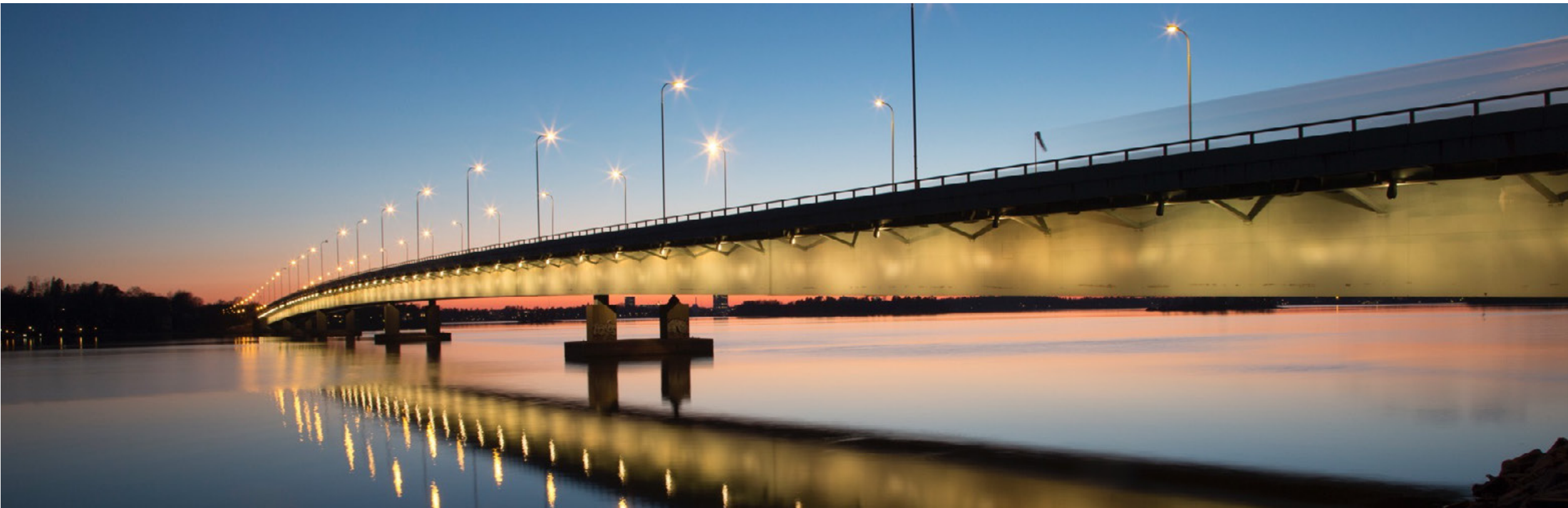




Väyläviraston julkaisuja 78/2022: Muuttuvien tulvien vaikutus siltoihin ja niiden suunnitteluun

