

2.7.2017

Maailmanperintötien silta

Silta-aukkojen mitoitus ja virtaustarkastelut

Mustasaari

Ympäristötekniikan insinööritoimisto Jami Aho

www.jamiaho.fi

1 TAUSTA

Mustasaaren kunta suunnittelee tietä, joka yhdistäisi Björkön ja Raippaluodon saaret. Hankkeen tarkoituksena on parantaa Björkön ja Söderuddenin kylän/Paniken saaren välisiä tieyhteyksiä. Tieyhteyden avulla saataisiin yhdistettyä Björkö ja Vistan siten, että maailmanperintöalueen eri osissa käyminen helpottuisi.

Hankkeessa tulee tehdä ympäristövaikutusten arviointi, jota valmistelee FCG Oy. Arviointimenettelyssä on esitetty tielle neljä eri linjausta Uddströmmenin ylityksessä. Tässä raportissa on määritetty pengertien vaikutuksia alueen virtauksiin ja tarvittavien aukkojen mitoittamista.

2 MENETELMÄT

Virtaamamuutosten arviointi tehtiin käyttämällä 2D-virtausmallinnusta (Hec-Ras 5.0.3). Maastomallinnus tehtiin Autocad Civil3D -ohjelmalla.

Virtausmallinnuksessa muodostettiin alueesta maastomalli ja laskentaruutuna käytettiin 5x5 metrin ruutua. Mallinnuksessa hydrauliset tunnusluvut lasketaan jokaiseen ruutuun ja jokaisen ruudun sivulle. Laskennan aika-askeleena käytettiin 1 minuuttia ja laskenta-aikana 100 tuntia.

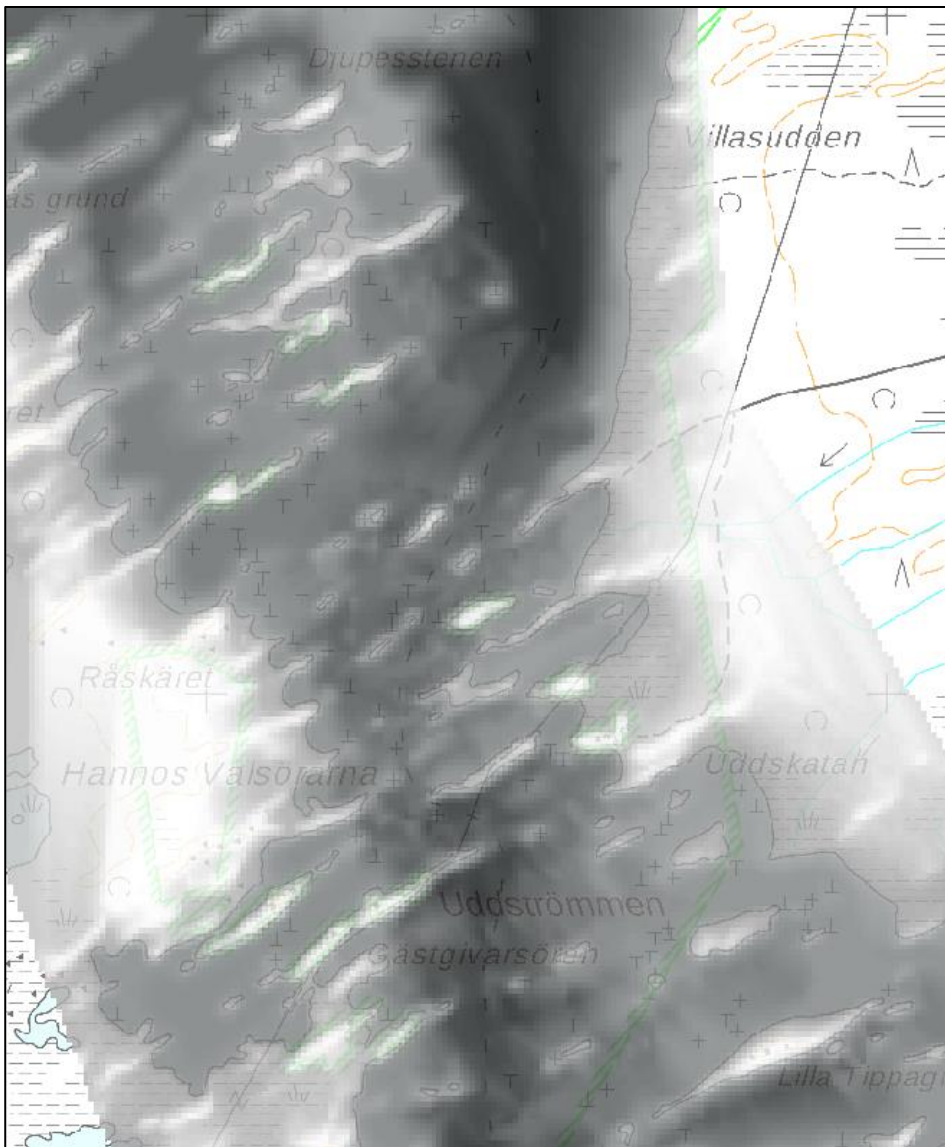
Tarkka kuvaus mallinnusohjelman rakenteesta ja toiminnasta on saatavissa osoitteesta <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>.

Mallinnuksessa laskettiin virtaukset sekä etelä- että pohjoisvirtauksella. Tyypillisesti merenpinnan laskiessa virtaus suuntautuu pohjoiseen ja merenpinnan noustessa etelään, koska Djupfjärdenistä on laajempi yhteys mereen kuin Revöfjärdenistä.

3 LÄHTÖTIEDOT

Maastomallin lähtötietoina käytettiin kansallista laserkeilausta noin tasosta N2000+0.1 m ylöspäin. Vesialueet luodattiin veneestä käsin tasosta noin N2000-0,3 m alaspäin. Luotauksessa käytettiin tarkkuusluotainta, jonka mittaustarkkuus on noin 1 cm. Luotaus tehtiin vaihtelevalla pistevälillä siten, että pienipiirteisissä ja siltavaihtoehtojen lähellä olevilla alueilla käytettiin noin 2 – 20 metrin pisteväliä ja muualla noin 20 – 100 metrin pisteväliä. Yhteensä luotauspisteitä oli noin 10 000 kpl.

Luotauspisteet ja laserkeilauspisteet yhdistettiin samaan maastomalliin. Mallia tarkennettiin ilmakuvakuvatulkinalla (Maanmittauslaitoksen ilmakuvat). Virtausmallinnusta varten maastomallia yleistettiin 5x5 metrin ruutuun laskenta-ajan kohtuullistamiseksi.



Kuva 1. Uddströmmenin maastomalli.

Ruutujen manningin karkeuskertoimeksi asetettiin 0.03, joka on tyypillinen hitaasti virtaavan pienen virtausvastuksen omaavan alueen karkeuskerroin. Samaa kerrointa käytettiin nykytilassa ja suunnittelutilassa tulosten vertailtavuuden vuoksi.

Selvitettävien siltojen penkereet lisättiin maastomalliin ja siltojen aukoilte arvioitiin alustavat sijainnit nykytilan mallinnuksen perusteella siten, että aukot sijoitettiin virtaavimpiin paikkoihin. YVA-arviointiohjelman siltavaihtoehto 1A laskettiin kahdella aukolla ja muut vaihtoehdot sekä yhdellä, että kahdella aukolla. Aukkojen leveydeksi määritettiin 40 m kun sillassa on yksi aukko ja 20 m kun sillassa on kaksi aukkoa.

Virtaaman suuruus ja virtauksen nopeus salmessa riippuu lähinnä merivedenkorkeudesta ja sen muutosnopeudesta, jolloin erilaisia virtaamatilanteita esiintyy salmessa huomattava määrä. Nopean merivedenkorkeuden muutoksen aikana virtaama on suurimmillaan. Alhaisella merivedenkorkeudella salmen virtauspoikkipinta-ala pienenee, jolloin virtausnopeudet nousevat pääasiassa virtauskohdassa ja

laskevat poukamissa. Korkealla merivedenkorkeudella salmen virtauspoikkipinta-ala kasvaa, jolloin virtausnopeudet hidastuvat koko alueella. Edellisten vuoksi mallinnukseen valittiin tilanne, jossa salmen vedenkorkeus on suunnilleen meriveden Ilmatieteen laitoksen vahvistama teoreettinen keskivedenkorkeus vuonna 2016 (N2000+0.09 m) ja jossa sillan vaikutus virtauksiin olisi mahdollisesti merkittävin. Virtaamaa ei erityisesti määritetty, vaan asetettiin Revöfjärdenin ja Djupfjärdenin vedenpintojen korkeuseroksi 10,0 cm, jolla korkeuserolla virtaukset laskettiin.

4 TULOKSET

Tulokset on esitetty seuraavilla sivuilla kuvina eri siltavaihtoehdoille ja virtaussuunnille. Kuvissa on esitetty virtausnopeudet, virtaussuunnat ja virtausten nopeudet laskentaruuduissa.

Tulosten perusteella siltaan tarvittavan aukon tai aukkojen tulisi olla virtauspoikkipinta-alaltaan (veden täyttämä ala vedenkorkeudella N2000+0.09 m) noin 70 - 75 m². Pienempi aukko aiheuttaa suurehkoilla virtaamilla padotusta, joka taas pienentää virtausnopeuksia 0,05 – 0,2 m/s laajahkoilla alueilla.

Sillan aukon leveyden tulee edellisen perusteella olla sitä leveämpi, mitä matalampi vesisyvyys aukossa on. Tämä on nähtävissä esimerkiksi kuvaparista 28 ja 30. Kuvassa 28 leveydeltään 40 m aukossa on vesisyvyyttä noin 2,0 metriä, jolloin virtaama hidastuu salmen alueella vähemmän kuin kuvan 30 mukaisessa tilanteessa, jossa toisessa 20 metrin levyisessä aukossa vesisyvyys on noin 2,0 m ja toisessa 0,3 m. Tällöin kuvan 28 mukaisessa tilanteessa virtauspoikkipinta-ala on noin 80 m² ja kuvan 30 mukaisessa tilanteessa noin 46 m². Aukon kohdalla on mahdollista lisätä virtauspoikkipinta-alaa syventämällä sillan kohtaa ja sen lähialuetta noin 20 m etäisyydellä aukon ylä- ja alapuolella. Heikosti virtaavilla alueilla syvennetyllä kohdalla on kuitenkin taipumus täyttyä sedimentistä, mikä on huomioitava suunnittelussa. Mallinnetuissa silta-aukossa virtausnopeus saattaa riittää pitämään syvennetyn alueen puhtaana, mutta tarpeen mukaan on syytä tehdä tarkempi tarkastelu lopullisesta siltalinjauksesta ja aukkojen virtausnopeuksista sekä mahdollisesta sedimentaatiosta.

