



Behovsstyret grødeskæring

- En undersøgelse af muligheden for at indføre behovsstyret grødeskæring i vandløb på baggrund af frit tilgængelige data.

Af: RASMUS THORUP JUUL JENSEN

Forsidefoto (Thomsen n.d)

Titel: Behovsstyret grødeskæring -

*En undersøgelse af muligheden for at indføre
behovsstyret grødeskæring i vandløb på
baggrund af frit tilgængelige data.*



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Projektperiode: 1. september 2016 – 2. juni 2017

Projektgruppe: MSc Physical Geography

Forfatter:

Rasmus Thorup Juul Jensen

Synopsis:

Vejledere:

Morten Lauge Pedersen (AAU)

Ole Munck Johansen (NIRAS)

I denne rapport ønskes det vurderet hvordan en dansk kommune så som Hjørring Kommune kan behovsstyre grødeskæringer i vandløb? Dette undersøges ved brug af data, der på nuværende tidspunkt er tilgængelige for de danske kommuner - således er data hovedsageligt hentet fra Miljøportalen. En konceptuel model for vandstandens udvikling er opstillet. Denne er afhængig af de faktorer, der styrer vandstanden – grødevækst, nedbør og grødeskæring. Hver af disse faktorer er analyseret igennem støttende undersøgelsesspørgsmål. Grødens biomasse kan ikke måles tilstrækkeligt præcist, og således må denne estimeres ved at se på hvordan grøden påvirker andre parameter, såsom vandstand og vandføring. Da kun vandstandsdata viser sig at være målte data, er det relevant at undersøge hvordan vandføringstidsserier på Miljøportalen er beregnet. Det kan konkluderes at det godt kan være muligt at grødeskære efter behov ved netop den station hvorfra data er indsamlet. Skal behovsstyret grødeskæring virke på større skala er flere data nødvendige. Dette er dog muligt med udvikling er ny teknologi, der i højere grad gør det muligt at måle vandføring kontinuerligt.

Antal sider: 64

Antal bilag: 1

Projektaflevering: 02-06-2017

ABSTRACT

In this report, it is estimated how a Danish municipality such as Hjørring Kommune is able to optimize the cutting of weeds in public watercourses? This is investigated using data currently available to the Danish municipalities. Data is mainly obtained from Miljøportalen. A conceptual model describing the development of the water level in watercourses is set up. Thus this model depends on individual factors that overall controls the water level – growth of weeds, precipitation and weed cutting. Each of these factors has been analyzed through supporting research questions. The biomass of the weeds can not be measured accurately, and thus this must be estimated by looking at how the growth of weeds affects other parameters such as water level and water discharge. Since only data concerning the water level was found to be actual measured data, it is relevant to investigate how the discharge of water is calculated in the time series on Miljøportalen. It can be concluded that it may well be possible to optimize the cutting of weeds at station Astedbro in Uggerby Å – which is the station data is collected from. Should this further need to work on a larger scale, more data is required.

FORORD

Denne rapport er et kandidatspeciale skrevet over 9. og 10. semester på kandidatuddannelsen i naturgeografi på Aalborg Universitet fra september 2016 til foråret 2017. Specialet er skrevet i samarbejde med NIRAS Aalborg og under vejledning af Morten Lauge Pedersen (AAU) og Ole Munch Johansen (NIRAS).

Referencer er opstillet efter Harvard-metoden, (Efternavn årstal). I litteraturlisten er referencerne opstillet i alfabetisk rækkefølge. Kapitler og afsnit i denne rapport er nummeret kronologisk. Således er afsnit refereret til alt efter hvilket kapitel det tilhører og videre hvilken position i kapitlet afsnittet har. Figurer og tabeller er ligeledes nummereret kronologisk i forhold til kapitlerne med hver sin talrækkefølge. I denne rapport er analyser baseret på data hentet fra Miljøportalen samt nedbørsdata fra en målestation i Aalborg. Miljøportalen er en datadelingsportal hvis overordnet formål er at understøtte myndigheders opgaveløsninger (Miljøportal n.d). I rapporten benyttes principskitser til særligt at understrege pointer eller tendenser. Hver gang en principskitse forekommer er der i figurteksten gjort opmærksom på, at skitsen er lavet på baggrund af arbitrært udvalgte data.

INDHOLDSFORTEGNELSE

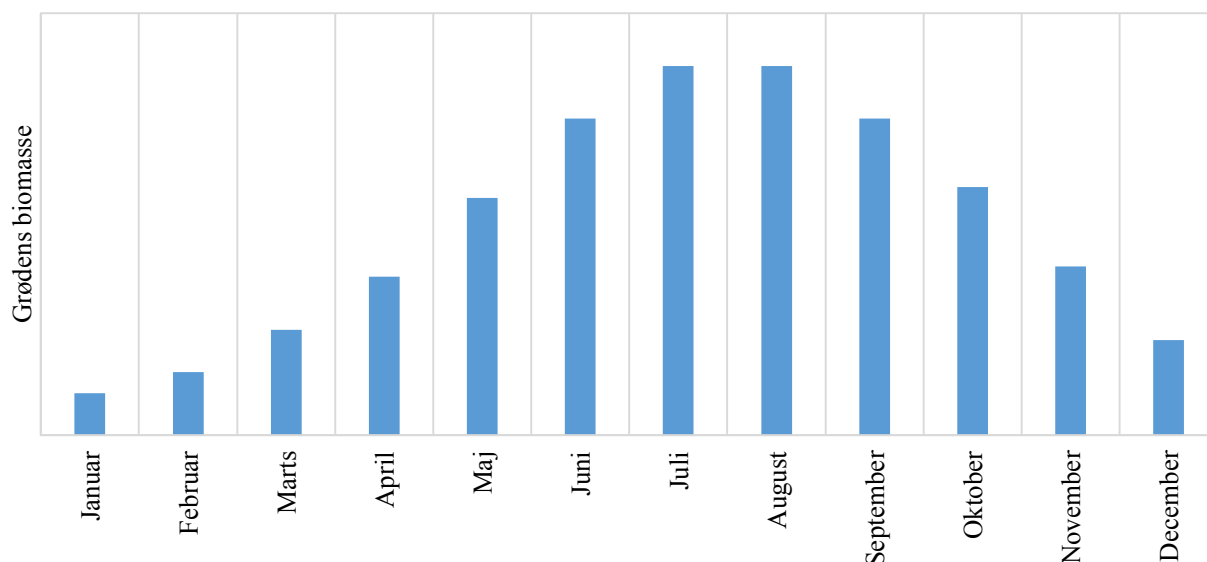
KAPITEL 1 - INTRODUKTION	3
1.1 VANDLØB & GRØDE	3
1.2 LANDBRUGSINTERESSER	4
1.3 KONCEPTUEL MODEL	5
1.4 PROBLEMFORMULERING	8
1.5 VANDLØBSSTATION ASTEDBRO (UGGERBY Å).....	9
KAPITEL 2 – IDENTIFIKATION AF GRØDESKÆRINGER I DATA FRA MILJØPORTALEN	11
2.1 FORHOLD MELLEM BEREGNET OG MÅLT VANDSTAND	11
2.2 Q/H-RELATION	12
2.3 TEORETISK VANDSTAND	14
2.4 DIFFERENCER I FORHOLDSVÆRDIEN	14
2.5 DISKUSSION	15
2.6 DELKONKLUSION	15
KAPITEL 3 – ANALYSE AF VANDFØRING OG BRÆNDPUNKTER FRA MILJØPORTALEN	16
3.1 GENBEREGNING AF VANDFØRING FRA MILJØPORTALEN	16
3.2 BRÆNDPUNKTSVÆRDI	19
3.3 DISKUSSION	24
3.4 DELKONKLUSION	26
KAPITEL 4 – GRØDESKÆRINGER OG GRØDEVÆKSTS PÅVIRKNING PÅ VANDSTAND	27
4.1 GRØDESKÆRINGER PÅVIRKNING PÅ VANDSTAND	27
4.2 GRØDEVÆKSTS PÅVIRKNING PÅ VANDSTAND	28
4.3 ESTIMERING AF VANDSTANDSFALD OG VANDSTANDSSTIGNINGER.....	30
4.3.1 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2012	30
4.3.2 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2013	31
4.3.3 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2014	33
4.3.4 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2015	34

4.3.5 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2016	35
4.4 DISKUSION	37
4.5 DELKONKLUSION.....	38
KAPITEL 5 – ANALYSE AF NEDBØRSFORSKYLDTE VANDSTANDSSTIGNINGER ...	39
5.1 BEREGNING AF VANDSTANDSSTIGNING	39
5.2 BEREGNING AF α -VÆRDIER	40
5.3 DISKUSSION.....	43
5.4 DELKONKLUSION.....	44
KAPITEL 6 – KONKLUSION.....	45
KAPITEL 7 - LITTERATURLISTE	47
KAPITEL 8 - BILAG	49
8.1 NEDBØRSFORSKYLDTE VANDSTANDSSTIGNINGER.....	49
8.1.1 2013.....	49
8.1.2 2014.....	51
8.1.3 2015.....	53
8.1.4 2016.....	55

KAPITEL 1 - INTRODUKTION

1.1 VANDLØB & GRØDE

Af de cirka 70.000 kilometer vandløb, der er i Danmark, er godt og vel tre fjerdedele private vandløb, mens den resterende fjerdedel er offentlige (Bach et al. 2016). Alle offentlige vandløb er reguleret af Vandløbsloven, som har til formål at sikre, at vandløb i Danmark kan aflede vand tilstrækkeligt effektivt. Dette under hensyntagen til anden lovgivning vedrørende krav til vandmiljøets tilstand (naturbeskyttelsesloven, miljømålsloven, planloven, miljøbeskyttelsesloven og okkerloven) (Engberg 2015 kapitel 1) Vandløbsmyndigheden er de danske kommuner. Deres ansvar er at vedligeholde de offentlige vandløb, så de er i stand til at dræne vand under forskellige forhold (Engberg 2015 kapitel 7). Denne vedligeholdelse sker typisk ved grødeskæring. Grøde er en fællesbetegnelse for vegetation, der gror i vandløb (Madsen 2017). Grødens tidslige variation er bestemt af de danske årstider. I vintermånederne er grøden i vandløbene ikke eksisterende. Grødevæksten starter så i løbet af foråret og når sit maksimum i sommermånederne. Den tidlige placeringen af ekstrema samt størrelsen af grødens biomasse er dog vanskelig at forudbestemme, da denne er styret af klimatiske faktorer som eksempelvis sollys og temperatur. Figur 1.1 er en principskitse lavet på baggrund af arbitrært valgte data og viser den forventede generelle udvikling i grødens biomasse over et år.



Figur 1.1: Principskitse, der viser den forventede generelle udvikling i grødens biomasse over et år i et vandløb. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data.

Idet grødens biomasse over foråret og sommeren vokser vil modstanden mod det rindende vand i vandløbet stige. Friktion mellem vand og planter resulterer i modstand, der på større skala fører til, at vandstanden i vandløbet stiger. Grøden er således medbestemmende for vandstandens niveau. Grundet den vekslende vandstand i et vandløb er vegetationen, voksende forskellige steder i vandløbets profil, skiftevist dækket af vand og fritlagt. Al vegetation, der gror i vandløbets profil, betegnes dog som grøde på trods af denne uklare grænse (Skov- og Naturstyrelsen 2008). Typen af vegetation, der dækkes af vand har endvidere betydning for hvilken samlet modstand grøden i vandløbsprofilen yder på det rindende vand:

Vegetation	Karakteristik	Modstand
Vandplanter	Gror med rodfæste i vandløbets bund og er generelt set vanddækket	Lav
Kantplanter	Gror med rodfæste i vandløbets bund eller i jord umiddelbart over vandspejlet. Vokser ret op med blade og skud over vandspejlet.	Mellem
Brinkplanter	Gror med rodfæste i den generelt set tørre del af vandløbsprofilen.	Høj

Tabel 1.1: Viser vegetationstype, karakteristik og den relative størrelse af vegetationens modstand (Skov- og Naturstyrelsen 2008; Simonsen et al. 2016).

1.2 LANDBRUGSINTERESSER

Vedligeholdelse ved skæring af grøde anses for at være en effektiv metode til at regulere vandstanden i vandløb og derved øge afvandingen fra vandløbsnære jorde. Derfor er det i landbrugets interesse, at grødeskæring i vandløb intensiveres (Simonsen et al. 2016). Landbrugsjord udgør cirka 62 procent af Danmarks samlede areal (Larsen 2013). Således er vandløb og landbrugsjorde ofte beliggende i nær kontakt med hinanden. Private vandløb udgøres som oftest af mindre grøfter og vandløb, designet til at dræne landbrugsarealer. Disse mindre enheder tilløber større vandløb, der er under det offentliges myndighed. Ved kontakt mellem landbrugsjord og private vandløb er det den private grundejers ansvar at stå for vedligeholdelsen. De potentielle konflikter vedrørende vandløbs evne til at dræne vand, opstår derfor imellem kommunerne og de lokale landmænd, når landbrugsjord er i tæt kontakt med offentligt vandløb. Konflikter opstår typisk fordi et vandløbs evne til at dræne vand fra landbrugsjorde varierer i løbet af året, idet størrelsen af udledningen blandt andet afhænger af mængden af grøde i vandløbsprofilen. I Danmark har man valgt at have vandløb, der effektivt leder vand, men samtidig også tilstræber god økologisk tilstand (god økologisk tilstand er pålagt igennem EU's vandrammedirektiv). Derfor er de to ting nødt til at sameksistere. Således er det ligeledes vanskeligt at fastlægge en optimal strategi for vandløbsvedligeholdelsen, der tilgodeser både

landbrugets og de miljømæssige interesser. Vanskelighederne i at optimere strategierne for vandløbsvedligeholdelsen har i de senere år resulteret i konflikter mellem lokale landmænd og kommuner over hele Danmark (Baden 2015; Nathan & Kristiansen 2014; Hooge 2015). Dette skyldes, at de private landmænd kræver erstatning af kommunerne til at dække tabt udbytte i forbindelse med oversvømmelse af landbrugsjord. Eksempelvis sendte en samling af fem landmænd i 2015 et erstatningskrav til Brønderslev Kommune på flere hundrede tusinde kroner (Weise 2015). Der er derfor potentielt mange penge at spare ved at optimere vandløbsvedligeholdelsen i de danske kommuner.

1.3 KONCEPTUEL MODEL

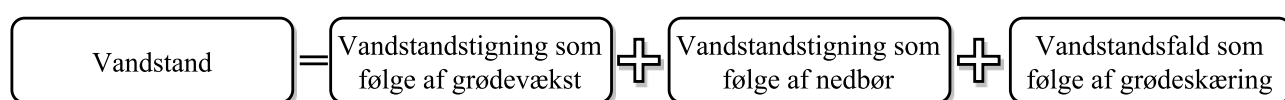
Grundideen for arbejdet i denne rapport er tanken om en ændret vedligeholdelsesstrategi for vandløb, der kan erstatte de gængse tilgange. Dette betyder nye strategier, der gør op med de tidsligt fastlagte grødeskæringer, som i stedet omlægges til behovsstyrede grødeskæringer. Denne omlægning er tænkt som en win-win-situation for både de danske kommuner og de private landmænd. Kan antallet af oversvømmelser af landbrugsarealer nedbringes, øges landmændenes udbytte fra jorde beliggende i risikozonen og endvidere elimineres processen, hvori kommunerne bliver erstatningspligtige over for landmændene. Problemet, der ønskes løsninger til er dog i sidste ende en politisk prioriteringssag. Er målet at forebygge alle oversvømmelser af landbrugsarealer nu og i fremtiden bliver opgaven dyr (og umulig), men gøres der intet vil kommunerne forsætte med at skulle betale erstatninger. Det handler derfor om at finde det politiske sweet-spot, hvor udgifter og risiko er afvejet. Når det er sagt, er omstillingen til en behovsstyret grødeskæringsvedligeholdelse ikke ukompliceret. Grødeskæringer foretages i dag med en tidslig udbredelse, der strækker sig over de måneder hvor grødevækst finder sted. Eksempelvist er grødeskæringerne i Uggerby Å i Hjørring Kommune fra 2012-2016 planlagt på følgende måde:

År	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring	4. Grødeskæring
2012	Uge 29	Uge 32	Uge 36	-
2013	Uge 29	Uge 33	Uge 38	-
2014	Uge 25	Uge 29	Uge 33	Uge 38
2015	Uge 26	Uge 30	Uge 35	Uge 41
2016	Uge 26	Uge 31	Uge 35	Uge 41

Tabel 1.2: Viser i hvilke uger grødeskæringer i Uggerby Å i Hjørring Kommune er planlagt til at foregå fra 2012-2016.

Ulempen ved at benytte en sådan skemalagt grødeskæringsstrategi er den øgede risiko for at en relativ høj grødevækst i samspil med nedbør kan resultere i nedsat dræningskapacitet i de mellemliggende perioder og i værste fald i oversvømmelse af landbrugsarealer. Derfor er man nødsaget til at skære grøden i relativt god tid for at være på den sikre side (Larsen 2012). Udfordringerne ved at benytte en behovsstyret tilgang til grødeskæring ligger i det faktum, at der på nuværende tidspunkt ikke eksisterer modeller, der kan beskrive vandstandens udvikling som funktion af nedbørs- og grødemængden i eksakte punkter langs vandløbet. Derfor er et skift af strategi ligeledes forbundet med et solidt basisarbejde, for på den måde at mindske usikkerheder og i sidste ende styrke fremtidige modeller. Det ville være mest optimalt med en prædiktiv model, der bestemmer tidspunktet, hvorpå der skal grødeskæres. Mere sandsynligt er det dog at stile mod en prognosemodel, der ligesom vejruksigter opererer med sandsynligheder, og at den endelige beslutning om hvorvidt, der skal grødeskæres foretages politisk.

Det er realistisk, at tidspunkterne hvorpå der skæres grøde, vil ligge anderledes, hvis de i højere grad fastlægges ved en kontinuerlig overvågning af vandløbssystemet. Grødevækst og nedbør er overordnet de to naturlige faktorer, der styrer vandstanden. Derfor er disse parametre essentielle dele af fremtidige modeller. Mængden af nedbør kan ikke reguleres og sjældent forudsiges mere end fem til syv dage frem i tiden. Grøden kan dog reguleres ved skæring. Derfor er grødeskæringer ligeledes nødt til at være del af en fremtidig model. Således kan en konceptuel model for vandstanden udtrykkes som summen af værdierne af de parametre, der styrer vandstanden, jf. figur 1.2.

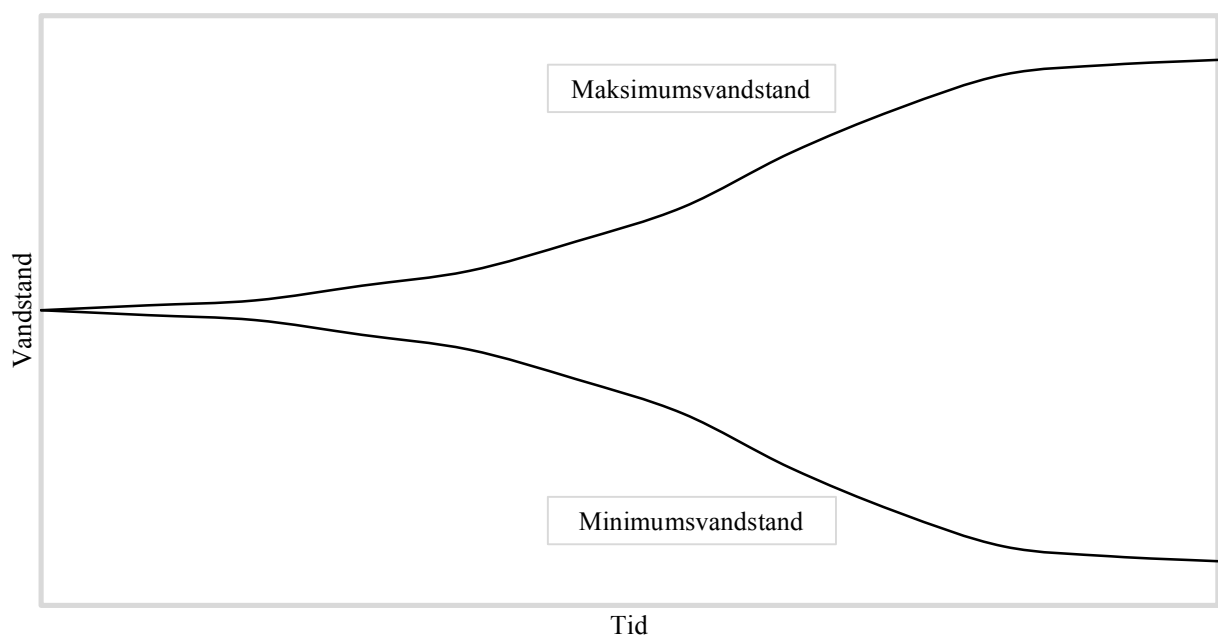


Figur 1.2: Viser den konceptuelle model. Vandstanden er summen af værdierne af de parametre, der styrer vandstanden.

- *Vandstandsstigning som følge af grødevækst:* Værdien af denne parameter kan både være positiv og negativ. En positiv grødevækst vil resultere i en positiv vandstandsstigning, mens en negativ grødevækst vil resultere i en negativ vandstandsstigning (vandstandsfald). Da det er besværligt at måle grødens biomasse må denne estimeres ved at undersøge vandføringens udvikling. Dette skyldes at grødevækst påvirker vandløbets vandføringsevne.

