



Temperaturvariationer i regnvandsbassiner

Afgangsprojekt

Rie Larsen

BVM10

Aalborg Universitet 2012

Aalborg Universitet
De Ingeniør-, Natur- og
Sundhedsvidenskabelige Fakulteter
School of Engineering and Science
Sohngårdsholmsvej 57
9000 Aalborg
<http://www.aau.dk>

Titel:

Temperaturvariationer i regnvandsbassiner

Projekt:

Afgangsprojekt
Byggeri og Anlæg
Vand og Miljø

Projektperiode:

Februar 2012 - Juni 2012

Forfatter:

Rie Larsen

Vejledere:

Thomas Ruby Bentzen, AAU
Michael Robdrup Rasmussen, AAU

Sideantal: 68

Bilag: Bilags CD er vedlagt

Afsluttet: 8 juni 2012

Synopsis:

Der er i dag fokus på vandmiljøet, det er EU's mål at alt vand i medlemslandene skal opnå god økologisk tilstand inden år 2027.

Rapporten handler om termisk forurening af vandmiljøet.

Den tager udgangspunkt i Regnvandsbassin 302,9 ved Vodskov og den tilhørende recipient Mødholt Bæk.

Det er undersøgt hvilke konsekvenser det har for floraen og faunaen i vandmiljøet når der i sommerhalvåret er høje temperaturer i regnvandsbassinet.

Der er foretaget målinger af temperaturen og vandstanden i regnvandsbassin 302,9 og Mødholt Bæk, det er dem der danner grundlag for dette projekt.

Der er opstillet en vejrstation ved siden af regnvandsbassinet til at måle vind, nedbør og den globale solindstråling.

Målingerne viser at temperaturerne i regnvandsbassinet er høje i sommerhalvåret og at der opstår en lagdeling i bassinet i tørvejr, da der er en temperatur forskel fra den øverste måler til den nederste.

I regnvejr bliver vandet blandet i bassinet, og udløbsvandet fra bassinet sænker temperaturen til indløbsvandets niveau.

Mødholt Bæk bliver termisk belastet fra regnvandsbassin 302,9 ved tørvejr, mens ved en regnhændelse er bækken, så termisk belastet fra en kilde opstrøms udløbet fra regnvandsbassinet, at udledningen fra regnvandsbassin 302,9 ikke hæver temperaturen yderligere.

Summary

There these days focus on the water environment, it's the goal of EU that all water in the member states will obtain Good ecological status before 2027.

The report is about thermal pollution of the water environment.

The project is based on the rainwater detention pond 302,9 near Vodskov, and the recipient brook Mødholt bæk.

It's examined what effect the high temperature during the summer in rainwater detention pond, have on flora and fauna in the water environment.

In the Rainwater detention pond and Mødholt Bæk there are collected some measurements of temperature and water level. Close to the rainwater detention pond there is a weather station to measure wind, rain and global solar radiation.

The measurement of the water temperature during the summer in the rain water detention pond shows stratification in dry weather, there is a temperature difference between the top and the bottom gauge.

During rainfall the water is mixed in the pond and the discharge temperature is reduced to the inlet temperature.

Mødholt Bæk is thermal polluted from the rainwater detention pond 302,9 in dry weather. During rainfall the brook are thermal loaded from a source upstream the discharge from the rainwater detention pond, that the discharge from rainwater detention pond don't raise the temperature further.

Forord

Projektet er udarbejdet af Rie Larsen på 10. semester, Institut for Byggeri og Anlæg med specialisering i Vand & Miljø. Udarbejdelsen af rapporten har fundet sted i perioden fra d. 1. februar til d. 8. juli 2012. Projektet omhandler temperaturvariationer i regnvandsbassiner. Projektlokalitet er beliggende ved Vodskov og er regnvandsbassin 302,9 og den tilhørende recipient Mødholt Bæk.

En stor tak til alle der har bidraget til udarbejdelsen til denne rapport.

Kildehenvisningerne er lavet med [Efternavn, År]. Henvisningerne fører til kildelisten bagerst i rapporten, hvor bøger er angivet med forfatter, årstal, titel, udgave og forlag, mens internetsider er angivet med forfatter, web-adresse, titel og dato. Kildelisten er sorteret alfabetisk efter forfatterens efternavn. Figurer, som jeg ikke selv har lavet, er angivet med kilde i figurteksten.

Fodnoter bruges forklarende og uddybende for definitioner og er anbragt første gang den pågældende definition anvendes.

Rapportens afsnit er nummereret fortløbende efter kapitel, afsnit og underafsnit. Figurer og tabeller er nummereret iht. kapitel, så den første figur i kapitel 3 har nummer 3.1, den anden nummer 3.2 osv. Formler angives efter nummerering i parentes, hvis der refereres til disse andre steder i rapporten.

Ved kort, hvor der ikke er angivet en nordpil, vender nord op. Det bemærkes, at tegninger og skitser ikke er målfaste, medmindre dette er angivet.

I rapporten findes henvisninger til en bilags CD. Bilags CD'en indeholder beregninger til understøtning af rapportens resultater.

Indhold

1	Indledning	1
2	Projektlokalitet	3
2.1	Regnvandsbassin 302,9	3
2.2	Mødholt Bæk	7
3	Effekter af termiskforurening	13
3.1	Varmepåvirkning af flora og ilt i vandmiljøet	13
3.2	Varmepåvirkning af fauna	15
3.3	Termisk påvirkning af regnvandsbassin	16
3.4	Effekt af udledning af varmt til vandløb	17
4	Indsamling af data	19
4.1	Logger placering	19
4.2	Vejrdata	22
4.3	Fejl ved indsamlede data	23
5	Varmeveksling til bassin fra omgivelserne	25
6	Indløb og udløbs vandføring	31
6.1	Udløbsvandføring	34
6.2	Indløbs- og udløbstemperatur	38
7	Temperaturvariation i bassin 302,9	43
8	Påvirkning af bækken	47
9	Diskussion	53
10	Konklusion	55
	Litteraturliste	57

Indledning

I Danmark er der fokus på den økologiske tilstand i vandmiljøet og deraf de påvirkninger der forringer tilstanden. Baggrunden er at der i EU er vedtaget et Vandrammedirektiv, der skal sikre god økologisk tilstand, for alt vand i EU. Vandrammedirektivet er implementeret i den danske Miljømålslov. §11 stk. 3 i Miljømålsloven fastslår at der ikke må være en øget, direkte eller indirekte forurening af vandmiljøet, medmindre det har større konsekvenser for miljøet i området som helhed. Dette betyder at der ikke må ske en forringelse af vandmiljøet, medmindre det kan bevises at det vil medføre en større påvirkning på det omgivende miljø.

Loven danner grundlag for Vandplanerne der blev endeligt vedtaget i december 2011. Handlingsplanerne for vådområderne skal være færdigbehandlede inden et år efter Vandplanerne er blevet vedtaget.

Vandplan 1.2 Limfjorden [Miljøstyrelsen, 2011] opsætter begrænsninger og målsætninger for recipienter og regnvandsbassiner der ligger i Limfjordensopland.

Ifølge Vandplanen skal vandet i vandløbene være så rent, og have en temperatur at faunaen har gode levevilkår.[Miljøstyrelsen, 2011]

I den forbindelse er der to forureningsområder, der har stor bevågenhed som miljøsyndere. Det er stof- og hydraulisk belastning af recipienterne.[Winther et al., 2006]

Der er over en årrække lavet flere undersøgelser af stof- og hydraulisk belastning på vandmiljøet. Løsningerne på disse problemer afhjælpes idag ved brug af regnvandsbassiner, der tilbageholder miljøfremmede stoffer i vandet og drosler vandet inden det ledes ud til recipienterne.

Regnvandsbassinerne startede med at være til opmagasinering af regnvandet, inden det blev ledet ud i vandløbssystemerne. Af den grund er nogle af regnvandsbassinerne, kun lavet med henblik på opmagasinering og ikke for at fjerne miljøfremmedestoffer, de betegnes ofte som forsinkelsesbassiner[Winther et al., 2006]. Dette ses i udformningen hvor indløb og udløb er placeret i samme ende af et rektangulært bassin med stor magasin.

Idag bliver bassinerne dimensioneret så de både er tilpasset magasinering og udfældning af tungmetaller, inden regnvandet ledes videre til recipienten. Dette betyder at der er langt vægt på at opholdstiden i bassinet og at udledningen skal være droslet.[Vollertsen et al., 2006]

De fleste regnvandsbassiner i Danmark er våde, dvs. der står vand i hele året. Inde i byerne bliver disse bassiner ofte anlagt med rekreative formål. Regnvandsbassinerne er ofte lavvandede med store overflade. I de små lavvandede bassiner kan temperaturen i sommermånederne blive høj, hvilket medfører at der ved sommerregn og infiltration udledes varmt vand til den nærliggende recipient. I små kildefødte vandløb kan det medføre at temperaturen øges ved udledningen af vand fra regnvandsbassinet. At temperaturen øges i recipienten kan have betydning for hvilken flora og fauna der findes i recipienten.

Termisk forurening eller varmemeforurening er et udtryk for en brat temperatur stigning eller en øget temperatur i vandmiljøet som følge af udledning af varmt vand, dette kan være fra virksomheder, kraftvarmeværker mm.

Der ikke foretaget direkte undersøgelser af, hvilke konsekvenser termisk belastning fra varme regnvandsbassiner påfører recipienterne og om det har negative konsekvenser for den økologiske tilstand.

Varmeforureningen er derimod undersøgt i forbindelse med udledningen af kølevand fra eksempelvis atomkraftværker og andre større virksomheder, der benytter store mængder kølevand, som oftest bliver indvundet og udledt til større vandsystemer. [Simon, 2002] Undersøgelserne viste at udledningen af varmt vand medførte 2 primære effekter, enten undgik dyrene det opvarmede vand og søgte væk fra det. Ellers blev dyrene ramt af akut forgiftning og død som resultat af det hurtige skift i temperatur.[Simon, 2002]

Floraen og faunaen påvirkes af bratte temperatur ændringer, det undersøges i den forbindelse, hvor stor en temperaturpåvirkning udledning af vand fra et vådt regnvandsbassin har på en recipient.

Der er i dette projekt undersøgt hvor store temperaturvariationerne, der er i et givet regnvandsbassin og hvilke konsekvenser det kan have på den økologiske tilstand i bassinet.

Det er undersøgt, hvilken påvirkning termisk forurening har på vandmiljøet i recipienten.

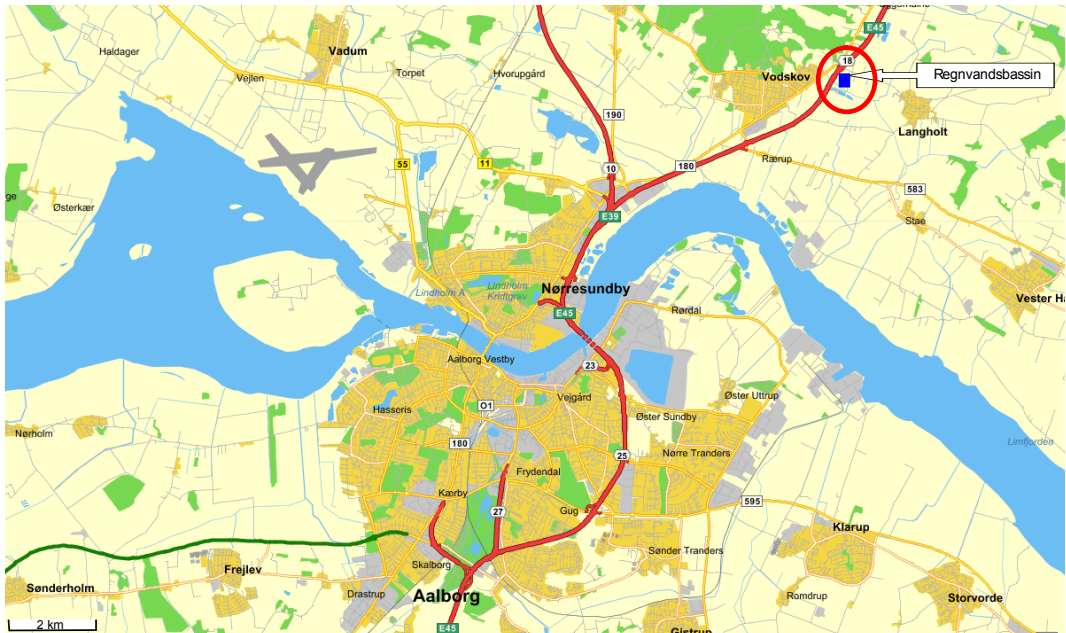
Der er i den forbindelse ikke set på hvad effekt udledningen af koldt vand har på recipienten gennem vinterhalvåret.

Projektet tager udgangspunkt i et regnvandsbassin ved Vodskov nord for Aalborg. Aalborg Universitet har opsat temperaturmålere, der har målt gennem det sidste år og det er de data der skal ligge til grund for projektet. I forbindelse undersøges det hvordan temperaturen ændre sig i bassinet og recipienten gennem året og om det har målbare termiske konsekvenser for vandløbet.

Projektlokalitet 2

2.1 Regnvandsbassin 302,9

Projektlokaliteten er regnvandsbassin 302,9 ved motorvej E45 ved Vodskov. Bassinets beliggenhed kan ses i forhold til Aalborg på Figur 2.1. Aalborg Universitet placerede sidste år måleudstyr i regnvandsbassinet for at undersøge, hvor stor den termiske belastning på recipienten er fra regnvandsbassinet over året, med udgangspunkt i disse målinger, er projektet blevet til.



Figur 2.1: Placering af regnvandsbassin 302,9 i forhold til Aalborg, redigeret [Kraak, 2012]

Regnvandsbassinet ligger mellem en opdyrket mark og motorvejen. Beliggenheden kan ses på Figur 2.2.



Figur 2.2: Ortofoto over regnvandsbassinet, redigeret [Kraak, 2012]

Regnvandsbassinet er et lavvandet firkantet bassin med en bredde på omkring 35 meter og en længde på ca. 95 meter, tørvejrers dybden i bassinet er mellem 50-60 centimeter. Der er et impermeabelt lermembran i bunden, for at bevare det konstant vandspejl i bassinet.

Regnvandsbassin 302,9 er udformet med ind og udløb støbt i beton. Der er tilført en overløbskant i indløbet for at kunne beregne vandføringen ind i bassinet. Der er i udløbet monteret et skumbræt for at forhindre urenheder i overfladen og grene i at skylle med i udløbet. Der er lagt pigsten for at undgå erosion af sandet ved ind og udløb. Udløbet er et PVCrør med en diameter på $\text{\O}160$ mm. Bundkoten på udløbet i bassinet ligger i kote 8,825 m og udløbet til bækken ligger i kote 8,74. På Figur 2.3 kan udløbet ses fra henholdsvis bassinet og bækken. Udløbet til bækken er placeret over vandoverfladen.

Bassinet er et typisk afledningsbassin fra motorvej med lav vanddybde. Oplandet til bassinet er ca. 3,43 ha heraf 2,67 med impermeable asfalt. Om sommeren bliver asfalten varm, dette medfører at regnvandet, der ledes til bassinet opvarmet af asfalten. Der blev i foråret 2004 observeret en konstant naturlig infiltration til regnvandssystemet, så bassinet får tilført vand konstant, infiltrationen var ca. 2,6 l/s. [Bentzen og Thorndahl, 2004]

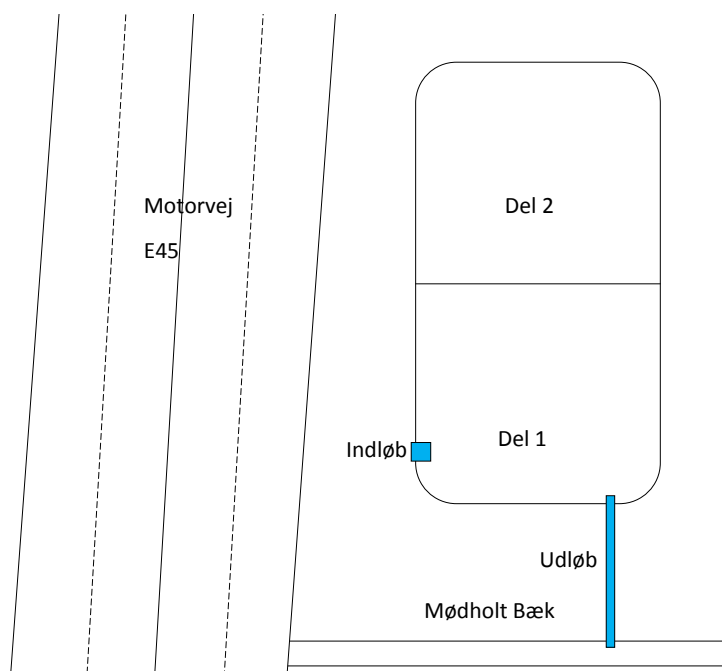
Målinger foretaget i tørvejr den fra den 06-11 2011 til 15-11 2011 viser middel infiltrationen til bassinet på 1,55 l/s. Dermed er der observeret en variation af infiltrationen til bassinet.



Figur 2.3: Udløbet set fra henholdsvis bassinet og Mødholt bæk

Der er en konstant vandudskiftning i bassinet. Der er ikke gennemstrømning gennem hele bassinet i tørvejr, af den grund fungerer den ene ende, som et system for sig selv, hvor der er en markant sivbevoksning og meget “slam” i overfladen. Dette blev undersøgt ved forsøg i [Bentzen og Thorndahl, 2004]. Bassinet der er delt i to kan ses på Figur 2.4

I regnvejr bliver vandstanden i bassinet hævet og vandet fra de forskellige niveauer bliver blandet sammen, dermed bliver vandet fra den stillestående del af bassinet blandet med indløbs- og udløbsvandet.



Figur 2.4: Regnvandsbassin 302,9 ved Vodskov i en tørvejr situation.

Der er en stor opblomstring af alger over året, der er meget beplantning i og omkring regnvandsbassinet. Dette kan ses på Figur 2.5. Dette antyder at der er en stor næringsstof tilførsel til bassinet. Dette er ikke undersøgt i projektet.



Figur 2.5: Regnvandsbassin 302,9 ved Vodskov 21 marts 2012

2.1.1 Regler gældende for regnvandsbassinet

Vandplanen for Limfjorden har indført bestemmelser.

Alle søer undtagen regnvandsbassiner mv. skal opnå god økologisk tilstand.

For at begrænse risikoen for hydrauliske problemer skal udledningen fra regnvandsbassinet svare til naturlig afstrømning, dermed skal udledningen af vand reduceres til 1-2 l/s pr. ha af det totale oplandsareal.

Regnvandsbassin 302,9 har et total oplandsareal på 3,43 ha, det svare til en maksimal udledning på 6,86 l/s. Bassinet må ikke blive overbelastet oftere end hvert femte år. [Miljøstyrelsen, 2011]

Beregninger viser at udledning fra bassinet når det er spidsbelastet er på omkring 26 l/s, det er ca. 3-4 gange mere end vandplanen anbefaler.

