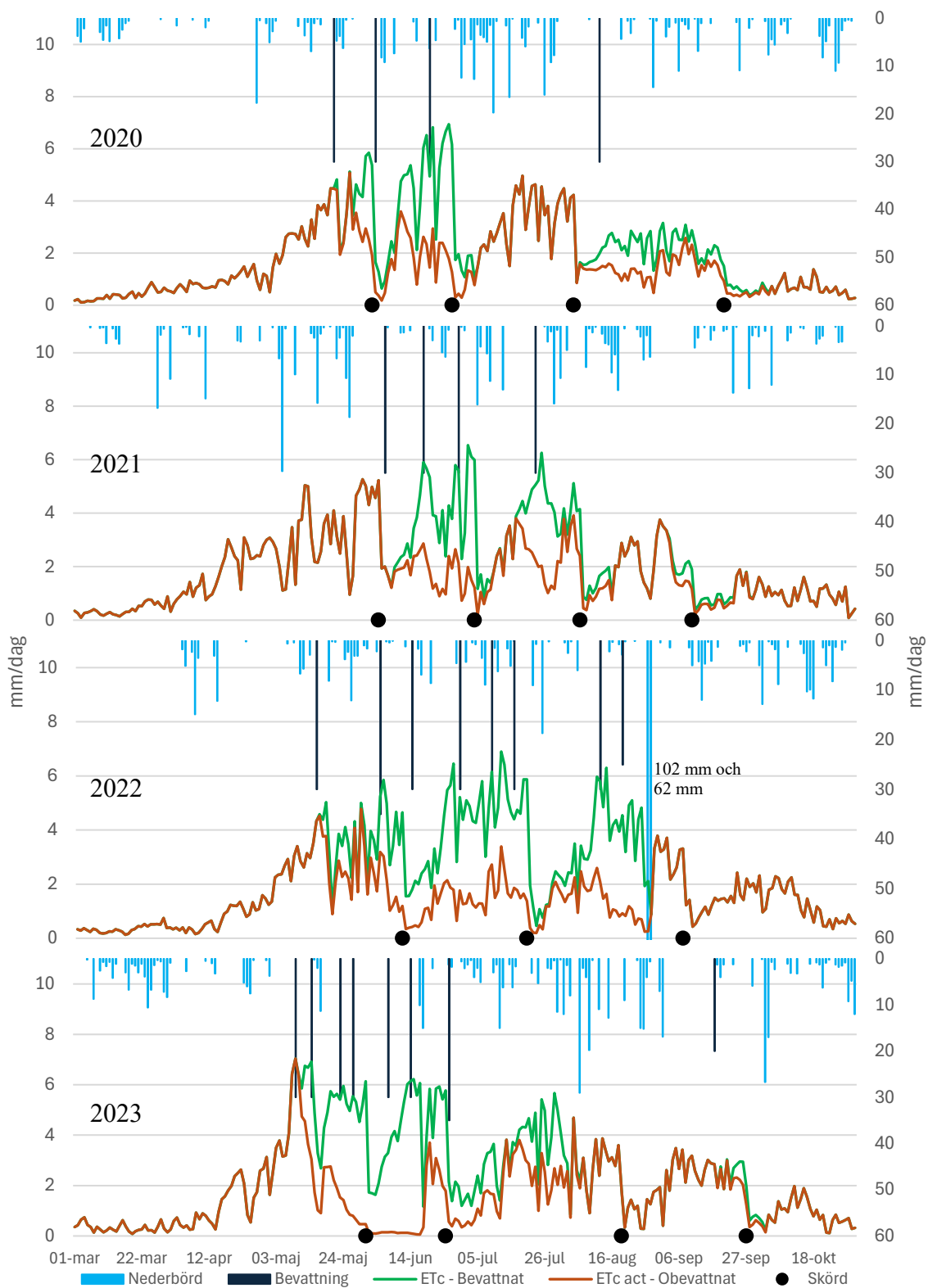
Tabell 10: Beräknade värden i Vreta kloster av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c,act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. "–" betyder att det inte fanns bevattningsbehov

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c,act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	443	Lättlera	330	30	90	120
		Mellanlera	351	20	65	105
2021	473	Lättlera	367	-	75	120
		Mellanlera	387	-	60	100
2022	474	Lättlera	260	60	165	240
		Mellanlera	286	40	145	225
2023	540	Lättlera	331	100	180	235
		Mellanlera	356	85	155	200

Avkastningarna som blev av bevattningen följer tydligt bevattningsbehoven vilket kan ses i tabell 11. De två första åren med lägre bevattningsbehov har även lägre skördeökningar för alla olika bevattningar. För de två sista åren med större bevattningsbehov blev de ökade skördevolymerna större för alla olika bevattningar.

Tabell 11: Beräknade avkastningar över säsongen i Vreta kloster för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	4 910	Lättlera	5 258	107	5 927	121	6 221	127
		Mellanlera	5 130	104	5 610	114	5 928	121
2021	5 460	Lättlera	5 460	100	6 333	116	6 701	123
		Mellanlera	5 460	100	6 115	112	6 417	118
2022	4 230	Lättlera	4 937	117	6 163	146	6 749	160
		Mellanlera	4 668	110	5 794	133	6 289	149
2023	4 500	Lättlera	5 514	123	6 318	140	6 627	147
		Mellanlera	5 314	118	5 973	133	6 272	139
Snitt	4 775	Lättlera	5 314	112	6 209	131	6 533	139
		Mellanlera	5 137	108	5 873	123	6 162	132



Figur 5: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c\ act}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden. 2022 hade två dagar med högre nederbörd på 102 mm och 62 mm.

4.5 Område E – Vara

Beräkningar på åren som denna studie omfattar var alla relativt lika i beräknat ET_c och $ET_{c\ act}$, även om nederbörden hade variationer mellan månaderna, tabell 12 och 13. Alla fyra skördar var möjliga under alla år, figur 6, vilket leder till att bevattningsbehov och avkastningarna blir relativt jämna, med störst variation i bevattningsbehov fram till första skörd, tabell 14.

Tabell 12: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

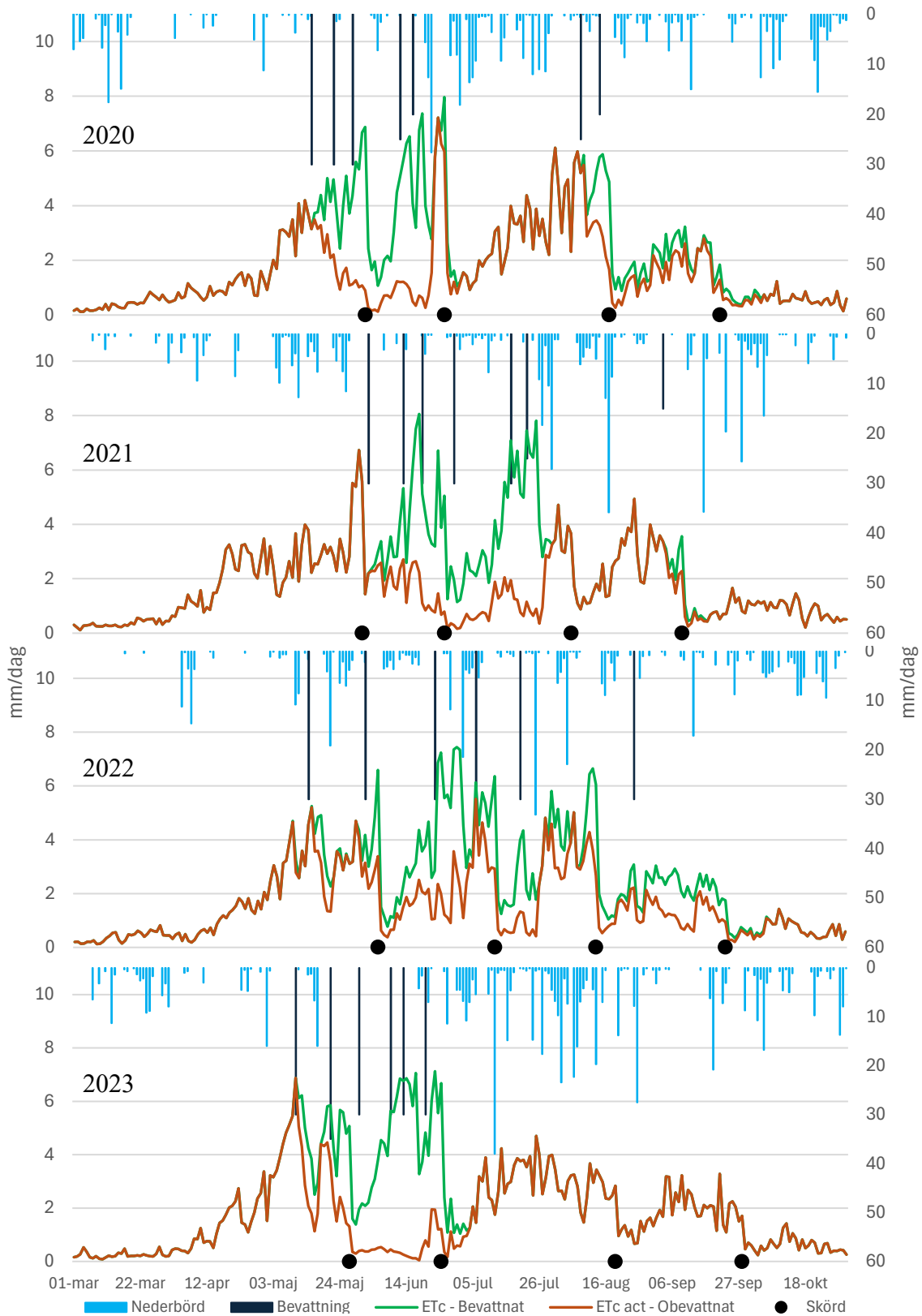
År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	68	26,5	8,5	74,1	126,2	38,9	43,5
2021	13,8	34,1	87,3	14,5	90,3	88,8	107
2022	0,7	34,8	70,2	36,5	78,2	69,2	38,9
2023	66,7	15,3	42,2	29,5	150	178	51,9
30 år	29,9	35,6	44,6	71,8	70,1	72,2	54,2