- *Vandstandsstigning som følge af nedbør:* Værdien af denne parameter kan kun være positiv. Udgår af den konceptuelle model så længe der ikke falder nedbør. Nedbørsmængden vil i en prognosemodel svinge mellem en minimumsværdi og maksimumsværdi.
- *Vandstandsfald som følge af grødeskæring:* Værdien af denne parameter kan kun være negativ. Størrelsen af vandstandsfaldet er dog afhængig af grødeskæringsmetoden. Grødeskæring kan endvidere påvirke grødevækst ved blandt andet at fremme artsudskiftning (Skov- og Naturstyrelsen 2008).

Denne rapport vil således søge at analysere de enkelte faktorer i den konceptuelle model. Kan værdierne af disse bestemmes som funktion af tid kan vandstanden i vandløbet ligeledes bestemmes som funktion af tid. Figur 1.3 er en principskitse, der viser spændet mellem ekstremværdier i prognosemodellen - minimumsvandstanden og maksimumsvandstande. Maksimumsvandstanden forekommer når grødevækst og nedbør påvirker vandstanden mest muligt mens minimumsvandstanden forekommer når grødevækst og nedbør påvirker vandstanden mindst muligt.



Figur 1.3: Principskitse, der viser spændet mellem ekstremværdier i prognosemodellen. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data.

1.4 PROBLEMFORMULERING

I denne rapport undersøges den centrale problemstilling:

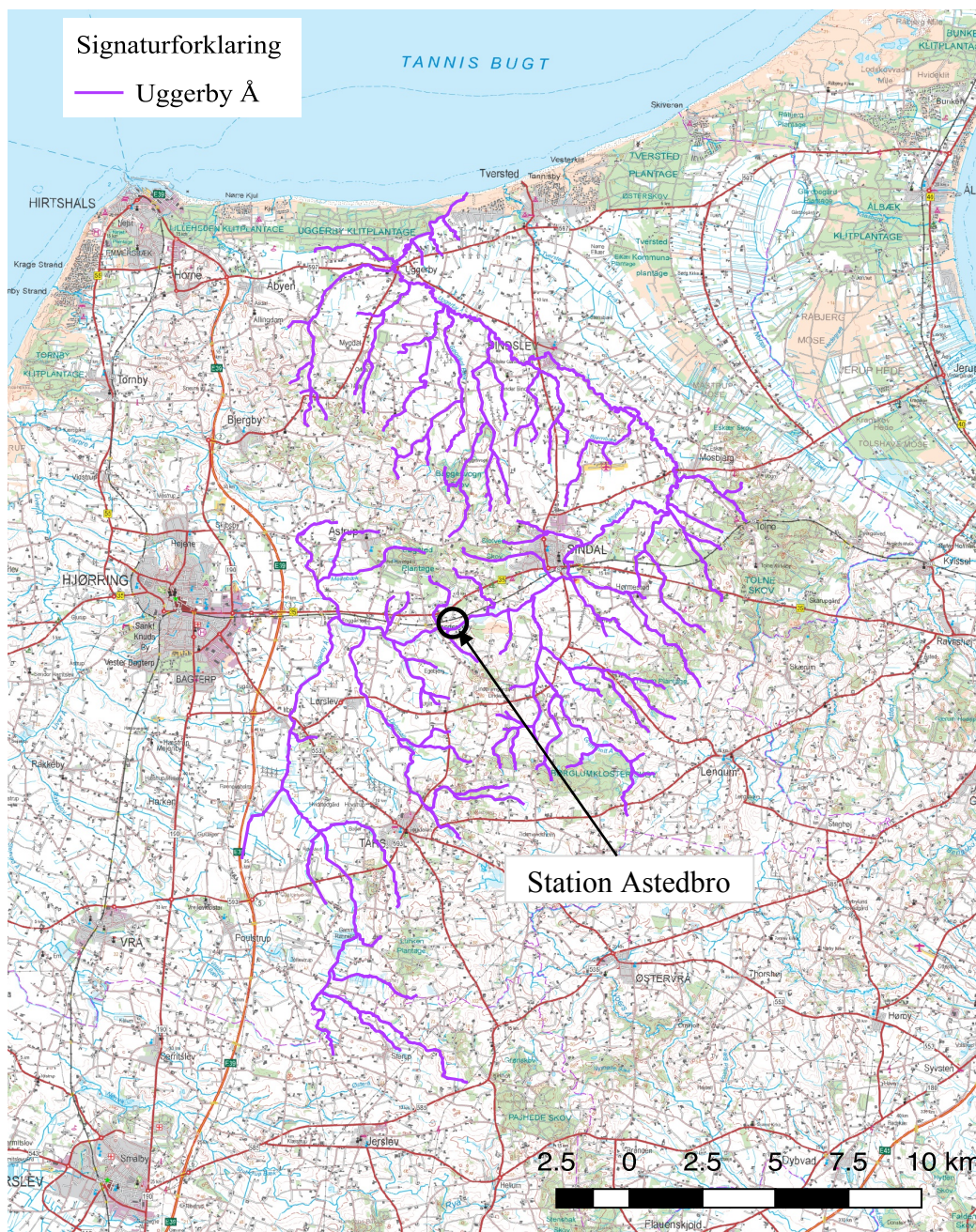
Hvordan kan Hjørring Kommune behovsstyre grødeskæringer på baggrund af data, der på nuværende tidspunkt er tilgængelige?

Til at understøtte den centrale problemstilling undersøges følgende:

- Kan grødeskæringer identificeres ved station Astedbro (Uggerby Å) ved brug af frit tilgængelige data fra Miljøportalen?
- Hvordan opstilles Q/h-relationer på Miljøportalen med henblik på at beregne vandføring?
- Hvordan bestemmes brændpunkter på Miljøportalen?
- Hvordan påvirkes vandstanden af grødeskæringer?
- Hvordan påvirkes vandstanden af grødevækst?
- Hvordan estimeres nedbørsforskyldte vandstandsstigninger?

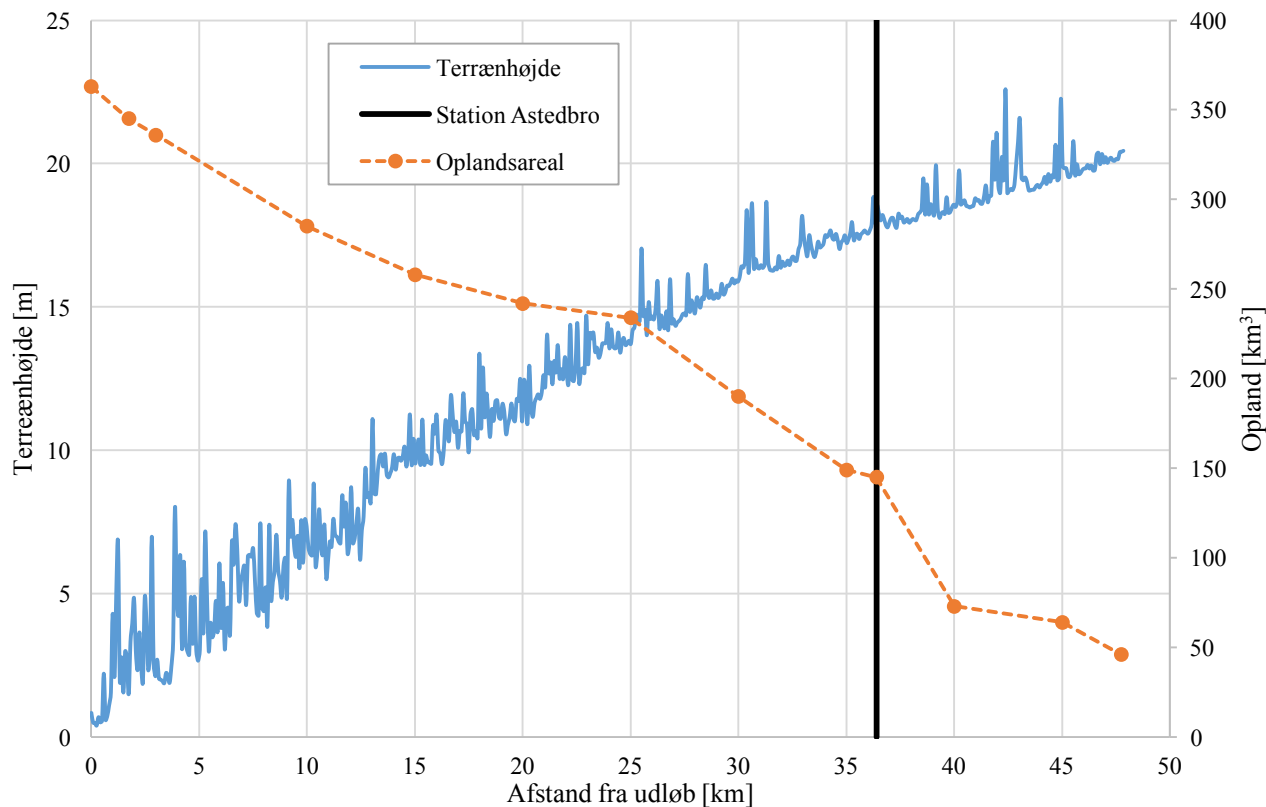
1.5 VANDLØBSSTATION ASTEDBRO (UGGERBY Å)

I denne rapport anvendes data fra vandløbsstationen Astedbro, der er beliggende i Uggerby Å. Uggerby Å er det største vandløb i Hjørring Kommune med en længde på cirka 51 kilometer og et opland på cirka 363 kvadratkilometer (Thomsen n.d.). Vandløbet udspringer øst for Vrå på grænsen mellem Brønderslev og Hjørring Kommune og udløber i Tannis Bugt øst for Hirtshals, jf. figur 1.4.



Figur 1.4: Uggerby Å's forløb gennem Hjørring Kommune. Station Astedbros placering er markeret med en cirkel.

Astedbro målestation, der blev oprettet i 1917 er beliggende cirka 36,5 kilometer fra Uggerby Ås udløb. I denne afstand fra udløbet er oplandet cirka 140 kvadratkilometer mens terrænhøjden cirka er 18 meter, jf. figur 1.5.



Figur 1.5: Viser størrelsen af oplandet og terrænhøjden som funktion af afstanden fra Uggerby Ås udløb. Den lodrette grå linje indikerer beliggenheden af Astedbro målestation. Data er indsamlet ved brug af Scalgo LIVE.

Vandløbsstation Astedbro opfylder nogle krav som er essentielle:

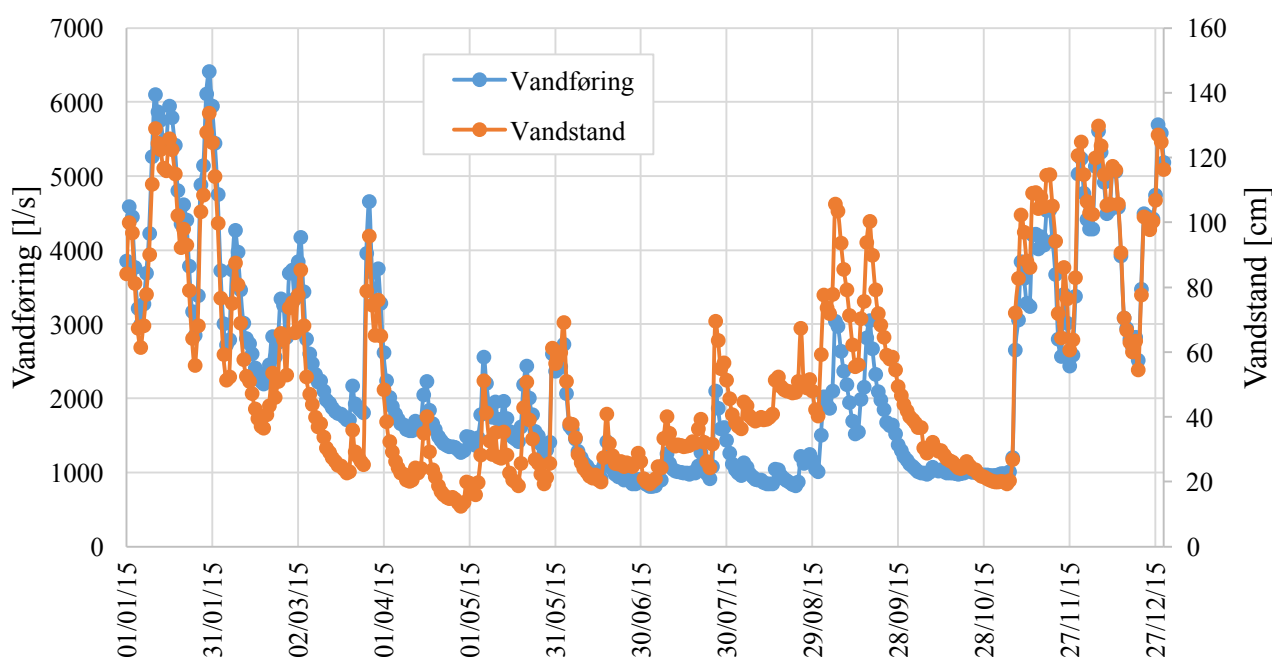
- Ligger relativt langt fra udløb således, at målestationen ikke er stuvningspåvirket af tidevand fra Tannis Bugt – beliggende i Uggerby Ås ”øverste” fjerdedel.
- Både tilgængelig vandstands- og vandføringsdata fra Miljøportalen.
- Tilgængelighed af relative lange dataserier – fra midten af nullerne (dog med flere udfald desto ældre data er).

KAPITEL 2 – IDENTIFIKATION AF GRØDESKÆRINGER I DATA FRA MILJØPORTALEN

I en analyse af hvorvidt behovsstyret grødeskæring er muligt, er det relevant at se på de data, der allerede er tilgængelige for kommunerne – i tilfældet med Uggerby Å, Hjørring Kommune. Data er hentet fra Miljøportalen og dækker kalenderåret 2015. Data er valgt på en sådan måde, at der arbejdes med de nyeste data, som er dækkende for et helt sammenhængende kalenderår (databehandlingen er påbegyndt i efteråret 2016).

2.1 FORHOLD MELLEM BEREGNET OG MÅLT VANDSTAND

Spørgsmålet er om det er muligt at identificere tidspunkterne, hvorpå der er skåret grøde ved station Astedbro i 2015 og videre sammenholde dette med skæringsintervallerne oplyst af Hjørring Kommune, jf. tabel 1.2 Figur 2.1 herunder viser vandføring og vandstand ved station Astedbro i Uggerby Å for hele kalenderåret 2015. Overordnet har kurverne samme forløb, dog med udfald i tidlig forår og midt sommer.



Figur 2.1: Viser vandføring og vandstand som funktion af tid ved station Astedbro i Uggerby Å i 2015. Data er hentet fra Miljøportalen.

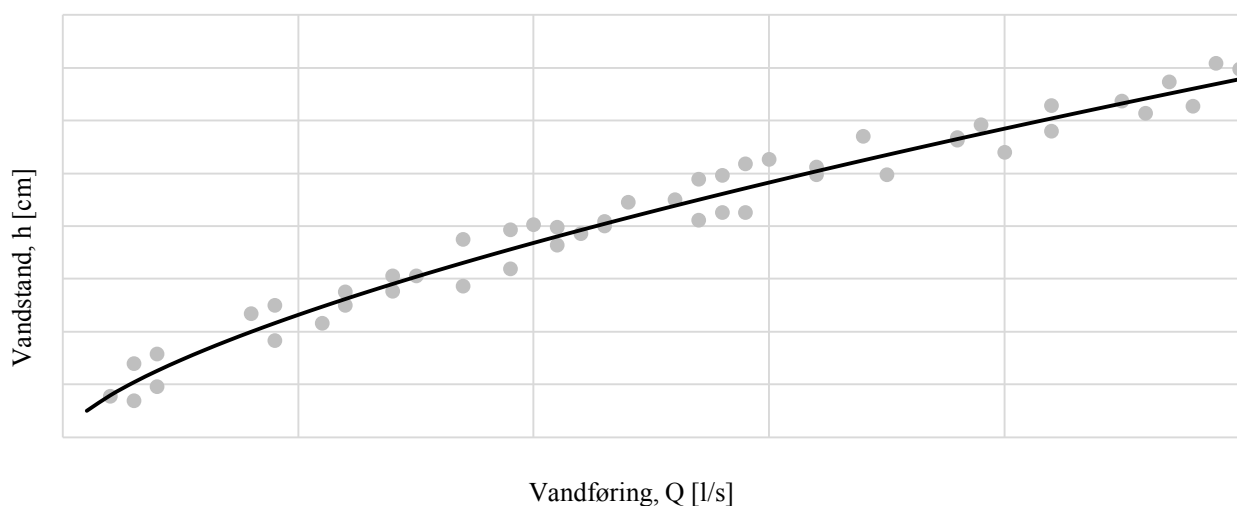
Efter grødeskæring vil vandstandens forløb være særlig kendetegnet ved et relativt markant fald, idet friktionen mellem vand og grøde sænkes. Derfor vil grødeskæringer kunne identificeres i data ved at se på, hvornår de største fald fra dag til dag forekommer. Ved at beregne en teoretisk vandstand for vandløbet og derefter se på forholdet mellem den teoretiske vandstand og den faktisk målte vandstand, kan de mest markante fald mellem to på hinanden efterfølgende dage identificeres. Dette gøres ved at se på differencen mellem forholdsværdierne. Forholdsværdien defineres som forholdet mellem den teoretisk beregnede vandstand og den målte vandstand:

$$\text{Forholdsværdi} = \frac{\text{Vandstand}(\text{teoretisk})}{\text{Vandstand}(\text{målt})} \quad \text{Ligning 2.1}$$

Den teoretiske vandstand beregnes på baggrund af sammenhængen mellem vandføring og vandstand – også kaldet en Q/h-relation.

2.2 Q/H-RELATION

Plottes vandstand (h) som funktion af vandføring (Q) vil målinger i grødefrie perioder ligge sig omkring kurven tegnet på figur 2.2 – kaldet grundkurven.



Figur 2.2: Principskitse, der viser sammenhængen mellem vandføring og vandstand i grødefrie perioder. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data.

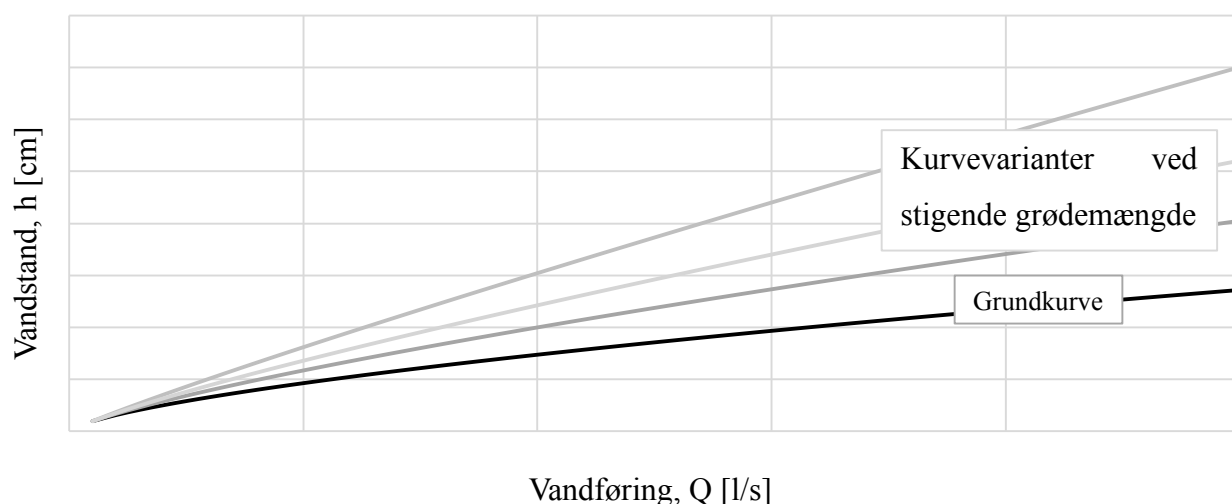
Relationen mellem Q og h er givet ved følgende udtryk, skønt den af praktiske årsager er plottet omvendt:

$$Q = a \cdot h^n \quad \text{Ligning 2.2}$$

hvor Q er vandføringen, h er vandstanden og a og n er fittingparametre. Værdien af a og n er bestemmende for udformningen af potensfunktionen. a bestemmer funktionens krumning og størrelsen heraf, mens n er y -værdien til punktet $(1, n)$. Såfremt vandstanden er i kote skal bundkoten trækkes fra. På denne måde sikres det, at det er dybden af vandløbet, der opløftes i n :

$$Q = a \cdot (h - h_0)^n \quad \text{Ligning 2.3}$$

hvor h_0 er bundkoten. Idet sammenhængen mellem Q og h antages at være upåvirket af friktion i de grødefrie perioder, vil en øget tilstrømning til vandløbet medføre en øget vandføring og ligeledes vandstand. I kraft af, at grødens tilstedeværelse varierer over året, vil datapunkterne flytte sig væk fra grundkurven. I grødefyldte vandløb vil den samlede modstand fra biomassen resultere i, at vandstanden stiger uden, at vandføringen nødvendigvis gør det samme. Således vil Q/h -relationen flytte sig ”opad”. Når grøden igen henfalder vil Q/h -relationen atter flytte sig ”nedad” mod grundkurven. Dette resulterer i forskellige kurvevarianter ved forskellig grødepåvirkning jf. figur 2.3.



Figur 2.3: Principskitse, der viser forskellige kurvevarianter ved stigende grødemængde. En stigning i grødemængden resulterer i en stejlere kurvevariant. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data efter Nordjyllands Amt 2005.

