

## WDP brugervejledning – version 1.01

Modellen WDP (Wet Detention Pond) beregner stoffjernelse i våde regnvandsbassiner ud fra historiske regnserier. Modellen kan endvidere regne på nedsivningsbassiner, dog beregner den ikke vandkvaliteten af det nedsivede vand, da stoffjernelse under nedsivning af regnvand kun er dårligt kendt.

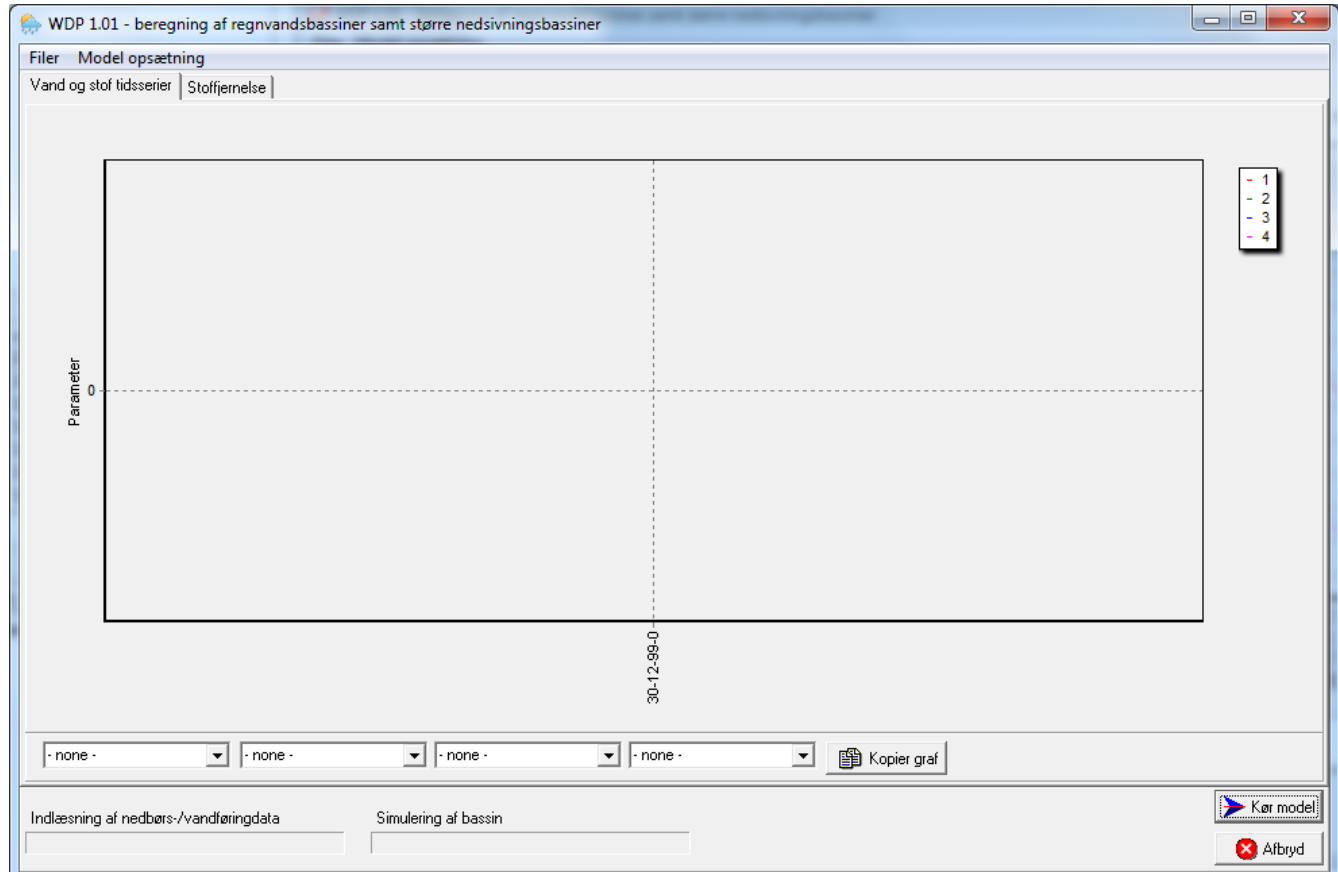
Modellen er udarbejdet af Jes Vollertsen, Aalborg Universitet som et led i projektet ”Teknologier til håndtering og rensning af separat regnvand”, støttet af Miljøstyrelsens program ”tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi”, Naturstyrelsen. I projektet deltog fra Aalborg Universitet: Jes Vollertsen, Thorkild Hvitved-Jacobsen, Asbjørn Haaning Nielsen. Fra Orbicon A/S deltog Søren Gabriel. Fra Teknologisk Institut deltog Inge Faldager. Fra Danmarks Tekniske Universitet deltog Karsten Arnbjerg-Nielsen.

Der er ingen licensbetingelser knyttet til brug af programmet.

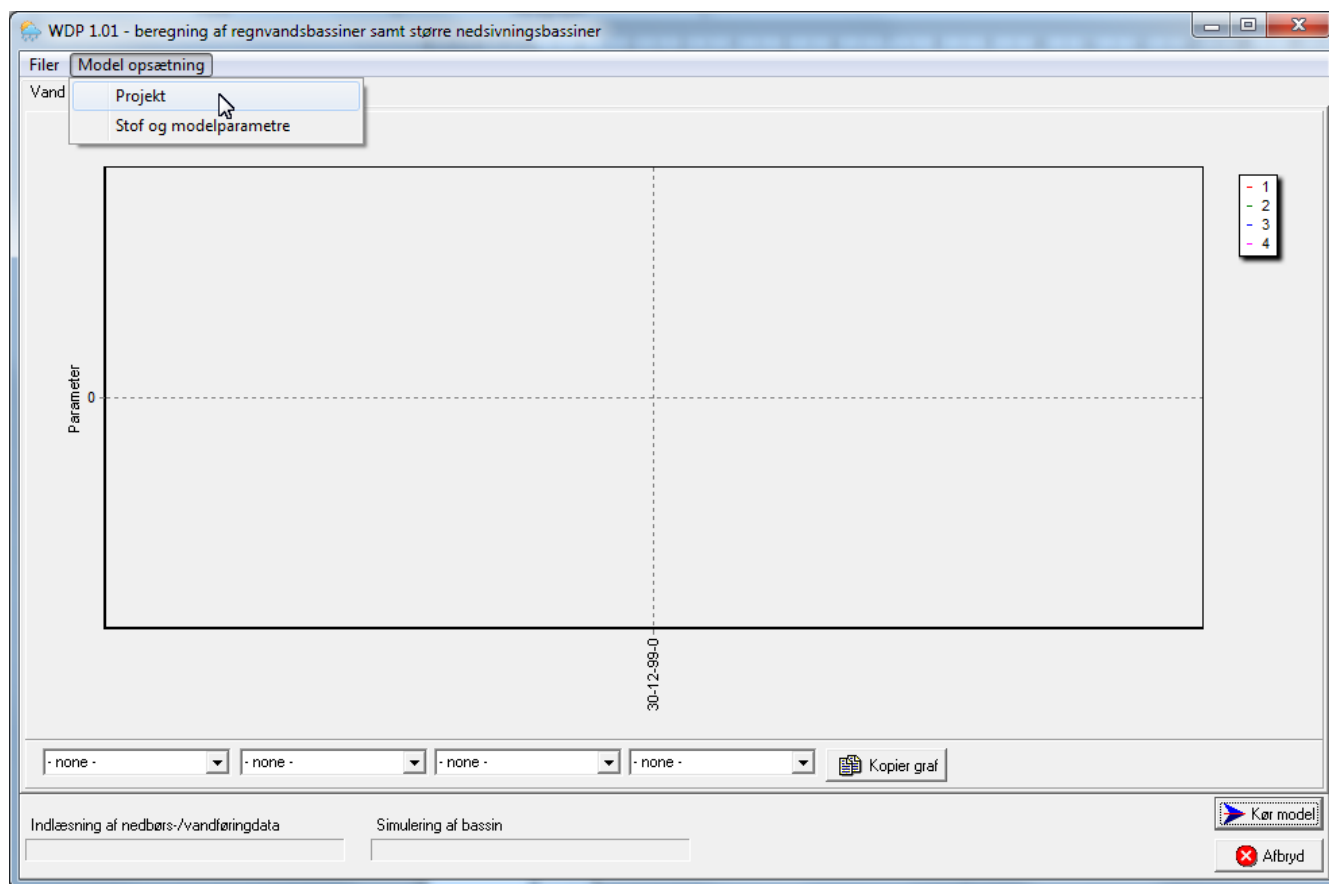
Brug af programmet er for egen regning og risiko, og der kan ikke forventes egentlig brugersupport. Dog kan henvendelse omkring forslag til forbedringer eller problemer med brug af programmet sendes til Jes Vollertsen på [jv@civil.aau.dk](mailto:jv@civil.aau.dk). Hvis der kommer tilstrækkelig med henvendelser om denne eller hine forbedringer af programmet, så vil der blive set på det, og en ny version lanceret.

