

# Saneringsplanlægning

(Asset management)

**September 2015**

**Sabah Al-Shididi**

## **Indholdsfortegnelse**

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	3
<b>2</b>	<b>Beregning af saneringsindekstal</b>	4
2.1	Fysisk indeks (FI)	5
2.2	Teknisk levetidsindeks (TLI)	5
2.3	Økonomisk levetidsindeks (ØLI)	5
2.4	Hydraulisk indeks (HI)	6
2.4.1	For regnvandsledninger	6
2.4.2	For fælleskloakeret ledninger	7
2.4.3	For separering af fælleskloakerede ledninger til regnvands- og spildevandsledninger	8
2.4.4	For separering af fælleskloakerede ledninger til private LAR og spildevandsledninger	8
2.4.5	For oversvømmelseseliminering under serviceniveauregn	9
2.5	Driftsindeks (DI)	10
2.6	Risikoindeks (RI)	10
2.7	Arealanvendelsesindeks (AI)	11
2.8	Miljøindeks (MI)	11
2.9	Klimatilpasningsindeks (KI)	12
2.10	Budgetindeks (BI)	13
2.11	Værdiindeks (VI)	13
2.12	Vægtning af parametrene	14
<b>3</b>	<b>Logisk vurdering af saneringsindekstal</b>	<b>15</b>
3.1	Metode 1	15
3.2	Metode 2	16
3.3	Metode 3	18
3.4	SI's afvigelse fra FI	19
<b>4</b>	<b>Intelligent Strategisk kloaksanering (ISK)</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Konklusion</b>	<b>21</b>

## 1 Introduktion

Efter ønske fra ledelsen i Hillerød Forsyning på Spildevand A/S og Projektafdeling om at komme med idéer til saneringsplanlægning, skriver undertegnede dette dokument.

Saneringsplanlægning er en vigtig opgave, da den kan skabe overblik som kan hjælpe til at lave planlægning, budgettering og prioritering af saneringsprojekter over flere år.

Ledningsdatabasen som DANDS-databasen er det vigtigste element, som grundlag for en datakilde til at gennemføre en analyse og formulere en prioritering. Andre kilder for data er drift, hydrauliske vurderinger og beregninger, prisoverslagerne for saneringsprojekter, GIS-data, miljøeffekter og -krav, økonomi, m.m.

Prioritering kan vurderes frem gennem et indekstal. I dette dokument foreslås Saneringsindekstal (SI).

De parametre, som tages i betragtning i dette skrift for at beregne SI er FI for fysiskindeks, TLI for teknisk levetidsindeks, ØLI for økonomisk levetidsindeks, HI for hydraulisk indeks, DI for driftsindeks, RI for risikoindeks, AI for arealanvendelsesindeks, MI for miljøindeks, KI for klimatilpasningsindeks, BI for budgetindeks og VI for værdiindeks.

Man skal ikke glemme den politiske parameter, som er en vigtig element til en prioritering foruden sund og fornuft ved en teknisk beslutning. Dette vil blive behandlet i et andet dokument, såfremt ledelsen synes, de skal spille en rolle i saneringsplanlægning.

Andre parametre som kan håndteres efter ønske er for eksempel Indekstal for rotte bekæmpelse, som kræver data for at kan beregne det.

I dette dokument beskrives flere forslag til vurdering af SI som grundlag til prioritering af saneringsprojekter med formål på at skrive en saneringsplan for Hillerød Spildevand A/S.

De forskellige indekstal kan GIS-tematiseres og kombineres for at få overblik. Økonomi kan være en parameter som indekstal eller som en uafhængig vurderingsparameter i fællesskab med SI for udvælgelse af prioritering af saneringsprojekter.

Indeksværdierne er mellem 0 og 10, hvor 0 er udtryk for bedste tilstand og 10 er udtryk for dårligste tilstand. Derfor prioriteten er for laveste SI-værdi.

Saneringsplan bør være en del af en strukturplan eller den kan være i sig selv en strukturplan såfremt sanering fungerer i overensstemmelse med andre projekter.

Idéerne i dette dokument er skrevet med henblik på en intern diskussion.

## 2 Beregning af saneringsindekstal

Saneringsindeks er et indekstal til prioritering af saneringsprojekter, som kan beregnes iht. nedenstående formel, som beskriver forskellige parametre med forskellige vægtning. I dette skrift foreslås følgende formel:

$$SI = \frac{f \cdot FI + t \cdot TLI + \emptyset \cdot \emptyset LI + h \cdot HI + d \cdot DI + r \cdot RI + a \cdot AI + m \cdot MI + k \cdot KI + b \cdot BI + v \cdot VI}{11}$$

hvor

SI er saneringsindeks.

FI er fysiskindeks.

TLI er teknisk levetidsindeks.

ØLI er økonomisk levetidsindeks.

HI er hydraulisk indeks.

DI er driftsindeks.

RI er risikoindeks.

AI er arealanvendelsesindeks.

MI er miljøindeks.