2.3 TEORETISK VANDSTAND

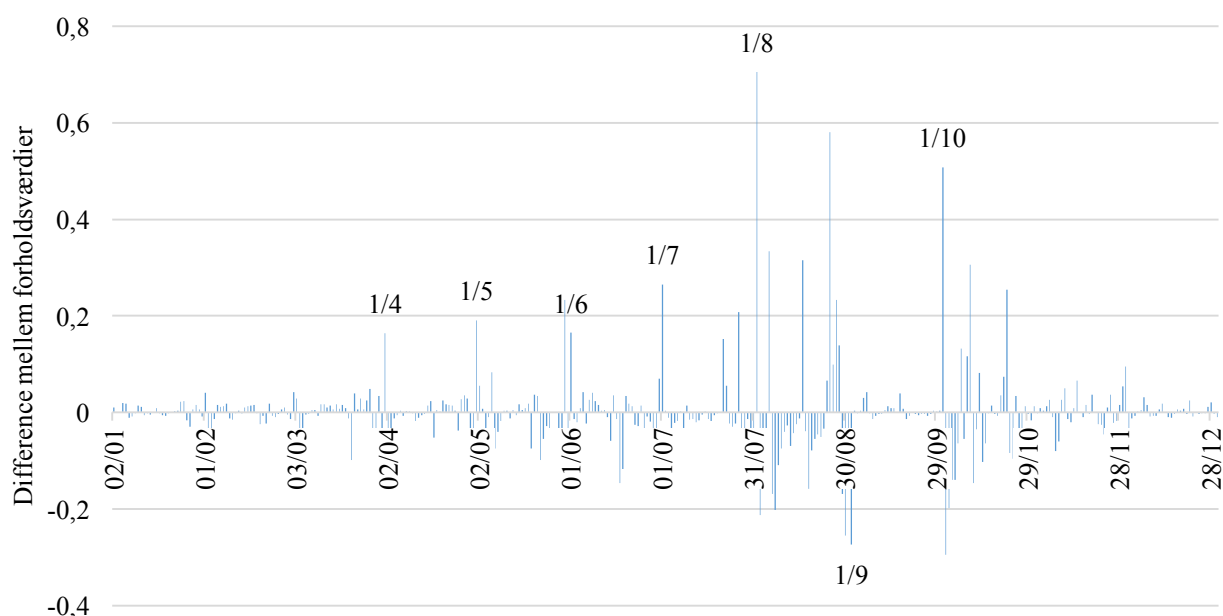
Den teoretiske vandstand, der indgår i ligning 2.1, er beregnet ved at omskrive ligning 2.3 på følgende måde:

$$h = \sqrt[n]{\frac{Q}{a}} + h_0 \quad \text{Ligning 2.4}$$

Idet vandføringstidsserien er tilgængelig på Miljøportalen, er det kun a og n , der er ubekendte i ligning 2.4. Disse parametre er bestemt ved at fitte en tendenslinje til data på en månedlig basis. Denne opdeling er valgt, idet der ved længere perioder vil være en relativt stor spredning i data. Ved at opdele på månedsbasis kan grødefrie og grødepåvirkede perioder mere præcist defineres.

2.4 DIFFERENCER I FORHOLDSVÆRDIEN

Forholdsværdien, ligning 2.1, vil på de datoer hvor Q/h -relationen passer bedst, være tæt på værdien ét. Ved at sammenholde to på hinanden efterfølgende forholdsværdier vil en relativ stor positiv difference være ensbetydende med, at vandstanden er faldet markant. Således er det muligt at identificere tidspunktet, hvorpå der er foretaget en grødeskæring. Figur 2.4 herunder viser differencen mellem forholdsværdierne fra dag til dag for året 2015.



Figur 2.4: Viser differencen mellem forholdsværdierne fra dag til dag for kalenderåret 2015.

2.5 DISKUSSION

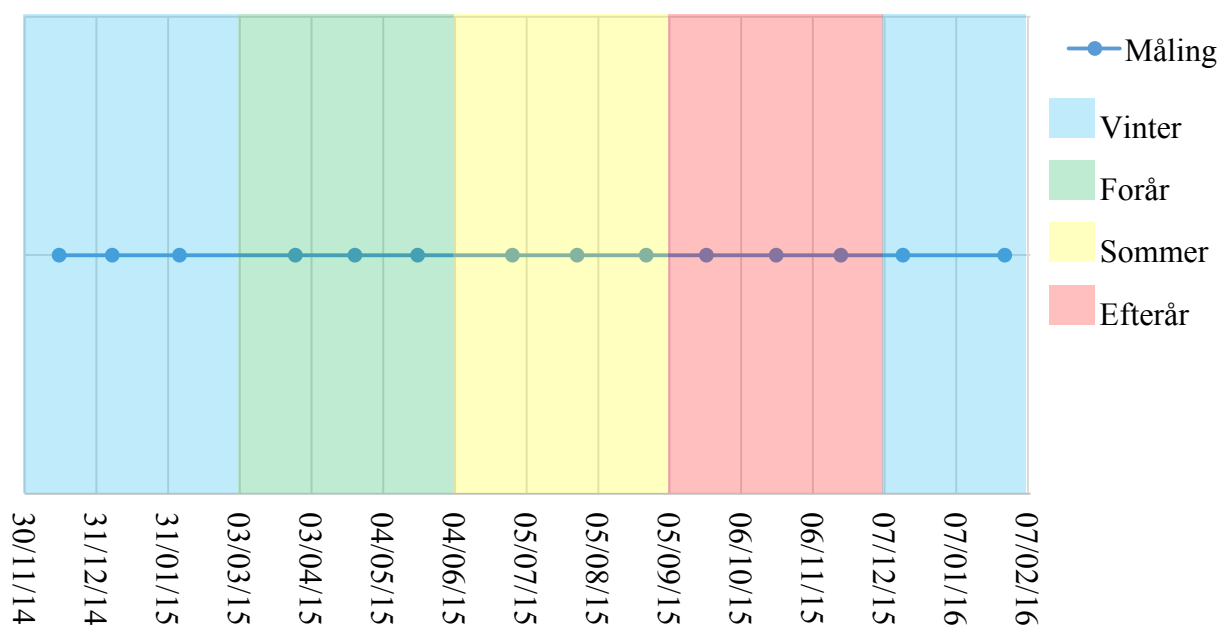
På figur 2.4 ses en række relativt store positive differencer i forholdsværdierne fra starten af april til slutningen af oktober. Seks af disse differencer er sammenfaldende med datoerne for månedsskift. Således synes det sandsynligt, at det er muligt at fremkalde en positiv difference i forholdsværdierne ved skift af Q/h-relation, idet de netop skifter ved overgangen mellem to måneder. Derfor forekommer disse differencer umiddelbart ikke som et tegn på, at en grødeskæring har fundet sted. Dette understøttes yderligere da der ikke er noget i data, der tyder på, at vandstanden falder markant så periodisk. Yderligere stemmer de seks store differencer i forholdsværdierne ej heller tidsligt overens med de oplyste tidspunkter for grødeskæringer i vandløbet, som blev foretaget i uge 26 (22.-28. juni), 30 (20.-26. juli), 35 (24-30. august) og 41 (5.-11. oktober). Således kan de store differencer i forholdsværdierne ikke forklares ved, at der skæres grøde i vandløbet. Dette sætter ligeledes spørgsmålstegn ved om vandføringsdata fra Miljøportalen er målte data. Vandstand er modsat vandføring relativt let at måle kontinuerligt over en længere periode. Dette skyldes at vandstand kan måles ved at benytte en logger, der relaterer højden af en vandsøjle til en vandstand. Vandføring måles oftest ved at nedsænke en propel i vandløbet, som muliggør omsætning af antal omdrejninger til en vandføring. En sådan propel skal betjenes ved fysisk tilstedeværelse hvorimod en logger kan indsamle data af sig selv. Resten af de relativt store positive differencer i forholdsværdierne kunne dog være fremkommet som konsekvens af en grødeskæring. Ud af de otte værdier, der er større end værdien korresponderende til skiftet mellem maj og juni, er fire sammenfaldende med de perioder, hvori grødeskæring finder sted i Uggerby Å. Det betyder, at differencen i forholdsværdierne for datoerne d. 26. juli, d. 25. august, d. 27. august og d. 10. oktober, potentielt vidner om at, der har været skåret grøde.

2.6 DELKONKLUSION

Selv om det er sandsynligt, at grødeskæringer kan identificeres ved at sammenholde vandstand- og vandføringstidsserier tilgængelige på Miljøportalen, præges resultaterne i høj grad af skift i Q/h-relationerne i beregningen af den teoretiske vandstand. Skift i beregningsværdierne i overgangen mellem to måneder resulterer således i at forholdsværdien vokser. Efter yderligere research er det klart, at vandføringstidsserien på Miljøportalen ikke er målt, men i stedet beregnet. Niels Bering Ovesen fra Århus Universitet bekræfter, at vandføringen er beregnet ved brug af brændpunktmetoden og fremsender videre faktiske målinger af vandstand, vandføring, brændpunktsværdier samt parameterværdierne for grundkurven (a , n og h_0).

KAPITEL 3 – ANALYSE AF VANDFØRING OG BRÆNDPUNKTER FRA MILJØPORTALEN

På baggrund af oplysninger fra Niels Bering Ovesen, er det relevant at genberegne de vandføringstidsserier, der er tilgængelige på Miljøportalen. Til dette er data fra perioden 15/12-2014 og frem anvendt. Måleprogrammet fra slutningen af 2014 til starten af 2016 kan illustreres på følgende måde:



Figur 3.1: Viser måleprogrammet for station Astedbro fra slutningen af 2014 til starten af 2016. I alt foretages 14 målinger med en frekvens på én måling per måned.

3.1 GENBEREGNING AF VANDFØRING FRA MILJØPORTALEN

Brændpunktmetoden bygger på antagelsen om, at alle kurvevarianter af sammenhængen mellem vandstand og vandføring skærer hinanden i et punkt - kaldet brændpunktet. Dette punkt indeholder relativt høje værdier af vandstand og vandføring. Rent fysisk eksisterer brændpunktet på grund af faldende friktion mellem grøde og vand ved større og større vandføringer (Nordjyllands Amt 2005). En konstant brændpunktsværdi er sammen med en måling af vandstand og vandføring anvendt til at etablere Q/h-relationer. Q/h-relationerne kalibreres efter en periode på cirka en måned, således at tidsserien med sikkerhed stemmer overens med de målte data på netop disse tidspunkter. For den nye Q/h-relation bestemmes endvidere værdierne af parametrene a og n. For alle dage ind imellem de reelle målinger interpoleres der lineært for at bestemme værdien af a og n (Raaschou 1991). For

perioden 2012-2016 er følgende gældende for de vandføringstidsserier, der tilgængelige på Miljøportalen:

Gældende i perioden:	Parameterværdier for grundkurve			Brændpunktsvandføring [l/s]
	a	n	h_0 [cm]	
15/12-2014 til 31/12-2020	2,49	1,503	6	25977
01/01-1996 til 14/12-2014	2,49	1,503	-20	28159

Tabel 3.1: Viser de parameterværdier anvendt i beregningerne af de vandføringstidsserier, der er tilgængelige på Miljøportalen (Ovesen 2017)

Til at bestemme værdierne af a og n for hver gang der foretages en måling, benyttes brændpunktsværdierne for vandstand og vandføring samt de målte værdier af samme variabler. Således bestemmes a og n ved at løse to ligningssystemer med to ubekendte, hvoraf det ene udtryk er ligning 2.3 og det andet er en variation af ligning 2.3 gældende for brændpunktet:

$$Q = a \cdot (h - h_0)^n \quad \text{Ligning 2.3}$$

$$Q^b = a \cdot (h^b - h_0)^n \quad \text{Ligning 3.1}$$

hvor Q er den målte vandføring, Q^b er brændpunktsvandføringen, h er den målte vandstand og h^b er brændpunktsvandstanden. Isoleres n i både ligning 2.3 og ligning 3.1 og sættes sammen fås:

$$\frac{\log(Q^b) - \log(a)}{\log(h^b - h_0)} = \frac{\log(Q) - \log(a)}{\log(h - h_0)} \quad \text{Ligning 3.2}$$

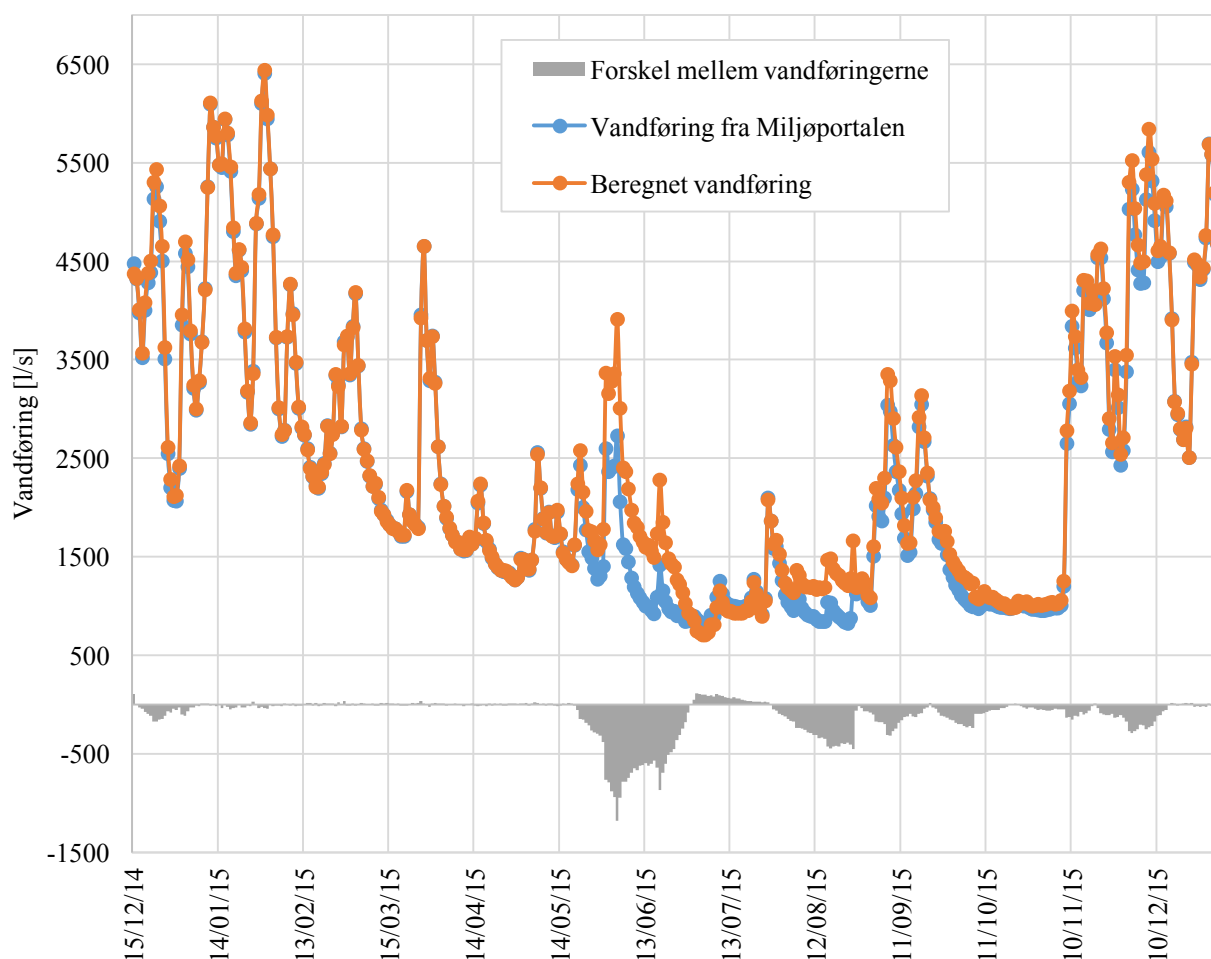
Herefter kan a bestemmes:

$$a = 10^{\frac{\log(Q^b)\log(h-h_0) - \log(Q)\log(h^b-h_0)}{\log(h-h_0) - \log(h^b-h_0)}} \quad \text{Ligning 3.3}$$

Herefter bestemmes n ved at indsætte værdien af a i den højre side af ligning 3.2:

$$n = \frac{\log(Q) - \log(a)}{\log(h - h_0)} \quad \text{Ligning 3.4}$$

Ved at beregne værdier af a og n for alle datoer, hvor der er foretaget en måling, og videre interpolerer for dagene imellem, kan vandføringstidsserien beregnes ved brug af ligning 2.3. På figur 3.2 ses den beregnede vandføring samt vandføringen fra Miljøportalen. Ydermere er forskellen mellem de to vandføringer angivet.

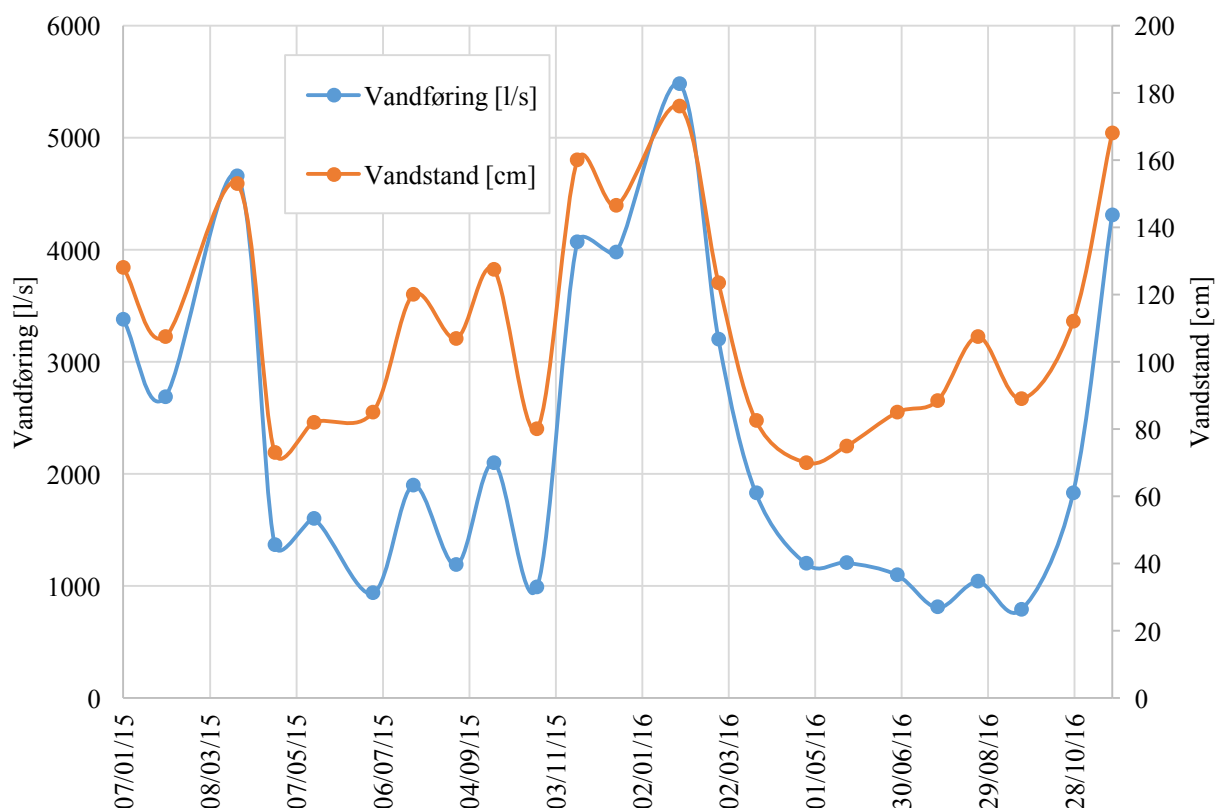


Figur 3.2: Viser den beregnede vandføring, vandføringen fra Miljøportalen samt forskellen mellem de to vandføringer fra slutningen af 2014 til starten af 2016.

I store dele af perioden er den beregnede vandføring sammenfaldende med vandføringen fra Miljøportalen. De største forskelle mellem de to forekommer generelt set i den periode, hvor vandløbet antages at være grødepåvirket. Hvorfor denne forskel opstår er uvist, idet en genberegning bygget på den samme fremgangsmåde og på samme data burde give samme resultat. Således må der være uoverensstemmelse mellem enten fremgangsmåde eller anvendt data i visse perioder.

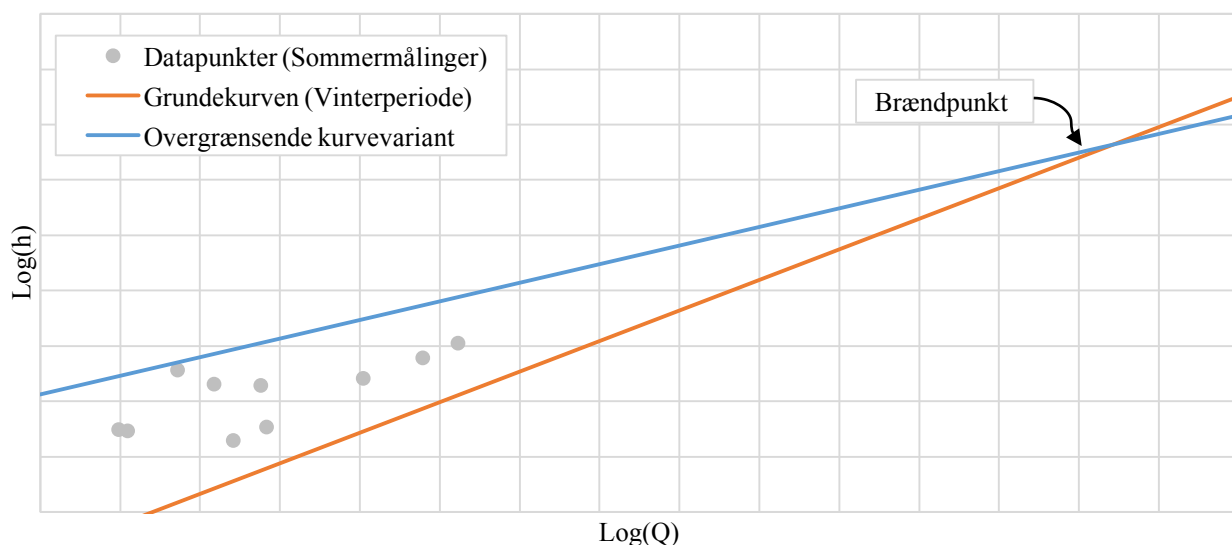
3.2 BRÆNDPUNKTSVÆRDI

De målte data indsamlet i perioden fra den 15/12-2014 til slutningen af 2016 danner grundlaget for analysen af brændpunktsværdien, da den nyeste periode netop er gældende fra den 15/12-2014 og frem. På figur 3.3 ses værdierne af de målte vandføringer og vandstande.