Spildevandsplanen for Aalborg Kommune har opsat en grænse for udledning fra regnvandsbassiner. Udledninger direkte fra regnvandsbassiner til vandløb skal ske med en naturlig afstrømning svarende til 1 l/s/ha og bassinet må ikke blive overbelastet hyppigere end hvert 5 år. Dette kan fraviges hvis der er dokumenteret at en øget afstrømning ingen effekt har på vandmiljøet. Dermed har Aalborg kommune skærpede krav i forhold til vandplanen.[Aalborg Kommune, 2008]

Udledningen fra bassin 302,9 ved Vodskov, af vand under og efter regnvejr skal drosles, til naturlig afstrømning. Hvilket ikke er tilfældet på nuværende tidspunkt. Dette skal overholdes for at opfylde vandplanens opsatte kriterier

2.2 Mødholt Bæk

Mødholt Bæk er som navnet angiver et lille vandløb, der løber sammen med Stae Bæk, der har sit udløb i Limfjorden øst for Nørresundby. På Figur 2.6 og Figur 2.7 kan vandløbet ses nedstrøms og opstrøms udløbet fra regnvandsbassinet. Mødholt Bæk har en bredden ved vandspejlet omkring 102 cm og dybden varierer fra 6-9 cm på en tørvejrdsdag målt 22 marts 2012.

Der er et regnbetinget udløb fra Vodskov til bækken opstrøms bassinet. Denne udledning kan have en negativ effekt på bækken[Miljøstyrelsen, 2011]. Udledningen er ikke nærmere undersøgt i dette projekt.

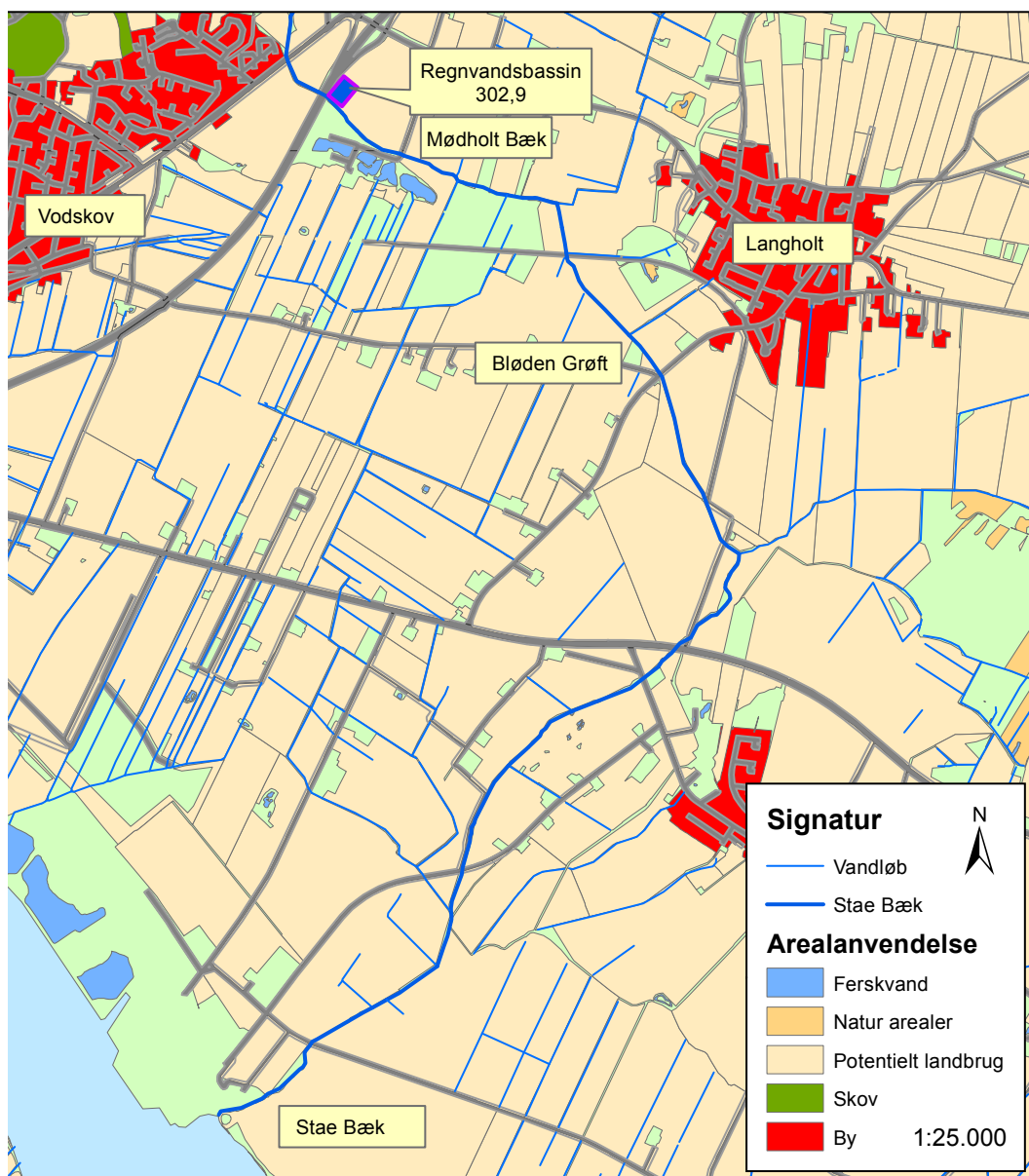


Figur 2.6: Bækken opstrøms udløbet



Figur 2.7: Bækken nedstrøms udløbet

Bækken er påvirket af menneskelig aktiviteter, da den løber forbi et beboet område og ligger i et område med agerbrug. På Figur 2.8 ses bækken, der i vandplanen defineres samlet som Stæ Bæk. Areal anvendelsen i området der primært er landbrug, der kan påvirke bækken ved dræning eller vanding af markerne



Figur 2.8: Areal anvendelse i området, hvor Mødholt Bæk er markeret som en del af Stae Bæk

Spildevandsplanen for Aalborg kommune har i vandløb fokus på let nedbrydelige organiske stoffer, da de har størst indflydelse på iltkoncentrationen. Da algevæksten ikke er stor i vandløb betyder udledningen af næringssalte ikke meget. [Aalborg Kommune, 2008]

Forudgående foranstaltninger og indsatser viser på nuværende tidspunkt en målbar forbedring. Foranstaltningerne består i centralisering af spildevandsrensningen, færre aflastninger fra kloaksystemet, bedre rensning af spildevand fra spredt bebyggelse.

2.2.1 Regler gældende for Mødholt bæk

Ifølge Vandplan 1.2 for Limfjorden skal vandet i vandløbene være så rent, samt have en temperatur der sikre et alsidigt dyrelivet. Dødt ved¹ i og omkring bækken skal blive liggende. Som det er tilfældet nedstrøms udledningen fra regnvandsbassinet. Se Figur 2.9. Dette kan medføre en opstuvning i bækken der fører til at træet bliver fjernet for ikke at påvirke beboelse og marker i området.

Vandkvaliteten vurderes efter Dansk Vandløbs Fauna Indeks DVFI, hvor skalaen går fra 1-7 hvor 7 er højeste kvalitet og 1 er den ringeste økologiske kvalitet.

Mødholt bæk har en nuværende tilstand som en moderat økologisk tilstand svarende til en DVFI 4. Mødholt bæk skal i henhold til Vandplan 1.2 Limfjorden, nå en God økologisk tilstand svarende til DVFI 5.

Vejledende krav til maks reduktionen af vandføringen i Mødholt Bæk er 10%. Påvirkningen af vandløbet er på nuværende tidspunkt 66%. Dette viser at der er en stor hydraulisk belastning på bækken som skal ændres for at opfylde målsætningen. Et af stederne, hvor den hydrauliske belastning kan reduceres er ved udledningen fra bassin 302,9.

Der var to faunastationer i Mødholt bæk, de er begge inaktive og har været det siden 2002 og 2007.[Miljøstyrelsen, 2011] Det forventes at en strækning af Mødholt bæk kan opfylde målsætningen efter afskæring af spildevand.

Den økologiske tilstand forringes nedstrøms Mødholt bæk. Der er Faunaklassen sat til 3 og den forventes at være 3 i 2015. Den faunaklasse der sigtes efter i vandløbet er 5 den forventes at kunne opfyldes inden 2027. Begrundelsen for at der ikke laves en aktiv vandløbsrestaurering før en senere planperiode er, at der er udledning af spildevand fra spredtbebyggelse i det åbne land. Efter at have forbedret rensningen af spildevandet skal det vurderes om det er nødvendigt at lave foranstaltninger for at forbedre den økologiske tilstand i vandløbet.[Miljøstyrelsen, 2011]

Der skal udarbejdes nye vandløbsregulativer, hvor klassificeringen og bestemmelserne fra Vandplanen skal indarbejdes.

¹Dødt træ



Figur 2.9: Dødt ved nedstrøms udløbet fra regnvandsbassinet til Mødholt Bæk

Det kan ses i planlægningen at der ikke er undersøgt termisk forurening, og hvad det har af konsekvenser for vandløbene. Der er fokus på hydraulisk og belastningen af letnedbrydelige stoffer.

Sektorplanen og vandplanen viser at termisk forurening, ikke er en forureningskilde der undersøges, selv om den kan have betydning for, hvilket fauna der findes i vandløbet. Faunaen der benyttes som indikator for vandløbets tilstand kan ændres, så den viser en ringere tilstand. Da der kan udledes en større mængde og varmere vand bækken end der er tilrådeligt.

Effekter af termiskforurening



Termisk forurening af vandmiljøet er undersøgt ved udledning af kølevand fra virksomheder i forbindelse med deres produktionen. Termisk forurening af et økosystem kan medfører at plante og dyrelivet ændres i det nærliggende vandmiljø. Det kan udrydde hele populationer eller erstatte dem med nogle der er mere egnet til de skiftende temperaturer. Biodiversiteten i området kan derfor påvirkes negativt og blive ensartet.

Danmark ligger i det temperede område hvor vandtemperaturene i ferskvand ligger mellem 0-30°C. En vandtemperatur på mellem 30-35 °C er en biologisk ørken, da mange fiske arter kræver en vandtemperatur på omkring 10 °C for at formere sig.

Temperaturstigninger i vandmiljøet fremmer kemikaliers skadelige virkning på fisk og andre vandlevende organismer. En temperaturstigning på 10°C fordobler hastigheden på mange kemiske reaktioner. Forrådelsen af organiske stoffer og rustdannelsen fra jern er to af de reaktioner der øges med temperaturen. [Katyal, 1989]

Temperaturstigninger ændre vands fysiske og kemiske egenskaber, ferskvands densitet er størst ved 4°C og sænkes ved temperaturstigning. Når temperaturen stiger vil viskositeten hurtigt blive lavere og damptrykket i vandet øges. Dette har betydning for fordampningshastigheden, da gassers opløselighed i vandet vil mindske når vandtemperaturen stiger. Derfor påvirker en øget temperatur faunaen, da opløsningen af ilt i vandet reduceres.[Katyal, 1989]

Når temperaturen stiger øges sedimentationen og dermed bliver partiklerne sedimenteret hurtigere, som Stoke's lov beskriver. I et vandløb kan en øget sedimentation påvirke fødekilderne og dermed de nedstrømslevende organismer.[Katyal, 1989]

Bakterier og patogener trives med en øget temperaturer. Selv i sommerhalvåret vil en temperatur stigning give problemer. Hvis der er rigelige fødekilder vil bakterievæksten øges, mens hvis fødekilden er begrænset vil bakterierne dø hurtigere.[Katyal, 1989]

Når antallet af patogener og bakterier vokser, øges spredningen af sygdomme fra og i vandmiljøet og kan på den måde påvirke det omgivende miljø negativt.[Alabaster et al., 1982]

3.1 Varmepåvirkning af flora og ilt i vandmiljøet

Iltmængden i vandløb og søer afhænger af temperaturen og floraen. Respiration og fotosyntese af planterne er to faktorer, der påvirker indholdet af ilt i vandet. Det har af den grund betydning, hvor store mængder af letnedbrydelige stoffer og næringssalte der udledes til vandmiljøet. Temperaturen øger plante og algevækst, hvilket kan medfører at der er en stor iltning af vandet om dagen og at planterne om natten bruger en stor del af ilten til respiration, hvorved at iltmængden i vandet kan gå ned og tangere 0 lige inden planterne igen begynder at producerer ilt.[Katyal, 1989]

3.1 Varmepåvirkning af flora og ilt i vandmiljøet

Mængden af planter i vandløbet har en betydning for vandets hastighed og iltens mætningsgrad. En øget plantevækst medfører en større modstand i vandløbet der sætter vandhastigheden ned og dermed hæver vandspejlet. Det skaber oversvømmelser af vandløbsnære arealer, en større dagvariation af iltmængden.

En temperaturstigning i vandmiljøet ændre, hvilke plante- og alge arter der gror i området, da de alle har en foretrukket vandtemperatur. I et rent vandmiljø gror alger bedst ved en temperatur på mellem 18 – 20°C, der er et yndet føde emner for mange dyr. Grønne alge vokser bedst i temperaturspændet 30 – 35°C. En stigning i temperaturen kan favorisere den blågrønne alge, der har sit peak mellem 35 – 40°C frem for de andre algetyper.

Af denne grund kan det ødelægge et helt økosystem, da blågrønne alger er en mager fødekilde og er giftige for nogle fiskearter.[Katyal, 1989]

Plantevæksten er derfor en stor faktor når der er termisk forurening af et område, det kan bevirke at der ikke kan leve andet end dyr, der er kan tåle store udsving i iltkoncentrationer og der derved forekommer lille artsforskellighed i området.

Regnvandsbassin 302,9 ved Vodskov bliver meget varm om sommeren og der er en stor plantevækst i bassinet. Den store algemængde i bassinet begrænser hvor langt ned i vandet sollyset kan trænge ned vandsøjlen og skygge planter væk på de dybe steder. På den måde påvirker det hvilke planter der vokser i bassinet da de også har præferencer til vanddybden og solinstrålingen. På Figur 3.1 kan den nordlige del af regnvandsbassinet ses hvor der er en stor siv vækst og en masse alger i vandoverfladen.



Figur 3.1: Nordlige del af regnvandsbassin 302,9, marts 2012

Iltmængden i bassinet om natten, kan medføre at der bliver udledt iltfattigt vand til bækken. En øget temperatur i bassinet kan have konsekvenser for recipienten der opvarmes af udledningen, da det kan medføre en øget plantevækst.

3.2 Varmepåvirkning af fauna

Vandløbets tilstand vurderes udelukkende ud fra det Dansk Vand Fauna Indeks (DVFI). Kvaliteten vurderes ud fra, hvilke typer af invertebrater der findes i vandmiljøet. Invertebraterne har forskellige præferencer til deres levesteder derfor kan de benyttes som indikatorer. Der er invertebrater der kræver et højt iltindhold for at leve i et vandløb og en konstant vandtemperatur, de lever ikke hvor, der er store udsving. Visse arter af døgnfluer der kun lever i ilttrige kilder, mens dansemyggelarver kan findes over alt, hvor bestandene er størst i iltfattige forurenede vandløb og søer, hvor der ikke er rovdyr grundet dårlige leveforhold.[Sand-Jensen og Lindegaard, 2008]

Der er ikke lavet undersøgelser af termisk påvirkning på fisk i mindre vandløb, da undersøgelserne ofte bliver lavet i forbindelse med udledning af kølevand fra varme- og elværker, samt andre virksomheder der benytter større mængder af kølevand. Undersøgelserne er lavet for større vandløb hvor spisefiskene bliver påvirket. Det er ikke alle fiskearter, der er lever i små vandløb. De arter der er lavet flest undersøgelser af laks og ørred. Mens de fisk der oftest ses i en lille bæk er hundestejler, bæklampretter og andre småfisk.[Alabaster et al., 1982]

Fisk har forskellige præferencer med levesteder, gyde steder, temperaturer, fødegrundlaget og iltmængden i vandet. Alle disse faktorer ændre sig når temperaturen i vandet påvirkes.

Fiskene har samme temperatur, som det omgivende vand. Effekten af temperaturskift på fisk er kan være enten forvirring eller dødelig. En temperaturstigning i vandmiljøet kan fører til at fiskene vokser hurtigere og at deres livslængde forkortes.[Katyal, 1989] Temperatur påvirkninger af fisk kan deles op i forskellige kategorier.

- Dødelige: Fiskene dør øjeblikkelig som følge af den ændrede temperatur. Der skal ske en brat temperaturændring på ca. 8 °C
- Stresfaktor: Påvirker fiskene indirekte og de bliver stressede, hvilket i værste tilfælde kan medfører døden. Ved små temperaturændringer, kan fiskene ændre adfærd.
- Begrænsende faktor: Fiskenes udvikling kan bremses og udbredelsen af arten kan begrænses eller helt hindres. Livscyklussen kan gå den anden vej så fiskene vokser hurtigere og lever kortere

[Alabaster et al., 1982]

Aborre er en af de almindeligste fisk i landet den lever i alle former søer. Det er en fisk der har sine optimale vækst betingelser ved 23 grader men kan overleve op til 31-32 grader. Dens krav til ilt er afhængig af temperaturen ved 4 grader kan den overleve i vand med under 1 mg O₂/l mens den ved 20 grader kræver en iltmængde på omkring 7mg O₂/l. Dette medføre at den i sommermånederne er nødt til at flytte tilholdssted om natten hvor planterne bruger ilten i vandet.[DTU Aqua, 2012]

Faunaen afhængig af vandtemperaturen, og meget påvirket af hvad der foregår i vandmiljøet som helhed.

Fiskeyngel der lever i små bække er meget påvirket af store temperaturskift, og kan af den grund ikke leve i vandløb med store udsving.[Alabaster et al., 1982]

3.3 Termisk påvirkning af regnvandsbassin

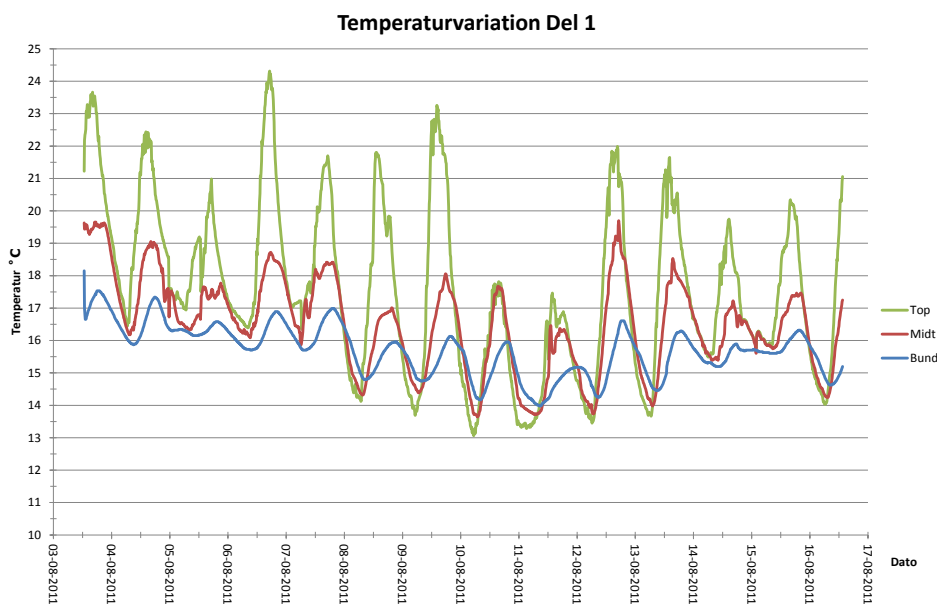
Klimaet har en stor indflydelse på temperaturen i regnvandsbassinet. Temperaturfølerne viser at der i løbet af dagen kan opstå stratificering i bassinet, da der er en tydelig forskel på 5°C fra den øverste temperaturmåler til den nederste målingerne er fra augustmåned 2011.