## At komme i gang

Det første man ser når man åbner programmet er nedenstående skærbillede



Start med at trykke på "Model opsætning", hvorefter følgende billede kommer frem



Tryk på "Projekt", og følgende input form kommer frem:

WDP 1.01 - setup af bassinparametre

Vælg/opret projekt C:\Users\jes\Documents\My Delphi programs\Vådt regnvandsbassin, SVK\Mit Våde Bassin.prj

**Nedbør og opland / indløbsvandføring**

Vælg indløbsfil C:\Users\jes\Documents\My Delphi programs\Vådt regnvandsbassin, SVK\regn29041.txt

Vælg udfaldsfil KMD-2 C:\Users\jes\Documents\My Delphi programs\Vådt regnvandsbassin, SVK\udfald29041.txt

Undlad brug af udfaldsfil

Oplandsareal, red. ha	10,0
Afstrømningstid (max), sekunder	1200
Initialtab, mm	0,80

Valg af andre ind- og udløb

Inkluder fordampning

Inkluder basisvandføring

Inkluder udsivning fra bassin

Valg af inddata type

Regndata i KMD-2 format (SVK regmålere)

Tidsserie af tilløbsvandføring

**Bassinets størrelse og geometri**

Bundskote [m]	0,00
Udløbskote [m]	1,00
Overløbskote [m]	1,50
Skråningsanlæg [m:m]	1:5,0

Bassin geometri

Elipseformet

Cirkulær

Rektangulær

Andet (udfyld tabel)