Figur 3.3: Viser målt vandføring og vandstand ved station Astedbro fra slutningen af 2014 til slutningen af 2016.

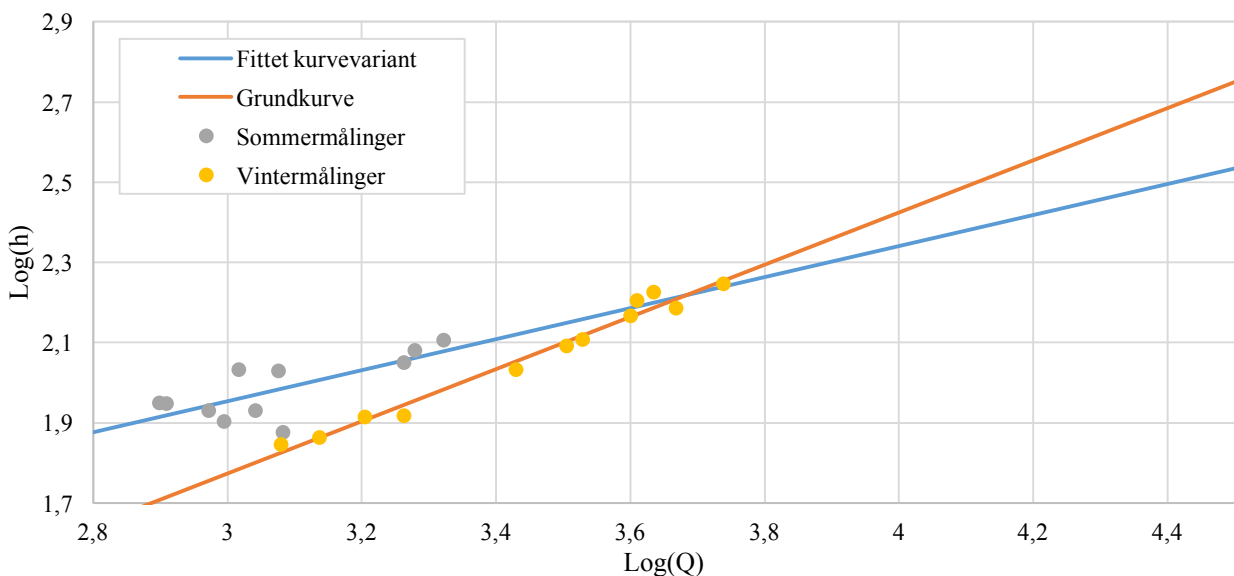
Bestemmelsen af brændpunktet kan visuelt anskues ved at plotte logaritmen til vandføringen og vandstanden opdelt i en sommer- og en vinterperiode (eller to perioder hvori vandløbet enten er grødefyldt eller grødefrit). Brændpunktet er således beliggende i skæringen mellem den rette linje, der repræsenterer grundkurven (vinterperioden) og en ret linje, der overgrænser alle sommermålingerne (Raaschou 1991). Figur 3.4 herunder er en principskitse, der illustrerer dette.



Figur 3.4: Principskitse, der viser logaritmen til vandføring og vandstand. Grundkurven fastlægges på baggrund af vintermålinger, mens den overgrænsende kurvevariant fastlægges på baggrund af sommermålinger. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data.

Det er klart, at en opdeling af data i en sommer- og vinterperiode udelukkende på baggrund af datoen, ikke altid beskriver de hydrologiske forhold i vandløbet præcist, og derfor vil denne opdeling indeholde en vis usikkerhed. Dette skyldes, at grødens biomasse er påvirket af klimatiske faktorer og disse ændrer sig oftest ikke ensartet ved overgangen fra sommer- til vinterperiode og omvendt. Derfor kan en måling, der egentligt beskriver vinterforhold blive kategoriseret som en sommermåling og omvendt. Det vil kræve en kvantificering af grødens omfang ved selve indsamlingen af data for mere præcist at kunne opdele data. Således er sommerperioden fastlagt til intervallet 1/5-30/9, mens vinterperioden er fastlagt til intervallerne 1/1-30/4 og 1/10-31/12. Den overgrænsende kurvevariant, der bygger på sommermålinger, fastlægges ikke eksakt. Således er det umuligt at lave en genberegning med formål at ramme samme brændpunktsvandføring som angivet i tabel 3.1. Derfor tager følgende beregninger udgangspunkt i brændpunktsvandføringen, angivet i tabel 3.1 og søger at afdække hvilke værdier parametrene skal antage, for at ramme brændpunktsvandføringen.

På figur 3.5 ses vinter- og sommerdata plottet som punkter. Enkelte datapunkter er rekategoriseret på baggrund af en visuel inspektion. Fælles for samtlige af de rekategoriserede punkter er, at de ligger relativt tæt på overgangen mellem sommer og vinter – april/maj eller september/oktober. Dette forekommer som en realistisk konsekvens af, at de hydrologiske forhold i vandløbet ikke nødvendigvis følger en databaseret opdeling af sommer og vinter.



Figur 3.5: Viser logaritmen til vandføring og vandstand for perioden (15/12-2014 til 31/12-2020). Grundkurven fastlægges på baggrund af vintermålinger, mens den fittede kurvevariant fastlægges på baggrund af sommermålinger.

Grundkurven er fastlagt ved at fitte en linje til vintermålingerne mens, den overgrænsende kurvevariant fastlægges ved først at fitte en linje til sommerdatapunkterne. Dette giver følgende parametre:

Hældningskoefficient, k	0,39
Skæring med y-aksen, b	0,8

Tabel 3.2: Viser hældningskoefficienten samt skæringen med y-aksen for den rette linje fittet til sommerdatapunkterne. Linjen er vist på 3.5

Disse værdier resulterer dog ikke i en skæring med grundkurven, svarende til den brændpunktsvandføring, som er angivet i tabel 3.1. Ej heller overgrænser den fittede kurve sommermålingerne. Således er der tre måder hvorpå kurvevarianten kan justeres, så den kommer til at overgrænse data. Enten justeres k-parameteren, b-parameteren eller begge. Ved henholdsvis at

holde k og b konstante til værdien for den fittede kurve, jf. tabel 3.2, er det muligt at beregne hvilken værdi den modsatte parameter skal antage for at den overgrænsende kurvevariant rammer brændpunktet. Således opnås følgende:

	k	b
Parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter.	0,43	0,99
Forhold mellem parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter og fittet parameterværdi	1,11	1,24

Tabel 3.3: Viser de beregnede parameterværdier fundet ved fastholdelse af modsat parameter samt forholdet mellem parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter og fittet parameterværdi.

Den mest optimale sammensætning af parameterværdier opnås ved at justere værdierne af k og b således, at forholdet mellem parameterværdierne fundet ved fastholdelse af modsat parameter og de fittede parameterværdier for både k og b, er så tæt på værdien ét som muligt. Dette beregnes ved følgende udtryk:

$$k/b_{\text{optimal}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\text{Parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter}}{\text{Fittede parameterværdi}} - 1 \right) + 1 \quad \text{Ligning 3.5}$$

Ved brug af ligning 3.5 beregnes følgende værdier for k/b_{optimal} :

	k	b
Optimeret forhold mellem parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter og fittet parameterværdi	1,06	1,12

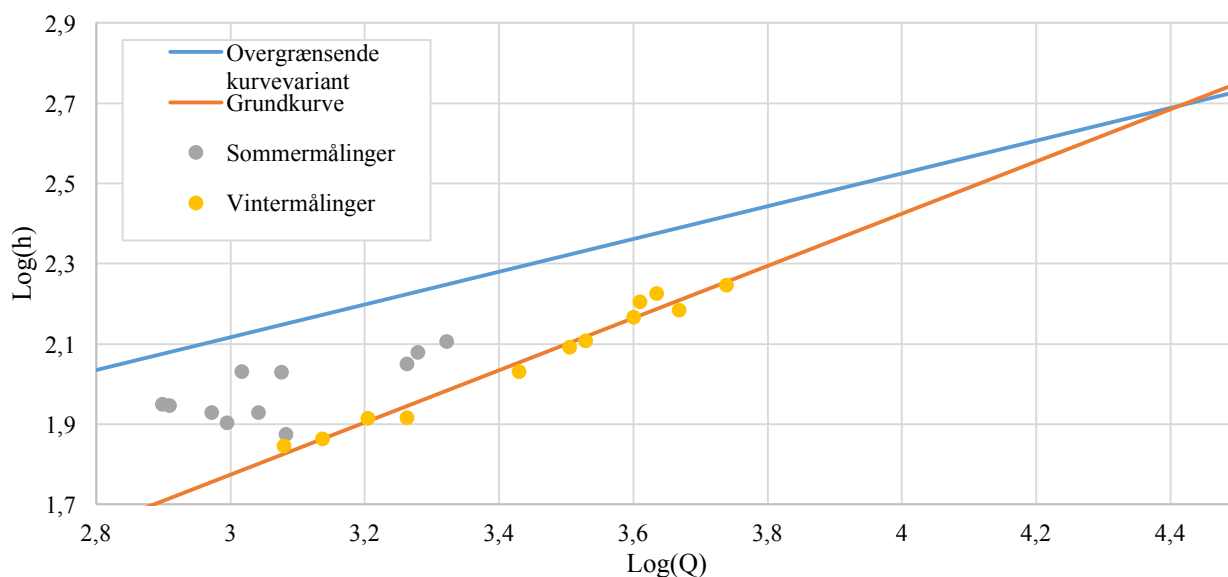
Tabel 3.5: Viser det optimeret forhold mellem parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter og fittet parameterværdi beregnet ved brug af ligning 3.5.

Ved at multiplicere værdierne i tabel 3.5 med parameterværdierne for den fittede linje i tabel 3.2 kan de optimerede parameterværdier beregnes:

Optimeret parameterværdi	0,41	0,88
Afvigelse fra fittet parameterværdi [%]	10,2	19,5

Tabel 3.6: Viser de optimerede parameterværdier ved brændpunktsvandføringen angivet i tabel 3.1 samt afvigelsen fra parameterværdierne fundet ved at fitte en linje til sommerdatapunkterne.

De optimerede parameterværdier for k og b resulterer således i den overgrænsende kurvevariant vist på figur 3.6.



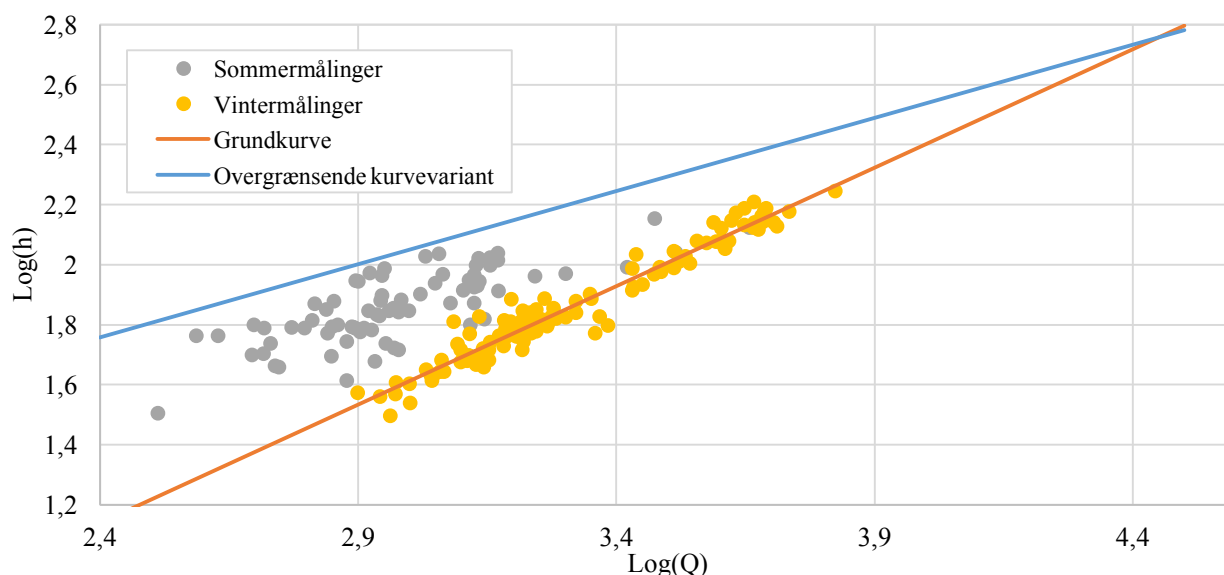
Figur 3.6: Viser logaritmen til vandføring og vandstand for perioden (15/12-2014 til 31/12-2020). Grundkurven fastlægges på baggrund af vintermålinger, mens den overgrænsende kurvevariant fastlægges på baggrund af sommermålinger samt brændpunktsvandføringen angivet i tabel 3.1.

For at afgøre om afvigelserne falder ved brug af et større datasæt beregnes de optimerede parameterværdier for k og b ligeledes for den tidligere periode (1/1-1996 til 14/12-2014). Denne beregning følger samme fremgangsmåde. Resultaterne er vist i tabel 3.7:

	k	b
Fittet parameterværdier	0,46	0,46
Parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter.	0,52	0,72
Forhold mellem parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter og fittet parameterværdi	1,13	1,58
Optimeret forhold mellem parameterværdi fundet ved fastholdelse af modsat parameter og fittet parameterværdi	1,07	1,29
Optimeret parameterværdi	0,49	0,59
Afvigelse fra fittet parameterværdi [%]	6,1	22,6

Tabel 3.7: Viser de beregnede parameterværdier ved brug af data fra perioden (1/1-1996 til 14/12-2014).

Figur 3.7 viser data for sommer- og vinterperioden samt grundkurven og den overgrænsende kurvevariant for perioden (1/1-1996 til 14/12-2014).



Figur 3.7: Viser logaritmen til vandføring og vandstand for perioden (1/1-1996 til 14/12-2014). Grundkurven fastlægges på baggrund af vintermålinger, mens den overgrænsende kurvevariant fastlægges på baggrund af sommermålinger samt brændpunktsvandføringen angivet i tabel 3.1.

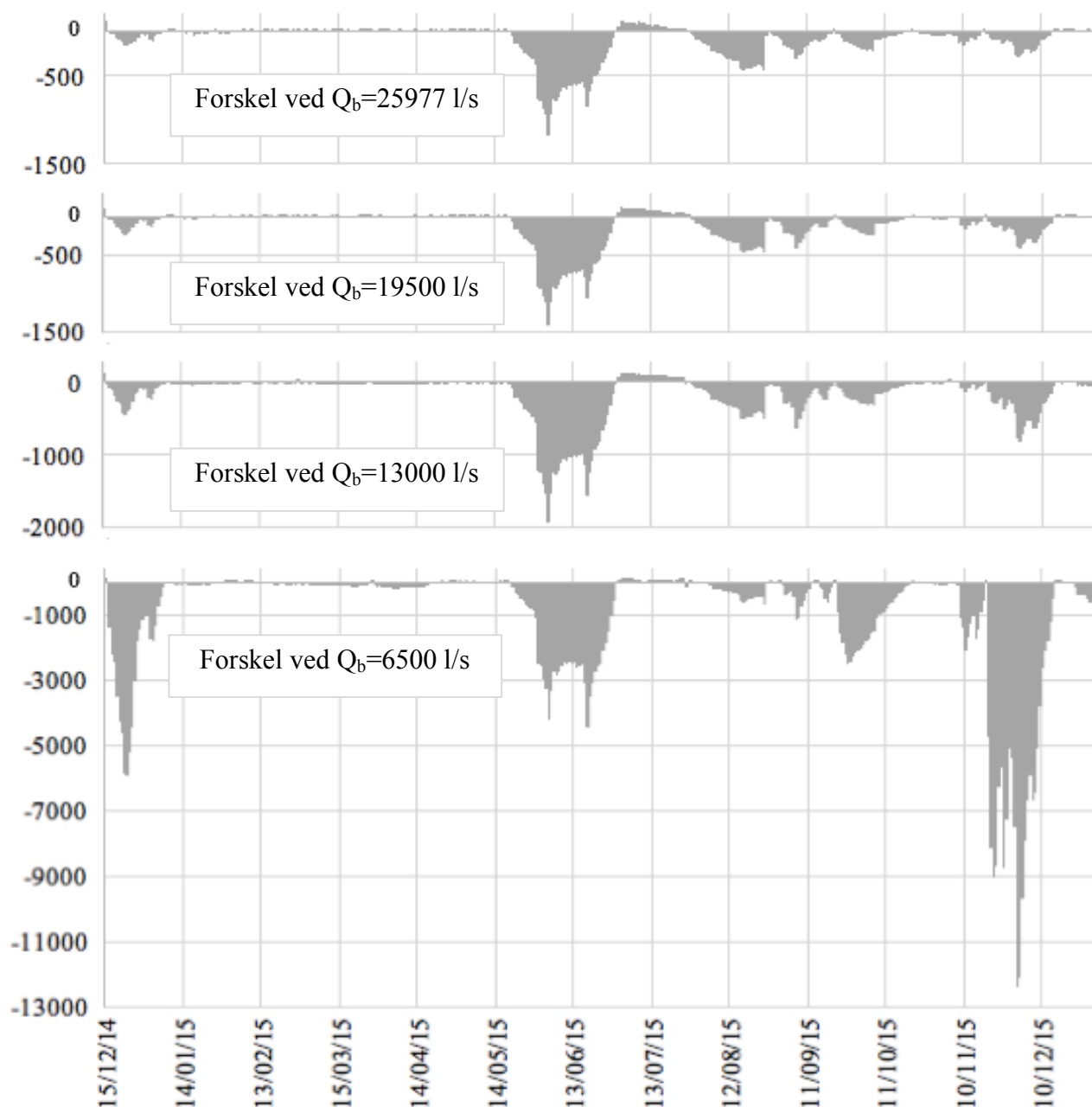
3.3 DISKUSSION

I en vejledning i bearbejdning af data for vandføringsstationer publiceret af Hedeselskabet 1991, står der følgende om bestemmelsen af brændpunktet:

”Der kan ikke gives eksakte værdier for brændpunktet, dog bør det have en vandføring, der er mange gange større end størst forekommende vandføring ved målestationen”
(Raaschou 1991 s. 17)

Denne vejledning synes at stemme overens med den fastlæggelse af brændpunktet, der anvendes på Miljøportalen. Det er muligt at fremprovokere en skæring mellem grundkurven og den overgrænsende kurvevariant ved at justere henholdsvis hældningen og kurvevariantens skæring med y-aksen. Både ovenstående uddrag og beregningerne foretaget i afsnit 3.2 synes dog at indikere at bestemmelsen af brændpunktet ikke kan udføres eksakt. Vandføringen er som beskrevet beregnet ud fra et fast brændpunkt, og derfor synes værdien af brændpunktsvandføringen relativt afgørende for forskellen mellem den beregnede vandføringstidsserie og vandføringstidsserien på Miljøportalen.

Figur 3.8 viser forskellen mellem vandføringstidsserien på Miljøportalen og den beregnede vandføringstidsserie ved forskellige værdier af brændpunktstvandføringen.



Figur 3.8: Viser forskellen mellem vandføringstidsserien på Miljøportalen og den beregnede vandføringstidsserie ved forskellige værdier af brændpunktstvandføringen (Q_b , $3/4Q_b$, $1/2Q_b$ og $1/4Q_b$).

Det er dog først når brændpunktstvandføringen bliver mindre end det halve af værdien angivet i tabel 3.1, at der forekommer markante forskelle i perioder, hvor der tidligere ikke var markante forskelle. Således beregnes der en større og større vandføring desto lavere brændpunktet sættes.

3.4 DELKONKLUSION

I en genberegning af vandføringen fra slutningen af 2014 til starten af 2016 er det generelt muligt at gengive tidsserien fra Miljøportalen. Der forekommer dog afvigelser mellem de to tidsserier i den periode, hvor vandløbet antages at være grødepåvirket. Når afvigelserne forekommer skyldes det, at der beregnes en for høj vandføring. Hvorfor det er tilfældet er uklart. Brændpunktsværdierne synes realistiske at genberegne såfremt parameter værdierne for den overgrænsende kurvevariant vælges højere end parameter værdierne for kurven fittet til sommerdata. Overordnet er det ikke muligt at nedbringe afvigelserne mellem de optimerede parameter værdier og de fittede parameter værdier ved brug af et større datasæt. Der er dog relativt store usikkerheder forbundet med kategoriseringen af hvilke datapunkter, der beskriver de hydrologiske forhold i henholdsvis en sommer- og vinterperiode. Derfor er det realistisk, at afvigelserne kan nedbringes hvis disse usikkerheder minimeres.