Små lavandede bassiner bliver hurtigt opvarmet i sommermånederne, hvor luft temperaturene og solskins timetallet er højest. Det opvarmede vand lægger sig i toppen af bassinet, og kan skabe en lettere lagdeling af vandet, grænselaget hvor det varme og kolde vand skilder kaldes springlaget.

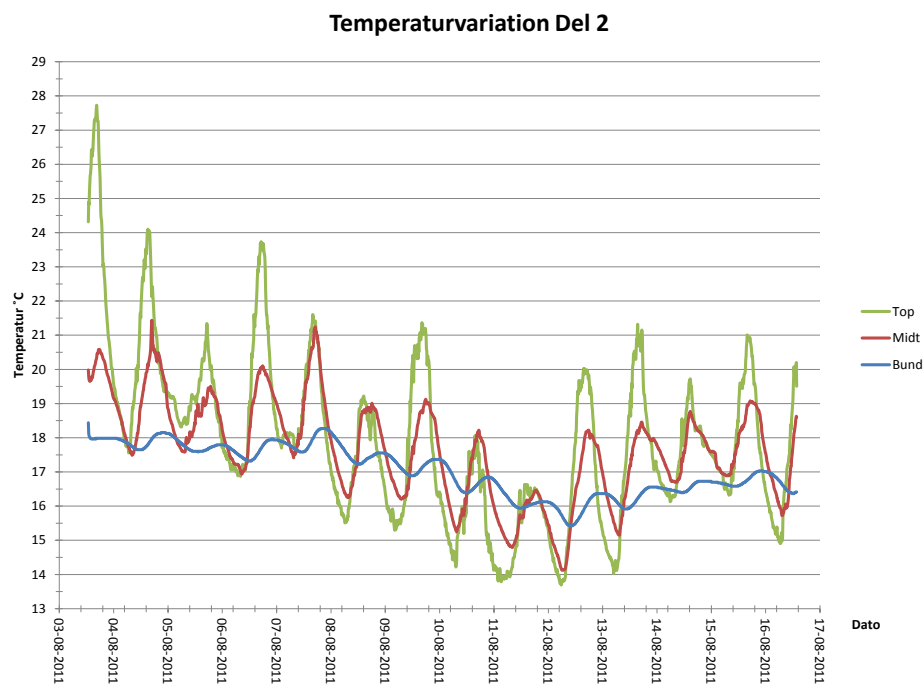
På Figur 3.2 og Figur 3.3 kan man se at der i det lavandede system dannes et ustabil springlag i løbet af dagen hvor overfladevandet viser en stor dagsvariation, hvorimod bundtemperaturen er mere stabil.

Vandtemperaturen i overfladen kan dermed blive så høj, at det danner grogrundlag for de giftige blågrønne alger, disse kan ledes videre ud i vandløbssystemet via udløbet til recipienten og bredes videre ud i systemet.

Den store temperaturvariation i de øverste vandlag gør at iltniveauet vil svinge i bassinet over døgnet.



Figur 3.2: Temperaturvariation i del 1 af regnvandsbassineti august 2011



Figur 3.3: Temperaturvariation i del 2 af regnvandsbassinet i august 2011

En meget varm og tør sommer vil i dette tilfælde betyde at der er god grobund for giftige alger og iltmangel i bassinet, da bassinet indgår i et system med bækken og konstant udleder vand fra de øvre vandlag vil det varme vand øge temperaturen i bækken. Temperaturstigninger i bækken har konsekvenser langt ned i vandløbssystemet, da temperaturen øges nedstrøms udløbet fra bassinet.

3.4 Effekt af udledning af varmt til vandløb

Temperatur variationerne har betydning for hvilken flora og fauna, der findes i vandløbet. Det har som tidligere nævnt indvirken på organismernes livscyklus.

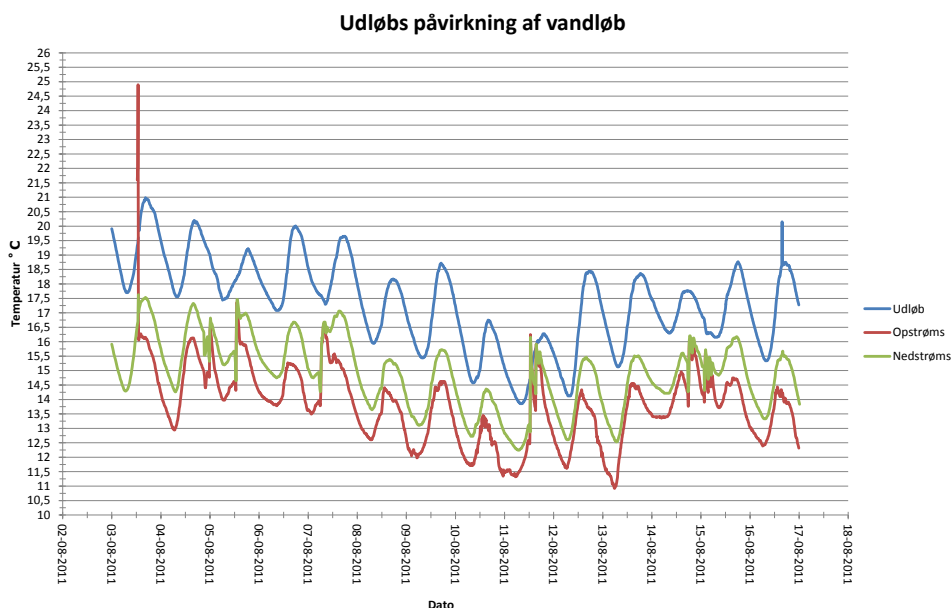
I kildefødt vandløb hvor temperaturen ikke variere over året er der fuld gang i udviklingen af dyre og plante livet under vand. Mens der i vandløb der er påvirket af udløb fra søer og regnvandsbassiner har en større årstidsvariation. Dette medfører at de arter der trives bedst i konstante temperature ikke lever her. [Sand-Jensen og Lindegaard, 2008]

Temperaturen i vandløbene ændre sig afhængigt af om der tilføres meget grundvand eller der er udløb fra en sø, målinger af flere danske vandløb viser at der er en general temperatur stigning ned gennem vandløbene fra 10°C i de øvre vandløb til 17°C i de mellemste og nedre vandløb. temperaturen i de nederste vandløb nærmer sig luft temperaturen. [Sand-Jensen og Lindegaard, 2008] I Mødholt bæk der er en del af det øvre vandløb skulle der i upåvirket tilstand være en temperatur på ca. 14°C. [Carl og Møller, 2012]

Temperaturen har påvirker på hvor meget ilt, der kan tilføres vandet inden det bliver mættet. Derfor er det et problem når vandets temperatur stiger.

3.4 Effekt af udledning af varmt til vandløb

Det kan ses på Figur 3.4 at regnvandsbassinet udleder varmere vand i August måned end temperaturen opstrøms og nedstrøms hinanden.



Figur 3.4: Temperaturforskel på udløb, opstrøms og nedstrøms udløbet til bækken i august måned

Af Figur 3.4 kan det ses at det udledte vand opvarmer vandet i bækken, så temperaturen nedstrøms udløbet fra bassinet til bækken hæves.

Af temperaturene kan det ses at bækken i forvejen bliver berørt af udledninger tidligere i systemet, da temperaturene opstrøms udledningen til bækken ikke er stabile.

Temperaturændringerne i Mødholt Bæk kan være en af grundene til at bækken ikke har en økologisk tilstand DVFI på 5. Da den svingende temperatur over døgnet og den øgede temperatur grundet udledninger påvirker faunaen i vandløbet.

Temperaturændringerne påvirker fiskeyngel der er mere temperaturfølsomme end voksne fisk. [Alabaster et al., 1982] Derfor kan det være at der er en større dødelighed i bækken end det ellers ville være tilfældet.

Termisk forurening af et vandløbssystem påvirker hele systemet og ikke kun den strækning, hvor udledningen sker, da det hæver middeltemperaturen i vandløbet.

Indsamling af data 4

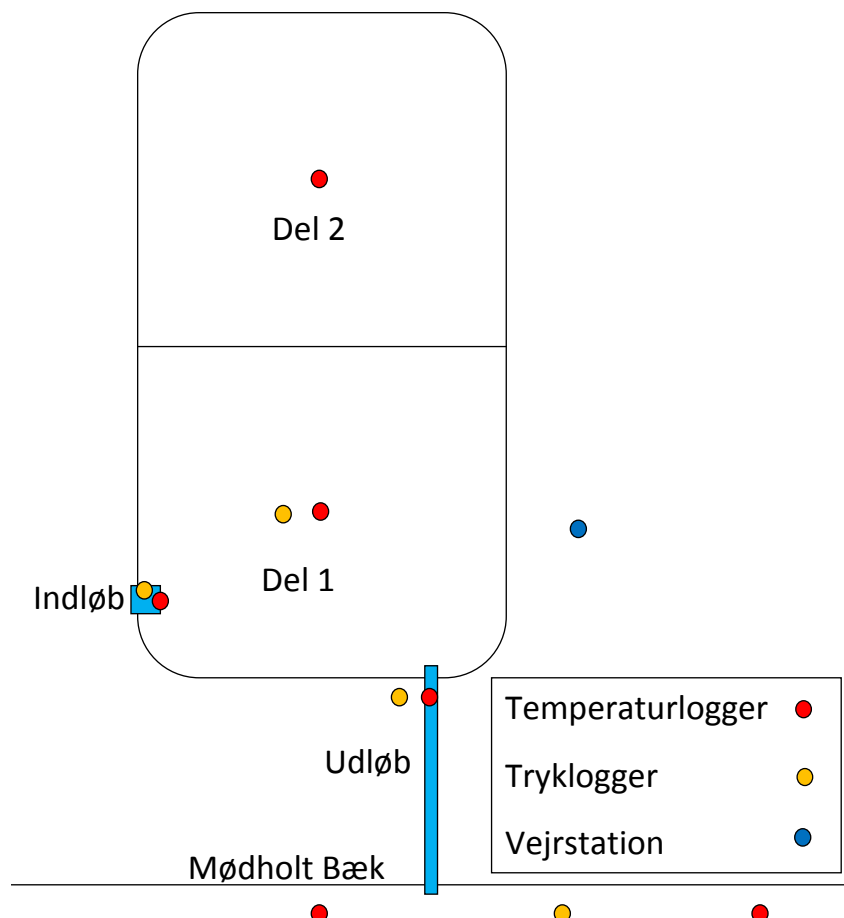
Indsamling af data er foregået løbende fra august 2011. Loggerne er blevet opsat i forbindelse med et andet projekt i foråret 2011.

4.1 Logger placering

Loggerne der er benyttet til at indsamle data er tryklogger og temperaturlogger af mærket Hobo, det tilhørende software er benyttet til at samle dataerne.

Loggerne er blevet tømt ca. hver 14 dag siden august 2011. Loggerne er indstillet til at indsamle data hvert 10-15 minut.

Loggerene er placeret som vist på Figur 4.1



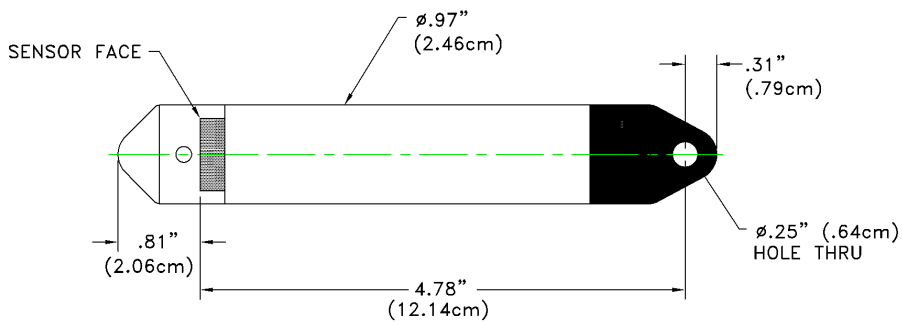
Figur 4.1: Skitse af bassinet med opdeling i tørvejs situation og logger placering

4.1 Logger placering

Der er placeret en tryklogger før overløbet i indløbet for at måle en vandstand, til at beregne indløbsvandføringen ud fra. Trykloggeren i indløbet måler til forskel fra de andre logger hvert 2 minut. Det giver et mere nuanceret billede af vandføringen og temperaturen i indløbet. Trykloggeren i indløbet er placeret i kote 8.86.

Vandstanden i bassinet er målt med en tryklogger, den er placeret ca. kote 8,70 m, da vandstanden sjældent når ned under denne kote. Trykloggeren i bækken er placeret et stykke nedstrøms for udløbet at måle vandstandsændringer.

Trykloggerne i indløb, bassinet og nedstrøms udløbet i bækken kan ses på Figur 4.2. Sensoren sidder ca. 2 cm fra spidsen, dette er der taget højde for under brugen af trykmålingerne



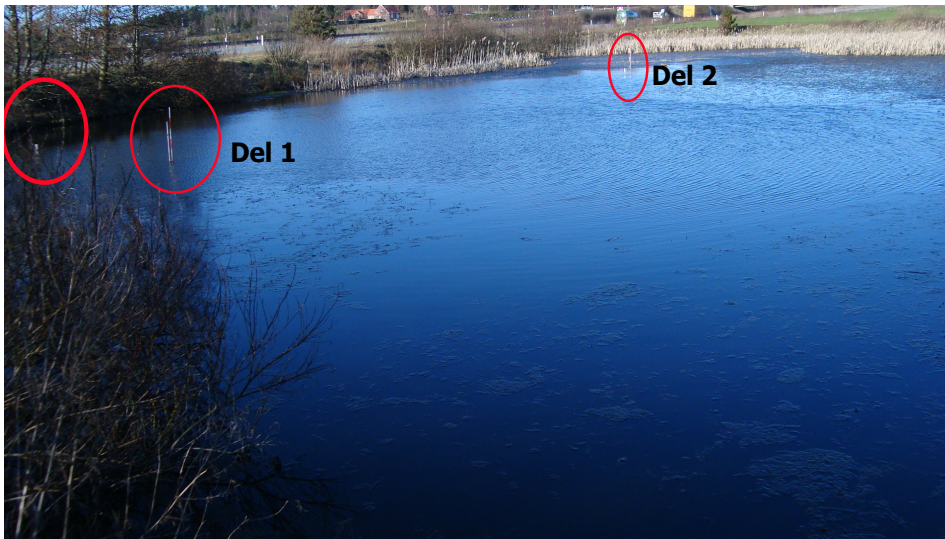
Figur 4.2: Tryklogger fra HOBO U20 [Onset, 2006]

Temperaturloggerne ses på Figur 4.3. Hvor Den midterste logger er ved at blive tømt for data.



Figur 4.3: Logning af temperaturdata fra midterste logger, øverst og nederst ses en temperaturlogger

Bassinet kan på grundlag af tidligere sporstof forsøg lavet af [Bentzen og Thorndahl, 2004] opdeles i to. Der er på den baggrund opstillet to pinde med hver 3 temperaturfølere i midten af de to zoner. Placeringen på loggerne kan ses på Figur 4.4, billedet er set fra udløbet og den røde ring længst til venstre markere indløbet.



Figur 4.4: Billede med placering af temperaturloggerne, og indløbet, set fra udløbet

Temperaturfølerne er placeret i forskellige højder som kan ses i Tabel 4.1

Del 1	Del 2
[cm] over bund	[cm] over bund
35,5	50
17,5	25
Lige over bund	I sediment

Tabel 4.1: Loggerne placering over bund i regnvandsbassin

Temperaturloggeren der er placeret i sedimentet sidder lige i toppen, da der ellers skal bores hul i membranen på bassinet for at lave flere målinger.

De indsamlede data fra hobologgerne kan ses i bilagsmappen *Data_indsamling*.

4.2 Vejrdata

Vejrstationen er placeret på lokaliteten for at måle den globale solindstråling, vindretning, vindhastigheder og regn. Dette er alle faktorer der har stor betydning for temperaturen i bassinet. Vejrstationen ses på Figur 4.5, det er en Davis station, model Vintage Pro2. Det tilhørende software til at behandle de indsamlede data er WeatherLink 5.7.



Figur 4.5: Vejrstation placeret ved regnvandsbassinet ved Vodskov 21-03-2012

4.3 Fejl ved indsamlede data

Loggerne er ikke helt stabile i indsamlingen af data, da tidsskridtene skrider. Fra ca. 18 november til 4 januar er dataerne logget i 2040. Der har været udfald på loggerne hen til marts måned. Dette kan skyldes isen og kulden skønt loggerne er opgivet til at virke ned til $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

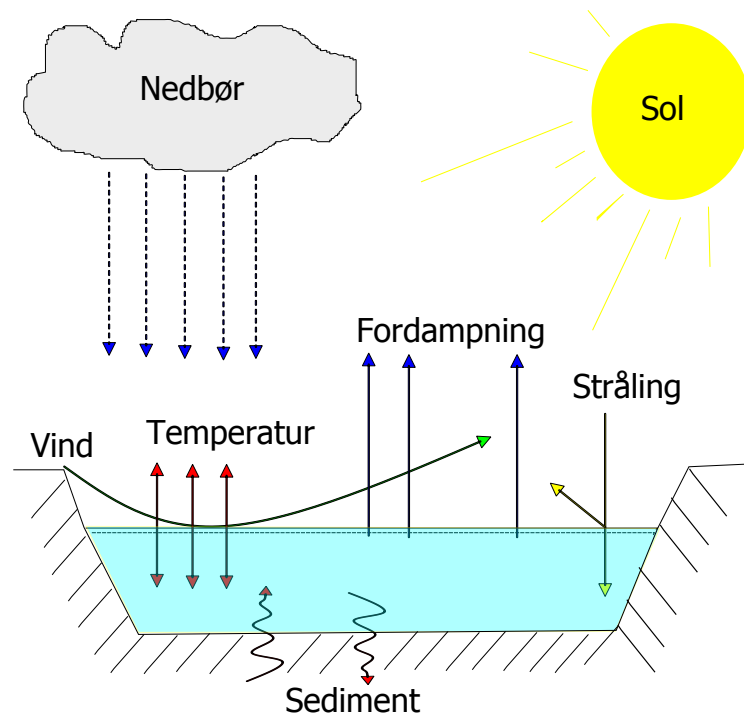
Trykloggeren i indløbet viser at der har været flere fejl ved overløbet i august-september.

Vejrstationen har været væltet omkring december måned, hvilket giver nogle dage uden målinger.

Udskiftning af logger og andre ændringer kan ses i bilags mappen *Data_indsamling*, hvor der er en log over indsamlingen af data over året, samt alle de indsamlede data.

Varmeudveksling til bassin fra omgivelserne

Bassinet bliver opvarmet om sommeren og nedkølet om vinteren. Bassinets varmeudveksling med omgivelserne kan vises som på Figur 5.1.