Primær akse [m]	Sekundær akse [m]
110,0	30,0

Angiv bassinets to diametre i vandoverfladen - altså ved udløbskoten

Bassinets permanent våde volumen er: 2068 m<sup>3</sup>

Bassinets forsinkelsesvolumen er: 1437 m<sup>3</sup>

Bassinets plane bundareal er: 1571 m<sup>2</sup>

**Bassinets udløbsforhold**

Udløb

Konstant udløbsflow

Q - H relation

Udløbsformel  $Q = a \cdot Y^n$

Nedsivning - konstant rate

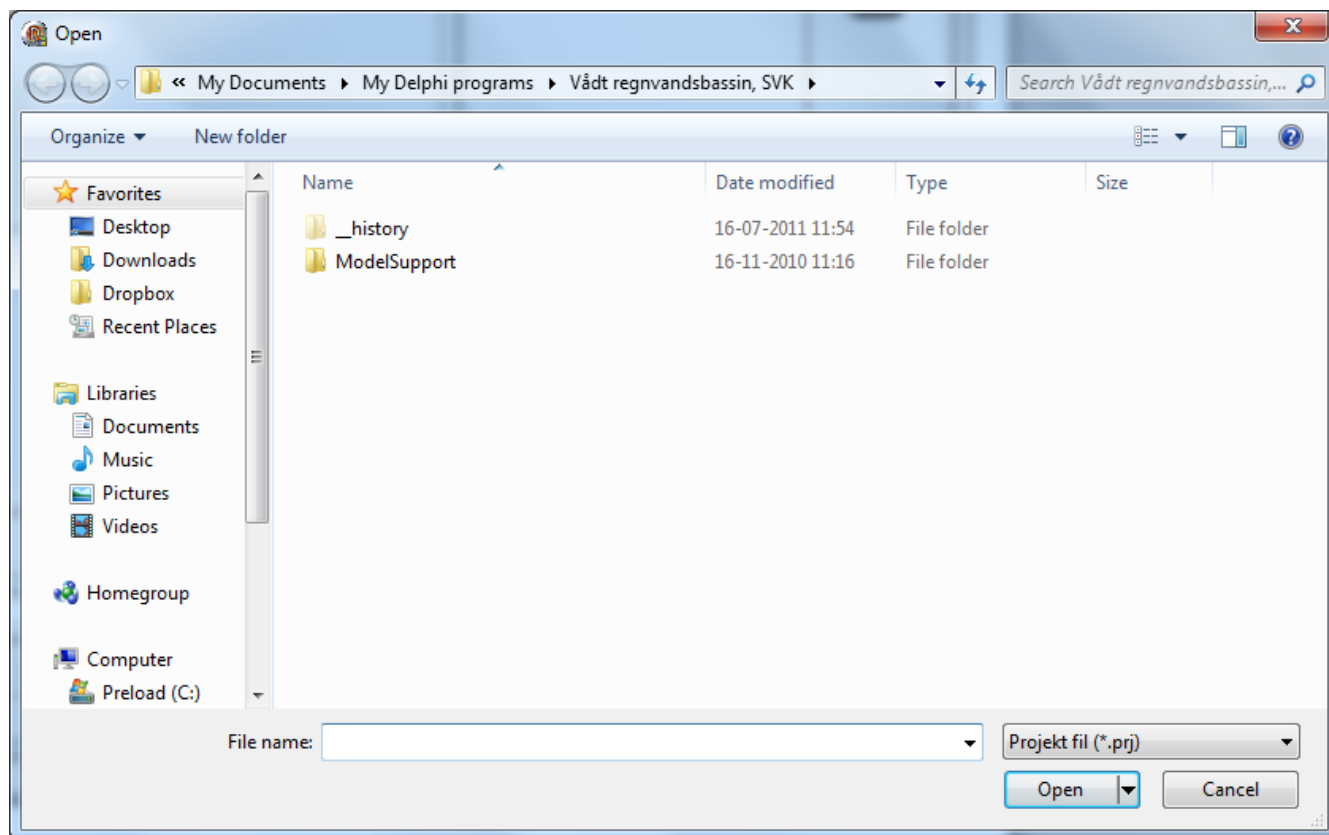
Nedsivning - niveaustyret rate

Konstant udløbsvandføring [L/s] 25,0

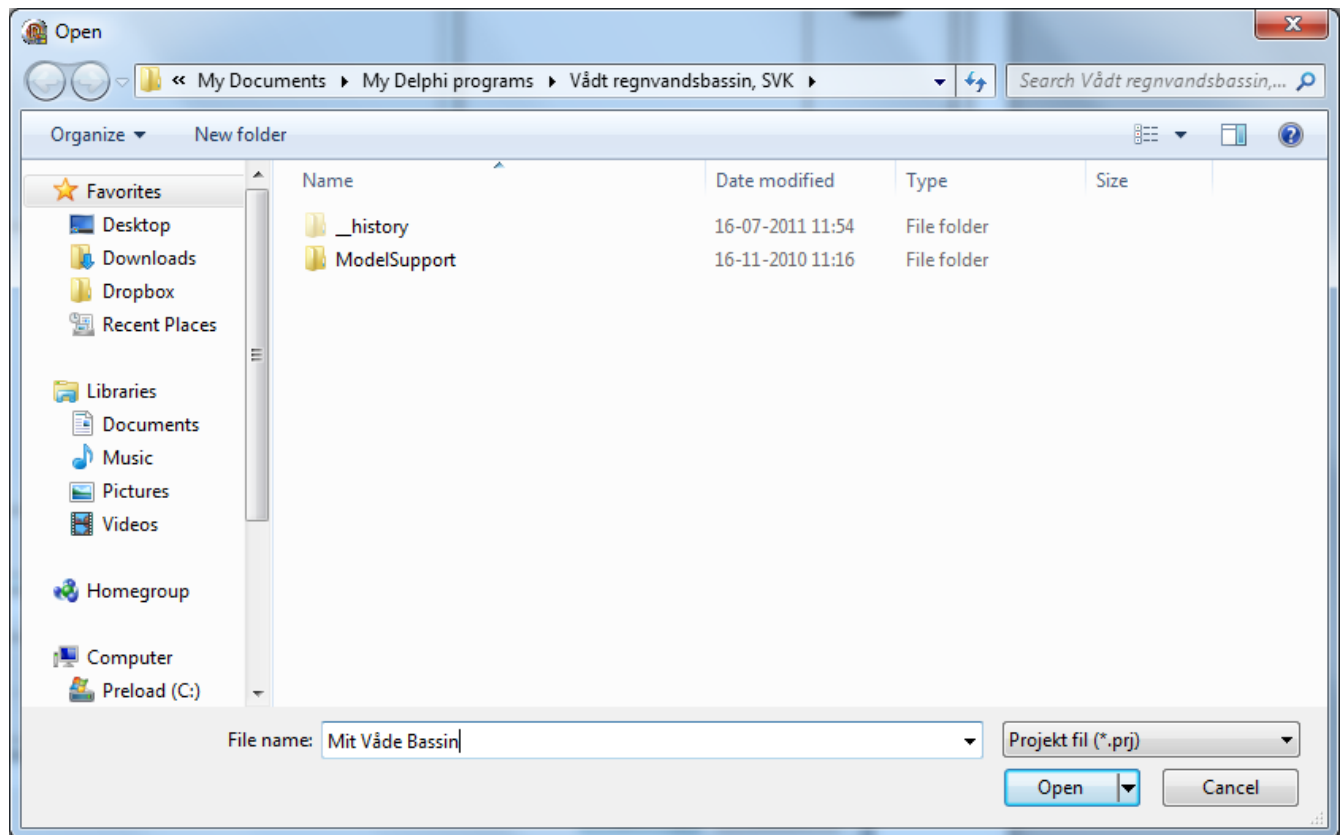
Reset

Cancel OK

Det første der gøres er at vælge/oprette et projekt. Når der trykkes på knappen "Vælg/opret projekt" kommer en standard windows input dialog boks frem, fx:



Skriv navnet på projektet du ønsker at oprette, fx "Mit Våde Bassin" og tryk "Open" (eller "Åben, eller hvad der nu står).



Nu ser input formen ud som følger:

WDP 1.01 - setup af bassinparametre

Vælg/opret projekt: C:\Users\Jes\Documents\My Delphi programs\Våd regnvandsbassin, SVK\Mit våde bassin.prj

**Nedbør og opland / indløbsvandføring**

Vælg indløbsfil: Vælg en fil med inflow data. Denne fil SKAL vælges

Vælg udfaldsfil KMD-2: Vælg fil for udfald på måler. Perioder med udfald bliver så sprunget over. Undlades filen bliver der i regnserie med store huller fejl i visse beregninger

Undlad brug af udfaldsfil

Valg af inddata type

- Regndata i KMD-2 format (SVK regnmålere)
- Tidsserie af tilløbsvandføring

Oplandsareal, red. ha	10,0
Afstrømningstid (max), sekunder	1200
Initialtab, mm	0,80

Valg af andre ind- og udløb

- Inkluder fordampning
- Inkluder basisvandføring
- Inkluder udsivning fra bassin

**Bassinets størrelse og geometri**

Bundskote [m]	0,00
Udløbskote [m]	1,00
Overløbskote [m]	1,50
Skråningsanlæg [m:m]	1:5,0

Bassin geometri

- Elipseformet
- Cirkulær
- Rektangulær
- Andet (udfyld tabel)

Primær akse [m]	Sekundær akse [m]
110,0	30,0

Angiv bassinets to diametre i vandoverfladen - altså ved udløbskoten

Bassinets permanent våde volumen er: 2068 m<sup>3</sup>  
 Bassinets forsinkelsesvolumen er: 1437 m<sup>3</sup>  
 Bassinets plane bundareal er: 1571 m<sup>2</sup>

**Bassinets udløbsforhold**

Udløb

- Konstant udløbsflow
- Q - H relation
- Udløbsformel  $Q = a \cdot Y^n$
- Nedsivning - konstant rate
- Nedsivning - niveaustyret rate

Konstant udløbsvandføring [L/s]: 25,0

Reset Cancel OK

Næste skridt er at vælge en input fil. Der kan her enten vælges en input fil som regndata i KMD-2 format (altså regndata fra Spildevandskomiteens regnmålere), eller der kan vælges en tidsserie af tilløbsvandføring. Vælges en KMD-2 fil, så benytter programmet informationerne "Oplandsareal", "Afstrømningstid" samt "Initialtab" til at beregne en tilløbshydrograf ud fra en simpel tid-areal metode. Vælges "Tidsserie af tilløbsvandføring", så ignoreres "Oplandsareal", "Afstrømningstid" samt "Initialtab" da disse parametre jo allerede indgår i beregningen af tidsserien for tilløbsvandføringen.

Data i dette format kan hentes på DMI's hjemmeside, der kræves dog abonnement for at kunne tilgå systemets data ([http://www.dmi.dk/dmi/index/erhverv/spildevandskomiteens\\_regnmaalersystem.htm](http://www.dmi.dk/dmi/index/erhverv/spildevandskomiteens_regnmaalersystem.htm)). Der vælges på hjemmesiden data i format "Hændelser intensitet i KM2 tekstfilformat (kun godkendte hændelser)"

Skærbilledet på hjemmesiden ser ud som følger:

Bestilling af SVK-data

svkweb.dmi.dk/klima/svk/bestilling.html

Videnskab.dk - Nyh... Stormwater Practical Informatio... Første Studieår ved ...

## Bestilling af SVK-data

DMI skifter stationsnumre for SVK stationer ca. 1. april 2011.  
For mere info se [PDF](#)

Indtast oplysninger til den ønskede forespørgsel i nedenstående felter.  
Klik her [HJÆLP](#) hvis du ønsker vejledning.

Brugernavn (Virksomhedens brugernavn)

Stationer (Stationsliste eller interval).  
 [Se stationsoversigt og stationsbilleder](#)

Angiv den periode der ønskes data fra:

Vælg starttidspunkt  
År  måned  dag  time

Vælg sluttidspunkt  
År  måned  dag  time

Formatet som data'erne hentes hjem i ser ud som følger:

```

1 20090206 0848 20456 35 1 0.4 2 s
  3.333 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098
  0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098
  0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098 0.098
1 20090207 1340 20456 46 1 1.6 2 s
  3.333 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222
  0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222 0.222
  0.556 0.556 1.667 1.667 1.111 1.111 1.111 3.333 0.667 0.667 0.667 0.667
  0.667 0.667 0.667 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256
  0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256 0.256
1 20090209 0355 20456 13 1 0.8 2 s
  3.333 1.111 1.111 1.111 1.111 1.667 1.667 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476
  0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476 0.476

```

Den downloadede indløbsfil vælges nu på listen over filer.