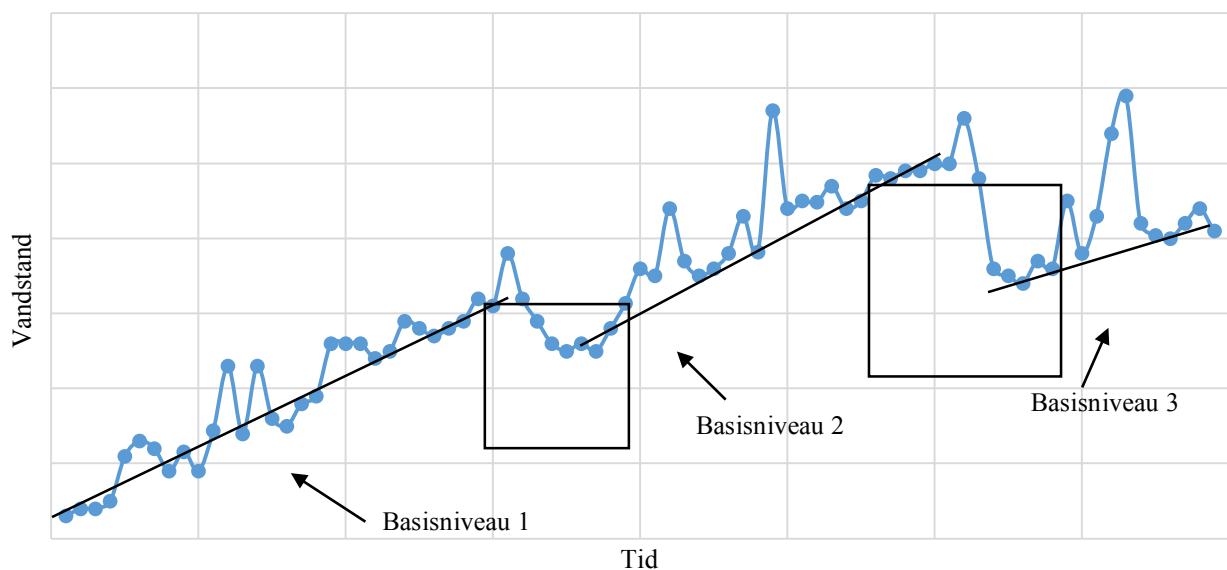
KAPITEL 4 – GRØDESKÆRINGER OG GRØDEVÆKSTS PÅVIRKNING PÅ VANDSTAND

I en analyse af grødeskæringers og grødevæksts påvirkning på vandstanden er følgende data inddraget:

- Vandstandsdata fra 2012 til 2016 fra Miljøportalen.
- Nedbørsdata fra lokal nedbørsmåler (Sohngårdsholmsvej) i Aalborg. I forhold til at bruge DMIs data, der er gældende for hele Nordjylland, vurderes det tilnærmelsesvist beskrivende at benytte reelt målte data fra Aalborg. Hvor der ikke eksisterer data fra stationen i Aalborg, er data kombineret med DMIs.
- Tidsintervaller i hvilke, der er foretaget grødeskæringer i Uggerby Å, jf. tabel 1.2.

4.1 GRØDESKÆRINGER PÅVIRKNING PÅ VANDSTAND

Vandstanden i et vandløb er naturligt konstant svingende blandt andet på grund af de forskellige nedbørsmængder, som et vandløb skal lede væk. Derfor kan det være besværligt præcist at bestemme effekterne af en udefrakommende handling så som en grødeskæring, idet effekterne enten kan være forstærket eller formindsket alt efter hvor meget nedbør der falder. Skæres der eksempelvis grøde på samme tid som en relativ stor nedbørshændelse indtræffer, vil den ekstra vandmængde i vandløbet formindske det umiddelbart målte vandstandsfald som grødeskæringen resulterer i. Perioderne hvori der forekommer grødevækst og vandstanden stiger er separeret af et generelt fald i vandstandens udvikling. Dette forekommer fordi skæring af grøde tvinger systemet til at finde et nyt vandstandsniveau at vækste ud fra. Således kan grødeskæringers påvirkningen estimeres ved at se på forskellen mellem de overordnede vandstandstendenser. For at anskue dette introduceres vandstandens basisniveau. Basisniveauet defineres som værende det vandstandsniveau systemet falder tilbage til efter effekterne af tilførslen af nedbør til vandløbet er aftaget. Grødeskæringers påvirkning på vandstanden kan således bestemmes ved at beregne differencen mellem to på hinanden efterfølgende vækstperioders slutværdi og startværdi. Disse er ligeledes vækstperiodernes maksimum og minimum, idet basisniveauet altid er stigende (da dette er grødeafhængigt). Figur 4.1 er en principskitse, der illustrerer, hvordan de forskellige basisniveauer visuelt kan identificeres i et datasæt.

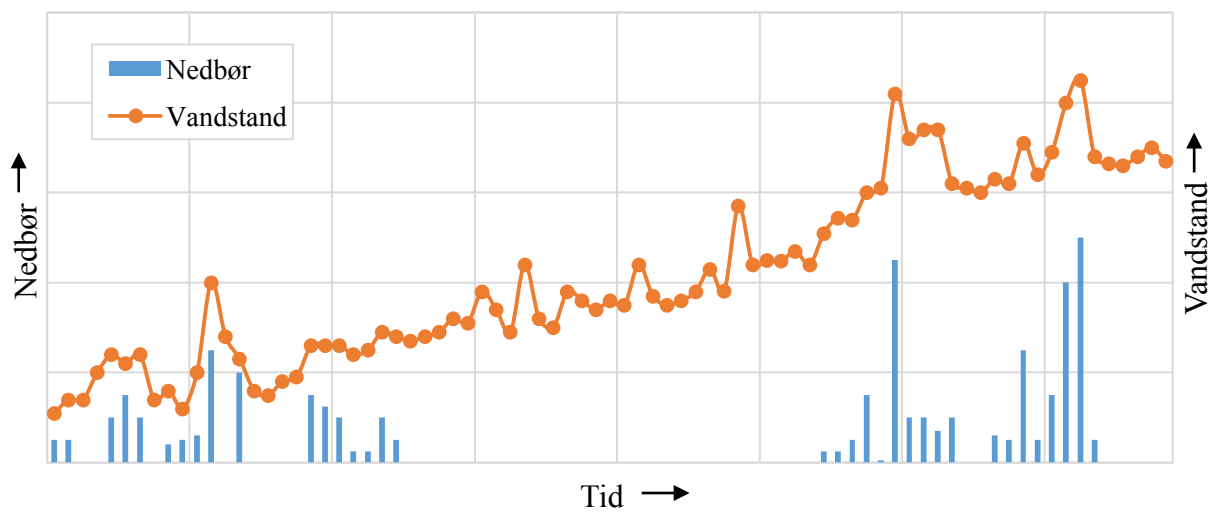


Figur 4.1: Principskitse, der viser vandstandens udvikling som funktion af tid. De sorte streger illustrerer udviklingen af tre individuelle basisniveauer. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data.

Effekten af en grødeskæring kan på baggrund af den visuelle identifikation af basisniveauerne estimeres ved at beregne, hvor meget vandstanden falder fra slutpunktet til det nye startpunkt i de to kvadrater angivet på figur 4.1.

4.2 GRØDEVÆKSTS PÅVIRKNING PÅ VANDSTAND

Det vanskelige i bestemmelsen af grødevækstens påvirkningen på vandstanden er, at vandstanden ikke kun stiger/falder som en funktion af grødens omfang men også varierer alt efter, hvor meget nedbør der falder. Således er det relevant at identificere eventuelle tørkeperioder. Hvis vandstanden stiger i perioder, hvor der ikke tilføres vand til vandløbet betyder det at vandstanden stiger som følge af tilvæksten i grøden. Figur 4.2 er en principskitse, der viser en tænkt situation og er lavet med arbitrært valgte data. Midt i perioden falder der intet nedbør og stigningen i vandstanden må således forekomme på grund af grødevækst. Forekommer dette kan vandstandsstigninger bestemmes i enheden højde-vandstand per dag med grødevækst.



Figur 4.2: Principskitse, der viser en udvikling af nedbør og vandstand. Egen figur lavet på arbitrært udvalgt data.

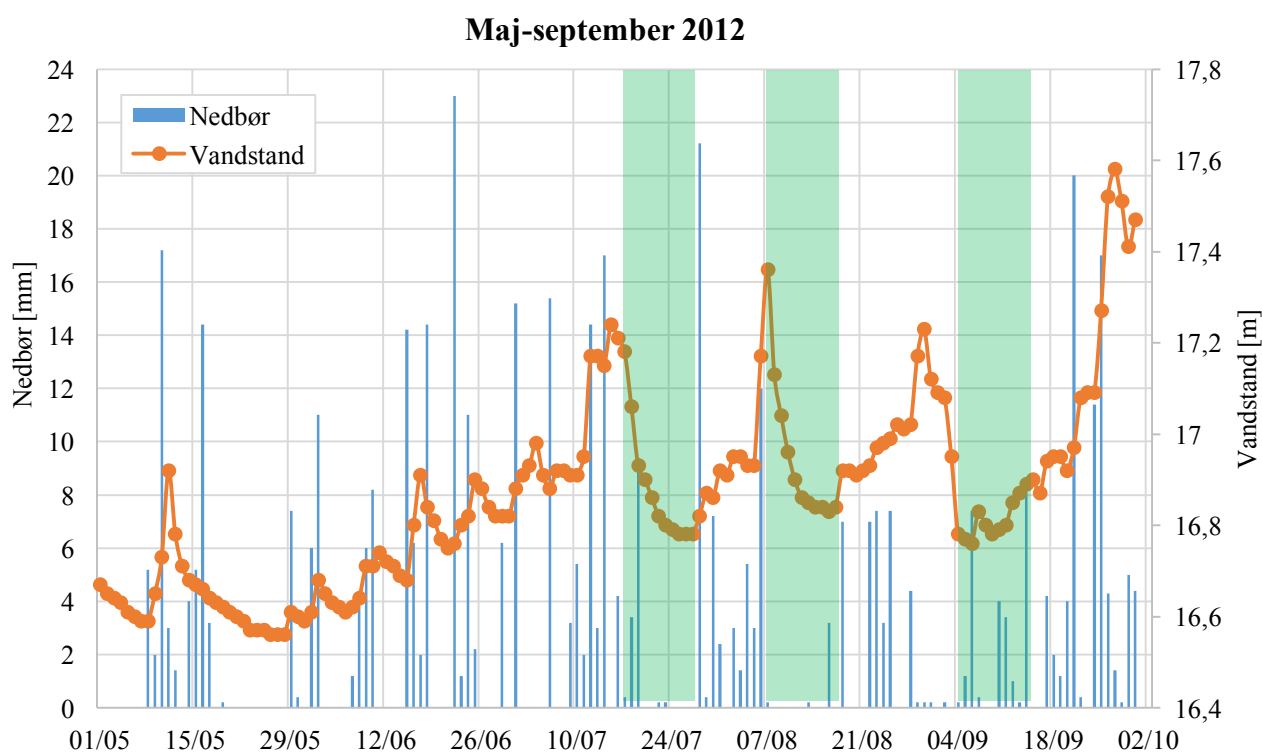
Såfremt nedbøren ikke tidsligt er fordelt på en sådan måde, at der forekommer relativt mange tørkeperioder, kan grødevækstens påvirkning ikke bestemmes på den måde. Derfor ses der igen på udviklingen i basisniveauet. Ved at beregne stigningen i vandstanden mellem start- og slutpunktet for basisniveauet i hver vækstperiode, kan vandstandsstigningen bestemmes. Denne stigning må således forekomme på grund af grødevækst, da udviklingen i basisniveauet er uafhængig af nedbørsforskyldte fluktuationer. Undtagelse til dette er dog forekomsten af relativt lange perioder med konstant og relativt meget nedbør. Dette ville kunne påvirke hældningen på den linje, der beskriver udviklingen i basisniveauet, jf. figur 4.1 og derved øge eller formindske den totale vandstandsstigning i vækstperioden, alt efter hvornår i perioden den kontinuerlige nedbør forekommer.

4.3 ESTIMERING AF VANDSTANDSFALD OG VANDSTANDSSTIGNINGER

I det følgende er vandstandsfald og vandstandsstigninger i perioden omkring og op mod grødeskæringer estimeret for årene 2012-2016. Vandstandsdata fra Miljøportalen er sammenholdt med tidspunkterne for grødeskæringer i Uggerby Å, jf. tabel 1.2, for at kunne bestemme start- og slutpunkter for udviklingen i basisniveauerne.

4.3.1 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2012

Ud fra en visuel vurdering er sammenhængen mellem vandstand og nedbør i datasættet god idet nedbør og vandstandsfluktuationer overordnet er sammenfaldne. Nedbøren falder kontinuerligt igennem hele perioden, og der forekommer derfor ikke relativt lange tørkeperioder. Således er det svært direkte at se en stigende vandstand som konsekvens af grødevækst. Det er dog muligt at se en udvikling i vandstandens basisniveau.



Figur 4.3: Viser nedbøren og vandstanden fra maj-september 2012. De grønne søjler markerer de tidslige intervaller, hvori grødeskæring har fundet sted, jf. tabel 1.2.

Fra slutningen af maj til midt i juli stiger basisniveauet, mens der ligeledes er kortere stigningsperioder synlige fra slut juli til start august, samt fra midt august til slut august. I perioden midt juli til start september forekommer tre relativt store fald i vandstanden. Disse fald passer tidsligt

med tidspunkterne for grødeskæring i vandløbet – uge 29 (16-22 juli), uge 32 (6-12 august) og uge 36 (3-9 september), jf. tabel 1.2. I grødevækstperioderne stiger basisniveauet 0,2 til 0,4 meter mens grødeskæringer resulterer i et fald i basisniveauet på mellem 0,1 til 0,25 meter.

Vandstandsfaldet efter de tre grødeskæringer er vist i tabel 4.1:

År	Vandstandsfald ved grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring
2012	0,17	0,12	0,26

Tabel 4.1: Viser vandstandsfald efter hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2012.

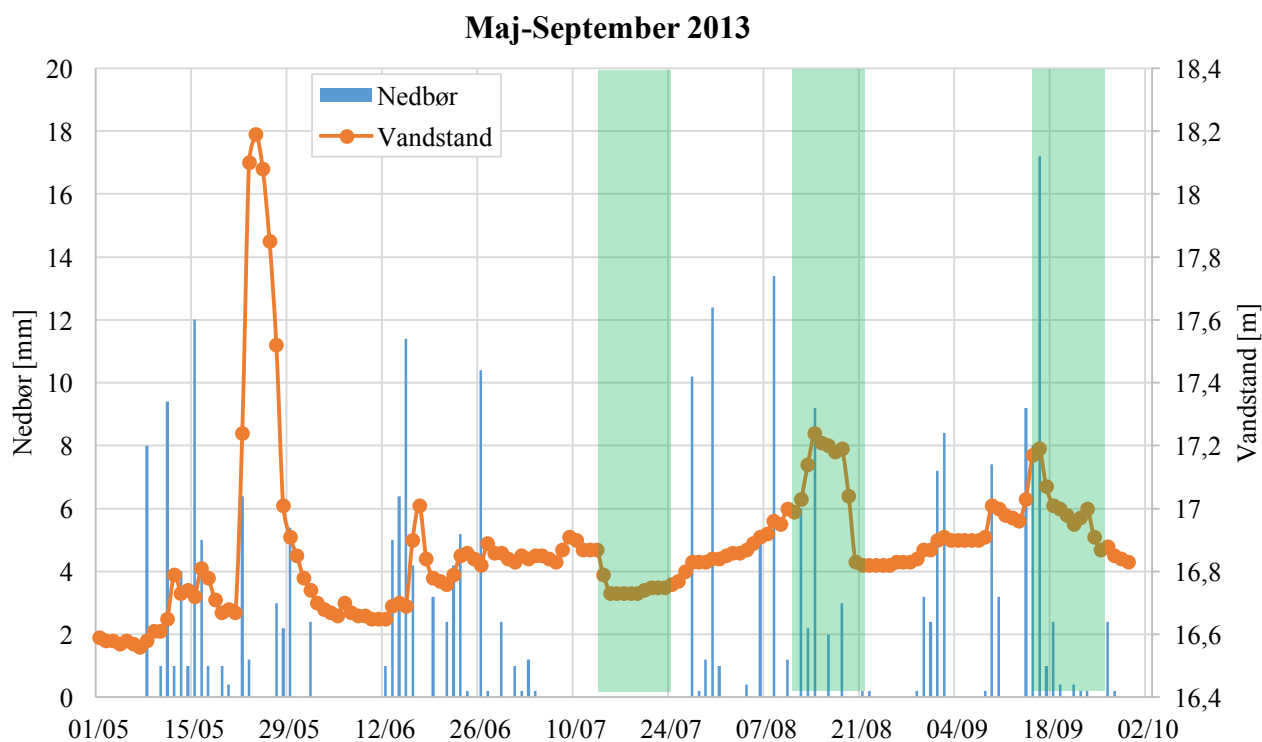
Vandstandsstigningerne før tre grødeskæringer er vist i tabel 4.2:

År	Vandstandsstigning før grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	1. Grødeskæring
2012	0,39	0,17	0,39

Tabel 4.2: Viser vandstandsstigning før hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2012.

4.3.2 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2013

Ud fra en visuel vurdering er sammenhængen mellem vandstand og nedbør i datasættet ikke god, da store mængder nedbør ikke nødvendigvis medfører en top i vandstandsdatasættet. Ydermere forekommer der en relativ stor top i maj uden at mængden af nedbør burde give anledning til dette. Ses der bort fra denne top stiger basisniveauet fra begyndelsen af perioden til midt i juli. To lignende stigninger er synlige fra midt juli til midt august og fra midt august til midt september. De relativt store fald i basisniveauet er sammenfaldende med tidspunkterne for grødeskæring i vandløbet – uge 29 (15-21 juli), uge 33 (12-18 august) og uge 38 (16-22 september), jf. tabel 1.2. I grødevækstperioderne stiger basisniveauet 0,2 til 0,3 meter, mens grødeskæringer resulterer i et fald i basisniveauet på mellem 0,15 til 0,2 meter. Umiddelbart efter den første grødeskæring forekommer der en relativ lang tørkeperiode. I denne periode stiger vandstanden fra 16,73 meter til 16,8 meter over syv dage. Derfor er grødevæksten i denne periode ansvarlig for en vandstandsstigning på én centimeter per dag.



Figur 4.4: Viser nedbøren og vandstanden fra maj-september 2013. De grønne søjler markerer de tidslige intervaller, hvori grødeskæring har fundet sted, jf. tabel 1.2.

Vandstandsfall efter de tre grødeskæringer er vist i tabel 4.3:

År	Vandstandsfall ved grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring
2013	0,14	0,21	0,2

Tabel 4.3: Viser vandstandsfall efter hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2013.

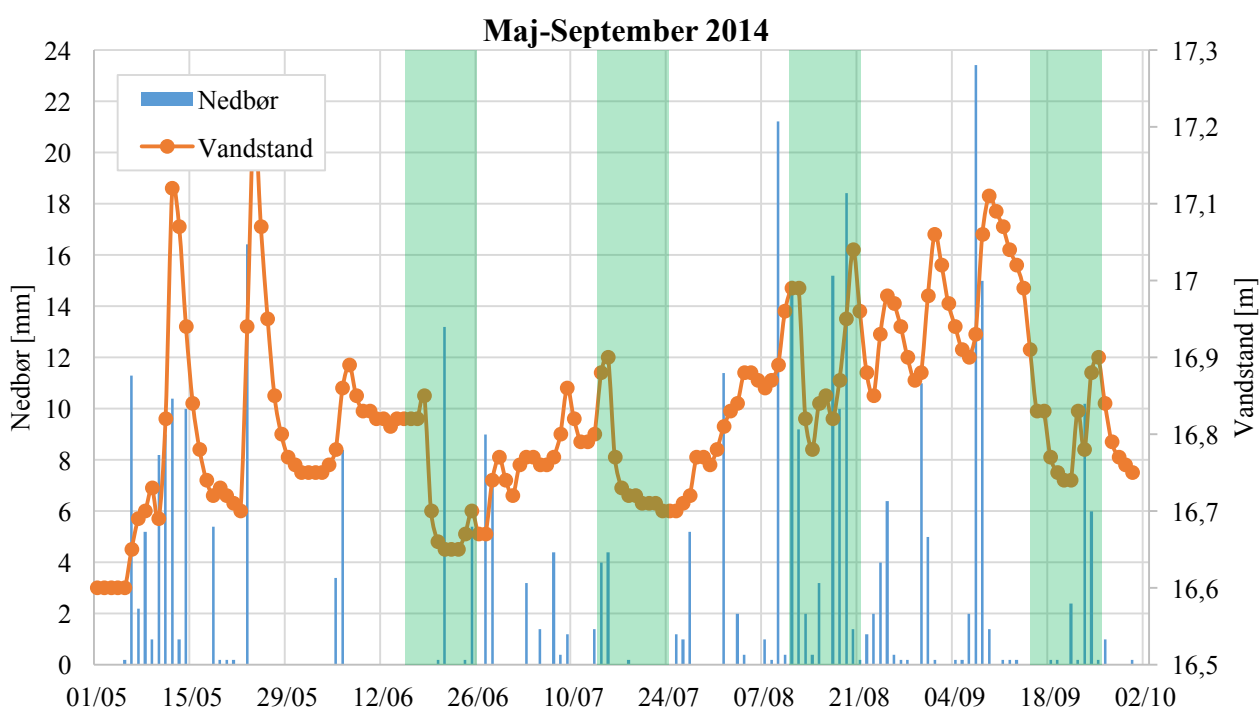
Vandstandsstigningerne før tre grødeskæringer er vist i tabel 4.4:

År	Vandstandsstigning før grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	1. Grødeskæring
2013	0,31	0,3	0,31

Tabel 4.4: Viser vandstandsstigning før hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2013.