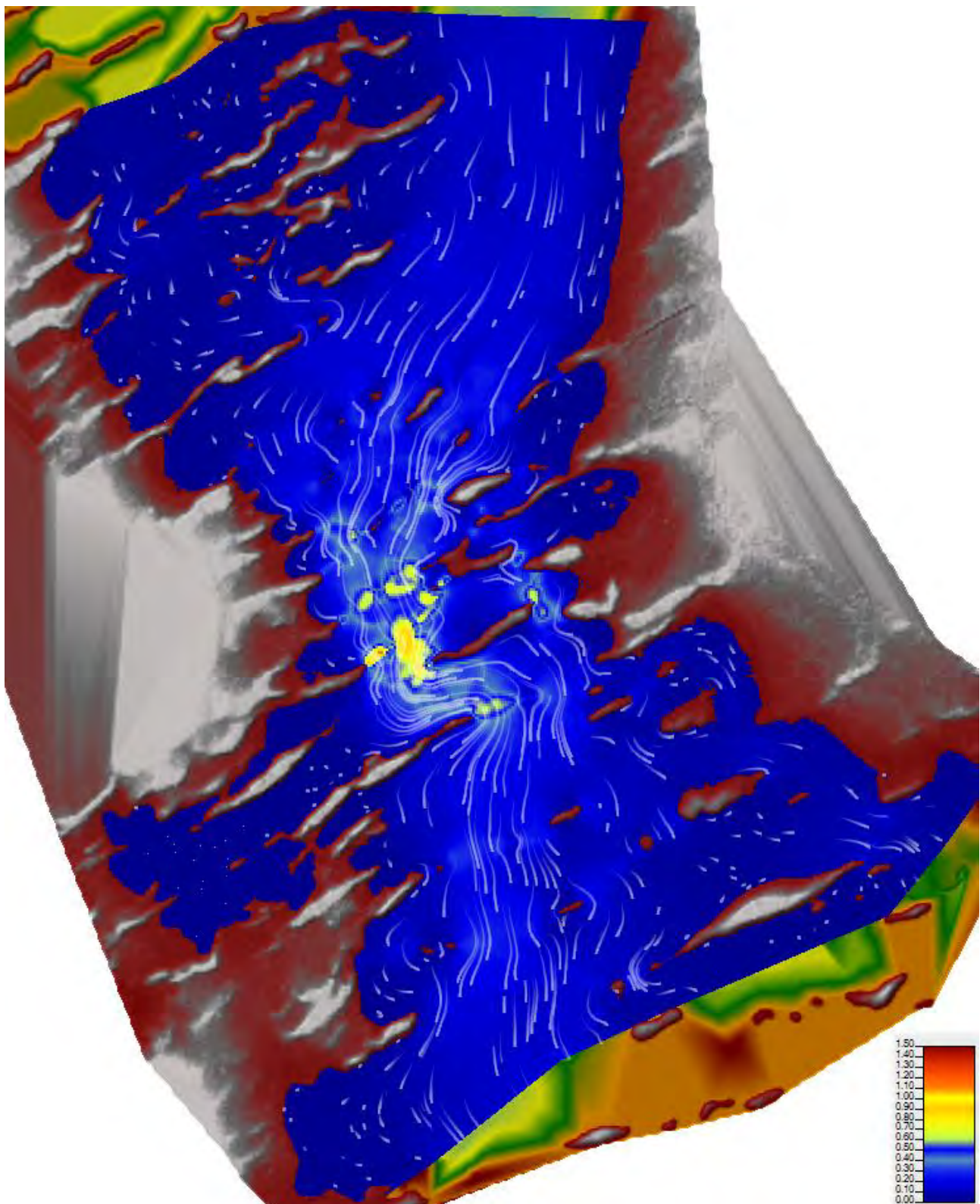
Mallinnuksen perusteella voidaan arvioida, että matalien lahdenpoukamien virtausolosuhteet eivät käytännössä muutu, koska lahdenpoukamat ovat erittäin matalia ja niiden virtaukset ovat erittäin vähäisiä. Poikkeuksena ovat poukamat, jotka ovat penkereen vieressä. Penkereen vieressä ja etäällä aukoista virtausnopeudet saattavat pienentyä merkittävästi, kuten on nähtävissä muun muassa kuvaparista 16 ja 18. Suositeltavaa on sijoittaa aukkoja päävirtausaukon lisäksi myös poukamiin, joissa katkaistaan veden melko vähäisenkin luonnollinen virtausreitti.

Seinäjoella 2.7.2017

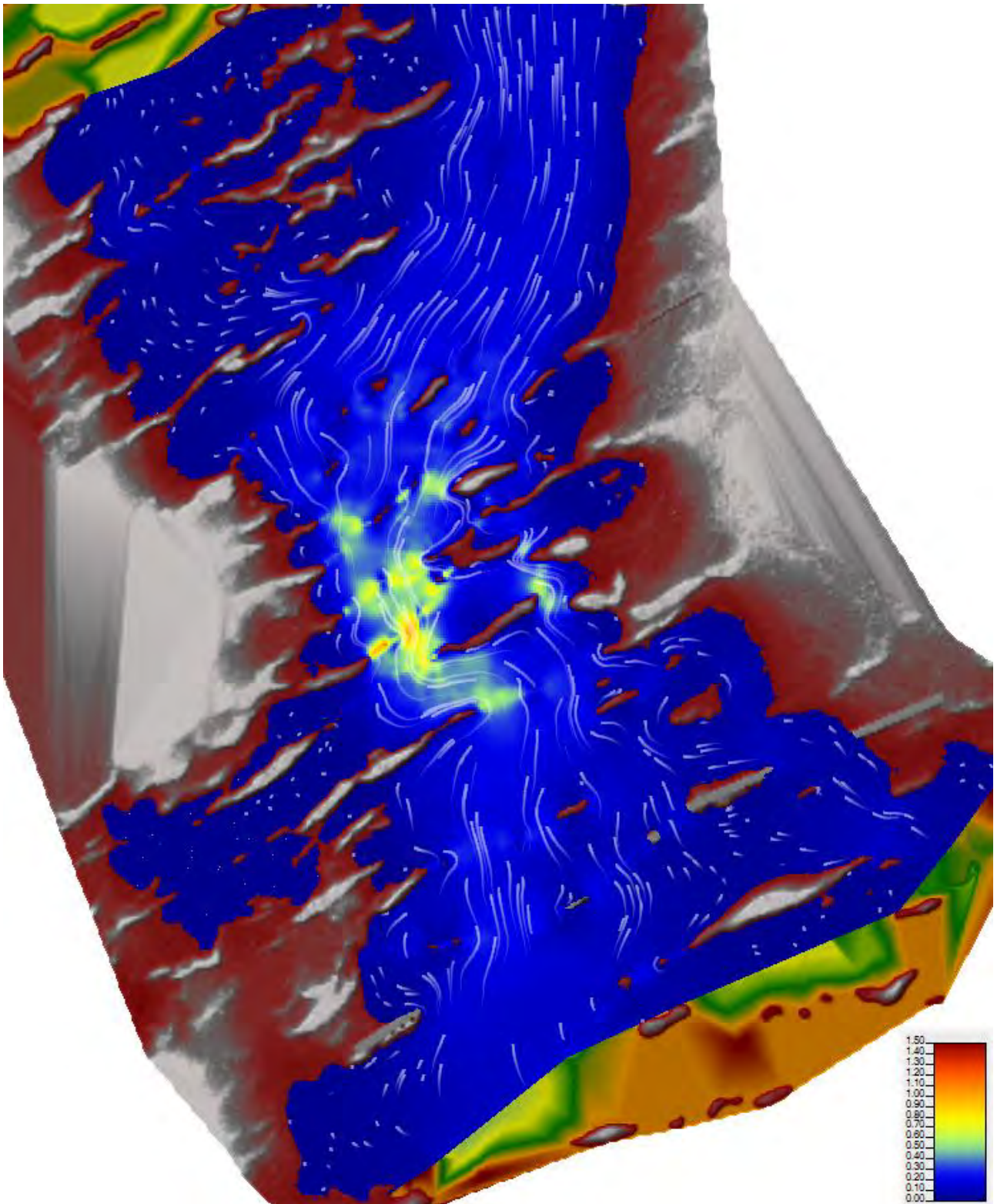
DI Jami Aho

Maailmanperintötien silta, tulokuvat

Kuussa on esitetty virtaukset nykytilassa ja virtausten muutokset eri siltavaihtoehdoilla ja eri erikseen etelä- sekä pohjoisvirtauksella.

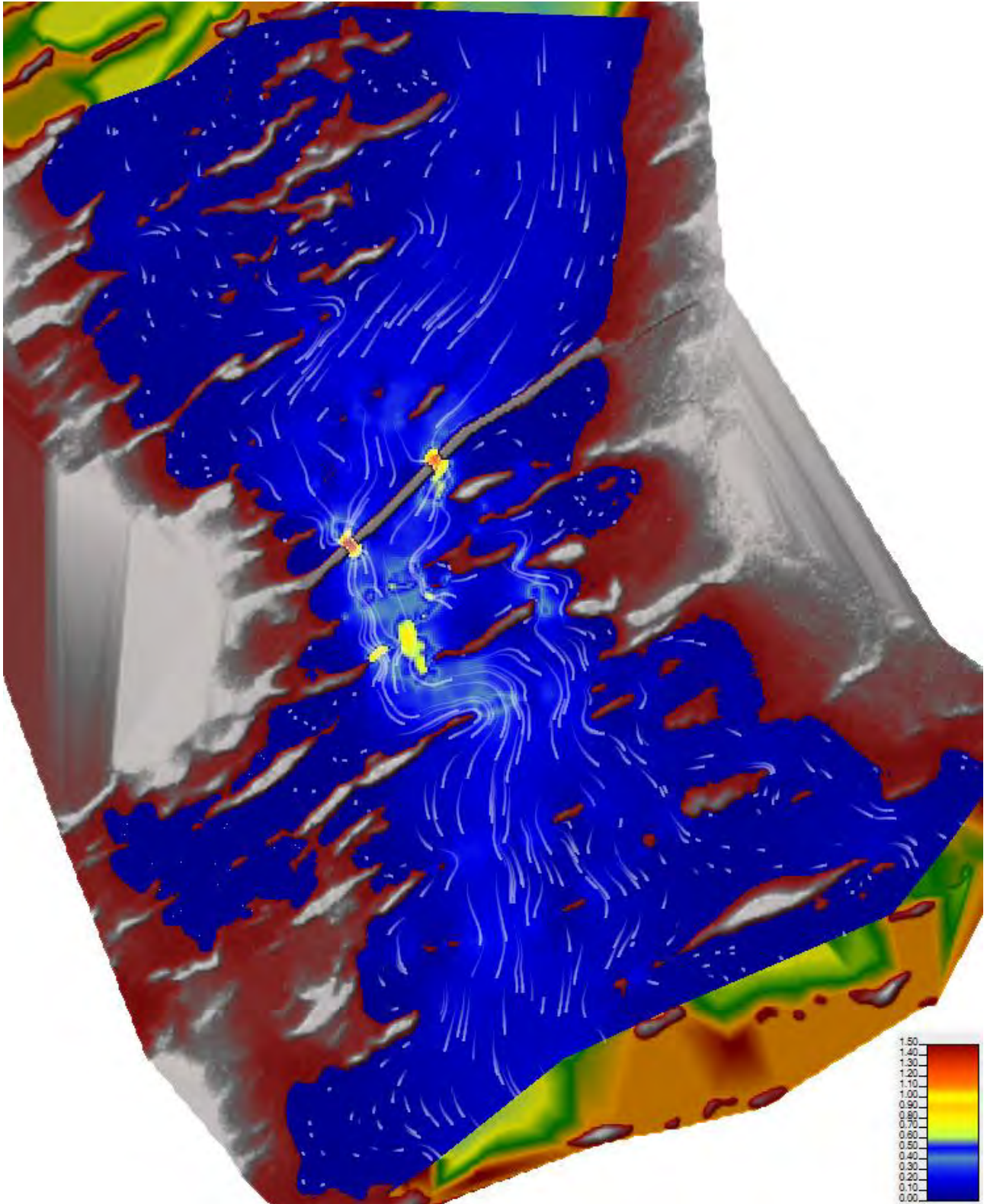


Kuva 1. Nykytila, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus ja virtaussuunnat.

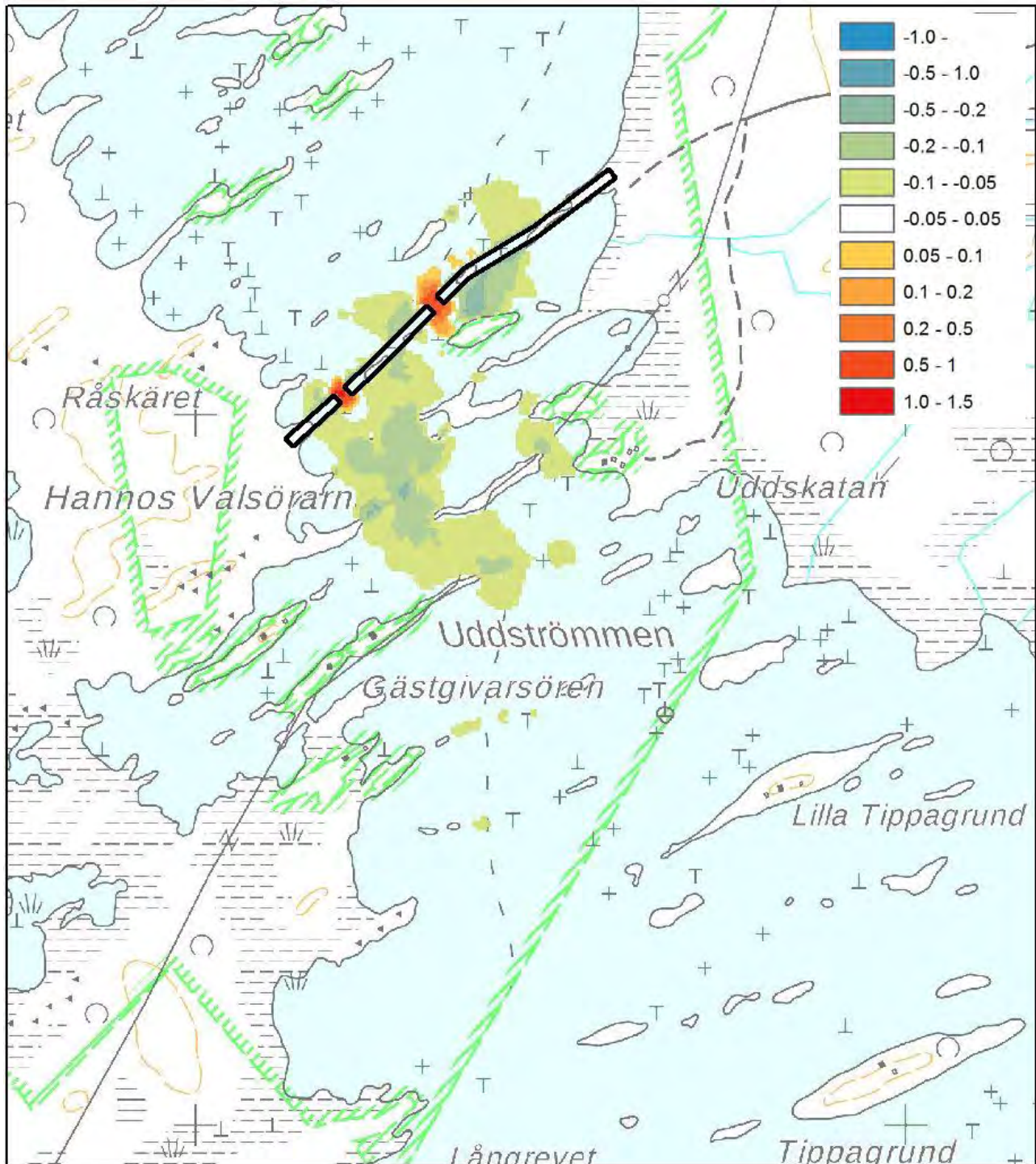


Kuva 2. Nykytila, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat.