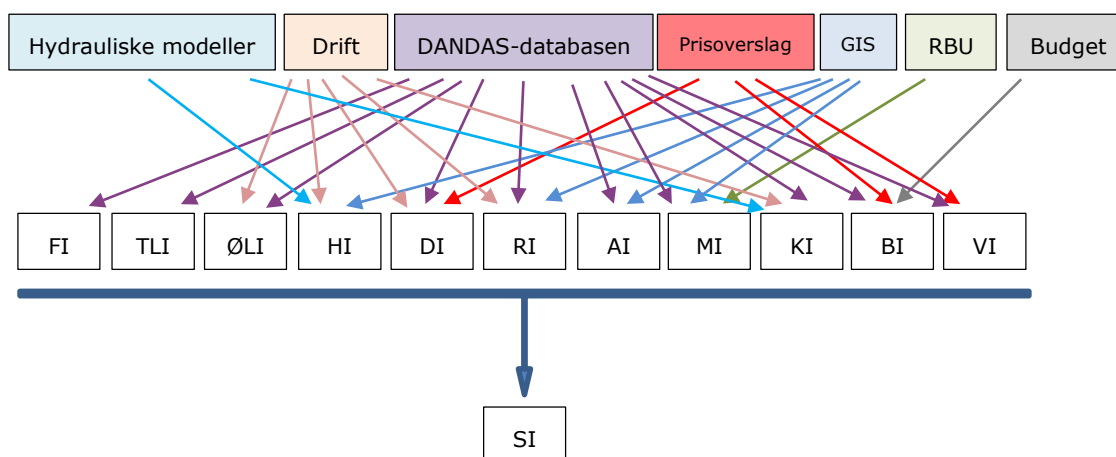
KI er klimatilpasningsindeks.

BI er budgetindeks.

VI er værdiindeks.

f, t, ø, h, d, r, a, m, k, b og v er vægtningen af parametrene.

Datakilder for ovennævnte indekstal beskrives i Figur 1.



Figur 1: Flowchart som beskriver datakilder for indekstallene.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RBU er krav for regnbetingede udløb. Vandplaner, naturstyrelsen, <http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/vandplaner/vandplaner-2009-2015/vedtagne-vandplaner-2009-2015/>.

## 2.1 Fysisk indeks (FI)

Fysiskindeks er et indekstal som beregnes efter den fysiske tilstand af ledningssystemet. DANVA foreslår nedenstående formel<sup>2</sup> for at beregne FI

$$FI = 5 * \log (S + 1)$$

hvor

S er skade procent.

Beregning af S kan læses i vejledning nr. 66 fra DANVA.

Fysiskindeks kan også beregnes direkte fra DANDAS-Graf.

## 2.2 Teknisk levetidsindeks (TLI)

Teknisk levetidsindeks er beregnet ud fra ledningens alder i forhold til den forventede tekniske levetid. Den forventede tekniske levetid er som default sat til POLKA's standardværdi, hvilket er 75 år for gravitationsledninger. Det er muligt at graduere den tekniske levetid, således at ledninger efter et givent antal år har en anden levetid.<sup>3</sup>

I dette skrift foreslås følgende formel:

$$TLI = \frac{LLT}{TLT} \cdot 10$$

hvor

LLT er aktuelle ledningslevetid, som kan hentes fra ledningsdatabasen efter anlægsår.

TLT er total levetid = 75 år for gravitationsledninger.

## 2.3 Økonomisk levetidsindeks (ØLI)

Økonomisk levetid er beregnet ud fra drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne i forhold til afskrivning på en ny ledning. I det øjeblik drift- og vedligeholdelsesomkostningerne overstiger afskrivningen på en ny ledning, vil den økonomiske levetid være opnået.<sup>4</sup>

I dette skrift foreslås følgende formel:

$$\text{ØLI} = \frac{DO}{AO} \cdot 10$$

hvor

---

<sup>2</sup> Fotomanualen, Beregning af Fysisk Indeks ved TV-inspektion, (FI), vejledning nr. 66 juni 2005, DANVA.

<sup>3</sup> Intelligent Strategisk Kloaksanering, (ISK), 2014, Naturstyrelsen ([www.nst.dk](http://www.nst.dk)).

<sup>4</sup> ISK, 2014, nst.

DO er drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne for en eksisterende ledning.  
AO er afskrivning.

## 2.4 Hydraulisk indeks (HI)

Hydraulisk indeks regnes på baggrund af hydrauliske beregninger. Der importeres hydrauliske resultater fra en hydraulisk model for ledningssystemet, og på baggrund af disse regnes et hydraulisk indeks. Både strømning i forhold til teoretisk kapacitet og stuvningskote i forhold til kritisk kote tages med i beregningen.<sup>5</sup>

Derfor foreslår jeg, at et indeks tal beregnes ud fra resultater fra en status hydraulisk model (helst kalibreret for også flow og niveau foreslår jeg), som flow og niveauer i forhold til samme resultater fra en hydraulisk model efter en hydraulisk optimering (HO) af ledningssystemet. Returperioder for regn for begge modeller er 5 år for regnvandskloak og 10 år for fælleskloak efter serviceniveauer fra SVK27<sup>6</sup>. Sikkerhedsfaktorer tages i betragtning.

I de steder, hvor der skiftes ledninger eller etableres andre anlæg til at overholder serviceniveauet eller reduceres regnvand flow mød renseanlægget via separering eller reducere af indsvinger til ledninger foreslås i dette skrift et indekstal der følger nedenstående formel:

$$HI = HI_L + HI_O$$

hvor

$HI_L$  er hydraulisk indeks for ledningssystemet.

