



REO: estimering av avrenning fra urbane felt

Nils Roar Sælthun (UiO)

David N. Barton (NINA), Zander Venter (NINA)

Hydrologirådet
Fagmøte Urbanhydrologi
29-04-2021



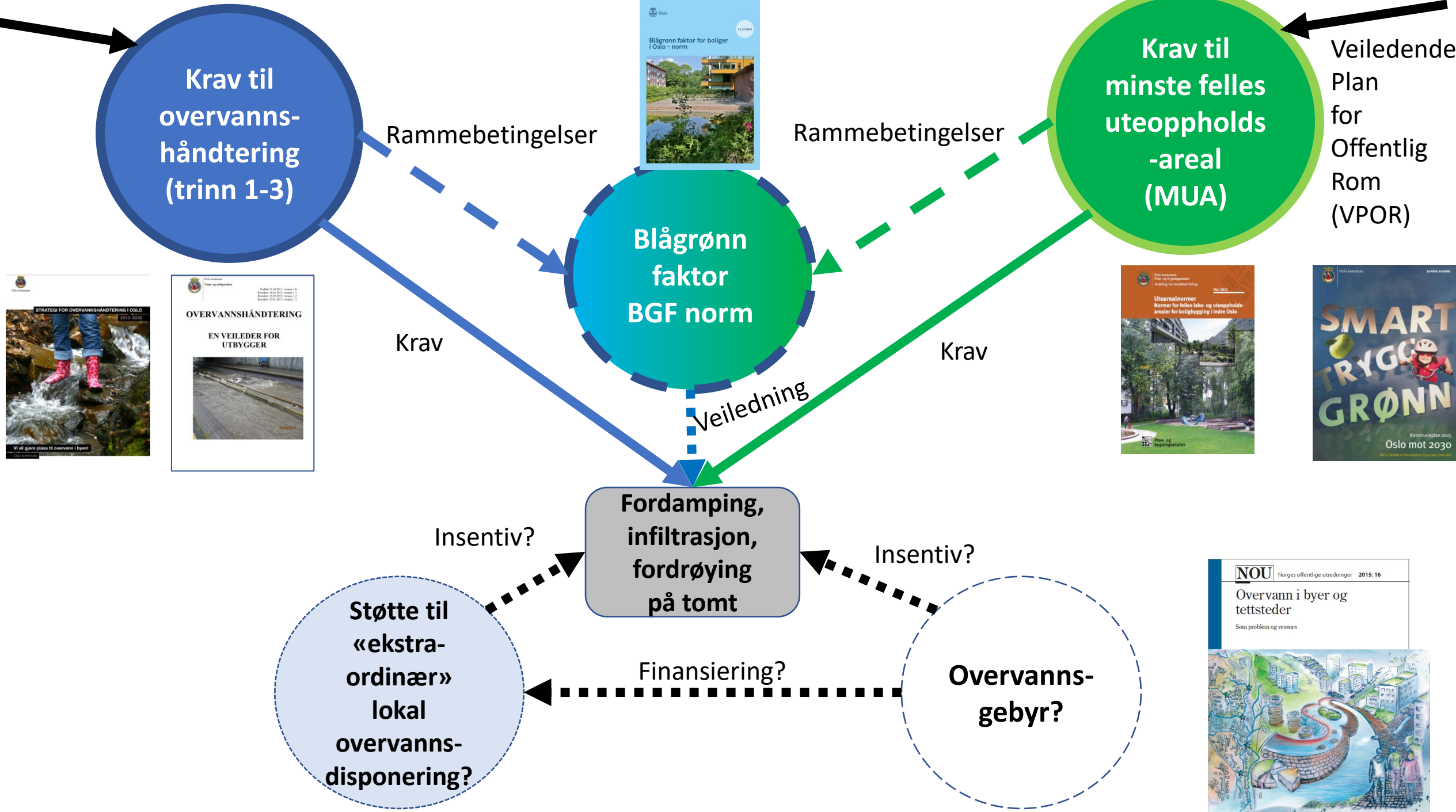
Overvannsgebyr

Fordeler

Ulemper

Gebyr

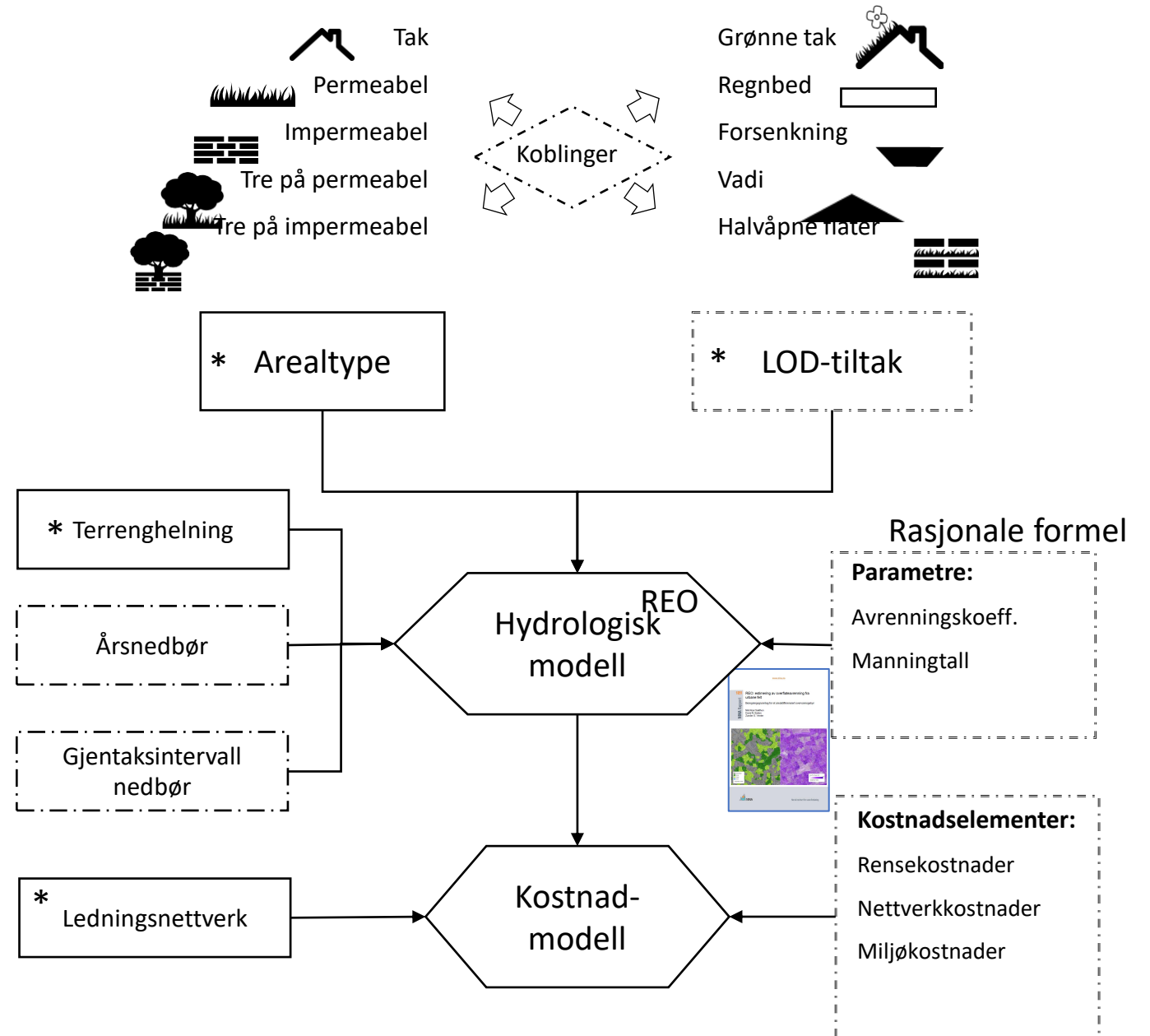
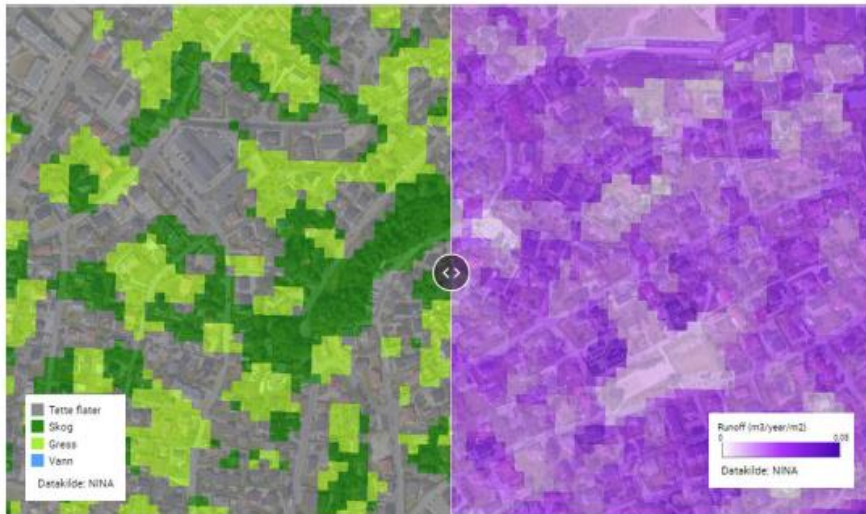
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">– Brukerbetaling– Ikke konkurranse med andre interesser og hensyn– Egnet som bidrag til drift og vedlikehold– Insitament for lokale overvannstiltak | <ul style="list-style-type: none">– Høye administrative kostnader for variabel del– Stort informasjons- og databehandlings behov– Fare for klager på pris og tjenestekvalitet– Liten kontroll med befolkningens betalingsvillighet, jf. insitament for lokale overvannstiltak |
|--|--|



REO: estimering av overflateavrenning fra urbane felt

Beregningsgrunnlag for et arealdifferensiert overvannsgebyr

Nils Roar Sæltun
David N. Barton
Zander S. Venter



Sentrale hydrologisk variabler

$q_{max,n}$: Maksimal overflateavrenning for et gitt gjentakintervall n – for flom og overløp. Beregnet med den rasjonale formel $q_{max} = c \cdot i(T_c) \cdot a$

Funksjon av:

- Delarealer og kobling av disse
- konsentrasjonstider
- avrenningskoeffisienter
- intensitet/varighet/frekvenskurve
- LOD-tiltak og kobling mellom delarealer og disse