Tabell 13: Beräknade värden i Vara av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ”-” betyder att det inte fanns bevattningsbehov

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c\ act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	481	Lättlera	334	70	135	180
		Mellanlera	362	50	110	140
2021	496	Lättlera	343	-	85	190
		Mellanlera	371	-	65	155
2022	504	Lättlera	338	30	100	180
		Mellanlera	360	20	85	160
2023	515	Lättlera	358	60	170	185
		Mellanlera	383	35	155	155

Tabell 14: Beräknade avkastningar över säsongen i Vara för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	5 710	Lättlera	6 616	116	7 199	126	7 643	134
		Mellanlera	6 325	111	6 965	122	7 174	126
2021	5 430	Lättlera	5 430	100	6 547	121	7 295	134
		Mellanlera	5 430	100	6 153	113	6 852	126
2022	5 400	Lättlera	5 765	107	6 617	123	7 415	137
		Mellanlera	5 632	104	6 382	118	7 064	131
2023	5 570	Lättlera	6 285	113	7 430	133	7 454	134
		Mellanlera	5 959	107	7 064	127	7 064	127
Snitt	5 528	Lättlera	6 024	109	6 948	126	7 452	135
		Mellanlera	5 837	106	6 641	120	7 039	127



Figur 6: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, ET_c act, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.6 Område F – Uppsala-Säby

Område F är det nordligaste av alla områden med fyra möjliga vallskördar, det betyder dock inte att beräknat ET_c är lägre än de sydligare områdena.

Nederbörden som kom var under stora delar av säsongen lägre än den 30 års normal månadsnederbörden. För tre av åren kom stora volymer nederbörd sent på säsongen, tabell 14, och för 2021 kom det i maj. Detta leder till stora skillnader mellan ET_c och $ET_{c\ act}$ vilket gör att bevattningsbehoven var höga, tabell 16. De höga bevattningsbehoven leder även till höga avkastningar om all bevattning kan utföras, tabell 17. Skillnaden som finns är för 2023 som hade både lägre beräknat ET_c och bevattningsbehov vilket beror på att det var enda året där fyra skördar inte var möjliga att utföra, figur 7.

Tabell 15: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

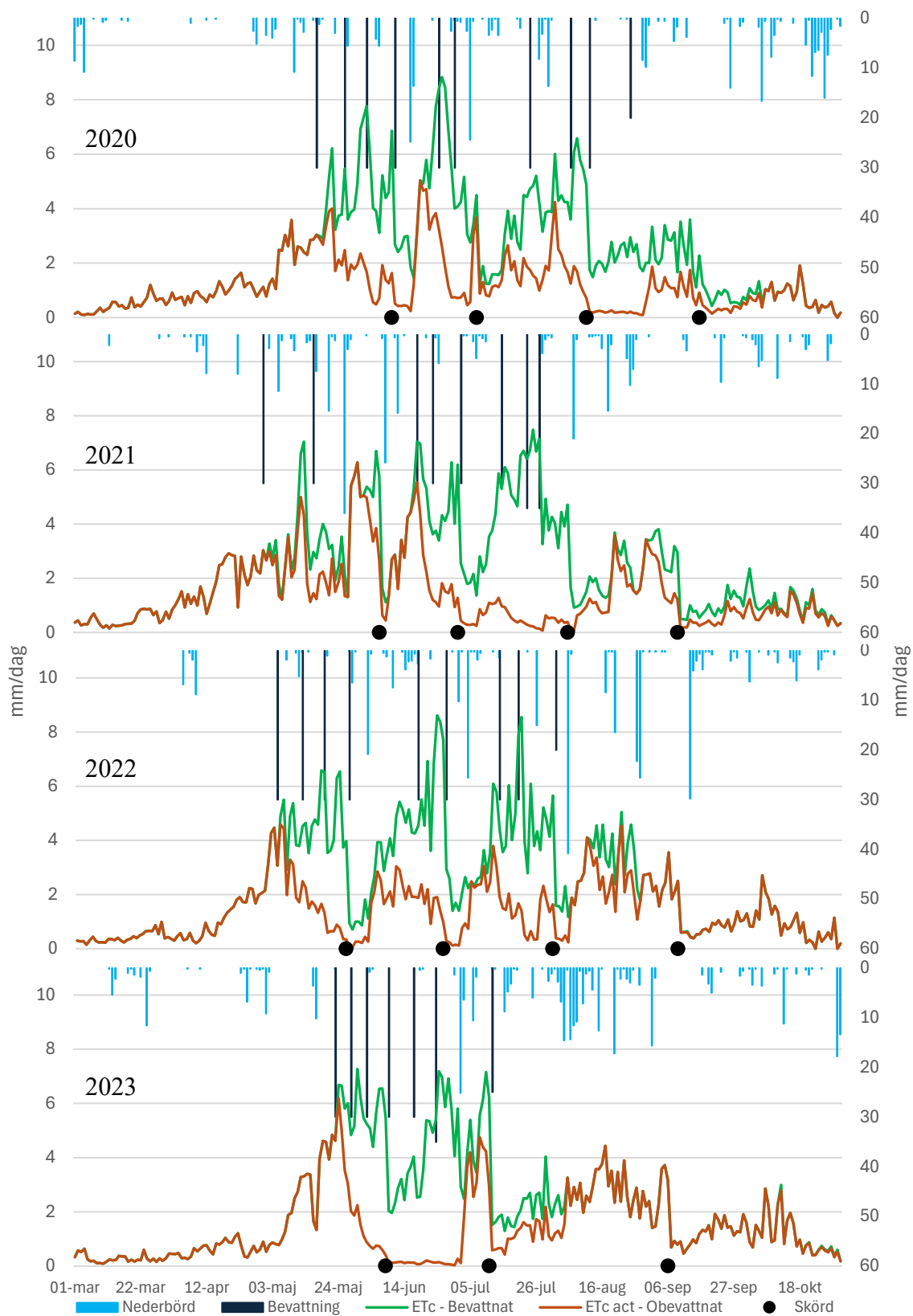
År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	24,6	9,4	35,4	51,6	66,4	20,4	29
2021	3,4	22,4	86,6	50,4	14,8	66,8	15,2
2022	0	17,8	15,6	43,6	55,4	114,8	45,6
2023	24,4	9,4	24	3	71,8	117,2	30,2
30 år	28,7	31,8	39,3	61,2	57,4	73,6	48,6

Tabell 16: Beräknade värden i Uppsala-Säby av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c\ act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	504	Lättlera	234	90	170	290
		Mellanlera	260	70	150	275
2021	535	Lättlera	301	40	100	250
		Mellanlera	324	30	80	230
2022	518	Lättlera	271	90	150	260
		Mellanlera	292	75	135	240
2023	435	Lättlera	239	90	185	210
		Mellanlera	262	70	165	190

Tabell 17: Beräknade avkastningar över säsongen i Uppsala-Säby för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	4 880	Lättlera	6 173	126	7 129	146	8 759	179
		Mellanlera	5 815	119	6 879	141	8 151	167
2021	4 910	Lättlera	5 385	110	6 037	123	7 679	156
		Mellanlera	5 247	107	5 920	121	7 284	148
2022	5 990	Lättlera	7 412	124	8 338	139	9 901	165
		Mellanlera	7 111	119	8 004	134	9 368	156
2023	4 740	Lättlera	6 031	127	7 410	156	7 544	159
		Mellanlera	5 667	120	6 883	145	7 065	149
Snitt	5 130	Lättlera	6 250	122	7 229	141	8 471	165
		Mellanlera	5 960	116	6 922	135	7 967	155



Figur 7: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, ET_c act, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.7 Område G – Hedemora

Liksom i Vara var alla åren liknande varandra för både beräknade evapotranspirationer (ET_c och $ET_{c\ act}$) och bevattningsbehoven. Detta reflekteras även i avkastningsökningarna som var liknande över alla år. För de tre sista åren var bevattningsbehoven till andra skörd i princip samma eller samma som behoven för bevattning över hela säsongen, tabell 18 och 19, även om alla tre skördar kunde utföras alla år förutom 2023, figur 8. Beräkningarna av avkastning följer bevattningsbehoven med att ett högt behov ger en stor ökning och ett mindre behov leder till en mindre ökning, tabell 20.