Figur 5.1: Varmeudveksling fra omgivelserne med bassinet

Regnvandsbassin 302,9 ligger lysåbent uden store træer rundt om til at skygge og skabe læ. Systemet kan beskrives med energiligningen, hvor der tages højde for påvirkningerne på bassinet. Formel (5.1) viser energiligningen.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{A}{\rho_w \cdot c \cdot V} [(1 - \alpha_{sw}) \cdot \phi_{sw} + (1 - \alpha_{tw}) \cdot \phi_{tw} - \phi_{lu} - q_l - q_h + q_p + q_s] \quad (5.1)$$

Hvor:

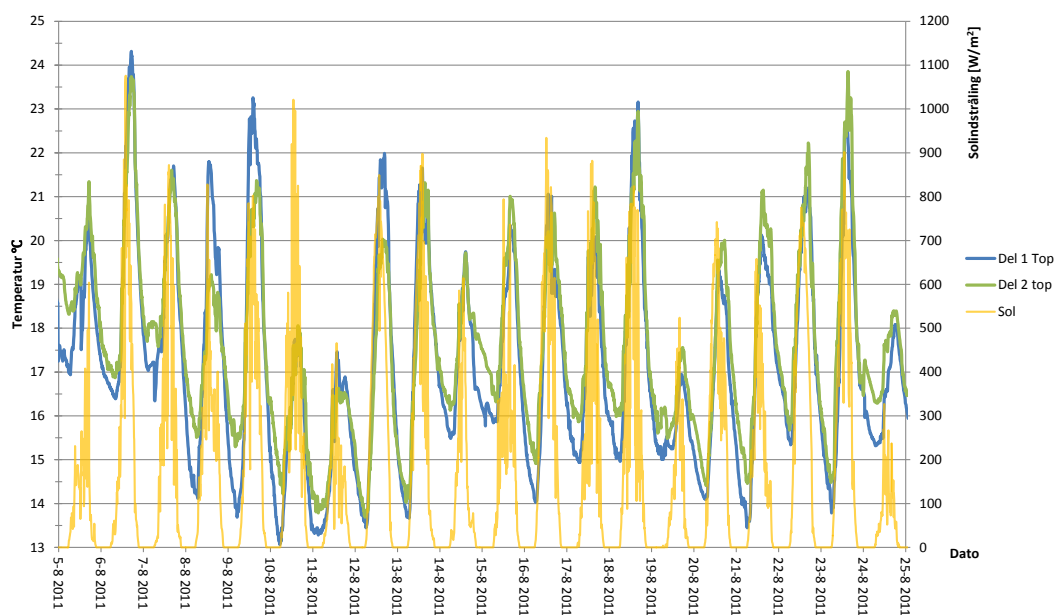
dt	Tidsskridt	[s]
dT	Temperaturændring	[°C]
A	Areal	[m ²]
V	Volume	[m ³]
ρ_w	Densiteten af vand (1000 kg/m ³ for ferskvand)	[kg/m ³]
c	Specifik varme af vand (4186 J/kg · °C)	[J/kg · °C]
α_{sw}	Kort bølgede reflektions konstant fra vandoverfladen	[-]
ϕ_{sw}	Kort bølge indstråling	[W/m ²]
α_{lw}	Lang bølge reflektions konstant fra vandoverfladen	[-]
ϕ_{lw}	Lang bølge indstråling	[W/m ²]
ϕ_{lu}	lang bølge stråling fra vandoverfladen	[W/m ²]
q_l	Fordampningsvarme (positiv væk fra vandoverflade)	[W/m ²]
q_h	Konvektive varme (positiv væk fra vandoverflade)	[W/m ²]
q_p	Varme givet ved nedbør	[W/m ²]
q_s	Varmeudvekslingen mellem sediment og vand	[W/m ²]

[Gianniou og Antonopoulos, 2007]

Af energiligningen kan det ses at forholdet mellem overfladearealet og volumen, har en betydning for temperaturforholdet i bassinet.

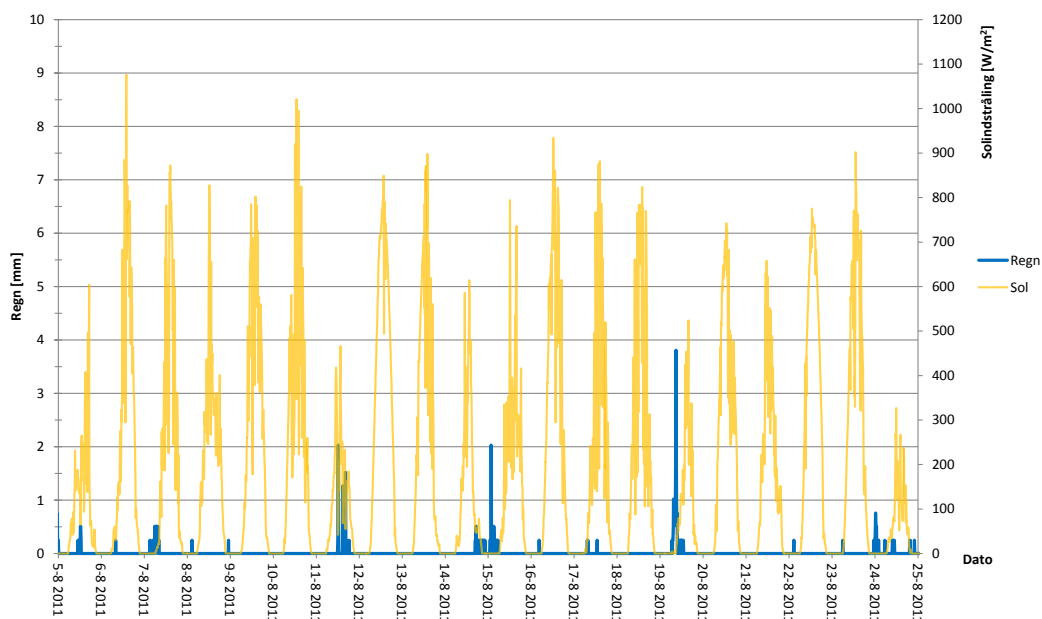
Solindstrålingen på bassinet påvirker temperaturen i vandet. Den globale indstråling fra solen kan ses på Figur 5.2 sammenholdt med temperaturene i overfladen på bassinet, når solen indstrålingen er størst om dagen topper dagstemperaturen i bassinet. De dage hvor indstrålingen er lavest følger temperaturene i bassinet med ned.

Solindstrålingen er i beregningen opdelt efter om det er kortbølget indstråling eller langbølget indstråling. Målingerne viser den globale indstråling. Solindstrålingen skal omregnes, inden den kan benyttes i energiligningen. Solindstrålingen går i nul ved solnedgang, af den grund er solopgang og solnedgangen inddirekte med i målingerne.



Figur 5.2: Overflade temperatur i bassinet og solindstrålingen.

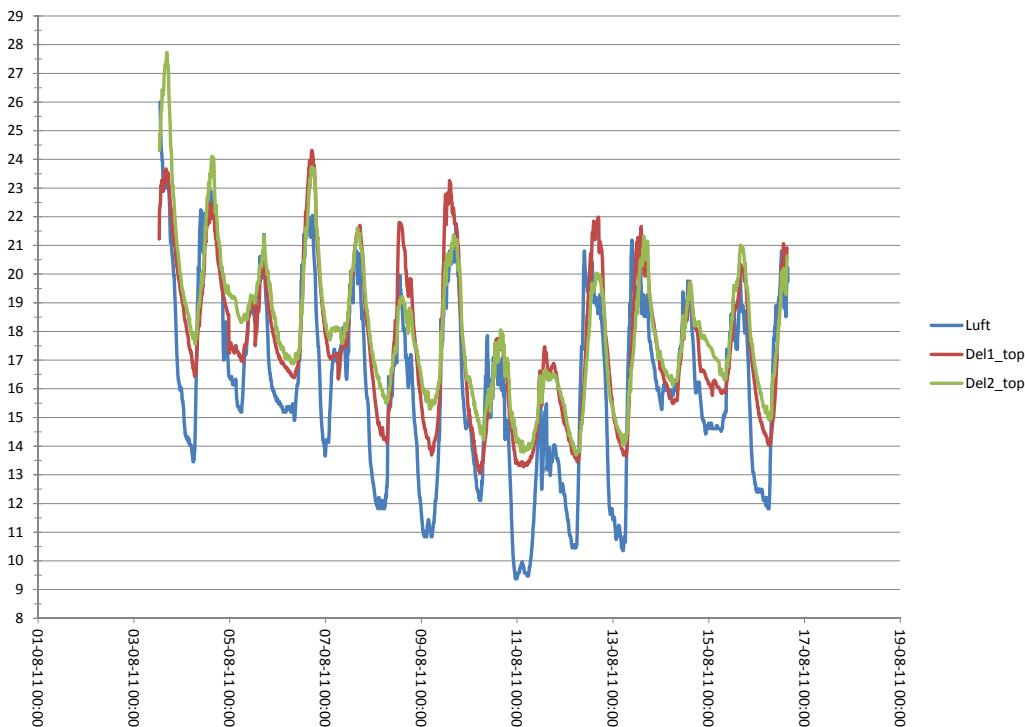
Solinstrålingen gennem atmosfæren er påvirket af skydækket på himlen og hvilken tid på dagen det er. Skydækket er ikke ensbetydende med der ikke indstråling fra solen. Sammenholdes de dage hvor der er nedbør med solinstrålingen, kan det af Figur 5.3 ses at dage med overskyet vejr når solinstrålingen maks op på mellem 600-700 W/m², Dermed kan det antages at der er overskyet når indstrålingen ligger under dette interval.



Figur 5.3: Solindstråling og nedbør

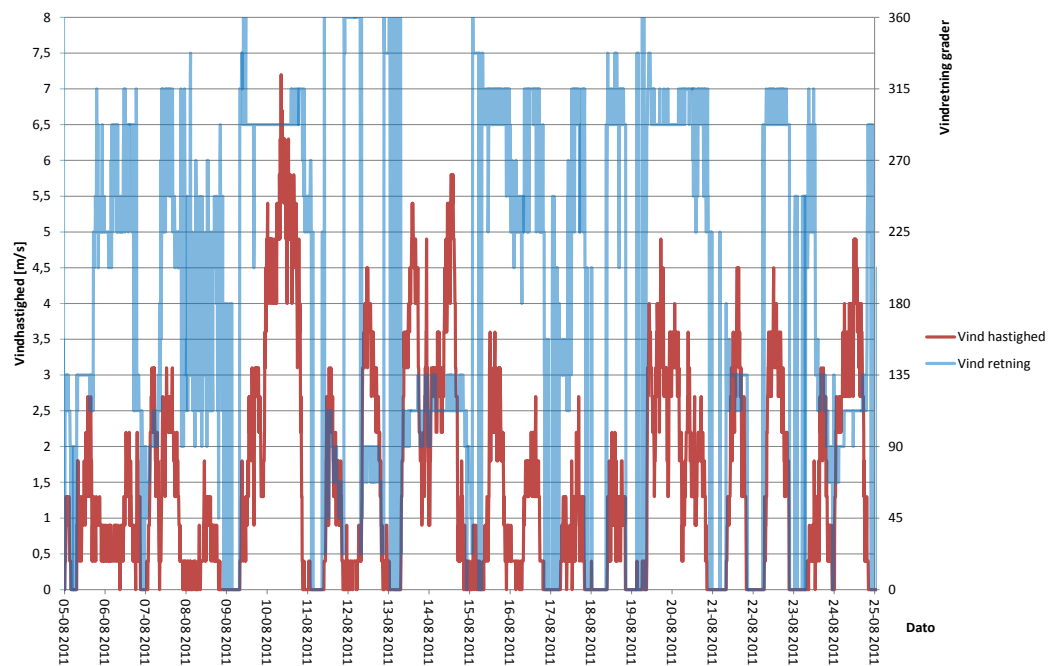
Der foreligger ingen direkte målinger af fordampningen, og den langbølgede udstråling fra vandoverfladen.

Lufttemperaturens indvirken på vandoverfladens temperatur kan ses på Figur 5.4. Temperaturen i vandet følger ikke med helt ned om natten, da vandet fra de underliggende lag har en mere stabil temperatur og derfor vil varme de øvre lag op. Om vinteren nedkøler lufttemperaturen vandet, så der dannes is på overfladen dette resultere i at vandoverfladen når en temperatur på omkring 0 °C.



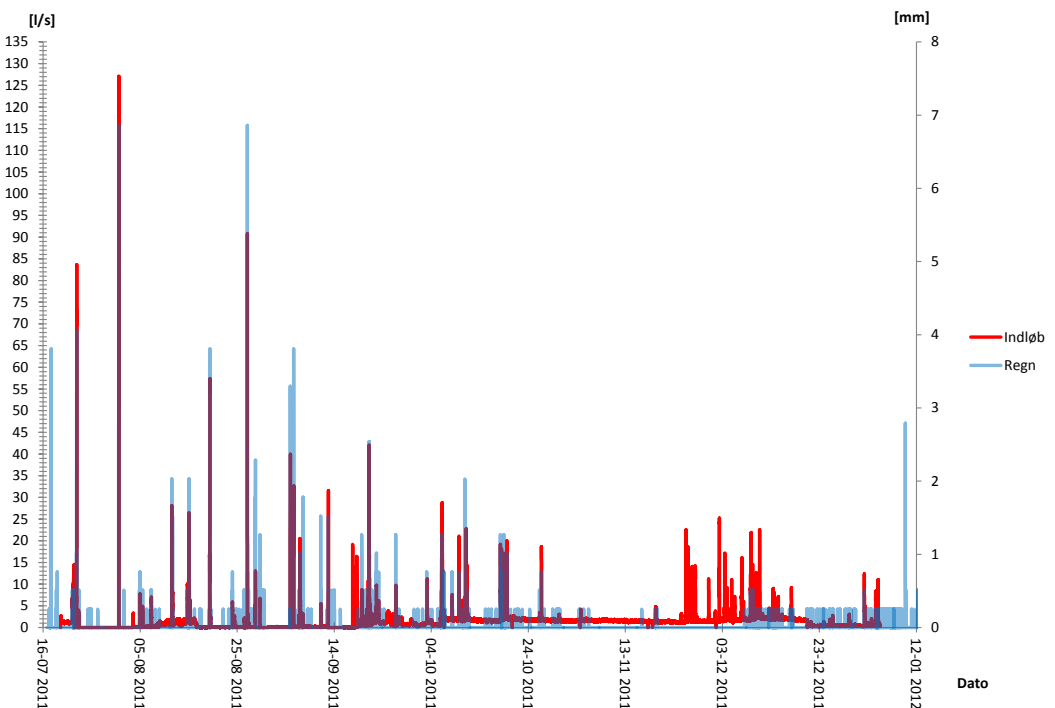
Figur 5.4: Temperaturmålinger fra topmålerne i bassinet sammenholdt med lufttemperaturen i august 2011

Når vinden fejer henover overfladen på bassinet mikser den vandet, ned igennem vandsøjlen. Vinden er med til at øge fordampningen fra bassinet ved at udskifte den vanddampsmættede luft ved overfladen, dette gør at der er en konstant udskiftning af luften lige over vandspejlet. Det øger fordampningen fra overfladen. Vindretning og hastighed kan ses på Figur 5.5



Figur 5.5: Vindretning og hastighed

Nedbøren har betydning for vandføringen ind og ud af, samt opstuvningen i bassinet. Indløbsvandføringen topper når der falder meget regn. Den beregnede indløbsvandføring følger regnmængden der falder i området dette ses på Figur 5.6.

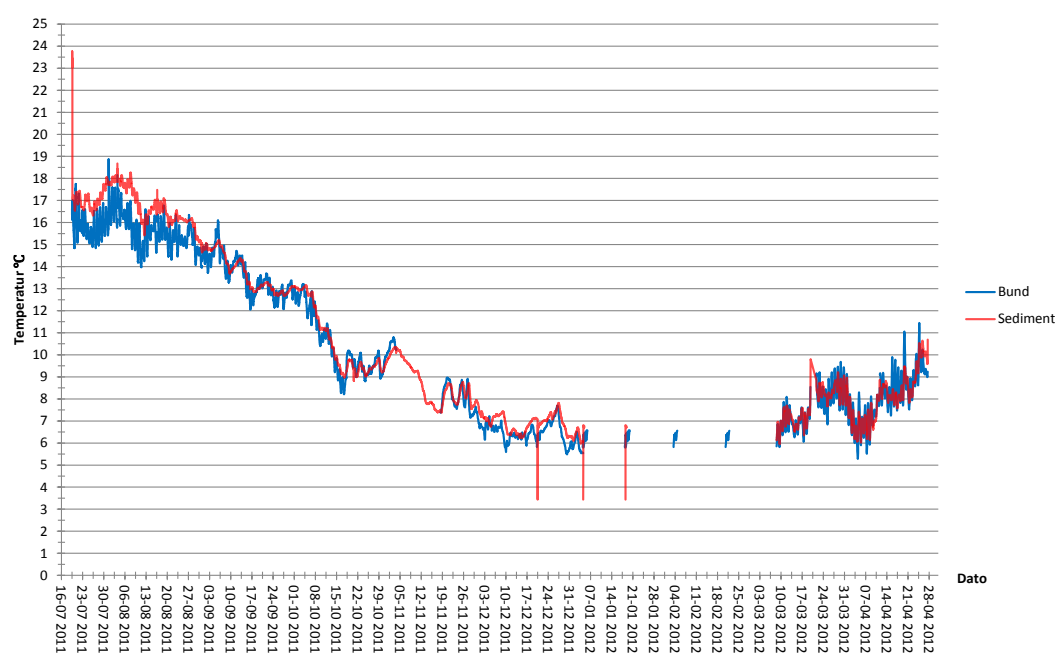


Figur 5.6: Indløbsvandføringen sammenholdt med nedbøren i mm

Når regnen rammer den varme asfalt en sommerdag bliver vandet varmet op, og dermed er der en øget termisk belastning på bassinet.

Af Figur 5.6 kan man se at der er fejl i nedbørsmålingerne i december måned, da der er en konstant nedbør.

Sedimentet har en varmeudveksling med bassinet. Det foreligger der ingen målinger af temperaturerne i de dybere sediment lag. Den nederste måler maks sidder en cm nede i sedimentet og derfor ikke giver det helt korrekte billede af hvad der foregår ned igennem sedimentet. Det kan udledes af målingerne at det tager længere tid inden der sker temperatur forandringer i sedimentet. Dette kan ses af Figur 5.7 hvor bund temperaturen er vist. Den ene måler er i toppen af sedimentet og den anden er lige over bunden.



Figur 5.7: Kurve der viser temperaturne målt lige over bunden og i sedimentet i Del 1 og Del 2

På Figur 5.7 kan det ses at temperaturen i bunden af bassinet varierer maksimalt 15 °C over året. I sommerhalvåret er sedimentet i Del 2 af bassinet varmere end vandet i Del 1. Del 1 og Del 2 kan ses på Figur 2.4. Målingerne viser at sediment temperaturen er mere stabil end vandtemperaturen, da der er mindre temperatur udsving.

Indløb og udløbs vandføring

Der er installeret et trekantet Thomson overløb i indløbet til bassinet, så vandføringen ind i bassinet kan beregnes. Bundvinklen i det trekantede overløbet er 90° . På Figur 6.1 kan Thomson overløbet ses på en tørvejrsgdag, overløbskanten sidder 16 cm fra bunden af overløbet.