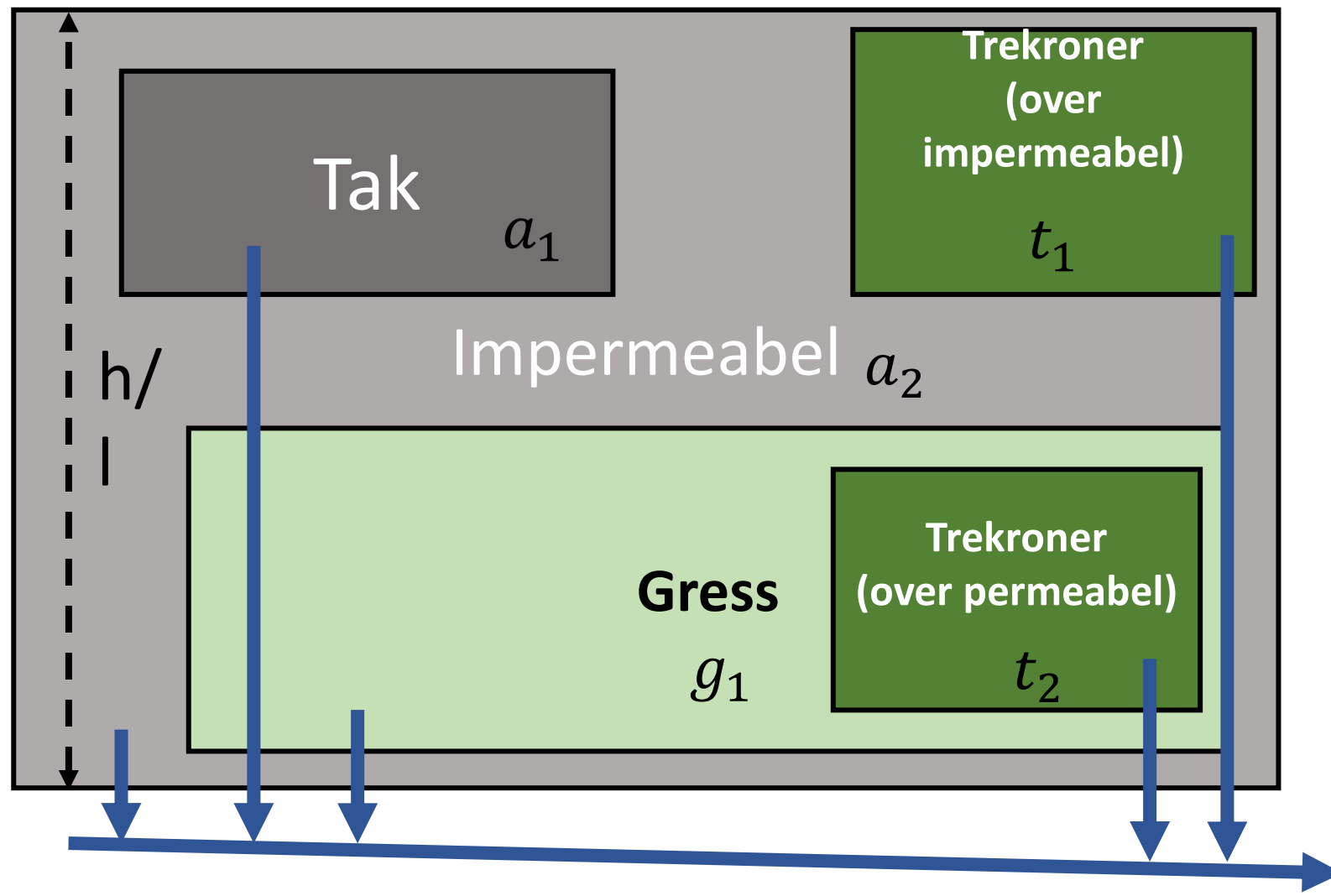
$Q_{\text{år}}$: Midlere overvannsproduksjon gjennom året – for totalbelastning på renseanlegg. Beregnet som vannbalanse, ut fra:

- Årsnedbør
- delarealer og kobling av disse
- Volumavrenningskoeffisienter
- Terrenghelning
- LOD-tiltak og kobling mellom delarealer og tiltak

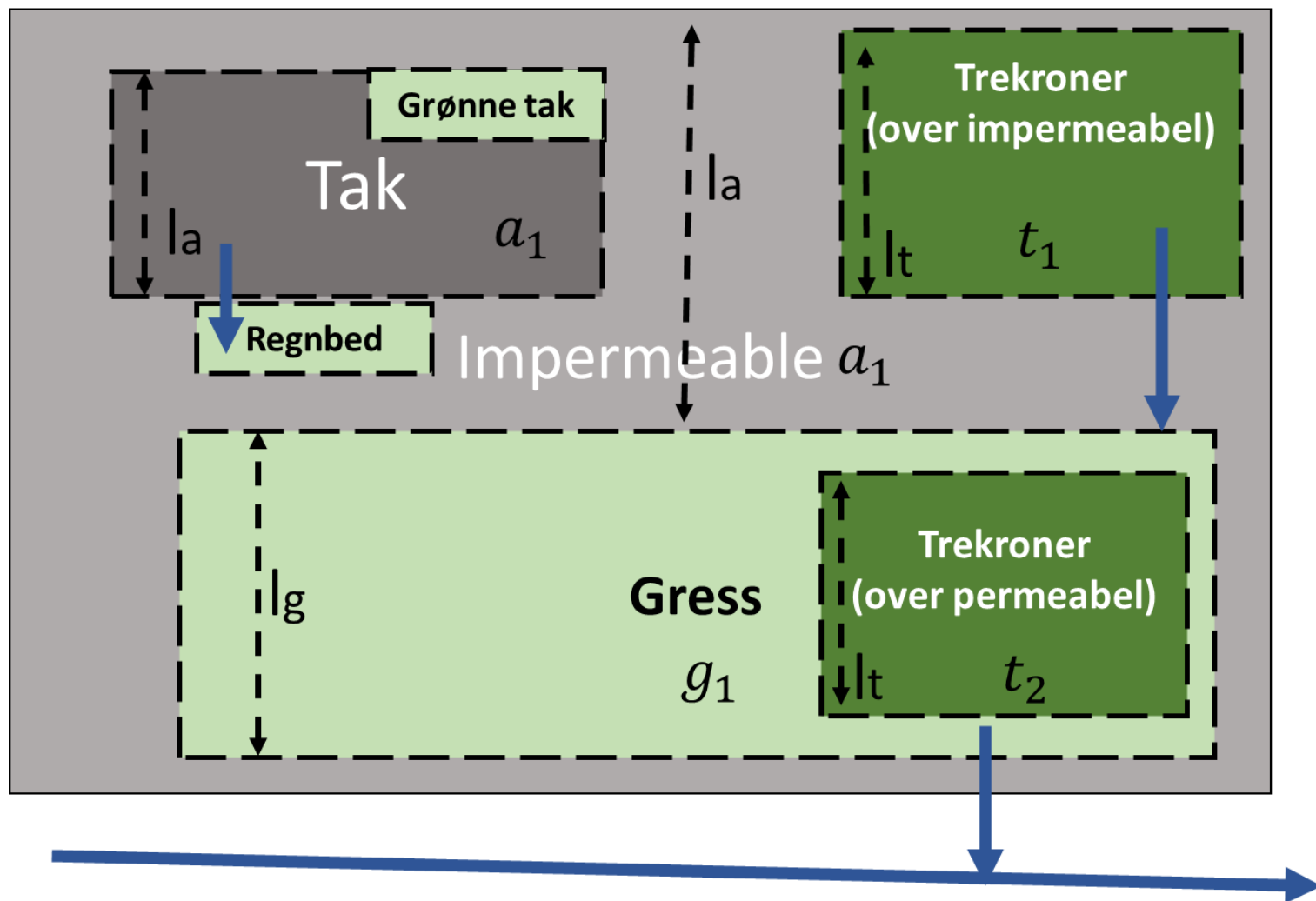
Nyttig mulig utvidelse:

Q_{lim} : Total overvannsbelastning over et gitt nivå q_n

Delarealer og koblinger, fra fjernmåling alene



Delarealer og koblinger, fra fjernmåling og informasjon lokalt (eier)



Konsentrasjonstid

- Myrabø, 1991, urbane felt, konsentrasjonstid i minutter:

$$T_c = 0.02 \cdot L^{1.15} \cdot H^{-0.39}$$

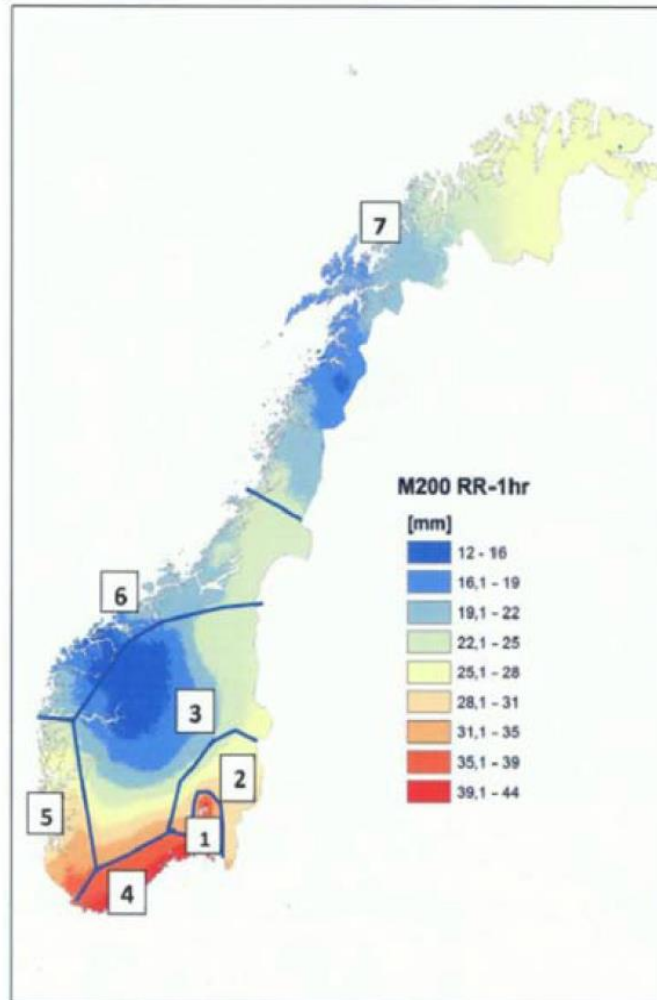
L : Feltlengde, H : Høydeforskjell, begge i m

Dette gir konsentrasjonstiden som en feltparameter.

- Vi bruker en tilnærming som gir en dynamisk konsentrasjonstid:
 - Mannings formel: $v = M \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$
 - Kombinert med formelen for en kinematisk bølge på en jevnt skrånende flate gir dette
 - $T_c = 7 \left(\frac{L}{M\sqrt{S}} \right)^{3/5} (ci)^{-2/5}$ hvor c er avrenningskoeffisienten og i er nedbørintensitet over aktuell varighet (antatt å være T_c) (basert på ASCE 1992)
 - Dersom IVF-kurven kan tilnærmes med en potensformel, $i = mV^{-n}$ hvor varigheten V settes lik T_c kan dette løses analyttisk.
- $T_c = (mC^{-2.5})^{\frac{1}{-2.5+n}}$ hvor $C = 7 \left(\frac{L}{M\sqrt{S}} \right)^{3/5} c^{-2/5}$
 - Kurvekonstantene m og n avhenger av frekvensen i IVF-kurven

Parametrisering av IVF-kurver

- Klimaservicesenteret arbeider med å etablere IVF-kurver for ethvert punkt i landet. Inntil det er på plass har vi basert oss på regionale kurver (Førland m. fl 2015).