$HI_O$  er hydraulisk indeks for oversvømmelse på terræn.

Formler i nedenstående afsnit foreslår en definition til  $HI_L$  og  $HI_O$ .

### 2.4.1 For regnvandsledninger

$$HI_L = \frac{[HI_{flow} + HI_{niveau}]}{2} \quad 7$$

$$HI_L = \frac{\left[ \frac{ABS(Q_{op} - A_{fst} \cdot A_{red})}{Q_s - A_{fst} \cdot A_{red}} + \frac{N_s - KK}{N_{op} - N_s} \right]}{2} \cdot 10$$

hvor

$HI_L$  er hydraulisk indeks for ledningssystemet.

$HI_{flow}$  er Hydraulisk indeks for flow.

---

<sup>5</sup> ISK, 2014, nst.

<sup>6</sup> Spildevandskomitéens skrift 27, (SVK27), 2005.

<sup>7</sup> Her giver man samme vægt for flow og vandniveau. Man kan diskutere en anden vægtfordeling.

$HI_{\text{niveau}}$  er hydraulisk indeks for vandniveauet.

$Q_{\text{op}}$  er flow i  $\text{m}^3/\text{s}$  efter optimering nedstrøms i udløbet af oplandet gennem forsinkelse, private LAR, styring og/eller reducere af indsvinger fra regn afhængige indsvinger (RDII, rain dependent inflow and infiltration).

Afst er naturlig afstrømning af et opland  $1 \text{ l/s/red.ha} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s/red.ha}$ .<sup>8</sup>

$A_{\text{red}}$  er reduceret areal af opstrøms opland i hektar.

$Q_{\text{s}}$  er status flow i  $\text{m}^3/\text{s}$  nedstrøms.

$N_{\text{s}}$  er status vandniveau (m).

KK er kritisk kote, som svarer til serviceniveaukote i ledningssystemet.

$N_{\text{op}}$  er optimeret vandniveau (m).

#### 2.4.2 For fælleskloakeret ledninger

$$HI_L = \frac{[HI_{\text{flow}} + HI_{\text{niveau}} + HI_{\text{spild}}]}{3} \quad 9$$

$$HI_L = \frac{\left[ \frac{ABS(Q_{\text{op}} - Afst \cdot A_{\text{red}})}{Q_{\text{s}} - Afst \cdot A_{\text{red}}} + \frac{N_{\text{s}} - KK}{N_{\text{op}} - N_{\text{s}}} + \frac{Q_{\text{op}} - Q_{\text{s}}}{Q_{\text{s}}} \right]}{3} \cdot 10$$

hvor

$HI_L$  er hydraulisk indeks for ledningssystemet.

$HI_{\text{flow}}$  er hydraulisk indeks for flow.

$HI_{\text{niveau}}$  er hydraulisk indeks for vandniveauet.

$HI_{\text{spild}}$  er hydraulisk indeks for reducere af spildevand til renseanlægget.

$Q_{\text{op}}$  er flow i  $\text{m}^3/\text{s}$  efter optimering nedstrøms i udløbet af oplandet for reducere af spildevand til renseanlægget gennem forsinkelse, styring og/eller reducere af indsvinger fra regn afhængige indsvinger (RDII, rain dependent inflow and infiltration).

Afst er naturlig afstrømning af et opland  $1 \text{ l/s/red.ha} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s/red.ha}$ .<sup>10</sup>

$A_{\text{red}}$  er reduceret areal af opstrøms opland i hektar

$Q_{\text{s}}$  er status flow i  $\text{m}^3/\text{s}$  nedstrøms.

$N_{\text{s}}$  er status vandniveau (m).

KK er kritisk kote, som svarer til serviceniveaukote i ledningssystemet.

$N_{\text{op}}$  er optimeret vandniveau (m).

---

<sup>8</sup> Vandplaner, naturstyrelsen, <http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/vandplaner/vandplaner-2009-2015/vedtagne-vandplaner-2009-2015/>.

<sup>9</sup> Her giver man samme vægt for flow, vandniveau og reducere af spildevand til renseanlægget. Man kan diskutere en anden vægtfordeling.

<sup>10</sup> Vandplaner, naturstyrelsen, <http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/vandplaner/vandplaner-2009-2015/vedtagne-vandplaner-2009-2015/>.

### 2.4.3 For separering af fælleskloakerede ledninger til regnvands- og spildevandsledninger

$$HI_L = \frac{[HI_{flow} + HI_{niveau} + HI_{spild}]}{3} \quad 11$$

$$HI_L = \frac{\left[ \frac{ABS(Q_{op} - Afst \cdot A_{red})}{Q_s - Afst \cdot A_{red}} + \frac{N_s - KK}{N_{op} - N_s} + \frac{Q_{op,s} - Q_s}{Q_s} \right]}{3} \cdot 10$$

hvor

$HI_L$  er hydraulisk indeks for ledningssystemet.

$HI_{flow}$  er hydraulisk indeks for flow.

$HI_{niveau}$  er hydraulisk indeks for vandniveauet.

$HI_{spild}$  er hydraulisk indeks for reducere af spildevand til renselanlægget.

$Q_{op,r}$  er regnvands flow i  $m^3/s$  efter optimering nedstrøms i udløbet af oplandet.