Tabell 18: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

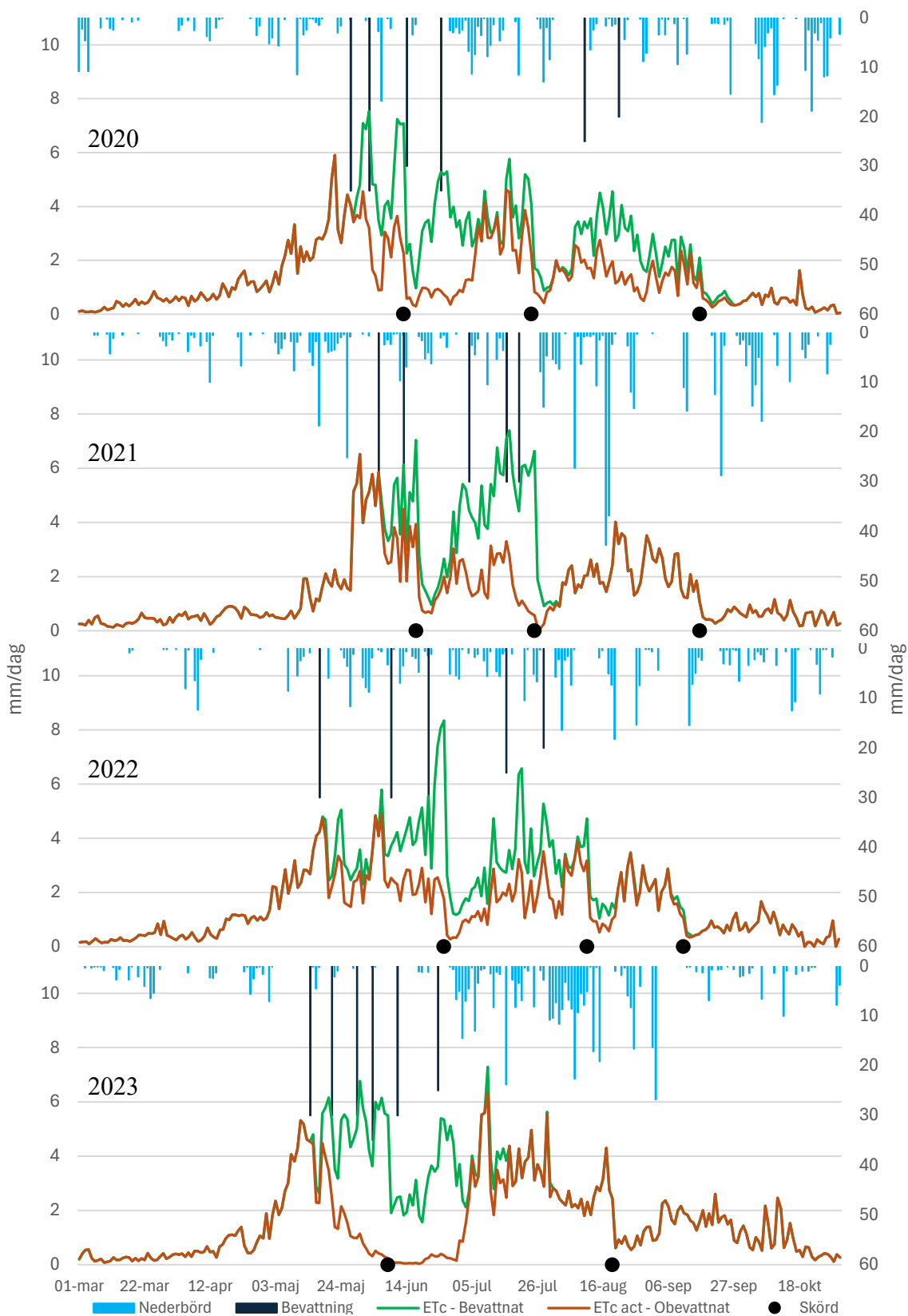
År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	36,6	22,8	40,2	34,5	96,2	35,1	45,5
2021	13,2	27,7	94,6	45,9	60,9	174,6	75,1
2022	1,2	29,9	48,5	55	53,5	91	49,9
2023	26,9	18,6	15,4	11,3	140,6	170,9	59,4
30 år	30,5	33,4	48,8	70,1	73,3	74,9	50,4

Tabell 19: Beräknade värden i Hedemora av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c\ act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	452	Lättlera	286	70	130	180
		Mellanlera	308	40	110	160
2021	399	Lättlera	279	30	140	150
		Mellanlera	304	20	125	125
2022	430	Lättlera	303	80	140	140
		Mellanlera	323	60	125	125
2023	419	Lättlera	256	110	180	180
		Mellanlera	276	95	160	160

Tabell 20: Beräknade avkastningar över säsongen i Hedemora för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	3 680	Lättlera	4 356	118	4 930	134	5 283	144
		Mellanlera	4 045	110	4 672	127	4 998	136
2021	5 260	Lättlera	5 696	108	6 979	133	6 994	133
		Mellanlera	5 526	105	6 546	124	6 546	124
2022	3 960	Lättlera	4 765	120	5 246	132	5 246	132
		Mellanlera	4 531	114	4 991	126	4 991	126
2023	3 580	Lättlera	4 704	131	5 280	147	5 280	147
		Mellanlera	4 501	126	4 984	139	4 984	139
Snitt	4 120	Lättlera	4 880	120	5 609	137	5 701	139
		Mellanlera	4 651	114	5 298	129	5 380	131



Figur 8: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c,act}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.8 Område H – Sundsvall

För alla år i Sundsvall minskade det beräknade ET_c över åren med 2020 som högst. På grund av nederbörden, tabell 21, följer även $ET_{c\ act}$ detta men inte bevattningsbehovet som för alla år förutom 2022 var liknande, tabell 22. Detta leder till att avkastningarna ökade minst 2022 och mest 2023 även om det endast var möjligt med två skördar, tabell 23, figur 9.

Tabell 21: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

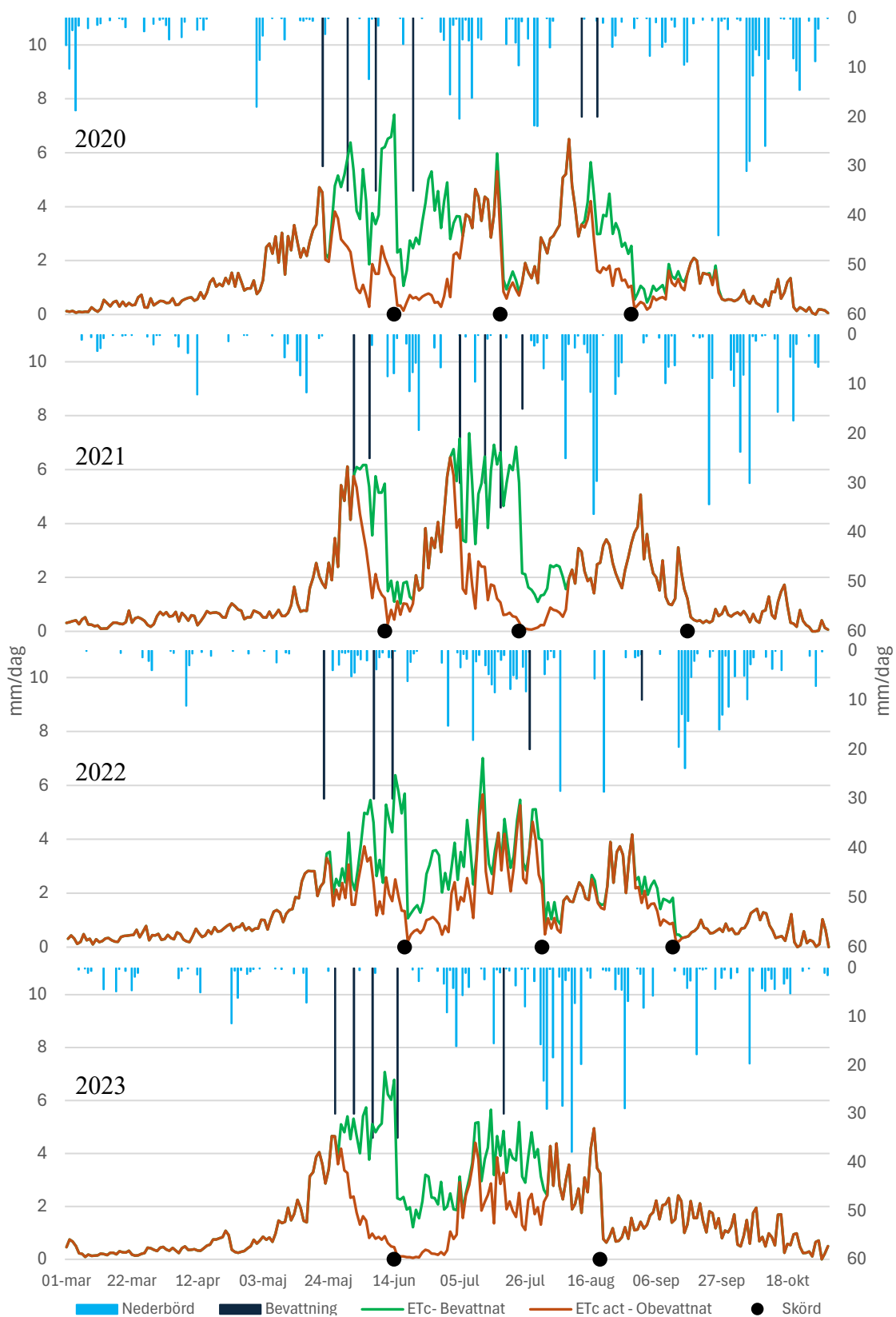
År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	50,3	15,9	40,3	27,2	140,4	21	89,2
2021	11,3	19,9	32,6	74	16,5	155,4	76,7
2022	8,1	17,5	16,8	29,5	99,2	74,7	123
2023	19,4	29,5	10,2	8,3	90,1	218,6	50,6
30 år	35,2	38,4	44,3	59,6	78,2	84,7	61,3

Tabell 22: Beräknade värden i Sundsvall av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c\ act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	426	Lättlera	282	90	130	165
		Mellanlera	304	65	115	145
2021	409	Lättlera	269	50	175	175
		Mellanlera	294	30	135	150
2022	371	Lättlera	269	60	100	110
		Mellanlera	289	45	75	90
2023	355	Lättlera	210	95	160	160
		Mellanlera	233	75	145	145

Tabell 23: Beräknade avkastningar över säsongen i Sundsvall för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel tal	Andra	Rel tal	Säsong	Rel tal
2020	4 340	Lättlera	5 371	124	5 731	132	6 021	139
		Mellanlera	5 050	116	5 546	128	5 680	131
2021	4 250	Lättlera	4 847	114	5 929	140	5 929	140
		Mellanlera	4 582	108	5 492	129	5 545	130
2022	4 310	Lättlera	5 055	117	5 510	128	5 580	129
		Mellanlera	4 835	112	5 166	120	5 278	122
2023	4 500	Lättlera	5 997	133	6 793	151	6 793	151
		Mellanlera	5 579	124	6 288	140	6 288	140
Snitt	4 350	Lättlera	5 318	122	5 991	138	6 081	140
		Mellanlera	5 012	115	5 623	129	5 698	132



Figur 9: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, ET_c act, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.8.1 Område I – Umeå

Umeå är den enda platsen där nederbörd förhindrar att alla skördar utförs för majoriteten av åren, figur 10, tabell 24. Det enda året som alla tre skördar var möjligt var 2022 vilket reflekteras i det beräknade ET_c . För den beräknade $ET_{c\ act}$ var alla års beräknade värden betydligt närmre varandra, tabell 25.