Region	Område
1	Oslofjord
2	Østlandet -Sørøst
3	Innlandet - SørNorge
4	Sørlandet
5	Vestlandet
6	Møre/Romsdal/Trøndelag
7	Nord- Norge

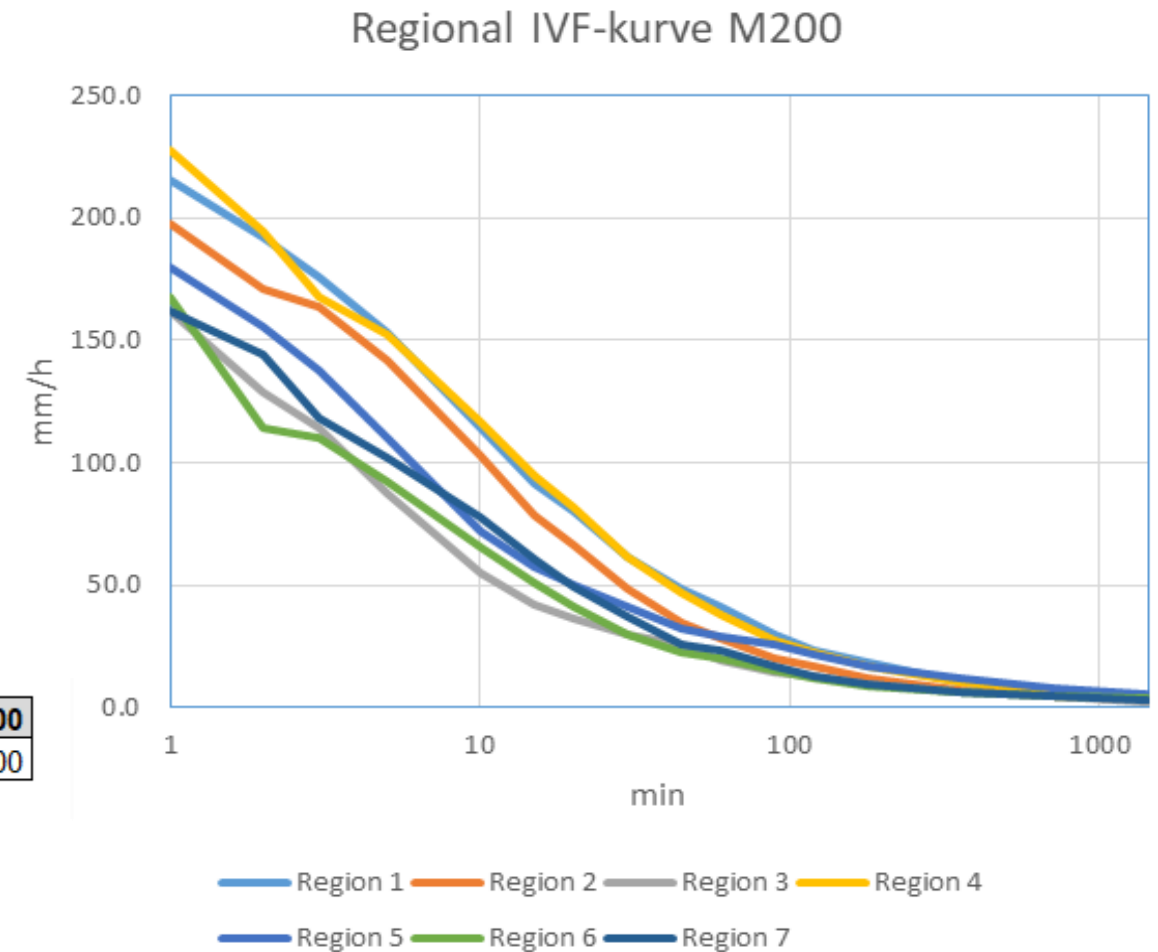
Parametrisering av IVF-kurver

Stykkevis parametrisering av 200-års IVF-kurve

Region	m1 <5 min	n1 <5 min	m2 5 - 45 min	n2 5 - 45 min	m3 > 45 min	n3 > 45 min
1	218.8	0.210	371.8	0.525	944.9	0.714
2	198.6	0.201	433.3	0.646	445.0	0.687
3	165.2	0.374	206.3	0.567	295.8	0.606
4	228.7	0.258	389.7	0.540	567.7	0.670
5	185.5	0.299	261.0	0.549	261.9	0.530
6	160.3	0.359	280.1	0.651	157.6	0.528
7	166.6	0.297	305.6	0.623	319.2	0.658

Tentativ skalering av til ulike gjentakintervall

Gjentaksintervall	2	5	10	20	25	50	100	200
Forholdstall	0.46	0.58	0.67	0.75	0.77	0.85	0.92	1.00



Avrenningskoeffisienter og Manningtall

Arealtype	Avrenningskoeffisient c		Avrenningskoeffisient ϕ		Manningtall	
	Typisk	Intervall	Typisk	Intervall	Typisk	Intervall
Tak	0.95	0.8–1.0	0.8	0.5–0.9	90	70–100
Tette flater	0.85	0.7–1.0	0.6	0.5–0.8	90	70–100
Tette flater, trekroner	0.7	0.6–0.8	0.5	0.4–0.6	90	70–100
Delvis åpne flater	0.6	0.3–0.8	0.4	0.2–0.6	50	35–85
Permeable flater	0.1	0.01–0.5	0.02	0.0–0.1	10	1.2–15
Skog	0.1	0.01–0.5	0.01	0.0–0.1	5	1.2–15
Grønne tak 2-39 cm	0.4	0.3–0.8	0.3	0.2–0.6	10	7–30
Grønne tak 40-79 cm	0.3	0.2–0.6	0.2	0.1–0.4	10	7–30
Grønne tak >80 cm	0.2	0.1–0.4	0.05	0.01–0.1	10	7–30
Regnbed	0.05	0.01–0.2	0.01	0.01–0.1		
Terrengforsenkning	0.1	0.01–0.3	0.02	0.02–0.2		
Vadi	0.6	0.4–0.8	0.4	0.2–0.6	37	25–50