DESTIA

A COLAS COMPANY

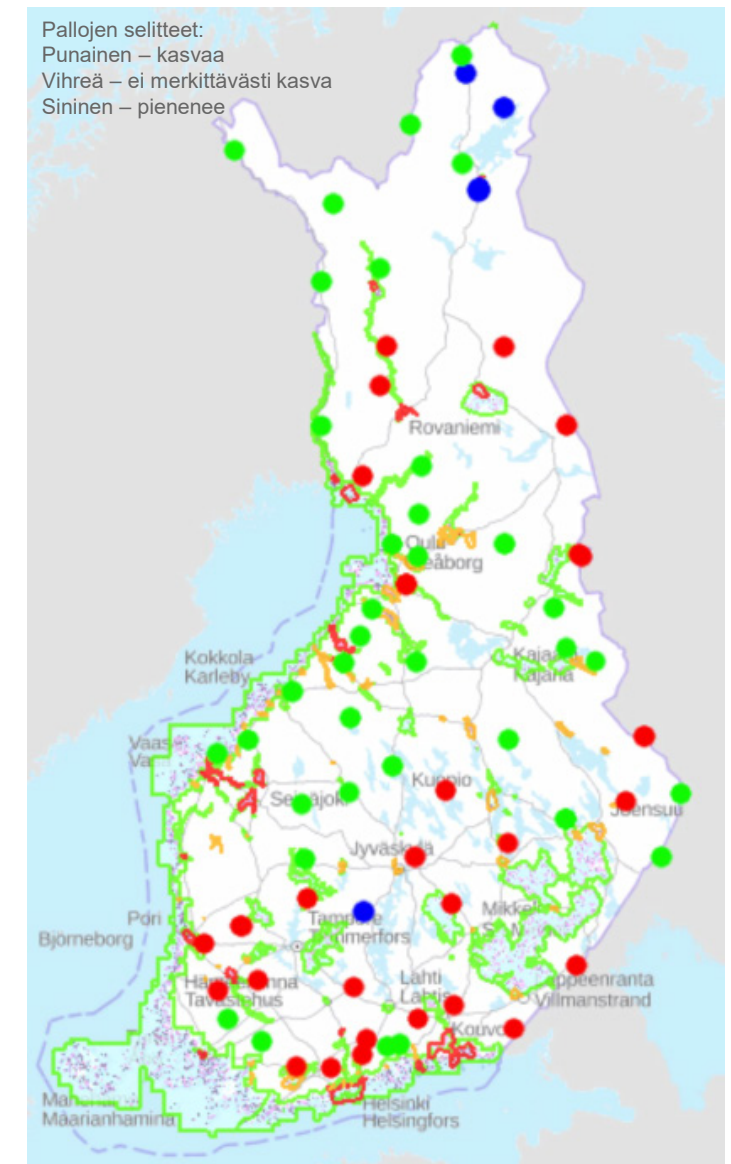
Esityksen sisältö

- Tulvat ja ilmastonmuutoksen vaikutukset niihin
- Tulvien aiheuttamat vauriot ja kuormat
- Varautumisen nykytilanne
- Tulvariskikohteen tunnistaminen
- Suositeltavia toimenpiteitä tulvien huomioon ottamisessa siltarakenteissa



Tulvat ja ilmastonmuutoksen vaikutukset niihin

- Tulvat ovat osa luonnon normaalia toimintaa
- Tulvatyypit: vesistö-, merivesi- ja hulevesitulvat
- Vesistötulvat voivat syntyä:
 - Lumen sulamisesta
 - Jää- ja hyydepadoista
 - Rankkasateista ja pitkistä sateisista ajanjaksoista
 - Maan sortumista ja vyörymistä
 - Irtoaineksen kertymisestä
 - Vesirakenteiden toimintahäiriöistä
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulviin
 - Valunnan, virtaamien ja vedenkorkeuksien muutokset
 - Muutosten suuruus vaihtelee sijainnin ja vesistötyypin mukaan



1/100a tulvien maksimimuutokset ilmastonmuutoksen vaikutuksesta eri puolella suomea 2070-2099 verrattuna 1981-2010 jaksoon.

DESTIA

A COLAS COMPANY

Tulvien aiheuttamia vauriota siltarakenteissa

Lähde: E. Ikonen, Tulvavesi romahdutti tien Kontiolahdella, kuva, 2013.
Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-6589791>



Kalliojoen silta SK-1762 ja uusi SK-3294, Kontiolahti (Lähde: Taitorakennerekisteri)



U-1228 Brasbyn silta (Lähde: Taitorakennerekisteri)



Saksa, Sinzig 2021 (Lähde: <https://www.cnn.com/2021/07/17/photos-show-devastating-flooding-in-western-europe.html>)



Saksa, Echtershausen 2021
(Lähde: <https://awsforwp.com/2021/07/16/the-death-toll-from-devastating-floods-in-europe-is-in-the-top-100/>)