$Afst$  er naturlig afstrømning af et opland  $1 l/s/red.ha = 0,001 m^3/s/red.ha$ .<sup>12</sup>

$A_{red}$  er reduceret areal af opstrøms opland i hektar

$Q_s$  er status flow i  $m^3/s$  nedstrøms.

$N_s$  er status vandniveau (m).

$KK$  er kritisk kote, som svarer til serviceniveaokote i ledningssystemet.

$N_{op}$  er optimeret vandniveau (m).

$Q_{op,s}$  er spildevands flow i  $m^3/s$  efter optimering nedstrøms til renselanlægget gennem separering, forsinkelse, styring og/eller reducere af indsvninger fra regn afhængige indsvninger (RDII, rain dependent inflow and infiltration).

### 2.4.4 For separering af fælleskloakerede ledninger til private LAR og spildevandsledninger

I princippet anvender man samme formel i 2.4.3, men  $HI_{flow}$  kan være 0.

$$HI_L = \frac{[HI_{flow} + HI_{niveau} + HI_{spild}]}{3} \quad 13$$

---

<sup>11</sup> Her giver man samme vægt for flow, vandniveau og reducere af spildevand til renselanlægget. Man kan diskutere en anden vægtfordeling.

<sup>12</sup> Vandplaner 2009-2015.

<sup>13</sup> Her giver man samme vægt for flow, vandniveau og reducere af spildevand til renselanlægget. Man kan diskutere en anden vægtfordeling.



$$HI_L = \frac{\left[ \frac{ABS(Q_{op} - Afst \cdot A_{red})}{Q_s - Afst \cdot A_{red}} + \frac{N_s - KK}{N_{op} - N_s} + \frac{Q_{op,s} - Q_s}{Q_s} \right]}{3} \cdot 10$$

Hvor

$HI_L$  er hydraulisk indeks for ledningssystemet.

$HI_{flow}$  er hydraulisk indeks for flow.

$HI_{niveau}$  er hydraulisk indeks for vandniveauet.

$HI_{spild}$  er hydraulisk indeks for reducere af spildevand til renseanlægget.

$Q_{op,r}$  er regnvands flow i  $m^3/s$  efter optimering nedstrøms i udløbet af oplandet.

$Afst$  er naturlig afstrømning af et opland  $1 l/s/red.ha = 0,001 m^3/s/red.ha$ .<sup>14</sup>

$A_{red}$  er reduceret areal af opstrøms opland i hektar

$Q_s$  er status flow i  $m^3/s$  nedstrøms.

$N_s$  er status vandniveau (m).

$KK$  er kritisk kote, som svarer til serviceniveauekote i ledningssystemet.

$N_{op}$  er optimeret vandniveau (m).

$Q_{op,s}$  er spildevands flow i  $m^3/s$  efter optimering nedstrøms til renseanlægget gennem separering forsinkelse, styring og/eller reducere af indsivninger fra regn afhængige indsivninger (RDII, rain dependent inflow and infiltration).

#### 2.4.5 For oversvømmelseseliminering under serviceniveauregn

$$HI_O = \frac{[HI_{niveau} + HI_{areal}]}{2} \quad 15$$

$$HI_O = \frac{\left[ \frac{N_{op} - N_t}{N_s - N_t} + \frac{A_{op}}{A_s} \right]}{2} \cdot 10$$

hvor

$HI_O$  er hydraulisk indeks for oversvømmelse på terræn.

$HI_{niveau}$  er hydraulisk indeks for vandniveau på terræn.

$HI_{areal}$  er hydraulisk indeks for oversvømmede areal.

$N_{op}$  er optimeret vandniveau (m).

$N_t$  er terrænniveau (m).

$N_s$  er status vandniveau (m).

$A_{op}$  er optimeret oversvømmelsesareal under serviceniveauregn ( $m^2$ ).

---

<sup>14</sup> Vandplaner 2009-2015.

<sup>15</sup> Her giver man samme vægt for oversvømmelsesvandniveau på terræn og reducere af oversvømmede areal på terræn. Man kan diskutere en anden vægtfordeling.

$A_s$  er status oversvømmelsesareal under serviceniveauregn (m<sup>2</sup>).

## 2.5 Driftsindeks (DI)

Driftsindeks er en beregning ud fra drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne. Der beregnes teoretiske drifts- og vedligeholdelsesomkostninger. De teoretiske omkostninger kan overskrives med manuelt indtastede værdier.<sup>16</sup>

I dette skrift foreslås følgende formel:

$$DI = \frac{DO_{eks}}{DO_{75}} * 10$$

hvor

$DO_{eks}$  er Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for en eksisterende ledning.

$DO_{75}$  er Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for en 75 år gammel ledning.

DANVA i vejledning nr. 66 foreslår følgende manuelt indtastede værdier for  $DI^{17}$ :

Ledning med akutte driftsproblemer	DI = 10
Ledning med store driftsproblemer	DI = 6
Ledning med mindre driftsproblemer	DI = 3
Ledning uden driftsproblemer	DI = 0

DI gælder specifikt for den enkelte ledningsstrækning<sup>18</sup>.