Basert på en rekke norske og internasjonale kilder

REO-modellen (excel-basert)

Gjentakintervall år:	20	OBSERVERT AREALBRUK (LC)					LOD TILTAK							
Årsnedbør, mm:	1000													
IVF-region, jfr Førland et al 2015	1	Tak (T)	Tette flater (I)	Trekroner & tette flater (K)	Perm. flater, gress (P)	Trekroner & permeable flater (S)	Delvis åpne flater (H)	Grønne tak (G)	Regnbed (R)	Terrang-forsenk. (F)	Vadi (W)	Total-areal		
Dybde	cm							2 - 39 cm						
Areal	%	6	6	6	63	6	6	0	0	0	6			
Areal (_areal)	[m2]	100	100	100	1000	100	100	0	0	0	100	1600		
Lengde (_lengde)	[m]	25	25	25	25	25	25	100			25			
Helning (fall/lengde) (_helning)	[1]	0.15	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01			0.01			
Avrenningskoeff. rasjonale formel (_coeff)	[0-1]	0.95	0.85	0.80	0.30	0.10	0.60	0.60	0.05	0.10	0.60			
Manningstall		90	90	90	10	5	50	10			37			
Årlig volumetrisk avrenningskoeff (V_coeff)	[0-1]	0.80	0.60	0.50	0.04	0.01	0.32	0.40	0.01	0.02	0.26			
Kobling til nett (DCIA)	[0-1]	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1			1 Oslofjord
Kobling til tette flater (I)	[0-1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			2 Østlandet SØ
Kobling til delvis åpne flater (H)	[0-1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			3 Innlandet
Kobling til plen (P)	[0-1]	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			4 Sørlandet
Kobling til skog (S)	[0-1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			5 Vestlandet
Kobling til regnbed (R)	[0-1]	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0			6 M&R, Trøndelag
Kobling til terrangforsenkning (F)	[0-1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			7 Nord-Norge
Kobling til wadi (W)	[0-1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Bortkoblet (B) bekk osv)	[0-1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Tc (Tconc)	[min]	1.0	1.3	1.4	9.5	28.3	2.3	29.2			4.0			
Midlerere nedbørintensitet (_intens) 200Y	[mm/h]	219	206	205	114	64	184	63	206	206	164			
Maksimal lokal avrenning (_max)	[l/s]	4.30	3.63	3.40	7.06	0.13	2.29	0.00	0.00	0.00	2.04			
	[l/s ha]	430.2	362.9	339.6	70.6	13.3	228.8	0.0	0.0	0.0	203.5			
Ved kulm (_lok)	[l/s]	4.30	3.63	3.40	7.06	0.11	2.29	0.00	0.00	0.00	2.04			
Med koblinger (_qmax)	[l/s]	4.30	3.63	3.40	8.35	0.11	2.29	0.00	0.11	0.00	2.04			
Bidrag til nettet, l/s (_dir)		17.6	0.00	3.63	8.35	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	2.04			
Max bidrag til nettet:		0.00	3.63	3.40	7.06	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04			
Årlig overflateavrenning														
Overflateavrenning lokalt (_mm)	[mm/år]	800	600	500	42	10	323	400	10	20	261			
(_Vlok)	[m3/år]	80	60	50	42	1	32	0	0	0	26			
Med koblinger (_Vtot)	[m3/år]	80	60	50	45	1	32	0	0	0	26			
Totalt til nettet, m3/år (_Vdir)		183	0	60	45	1	0	0	0	0	26			

Begrensning av koblinger

Det er satt følgende begrensninger på overføringene:

- Tak, tette flater og tette flater med kroner til permeable flater, plen og skog: Maksimal arealandel er arealet til mottakende flate.
- Tak, tette flater og tette flater med kroner til delvis åpne flater: Maksimal arealandel er halvparten av arealet til mottakende flate.
- Delvis åpne flater til permeable flater, plen og skog: Maksimal arealandel er to ganger arealet til mottakende flate.
- Tak, tette flater og tette flater med kroner til regnbed: Maksimal arealandel er 14 ganger arealet til regnbedet..
- Delvis åpne flater til regnbed: Maksimal arealandel er 28 ganger arealet til regnbedet.
- Tak, tette flater og tette flater med kroner til terrengforsenkning: Maksimal arealandel er 10 ganger arealet til terrengforsenkning.
- Delvis åpne flater til terrengforsenkning: Maksimal arealandel er 20 ganger arealet til terrengforsenkningen.

Av naturlige grunner kan ingen delarealer overføres til takflater.

Overvannsgebyr beregnet med differensiert fullkost:

$$p_j = \overset{\text{Ledningskapasitet}}{K_{li}} * \frac{l_j * Q_j}{\sum_1^N (l_j * Q_j)} + \overset{\text{Rensekapasitet}}{K_{ri}} * \frac{Q_j}{\sum_1^N Q_j} + \overset{\text{Rensekost}}{k_{rd}} * Q_j + \overset{\text{Forurensningskost res.}}{k_m} * f * Q_j$$

j : enkelt eiendom; N : totalt antall eiendommer

p_j : overvannsgebyr for eiendom j (kr./år)

l_j : avstand fra eiendom j til renseverk (meter)

Q_j : overvannsavrenning eiendom j (m³/år)

K_{li} : årskostnad for investering i økt ledningskapasitet 2016-2040 (kr./år)