Tulvista aiheutuvat kuormitukset siltoihin

Tapaus	Rajatila / todennäköisyys	Vaikuttava ilmiö	Vaikutukset rakenteeseen nykytilanteessa (HW)	Vaikutukset rakenteeseen, kun kasvanut tulva (HW+)
Noste	Rajatilamitoitus / onnettomuus	- Noste	- Paalujen rasitukset - Rakenteen pystyssä pysyminen (pohjapaineen kuormitusresultantti)	- Nosteen aiheuttaman kuormituksen voimistuminen - Vaikutukset päällysrakenteisiin (päällysrakenteen jännitys jakauman muutokset) - Laakerien rasitukset - Paalujen rasitukset - Rakenteen pystyssä pysyminen (pohjapaineen kuormitusresultantti)
Virtaava vesi	Rajatilamitoitus	- Hydrodynaaminen kuormitus - Hydrostaattinen kuormitus	- Alusrakenteen rasitukset - Rakenteen pystyssä pysyminen	- Virtauksen aiheuttaman kuormituksen voimistuminen - Vaikutukset päälly- ja pintarakenteisiin - Alusrakenteiden rasitukset - Kuormituksen sijainnin muutokset - Rakenteen pystyssä pysyminen
Irtoaines	Onnettomuus	- Padotus ja vedenkorkeuden nouseminen - Virtauksen muutokset - Hydrodynaamisen kuormituksen muutokset - Hydrostaattisen kuormituksen muutokset	- Alusrakenteen rasitukset - Rakenteen pystyssä pysyminen - Vapaa-aukon pienentyminen (padotus)	- Irtoaineksen aiheuttaman törmäyskuorman voimistuminen - Kuormituksen sijainnin muutokset - Vaikutukset päälly- ja pintarakenteisiin - Kuormitukset sillan varusteisiin (mm. kaiteet) - Rakenteen pystyssä pysyminen - Vapaa-aukon pienentyminen (padotus)
Jää	Rajatilamitoitus	- Kuormitukset vaaka- ja pystysuunnassa	- Mahdolliset päällysrakenteen rasitukset - Alusrakenteen rasitukset - Rakenteen pystyssä pysyminen	- Jään aiheuttaman törmäyskuorman voimistuminen - Kuormituksen sijainnin muutokset - Jäiden liikkeiden lisääntyminen - Pystysuuntaisen kuormituksen kasvaminen - Vaikutukset päälly- ja pintarakenteisiin - Kuormitukset sillan varusteisiin (mm. kaiteet) - Vaikutukset alusrakenteeseen - Rakenteen pystyssä pysyminen
Eroosio	Onnettomuus	- Tukipainuma - Kiertymä	- Alusrakenteen rasitukset - Päällysrakenteen rasitukset - Laakerien rasitukset	- Eroosion voimistuminen - Eroosion vaikutusalueen kasvaminen - Suurentuneet painumat ja rakenteiden liikkeet - Suurentuneet rasitukset päällysrakenteisiin ja laakereihin - Rakenteen pystyssä pysyminen
Hyjde	Onnettomuus	- Padotus ja vedenkorkeuden nouseminen - Virtauksen muutokset - Välituen tehollisen poikkileikkauksen kasvaminen	- Alusrakenteen rasitukset - Rakenteen pystyssä pysyminen - Vapaa-aukon pienentyminen (padotus)	- Vedenkorkeuden nousu entisestään - Eroosion vaikutusalueen kasvaminen - Päälly- ja alusrakenteen rasitukset - Virtauksien voimistuminen - Rakenteen pystyssä pysyminen - Vapaa-aukon pienentyminen (padotus)