Da der normalt er huller i regnserier, bør man ligeledes vælge en fil for udfald i regnserien. Dette gøres på samme hjemmeside, og samme menu, men i stedet vælge "Perioder med ikke godkendte data samt nedlukning af stationen".

Den downloadede udfaldsfil vælges nu på listen over filer, og skærmbillet ser derpå ud som følger

WDP 1.01 - setup af bassinparametre

Vælg/opret projekt C:\Users\Jes\Documents\My Delphi programs\Vådt regnvandsbassin, SVK\Mit våde bassin.prj

**Nedbør og opland / indløbsvandføring**

Vælg indløbsfil C:\Users\Jes\Documents\My Delphi programs\Vådt regnvandsbassin, SVK\20111118102126ag0.txt

Vælg udfaldsfil KMD-2 C:\Users\Jes\Documents\My Delphi programs\Vådt regnvandsbassin, SVK\2011111810223400.txt

Undlad brug af udfaldsfil

Oplandsareal, red. ha	10,0
Afstørningstid (max), sekunder	1200
Initialtab, mm	0,80

Valg af andre ind- og udløb

Inkluder fordampning

Inkluder basisvandføring

Inkluder udsivning fra bassin

Valg af inddata type

Regndata i KMD-2 format (SVK regmålere)

Tidsserie af tilløbsvandføring

**Bassinets størrelse og geometri**

Bundskote [m]	0,00
Udløbskote [m]	1,00
Overløbskote [m]	1,50
Skråningsanlæg [m:m]	1:5,0

Bassin geometri

Elipseformet

Cirkulær

Rektangulær

Andet (udfyld tabel)