Bevattningsbehoven var bland de lägsta för alla platser i Sverige vilket beror på Umeås nordliga läge men även nederbörden som förhindrade skördar. Trots detta var avkastningsökningarna i snitt liknande till flera av de andra områdena, tabell 26.

Tabell 24: Uppmätt nederbörd per månad samt normal månadsnederbörd 1991-2020

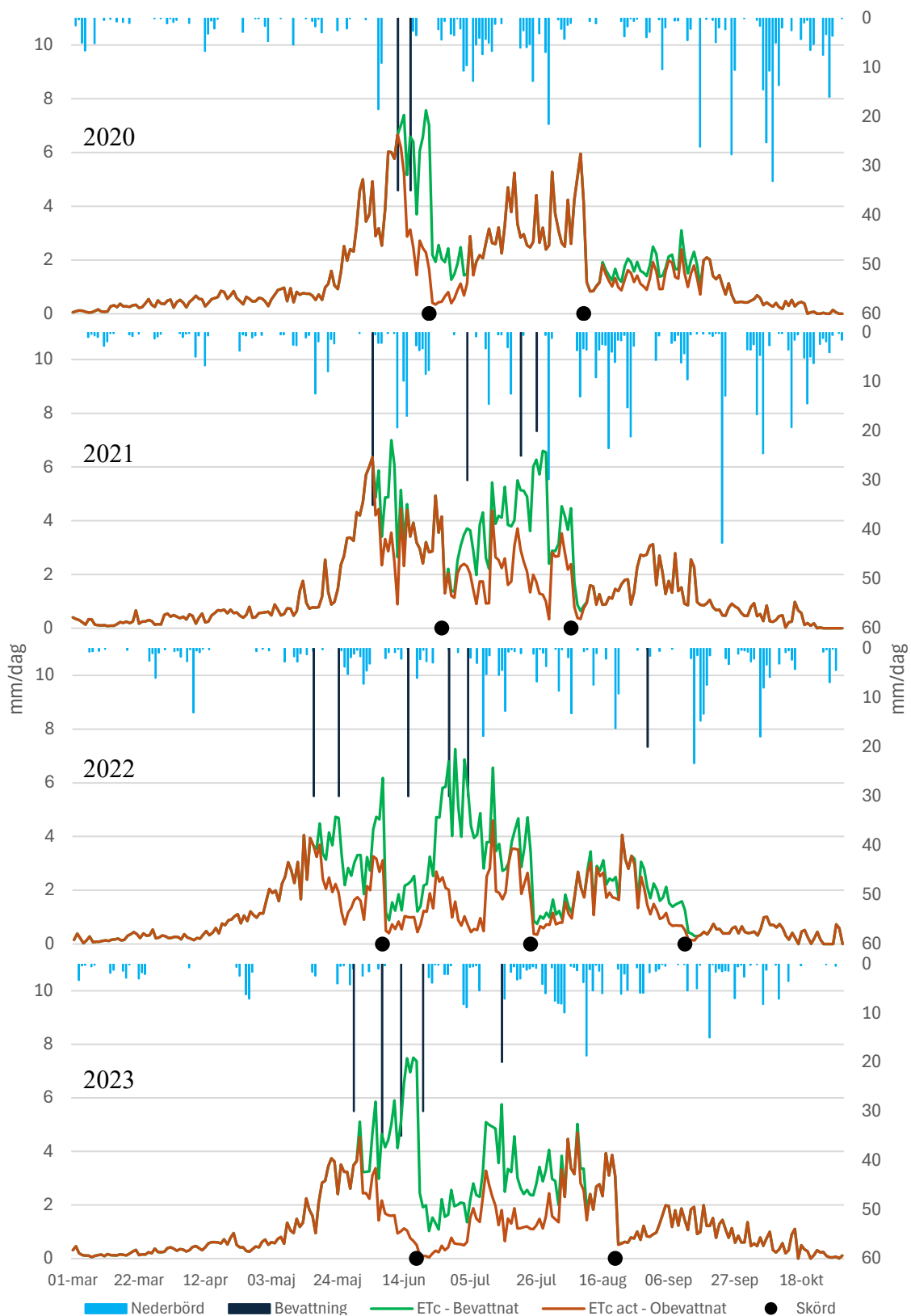
År	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September
2020	22,9	18	22	48	134,3	24,4	94,4
2021	11	20,9	33,1	76,6	66,6	116,8	124,3
2022	12,8	20,7	24,4	34,9	67,5	62,5	71,1
2023	18,6	18,6	13,8	16,5	54	100,9	45,8
30 år	39,0	34,7	44,9	54,1	72,6	78,2	61,6

Tabell 25: Beräknade värden i Umeå av vallens evapotranspiration utan vattenstress, ET_c , och med vattenstress, $ET_{c\ act}$, samt beräknade bevattningsbehov fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen för två jordarter. ”-” betyder att det inte fanns bevattningsbehov

År	ET_c (mm)	Jordart	$ET_{c\ act}$ (mm)	Bevattningsbehov (mm)		
				Första	Andra	Säsong
2020	284	Lättlera	236	55	70	70
		Mellanlera	256	35	50	50
2021	311	Lättlera	220	25	110	110
		Mellanlera	243	-	85	85
2022	399	Lättlera	252	50	140	170
		Mellanlera	273	30	125	150
2023	333	Lättlera	196	90	150	150
		Mellanlera	217	65	135	135

Tabell 26: Beräknade avkastningar över säsongen i Sundsvall för bevattning fram till den första och andra skörden samt över hela säsongen på två jordarter under alla fyra år. Relativtalen jämför avkastningen mot den uppmätta hektar- och totalskörden i länet.

År	Hektar- och totalskörd (kg ts)	Jordart	Avkastning med bevattning (kg ts)					
			Första	Rel. tal	Andra	Rel. tal	Säsong	Rel. tal
2020	4 120	Lättlera	4 730	115	4 794	116	4 794	116
		Mellanlera	4 424	107	4 490	109	4 490	109
2021	4 220	Lättlera	4 589	109	5 573	132	5 573	132
		Mellanlera	4 220	100	5 162	122	5 162	122
2022	4 280	Lättlera	4 917	115	6 034	141	6 157	144
		Mellanlera	4 639	108	5 717	134	5 797	135
2023	3 240	Lättlera	4 335	134	4 924	152	4 924	152
		Mellanlera	3 964	122	4 560	141	4 560	141
Snitt	3 965	Lättlera	4 643	118	5 331	135	5 362	136
		Mellanlera	4 312	110	4 982	126	5 002	127



Figur 10: Dagligt beräknad evapotranspiration både utan vattenstress, ET_c , och med, $ET_{c act}$, och beräknat bevattningsbehov på lättlera om bevattning utförs för att växterna aldrig ska vara stressade samt den dagliga nederbörden.

4.9 Intervju

Det var fem lantbrukare som hade möjlighet att svara på intervjun och mängden vall som bevattnades var mellan 30 hektar upp till 160 med ett snitt på 83 hektar. Bevattningen som utfördes under hela säsongen var mellan 35 mm upp till 112 med ett snitt på 80 mm. Tre av lantbrukarna hade runt 100 mm bevattning och den sista bevattnade ungefär 70 mm. För skördeökningarna hade lantbrukarna ingen riktig aning om hur mycket skörden ökade men flera ville nämna att bevattningen säkrade skördarna.

5. Diskussion

5.1 Bevattningsbehov

Det finns en stor variation mellan områden och år i hur mycket vatten som behövs för att växterna inte ska vara stressade. De beräknade behoven över hela säsongen liknar dock dem från experimenten utförda av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023), 195 mm i snitt, och Linnér et al. (1987; 1988; 1989; 1990), 167 mm i snitt. För dem utförda av Joel et al. är även behoven för bevattning fram till den första och andra skörden liknande. Det är både i försöket och i beräkningar större variationer för bevattning fram till den första och andra skörden med speciellt torkan 2023 som starkt påverkar alla värden.

I praktiken kan det vara svårt för lantbrukare att bevattna upp mot 290 mm vatten som krävs för maximal avkastning. Från vad lantbrukarna svarade i intervjun, volymerna som lantbrukarna hade tillgängligt i rapporten av Andås et al. (2024) och volymerna som kräver ansökan för att pumpa från sjöar och rinnande vatten är runt 100 mm bevattning över hela säsongen rimligare. Med 100 000 m³ vatten räcker nämligen detta för att bevattna 100 hektar med 100 mm vatten. Förutom för de flesta lätta jordarna 2023 räckte den mängden vatten förbi den första skörden och ibland även till den andra skörden på båda jordarterna.