Tulviin varautumisen nykytilanne

- Suomessa tehty tulvariskien hallintaa
 - Alueelliset hallintasuunnitelmat
 - Tulvakarttapalvelu ja tulvavaroitukset
 - Siltarakenteiden osalta varauduttu:
 - Siltojen tarkastukset
 - Tarkastus- ja suunnitteluohjeet
 - Maankäytön suunnittelu
 - Siltoja uusittu ja korjattu
- Tulviin varautuminen siltarakenteissa maailmalla mm.
 - Tulvien mitoitustoistuvuuden kasvattaminen
 - Rakenteet, jotka nostavat jäätä ja haitta-aineksia esiin
 - Siltojen päällysrakenteita on nostettu ylemmäs
 - Välituettomien rakenteiden suosiminen



Lähde: A.M Kirby, M. Rocam A. Kitchen, M. Escaramaia, O.J. Chesterton, Manual on scour at bridges and other hydraulic structures, second edition, CIRIA C742, London, 2015, 202 p.



Lähde: <https://www.newcivilengineer.com/latest/watch-engineers-lift-welsh-rail-bridge-out-of-flood-zone-29-06-2021/>

Tulvariskikohteen tunnistaminen

Olemassa olevan sillan tunnistaminen tulvariskikohteeksi mm. seuraavien kriteerien perusteella

- Silta sijaitsee tulvariskialueella
- Päälysrakenteen alapinnan ja HW-ylivedenkorkeuden väli on alle 500 mm
- Siltapaikan maaperä on eroosioherkkää ja eroosiosuojauksessa on ollut vaurioita
- Sillassa on jo olemassa olevia muita vaurioita, joiden seurauksena sillan kantavuus on heikentynyt
- Tulvasta voi aiheutua merkittävää haittaa esim. ihmisille, yleiselle turvallisuudelle, ympäristölle, infrastruktuurille tai taloudelliselle toiminnalle



Lahti, huhtikuu 2022

Työnaikaisen rakenteen tulvariskianalyysi (tiesillat)

Käytettävistä varautumisen keinoista pitää keskustella tilaajan, ELY-keskuksen ja paikallisten viranomaisten kanssa.

Lisäksi rakennetekniset ratkaisut pitää käydä rakennesuunnittelijan kanssa läpi.

Perustiedot

Kohteen nimi:	Ylittävä väylä:
Uudis- vai korjauskohde:	KVL:
Siltatyypin:	Vesistötiedot:
Siltatyömaan kesto ja rakentamisen alkamisaika: - alusrakenne - päällysrakenne	Työnaikaisten rakenteet:
Tilaaaja:	Alueen ELY-keskus:

Työmaan sijainti ja merkittävyys

Sijaitseeko työmaa tiedetyllä tulvariskialueella? [1], [2] - Tärkeää ilmoittaa työmaasta ELY-keskusta/alueen viranomaisia sekä mahdollista vesistönsäännöstelijää. Tulvariskialueen ja kohteen voi selvittää kysymällä alueen viranomaisilta, kuten ELY-keskukselta, Pelastuslaitokselta tai paikallistuntumusta omaavilta. Onko alueen toiminta-aika lyhyt tulvan sattuessa? (Päiviä / viikkoja / kuukausia) Toiminta-ajan pituus tulee ottaa huomioon varautumiskeinojen suunnittelussa, sillä se määrittää käytettävissä olevat keinot. Toiminta-aikaan vaikuttavat mm. alueen tulvan nousuaika, valuma-alue, järvisyys, lumisuus, onko vesistönsäännöstelyalue yms. Toiminta-ajasta pitää keskustella paikallisen ELY-keskuksen ja vesistönsäännöstelijän kanssa.	☐ Kyllä ☐ Ei ☐ Kyllä ☐ Ei
Aiheutuuko väyläyhteyden katkeamisesta suurta haittaa ihmisille, teollisuudelle tai yleiselle turvallisuudelle? (esim. onko väylä ainut kulkuyhteys alueelle, kulkeeko väylällä paljon liikennettä?) Tilaaajan kanssa keskustelu kriittisimmistä kohteista ja miten nämä olisi syytä huomioida.	☐ Kyllä ☐ Ei
Onko työmaa mahdotonta kiertää erillisellä kiertotiellä? Selvitys mahdollisesta kiertotiestä. Vaihtoehtoista kiertotiestä tulee sopia tilaaajan kanssa etukäteen, jotta kiertotie täyttää varmasti vaatimukset.	☐ Kyllä ☐ Ei