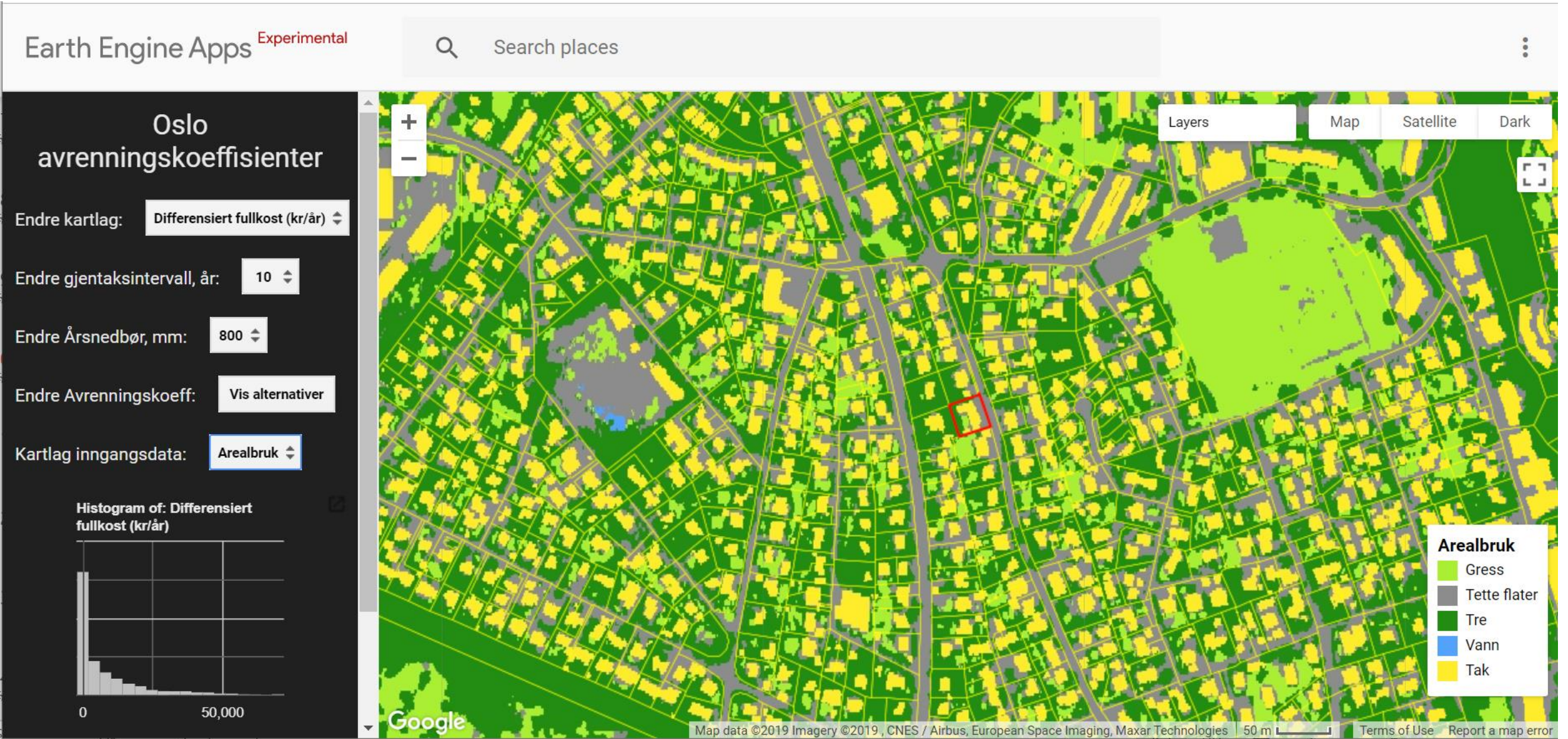
K_{ri} : årskostnad for investering i økt rensekapasitet 2016-2040 (kr./år)

k_{rd} : marginalkostnad for rensing av overvann (kr./ m³)