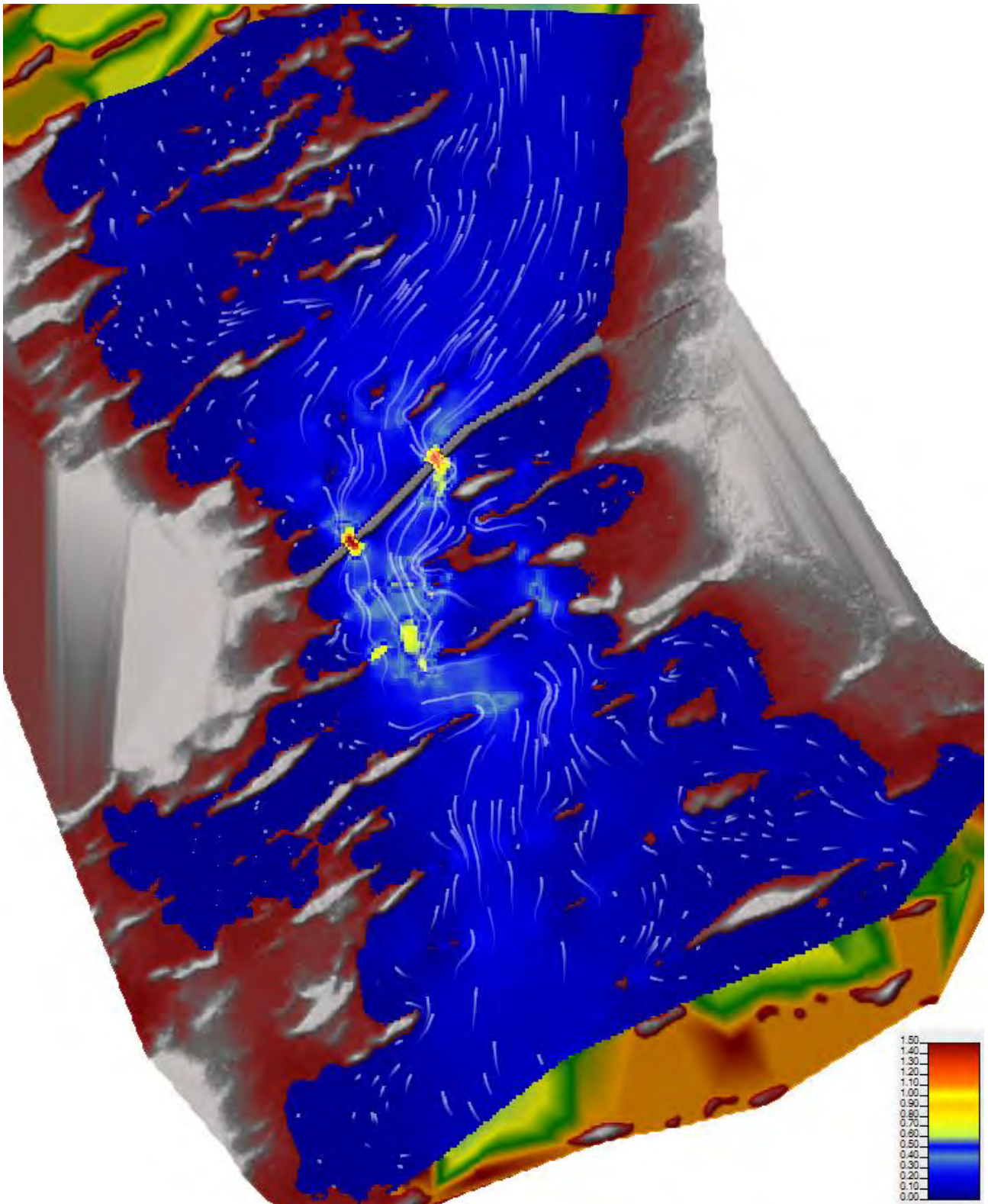
Vaihtoehto 1A



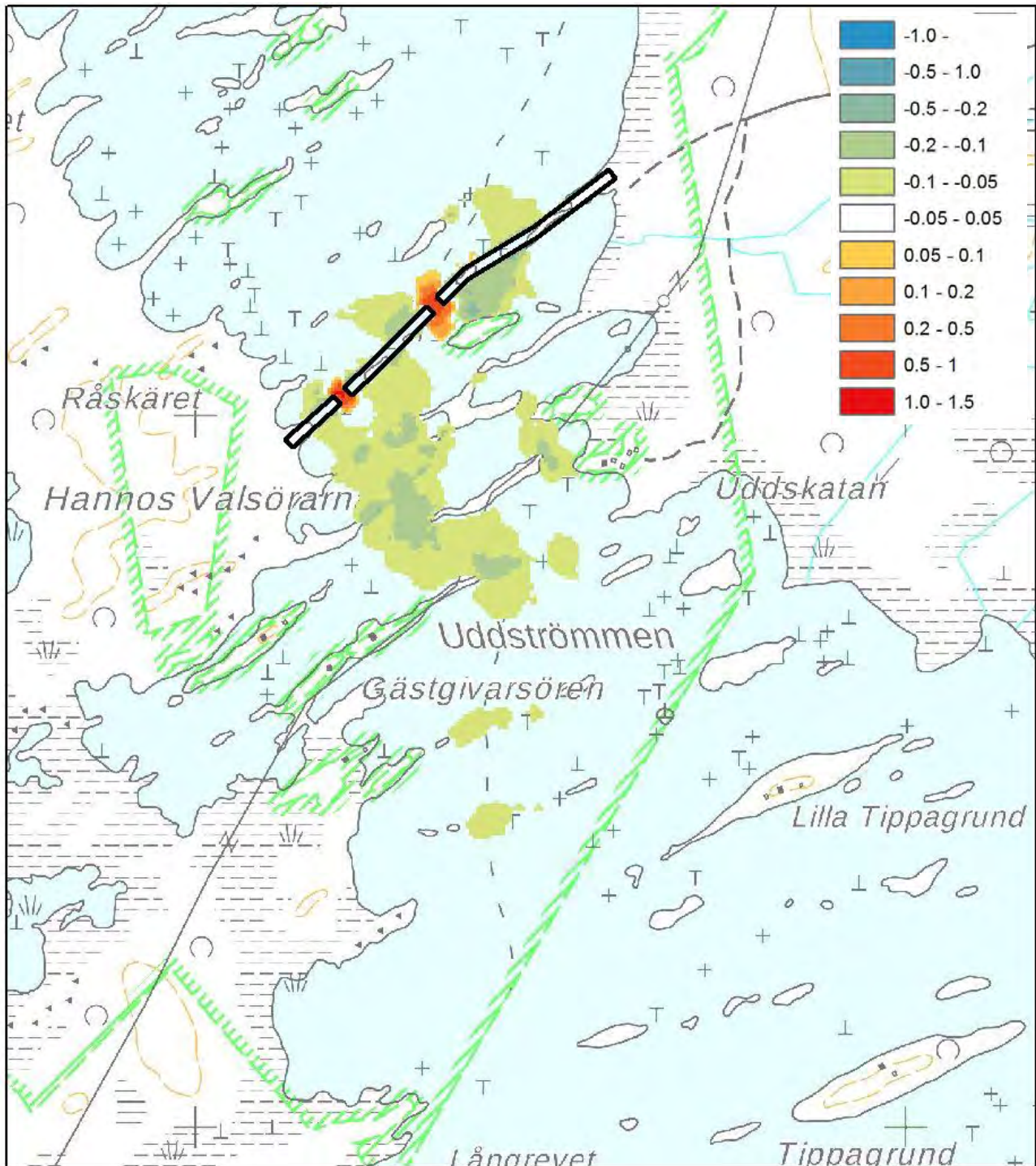
Kuva 3. Vaihtoehto 1A, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat. Pohjakartta MML 07/2017.



Kuva 4. Vaihtoehto 1A, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s). Pohjakartta MML 07/2017.

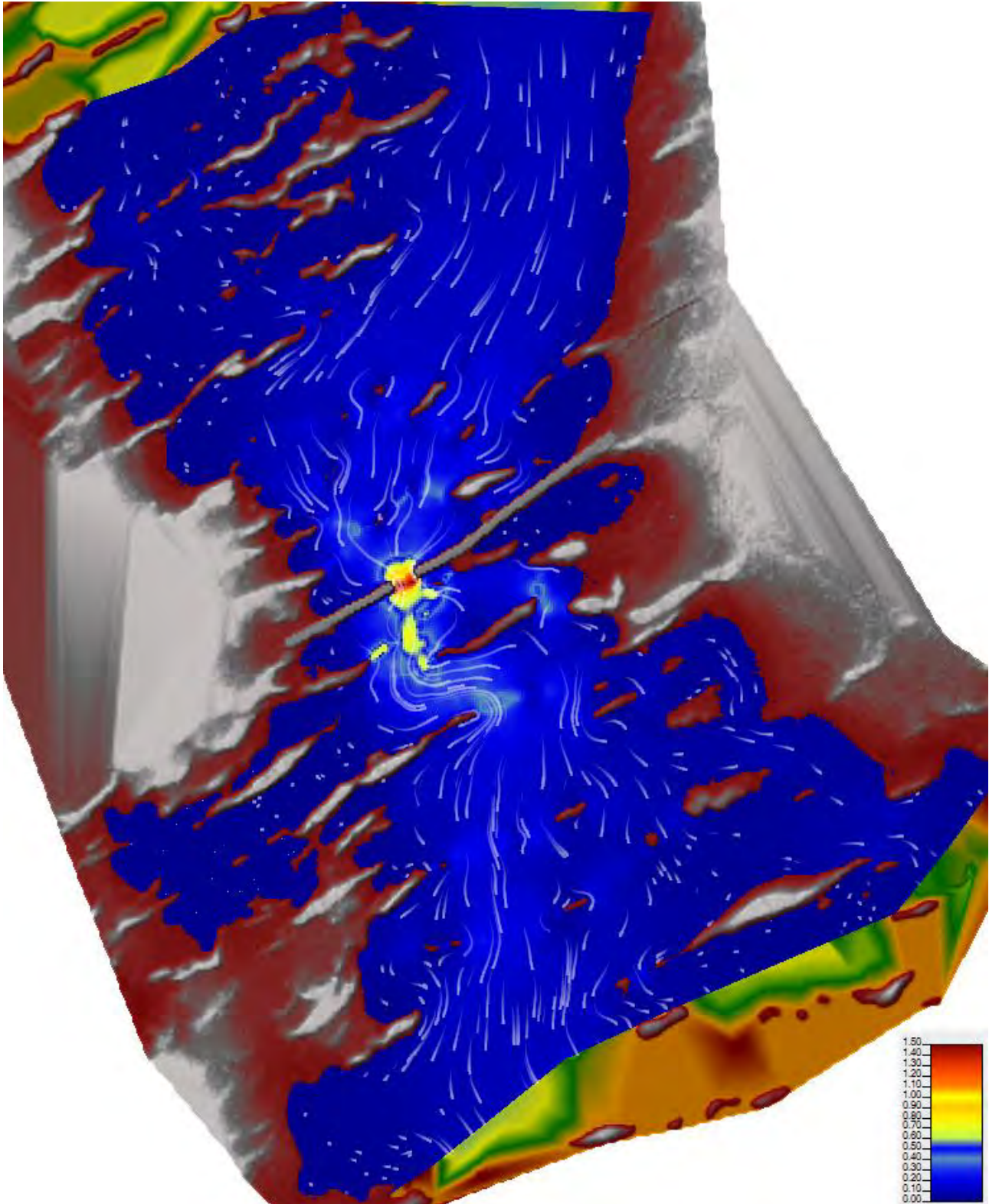


Kuva 5. Vaihtoehto 1A, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat.