4.3.3 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2014

Ud fra en visuel vurdering er sammenhængen mellem vandstand og nedbør i datasættet nogenlunde god. Fra begyndelsen af datasættet til midten af juni stiger basisniveauet efterfulgt af et relativt stort fald. Stigninger i basisniveauet ses ligeledes i perioderne midt juni til midt juli, midt juli til midt august og midt august til midt september. Stigningerne i basisniveauet afbrydes af relativt store fald i basisniveauet sammenfaldende med tidspunkterne for grødeskæring i vandløbet – uge 25 (16-22 juni), uge 29 (14-20 juli), uge 33 (11-17 august) og uge 38 (15-21 september), jf. tabel 1.2. I grødevækstperioderne stiger basisniveauet 0,15 til 0,2 meter, mens grødeskæringer resulterer i et fald i basisniveauet på mellem 0,1 til 0,25 meter.



Figur 4.5: Viser nedbøren og vandstanden fra maj-september 2014. De grønne søjler markerer de tidlige intervaller, hvori grødeskæring har fundet sted, jf. tabel 1.2.

Vandstandsfald efter de fire grødeskæringer er vist i tabel 4.5:

År	Vandstandsfald ved grødeskæring [m]			
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring	4. Grødeskæring
2014	0,17	0,1	0,11	0,25

Tabel 4.5: Viser vandstandsfald efter hver af de fire grødeskæringer i maj til oktober 2014.

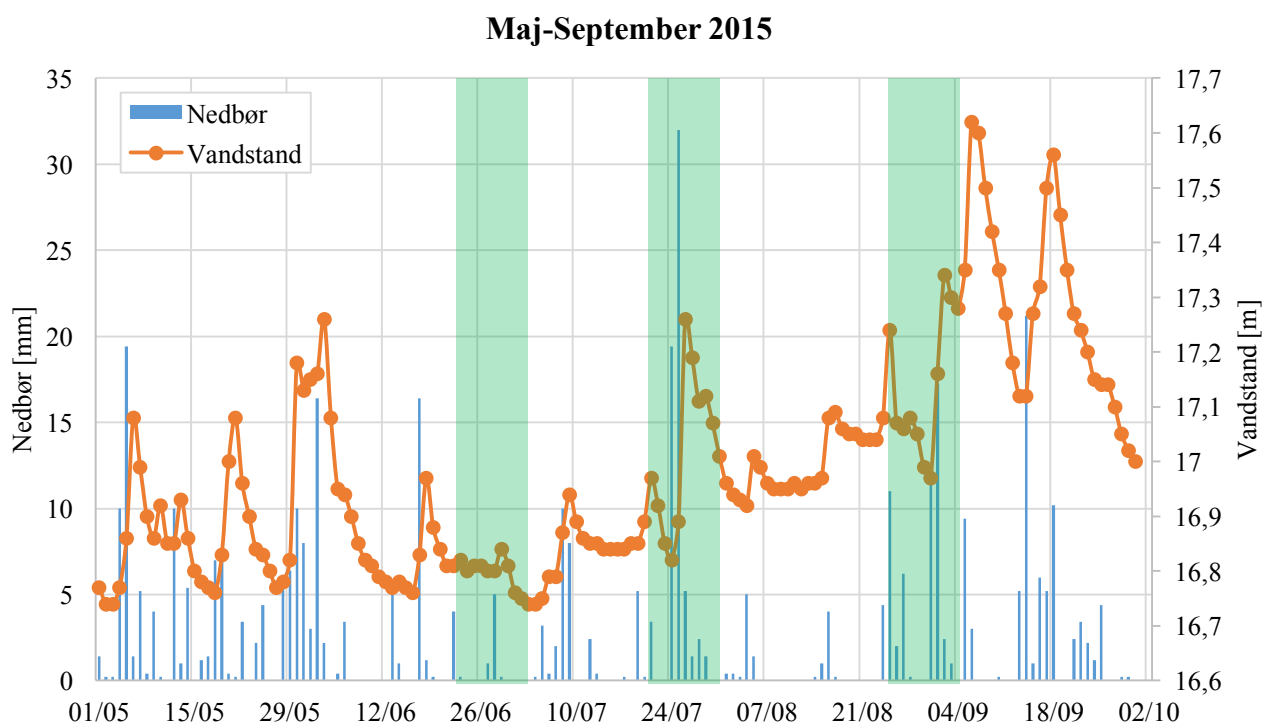
Vandstandsstigningerne før tre grødeskæringer er vist i tabel 4.6:

År	Vandstandsstigning før grødeskæring [m]			
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	1. Grødeskæring	4. Grødeskæring
2014	0,22	0,15	0,19	0,21

Tabel 4.6: Viser vandstandsstigning før hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2014.

4.3.4 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2015

Ud fra en visuel vurdering er sammenhængen mellem vandstand og nedbør i datasættet god, idet nedbør og vandstandsfluktuationer overordnet er sammenfaldne. Fra begyndelsen af perioden til slutningen af juni ses en relativ lille stigning i basisniveauet på få centimeter. Denne begrænsede stigning ses ligeledes i perioden slut juni til slut juli, mens stigningen er større i perioden slut juli til slut august. Stigningerne i basisniveauet afbrydes af fald sammenfaldende med tidspunkterne for grødeskæring i vandløbet – uge 26 (22-28 juni), uge 30 (20-26 juli), uge 35 (24-30 august), jf. tabel 1.2. I grødevækstperioderne stiger basisniveauet 0,05 til 0,25 meter, mens grødeskæringer resulterer i et fald i basisniveauet på mellem 0,05 til 0,1 meter.



Figur 4.6: Viser nedbøren og vandstanden fra maj-september 2015. De grønne søjler markerer de tidlige intervaller, hvori grødeskæring har fundet sted, jf. tabel 1.2.

Vandstandsfald efter de tre grødeskæringer er vist i tabel 4.7:

År	Vandstandsfald ved grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring
2015	0,06	0,03	0,11

Tabel 4.7: Viser vandstandsfald efter hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2015.

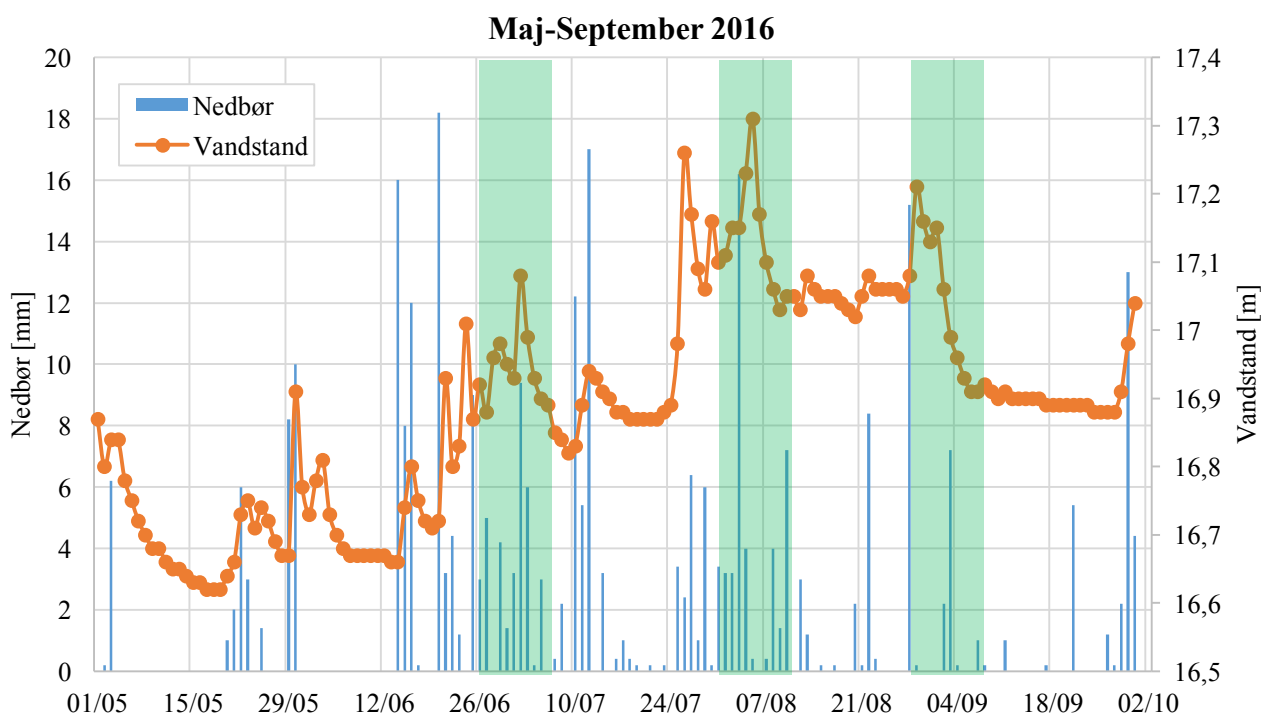
Vandstandsstigningerne før tre grødeskæringer er vist i tabel 4.8:

År	Vandstandsstigning før grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	1. Grødeskæring
2015	0,06	0,11	0,26

Tabel 4.8: Viser vandstandsstigning før hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2015.

4.3.5 DATA FRA MAJ TIL SEPTEMBER 2016

Ud fra en visuel vurdering er sammenhængen mellem vandstand og nedbør i datasættet god, idet nedbør og vandstandsfluktuationer overordnet er sammenfaldne. Fra midten af maj til slut juni stiger basisniveauet, mens stigninger ligeledes er synlige fra start juli til slut juli samt fra start august til slut august (dog meget begrænset stigning i basisniveauet i august). Faldene i vandstanden er sammenfaldende med tidspunkterne for grødeskæring i vandløbet – uge 26 (27 juni til 3 juli), uge 31 (1-7 august), uge 35 (29 august til 4 september), jf. tabel 1.2. I grødevækstperioderne stiger basisniveauet 0,05 til 0,30 meter, mens grødeskæringer resulterer i et fald i basisniveauet på mellem 0,05 til 0,15 meter.



Figur 4.7: Viser nedbøren og vandstanden fra maj-september 2016. De grønne søjler markerer de tidlige intervaller, hvori grødeskæring har fundet sted, jf. tabel 1.2.

Vandstandsfald efter de tre grødeskæringer er vist i tabel 4.9:

År	Vandstandsfald ved grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring
2016	0,06	0,08	0,17

Tabel 4.9: Viser vandstandsfald efter hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2016.

Vandstandsstigningerne før tre grødeskæringer er vist i tabel 4.10:

År	Vandstandsstigning før grødeskæring [m]		
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	1. Grødeskæring
2015	2016	0,26	0,29

Tabel 4.10: Viser vandstandsstigning før hver af de tre grødeskæringer i maj til oktober 2016.

4.4 DISKUSION

I tabel 4.11 er vandstandsfald ved grødeskæring angivet. Faldene er beregnet som differencen mellem maksimumværdien for basisniveauet i den tidligere vækstperiode og det nye basisniveau.

År	Vandstandsfald ved grødeskæring [m]			
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	3. Grødeskæring	4. Grødeskæring
2012	0,17	0,12	0,26	-
2013	0,14	0,21	0,2	-
2014	0,17	0,1	0,11	0,25
2015	0,06	0,03	0,11	-
2016	0,06	0,08	0,17	
Gennemsnit	0,12	0,108	0,17	0,25

Tabel 4.11: Viser vandstandsfald ved grødeskæring fra 2012-2016.

Det er svært at afgøre i hvor høj grad værdierne i tabel 4.11 er påvirket af forekomsten af eventuel nedbør på samme tid som der grødeskæres. Ud af de 16 grødeskæringsintervaller angivet i tabel 1.2 er seks sammenfaldne med nedbørshændelser, hvori der falder mere end fem millimeter. Særligt grødeskæringer foretaget i 2016 er muligvis sammenfaldne med nedbørshændelser, der kan have påvirket værdien af vandstandsfaldet. Således er det muligt, at vandstandsfaldene beregnet for dette år er præget af en større usikkerhed. Den største usikkerhedsfaktor beror dog i selve fastlæggelsen af basisniveauerne og deres respektive start- og slutværdier. Derfor må værdierne af de beregnede vandstandsfald ikke anskues som eksakte værdier. I stedet er det relevant at betragte den overordnede udvikling i værdierne, der synes at vidne om en tendens til at de største vandstandsfald forekommer ved de seneste grødeskæringer. Hvis det antages, at der ved alle grødeskæringer anvendes samme metode, og at der videre skæres ned til den samme mængde grøde, kan denne tendens forklares ved at grøden sent på sæsonen overodnet set har en anden struktur en tidligt på sæsonen. En artsudskiftning kan have fremmet mere skæringstolerante planter, som yder en større modstand. Yderligere ændres grødens plantestruktur ved grødeskæring. Således reagerer nogle arter ved sideskud, når plantespidsen skæres. Dette kan påvirke i hvor høj grad grøden vokser under vand, jf. tabel 1.1 (Skov- og Naturstyrelsen 2008).

I tabel 4.12 er vandstandsstigningen i alle vækstperioderne angivet.

År	Vandstandsstigning før grødeskæring [m]			
	1. Grødeskæring	2. Grødeskæring	1. Grødeskæring	4. Grødeskæring
2012	0,39	0,17	0,39	
2013	0,31	0,3	0,31	
2014	0,22	0,15	0,19	0,21
2015	0,06	0,11	0,26	-
2016	0,26	0,29	0,05	-
Gennemsnit	0,248	0,204	0,18	0,21

Tabel 4.12: Viser vandstandsstigningen før grødeskæring fra 2012-2016.

Den største usikkerhedsfaktor i beregningen af vandstandsstigningerne er igen estimeringen af basisniveauerne respektive start- og slutværdier. Derfor betragtes igen den overordnede tendens i resultaterne. Generelt set forekommer de største vandstandsstigninger først på året inden de første grødeskæringer. Først på året er startpunktet for basisniveauet lavt sammenlignet med senere på året, idet vandløbet er grødefrit. Således er det muligt for vandstanden at stige relativt mere end senere på året, idet de længste vækstperioder forekommer frem mod den første grødeskæring.

4.5 DELKONKLUSION

Ved at se på udviklingen i basisniveauerne igennem en vækstsæson, er det muligt at se tendenserne i grødeskæringer og grødevæksts påvirkning på vandstanden. Størrelsen på det vandstandsfald, der forekommer efter grødeskæringer, stiger overordnet set jo senere på sæsonen der skæres grøde. Samtidig falder størrelsen på den vandstandsstigning, der forekommer op mod grødeskæring desto senere på sæsonen man kommer.

KAPITEL 5 – ANALYSE AF NEDBØRSFORSKYLDTE VANDSTANDSSTIGNINGER

I det følgende afsnit er vandstandsstigninger, forekommende som følge af nedbør undersøgt. Til dette anvendes vandstandsdata fra Miljøportalen for årene 2012-2016 samt nedbørsdata.

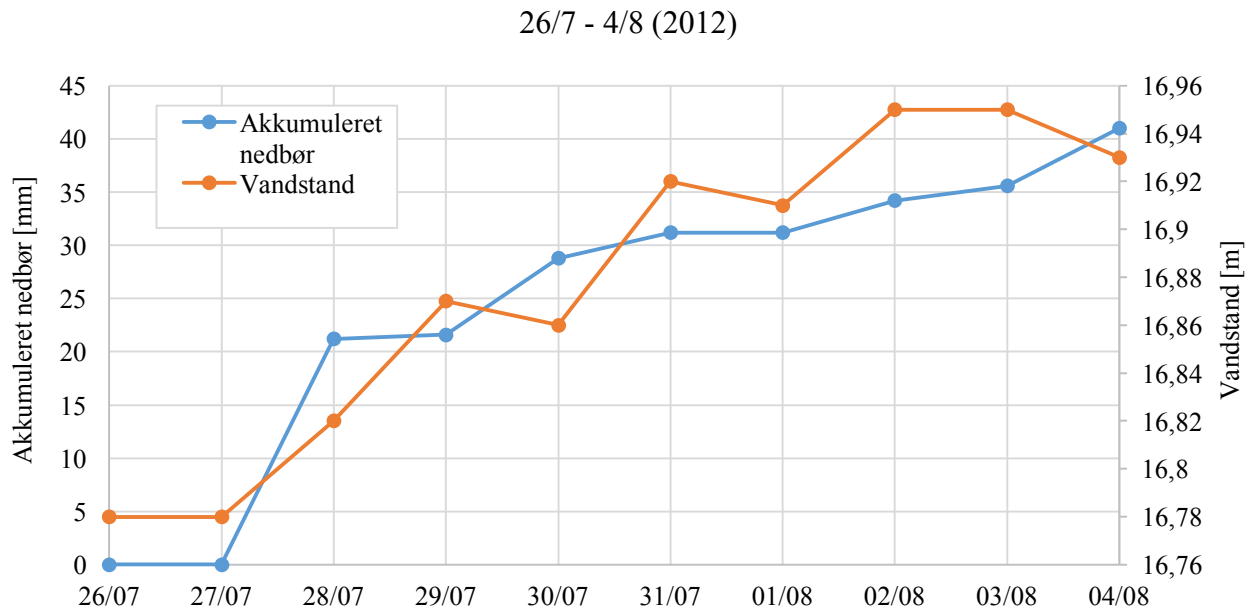
5.1 BEREGNING AF VANDSTANDSSTIGNING

Den mest simple måde at anskue dette på, er at sammenholde størrelsen af den vandstandsstigning, der finder sted efter en nedbørshændelse med nedbørmængden i hændelsen. Ved at se på relativt korte tidsintervaller elimineres effekten af grødevækst, da denne antages at være ubetydelig. Over kortere tidsintervaller forekommer der dog forskelle i hvordan vandstanden responderer på nedbøren. Således er det ikke altid muligt at identificere hvilke vandstandsstigninger, der korresponderer med hvilke nedbørsmålinger. Derfor er en alternativ metode anvendt. Efter hver grødeskæring falder vandstanden til et nyt basisniveau, der tidligere blev defineret som det niveau vandstanden falder til efter påvirkningen fra en nedbørshændelse er fortaget. Derfor antages det at den eneste parameter, der påvirker vandstanden umiddelbart efter grødeskæring er nedbørmængden, idet grødens omfang ”nulstilles”. Således er det muligt at betragte perioder med nedbør. Ved at se på den første vandstandsstigningen frem mod den første lokale top i vandstandsdata efter grødeskæring og sammenholde den med den akkumulerede nedbørmængde i samme tidsinterval, er det muligt at estimere, hvor stor en vandstandsstigning én millimeter nedbør vil medføre. Nedbørens påvirkning på vandstanden betegnes α og defineres på følgende måde:

$$\alpha = \frac{(\text{Difference mellem lokalt minimum og maksimum})}{(\text{Akkumuleret nedbør})} \quad \text{Ligning 5.1}$$

5.2 BEREGNING AF α -VÆRDIER

Følgende beregninger er foretaget for kalenderåret 2012. De resterende beregninger af α -værdier for 2013-2016 findes i bilag 8.1. Figur 5.1 herunder viser vandstanden samt den akkumulerede nedbør i den første nedbørsperiode efter den første grødeskæring i 2012:

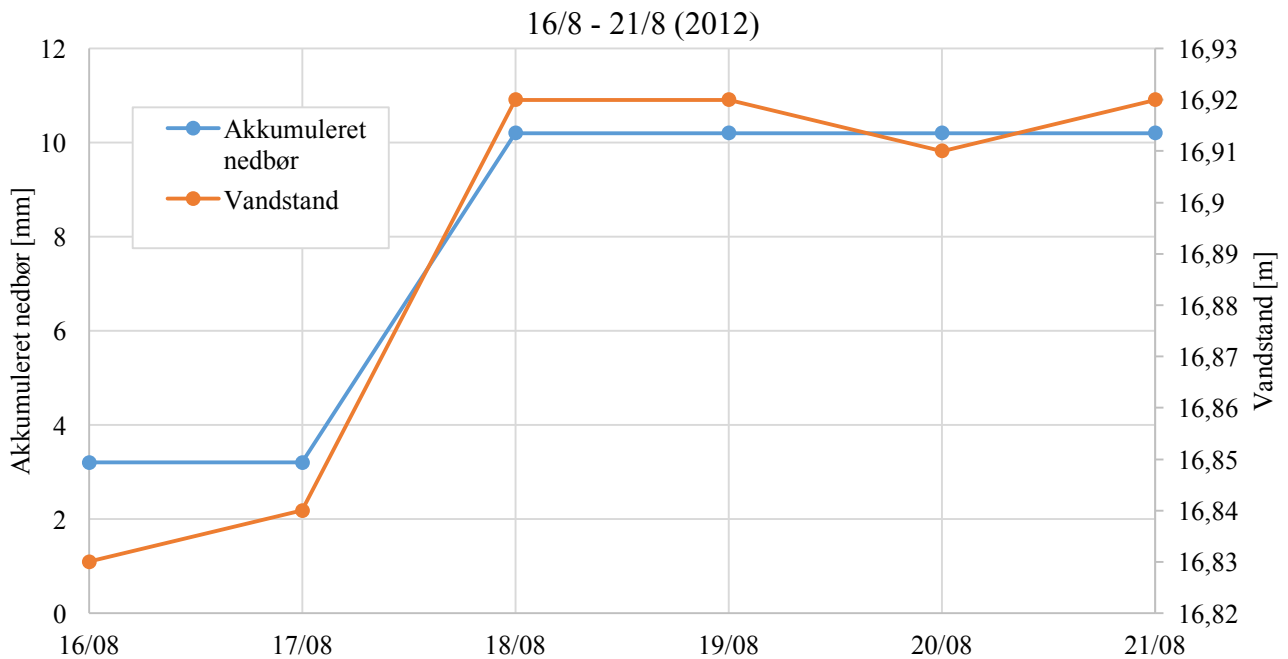


Figur 5.1: Viser vandstanden samt den akkumulerede nedbør i den første nedbørsperiode efter den første grødeskæring i 2012.