Työnaikainen rakenne voidaan tunnistaa tulvariskikohteeksi mm. seuraavien kriteereiden perusteella

- Työnaikaisen rakenteen vaurioituminen aiheuttaa riskin henkilövahingoille
- Kohde sijaitsee tulvariskialueella ja alueella on lyhyt toiminta-aika
- Työnaikaisessa rakenteessa on maanvaraisia perustuksia uoman läheisyydessä
- Työnaikainen rakenne on matalalla
- Työnaikainen rakenne voi padottaa ja se kaventaa uomaan merkittävästi
- Siltapaikalla on useampi työnaikainen rakenne
- Työnaikainen rakenne on käytössä pitkään
- Tulvan tapahtuessa työn valmistuminen viivästyisi merkittävästi tai vaihtoehtoisista kiertotietä ei voida toteuttaa järkevästi

Suositteltavat varautumiskeinot

Suosittelavat yleiset toimenpiteet varautumisen parantamiseksi

■ Omaisuuden hallinta ja seuranta

- Tulvariskikohteiden tarkempi nimeäminen ja tunnistaminen
- Siltojen kohdennetut tarkastukset (+ oikein ajoitetut korjaukset)
- Vaurioiden ja niiden syiden kirjauksien parantaminen
- Dokumentaation lisääminen ja tarkentaminen (Taitorakennerekisteri)

■ Kokonaisuuden huomioiminen

- Yhden siltapaikan korjaaminen ei välttämättä poista tulvaongelmaa

■ Tulvariskien hallintasuunnitelmat ovat tärkeitä

- Suunnitelmissa esitetyt toimet tulee toteuttaa ja niiden vaikutuksia seurata
- Lisää vuoropuhelua eri viranomaistahojen välillä, jolloin siltarakenteet voidaan huomioida entistä paremmin

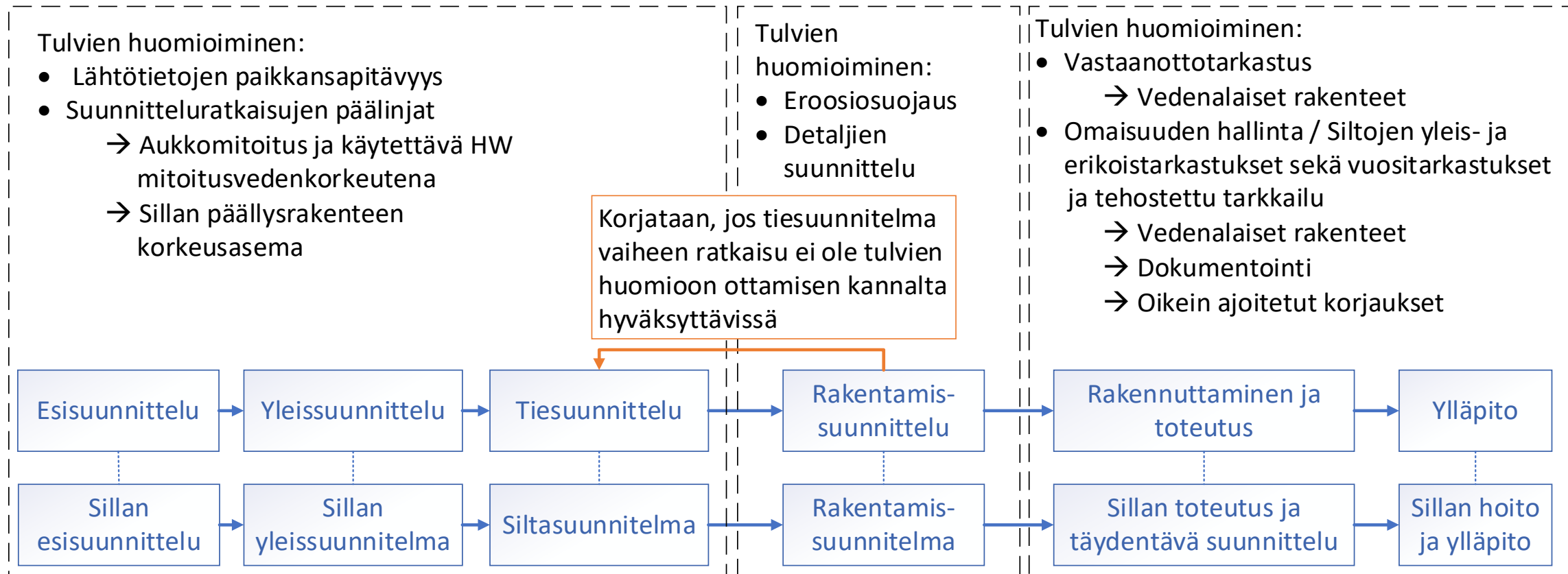
■ Tilaajalla päävastuu tulvien huomioimisen korostamisessa