Med att det kanske inte är möjligt att bevattna fullt över hela säsongen bör innebära prioriteringar kring när bevattningen behöver göras. I Vreta kloster var det två år med mycket nederbörd tidigt under säsongen och två med mycket under senare delen. De åren med mycket nederbörd tidigt hade halva bevattningsbehovet av dem med den sena nederbörden. För många av de andra områdena var den stora delen av bevattningsbehovet fram till den andra skörden och den 30 åriga normalnederbörden är i alla områden högre senare på säsongen. Detta visar att om det är möjligt att hålla vattenhalten hög, över vattenstressnivån, så länge som möjligt med bevattning tidigt på säsongen kommer nederbörden ofta hjälpa mot slutet. Det blir därför viktigare att hålla vattenhalten hög tidigt på säsongen för att ta vara på när nederbörd kommer. En annan faktor som påverkar är vikten av de olika skördarna. Den första skörden är störst vilket leder till att en bra och säkrad första skörd kan säkra året för lantbrukaren.

De två jordarterna som användes kan visa hur bevattning på andra jordarter påverkar behov och avkastning. Eftersom mellanleran som var den mer vattenhållande jorden alltid hade ett lägre bevattningsbehov kommer även andra jordarter med ännu bättre vattenhållande förmåga att få ett minskat bevattningsbehov. Samma princip går även att använda för jordar med sämre vattenhållande förmåga då dessa kommer att få större bevattningsbehov.

Beräkningarna av ET_c , $ET_{c\ act}$ och bevattningsbehoven skiljer de sig med hur de summeras. ET_c är en beräkning på hur mycket vatten som avgår från marken om det aldrig uppstår stress för växterna. $ET_{c\ act}$ är på samma sätt en beräkning av hur mycket vatten som avgår från marken men när växterna är stressade. Bevattningsbehovet kan därför antas vara differensen mellan dem men så är inte fallet. Exempelvis i mellanlera i Vara 2022 var beräknat ET_c 504 mm och $ET_{c\ act}$ 360 mm. Differensen mellan dem är 144 mm men det beräknade bevattningsbehovet var 160 mm. Vad denna skillnad beror på exakt är inte helt klart men för alla beräkningar gjorda i denna studie krävs det mer bevattning än skillnaden. En anledning kan vara att mängden vatten i marken i början och slutet av säsongen är olika men det summerar inte helt ut skillnaden. Denna skillnad finns även i uträkningarna för bevattningsbehoven som utfördes på Öland och Gotland (Joel 2025c) som validerades med markfuktsprover.

Beräkningarna av växternas evapotranspiration utan vattenstress följer inte helt ett stigande värde från söder till norr. Det gör inte heller evapotranspirationen med vattenstress. Exempelvis har Uppsala-Säby högre beräknat ET_c över hela säsongen än Alnarp för tre av åren och det återstående är det 1 mm lägre. En anledning till detta är att solinstrålningen blir högre ju mer norrut i Sverige mätningen görs. Just för fallet med Alnarp och Uppsala-Säby var andra parametrar såsom temperatur och vind liknande vilket leder till att den nordligare platsen får högre beräknade värden. För de andra områdena är det många parametrar som skiljer sig mellan platserna vilket medför skillnader i beräkningarna.

En annan anledning till att det inte alltid följer förväntade trender genom landet är att data som använts kan vara felaktig. I två av områdena behövde nederbördsdata kompletteras och det är mycket möjligt att andra data är felaktig. Under sökandet av väderstationer valdes några bort på grund av exempelvis att temperaturen i mars var över 70°C, det regnade negativa mängder eller det regnade inte alls på 100–200 dagar. Dessa är extrema fall och kan lätt exkluderas men om mätvärdena endast har små fel är det mycket möjligt att dessa har inkluderats. Eftersom det ändå är lika resultat mellan olika områden och år borde detta inte ha påverkat resultaten väsentligt. Även SMHI:s väderstationer kan få dessa problem och de mäter inte alltid alla väderparametrar.

För beräkningarna av ET_c finns det enstaka dagar som har mycket höga beräknade värden. Några exempel är Huskvarna 2022 som hade ett värde över 10 mm per dag och Uppsala-Säby som under flera år har beräknade värden på över 8 mm per dag. När det är så stora mängder vatten som avgår beror det på hög temperatur, stark sol, blåsig väder och låg luftfuktighet. När vädret är så här är det inte troligt att växterna kommer att transpirera fullt vilket leder till att ET_c kommer bli lägre i verkligheten.

För bevattningsbehovet kommer det dock inte leda till stora förändringar. Det kommer fortfarande försvinna mycket vatten eftersom växterna fortfarande transpirerar, men inte fullt ut, så minskningen i bevattningsbehovet blir då endast enstaka millimeter.

5.1.1 Förbättringsområden

Det finns ett antal antaganden som måste göras för att kunna göra beräkningarna av bevattningsbehov, som värde på K_c och hur djupt rötterna i marken växer. Eftersom alla dessa antaganden är desamma som användes i försöken av Joel et al. (2020a; 2021; 2022; 2023) på Gotland och Öland och dessa validerades av Andås (2023) är det högst troligt att dessa kommer att vara rimliga för beräkningarna i denna studie. Det finns dock ett antal förbättringsområden som främst handlar om skörden. Ett stort problem är när skörden sker, speciellt under perioder med regn. Det gjordes ett antagande om att skörden först skulle ske efter några dagar utan nederbörd. Detta kanske inte är hur lantbrukare gör i verkligheten men för beräkningar av bevattningsbehov gör inte detta stor skillnad för resultaten. Det finns flera anledningar till detta. För åren när säsongen förkortas skulle bevattningsbehovet inte bli annorlunda av en betydande mängd. Detta beror på att nederbörden fyller marken med vatten och det finns inget bevattningsbehov, se exempelvis figur 4 2021 och 2023 eller figur 9 2023. För åren som säsongen inte förkortas, exempelvis figur 5 2022 eller figur 7 2023, blir längderna på varje K_c del längre. Detta leder till att det totala antalet dagar varje del har fortfarande är samma över säsongen och därav påverkas inte beräkningarna avsevärt.

Ett annat förbättringsområde som finns för beräkningarna är att göra fler i samma område. En av begränsningarna med beräkningarna beskrevs av Andås (2023) vilket var att beräkningarna blir mindre och mindre säkra ju längre från väderstationen fältet som beräkningarna utförs är. Detta gör att speciellt i de stora områdena som beräkningarna har utförts kan det finnas stora skillnader även under samma år. För att få bättre uppfattning om bevattningsbehoven i ett område hade därför fler beräkningar varit positivt.

Ett sista förbättringsområde för att göra beräkningarna säkrare är att lägga till markfuktsmätningar på de platser som beräkningarna görs.

Även om alla dessa förbättringsområden finns är FAO Penman-Monteith ekvationen med koefficienter fortfarande den bästa metoden för att teoretiskt beräkna bevattningsbehoven. Det beror bland annat på att det är rekommendationen av FAO, att den används vid beräkningar i andra länder och till stor del eftersom den är validerad för att fungera i Sverige.

5.2 Avkastning

Den stora frågan många lantbrukare kan ha är hur kommer skörden att påverkas om man börjar med bevattning. För beräkningarna av avkastningen har länets hektar- och totalskörd använts. Det är mycket troligt att lantbrukare som tänker satsa på vallen med bevattning har högre avkastningar. Detta beror på att bevattning är en kostsam investering och att optimera andra aspekter, såsom gödsling och dränering, ofta görs innan. Om detta är sant går det inte att använda ökningarna i volym direkt och säga att bevattning skulle öka vallen med exempelvis 2 ton per hektar. Det som går att använda är relativtalen som ger den procentuella ökningen oberoende av avkastning.

Om avkastningarna jämförs mot experimenten utförda på Gotland och Öland samt de utförda av Linnér et al. (1987; 1988; 1989; 1990) var de lika men berodde på plats och år. Snittavkastningarna från bevattning över hela säsongen i område A, C och F var närmst försöken utförda av Joel et al. medan de andra liknade försöken utförda av Linnér et al. För bevattning fram till den första och andra skörden var avkastningarna mer varierande men det liknade fortfarande försöken utförda av Joel et al. Detta beror speciellt på försommartorka som både kan vara lokal eller utspridd över hela landet där år som 2023 kan ses ge betydligt större ökning än de andra åren.

För de olika jordarterna var det inte någon stor variation mellan skördeökningarna men mellanleran hade något lägre beräknad totalskörd. Detta beror på att den större mängden tillgängligt vatten i speciellt början av säsongen gör att skillnaden mellan ET_c och $ET_{c,act}$ inte blev lika stor. Som formeln är formad gör det att avkastningen inte blir lika stor.

En annan faktor att tänka på är att mellanleran genomgående hade ett lägre bevattningsbehov. Som lantbrukarna svarade i intervjun bevattnade de en viss mängd inte fram till en viss skörd. Om samma beräkningar görs med exempelvis 100 mm bevattning i Uppsala-Säby år 2021 blir avkastningen 6% högre på mellanleran än på lättleran. I Alnarp samma år är det istället lättleran som avkastar högre med 2%. Detta beror på den teoretiska maximala avkastningen som påverkar hur mycket bevattningen kan öka den faktiska avkastningen. I Uppsala-Säby hade lättleran en teoretisk maximalavkastning som var 400 kg mer än för mellanleran, i Alnarp var det 700 kg. Om den teoretiska maximala avkastningen är samma för båda jordarterna blir mellanleran alltid högre avkastande. Studier om hur lantbrukare ska tänka när de planerar sin bevattning skulle därför vara intressant. Om vall har en maximal avkastning som är lika oberoende av jordart skulle samma bevattning teoretiskt ge större avkastningsökning på de mer vattenhållande jordarna än på de mindre.