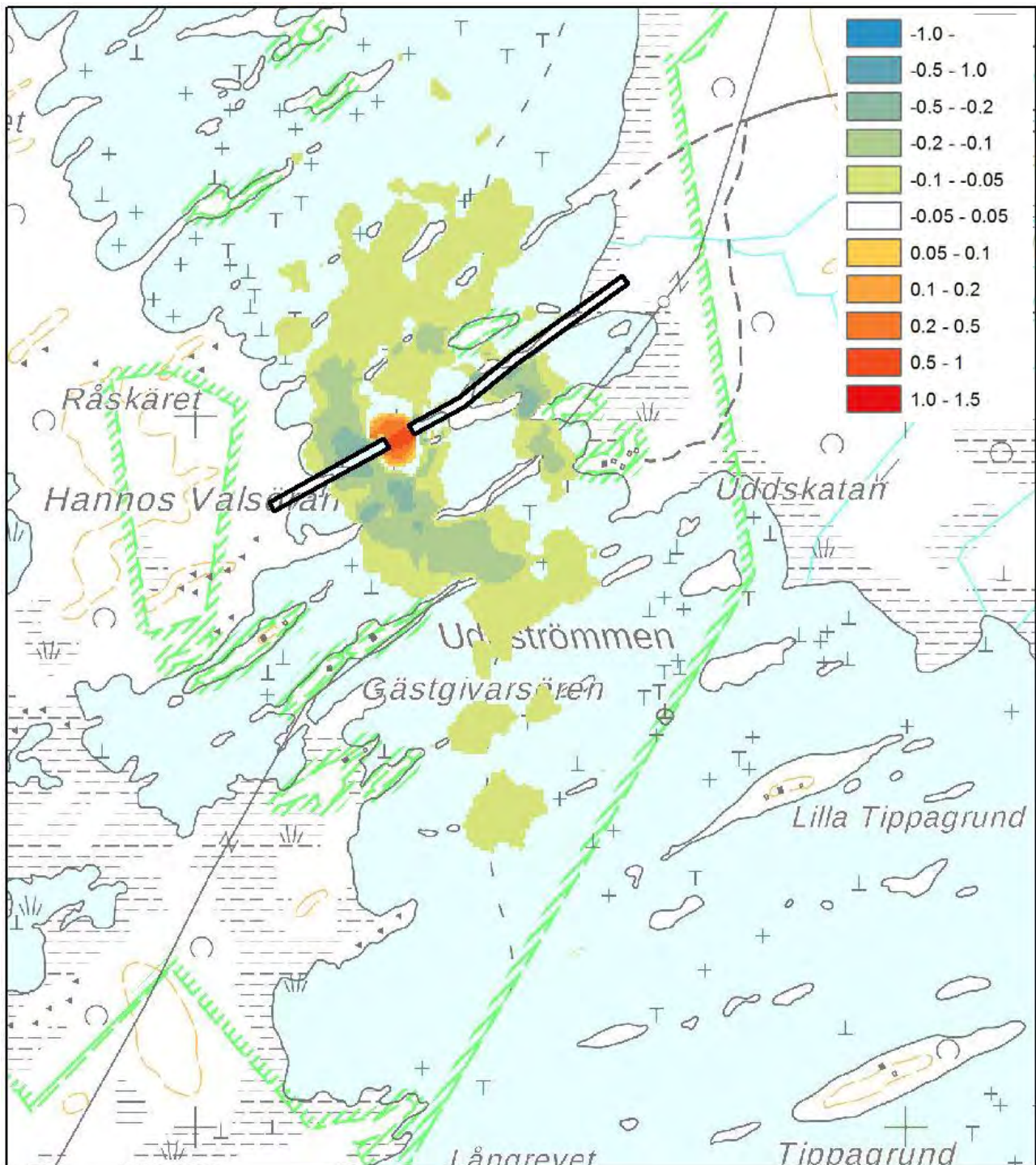


Kuva 6. Vaihtoehto 1A, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s). Pohjakartta MML 07/2017.

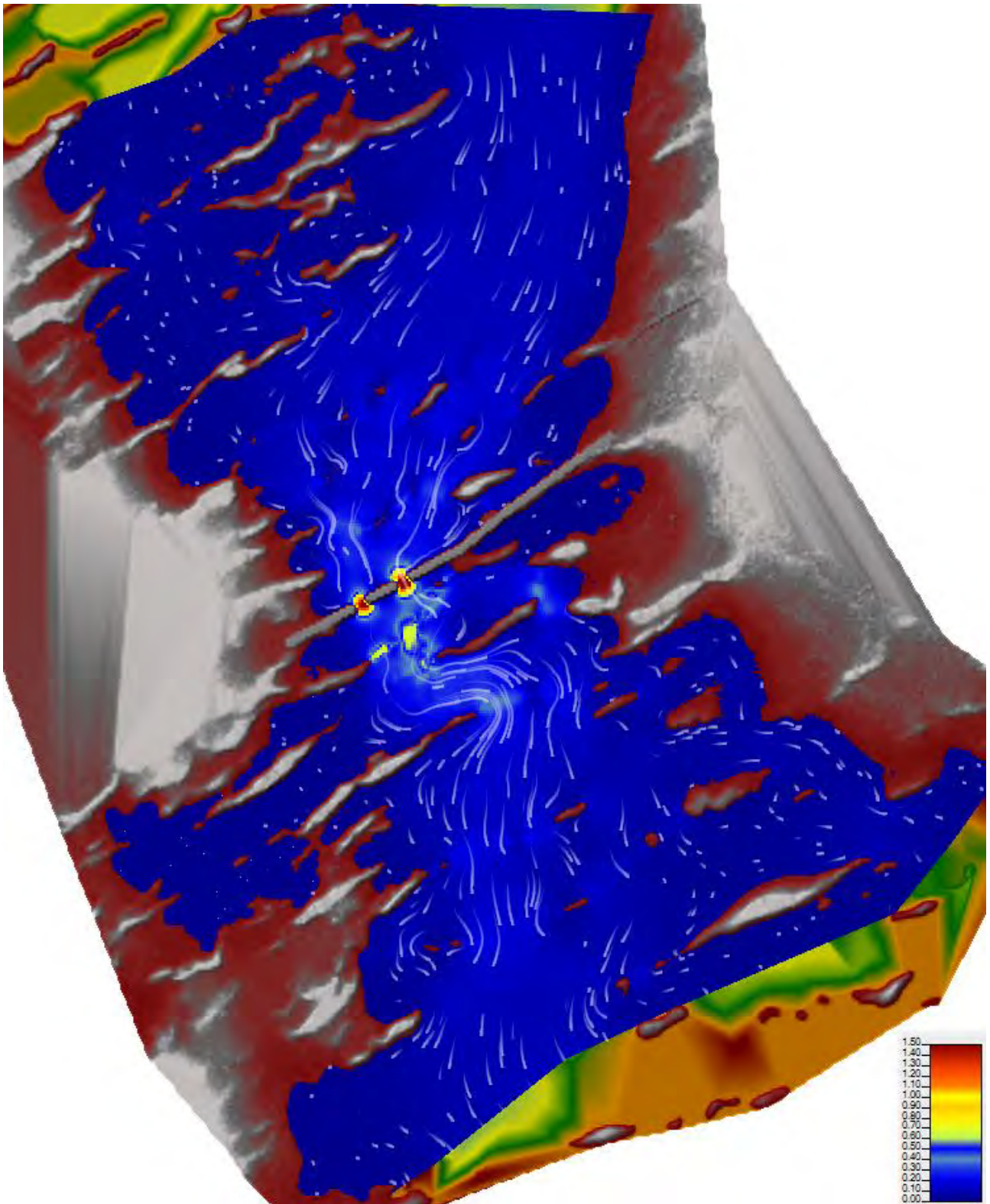
Vaihtoehto 1B



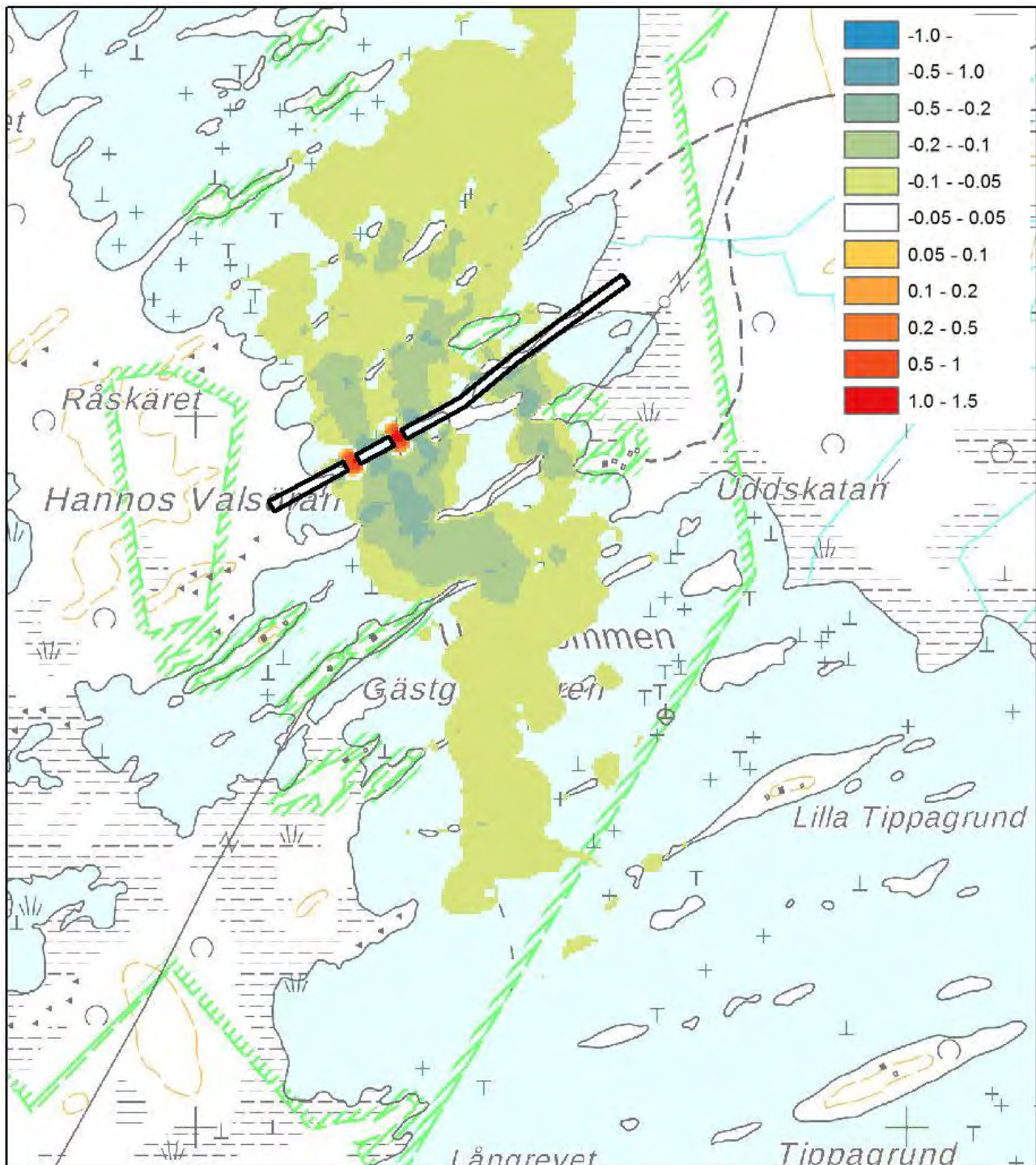
Kuva 7. Vaihtoehto 1B, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, yksi aukko.