Beregningen af den første α -værdi er foretaget på baggrund af den vandstandsstigning, der er synlig fra d. 27/7 til 2/8. Således er de tilhørende vandstandsværdier samt den akkumulerede nedbør for dette tidsinterval brugt i ligning 5.1:

$$\alpha_1 = \frac{(16,95m - 16,78m)}{(34,2mm - 0mm)} \cdot 100 = 0,5 \frac{cm \text{ vandstand}}{mm \text{ nedbør}} \quad \text{Ligning 5.2}$$

Figur 5.2 herunder viser vandstanden samt den akkumulerede nedbør i den første nedbørsperiode efter den anden grødeskæring i 2012:

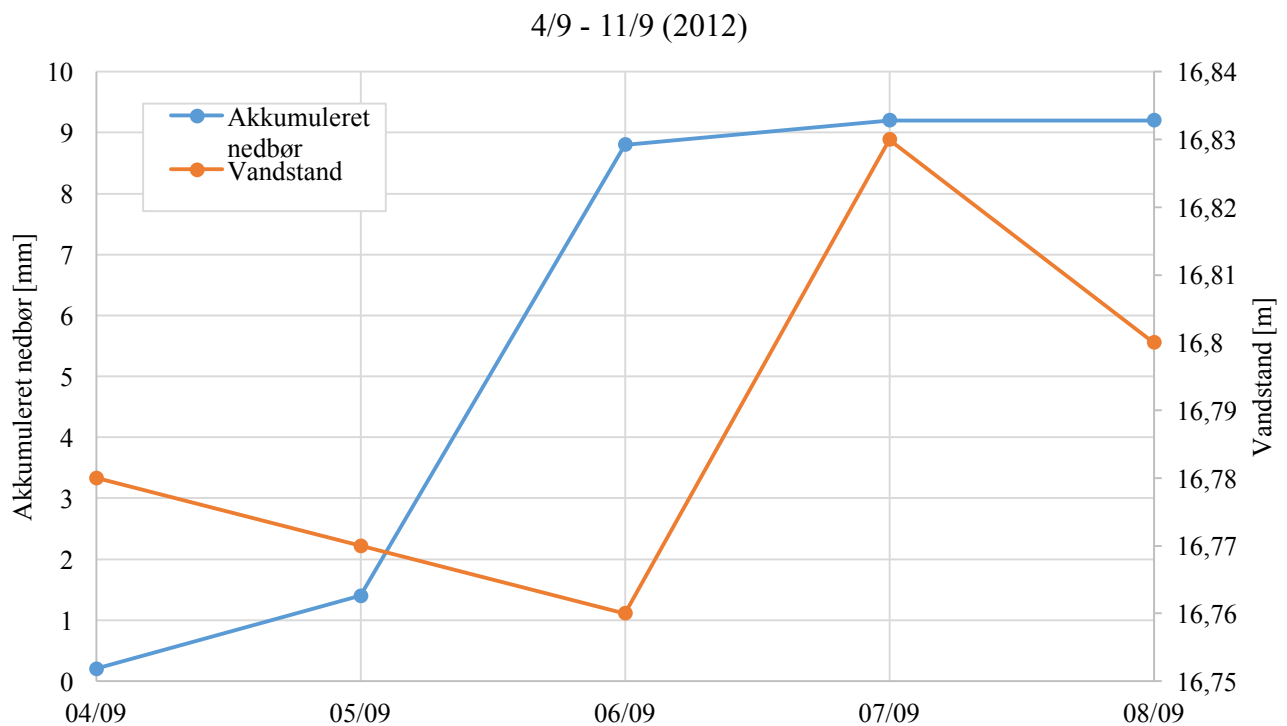


Figur 5.2: Viser vandstanden samt den akkumulerede nedbør i den første nedbørsperiode efter den anden grødeskæring i 2012.

Beregningen af den anden α -værdi er foretaget på baggrund af den vandstandsstigning, der er synlig fra d. 16/8 til 18/8. Således er de tilhørende vandstandsværdier samt den akkumulerede nedbør for dette tidsinterval brugt i ligning 5.1:

$$\alpha_2 = \frac{(16,92m - 16,83m)}{(10,2mm - 3,2mm)} \cdot 100 = 1,29 \frac{cm \text{ vandstand}}{mm \text{ nedbør}} \quad \text{Ligning 5.3}$$

Figur 5.3 herunder viser vandstanden samt den akkumulerede nedbør i den første nedbørsperiode efter den tredje grødeskæring i 2012:



Figur 5.3: Viser vandstanden samt den akkumulerede nedbør i den første nedbørsperiode efter den tredje grødeskæring i 2012.

Beregningen af den tredje α -værdi er foretaget på baggrund af den vandstandsstigning, der er synlig fra d. 6/9 til 7/9. Således er de tilhørende vandstandsværdier samt den akkumulerede nedbør for dette tidsinterval brugt i ligning 5.1:

$$\alpha_3 = \frac{(16,83m - 16,76m)}{(9,2mm - 8,8mm)} \cdot 100 = 17,5 \frac{cm \text{ vandstand}}{mm \text{ nedbør}} \quad \text{Ligning 5.4}$$

5.3 DISKUSSION

Tabel 5.1 viser de beregnede α -værdier for årene 2012-2016 samt gennemsnittet af henholdsvis α_1 , α_2 og α_3 .

År	α -værdier [cm vandstand mm ⁻¹ nedbør]		
	α_1	α_2	α_3
2012	0,5	1,29	17,5
2013	0,98	1,47	12,5
2014	0,89	1,13	3,46
2015	0,84	1,25	2,91
2016	0,35	0,44	-
Gennemsnit	0,71	1,11	9,1

Tabel 5.1: Viser de beregnede α -værdier for år 2012-2016 samt gennemsnittet af henholdsvis α_1 , α_2 og α_3 . For α_3 i 2016 er vandstandsstigningen for lav til at det er relevant at beregne α , jf. bilag 8.1.4.

På tabel 5.1 ses en tendens i udviklingen af α -værdier i løbet af året. Værdierne er for samtlige år stigende fra α_1 til α_3 . Med andre ord betyder det, at jo senere på sæsonen man befinder sig, jo større en vandstandsstigning forekommer der per millimeter nedbør. Stigningen i α -værdierne bunder formenligt i de samme årsager, der medfører at de største vandstandsfald efter grødeskæring forekommer sidst på vækstsæsonen. Det være sig en mulig artudskiftning til mere skæringstolerante planter samt en ændring i grødens struktur i løbet af vækstsæsonen påvirket af grødeskæring. Usikkerheden i forbindelse med beregningerne af α -værdierne ligger i det faktum, at nedbørsmålingerne er foretaget i Aalborg. Således kan der forekomme forskelle mellem mængden af nedbør der falder i Aalborg og ved station Astedbro. Dette vil kunne forklare hvorfor sammenhængen mellem vandstand og nedbør nogle år er bedre end andre. Endvidere er nogle af beregningerne foretaget på baggrund af relativt små værdier. Det betyder at opløsningen på data der anvendes bliver relevant.

5.4 DELKONKLUSION

Ved at se på de vandstandsstigninger, som antages kun at forekomme som følge af nedbør, ses en tendens til at de største vandstandsstigninger per millimeter falden nedbør forekommer sidst på sæsonen. Ses der på gennemsnitsværdierne for hver af α -værdierne bliver vandstandsstigningerne per falden millimeter nedbør over ti gange større.

KAPITEL 6 – KONKLUSION

Overordnet ønskes det med arbejdet i denne rapport at undersøge hvordan det kan være muligt for en dansk kommune så som Hjørring Kommune at behovsstyre grødeskæringer? Overordnet kan det konkluderes at kompleksiteten og dynamikkerne i de systemer, der er i spil besværliggør processen. Således er det ikke ligetil at gå fra A til B til C og så videre. Dette skyldes det faktum at ændres en parameter i systemet påvirkes andre – eksempelvis påvirkes grødevæksten af grødeskæring og omvendt. Derfor er det besværligt at estimere effekterne af én parameter ved at holde de andre konstante. Kompleksitetens er givetvist også årsagen til, at de danske kommuner ikke er kommet længere med behovsstyring af grødeskæringer. Således er det vanskeligt at skaffe sig information om beregning af vandføring samt fastlæggelse af brændpunktsværdier, og som det ser ud nu er dette essentielt for præcist at kunne beregne vandføring andre steder i vandløbet.

En mulig behovsstyret grødeskæring i Uggerby Å i Hjørring Kommune må på nuværende tidspunkt bero på de data, der allerede er tilgængelige. Ved en videre analyse af de empiriske data som vandføringen på Miljøportalen er beregnet på baggrund af, er det vanskeligt at vurdere om vandføringen er beregnet med tilstrækkelig præcision. Usikkerheden forbundet med fastlæggelsen af brændpunktet overføres til vandføringstidsserien, da brændpunktsværdien er relativ vigtig i beregningen af de Q/h-relationen vandføringen videre beregnes på baggrund af. Det kan konkluderes, at der må være uoverensstemmelse i enten metode eller data i beregningen af vandføringen i perioden hvor grødevækst finder sted i vandløbet. Det synes dog mest realistisk at data har været udsat for en eller anden form for korrektion. Det sidste skridt for at knytte vandføringen til den konceptuelle model er at relatere vandføringen til en kvalitativ estimering af grødens omfang. Det er dog usandsynligt, at dette kan gøres med lige stor succes i alle punkter langs vandløbet. En vandføring på eksempelvis 3000 l/s kan nogle steder resultere i dykning af drænrør, mens den andre steder ikke betyder noget (hvis vandløbet eksempelvis er gravet ned i terrænet). Det kræver dog en individuel vurdering fra sted til sted. Derfor er vanskeligt på nuværende tidspunkt at lave en prognosemodel.

På baggrund af de data, der er tilgængelige på nuværende tidspunkt er det sandsynligt at en behovsstyret grødeskæring kan gennemføres ved station Astedbro, såfremt grødens omfang kvalificeres. Skal grødeskæringer i hele vandløbets længde behovsstyres kræves data, der bedre beskriver de hydrologiske forhold der er gældende i hvert enkelt punkt. Mest optimalt ville det være at måle vandføringen kontinuerligt, i stedet for at basere beslutninger på beregnede værdier. Dette er

muligt ved brug af en dobler, der ligesom en vandstandslogger indsamler data af sig selv. Ny teknik koster dog penge og hvorvidt der bevilges midler til dette, er en politisk prioriteringssag. Det er dog ikke nødvendigt at indsamle data for alle punkter langs vandløbet. En risikokortlægning samt en skitse af vandløbets længdeprofil kan bruges til at identificere hvilke punkter, der er mest sårbare.

Den konceptuelle model der arbejdes med i denne rapport samler effekterne af de parametre der påvirker vandstanden i et vandløb. Det være sig de vandstandsstigninger som grødevækst og nedbør bidrager til, samt det vandstandsfald som grødeskæringer medfører. Ved undersøgelser af de generelle vandstandstendenser omkring tidspunkterne hvorpå der skæres grøde kan det konkluderes, at effekterne af en grødeskæring er størst når der grødeskæres sidst i vækstsæsonen. Ligeledes er tidspunkterne hvorpå der skæres grøde betydende for hvor stor en vandstandsstigning en millimeter nedbør medfører. Således kan det konkluderes at nedbøren ligeledes påvirker vandstanden mest sidst på vækstsæsonen. Vandstandsstigningerne, der forekommer som følge af grødevækst er størst i starten af vækstsæsonen. Man kan argumentere for, at det muligvis kan lade sig gøre at reducere antallet af grødeskæringer, der foretages i en vækstsæson såfremt nedbørsforudsigelserne tillader at man kan skubbe datoen for den første grødeskæring. Det skyldes, at de efterfølgende grødeskæringer er nødsaget til at ligge relativt tæt efter hinanden. Skal dette kunne lade sig gøre foreligger der ligeledes nogle praktiske udfordringer i forbindelse med selve skæringen af grøde.

KAPITEL 7 - LITTERATURLISTE

BACH, H., BAATTRUP-PEDERSEN, A., HOLM, P.E., JENSEN, P.N., LARSEN, T. OVESEN, N.B., PEDERSEN, M.L., SAND-JENSEN, K., STYCZEN, M. 2016. Faglig udredning om grødeskæring i vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 102 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

BADEN, C., 2015. Landmænd kæmper med oversvømmede marker. Danmarks radio. URL: <http://www.dr.dk/nyheder/regionale/nordjylland/landmaend-kaemper-med-oversvoemmede-marker>. Sidst besøgt d. 6/2-17.

DMI, Danmarks Meteorologiske Institut. 2016. Vejrarkiv. Nedbør, Årssum 2001-2010. URL: <https://www.dmi.dk/vejr/arkiver/vejrarkiv/>. Sidst besøgt d. 6/2-17.

ENGBERG, O. 2015. Naturstyrelsen. Bekendtgørelse af lov om vandløb. URL: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=175898#id2c7cc341-1111-4f58-a204-4c0d6e5cb5c4>. Sidst besøgt d. 6/2-17.

HOOGE, A. 2015. Nordjyske landmænd kæmper for erstatning for oversvømmelser. URL: <http://baeredygtigtlandbrug.dk/nyheder/2015/11/nordjyske-landmaend-kaemper-for-erstatning-for-oversvoemmelser/>. Sidst besøgt 28/2-17.

LARSEN, T. 2012. Intelligent grødeskæring i vandløb. Skitse til projekt.

MADSEN, B. 2017. Grøde. Den Store Danske, Gyldendal. URL: <http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=86493>. Sidst besøg d. 6/2-17.

MILJØPORTAL. No data. Om Danmarks miljøportal. URL: <http://www.miljoportal.dk/omdmp/Sider/forside.aspx>. Sidst besøgt d. 1/6-17.

NATHAN, I., & KRISTIANSEN, S. 2014. Flere landmænd får erstatning for oversvømmede marker. Danmarks Radio. URL: <http://www.dr.dk/nyheder/regionale/syd/flere-landmaend-faar-erstatning-oversvoemmede-marker>. Sidst besøgt d. 6/2-17.

NORDJYLLANDS AMT. Teknik og Miljø Området. Vandmiljøkontoret. 2006.

Afstrømningsmålinger i Nordjyllands Amt 2005. URL:

<http://www.water.civil.aau.dk/gw/exercises/Afstromningsmaalinger2005.pdf>. Sidste besøgt d. 15/3.

OVESEN, N. B. 2017. Excelfil indeholdende værdier for grundkurve samt brændpunkter.

RAASCHOU, P. 1991. Vejledning i bearbejdning af data fra vandføringsstationer. Publikation nr. 7 fra Fagdatacenter for Hydrometriske Data, Hedeselskabet.

SAND-JENSEN, K., FRIBERG, N., MURPHY, J. 2006. Running waters - Historical development and restoration of lowland Danish streams. National Environmental Research Institute. Ministry of the Environment, Denmark.

SIMONSEN, J., BAATTRUP-PEDERSEN, A., LARSEN, S., OVESEN, N. 2016. Grødeskæring og vandstand i danske vandløb. *Aktuel Naturvidenskab* vol. 2 side 8-12.

SKOV- OG NATURSTYRELSEN. 2008. Grødeskæring i vandløb - Erfaringsopsamling af metoder, praksis og effekter.

SKRIVER, K., LARSEN, O. 2017. Danmark – landbrug. *Den Store Danske*, Gyldendal. URL: <http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=60985>. Sidst besøgt d. 6/2-17.

THOMSEN, K. No date. Vandløbene og ådalene. Hjørring Kommune. URL: <https://hjoerring.dk/borger/teknik-miljoe/miljoe-og-natur/natur/natur-og-landskab/vandloebene-og-aadalene/>. Sidst besøgt d. 6/2-17.

WEISE, S. 2015. Nordjyder slås for erstatning for oversvømmelser. *Maskinbladet*. URL: <http://www.maskinbladet.dk/artikel/nordjyder-slas-erstatning-oversvommelser>. Sidst besøgt d. 30/5-17

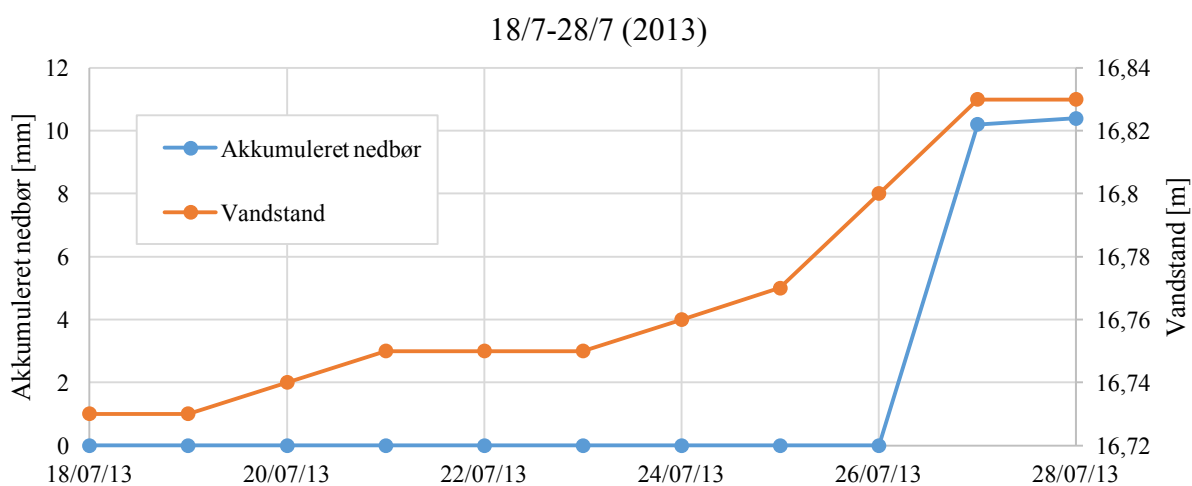
KAPITEL 8 - BILAG

8.1 NEDBØRSFORSKYLDTE VANDSTANDSSTIGNINGER

Følgende beregninger af α -værdier er foretaget ved at benytte ligning 5.1.

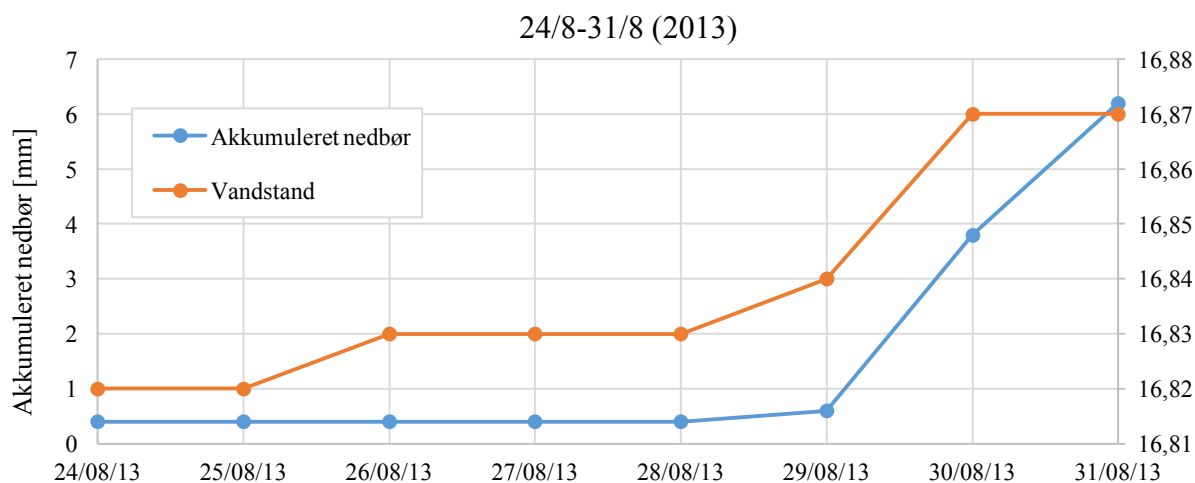
8.1.1 2013

Figur 8.1 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2013.



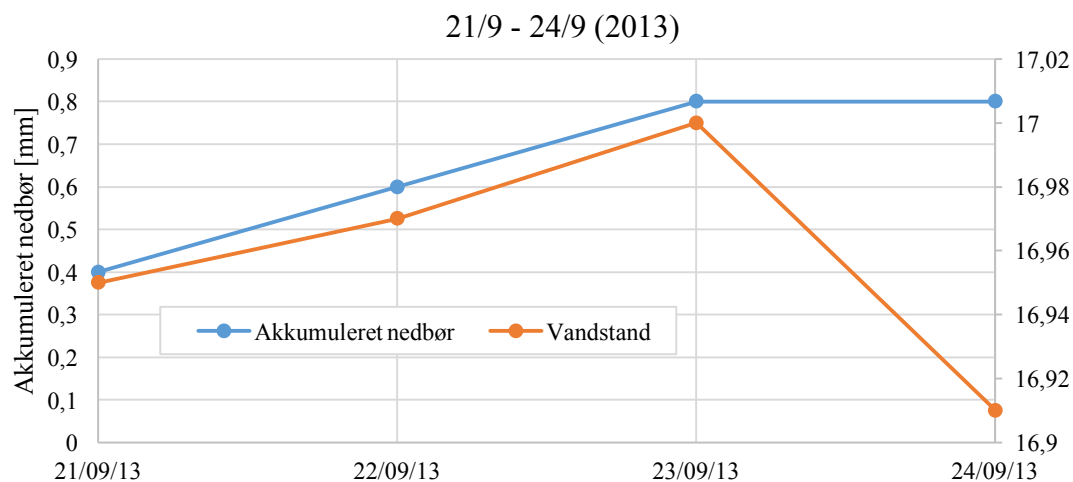
Figur 8.1: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2013.