## 2.6 Risikoindeks (RI)

Risikoindeks regnes ud fra konsekvens og sandsynlighed. Konsekvens afgøres af, om ledninger krydser kortelementer. Der er medtaget veje, stier og jernbaner. Derudover medtages nærhed til drikkevandsboringer og mulighed for manuelle indtastninger. Sandsynlighed afgøres af fysisk indeks, hvis den haves, og ellers afgøres den af alder.<sup>19</sup>

I dette skrift foreslås følgende formel:

$$RI = \left[ \frac{(Kon_{brud} + Kon_{dv}) \cdot Sand_{ny}}{(Kon_{brud} + Kon_{dv}) \cdot Sand_{75}} \right] \cdot 10$$

---

16 ISK, 2014, nst.

17 FI, 2005, DANVA.

18 FI, 2005, DANVA

19 ISK, 2014, nst.

hvor

$Kon_{brud}$  er en vægtet værdi for konsekvens vurderes på baggrund af skadekonsekvens ved ledningssammenbrud eller -sætning.

$Kon_{dv}$  er en vægtet værdi for konsekvens vurderes på baggrund af skadekonsekvens pga. forurening af drikkevandsbrønde ved ledningssammenbrud eller -sætning.

$Sand_{ny}$  Sandsynlighed for ledningssammenbrud eller -sætning for en ny ledning.

$Sand_{75}$  Sandsynlighed for ledningssammenbrud eller -sætning for en 75 år gammel ledning.

DANVA foreslår følgende værdier for RI efter vejtyper og ledningsdimensioner. Man vælger den højeste blandt RI værdi for vejtyper eller ledningsdimension:<sup>20</sup>

Vejtyper:

Indfaldsvej/overordnet hovedgade	RI = 10
Hovedvej/Hovedgade	RI = 6
Andre	RI = 3

Ledningsdimension (d):

$d \geq 400$ mm	RI = 10
$400$ mm > $d > 250$ mm	RI = 6
$d \leq 250$ mm	RI = 3

## 2.7 Arealanvendelsesindeks (AI)

AI er et indekstal for udnyttelse af arealet, hvor ledningssystemet befinde sig. Følgende indekstal foreslås i dette skrift:

Centrum	AI = 10
Kommercielle områder	AI = 8
Højhuse områder	AI = 7
Villaområder	AI = 5
Landsby uden hovedgade	AI = 4
Landet	AI = 2

## 2.8 Miljøindeks (MI)

Miljøindeks er en indeks for beregning af miljøeffekt fra en ledning/gruppe ledninger på følgende:

- Omkringliggende jord og grundvand.
- Overløb til en recipient.
- Udløb til en recipient.

---

<sup>20</sup> FI, 2005, DANVA.

For regnvandsledninger er der en langt mindre MI værdi end der er for spildevand eller fælleskloakerede ledninger.

I dette skrift foreslås, at tage miljøstyrelsens krav i betragtning til spildevands regn-betingede udløb for kvælstof og suspenderet stof (SS) som serviceniveau i forbindelse med miljøeffekt. I dette skrift foreslås følgende formel:

$$MI = \frac{MI_{ny} - MI_{krav}}{MI_s - MI_{krav}} * 10 \quad 21$$

hvor

$MI_{ny}$  er miljøeffekt for et nyt anlæg.

$MI_{krav}$  er krav for miljøeffekt.

$MI_s$  er status miljøeffekt for et givet anlæg.

## 2.9 Klimatilpasningsindeks (KI)

Klimatilpasningsindeks er et indekstal for beregning af klimatilpasning fra en ledning/gruppe ledninger på følgende:

- Reducering af regn effekten pga. klimaændringer på serviceniveauet.
- Reducering af CO<sub>2</sub> i spildevandsrensning.
- Reducering af CO<sub>2</sub> i drift og vedligeholdelse af ledningssystemet.

Andre klimatilpasningseffekter kan diskuteres eller tilføjes.

I dette skrift foreslås følgende formel:

$$KI = \frac{[KI_{flow} + KI_{niveau} + KI_{rens} + KI_{drift}]}{4} \quad 22$$

hvor

$KI_{flow}$  er et indeks for reducere af flow effekt pga. klima.

$KI_{niveau}$  er et indeks for reducere af vandniveau effekt pga. klima.

$KI_{rens}$  er et indeks for reducere af CO<sub>2</sub> fra spildevandsrensning pga. af klimatilpasning.

$KI_{drift}$  er et indeks for reducere af CO<sub>2</sub> fra drift og vedligeholdelse på ledningssystemet og renseanlæg pga. af klimatilpasning.

---

<sup>21</sup> ( $MI_{ny} - MI_{krav}$ ) ≥ 0 og ( $MI_s - MI_{krav}$ ) > 0

<sup>22</sup> Her giver man samme vægt for flow, vandniveau og reducere CO<sub>2</sub> fra rensningsanlæg og drift. Man kan diskutere en anden vægtfordeling.

$$KI = \frac{\left[ \frac{Q_{KL,op}}{Q_{KL,s}} + \frac{N_{KL,op} - N_s}{N_{KL} - N_s} + \frac{CO_{2op} - CO_{2s}}{(CO_{2KL} - CO_{2s})_{rens}} + \frac{CO_{2op} - CO_{2s}}{(CO_{2KL} - CO_{2s})_{drift}} \right]}{4} \cdot 10$$

hvor

$Q_{KL,op}$  er klimaeffektens flow i  $m^3/s$  efter optimering nedstrøms i udløbet af oplandet for reducere af spildevand til renseanlægget gennem forsinkelse, styring og/eller reducere af indsigninger fra regn afhængige indsigninger (RDII, rain dependent inflow and infiltration).