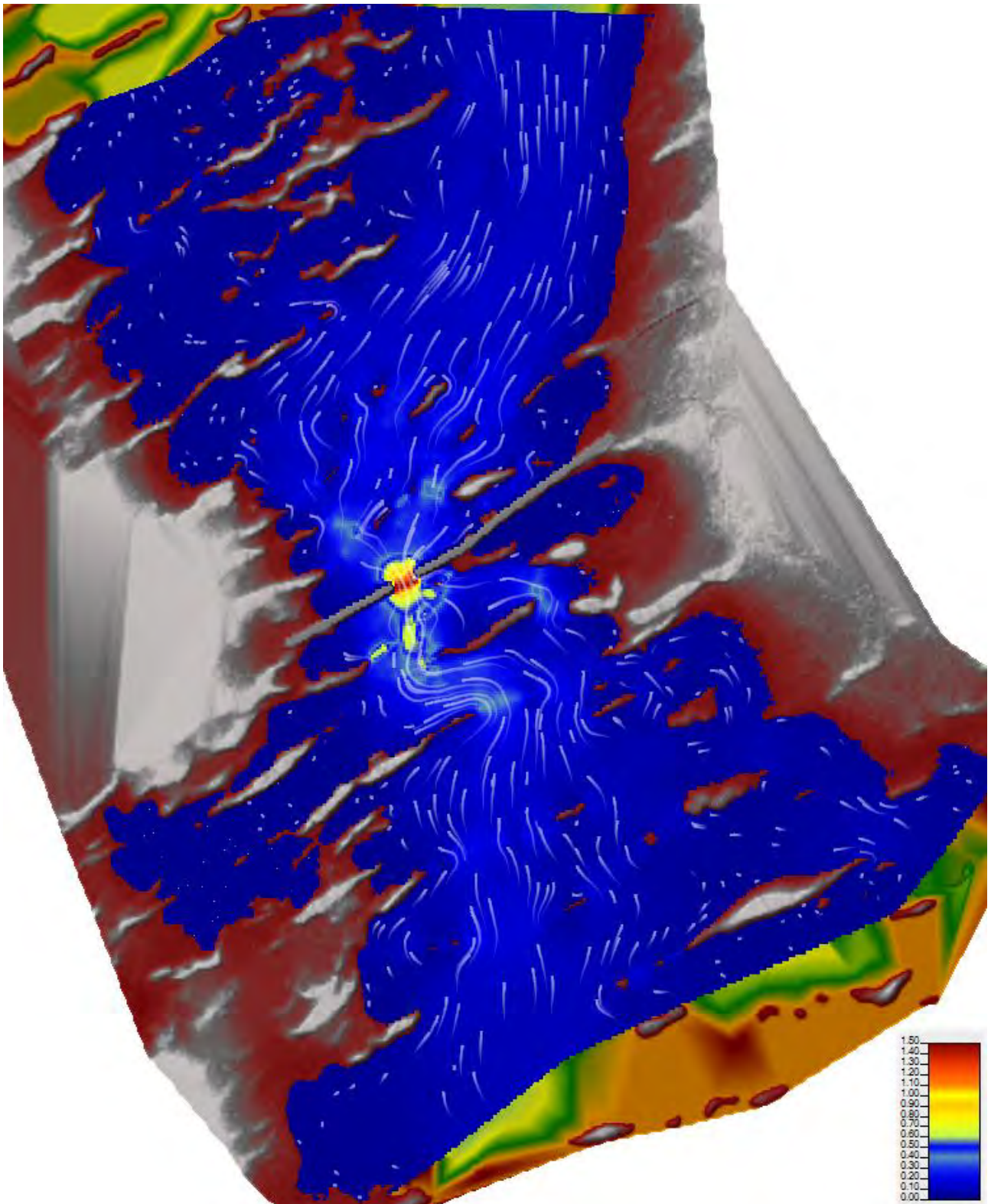
Kuva 8. Vaihtoehto 1B, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), yksi aukko.
Pohjakartta MML 07/2017.



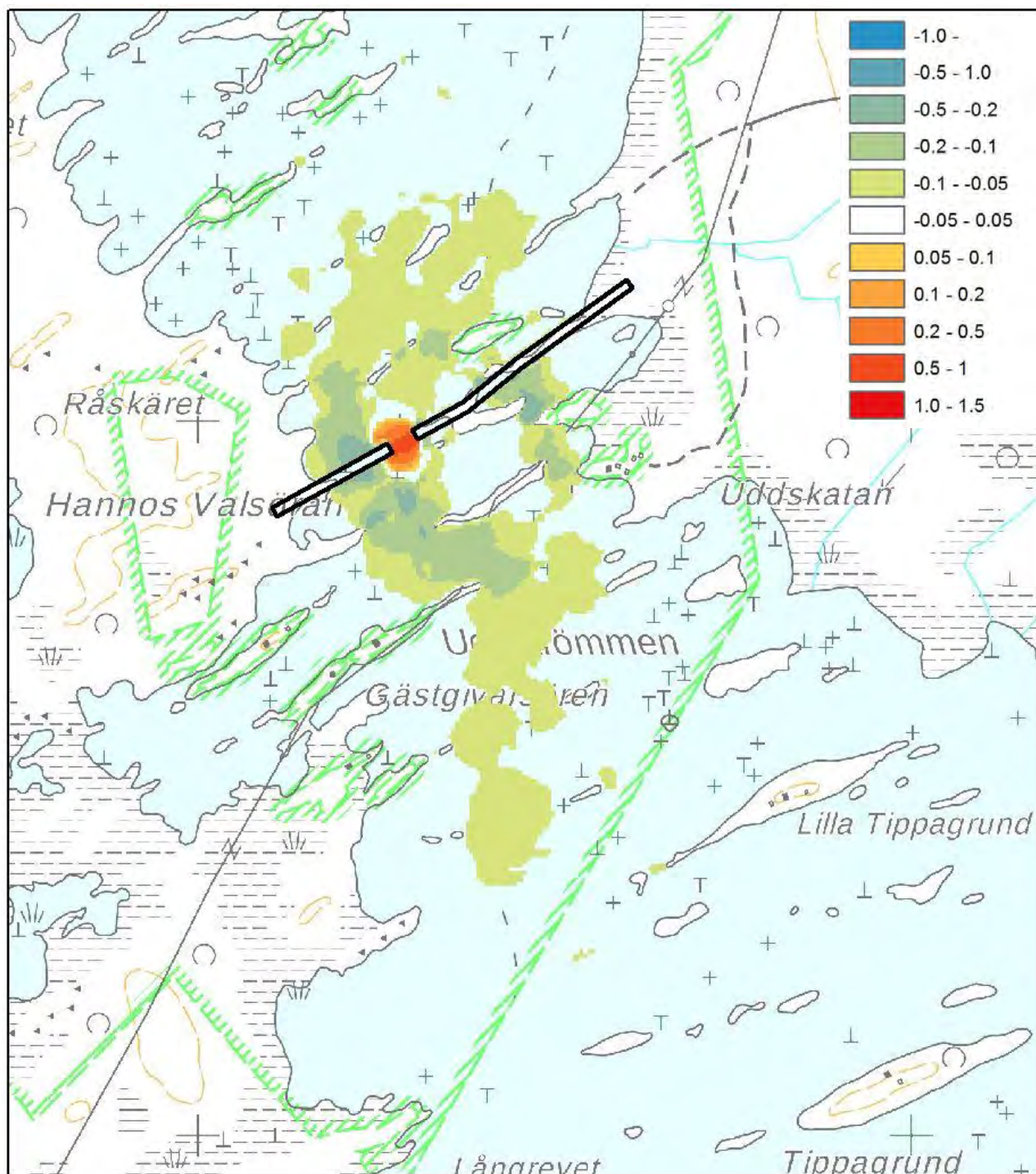
Kuva 9. Vaihtoehto 1B, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, kaksi aukkoa.



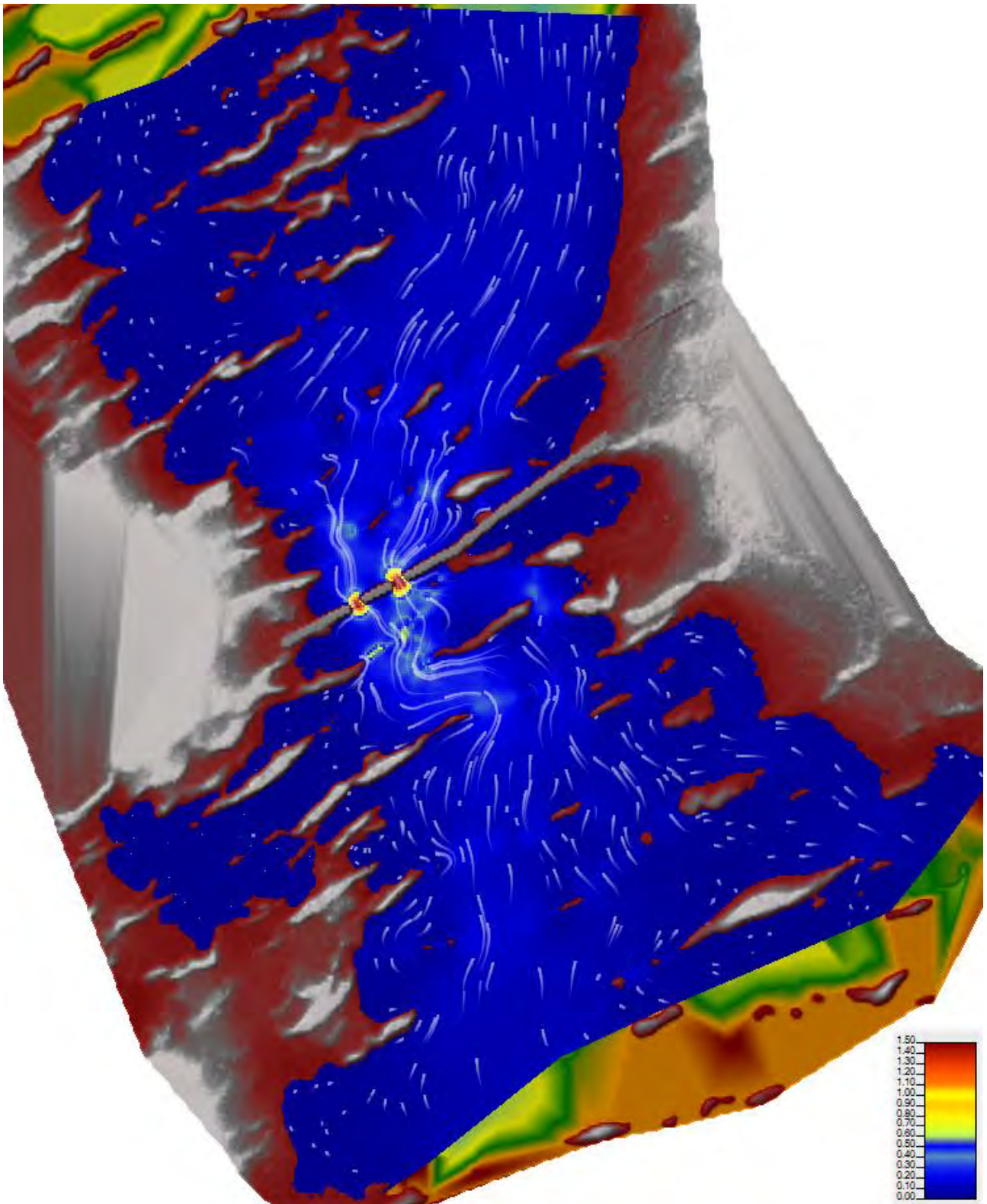
Kuva 10. Vaihtoehto 1B, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), kaksi aukkoa. Pohjakartta MML 07/2017.