Figur 6.1: Indløb med Thomson overløb den. 22 marts 2012

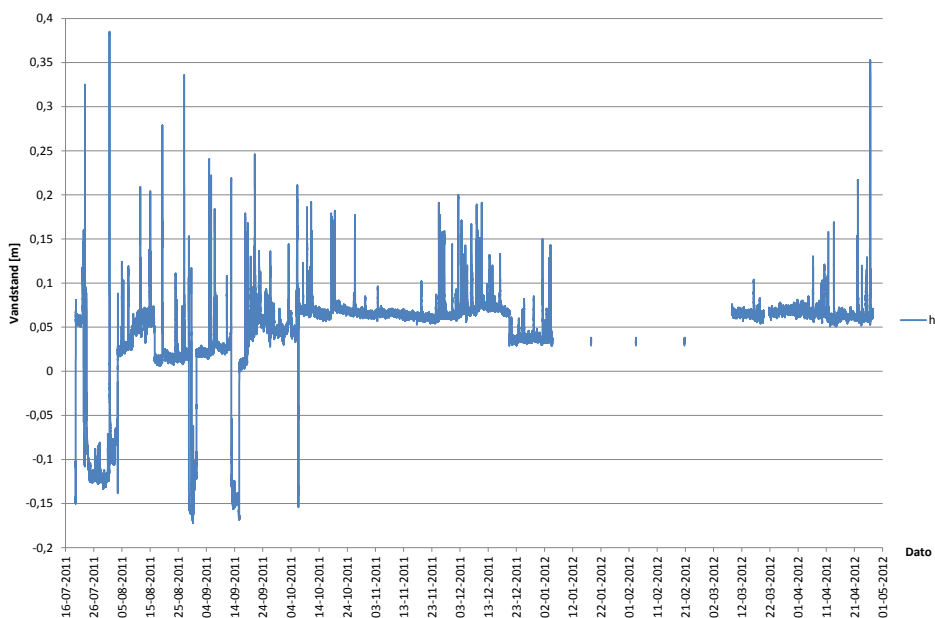
Til at beregne vandføringen ind i bassinet benyttes der Formel (6.1) [Brorsen og Larsen, 2007].

$$Q = 1,343 \cdot h^{2,47} \quad (6.1)$$

Hvor:

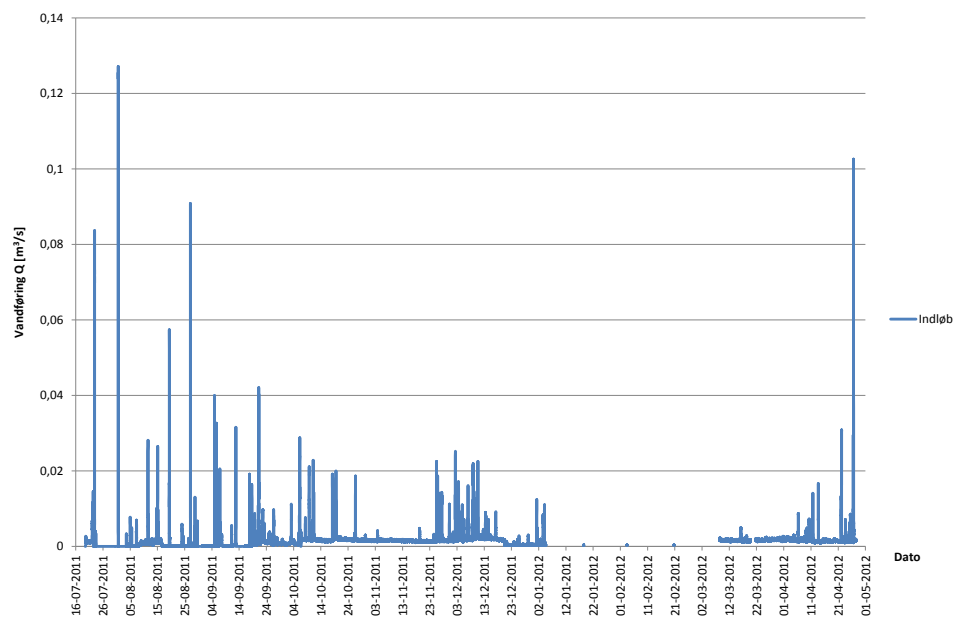
Q Vandføring [m³/s]
h Vandets højde fra overløbskant til vandspejlet i Thomson overløbet [m]

På Figur 6.2 ses den beregnede h for indløbet, der er ikke taget hensyn til at loggerne ikke virker konstant og at der var skidt i det rør hvor loggeren var placeret og at listen under indløbet har været forsvundet. Overløbet er repareret og røret proppet af efter den 6 november 2011. Grafen viser at overløbet i indløbet periodevis har været defekt i juli, august og september 2011. Hvor der er beregnet en negativ h ved overløbskanten og overløbet er ude af funktion. Alle beregninger kan findes i Bilag *Data_behandling*



Figur 6.2: h over Thomson i meter

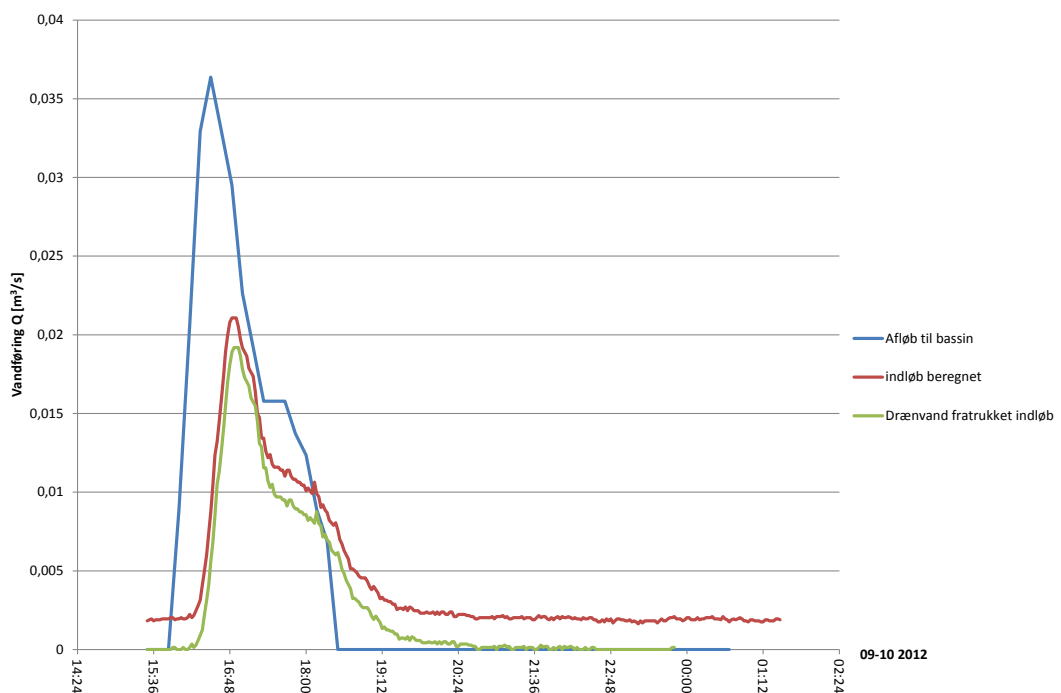
Indløbsvandføringen til bassinet fra juli 2011 til april 2012 er på vist Figur 6.3. Når beregningerne viser en indløbsvandføring på 0 m³/s er det som vist i Figur 6.2, fordi indløbet er defekt.



Figur 6.3: Beregnet indløbsvandføring fra juli 2011 til april 2012

Indfiltrationsvandføringen mindre end først antaget af [Bentzen og Thorndahl, 2004], den nye beregnede indfiltrationsvandføring variere fra 1,55 l/s i november 2011 til 1,65 l/s i marts 2012. Resultatet viser at der er en variation i infiltrations vandføring over året, men at variationen er begrænset.

Nedbøren øger indløbsvandføringen, hvilket ses på Figur 6.4 hvor der er vist en beregnet afløbsmængde fra området og indløbsvandføring for samme regnhændelse.



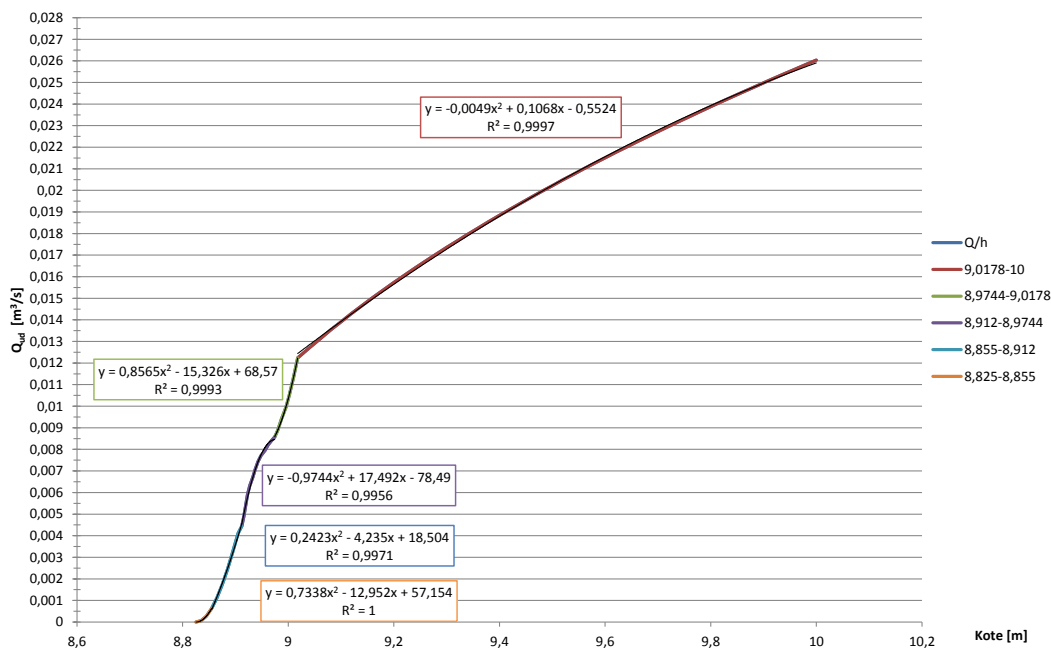
Figur 6.4: Regnvand fra området og indløbet til bassinet med og uden drænvand

Figur 6.4 viser at der går et stykke tid fra regnen begynder at falde til det påvirker indløbsvandføringen. Hvilket stemmer helt overens med forløbet i forbindelse med afledning af regnvand fra et område. Regnvandet bliver sinket på vejen inden det ledes ud i bassinet der sinker vandet yderligere.

6.1 Udløbsvandføring

For at finde udløbsvandføringen for bassinet er massebalance ligningen benyttet. Hvor forskellen i volumen i bassinet er sat i forhold til ind og udløb fra bassinet.

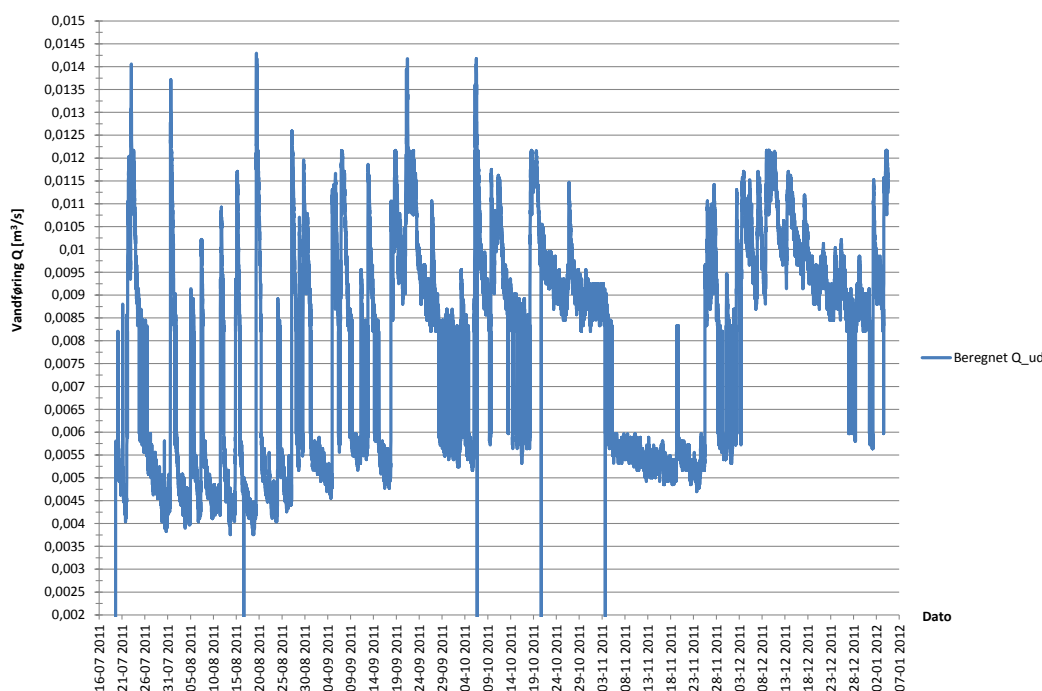
Der er i 2004 af [Bentzen og Thorndahl, 2004] fundet en Q_{ud}/h relation for regnvandsbassinet ved forsøg, der er gældende fra kote 8,9-9,02 resten af Q/h relationen er beregnet ud fra manningsformel for halvfylde rør. Udledningen fra bassinet øges med vandstanden, der er opstillet en Q/h relation i [Bentzen og Thorndahl, 2004]. Q/h relationen er vist i Figur 6.5



Figur 6.5: Q/h relation fundet ved forsøg [Bentzen og Thorndahl, 2004]

Udfra Q/H relationen kan Q beregnes som funktion af vanddybden. Kurven er opdelt i fem sektioner med en ligning for hver, for at få de små vandføringer med.

Udløbsvandføringen er vist i Figur 6.6. Når kurven går i nul er det grundet indhentning af data, da udløbet er i konstant funktion og vandstanden ikke på noget tidspunkt er under koten på udløbsrøret.



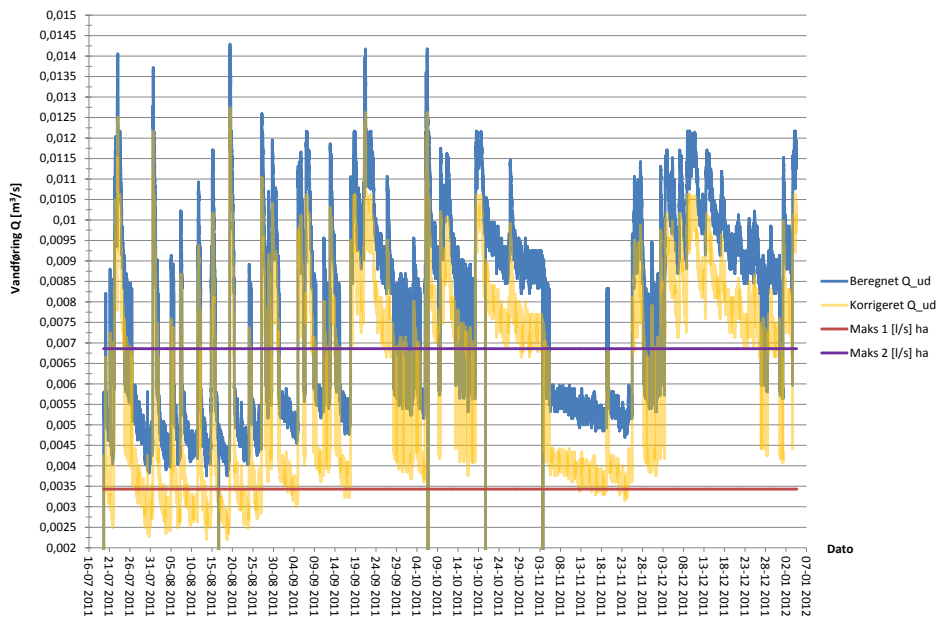
Figur 6.6: Udløbsvandføringen fra bassinet i efteråret 2011

Der er i afsnit 2.1.1 beskrevet en maks grænse for udledning af vand fra regnvandsbassiner i Limfjordsområdet. I Figur 6.7 ses den beregnede udledning i forhold til de opsatte maksgrænserne for udledningen til vandløbet. Udledningen fra bassinet skal drosles for at de opsatte regler kan overholdes. Det er ligeledes i [Bentzen og Thorndahl, 2004] beregnet at regnvandsbassinet er overdimensioneret, så der er kapacitet til at udløbsvandføringen kan drosles. Dette vil bevirke at belastningen på bækken nedsættes hydraulisk.

Den konstante mængde af drænvand er der ikke dimensioneret efter, ved at fraregne den fra udløbsvandføringen, fås en korrigeret vandføring der ca. svarer til regnvandsmængden. Der er benyttet en en infiltrationsvandføring på 1,55 l/s til at korrigere vandføringen.

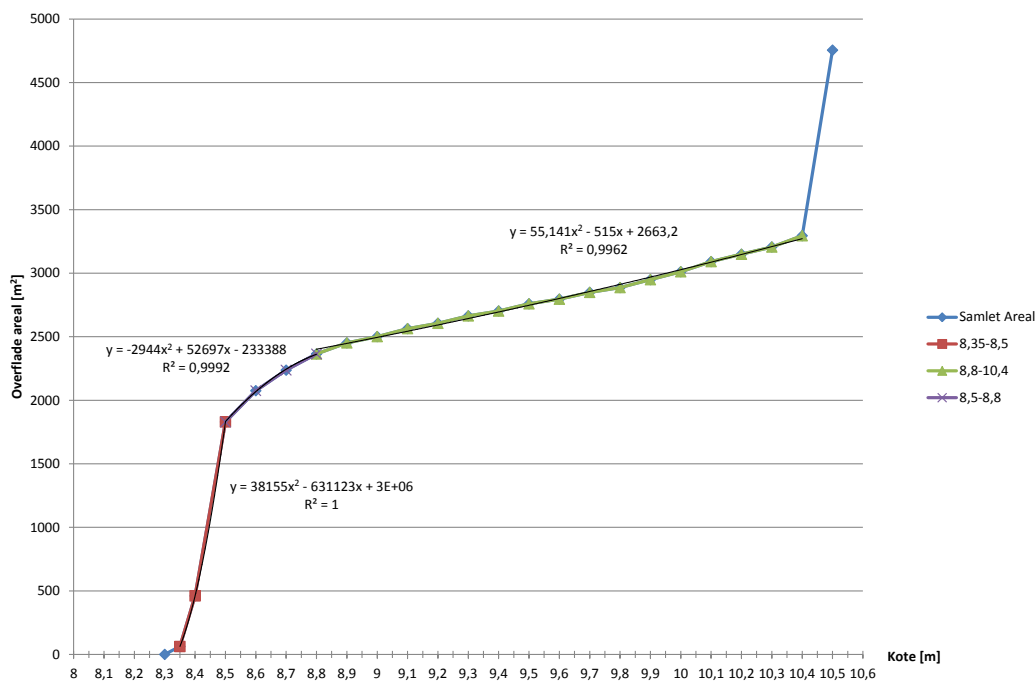
På Figur 6.7 kan den korrigerede vandføring ses sammen med den beregnede vandføring. Beregningen viser, at hvis drænvandet ikke regnes med, vil udledningen fra bassin 302,9 stadig ikke kunne overholde de opsatte udledningsgrænser for regnvandsbassiner. Beregningen viser at udledningen efter den er korrigeret for drænvand, er ved spidsbelastninger dobbelt så stor, som den tilladte udledningsmængde.