Primær akse [m]	Sekundær akse [m]
110,0	30,0

Angiv bassinets to diametre i vandoverfladen - altså ved udløbskoten

Bassinets permanent våde volumen er: 2068 m3

Bassinets forsinkelsesvolumen er: 1437 m3

Bassinets plane bundareal er: 1571 m2

**Bassinets udløbsforhold**

Udløb

Konstant udløbsflow

Q - H relation

Udløbsformel  $Q = a \cdot Y^n$

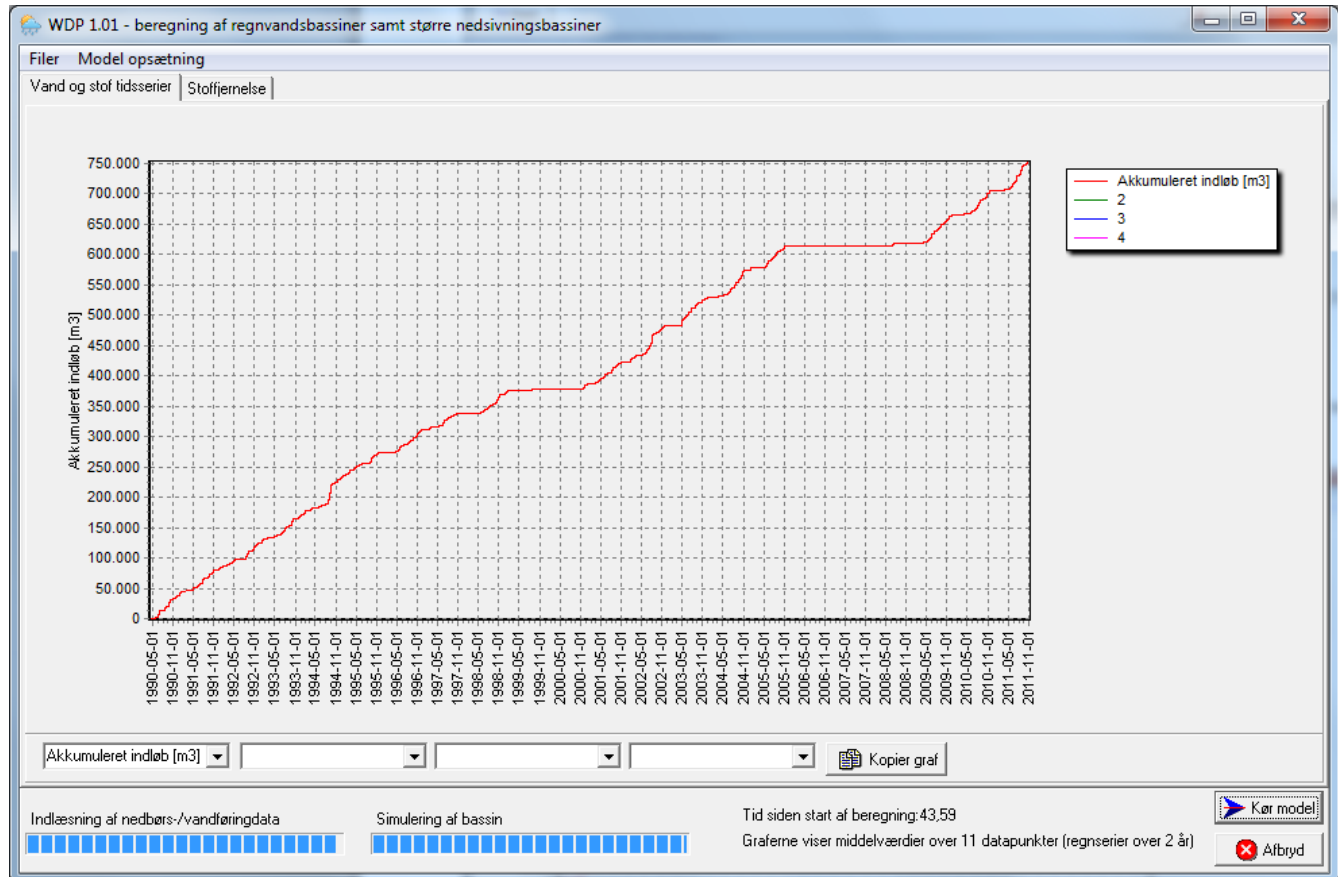
Nedsivning - konstant rate

Nedsivning - niveaustyret rate

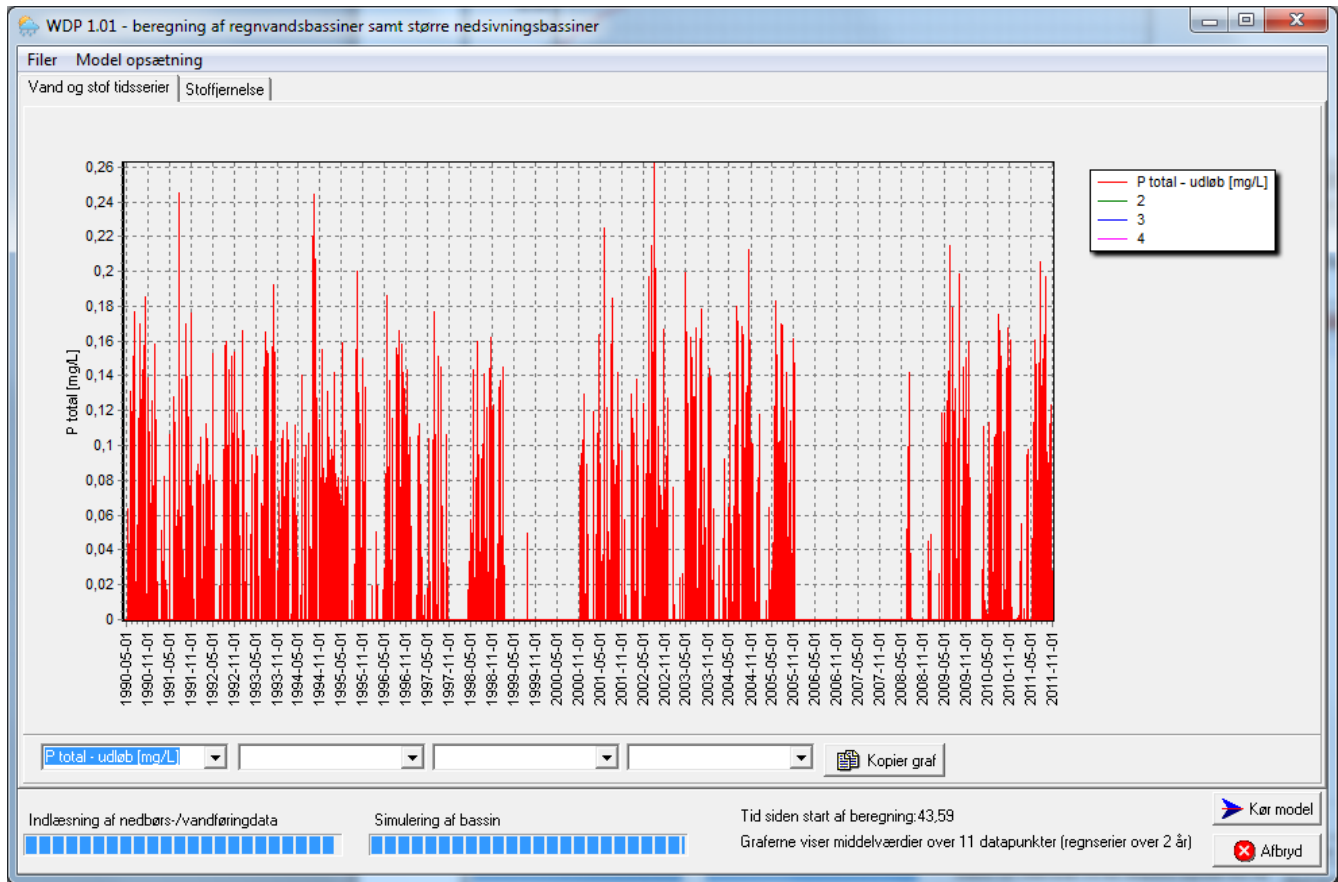
Konstant udløbsvandføring [L/s] 25,0

Reset Cancel OK

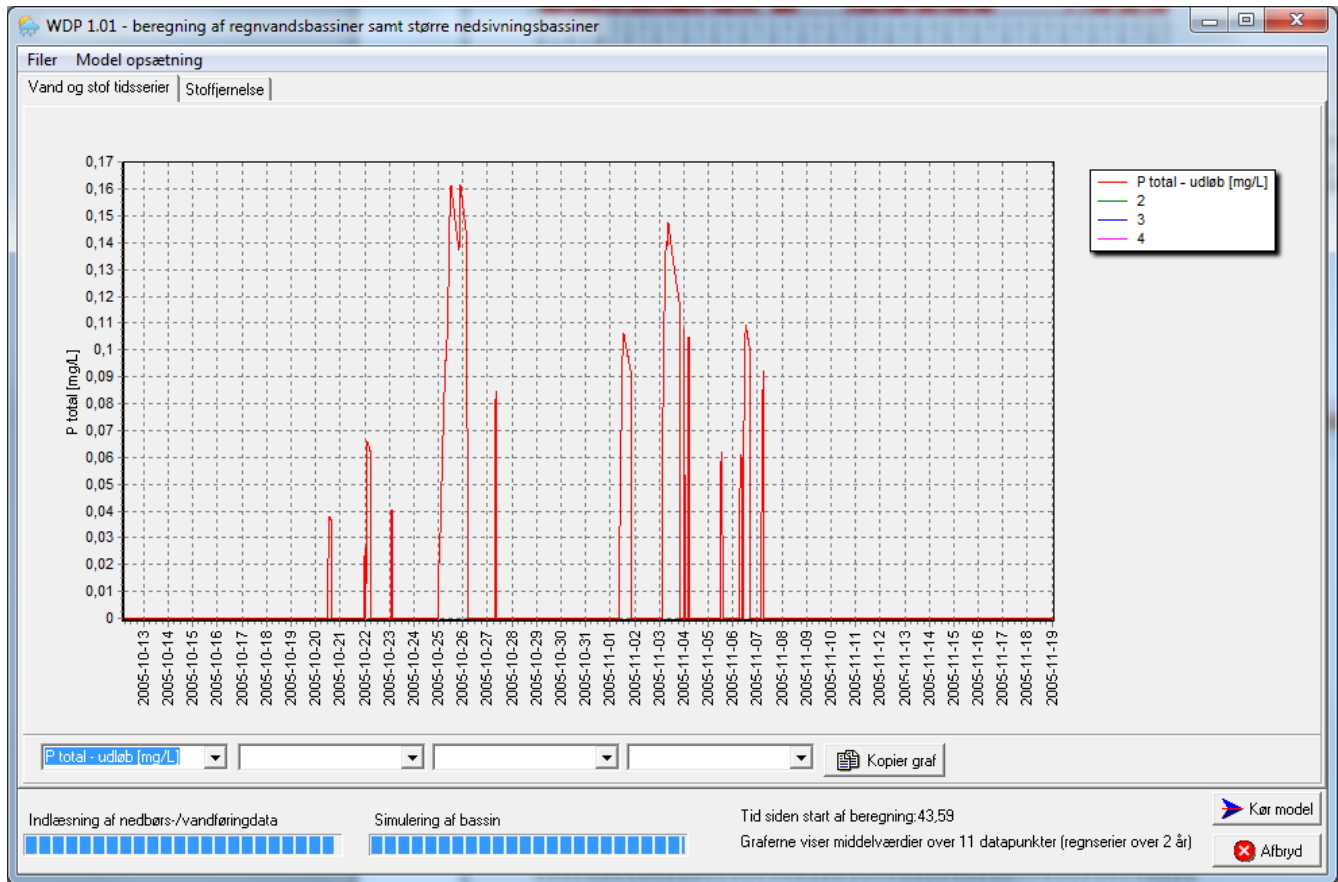
Programmet er nu klar til at køre. Dette sker ved først at lukke input formen ved at trykke på OK, og så at trykke "Kør Model". Efter et stykke tid er programmet færdig med at regne, og nedenstående billede kommer frem. Beregningstiden for et vådt regnvandsbassin er i størrelsesorden 1 minut for en 30-års regnserie. I løbet af beregningstiden regner programmet stoffjernelse i regnvandsbassinet med en tidsopløsning på 1 minut.