$Q_{KL,s}$  er status klimaeffektens flow i  $m^3/s$  nedstrøms i udløbet af oplandet for reducere af spildevand til renseanlægget gennem forsinkelse, styring og/eller reducere af indsigninger fra regn afhængige indsigninger (RDII, rain dependent inflow and infiltration).

$N_{KL,op}$  er optimeret vandniveau pga. af klimatilpasning.

$N_s$  er status vandniveau.

$N_{KL}$  er vandniveau pga. af klimaændringer.

$CO_{2op}$  er reduceret  $CO_2$  pga. af klimatilpasning.

$CO_{2s}$  er status  $CO_2$ .

$CO_{2KL}$  er  $CO_2$  pga. af klimaændringer.

## 2.10 Budgetindeks (BI)

Budgetindeks er et indekstal for saneringsomkostninger for en given ledning i forhold til total budget. I dette skrift foreslås følgende formel:

$$BI = \left( 1 - \frac{B - \Sigma B_L}{B} \right) \cdot 10$$

hvor

B er saneringsbudget.

$\Sigma B_L$  budgetteret saneringsomkostning for en given ledning eller en gruppe ledninger.

## 2.11 Værdiindeks (VI)

Værdiindeks er et indekstal for stigning af anlægsværdien pga. af sanering. I dette skrift foreslås følgende formel:

$$VI = \frac{V_{ny} - V_s}{V_{ny}} \cdot 10$$

hvor

$V_{ny}$  er værdi for en ny ledning.

$V_s$  er status værdi for en given ledning.

## 2.12 Vægtning af parametrene

Vægtning af parametrene kan variere fra projekttype til projekttype afhængig af projektmål og -proces. I dette skrift præsenteres værdier for vægtningerne f, t, ø, h, d, r, m, k, b og v i Tabel 1 som udgangspunkt for almindelig gravitationsledninger. DANVA's forslag fra 2005 præsenteres også i tabellen.

*Tabel 1: Forslag til vægtning af indekstalerne*

	<b>Indekstallet</b>	<b>Vægtning</b>	<b>Forslag</b>	<b>DANVA's forslag i 2005<sup>23</sup></b>
<b>1</b>	Fysisk indeks	f	0,20	0,7
<b>2</b>	Teknisk levetidsindeks	t	0,10	
<b>3</b>	Økonomisk levetidsindeks	ø	0,10	
<b>4</b>	Hydraulisk indeks	h	0,10	
<b>5</b>	Driftsindeks	d	0,10	0,12
<b>6</b>	Risikoindeks	r	0,10	0,08
<b>7</b>	Arealanvendelsesindeks	a	0,03	
<b>8</b>	Miljøindeks	m	0,07	
<b>9</b>	Klimatilpasningsindeks	k	0,10	
<b>10</b>	Budgetindeks	b	0,05	
<b>11</b>	Værdiindeks	v	0,05	
<b>12</b>	Udefineret indekstal	xx		0,05
<b>13</b>	Udefineret indekstal	yy		0,05
<b>I alt</b>			<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

<sup>23</sup> FI, 2005, DANVA

### 3 Logisk vurdering af saneringsindekstal

Et andet forslag til vurdering af et saneringsindekstal er at formulere en matrice til logisk vurdering af indekstallet. Inden da, definerer man en regel for relationer mellem matrixens parametre. Dette kan udvikles og pakkes til et udviklet program, hvor man anvender logiske, matematiske og/eller statistiske relationer til at formulere en saneringstal for hvert projekt. Selve processen kan videreudvikles og finjusteres efter resultater.

Der foreslås i dette skrift tre metoder til logisk vurdering af saneringsindekstal, hvor FI i dette skrift er den vigtigste indekstalsparameter. Resultaterne kan kalibreres mod FI, dvs. man kigger på afvigelse af SI fra FI og vurderer om resultatet kan bruges.

Man kan også vælge 2 eller flere som de vigtigste indekstalsparametrene med identisk eller forskellig vægtning. Der kan man have mere komplekse logiske relationer, som kan have flere dimensionale matricer.

Logisk vurdering kræver, at man kan oversætte disse logiske relationer til et program via gennemtænkte koder og processer. Programmet kan også indbygges i GIS som modul eller bruger GIS som platform.

De parametre, som tages i betragtning i dette skrift er SI for saneringsindeks, FI for fysiskindeks, TLI for teknisk levetidsindeks, ØLI for økonomisk levetidsindeks, HI for hydraulisk indeks, DI for driftsindeks, RI for risikoindeks, AI for arealanvendelsesindeks, MI for miljøindeks, KI for klimatilpasningsindeks, BI for budgetindeks og VI for værdiindeks.

#### 3.1 Metode 1

I denne metode foreslås at sætte regler mellem  $FI > 7$  af 10 og en anden parameter med et indekstal  $> 5$  af 10. Indeks talerne kan enten beregnes som i afsnit 2 eller indtastes.