6.1 Udløbsvandføring



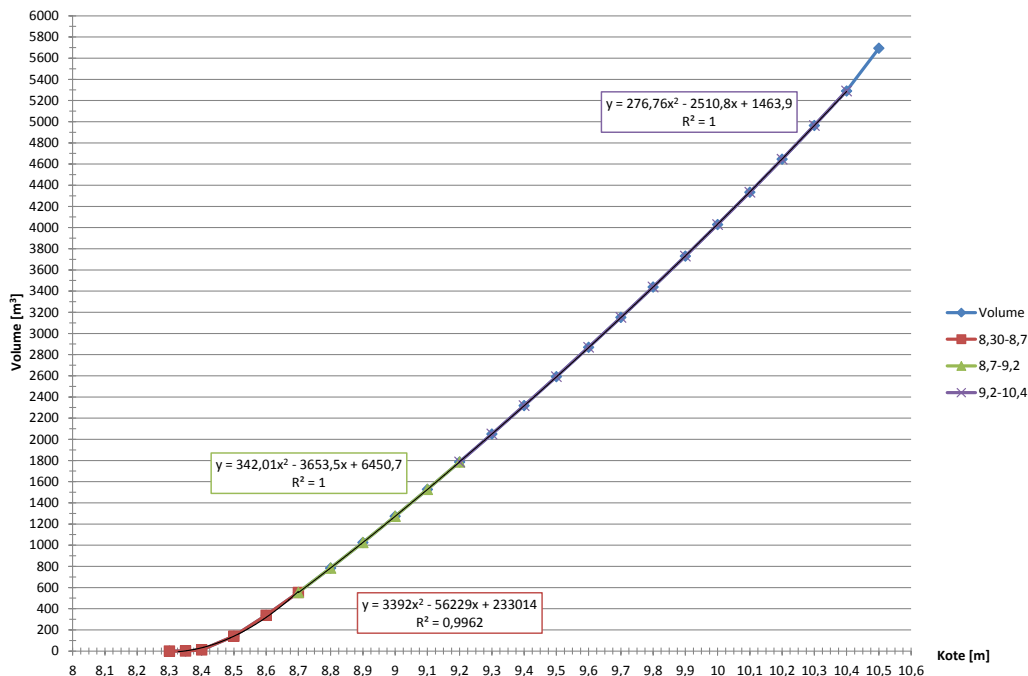
Figur 6.7: Udløbsvandføringen med de opsatte grænser for udledningen

Volumen af bassinet er afhængig af vandstanden, der er opsat en kurve og en relation for beregning af volumen, samt en for beregning af overflade arealet. Der er beregnet en sammenhæng mellem h/volumen og h/arealet som kan ses af Figur 6.8 og Figur 6.9. Opmålingerne af bassinet er foretaget i forbindelse med opsætningen af Q/h relationen i [Bentzen og Thorndahl, 2004].



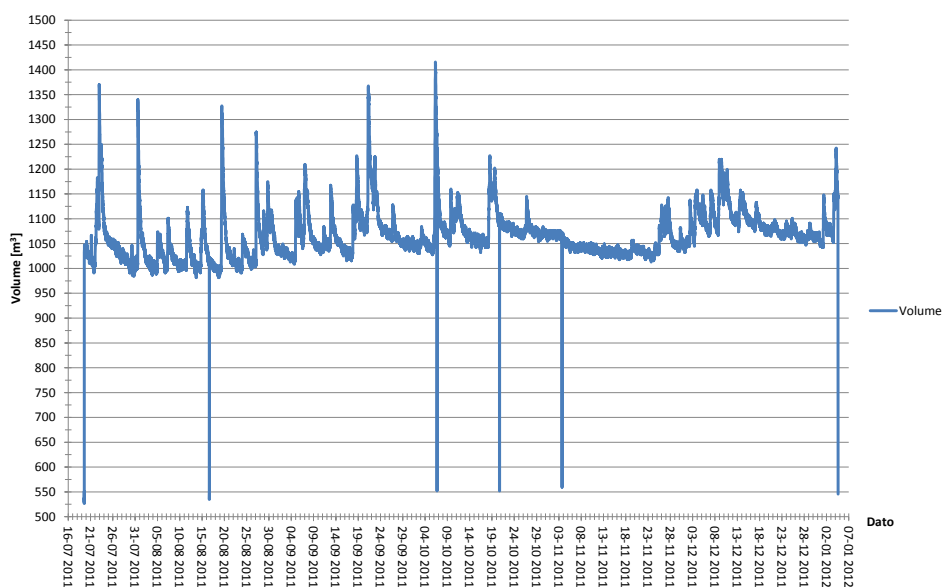
Figur 6.8: Arealet som funktion af vanddybden

Kurven starter stejlt hvor det første vand hurtigt øger overfladearealet af bassinet. Overfladearealet øges mere jævnt, hvor udløbet begynder at lede vand ud af bassinet omkring kote 8,825 og fortsætter indtil bassinet begynder at blive overbelastet i kote 10,4.



Figur 6.9: Volume som funktion af vanddybden

Volumen er på Figur 6.10 beregnet ud fra vandstanden i bassinet fra juli 2011 til april 2012.



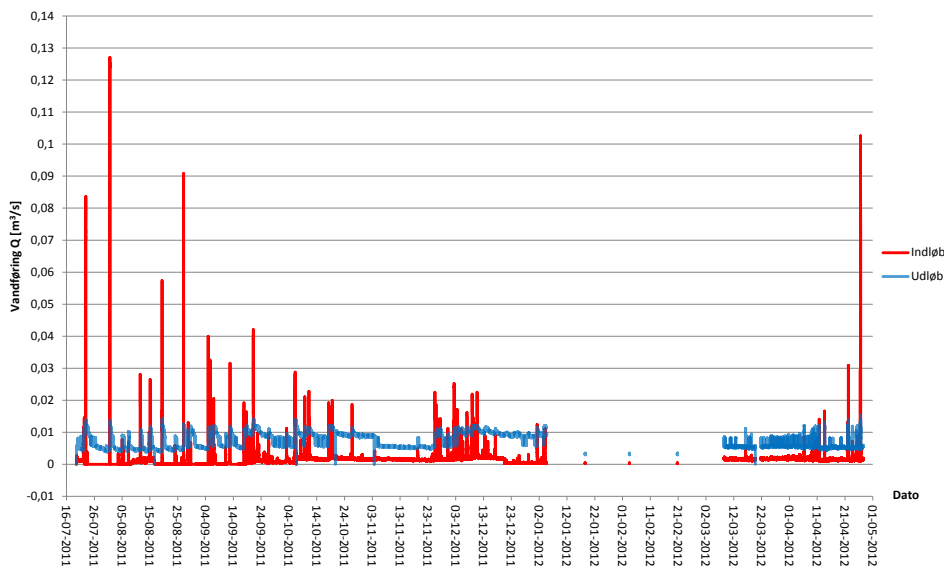
Figur 6.10: Volumen fra juli 2011 til januar 2012

Beregningen viser at der skal en øget belastning til, inden bassinet bliver overbelastet. Der

6.2 Indløbs- og udløbstemperatur

er fra langt fra de ca. 1400 m³ der er det maksimale beregnede volume i efteråret, til de 5600 m³ der er bassinets maksimale kapacitet. Deraf kan der drages den samme konklusion som tidligere, at bassinet er må være overdimensioneret.

Indløbsvandføringen er ved nedbør meget større end udløbsvandføringen, dette viser at bassinet har den ønskede funktion med at udligne vandføringen fra spidsbelastninger, dette ses på Figur 6.11. Udløbet er i konstant funktion grundet den konstante infiltration fra området og vandstanden i bassinet ikke når under bundkoten på udløbet fra bassinet. Udløbet udleder konstant mere vand fra bassinet end indløbet tilføje bassinet i tørvejr situation.

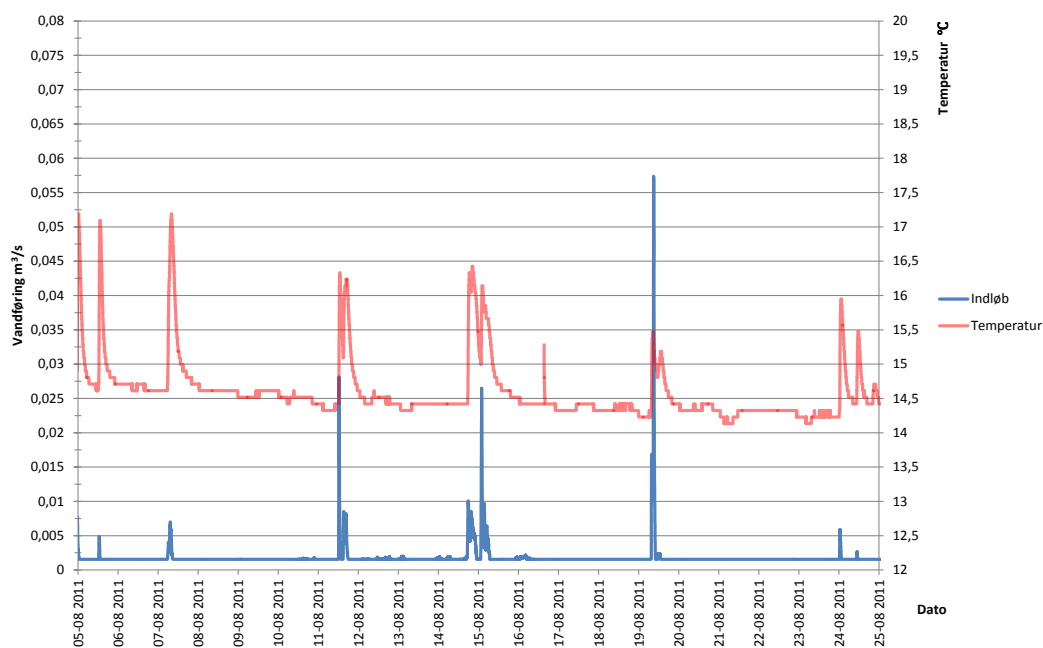


Figur 6.11: Indløbs- og udløbsvandføringen fra juli 2011 til maj 2012

6.2 Indløbs- og udløbstemperatur

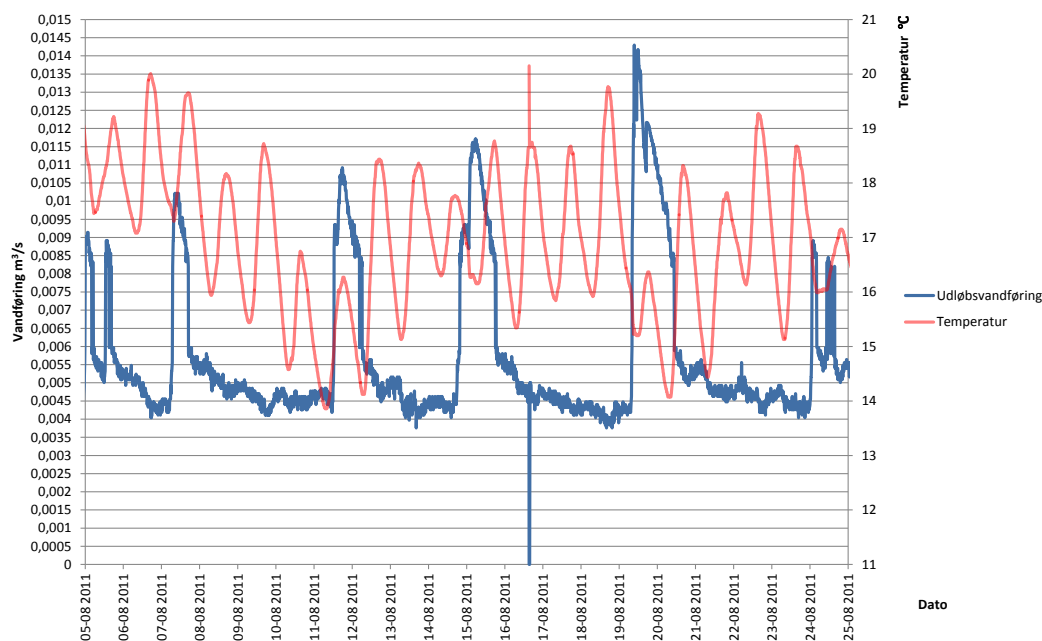
Temperaturen målt i indløbet og udløbet gennem hele perioden. Indløbstemperaturen er målt vha. trykloggeren da temperaturloggeren blev flyttet til bækken.

Indløbstemperaturen og indløbsvandføringen ses i Figur 6.12. Figuren viser at indløbstemperaturen i August måned øges med ca. 2 °C under regnhændelser, hvilket stemmer overens med at regnen rammer den varme asfalt og bliver opvarmet inden den ledes videre til bassinet.



Figur 6.12: Indløbstemperatur og Indløbsvandføring til bassin 302,9 i august 2011

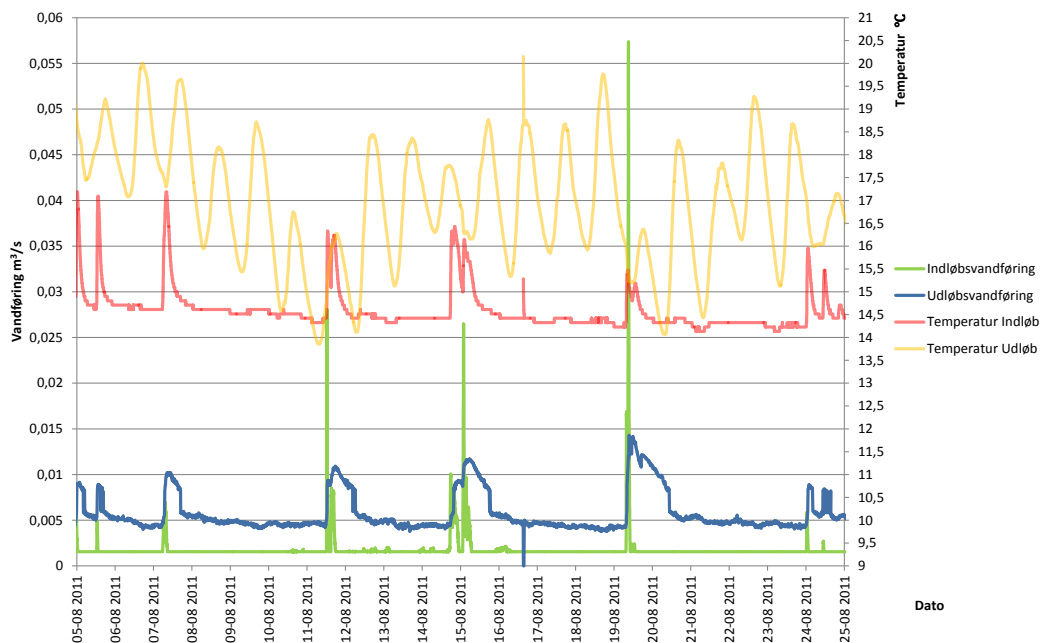
Udløbsvandføringen og temperaturen ses i Figur 6.13, ved udløbet forholder det sig omvendt, i forhold til indløbet. Temperaturen sænkes når udløbet øges, dette viser at vandet bliver blandet under regn, hvor det køligere i de dybere dele af bassinet blandes sammen med vandet i de øvre vandlag i bassinet. Temperaturen i udløbet bliver næsten den samme som i indløbet.



Figur 6.13: Udløbstemperatur og og udløbsvandføring fra bassin 302,9 i august 2011

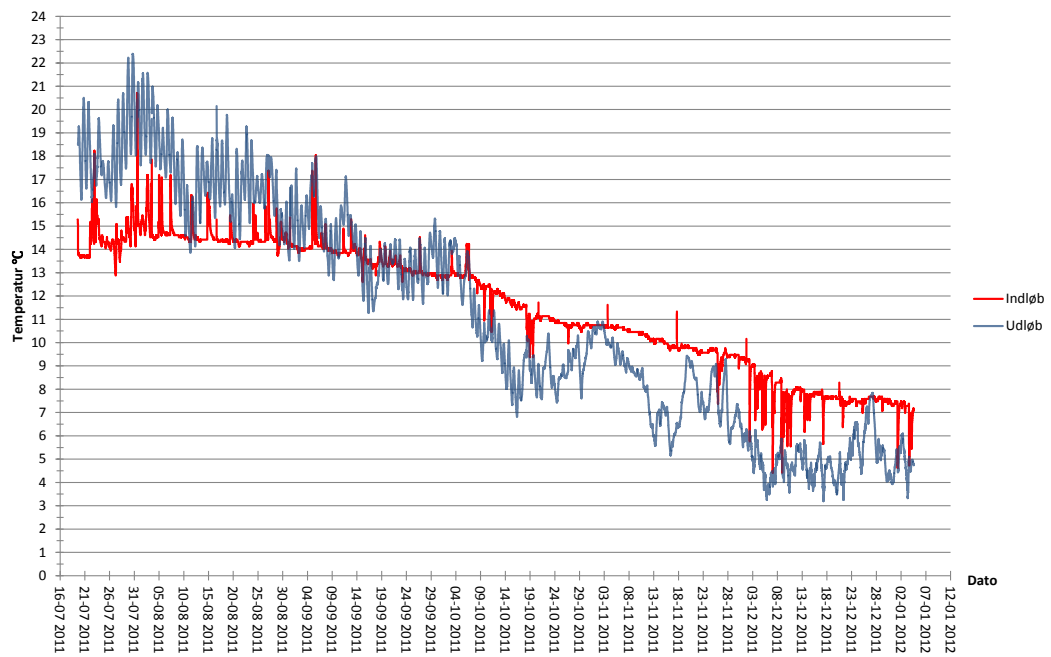
6.2 Indløbs- og udløbstemperatur

På Figur 6.14 kan det ses at i sommerhalvåret er udløbstemperaturen fra bassinet varmere end indløbstemperaturen, det er dermed vist at bassinet varmer vandet op inden det udledes til recipienten. Temperaturen i indløbet er ved tørvejr er stabil, mens temperaturen under en regnhændelse øges.



Figur 6.14: Indløbs- og udløbsvandføring sammenholdt med indløbs- og udløbstemperatur

På Figur 6.15 kan indløbs- og udløbstemperaturen, udløbstemperaturen fra bassinet er højere i sommerhalvåret end indløbstemperaturen, i løbet af efteråret skifter det så indløbstemperaturen bliver højere end udløbstemperaturen. Dermed ses det at temperaturen i infiltrations vandet der ledes til bassinet ikke har de store udsving, men følger jordtemperaturen i området. Dataerne viser at bassinet ændre temperaturene fra ca. 22 °C om sommeren i udløbsvandet til ca. 3 °C i december. Hvor indløbstemperaturen ændres under regn fra en tilledning til bassinet på 21 °C og sænkes til ca. 4 °C.



Figur 6.15: Indløbs- og udløbstemperatur fra bassinet.

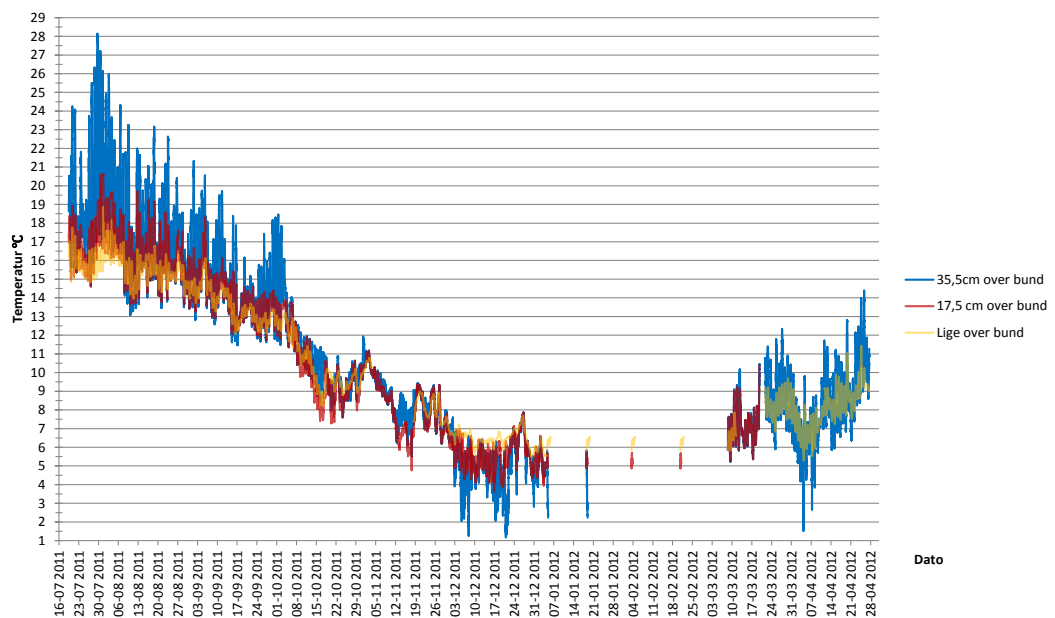
Dataerne viser at bassin 302,9 opfylder de kriterier det i sin tid blev dimensioneret til, at drosle vandet fra nedbør, inden det ledes ud i vandmiljøet. Det har så bare den ulempe at det hæver vandtemperaturen inden.