- Tuotevaatimukset
 - Riittävän kattavat lähtötiedot, mm. vedenkorkeudet ja pohjatutkimusohjelmat



Lähde: P. Barrette, H. Babaei, R. Frederking, M. Richard, L. Poirier, Assessing ice action on bridges in the context of climate change: Prospective approach, National Research Council of Canada, Ottawa, 2017.

Tulvien huomioon ottaminen tie- ja siltahankkeen toteutuksen eri vaiheissa



■ Rakenneteknisesti siltasuunnittelussa ei ole parannettavaa rakennussuunnitteluvaiheessa

- Jos tulvat on huomioitu jo aiemmissa suunnitteluvaiheissa
- Eroosiosuojaus ja aukkomitoitus ovat riittäviä
- Siltojen suunnittelukuormissa on huomioitu jo merkittävimmät kuormat

■ **Detaljien suunnittelussa täytyy olla kuitenkin tarkkana**

Varautumisen keinot uusien siltojen osalta esim.

- Tulvariskikohteiden tunnistaminen
- Suunnittelu tulevaisuuden ilmaston ja vedenkorkeuden arvoilla
- Kokonaispituuden pidentäminen
- Päälysrakenteen riittävä korkeusasema
- Sillan asemointi uomaan huomioimalla virtaukset, eroosiohistoria ja muut läheiset rakenteet
- Yksiaukkoisten rakenteiden suosiminen
- Riittävä eroosiosuojaus