5.2.1 Förbättringsområden och framtida forskning

Förbättringsområden

För avkastningsberäkningarna finns det inga försök i Sverige som undersöker om beräkningarna stämmer mot verkligheten. Detta gör det svårt att veta om det faktiskt är möjligt att använda ekvationen för att beräkna avkastningarna.

Den stora skillnaden som lantbrukare kan göra är att använda den egna avkastningen för att beräkna ökningen. Detta leder till att mängden torrsubstans som kan skördas blir mer likt verkligheten men den procentuella ökningen kommer fortfarande vara detsamma.

Eftersom ekvationen inte är validerad i Sverige är det svårt att säga om den går att använda för att efterlikna verkligheten. De procentuella ökningarna liknade dem från försök som har utförts och det är den enda metoden för att beräkna avkastningen. Detta gör att för denna rapport är det en bra metod för att utföra beräkningarna men de skulle behöva valideras.

Framtida forskning

Förutom validering av avkastningsberäkningarna är ett framtida forskningsbehov är att lägga in ekonomin i beräkningarna. Detta är speciellt för hur mycket vatten som är realistiskt att bevattna med. I denna rapport genomfördes en mindre intervju där några lantbrukare svarade på hur mycket de bevattnade sin vall, men att göra ekonomiska beräkningar vad som skulle vara optimalt på olika platser och på olika jordarter skulle ge betydligt bättre rekommendationer. Här kan även kvalitetsaspekter av skörden läggas in för att få en ytterligare aspekt i beräkningarna

Ett annat forskningsbehov är att studera bevattningsbehoven under många år; blöta, normala och torra. Denna rapport täcker 2023 som var en torr försommar men år som 2018 och blöta år skulle ge en bättre uppfattning om hur mycket vatten en individuell lantbrukare skulle behöva under en säsong.

Ett sista framtida forskningsbehov är att även inkludera mätningar av markfukt, avdunstning eller energimätningar till beräkningarna. Det är för att få de absolut mest korrekta resultaten av bevattningsbehoven i vall på olika platser i Sverige.

6. Slutsats

För bevattningsbehoven är slutsatsen att det ofta krävs mycket vatten för att täcka behoven vall har under en hel säsong. Det högsta beräknade behovet var 290 mm och ett behov över 200 mm var inte ovanligt i södra Sverige, område A-F. För Mellansverige och norra Sverige, område G-I, var bevattningsbehovet något lägre på ungefär 150 mm. Dessa volymer kan vara höga för lantbrukare att bevattna med och av resultaten från bland annat intervjun är 100 mm bevattning en rimligare volym att rekommendera. Om bevattningen inte räcker över hela säsongen är rekommendationen att börja vattna så tidigt som behovet uppstår för att ta vara på den högre nederbörden i slutet av säsongen. Eftersom alla beräkningar gjorts med insamlade väderdata finns det frågor kring hur väl resultaten reflekterar verkligheten. Då metoden har validerats i Sverige och den används i bland annat Kanada reflekterar resultaten verkligheten väl men den skulle förbättras med mätningar i fält.

För avkastningsberäkningarna har beräkningsmetoden inte validerats i Sverige vilket gör att resultaten blir mer ifrågasättbara. Resultat blev dock att avkastningsökningen starkt följde bevattningsbehovet där ett stort behov ledde till en stor ökning och vice versa. Avkastningsökningen i södra Sverige, område A-F, var ungefär 40–50% och för de resterande områdena var den 30–40% om bevattning skedde över hela säsongen. Om bevattningen skedde fram till antingen den första eller den andra skörden var avkastningsökningarna mycket varierande och följde igen bevattningsbehovet. Alla dessa resultat liknar resultaten från tidigare bevattningsförsök.

Jordartens betydelse för bevattningsbehoven och avkastningsökningarna var genomgående att det fanns ett större bevattningsbehov på den lättare leran eftersom den innehöll mindre vatten. Detta ledde även till att avkastningsökningen blev större om all bevattning kunde genomföras. Det var dock inte lika säkert om bevattning skedde till en viss mängd, exempelvis 100 mm, vilket skulle kunna vara ett framtida forskningsbehov om beräkningarna valideras.

Tack

Ett stort tack till handledare Abraham Joel och biträdande handledare Ingrid Wesström för hjälp och idéer kring arbetet. För svaren på intervjun vill jag även tacka lantbrukarna och Carl Larsson som skapade kontakten samt gav idéer och kommentarer på arbetet. Slutligen skulle jag även vilja tacka opponert Gustav Persson och examinator Helena Aronsson för idéer och kommentarer på arbetet.

Referenser

- Alberta Irrigation Management Model* (u.å.). *Alberta.ca*.
<https://acis.alberta.ca/imcin/aimm.jsp> [2026-03-18]
- Allen, R.G., Pierra, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)*. FAO.
- Allen, R.G., Walter, I.A., Elliot, R.L., Howell, T.A., Itenfisu, D., Jensen, M.E. & Snyder, R.L. (2018). Calculating Standardized Reference Crop Evapotranspiration. I: *The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation*. 7–45.
<https://doi.org/10.1061/9780784408056.ch04>
- Andås, C. (2023). *-Method validation in Swedish irrigation trials in ley*
- Andås, C., Bagger-Jørgensen, E. & Persson, A.-T. (2024). *Vattendom - Avgörande för bevattningskalkylen på en mjölkgård? VÄXA*.
- Berglund, G., Ericson, A., Eriksson, J., Heiwall, H., Ingvarsson, A., Karlsson, S.-E., Linnér, H. & Persson, L. (1979). *Resultat av 1978 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. [2026-02-04]
- Berglund, G., Ericson, A., Eriksson, J., Ingvarsson, A., Linnér, H. & Persson, L. (1978). *Resultat av 1977 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. https://pub.epsilon.slu.se/3671/1/berglund_et_al_090416.pdf [2026-02-04]
- Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K., Ingvarsson, A., Karlsson, I. & Karlsson, S.-E. (1981). *Resultat av 1980 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. [2026-02-04]
- Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. (1982). *Resultat av 1981 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. [2026-02-04]
- Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.L. (1984). *Resultat av 1983 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. [2026-02-04]
- Berglund, G., Eriksson, J. & Karlsson, S.-E. (1983). *Resultat av 1982 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. [2026-02-04]
- Berglund, G., Eriksson, J., Karlsson, S.-E., Berglund, K., Heiwall, H., Linnér, H., Ericson, A. & Karlsson, I. (1980). *Resultat av 1979 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. [2026-02-04]
- Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. (1975). *Resultat av 1974 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök*. SLU. [2026-02-04]
- Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. (1976). *Resultat av 1975 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök*. SLU. [2026-02-04]

- Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. (1977). *Resultat av 1976 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök*. [2026-02-04]
- British Columbia Ministry of Agriculture (2015). SOIL WATER STORAGE CAPACITY AND AVAILABLE SOIL MOISTURE. Faktablad. https://www.droughtmanagement.info/literature/BC_MA_Soil_Water_Storage_Capacity_2005.pdf [2025-07-28]
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., Bentvelsen, C.L.M., Branscheid, V., Plusjé, J.M.G.A., Smith, M., Uittenbogaard, G.O. & Van der Wal, H.K. (1979). *Yield response to water - FAO Irrigation and drainage paper no 33*. Food and agriculture organization of the United Nations.
- Ekelöf, J., Albertsson, J. & Råberg, T. (2010). *Markfuktens betydelse för knölsättning, skörd och kvalitet i potatisproduktion*. SLU. https://www.researchgate.net/publication/279440090_Markfuktens_betydelse_for_knolsattning_skord_och_kvalitet_i_potatisproduktion [2026-03-19]
- Ekman, L., Gran, K., Karlsson, K., Krafft, J., Lingers, P., Ljungberg, T., Lundbreg, S., Olsson, E. & Åkerlind, M. (2019). *Rådgivning och åtgärder vid extrem torka - Lärdomar från sommaren 2018*. VÄXA. <https://www.vxa.se/globalassets/dokumentsoek/foder/radgivning-och-atgarder-vid-extrem-torka.pdf> [2026-02-24]
- Grönvall, A. (2024a). *Bevattning och dränering av jordbruksmark 2023*. Jordbruksverket. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-11-20-bevattning-och-dranering-av-jordbruksmark-2023> [2026-02-24]
- Grönvall, A. (2024b). *Bevattning och dränering av jordbruksmark 2023*. [text]. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-11-20-bevattning-och-dranering-av-jordbruksmark-2023> [2026-03-18]
- Halling, M., Sandström, B., Hallin, O. & Larsson, S. (2021). *Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter: sortval för södra, mellersta och norra Sverige 2020/2021*. Institutionen för växtproduktionsekologi, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Hargreaves, G.H. & Allen, R.G. (2003). History and Evaluation of Hargreaves Evapotranspiration Equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129 (1), 53–63. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2003\)129:1\(53\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2003)129:1(53))
- Håkansson, Aug., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. (1965). *Resultat av 1964 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*. [2026-02-04]
- Håkansson, Aug., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. (1966). *Resultat av 1965 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*. [2026-02-04]
- Håkansson, Aug., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. (1967). *Resultat av 1966 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*. [2026-02-04]
- Håkansson, Aug., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. (1969). *Resultat av 1968 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*. [2026-02-04]