Temperaturvariation i bassin ⁷

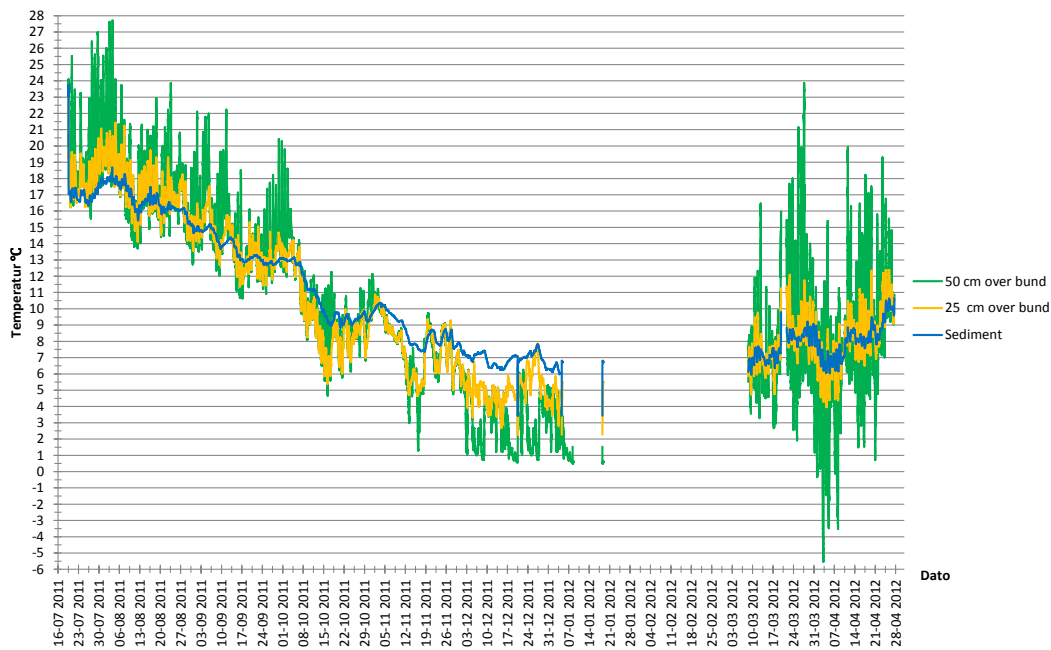
302,9

Temperaturene i bassinet variere i dybden og efter døgnrytmen.

På Figur 7.1 og Figur 7.2 kan temperaturen i dybden af hver del af bassinet over året. Det ses at temperaturen variere flere grader fra overfladetemperaturen til bundtemperaturen. Dette kan medfører at der i sommerhalvåret vil opstå en svag lagdeling i løbet af dagen. Hvor der er en temperaturforskel fra den vandspejlet til bunden af bassinet.



Figur 7.1: Temperaturvariationen over året målt i Del 1 af bassin 302,9



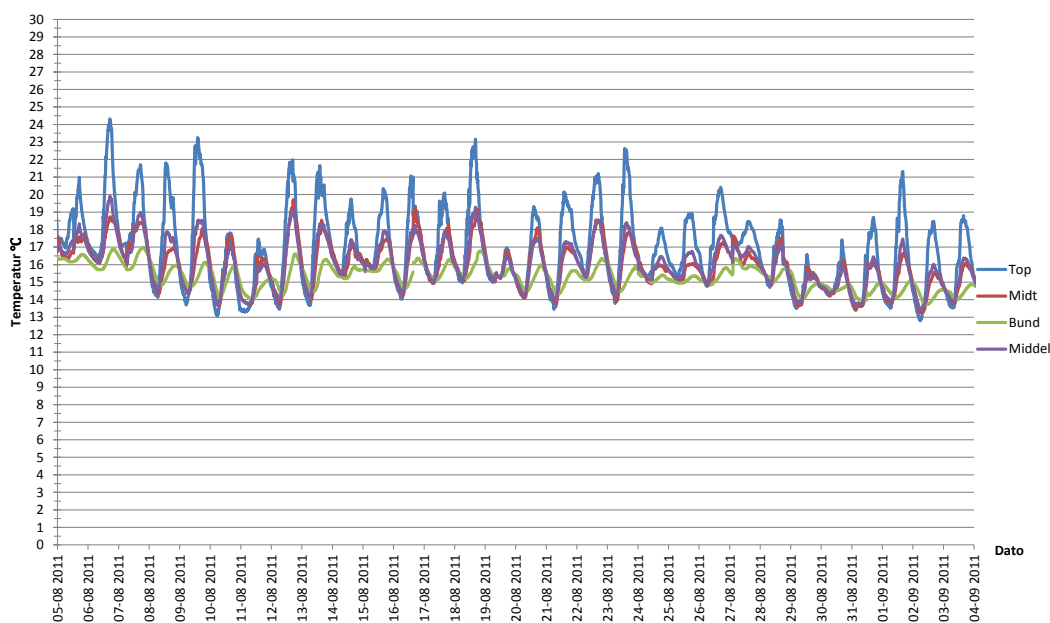
Figur 7.2: Temperaturvariationen over året målt i Del 2 af bassin 302,9

På målingerne fra bassinet viser målingerne fra topmåleren i Del 2 at den har været over vandspejlet, da temperaturene i starten af april ligger under 0 °C. Dette kan ses på Figur 7.2.

Temperaturene i vandoverfladen af bassinet bliver i sommerhalvåret, så høje at det fremmer væksten af blågrønne alger, det kan af den grund have konsekvenser for faunaen i området der benytter bassinet til drikkevand eller badning. Om der lever fisk i bassinet er tvivlsomt med den store biomasse og de høje temperaturer vil der være et stort udsving i iltniveauet i vandet. fiskene kan ikke tåle høje temperaturer.

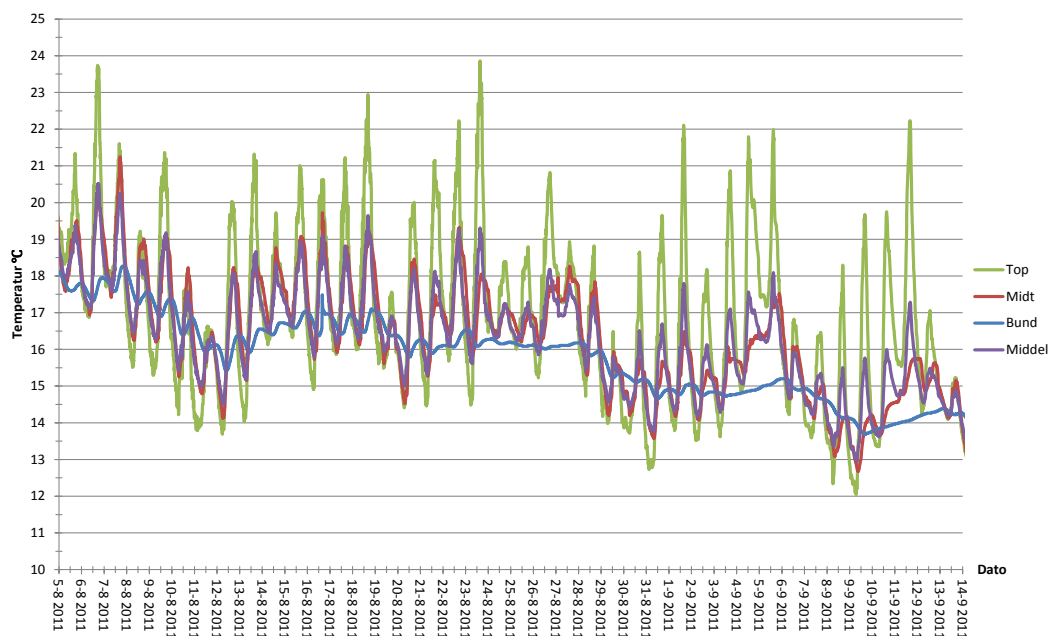
Bassinets temperaturer kan om sommeren nå så høje temperaturer, at det kan defineres som en biologisk ørken.

Middel temperaturen i bassinet kan næsten direkte måles, da den følger temperaturerne fra den midterste temperatur logger det kan af den grund antages at der en liniær sammenhæng mellem top temmeraturen og bundtemperaturen. På Figur 7.3 ses den beregnede middeltemperatur sammenholdt med de målte temperaturer i Del 1.



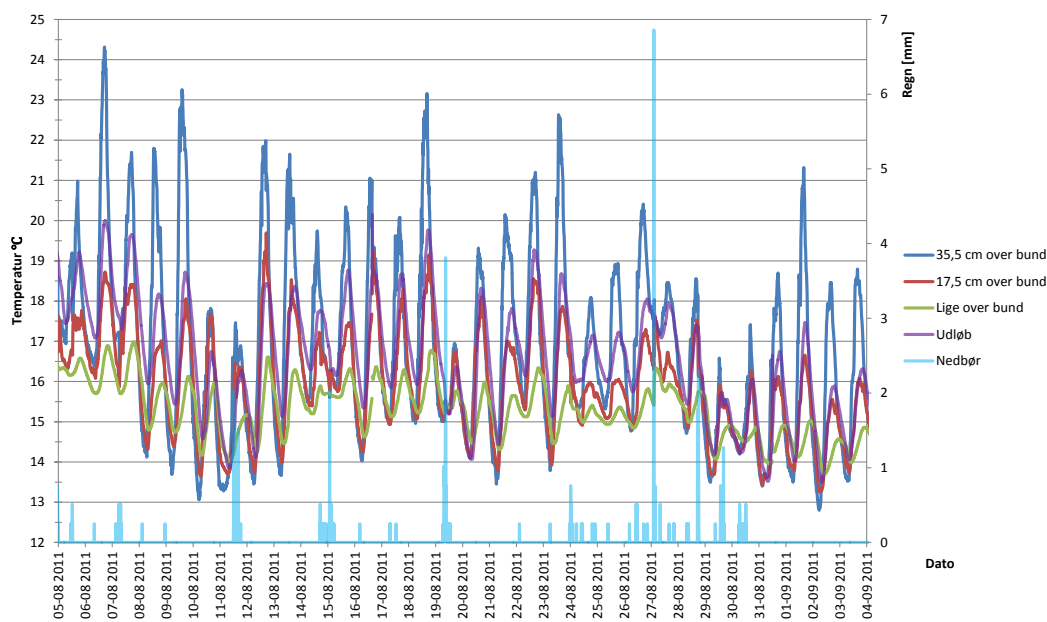
Figur 7.3: Temperaturrene målt i Del 1 sammenholdt med en beregnet middel temperatur

Det kan ses af Figur 7.4 at middeltemperaturen kun maksimalt er ca. 1,5 °C fra temperaturen målt med den midterste temperaturelogger.



Figur 7.4: Beregnet middeltemperatur og temperaturmålingerne fra Del 2

Temperaturerne af vandet der udledes til vandløbet kan ses i Figur 7.5 sammenholdt med temperaturvariationen i bassinets Del 1. Vandet der udledes til bækken kommer fra laget midt mellem de to øverste temperaturelogger. Ved nedbør følger udløbstemperaturen i bassinets temperaturer i de øverste vandlag.



Figur 7.5: Bassinet og udløbets temperatur sammenholdt nedbøren

Figur 7.5 viser under en regnhændelse blandes vandet i bassinet og at det er målingerne fra den øverste og midterste temperaturlogger der viser vandtemperaturen i udløbet.

Sammenholdes Figur 7.3 og Figur 7.5 kan det udledes at temperaturen i udløbet følger middeltemperaturen i bassinet.

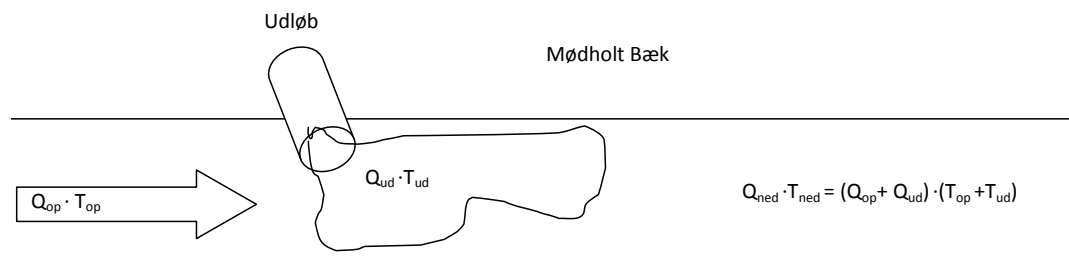
De høje temperaturer i bassinet kan medføre at den massive plantevækst om dagen mætter vandet i bassinet med ilt ved fotosyntese for efter om natten at bruge alt ilten til respiration og derved skabe en dagsvariation med iltsvind om natten.

De høje udløbnings temperature kan give problemer i recipienten, når bassinet udleder det opvarmede vand.

Påvirkning af bækken



Mødholt bæk bliver påvirket hydraulisk og termisk af udledninger fra regnvandsbassin 302,9. Det kan illustreres som vist på Figur 8.1, hvor vandføringen og temperaturen opstøms- og fra udløbet er lig temperaturen nedstrøms i bækken



Figur 8.1: Skitse af opblandings forhold i bækken

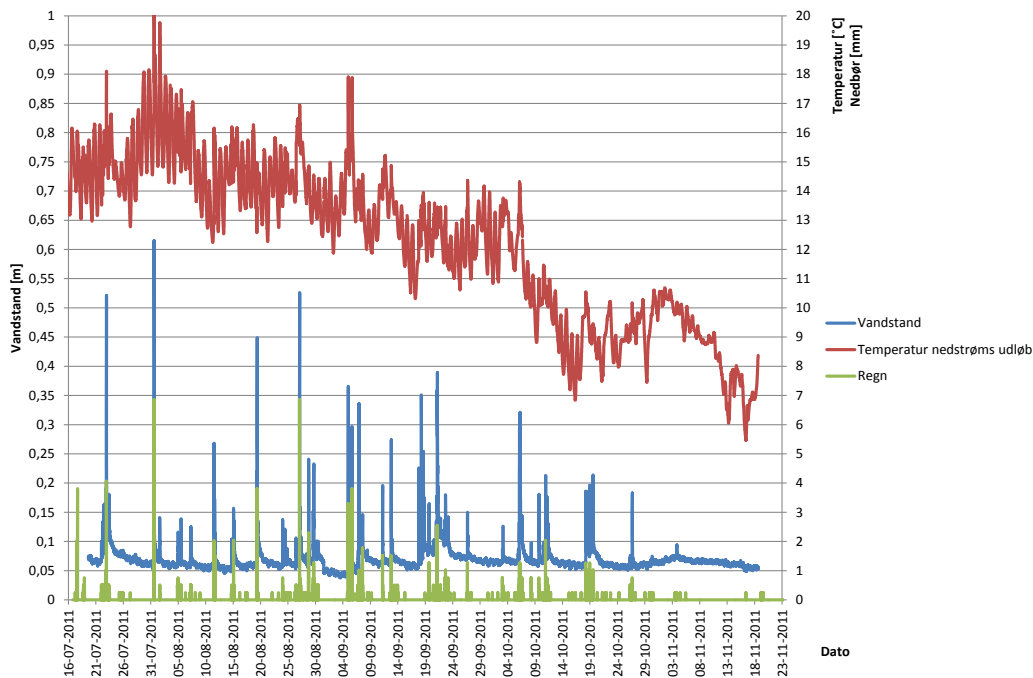
Mødholt bæk har en middelfaststrømning over året på ca 17 l/s. [Bentzen og Thorndahl, 2004]. Afstrømningen er større under regn.

Der er placeret en tryklogger i bækken som vist på Figur 4.1. Trykloggeren kan ses på Figur 8.2.



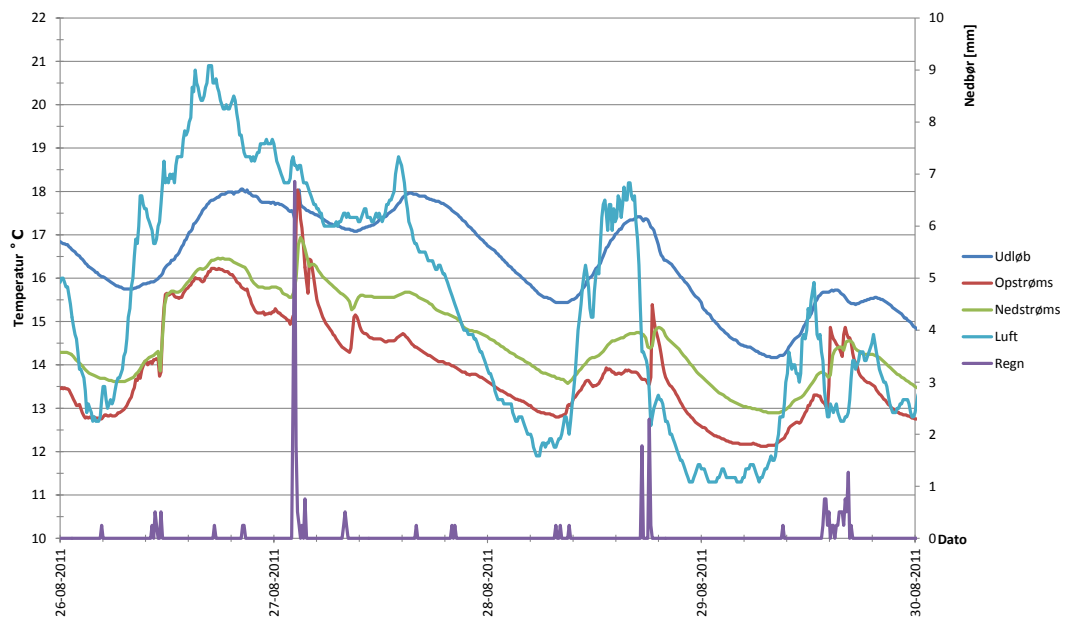
Figur 8.2: Placering af tryklogger markeret med rød ring

Vandstanden i bækken variere efter om der falder nedbør. Vandstanden, regnhændelser og temperaturen nedstrøms udløbet i bækken er vist på Figur 8.3.