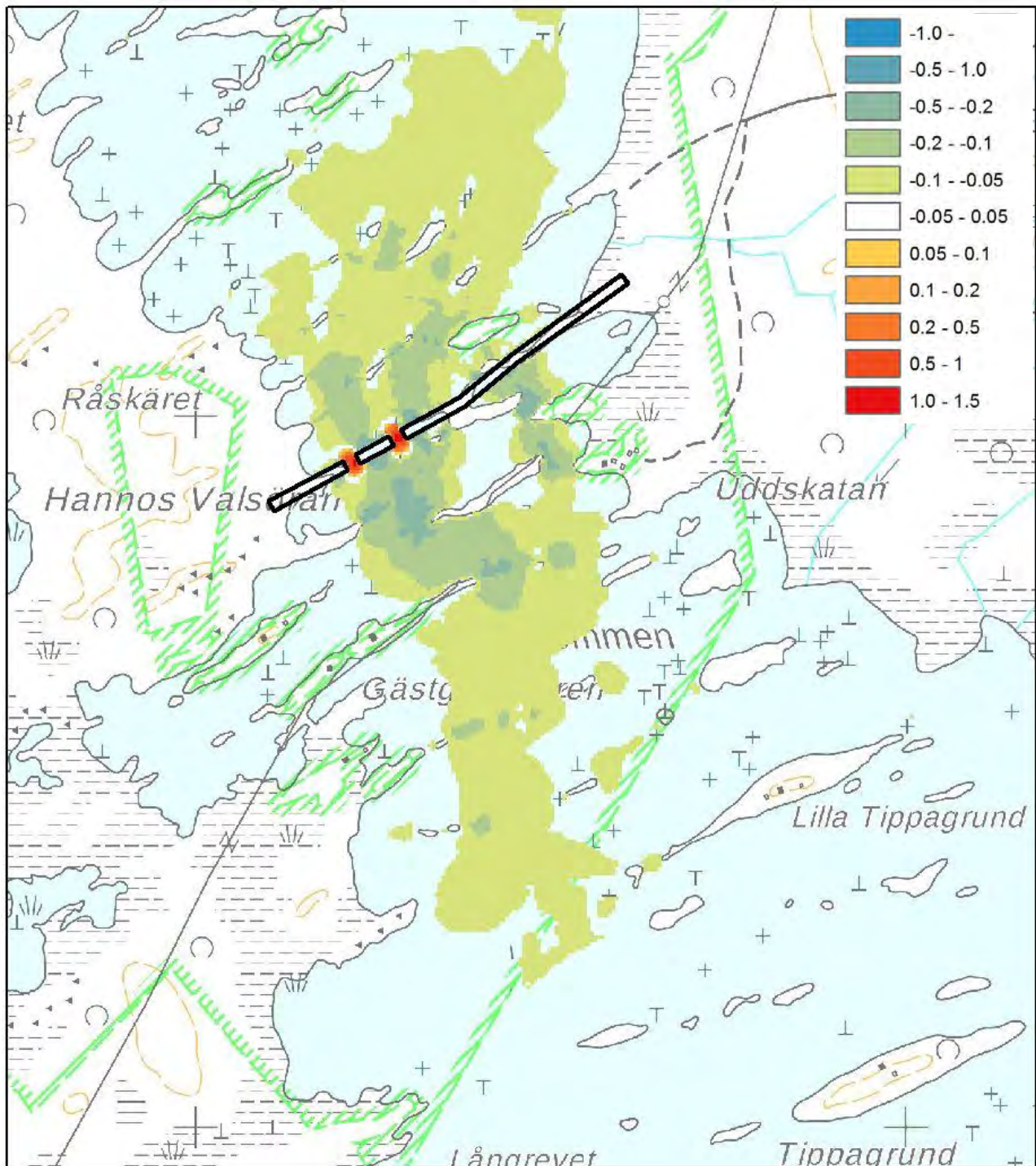
Kuva 11. Vaihtoehto 1B, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, yksi aukko.



Kuva 12. Vaihtoehto 1B, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), yksi aukko.
Pohjakartta MML 07/2017.

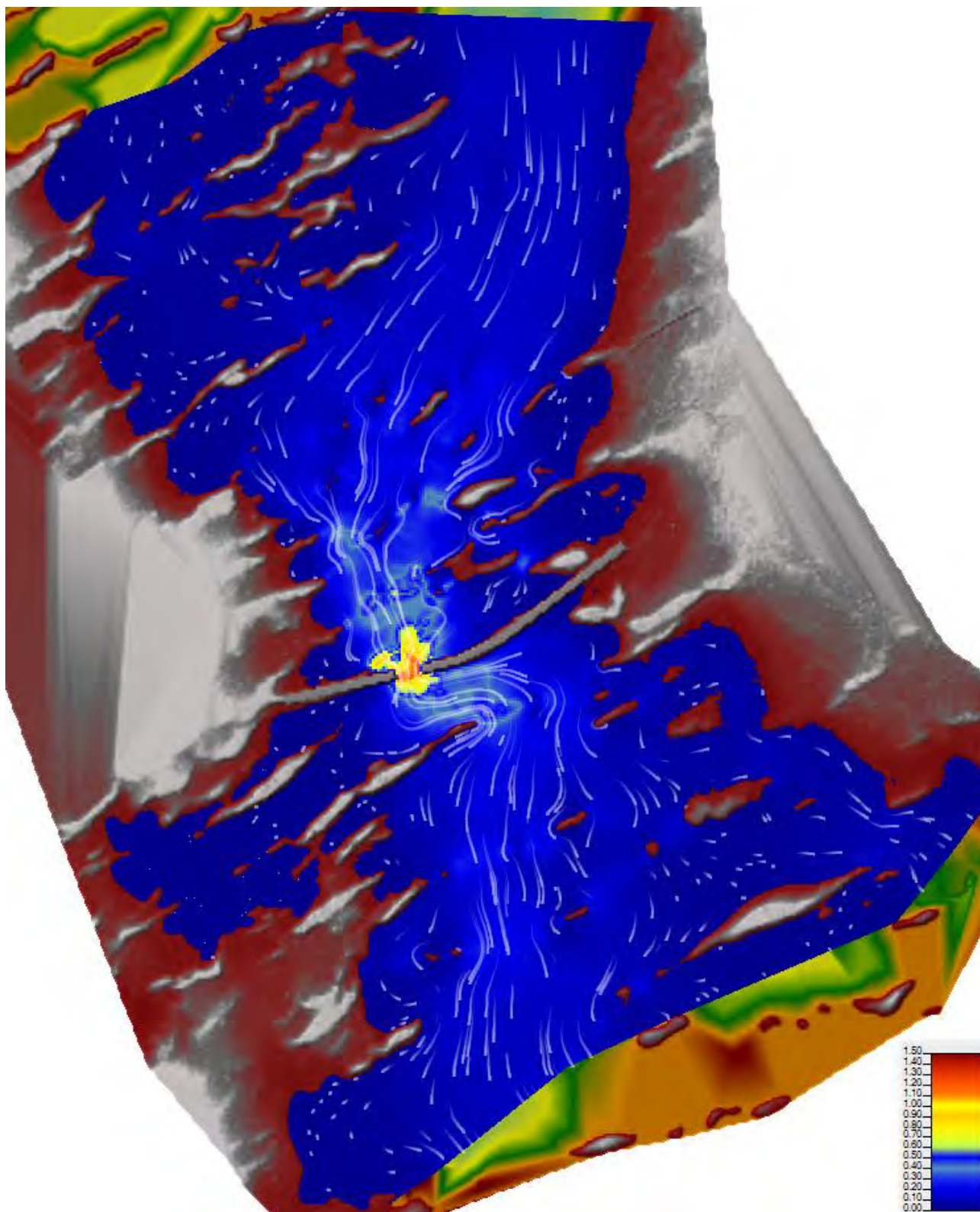


Kuva 13. Vaihtoehto 1B, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, kaksi aukkoa.

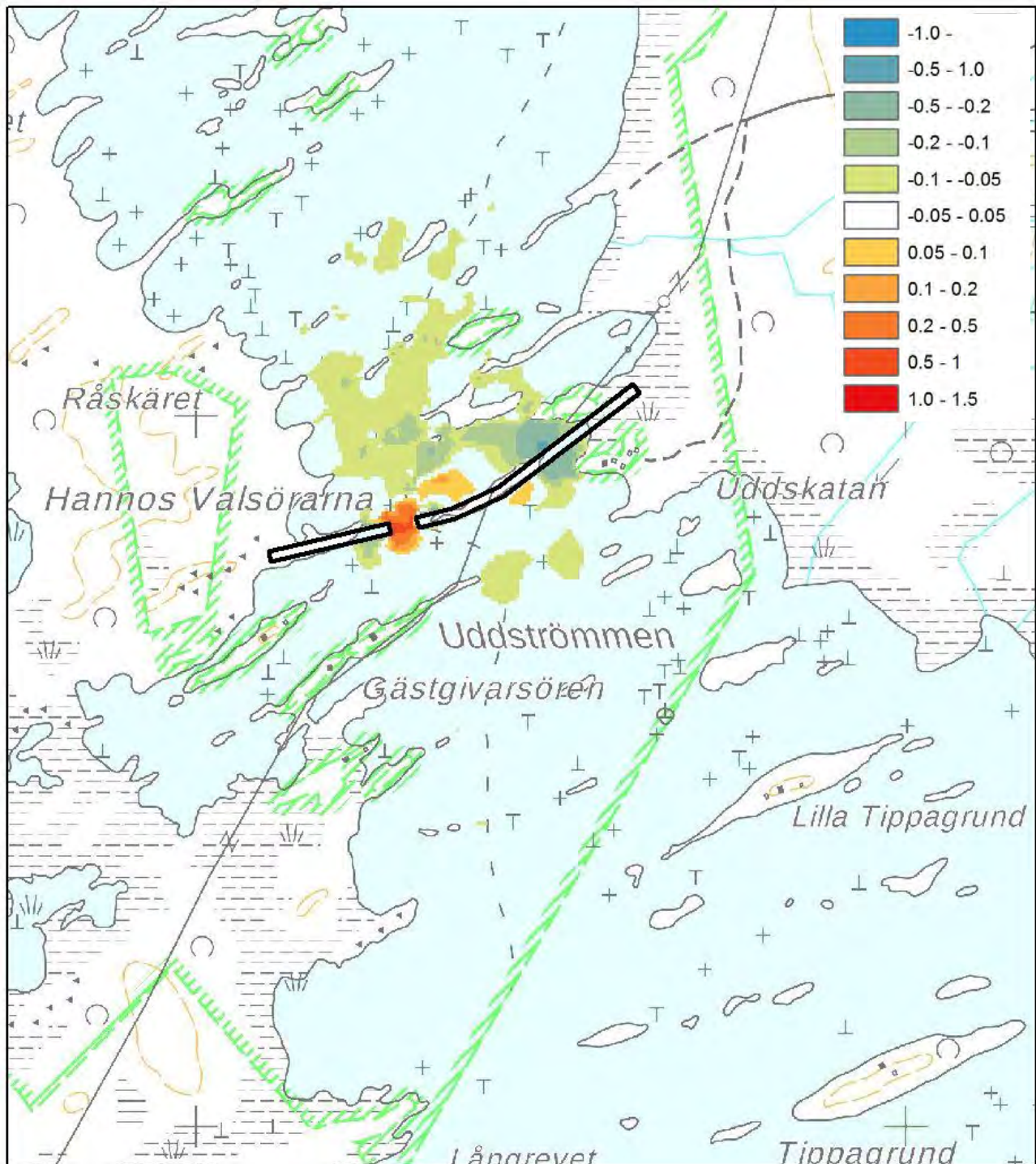


Kuva 14. Vaihtoehto 1B, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), kaksi aukkoa. Pohjakartta MML 07/2017.