Trykkes på menuen under grafen til venstre, fås en liste over hvad der kan vises på grafen. Vælg fx total fosfor:

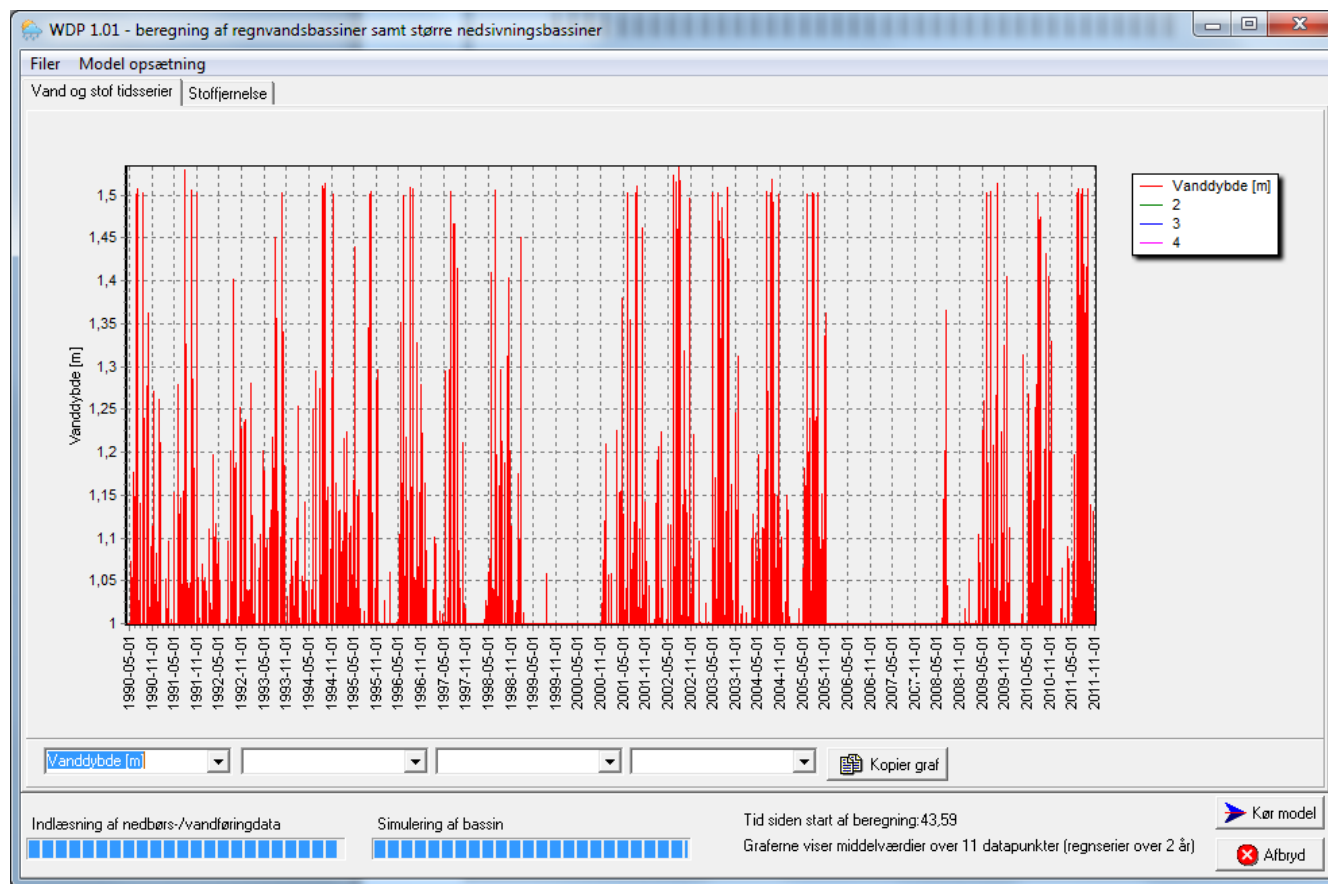


Denne graf viser tidsvariationen i fosfor i udløbet fra bassinet. Prøv at zoome ind på grafen (ved at markere et område med musens venstre knap), fx:

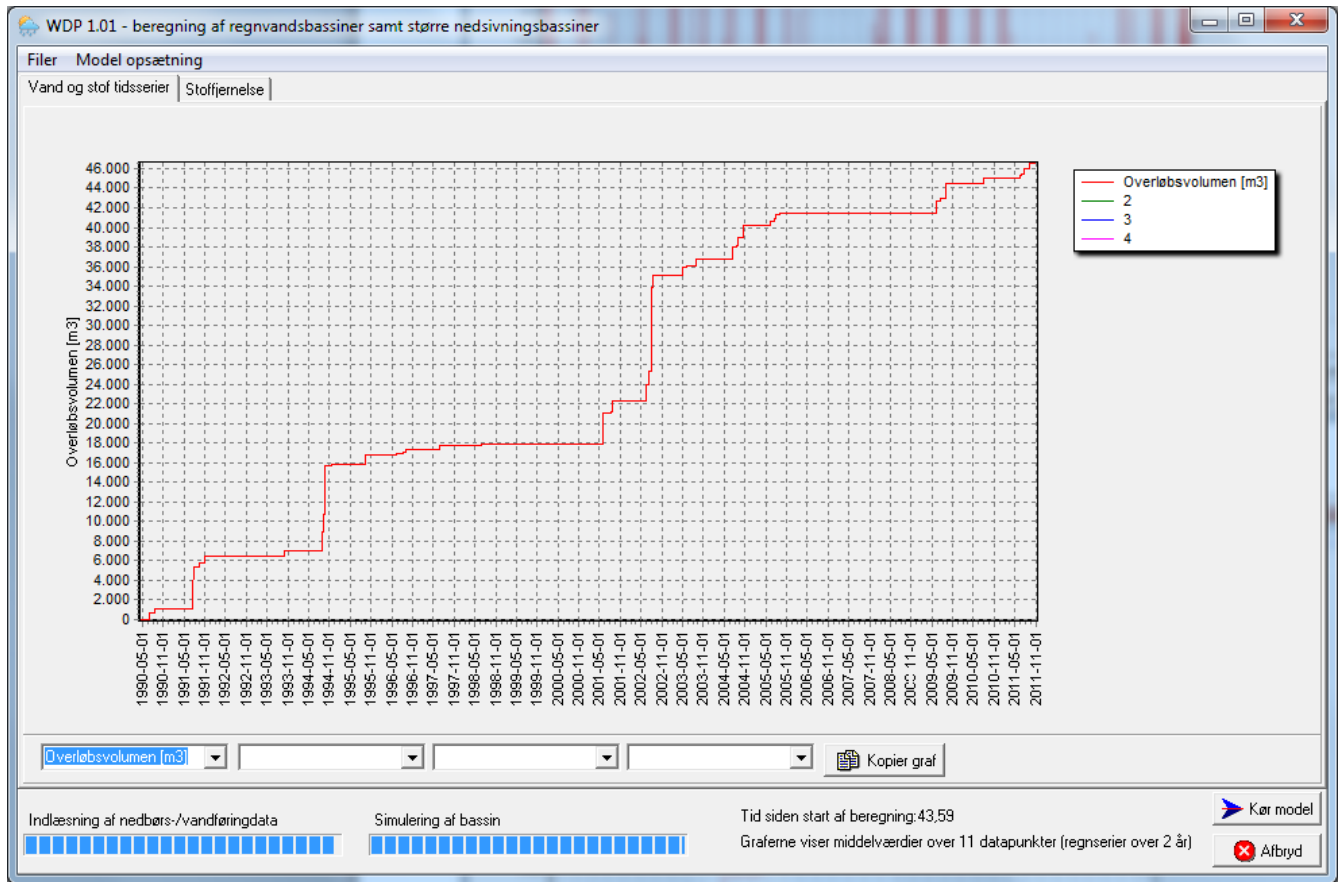


Her ses så hvad det simulerede total-fosfor indhold var i udøbsvandet under de enkelte hændelser.