*Tabel 2: Forslag til regler mellem.  $FI > 7$  af 10 (som forslag) og den anden parameter er  $> 5$  af 10 (som forslag).*

Regel/FI er vigtigste	TLI	ØLI	HI	DI	RI	AI	MI	KI <sup>24</sup>	BI	VI
Indekstal	7	7	9	9	9	3	5	5	3	5

Som det fremgår af Tabel 2, kan man udefra kombinationer af de glædende indekstal videreberegne SI efter lige vægtning eller defineret vægtning.

---

<sup>24</sup> KI efter 75 år klimaændringseffekt.

### 3.2 Metode 2

Til denne metode foreslås at sætte regler enkeltvis mellem FI en anden indekstalsparameter og skabe regler på baggrund af dette med et defineret indekstal. Indekstallet kan enten beregnes som i afsnit 2 eller indtastes.

I næste trin beregnes SI efter en kombination af de glædende indekstal, som fremgår af Tabel 3. Man kan videreberegne SI efter lig vægtning eller defineret vægtning.

*Tabel 3: Forslag til relations regler mellem indeksparementrene, som producerer indekstal til videre behandling. FI er den vigtigste indekstal parameter.*

Regel	FI	TLI	ØLI	HI	DI	RI	AI	MI	KI <sup>25</sup>	BI	VI	Indekstal
1.1	<7	<7										3
1.2	<7	>7										5
1.3	>7	<7										7
1.4	>7	>7										9
2.1	<7		<5									3
2.2	<7		>5									5
2.3	>7		<5									7
2.4	>7		>5									9
3.1	<7			<5								3
3.2	<7			>5								5
3.3	>7			<5								7
3.4	>7			>5								9
4.1	<7				<7							3
4.2	<7				<7							5
4.3	>7				>7							7
4.4	>7				>7							9
5.1	<7					<6						3
5.2	<7					<6						5
5.3	>7					>6						7
5.4	>7					>6						9
6.1	<7						<8					3
6.2	<7						<8					5

<sup>25</sup> KI efter 75 år klimaændringseffekt.



Regel	FI	TLI	ØLI	HI	DI	RI	AI	MI	KI <sup>25</sup>	BI	VI	Indekstal
6.3	>7						>8					7
6.4	>7						>8					9
7.1	<7							<8				3
7.2	<7							<8				5
7.3	>7							>8				7
7.4	>7							>8				9
8.1	<7								<8			3
8.2	<7								<8			5
8.3	>7								>8			7
8.4	>7								>8			9
9.1	<7									<5		3
9.2	<7									>5		5
9.3	>7									<5		7
9.4	>7									>5		9
10.1	<7										<7	3
10.2	<7										>7	5
10.3	>7										<7	7
10.4	>7										>7	9

### 3.3 Metode 3

I denne metode foreslås at sætte regler for indekstalsparameter uden at udpege den vigtigste parameter og skabe regler på baggrund af et scoringsystem baseret på en kombination af indekstallet, når de er  $>0,7$ . Indekstalerne kan enten beregnes som i afsnit 2 eller indtastes.

I næste trin beregnes SI efter en kombination af de glædende indekstal, som fremgår af Tabel 4 (til eksempel). Man kan videreberegne SI efter lige vægtning eller defineret vægtning.

Man kan dog kalibrere resultatet FI, dvs. man kigger på afvigelsen af SI fra FI som den vigtigste parameter og vurderer om resultatet kan bruges.

*Tabel 4: Forslag til relations matrice. X noteres når indekstallet  $> 7$  af 10. Tabellen er et eksempel.*

Projekt ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	x..
FI	x	x	x		x		x	x	x			
TLI	x	x		x		x				x		
ØLI		x	x			x				x		
HI	x	x		x		x	x			x		
DI	x	x	x	x	x	x				x		
RI	x		x	x		x				x		
AI		x				x	x	x		x		
MI		x		x	x		x	x		x		
KI			x	x		x			x	x		
BI	x			x		x				x		
VI				x		x	x			x	x	
Score	6	7	5	8	3	9	5	3	2	10	1	

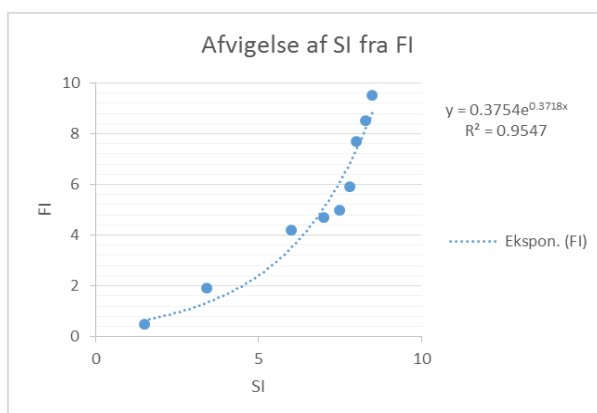
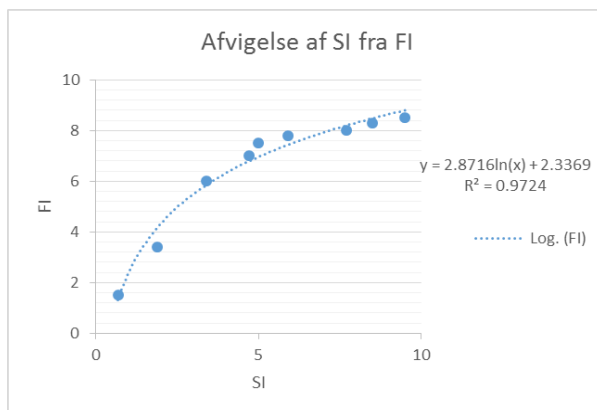
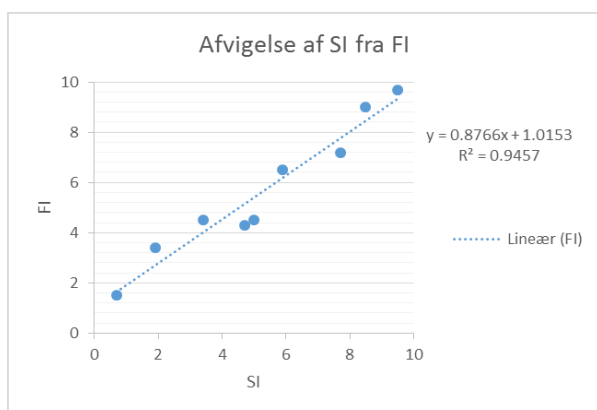
### 3.4 SI's afvigelse fra FI