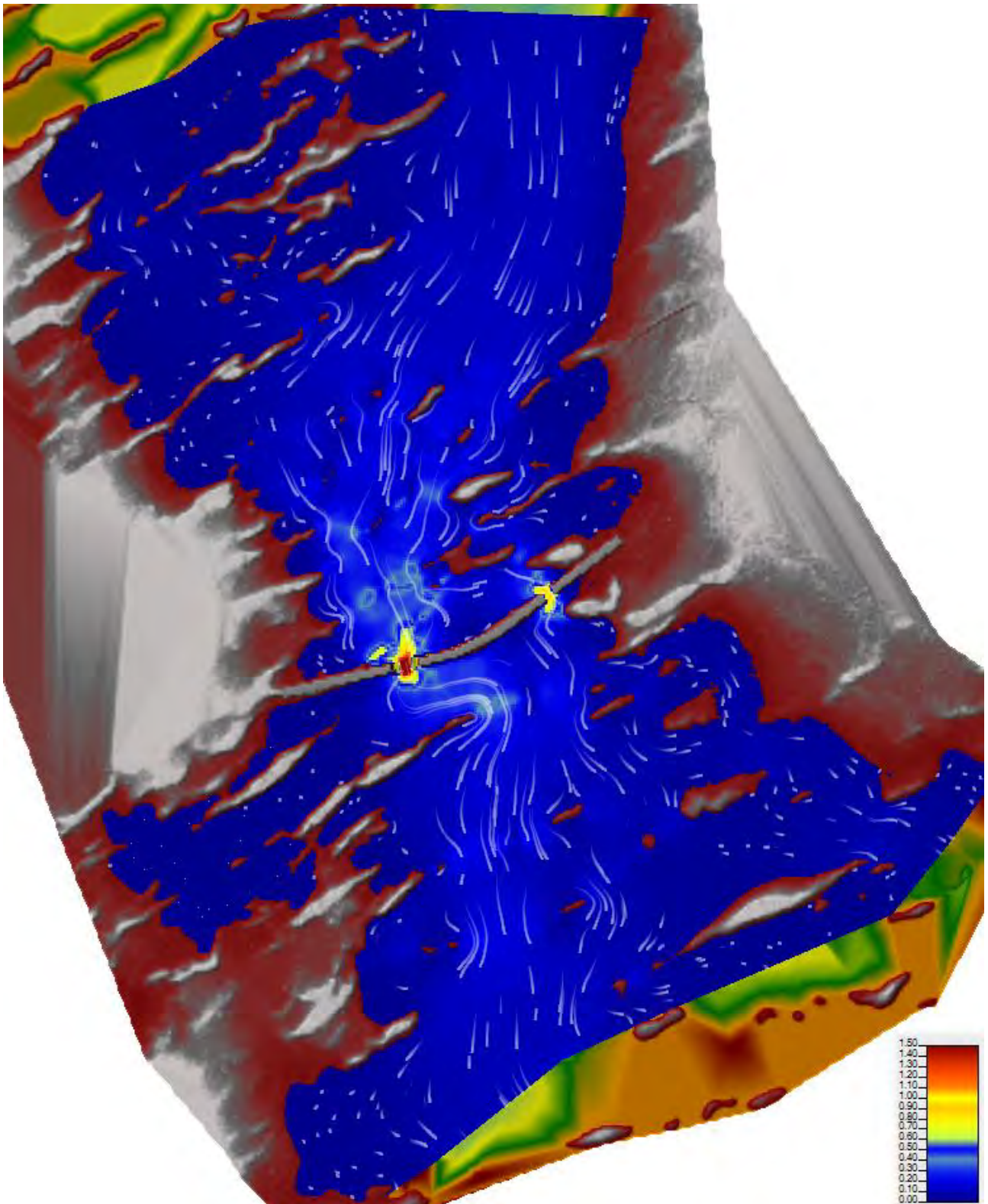
Vaihtoehto 1C



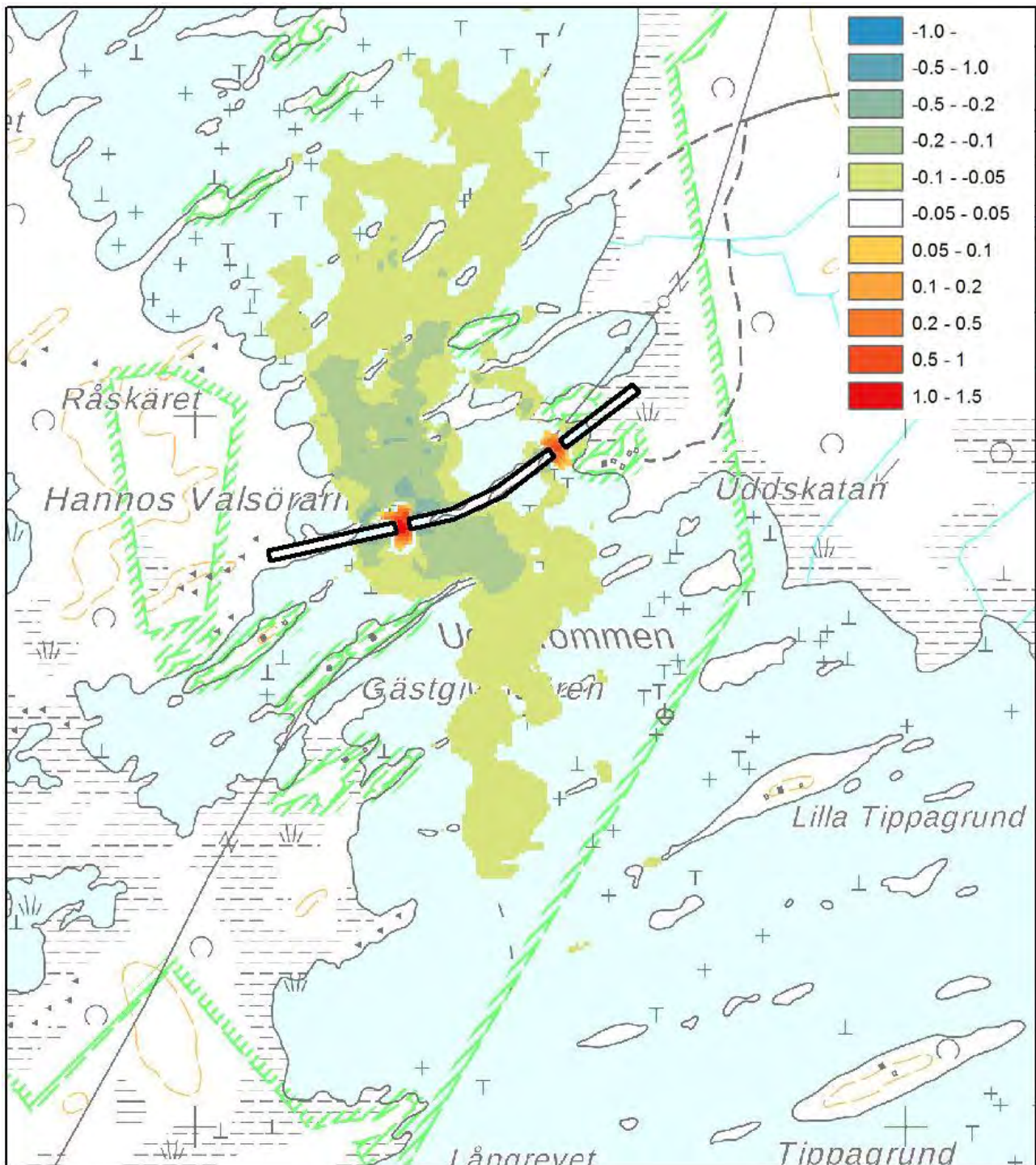
Kuva 15. Vaihtoehto 1C, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, yksi aukko.



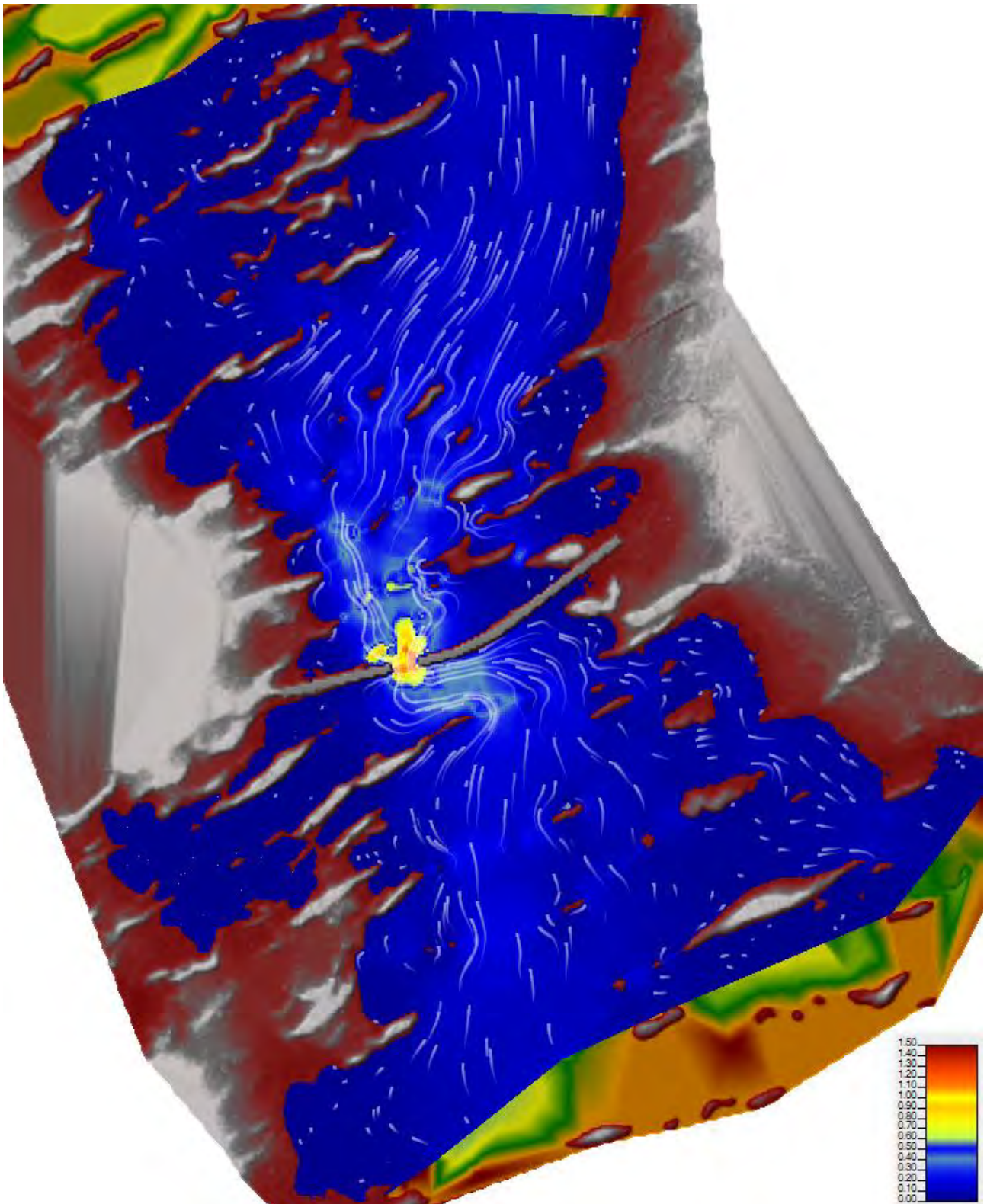
Kuva 16. Vaihtoehto 1C, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), yksi aukko.
Pohjakartta MML 07/2017.



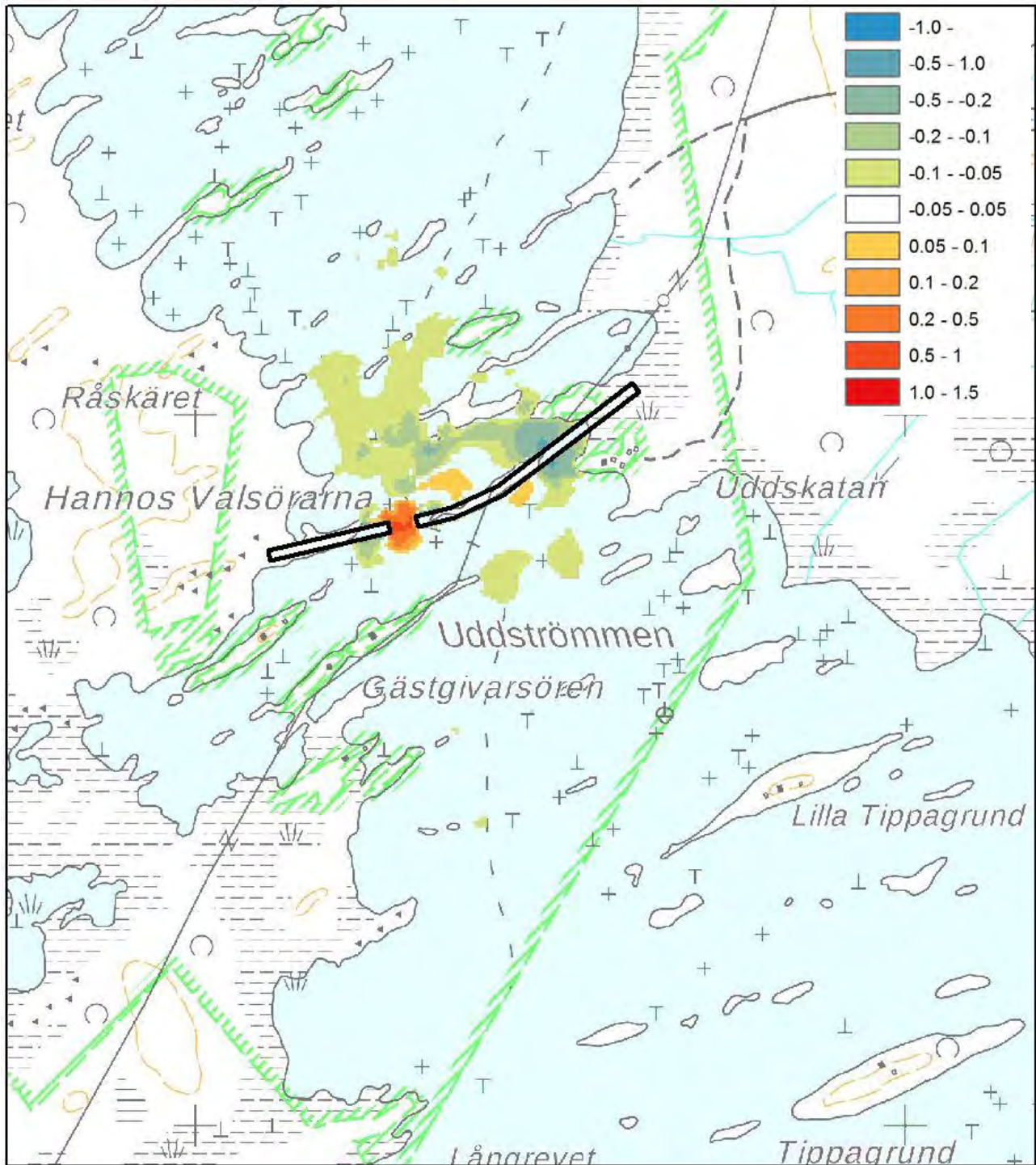
Kuva 17. Vaihtoehto 1C, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat (m/s), kaksi aukkoa.