Figur 8.2 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den anden grødeskæring i 2013.



Figur 8.2: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter anden grødeskæring i 2013.

Figur 8.3 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2013.



Figur 8.3: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2013.

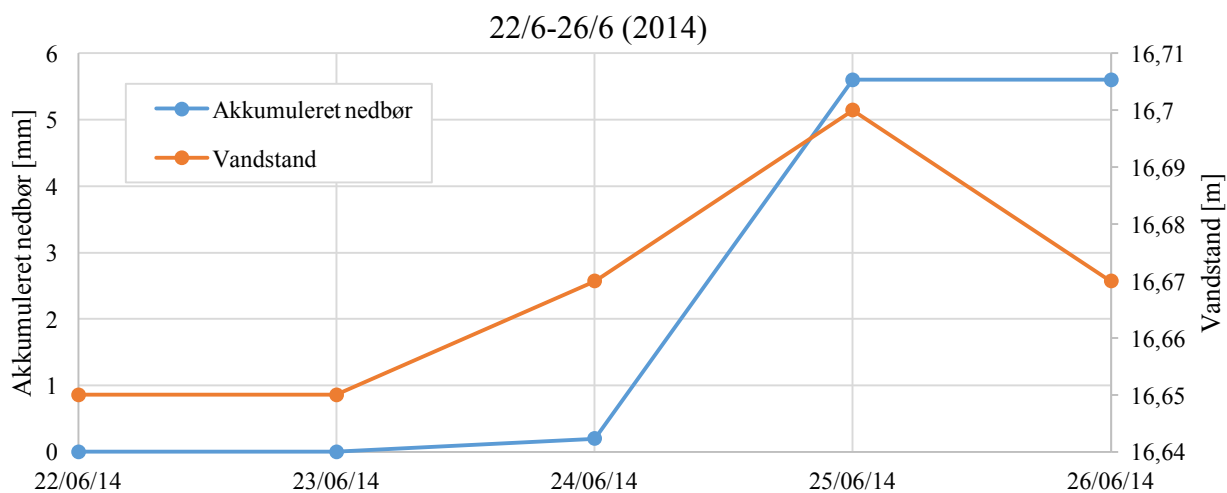
Tabel 8.1 viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2013.

Periode efter X. grødeskæring	1. (α_1)	2. (α_2)	3. (α_3)
Akkumuleret nedbør [mm]	10,2	3,4	0,4
Vandstandsstigning [m]	0,1	0,05	0,05
α -værdier [cm vandstand mm ⁻¹ nedbør]	0,98	1,47	12,5

Tabel 8.1: Viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2013.

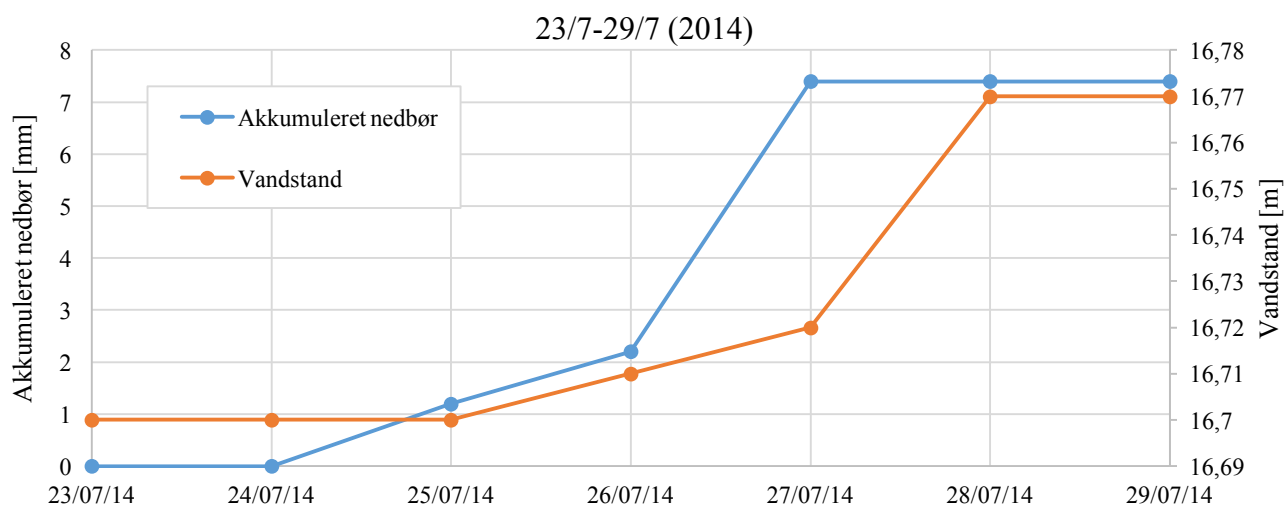
8.1.2 2014

Figur 8.4 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2014.



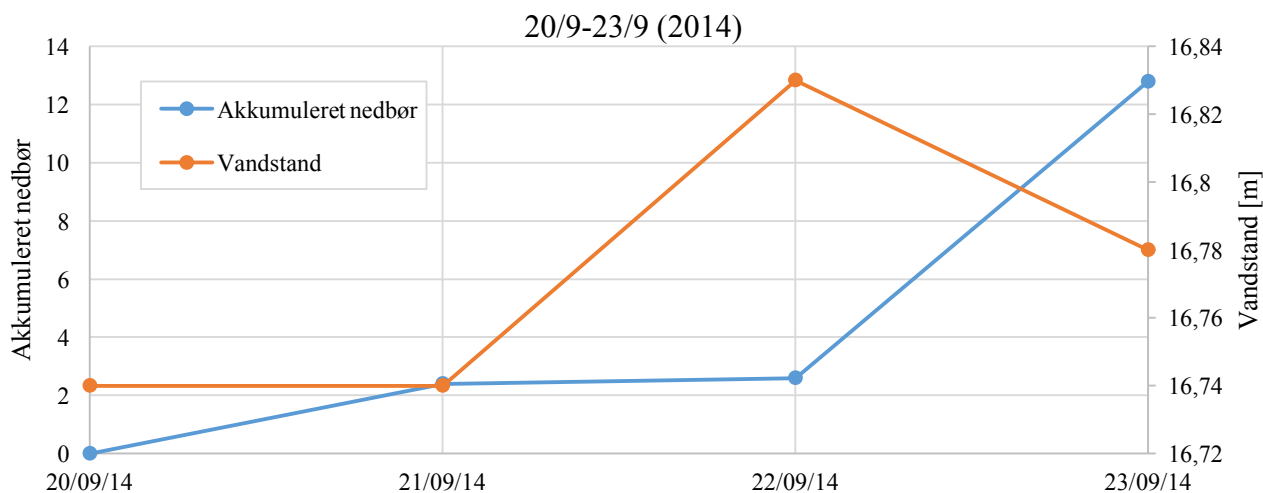
Figur 8.4: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2014.

Figur 8.5 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den anden grødeskæring i 2014.



Figur 8.5: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter anden grødeskæring i 2014.

Figur 8.6 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2014.



Figur 8.6: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2014.

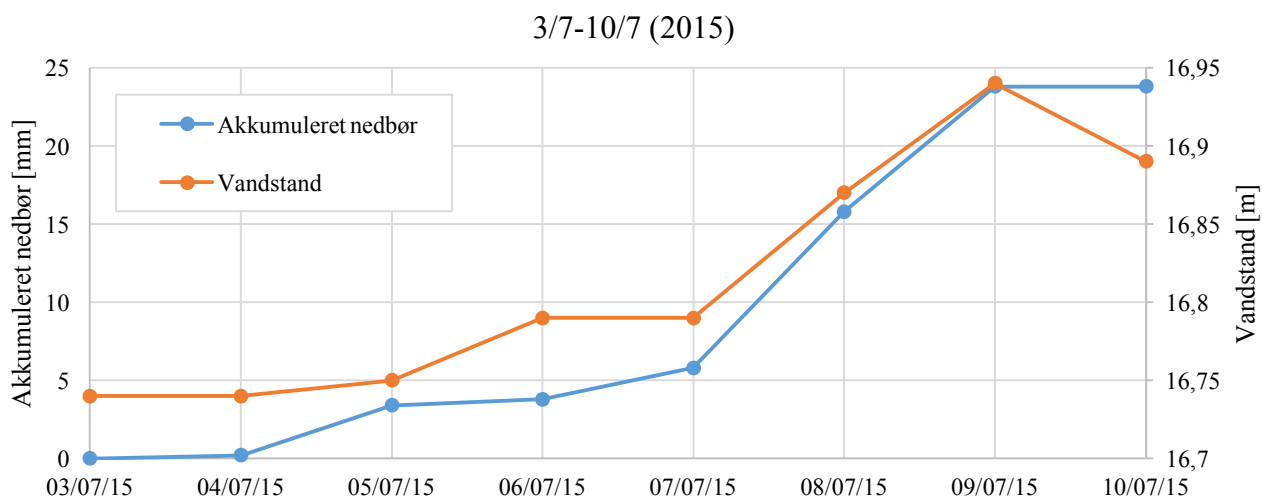
Tabel 8.2 viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2014.

Periode efter X. grødeskæring	1. (α_1)	2. (α_2)	3. (α_3)
Akkumuleret nedbør [mm]	5,6	6,2	2,6
Vandstandsstigning [m]	0,05	0,07	0,09
α -værdier [cm vandstand mm ⁻¹ nedbør]	0,89	1,13	3,46

Tabel 8.2: Viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2014.

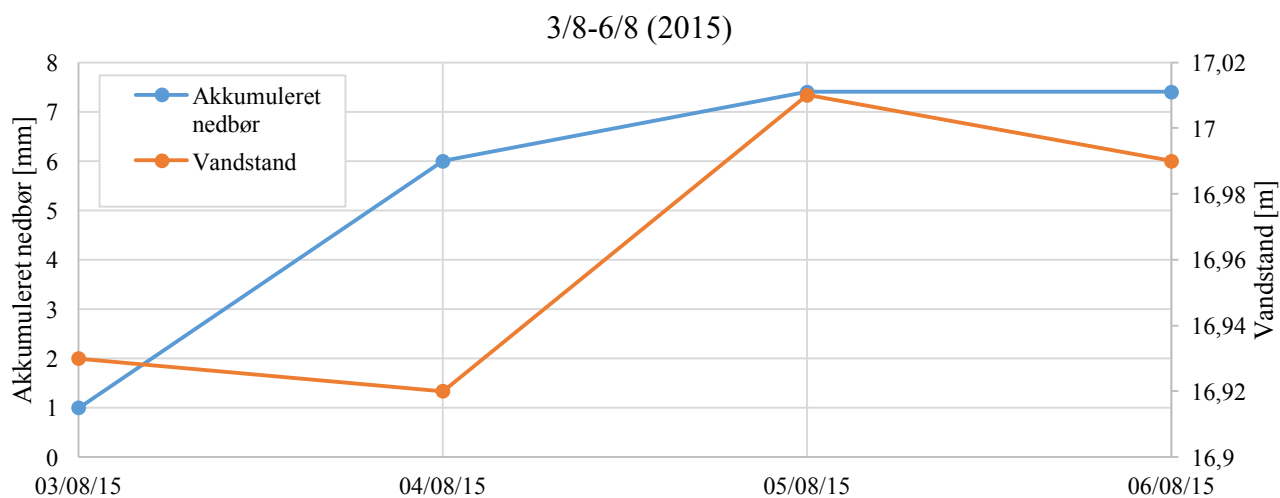
8.1.3 2015

Figur 8.7 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2015.



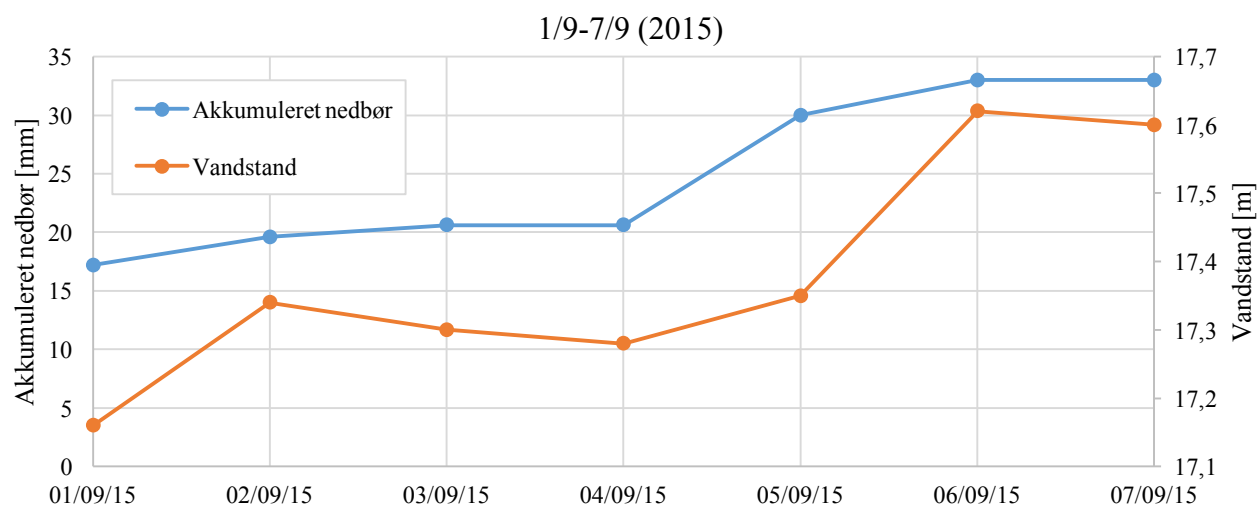
Figur 8.7: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2015.

Figur 8.8 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den anden grødeskæring i 2015.



Figur 8.8: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter anden grødeskæring i 2015.

Figur 8.9 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2015.



Figur 8.9: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2015.

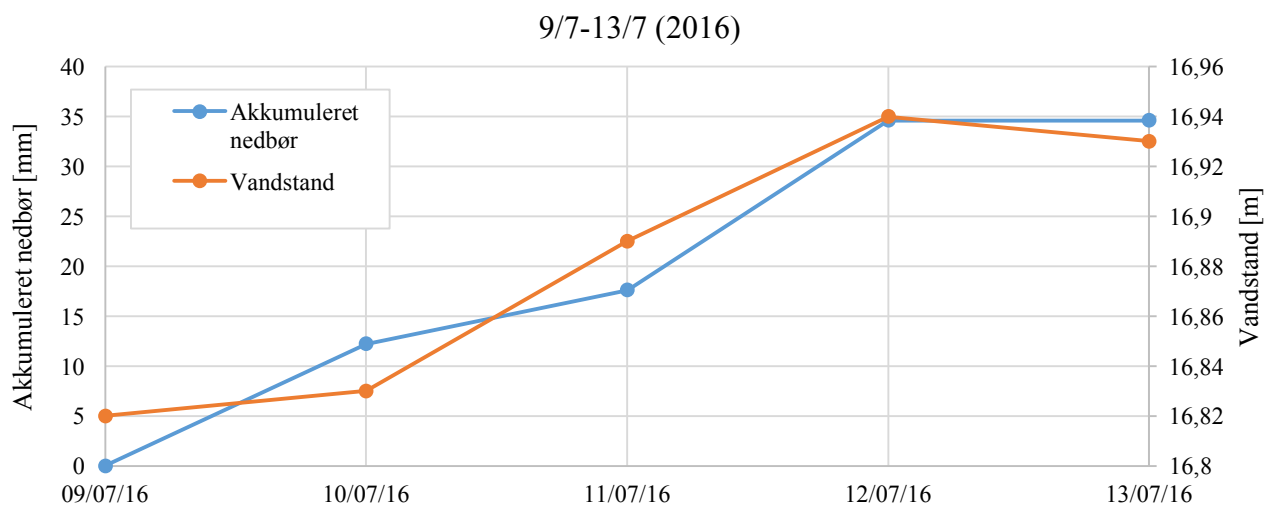
Tabel 8.3 viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2015.

Periode efter X. grødeskæring	1. (α_1)	2. (α_2)	3. (α_3)
Akkumuleret nedbør [mm]	23,8	6,4	15,8
Vandstandsstigning [m]	0,2	0,08	0,46
α -værdier [cm vandstand mm ⁻¹ nedbør]	0,84	1,25	2,91

Tabel 8.3: Viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2015.

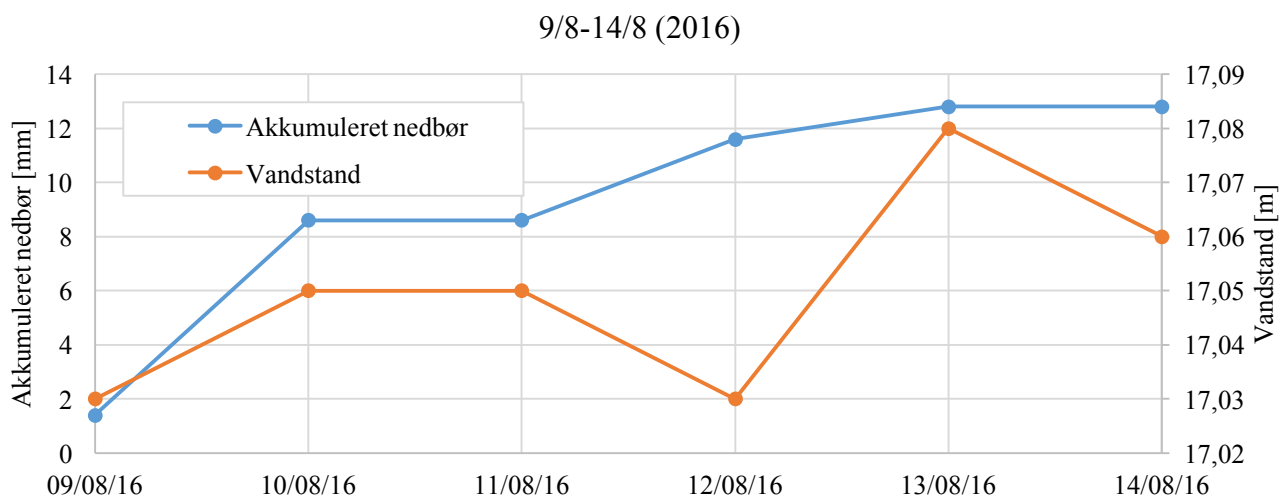
8.1.4 2016

Figur 8.10 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2016.



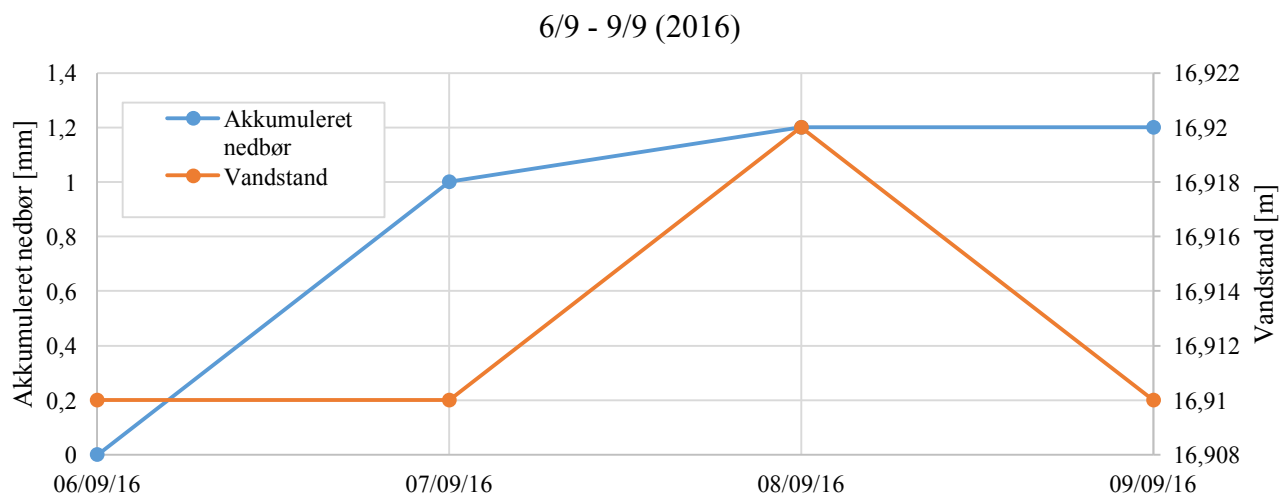
Figur 8.10: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter første grødeskæring i 2016.

Figur 8.11 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den anden grødeskæring i 2016.



Figur 8.11: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter anden grødeskæring i 2016.

Figur 8.12 herunder viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2016.



Figur 8.12: Viser vandstand og akkumuleret nedbør efter den tredje grødeskæring i 2016.

Tabel 8.4 viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2016.

Periode efter X. grødeskæring	1. (α_1)	2. (α_2)	3. (α_3)
Akkumuleret nedbør [mm]	34,6	11,4	0,2
Vandstandsstigning [m]	0,12	0,05	0,01
α -værdier [cm vandstand mm ⁻¹ nedbør]	0,35	0,44	For lille en vandstandsstigning til at det er relevant at beregne α .

Tabel 8.4: Viser den akkumulerede nedbør og vandstandsstigning samt de tilhørende α -værdier for 2016.