Lähde: T-178 Vähäjoen silta - Taitorakennerekisteri

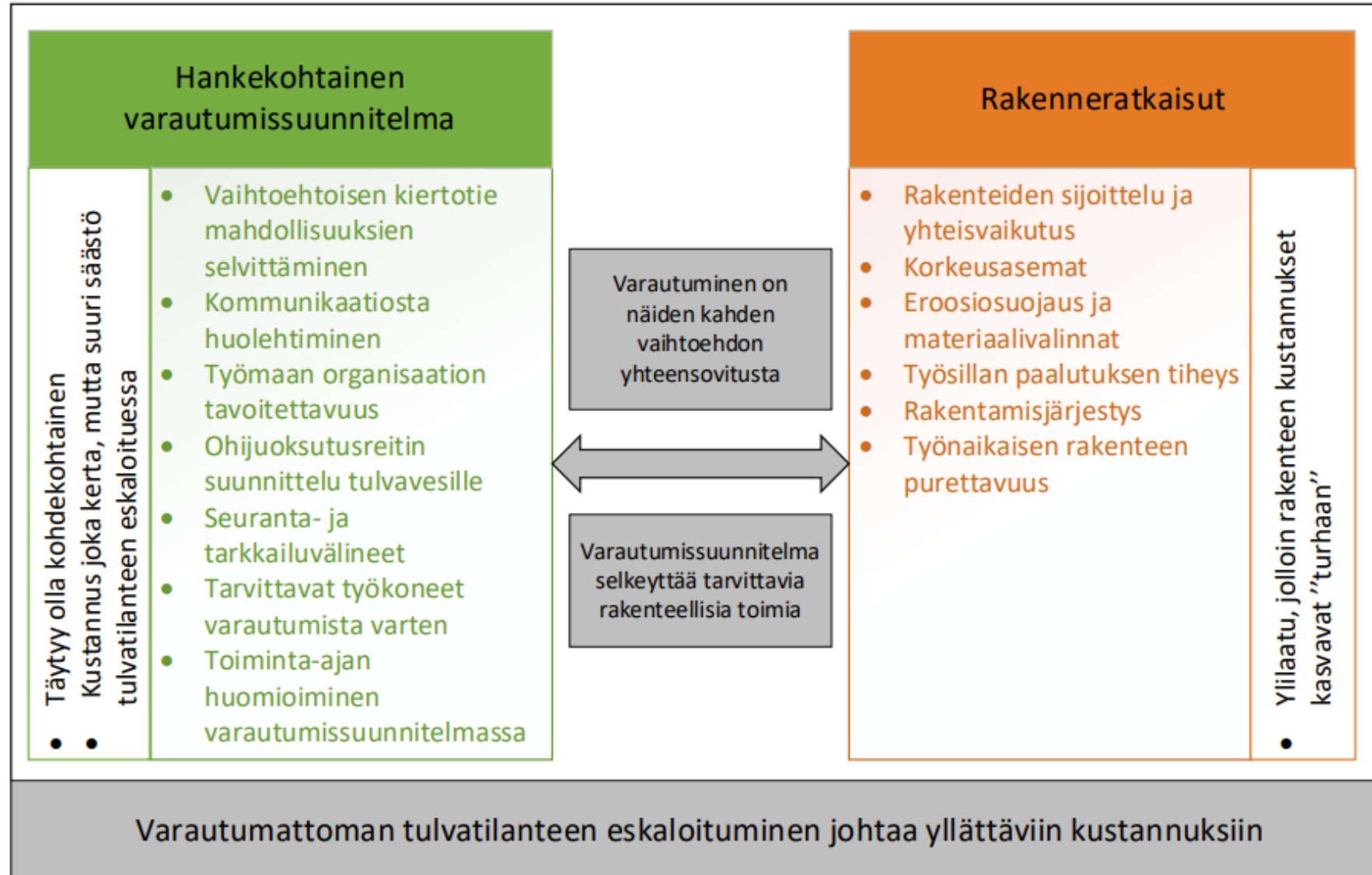
Varautumisen keinot olemassa olevien siltojen osalta esim.

- Tulvariskikohteiden tarkempi tunnistaminen ja nimeäminen
- Tarkastusten kohdentaminen ja vedenkorkeuden seuranta
- Eroosiosuojauksen parantaminen
- Sillan pilarien ja välitukien muodon optimoiminen
- Uoman muotoilun parantaminen perkaamalla, ruoppaamalla yms.
- Tulvatasanteiden rakentaminen
- Sillan päällysrakenteen korkeusaseman nostaminen ylemmäs



[https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/tulviin_varautuminen/tulvariskien_hallinta/tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/tulvariskien_hallintasuunnitelmat/vantaanjoen_vesistoalueen_tulvariskien_h\(29282\)](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/tulviin_varautuminen/tulvariskien_hallinta/tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/tulvariskien_hallintasuunnitelmat/vantaanjoen_vesistoalueen_tulvariskien_h(29282))

Varautumisen keinot työnaikaisten rakenteiden osalta



**Kiitos mielenkiinnosta!
Kysymyksiä?**

DESTIA

A COLAS COMPANY