Man kan også se på hydrauliske forhold, fx antal af overløb (ses i nedenstående figur niveau over 1,5 m)



Eller på den akkumulerede overløbsmængde:



Vil man gerne se detaljer omkring stoffjernelse og antal overløb trykker man på fanebladet "Stoffjernelse", og følgende billede kommer frem:

WDP 1.01 - beregning af regnvandsbassiner samt større nedslivningsbassiner

Filer Model opsætning

Vand og stof tidsserier Stoffjernelse

	SS	P total	PAH total	Olje/fedt	Pb total	Cd total	Cu total	Zn total	N total	P opløst
	[kg]	[kg]	[g]	[kg]	[g]	[g]	[g]	[g]	[kg]	[kg]
Masse af stof i indløb	45068,49	225,34	375,57	1126,71	11267,12	75,11	15022,83	112671,22	2253,42	150,23
Masse af stof i udløb	12069,69	84,79	90,24	270,73	3457,89	39,44	5369,88	38524,98	1582,64	56,53
Masse fjernet	32998,80	140,55	285,33	855,98	7809,23	35,68	9652,95	74146,24	670,79	93,70

	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Fjernelsesgrad	73,2	62,4	76,0	76,0	69,3	47,5	64,3	65,8	29,8	62,4

	[g/m3]	[g/m3]	[mg/m3]	[g/m3]	[mg/m3]	[mg/m3]	[mg/m3]	[mg/m3]	[g/m3]	[g/m3]
Middel indløbskoncentration	60,000	0,300	0,500	1,500	15,000	0,100	20,000	150,000	3,000	0,200
Middel udløbskoncentration	16,068	0,113	0,120	0,360	4,604	0,053	7,149	51,289	2,107	0,075

	Vand
	[m3]
Akkumuleret indløb	751141,5
Akkumuleret udløb	704595,3
Akkumuleret overløb	46546,1
Akkumuleret basisvandføring	0,0
Akkumuleret fordampning	0,0
Akkumuleret udsvivning	0,0

Antal overløb ved "tid mellem overløb" på 6 timer	52
Gentagelsesperiode for overløb (T, regnet i år)	0,35

Exporter data

Indlæsning af nedbørs-/vandføringsdata  Simulering af bassin  Tid siden start af beregning: 45,62

Graferne viser middelværdier over 11 datapunkter (regnsrserier over 2 år)

Kør model Afbrud

Man ser bl.a. hvor mange overløb der var i perioden, samt disses gentagelsesperiode. Bemærk at for at kunne definere et overløb, skal man på forhånd have besluttet sig til hvilken tid der skal være mellem to overløb for at man betragter dem som individuelle overløb. Her er default værdien sat til 6 timer. I menupunktet "Model opsætning -> Stof og modelparametre" kan man ændre denne default værdi.

## Regnsrseriens varighed

Som man kan se af ovenstående figurer for stof og vand, er der udfald i regnsrserien. Længden af regnsrserien og den samlede varighed af udfald kan ses ved at vælge menupunktet "Filer -> Samlet varighed af regnsrserie". Her kommer følgende billede frem:

WDP

Den samlede varighed af regnsrserien var 21,536. Det samlede udfald i serien udgør 3,244 år. Dermed bliver den samlede valide længde 18,292

OK

Benyttes der regnsrserier med lange udfald så er det væsentligt at der er valgt en fil for udfald af regnmåleren for at få troværdige beregninger, såvel for stoffjernelse som for gentagelsesperioder.

## Ændre standard parametre

De ovenfor viste beregninger blev udført med en standard opsætning. Man kan selvfølgelig ændre på en lang række forhold så som oplandsareal, bassingeometri, om der skal medtages fordampning, basisvandføring, udsivning, samt hvordan bassinets udløbsforhold er skruet sammen. Dette gøres i "Model opsætning" menuen som også vist tidligere.

Stofsammensætningen i tilløbet til bassinet samt raten af fordampning, basisvandføring, udsivning afhængig af årstiden, kan ændres ved at vælge "Model opsætning -> Stof og modelparametre". Der kommer nu følgende input form frem:

WDP 1.01 - setup af stofparametre

### Stofparametre

Stof	Enhed	Indløbskonc.	Ratekonstant	Basisvandkonc.
SS	mg/L	60	1,5	0
P total	mg/L	0,3	0,5	0,03
PAH total	µg/L	0,5	2	0
Olje/fedt	mg/L	1,5	2	0
Pb total	µg/L	15	1	0,1
Cd total	µg/L	0,1	0,15	0,01
Cu total	µg/L	20	0,6	0,5
Zn total	µg/L	150	0,7	5
N total	mg/L	3	0,05	5
P opløst	mg/L	0,2	0,5	0,02

Modellen regner med konstant sammensætning af indløbsvandet til bassinet. Det er fravalgt at lave tidsvariabel belastning, da denne er vanskelig at forudsige med nogen sikkerhed. Er der et brændende ønske om at lave tidsvarieret tilløbskvalitet, så meld tilbage - kommer der nok henvendelser, så ser vi på det også....

Default koncentrationerne i indløbet bør justeres alt efter den tilgængelige viden om oplandets beskaffenhed. Default koncentrationerne i basis vandføringen er et groft estimat baseret på dansk grundvandskvalitet samt diverse litteratur. Om muligt bør der foreligge målinger af basisvands kvalitet når dette medtages i modeleringen af stoffjernelse.

Tiden der adskiller to overløb, når disses antal tælles (timer)

### Basisvandføring

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Basisvandføring [L/s]	1,5	1	1	0,5	0,5	0	0	0	1	1,5	2	2

### Udsivning

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Exfiltration [mm/dg]	0	0	0	1	2	2	2	2	2	1	0	0

### Fordampning

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Evaporation [mm/dg]	0	0	0	1	2	2	3	3	2	1	0	0

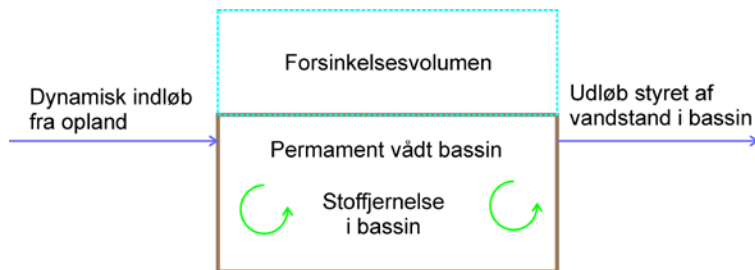
Default værdier

Cancel OK

Modellen regner med konstant sammensætning af indløbsvandet til bassinet. Det er bevidst fravalgt at lave tidsvariabel belastning, da denne er vanskelig at forudsige med rimelig sikkerhed. Er der et brændende ønske om at lave tidsvarieret tilløbskvalitet, så meld tilbage – kommer der nok henvendelser, så ser vi på det.

Modellen regner stoffjernelsen ud efter en simpel 1. ordens fjernelsesligning anvendt på vandet i bassinet:

$$\frac{dC}{dt} = -kC$$



Mere herom findes i teksten "Våde bassiner til rensning af separat regnvand", der også er udarbejdet i projektet Renere teknologi til håndtering og rensning af separat regnvand.

## Bassinets udløbsforhold

Der opereres med fem forskellige udløb fra bassinet:

- Konstant udløbsflow
- Q - H relation
- Udløbsformel  $Q = a Y^n$
- Nedsivning - konstant rate
- Nedsivning - niveaustyret rate

### Konstant udløbsflow

Ved konstant udløbsflow antages at vandføringen ud af bassinet er uafhængig af vandstanden og foregår med konstant flow til niveauet i bassinet når niveauet for det permanente vandspejl.

### Q - H relation

For Q – H relationen angiver man sammenhørende værdier af vandføring og trykniveau over det permanente vandspejl. Ved definering af Q - H relationen angives H dermed som højden over udløbskoten. Første række i tabellen skal derfor altid være [0;0]. Når vanddybden ligger mellem to tabellerede værdier beregnes det faktuelle flow ved lineær interpolation.