Slutresultatet for SI værdien kan testes mod FI som den valgte vigtigste indekstalsparameter. Man kan vælge (Gennem logiske, matematiske og/eller statistiske metoder) flere parametre som de vigtigste med lige eller forskellig vægtning.

SI resultatet for hvert projekt sammenlignes med FI resultatet for samme projekt. Der kan man definere et forhold mellem de to tal for at vurdere følgende:

1. Afvigelsesgrad af SI fra FI.
2. Hvorvidt man kan bruge FI i fremtiden til at vurdere SI gennem en matematisk trend.

Eksempler på relationer mellem SI og FI for et antal saneringsprojekter.



Figur 2: Eksempler på relationen mellem SI og FI.

## 4 Intelligent Strategisk kloaksanering (ISK)<sup>26</sup>

Intelligent Strategisk kloaksanering (ISK) er et projekt som er gennemført med finansiering af naturstyrelsen i 2014. ARTOGIS gennem dette projekt og i samarbejde med et antal vandselskaber og konsulenter har skabt et værktøj til beregning af SI. Værktøjet tager kun 6 indekstal parametre FI, TLI, ØLI, HI, DI og RI i betragtning for beregning af et fornyelsesindeks sammenlignet med dette dokument. AI, MI, KI, BI og VI er ikke med. Der er dog iht. ARTOGIS muligt, at inkludere flere parametre efter ønske, hvis man vil videreudvikle værktøjet.

Undertegnede har kontaktet ARTOGIS og de vil gerne komme og præsentere produktet dog er produktet ikke helt færdig testet.

Undertegnede har også forsøgt at kontakte de forsyninger som deltog i ISK for at høre om deres erfaringer. I nedenstående er en opsummering indtil videre:

- Varde Forsyning: Delt i organisationen om ISK, da de mener, at værktøjet ikke kan dække/håndtere separering som en del af strukturplanen. Grundlæggende er værktøjet fornuftigt til kun saneringsplanlægning. Værktøjet er endnu ikke i brug.
- Sønderborg Forsyning: Datakvaliteten pt. forbedres for at opnå et niveau i 2016, hvor det er muligt at anvende værktøjet. Arbejdsfladen behøver udvikling for at være mere brugervenligt.
- Kalundborg Forsyning: Kan kontaktes først fredag den 11/9.
- Blue Kolding: Kan kontaktes i resten af uge 37 afhængig af deres tid.
- Vejen Forsyning: Fortsat forsøg at få kontakt med dem.

---

<sup>26</sup> Intelligent Strategisk Kloaksanering, (ISK), 2014, Naturstyrelsen ([www.nst.dk](http://www.nst.dk)).

## 5 Konklusion

At komme frem til en prioritering gennem at beregne eller vurdere SI er en opgave man kan vælge, at udføre iht. forskellige kompleksitetsgrader og efter forskellige matematiske, logiske og/eller statistiske metoder.

Grundlaget for at komme frem til et SI er ledningsdatabasen (I vores tilfælde DANDAS-databasen), data fra drift, hydrauliske modeller eller vurderinger, økonomisk overslag, GIS-data og erfaringer.

Sund fornuft ved en teknisk konklusion betyder sikkert en del for beslutningsprocessen for at komme frem til en prioritering.

Den politiske beslutning er en vigtig indekstalsparameter, som kan inkluderes, hvis ønsket, som en del af vurderingen af SI.

Andre parametre kan inkluderes, hvis det viser sig, at det er vigtigt, at blive taget i betragtning.

Dette dokument er et forslag til metoder som værktøjer for prioritering til saneringsplanlægning, som kan enten bruge GIS som platform eller kan indbygges i et GIS-program.

ISK er et værktøj som er til rådighed på marked og ARTOGIS kan inviteres for en præsentation for værktøjet. Desuden, fortsat kommunikation med forsyningerne som har deltaget i udvikling af værktøjet er fornuftigt for at høre om deres erfaringer. Produktet er ikke færdig testet.

Alternativt kan sådan et værktøj skabes her i huset, gennem at bruge dette skrift som grundlag for følgende diskussioner og arbejde.