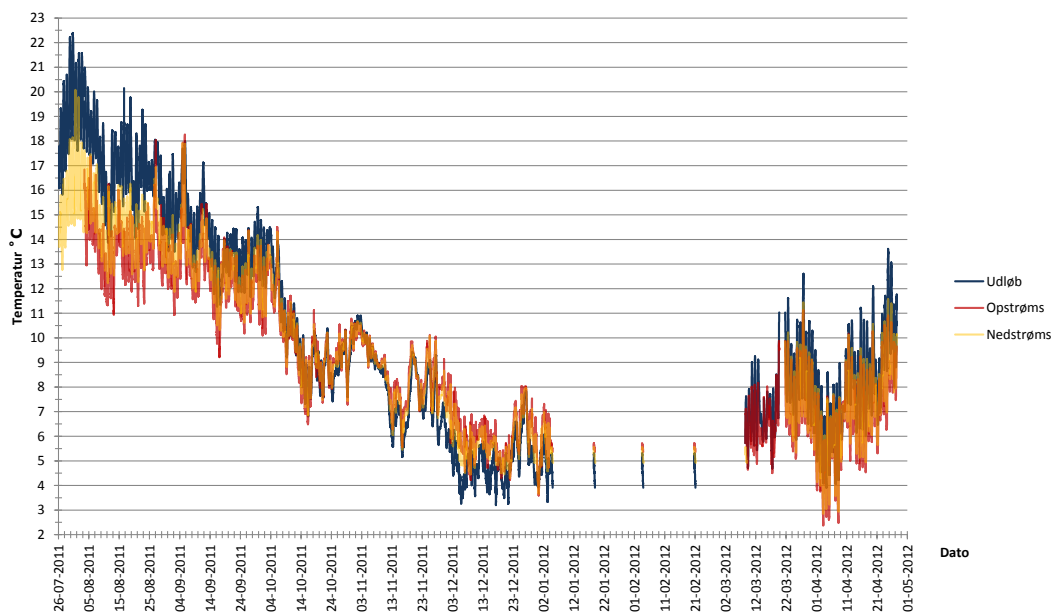
Figur 8.3: Vandstand og temperatur nedstrøms udløbet fra bassinet i Mødholtbæk

Temperatur forskelle mellem luft, opstrøms-, nedstrøms- og i udløbet over 4 dage viser at bækken bliver påvirket af andre kilder end bassinet, da vandet opstrøms udløbet har højere temperatur end nedstrøms udløbet. Selvom udløbsvandet er varmere end vandet i bækken, har det en begrænset indflydelse på vandtemperaturen ved regn, da vandtemperaturen i forvejen er kraftig påvirket.



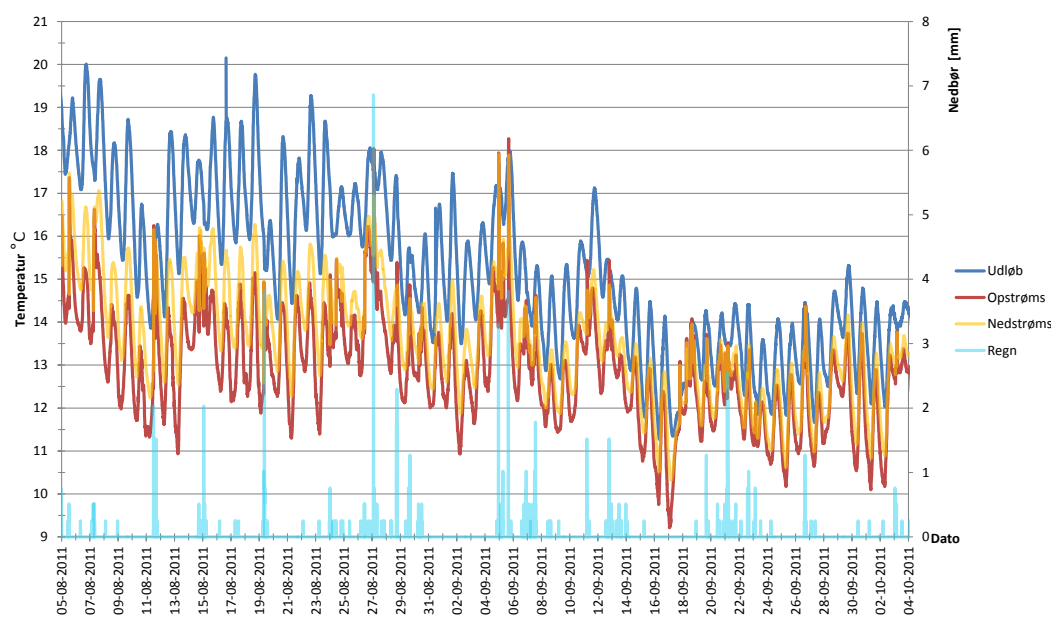
Figur 8.4: Temperaturmålinger opstrøms, nedstrøms og i udløbet. Samt lufttemperaturen og nedbør i 4 dage i Mødholt Bæk

Temperatur påvirkningen på bækken er over året vist på Figur 8.5 Udløbstemperaturen fra bassinet er generelt højere end temperaturen i bækken i sommerhalvåret gennem vinteren bliver udløbstemperaturen lavere. Temperaturerne er meget svingende for en bæk.



Figur 8.5: Temperaturen i bækken og udløbet fra august 2011 til april 2012

På Figur 8.6 ses temperatur variationen og nedbøren i august og september måned, udløbsvandføringen hæver temperaturen nedstrøms udløbet. Det kan ses at der er dage hvor det ikke er tilfældet. Dette skyldes at der falder nedbør i området.

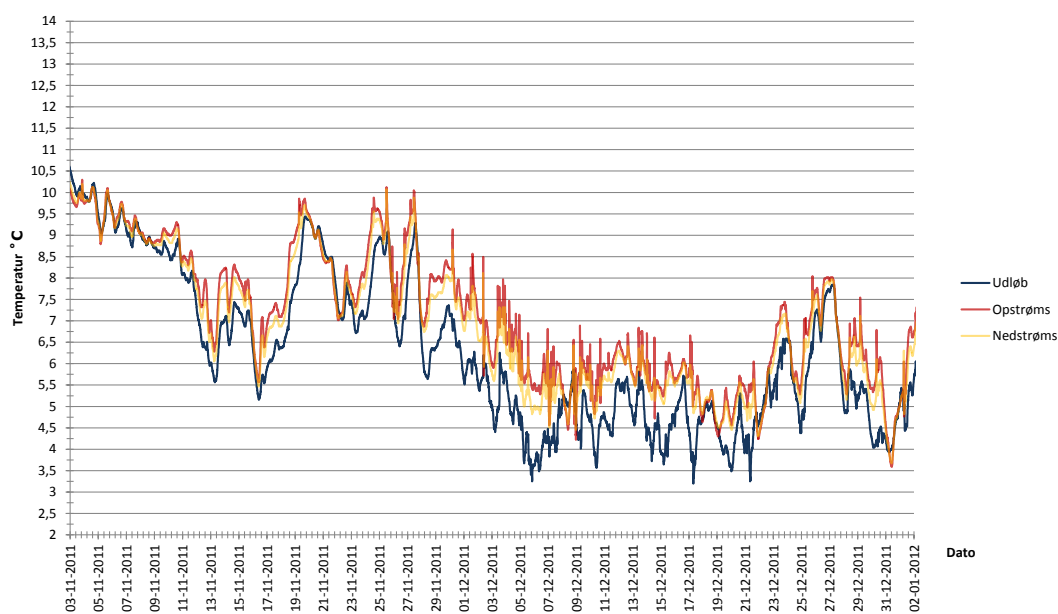


Figur 8.6: Temperatur op- og nedstrøms udløbet, samt udløbstemperaturen fra bassinet og nedbøren i området

Den høje temperatur vandet bliver udledt med kan have konsekvenser, da det er det er en tilførsel af varmt vand til et koldere medie. Figur 8.6 viser at der er en udledning opstrøms for udløbet fra bassinet, der påvirker bækken i en sådan grad, at udledningen fra bassin 302,9 ikke har betydning under nedbør hvor den hydrauliske belastning er størst. Da temperaturerne opstrøms udløbet er højere end nedstrøms temperaturerne. Til gengæld hæver udledningen fra bassinet temperaturen i de dage, hvor der er tørvej.

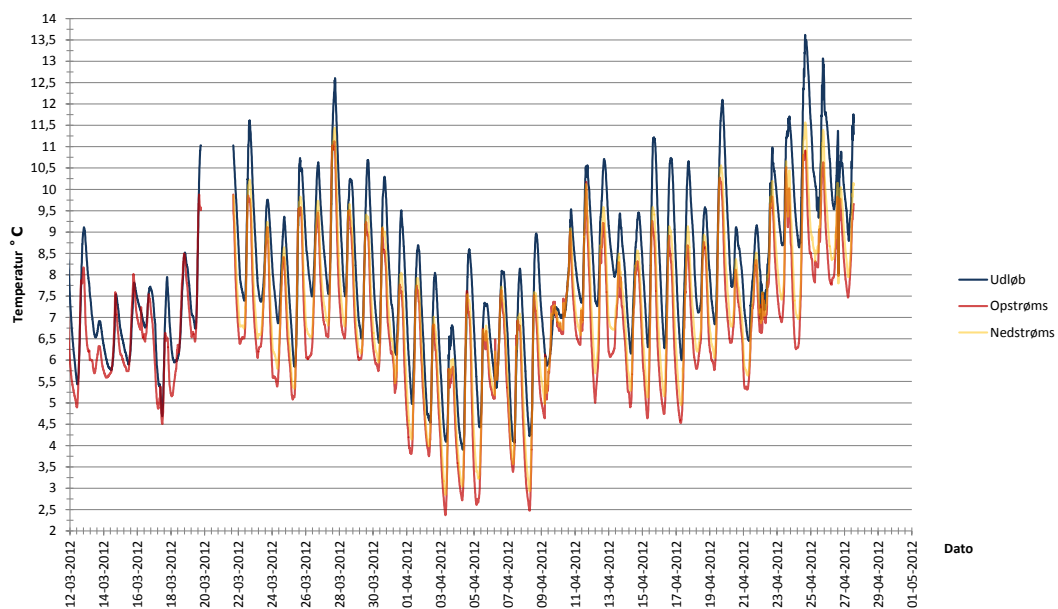
Temperaturerne i vandmiljøet bliver påvirket af lufttemperaturerne der svinger meget i forhold til vandet.

På Figur 8.7 ses temperaturerne fra udløbet op- og nedstrøms udløbet i bækken i november og december måned. Målingerne viser at udløbstemperaturen er lavere end temperaturerne i bækken. Dette bevirker at temperaturerne i bækken sænkes efter udledning det har en begrænset effekt, da det drejer sig om 0,5 °C.



Figur 8.7: Temperatur i bækken og udlædningen fra bassin 302,9 i november og december 2011

I løbet af foråret stiger temperaturen i mere bassinet end i bækken og temperaturerne nedstrøms udlædningen fra bassinet bliver varmet af vandet i bassinet. På Figur 8.8 kan temperaturerne i foråret ses.



Figur 8.8: Temperaturerne i bækken og udløbet i marts og april

Der kan i Mødholt Bæk ses en termisk forurening, den kan have betydning for floraen og faunaen i bækken.

Den største termiske forurening er når det regner forureningen er så kraftig opstrøms udløbet fra bassin 302,9, at den får temperaturen i bækken til at stige 5 °C, dette kan have en negativ effekt på faunaen i bækken der ikke kan tåle store bratte temperaturændringer i bækken.

Diskussion

Temperaturen er et problem i regnvandsbassin 302,9 og Mødholt Bæk. Undersøgelserne viser at det kan have en negativ indflydelse på vandmiljøet, hvis temperaturerne stiger. Store temperatur udsving, kan ensarte biodiversiteten og øge plantevæksten.

De høje temperaturer i regnvandsbassin 302,9 om sommeren gør den til en stor algesuppe, hvor der kun kan leve dyr der kan leve med meget små ilt mængder om natten når planterne i bassinet benytter ilten i vandet til at respirerer. Høje temperatur i vandet favorisere de blågrønne alger, der i nogle tilfælde er giftige for faunaen.

De kemiske processer i vandet er hurtige om sommeren, når hastigheden på processerne øges med temperaturstigningerne. Bassinet er udsat grundet det høje antal af tungmetaller der skylles af vejene. Tungmetallerne kan skabe deformationer på de dyr der lever i vandmiljøet.[Sand-Jensen og Lindegaard, 2008]

Temperaturene øger bakterier og patogeners vækst rate og overlevelse i vandmiljøet, derfor kan de høje temperaturer i vandmiljøet øge spredningen af sygdomme, der kan komme fra vandmiljøet.

Der er en hurtig udfældning af sediment grundet de høje temperaturer, men for at forbedre denne udfældning skal vandet passere gennem hele bassinet. Dette ville betyde at den opdeling af bassinet, der er konstateret i tørvejr, ikke ville opstå.

For at bassinet skal kunne overholde de opsatte krav til udledning vand fra regnvandsbassiner. Skal udløbet drosles til maksimalt at kunne udlede 6,86 l/s ville det medføre en øget vandstand i bassinet, hvordan det vil påvirke bassinet og udløbs vandet termisk er ikke til at fastslå. Da der vil være en mindre hydraulisk belastning og dermed en mindre termisk belastning af Mødholt Bæk. En begrænset udledning vil øge vandstanden i bassinet og gøre udløbsvandføringen mere konstant, dette burde ikke være et problem, da bassinet er overdimensioneret. Det vil øge vandets opholdstid i bassinet, hvilket er en positiv ting, da det bevirker at der er en øget rensning af vandet. Det kunne af den grund være en løsning at drosle udløbsvandføringen til bækken.

For at begrænse opvarmningen af bassinet kan der plantes træer eller på anden måde skabes skygge ved bassinet for at begrænse solindstrålingen.

Bækken er meget temperatur påvirket en del af grunden er at den på et tidspunkt er blevet udrettet og nedgravet i området for at øge vandføringen. Bækken ligger i en åben rende, hvor vejret påvirker vandtemperaturen, det hæver ikke temperaturen til de målte 17-20°C. For hvis vandløbet havde været upåvirket af regnvandsudledninger skulle temperaturen ligge på omkring 14°C.

Undersøgelserne viser at Mødholt Bæk er påvirket af regnbetingede udløb, der hæver vandstanden og temperaturen i sommerhalvåret. Der er et regnbetinget udløb i Vodskov der påvirker Mødholt Bæk ved regnvejr at temperaturen før udløbet fra regnvandsbassin 302,9 er højere end temperaturen nedstrøms fra bassinet. For at løse problemerne med termisk

forurening af bækken, skal kilden til den termiske forurening opstrøms udløbet fra regnvandsbassin 302,9 lokaliseres og den hydrauliske og termiske belastning herfra begrænses.

Temperaturen i bækken påvirker ligesom i bassinet flora og faunaen. Den øgede temperatur og at Mødholt bæk er meget lysåben betyder at der er en stor plantevækst. Derfor er ilt niveauet påvirket af planternes fotosyntese og respiration.

Udledningen af tungmetaller fra bassinet påvirker bækken negativt, da det kan skabe deformiteter på de dyr der lever nedstrøms udledningen fra bassinet. Derfor er det ikke kun de termiske og de hydrauliske problemer der skal tages hensyn til, hvis forholdene i bækken skal forbedres.

Der er konstateret problemer med den økologiske tilstand nedstrøms Mødholt Bæk, vil en forbedring i bækken have en positiv effekt på hele vandløbssystemet.

For at løse problemerne med termisk forurening af Mødholt Bæk, skal den hydrauliske belastning fra regnbetingede udløb begrænses, dette vil have en positiv effekt på bækken, da der er en sammenhæng mellem hydraulisk og termisk forurening.

Konklusion

Termisk forurening af vandmiljøet er et problem, da det ændre levevilkårene for faunaen i bassinet og bækken. Temperatursvingninger i vandmiljøet kan fører til en ensartet biodiversitet.

Fisk har samme temperatur som det omgivende vand og kan få et varme chok ved pludselige temperaturændringer. Vandtemperaturen påvirker iltniveauet i vandet, da en højere temperatur sænker optagelsen af ilt.

Floraen trives med en øget temperatur. Algeopblomstringen i bassinet er stor og de høje temperaturer kan medfører, at der sker en opblomstring af blågrønne alger.

Den store plantevækst i bassinet kan skabe en overmætning af ilt ved fotosyntese om dagen og bruge alt ilt om natten til respiration.

Målingerne fra loggerne i midten af regnvandsbassinets 2 ender viser at der ved tørvejr i sommermånederne er en lettere lagdeling af vandet, da der er temperatur forskel fra øverste til nederste måler på over 5°C.

Udløbstemperaturen fra bassinet i august måned svinger mellem 20°C i tørvejr og 14°C i regnvejr. Mens indløbstemperaturen svinger mellem 17°C under regn til 14°C i tørvejr.

Udløbsvandføringen er ikke droslet fra bassinet. Beregningerne viser at der i efteråret har været en udledning på omkring 14 l/s, der er omkring det dobbelt af hvad Vandplan 1.2 Limfjorden angiver. Udløbet fra bassinet skal derfor drosles for at overholde de gældende regler.

Temperaturerne i regnvandsbassin 302,9 kan blive høje hen over sommeren og nå temperaturer på 28°C til 30°C, i den målte periode.

Regnvandsbassin 302,9 er termisk belastet og udleder vand med høje temperaturer til Mødholt Bæk, dette øger temperaturen i bækken nedstrøms udløbet i tørvejr, hvor det udledte vand kommer fra den øverste del af bassinet. Ved regnhændelser er temperaturen i bækken påvirket af en udledning opstrøms udledningen fra bassinet. Den temperaturpåvirkning hæver temperaturen i bækken så meget, at den øgede udledning fra regnvandsbassinet ikke har nogen termisk betydning.

Regnvandsbassin 302,9 er termisk forurenet om sommeren grundet den lave vanddybde og den høje temperatur. Som følge af de høje temperaturer i bassinet bliver recipienten Mødholt Bæk termisk påvirket. For at forbedre forholdene i bækken skal den hydrauliske og den termiske belastning af vandløbet nedsættes fra bassinet.

Litteratur

- Aalborg Kommune (2008). *Spildevandsplan 2008-2019*.
- Alabaster, J., Lloyd, R., Food og of the United Nations, A. O. (1982). *Water quality criteria for freshwater fish*. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Butterworths.
- Bentzen, T. R. og Thorndahl, S. (2004). Numerisk modellering af vand- og stoftransport ved afvanding af motorveje. Rapport.
- Brorsen, M. og Larsen, T. (2007). *Lærebog i Hydraulik*. Nr. ISBN 978-87-7307-691-0. Aalborg Universitetsforlag.
- Carl, H. og Møller, P. R. (2012). *Atlas over danske ferskvandsfisk*. Statens Naturhistoriske Museum.
- DTU Aqua (2012). Fiskepleje.dk.
- Gianniou, S. og Antonopoulos, V. (2007). Evaporation and energy budget in lake vegoritis, greece. *Journal of Hydrology*, 345(3-4):212-223.
- Katyal, T. (1989). *Environmental Pollution*. Anmol Publications.
- Krak (Forår 2012). Kort.
- Miljøstyrelsen (2011). *Vandplan Hovedvandopland 1.2 Limfjorden*. URL: http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/EC92C76F-1D39-441E-B83D-BE91CB05A2D3/0/1_2_Limfjorden_dec_2011.pdf. Godkendt den 22-12-11.
- Onset (2006). U20 waterlevel logger sensor location.
- Sand-Jensen, K. og Lindegaard, C. (2008). *Ferskvands økologi*. Nr. ISBN 978-87-02-02921-5. Gyldendal.
- Simon, T. P. (2002). *Biological Response Signatures: Indicator Patterns Using Aquatic Communities*. Nr. eBook ISBN: 978-1-4200-4145-3. CRC Press.
- Vollertsen, J., Nielsen, A., Rasmussen, M. og Hvitved-Jacobsen, T. (2006). Våde regnvandsbassiner. *Mikroben*, 14(34):4-9.
- Winther, L., Linde, J. J., Jensen, H. T., Mathiasen, L. L. og Johansen, N. B. (2006). *Afløbsteknik*. Polyteknisk Forlag. ISBN: 87-502-0975-2.