- Håkansson, Aug., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. (1970). *Resultat av 1969 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*. SLU. [2026-02-04]
- Håkansson, Aug., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. (1971). *Resultat av 1970 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*. SLU. [2026-02-04]
- Håkansson, Aug., Berglund, G., Johansson, W. & Eriksson, J. (1968). *Resultat av 1967 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök*.
- Håkansson, Aug., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. (1972). *Resultat av 1971 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök*. [2026-02-04]
- Håkansson, Aug., Johansson, W., Berglund, G., Eriksson, J. & Linnér, H. (1973). *Resultat av 1972 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök*. [2026-02-04]
- Joel, A. (2025a). Water balance Gotland 2021_R0_P60. Ej publicerad.
- Joel, A. (2025b). Water balance Gotland 2022_R0_P60
- Joel, A. (2025c). Water balance Gotland 2023. Ej publicerad.
- Joel, A. (2025d). Water balance Öland 2021_R0_P60. Ej publicerad.
- Joel, A., Nilsson-Linde, N. & Wesström, I. (2020a). Går det att höja vallskördarna med enstaka bevattningsgivor – vad händer med kvaliteten? *Försöksrapport Sverigeförsöken 2020*. Hushållningssällskapet. 19–26.
- Joel, A., Nilsson-Linde, N. & Wesström, I. (2021). Bevattning av vall. *Försöksrapport Sverigeförsöken 2021*. Hushållningssällskapet. 19–27.
- Joel, A., Nilsson-Linde, N. & Wesström, I. (2022). Går det att höja vallskördarna med enstaka bevattningsgivor – vad händer med kvaliteten? *Försöksrapport Sverigeförsöken 2022*. Hushållningssällskapet. 19–30.
- Joel, A., Nilsson-Linde, N. & Wesström, I. (2023). Går det att höja vallskördarna med enstaka bevattningsgivor – vad händer med kvaliteten? *Försöksrapport Sverigeförsöken 2023*. Hushållningssällskapet. 19–30.
- Joel, A., Wesström, I. & Grusson, Y. (2020b). *Beräknat bevattningsbehov för svenskt jordbruk under två 30-års perioder; 1989-2018 och 2021-2050*. SLU.
- Jordbruksverket (2024). Kvalitetsdeklaration - Skörd av slåttervall 2023.
- Jordbruksverket (2025a). *Hektar- och totalskörd efter Län, Gröda, Variabel, Tabelluppgift och År*.
http://statistik.sjv.se/PXWebPXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets-statistikdatabas/Jordbruksverkets-statistikdatabas__Skordar/JO0601J01.px/ [2026-02-18]
- Jordbruksverket (2025b). *Jordbruksmarkens användning 2025. Slutlig statistik*.
<https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2025-10-22-jordbruksmarkens-anvandning-2025.-slutlig-statistik> [2026-01-22]
- Karlsson, A.-M. (2023). Skörd av vall 2012- 2022. *Jordbruket i siffror*.
<https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2023/11/02/skord-av-vall-2012-2022/>
 [2026-01-22]

- Karlsson, C., Sohlenius, G. & Peterson Becher, G. (2021). *Handledning för jordartsgeologiska kartor och databaser över Sverige*. SGU.
- Karlsson, L. (2014). *Goda råd vid vallskörd*. <https://grovfoderverktyget.se/?p=31137> [2026-01-22]
- Karlsson, L. & Andås, C. (u.å.). *Fem vallskördar – en för mycket - Arvensis*. <https://media.hushallningssallskapet.se/p/arvensis/2024-06-14/a/fem-vallskordar-en-for-mycket/4159/1483321/52949173> [2026-01-22]
- Koyus (2012). *Sveriges landskap*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sveriges_landskap_farg.svg [2026-03-18]
- Lee, J.-Y., J. Marotzke, G. Bala, L. Cao, S. Corti, J.P. Dunne, F. Engelbrecht, E. Fischer, J.C. Fyfe, C. Jones, A. Maycock, J. Mutemi, O. Ndiaye, S. Panickal, and T. Zhou, 2021: Future Global Climate: Scenario-Based Projections and NearTerm Information. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 553–672, doi:10.1017/9781009157896.006.
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. (1989). Resultat av 1988 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. [2026-02-04]
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. (1990). *Resultat av 1989 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. (1991). *Resultat av 1990 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning*. [2026-02-04]
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. (1992). *Resultat av 1991 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. [2026-02-04]
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. (1993). *Resultat av 1992 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. [2026-02-04]

- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.L. (1985). *Resultat av 1984 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. [2026-02-04]
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.L. (1987). *Resultat av 1986 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU/Repro. [2026-02-04]
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.L. (1988). *Resultat av 1987 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. [2026-02-04]
- Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Svensson, M., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.L. (1986). *Resultat av 1985 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning*. SLU. [2026-02-04]
- Länsstyrelsen Skåne (u.å.). *Vattenförsörjning och hantering av torka*. [text]. <https://www.lansstyrelsen.se/skane/miljo-och-vatten/vatten--och-avloppsforsorjning/vattenforsorjning-och-hantering-av-torka.html> [2026-02-19]
- Malm, P. & Berglund, P. (2006). Bevattning och växtnäringsutnyttjande. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo07_5.pdf [2025-11-11]
- National Center for Appropriate Technology (2023). *The Irrigators Pocket Guide*. https://attra.ncat.org/wp-content/uploads/2023/05/Irrigators-Pocket-Guide_Water-Management.pdf [2025-07-24]
- Niléhn, A. (2024). Krångligt väder - Ökade utmaningar. *Lantbruksnytt*. <https://lantbruksnytt.se/krangligt-vader-okade-utmaningar/> [2026-02-24]
- Nilsson, T. (2010). Vallskörd under hot om regn. *ATL*. <https://www.atl.nu/vallskord-under-hot-om-regn> [2026-01-22]
- Normalkartor* (2025). *SMHI*. [text]. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/normalkartor> [2026-01-23]
- Olesen, J.E. & Plauborg, F. (1995). *MVTOOL version 1.10 for developing MARKVAND*
- Om Svensk Trädgårds zonkarta* (2021). *Riksförbundet Svensk Trädgård*. <https://svensktradgard.se/tradgardsrad/zonkartan/sveriges-zonkarta/> [2026-01-23]
- Oscarsson, J., af Geijersstam, L., Andersson, R., Nätterlund, H., Berg, G., Ståhl, P., Nilsson, N., Jönsson, E., Blackert, C., Hansson, G., Helmersson, N., Pålsson, A., Hjelm, E., Bergström Nilsson, E., Stabo, S., Lindström, S. & Spörndly, R. (2014). Tre vallskördar per år mest lönsamt Arvensis 2014-3. [2026-01-22]
- Pang, D., Krizsan, S. & Huhtanen, P. (2017). Flera skördar av vallen i nordlig mjölkproduktion
- PM Sortförsök i vallgräs 2025 (2025).
- Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M. & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116 (1), 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6)

- Regeringskansliet (2025). *Livsmedelsstrategin 2.0*. Landsbygds- och infrastrukturdepartementet.
<https://www.regeringen.se/contentassets/77b9be17a33f4d8a804512d4acea517/livsmedelsstrategin-2.0.pdf> [2026-02-24]
- Santos Pereira, L., Allen, R.G., Paredes, P., López-Urrea, R., Raes, D., Smith, M., Kilic, A. & Salman, M. 2025. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Second edition, revised 2025. FAO Irrigation and Drainage Paper, No.56 Rev.1. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd6621en>
- SFS nr: 1998:1388 (1998). *Förordning (1998:1388) om vattenverksamheter. 19 § punkt 9-10*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-19981388-om-vattenverksamheter_sfs-1998-1388/ [2026-02-19]
- Stendahl, J. (2025). *Klimat. SLU*. <https://www.slu.se/om-slu/organisation/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/markinfo/standort/klimat/> [2026-01-23]
- Svensson, S.-E. (2003). Bevattning i grönsaksodling.
- Thomasfolk, C. (2024). Regn har stört bärgningen av den andra vallskörden. *Landsbygdens Folk*. <https://www.landsbygdensfolk.fi/nyheter/regn-har-stoert-baergningen-av-den-andra-vallskoerden> [2026-01-22]
- Thyssen, I. & Detlefsen, N.K. (2006). *Online decision support for irrigation for farmers. Agricultural Water Management*. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.05.016>
- UNESCO (2021). *The United Nations World Water Development Report 2021 - Valuing Water*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000375724&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_db06f7c4-b33f-4833-be56-bbf54afdee3f_%3D375724eng.pdf&locale=en&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000375724/PDF/375724eng.pdf#WWDR%202021%20EN%20report.indd%3A.56369%3A2358 [2026-02-24]
- USDA (2022). *Keys to Soil Taxonomy, 13th Edition*. USDA Natural Resources Conservation Service.
- Vallprognos.se* (2025). <http://vallprognos.se/> [2025-11-10]
- Vattenanvändningen i Sverige 2020 MI27 - Vattenuttag och vattenanvändning 2022:1
- Zotarelli, L., Dukes, M., Romero, C.C., Migliaccio, K.W. & Morgan, K.T. (2010). *AE459/AE459: Step by Step Calculation of the Penman-Monteith Evapotranspiration (FAO-56 Method)*. University of Florida.
<https://ask.ifas.ufl.edu/publication/AE459> [2026-02-20]

Muntliga källor

- ¹Abraham Joel, docent, SLU, handledningsmöte 2025-12-04

Populärvetenskaplig sammanfattning

Torka och klimatförändringar har gjort att intresset för bevattning drastiskt har ökat. I Sveriges mest odlade gröda, vall, är det dock väldigt få som bevattnar och bevattningsbehoven är inte helt klarlagda. Därför har fokuset i detta arbete bland annat handlat om bevattningsbehoven av vall runt om i Sverige.