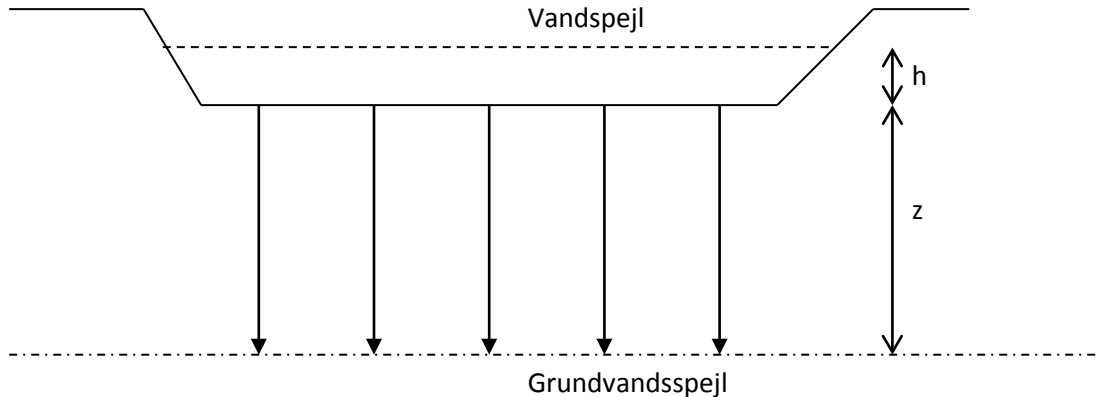
### Udløbsformel

En udløbsformel af typen  $Q = a Y^n$  kan ligeledes anvendes til at angive udløbsvandføringen. Her sættes vanddybden Y ind i meter og vandføringen Q fås ud i L/s. Endvidere skal man angive en maksimal udløbsvandføring, som ikke kan overskrides (vandbremse).

### Konstant nedsivningsrate

Ønsker man at regne på nedsivningsbassiner sker dette ved at ændre udløbsformen til "Nedsivning – konstant rate" eller "Nedsivning – variable rate". Der er forskellige små hjælpetekster der forsøger at guide brugeren gennem beregningerne. Nedenfor findes en kort redegørelse for hvad det to udløbsformer går ud på.

Nedsivning kan beregnes som konstant nedsivningsrate. Antagelsen bag denne beregning er at jorden under bassinet er vandmættet til en dybde der er væsentlig større end vandstanden i bassinet. Endvidere er der langt til grundvandet, og vandstrømmen i jorden foregår dermed lodret ned (Figur 1).



Figur 1 Nedsivning i mættet jord med stor afstand til grundvandsspejl

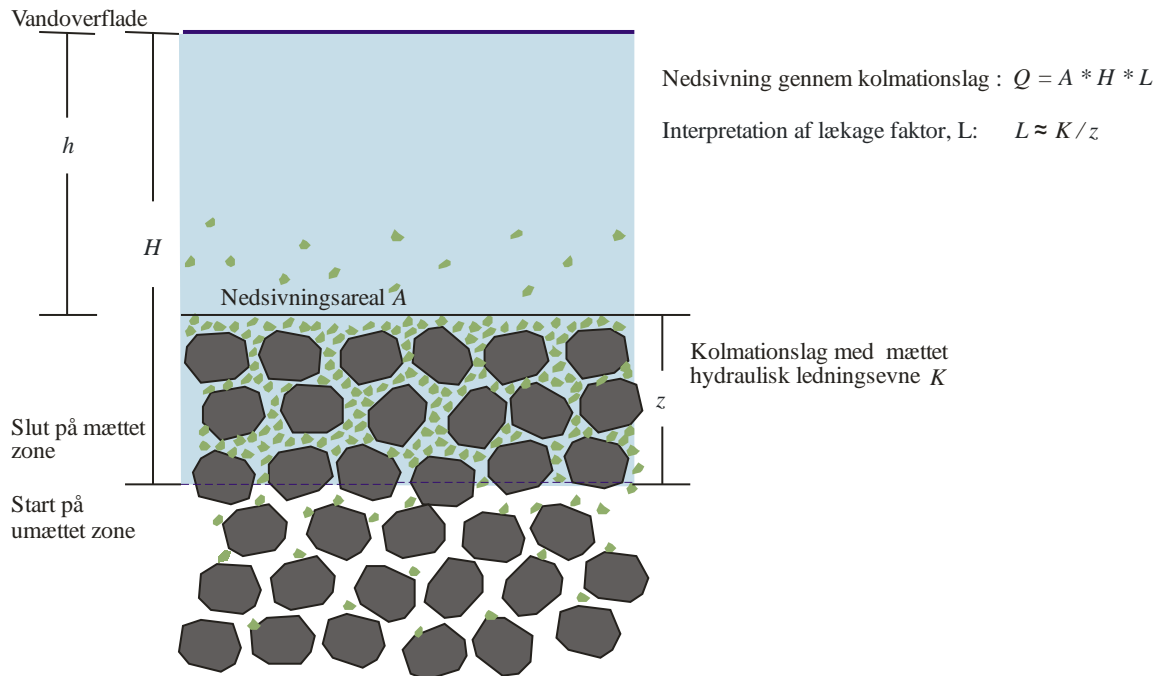
Nedsivningen kan bestemmes ud fra Darcy's lov som siger at flowet gennem en vandmættet jordsøjle er proportional med: Den hydrauliske konduktivitet,  $K$  (m/s); Det areal som nedsivningen sker gennem,  $A$  (m); samt den hydrauliske gradient,  $dH/dz$  (m/m).

$$\text{Darcy's lov: } Q = KA \frac{dH}{dz}$$

I Figur 1 er  $H = h+z$ , og når  $h$  er lille i forhold til  $z$  bliver  $dH/dz \approx 1$ . Dermed bliver vandføringen ud af bassinet konstant og kun afhængig af den hydrauliske konduktivitet og nedsivningsarealet.

### Niveaustyret nedsivningsrate

Har jorden som regnvandet nedsives i en større kornstørrelse end partiklerne i det afstrømmede regnvand, kan en anden tilgang med fordel anvendes. Denne opererer med et tilklogningslag i og på nedsivningsarealet. Når partiklerne der transporteres med regnvandet er finere end den jord som vandet skal sive ned i, trænger disse først et stykke ned i undergrunden, hvor de sætter sig fast og danner en tilklogningzone (kolmationslag). Derpå aflejres der materiale ovenpå selve den oprindelige nedsivningsjord (Figur 2).



Figur 2 Nedsivning af regnvand og dannelse af kolmationslag

Den grovere underjord vil have en højere hydrauliske konduktivitet end det dannede kolmationslag hhv. det aflejrede materiale. Vandet vil altså strømme langsommere gennem dette lag end gennem den underliggende jord. Den begrænsende faktor for nedsivningen bliver dermed ikke længere den underliggende jords hydrauliske konduktivitet, men konduktiviteten af kolmationslaget. Kolmationslaget tykkelse afhænger af den jord som regnvandet siver ned i samt partiklerne i regnvandet. Typisk er det dog relativt tyndt, i størrelsesorden 10 cm. Med andre ord kan man nu simplificere Darcy's lov til  $Q = A H L$ , hvor  $L$  er en konstant, en lækage faktor bestemt af tilklovningslagets tykkelse og hydrauliske konduktivitet.

### Nedsivning

Når der regnes på nedsivningsbassiner skal den beregnede stoffjernelse tages med et stort gran salt, idet de viste tal viser koncentrationer / stofmængder i vandet umiddelbart før det siver ned. Stoffjernelsen der foregår under selve nedsivningen er derfor ikke medtaget. Med andre ord er den virkelige stoffjernelse større (typisk væsentlig større) end de viste tal.