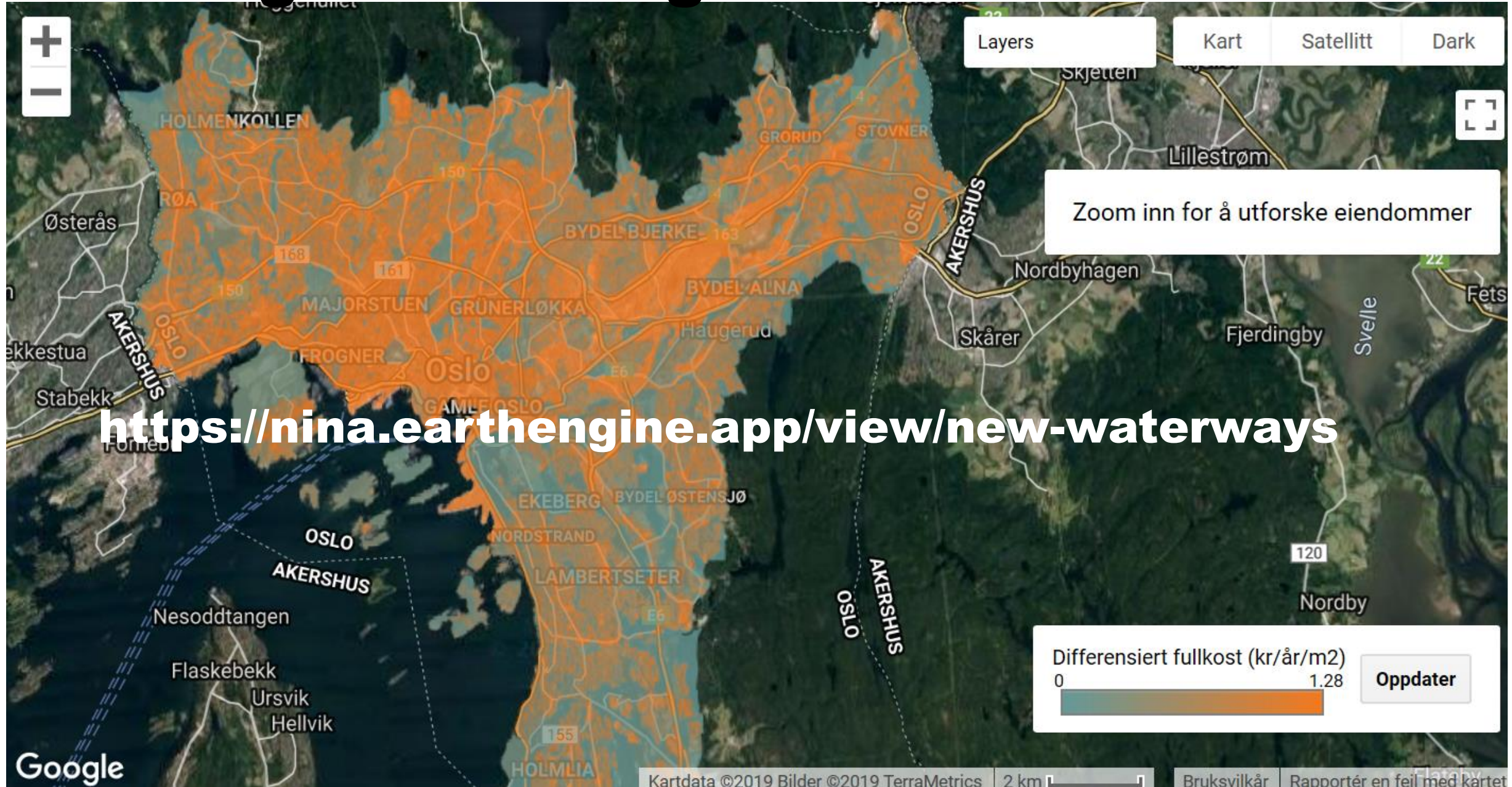
k_m : marginal miljøkostnad (kr./ m³)

f : andel overvann som medfører overløp (%)

Basisgebyr basert på Arealdekke på eiendomsnivå



Fordeling av fremtidig full kost: 0.75 kr/år m²





Layers

Map

Satellite

Dark



Klikk på en eiendom for å få statistikk

Arealbruk

- Gress
- Tette flater
- Tre
- Vann
- Tak



Layers

Map

Satellite

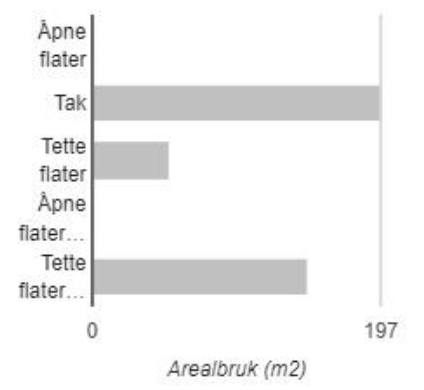
Dark



**Eksempel
#1 basis
overvannsgebyr
eiendom:
607 kr. /år**

Overvannsgebyr fullkost (kr/år): 607.8

Utforsk kostnadsformel



Klikk på en søyle for å sette inn overvannstiltak

Lukk



Oppdater



Layers

Map

Satellite

Dark



UPDATE

Overvannsgebyr fullkost (kr/år): 607.8

Overvannsgebyr fullkost (kr/år) MED TILTAK: 480.26

Lukk

Overvannstiltak:

Tette flater&trær (m2): 30

Delvis åpne flater (%): 0

Regnbed (%): 0

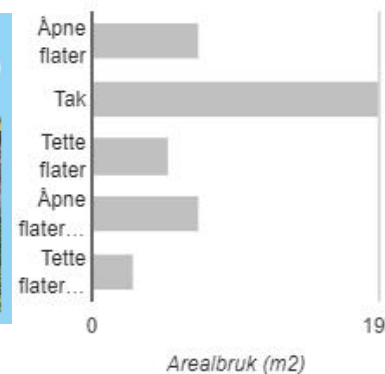
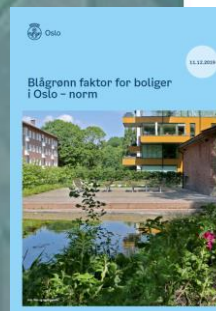
Terreng-forsenk (%): 0

Wadi (%): 0

Åpne flater: 50

Åpne flater&trær: 30

Oppdater kart



Klikk på en søyle for å sette inn overvannstiltak

**Eksempel
#2 eier-justert
overvannsgebyr
eiendom:
480 kr. /år**

Overvannsgebyr fullkost (kr/år)



Oppdater

Referanser nevnt i presentasjonen

- ASCE. (1992). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice No. 77* . New York: American Society of Civil Engineers.
- Førland, E. J., Mamen, J., Dyrrdal, A. V., Grinde, L., & Myrabø, S. (2015). *Dimensjonerende korttidsnedbør*. Oslo: Meteorologisk institutt; NVE.
- Myrabø, S. (1991). *Flomberegning*. Oslo: NVE, Oppdragsrapport 8 - 91.

Full liste i rapporten:

Sælthun, N.R & Barton, D.N. 2021. REO: Estimering av overflateavrenning fra urbane felt. Beregningsgrunnlag for et arealdifferensiert overvannsgebyr (revidert utgave). NINA Rapport 1851b. Norsk institutt for naturforskning



Takk for oppmerksomheten!