Under åren 2020–2023 pågick bevattningsförsök på Gotland och Öland där bevattningsbehovet beräknades med hjälp av väderdata. Denna data kan användas med kunskaper om hur mycket vatten som finns tillgängligt för växterna i marken för att göra vattenbalansberäkningar. Genom att varje dag beräkna hur mycket vatten som avgår från jorden, genom växter med transpiration och genom marken med evaporation, och hur mycket regn som kommer går det att beräkna bevattningsbehovet. Dessa beräkningar genomfördes för varje dag i försöken och bevattning skedde när beräkningarna sa att det fanns ett bevattningsbehov. För att validera om beräkningarna stämde med verkligheten genomfördes det även markfuktmätningar, vilka mäter hur mycket vatten som finns i marken. Resultatet från detta var att beräkningarna går att använda för att beräkna bevattningsbehovet vilket är vad som sedan gjordes i detta arbete. I försöken mättes även avkastningen, hur mycket som skördades, och med denna data går det att beräkna avkastningen på andra platser i Sverige. Det blev en annan del av fokuset i detta arbete och slutligen har arbetet handlat om hur jordarten påverkar både bevattningsbehoven och avkastningarna.

Resultaten för bevattningsbehovet var liknande till dem i försöken på Öland och Gotland med runt 200 mm bevattningsbehov över hela säsongen i södra Sverige. Mellersta och norra Sverige hade ett något lägre bevattningsbehov på ungefär 150 mm över hela säsongen. Året spelade stor roll på behovet och det var speciellt tydligt för bevattningsbehovet fram till de första skördarna. Genom bland annat en intervju visades det att dessa volymer är väldigt stora för lantbrukare och runt 100 mm är en rimligare mängd att bevattna med. För avkastningarna följde de bevattningsbehovet med stor avkastning om det var ett stort bevattningsbehov. Ökningen blev ungefär 40–50% i södra Sverige och 30–40% i norra. Jordartens betydelse på bevattningsbehovet var att en jord som håller mer vatten har ett lägre behov vilket även leder till att avkastningsökningen var lägre.

Slutsatserna från detta arbete blev därför att bevattningsbehoven över hela säsongen är generellt sett höga men beror mycket på året och bevattning av 100 mm är rimligare. Denna volym räcker för att bevattna fram till den viktigaste skörden, den första, och ofta förbi. För avkastningarna kan bevattningen leda till stora öknings om all bevattning genomförs men det beror på jordarten där mindre vattenhållande jordar kommer att få en större avkastningsökning.

Bilaga 1

Tabell 27: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område A, Alnarp.

Zon A - 2020	Längder på K_c – Säsong börjar 1/4			
Skörd	Första	Andra	Tredje	Fjärde
Initialt	8	3	4	4
Utveckling	26	14	19	19
Hög tillväxt	20	5	10	9
Avslutande	7	4	9	8
2021	Säsong börjar 23/3			
Initialt	10	4	4	
Utveckling	30	18	18	
Hög tillväxt	25	9	9	
Avslutande	10	8	8	
2022	Säsong börjar 13/4			
Initialt	6	4	4	4
Utveckling	23	18	15	19
Hög tillväxt	19	8	7	9
Avslutande	6	7	7	8
2023	Säsong börjar 8/4			
Initialt	4	3	5	
Utveckling	24	15	22	
Hög tillväxt	19	5	13	
Avslutande	4	4	13	

Tabell 28: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område C, Huskvarna.

Zon C - 2020	Längder på K_c – Säsong börjar 5/4			
Skörd	Första	Andra	Tredje	Fjärde
Initialt	7	3	4	5
Utveckling	25	13	18	20
Hög tillväxt	19	5	8	10
Avslutande	6	5	7	11
2021	Säsong börjar 23/3			
Initialt	10	5	4	
Utveckling	29	21	18	
Hög tillväxt	23	11	8	
Avslutande	8	11	7	
2022	Säsong börjar 16/4			
Initialt	5	3	4	4
Utveckling	21	14	17	17
Hög tillväxt	15	5	7	8
Avslutande	5	4	6	7
2023	Säsong börjar 18/3			
Initialt	9	3	7	
Utveckling	29	14	22	
Hög tillväxt	24	6	22	
Avslutande	9	6	22	

Tabell 29: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område D, Vreta kloster.

Zon D - 2020 Skörd	Längder på K_c – Säsong börjar 19/4			
	Första	Andra	Tredje	Fjärde
Initialt	5	3	4	5
Utveckling	23	13	18	21
Hög tillväxt	12	5	8	11
Avslutande	5	4	8	10
2021	Säsong börjar 23/3			
Initialt	10	4	4	4
Utveckling	30	15	17	17
Hög tillväxt	25	6	6	7
Avslutande	9	5	6	7
2022	Säsong börjar 16/4			
Initialt	7	4	6	
Utveckling	24	18	21	
Hög tillväxt	19	9	11	
Avslutande	7	8	11	
2023	Säsong börjar 10/4			
Initialt	6	3	6	4
Utveckling	23	14	23	19
Hög tillväxt	18	4	13	8
Avslutande	5	4	13	8

Tabell 30: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område E, Vara.

Zon E - 2020 Skörd	Längder på K_c – Säsong börjar 19/4			
	Första	Andra	Tredje	Fjärde
Initialt	5	3	6	4
Utveckling	20	15	22	17
Hög tillväxt	10	5	12	7
Avslutande	9	2	12	7
2021	Säsong börjar 24/3			
Initialt	9	3	5	4
Utveckling	29	14	19	17
Hög tillväxt	23	5	8	7
Avslutande	8	4	8	7
2022	Säsong börjar 13/4			
Initialt	7	4	4	4
Utveckling	24	18	16	19
Hög tillväxt	18	8	8	9
Avslutande	5	7	7	9
2023	Säsong börjar 8/4			
Initialt	6	4	6	4
Utveckling	23	15	23	19
Hög tillväxt	16	5	13	9
Avslutande	5	5	13	8

Tabell 31: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område F, Uppsala-Säby.

Zon F – 2020 Skörd	Längder på K_c – Säsong börjar 19/4			
	Första	Andra	Tredje	Fjärde
Initialt	7	3	4	4
Utveckling	23	13	17	17
Hög tillväxt	17	6	7	8
Avslutande	6	5	7	7
2021	Säsong börjar 22/3			
Initialt	10	3	4	4
Utveckling	31	12	17	17
Hög tillväxt	26	5	7	7
Avslutande	10	5	7	7
2022	Säsong börjar 14/4			
Initialt	5	4	4	5
Utveckling	20	14	17	19
Hög tillväxt	14	7	7	9
Avslutande	4	6	7	8
2023	Säsong börjar 7/5			
Initialt	3	3	7	
Utveckling	16	16	24	
Hög tillväxt	11	7	13	
Avslutande	3	7	13	

Tabell 32: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område G, Hedemora.

Zon G - 2020 Skörd	Längder på K_c – Säsong börjar 19/4		
	Första	Andra	Tredje
Initialt	6	4	6
Utveckling	24	19	23
Hög tillväxt	20	9	13
Avslutande	6	9	12
2021	Säsong börjar 10/5		
Initialt	4	4	6
Utveckling	18	18	22
Hög tillväxt	13	8	13
Avslutande	4	8	12
2022	Säsong börjar 16/4		
Initialt	10	5	4
Utveckling	29	21	14
Hög tillväxt	24	10	7
Avslutande	9	10	6
2023	Säsong börjar 17/4		
Initialt	6	6	
Utveckling	23	22	
Hög tillväxt	18	22	
Avslutande	6	22	

Tabell 33: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område H, Sundsvall.

Zon H - 2020 Skörd	Längder på K_c – Säsong börjar 20/5		
	Första	Andra	Tredje
Initialt	7	4	5
Utveckling	26	17	19
Hög tillväxt	21	7	9
Avslutande	7	6	9
2021	Säsong börjar 10/5		
Initialt	3	5	6
Utveckling	16	19	23
Hög tillväxt	11	10	12
Avslutande	3	9	13
2022	Säsong börjar 5/5		
Initialt	5	5	5
Utveckling	20	20	19
Hög tillväxt	15	10	9
Avslutande	4	9	9
2023	Säsong börjar 7/5		
Initialt	4	8	
Utveckling	18	25	
Hög tillväxt	13	16	
Avslutande	4	17	

Tabell 34: Längder på grödkoefficienten, K_c , för de fyra åren och alla skördar som utfördes i område I, Umeå.

Zon I - 2020 Skörd	Längder på K_c – Säsong börjar 15/4		
	Första	Andra	Tredje
Initialt	3	5	
Utveckling	17	21	
Hög tillväxt	11	12	
Avslutande	3	11	
2021	Säsong börjar 10/5		
Initialt	6	4	
Utveckling	20	19	
Hög tillväxt	16	9	
Avslutande	6	9	
2022	Säsong börjar 17/4		
Initialt	7	5	6
Utveckling	23	21	21
Hög tillväxt	16	11	11
Avslutande	6	10	11
2023	Säsong börjar 8/5		
Initialt	5	7	
Utveckling	19	23	
Hög tillväxt	14	17	
Avslutande	4	16	

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

JA, jag, Karl Lingham har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.