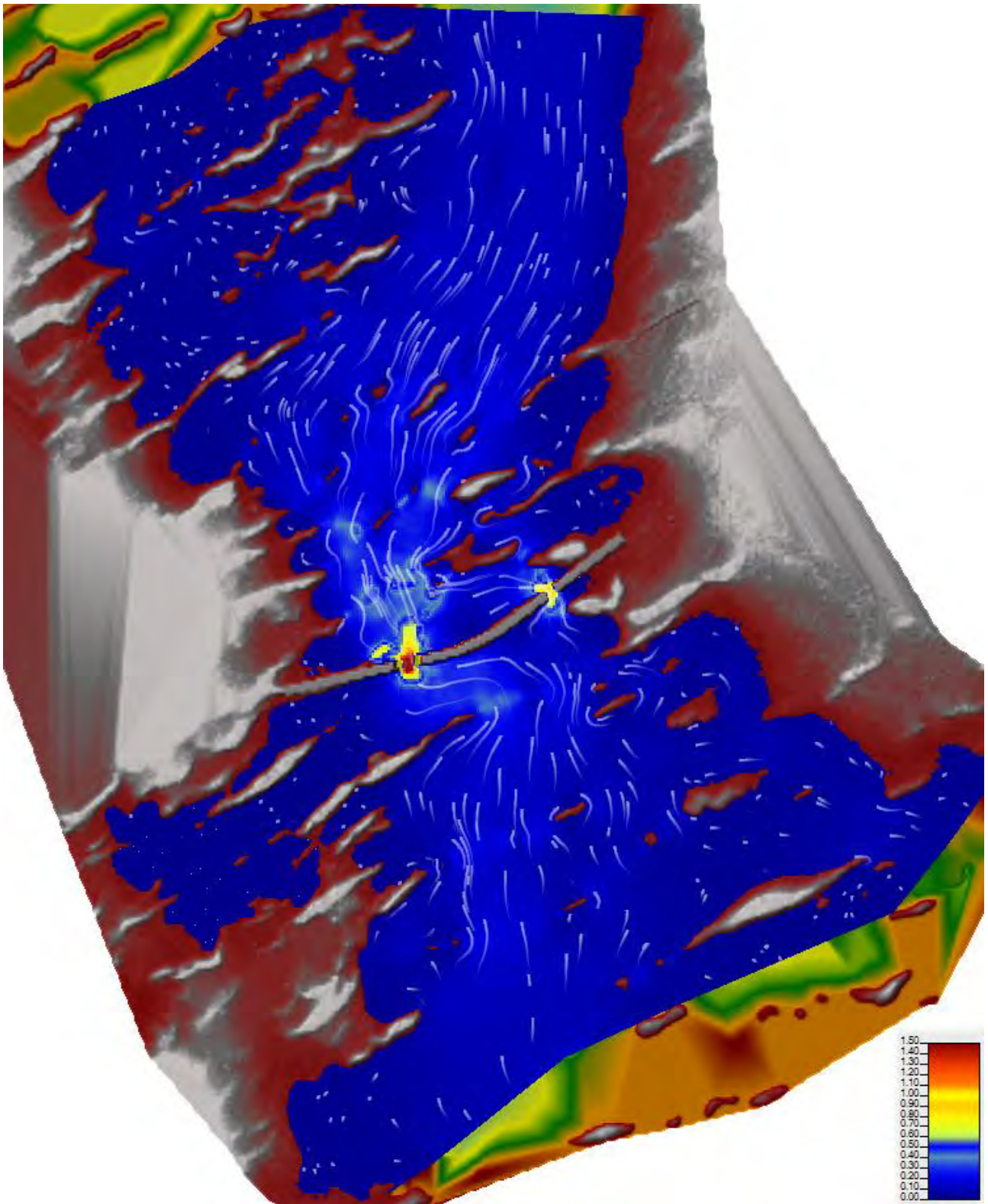
Kuva 18. Vaihtoehto 1C, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), kaksi aukkoa. Pohjakartta MML 07/2017.



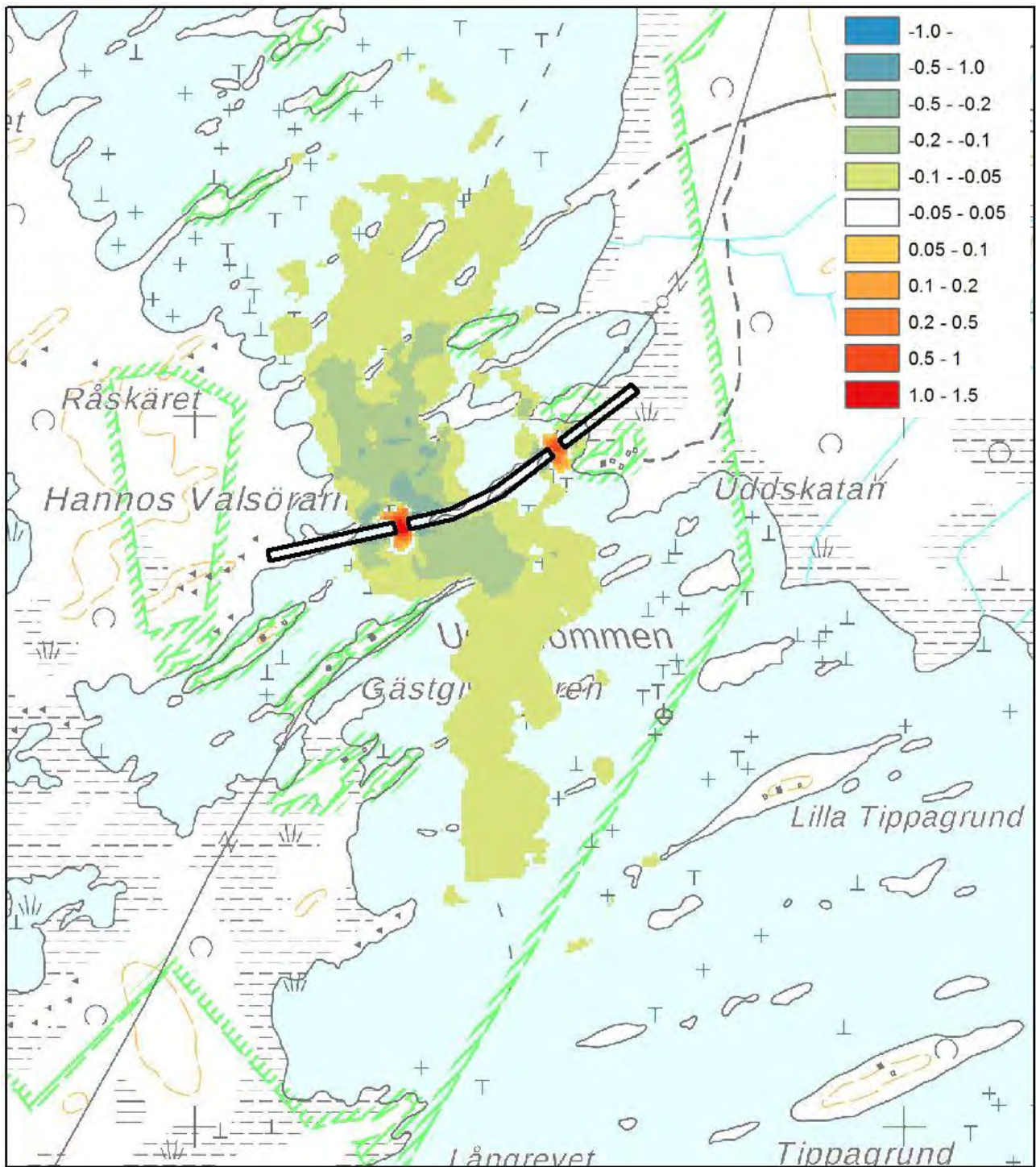
Kuva 19. Vaihtoehto 1C, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, yksi aukko.



Kuva 20. Vaihtoehto 1C, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), yksi aukko.
Pohjakartta MML 07/2017.

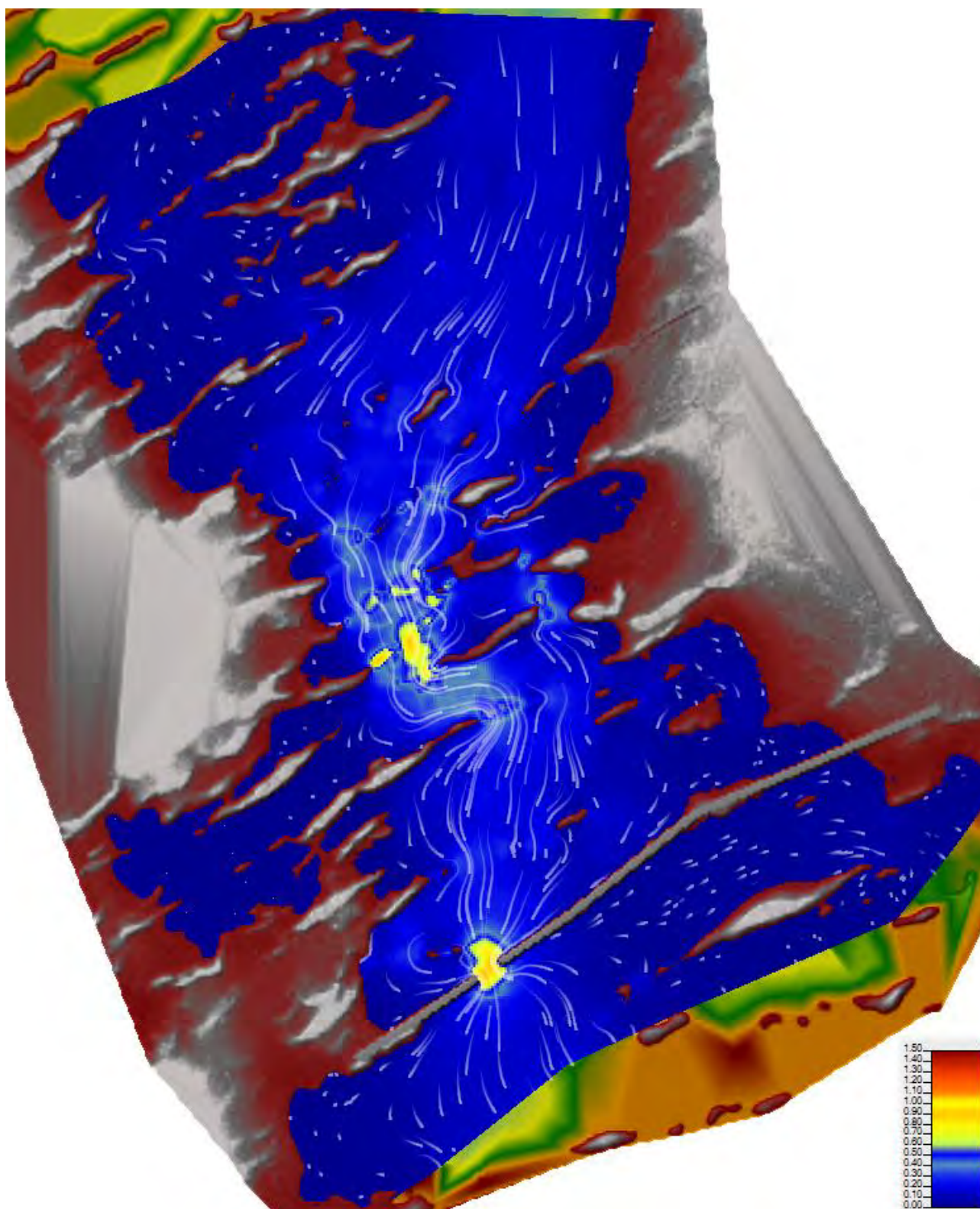


Kuva 21. Vaihtoehto 1C, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, kaksi aukkoa.

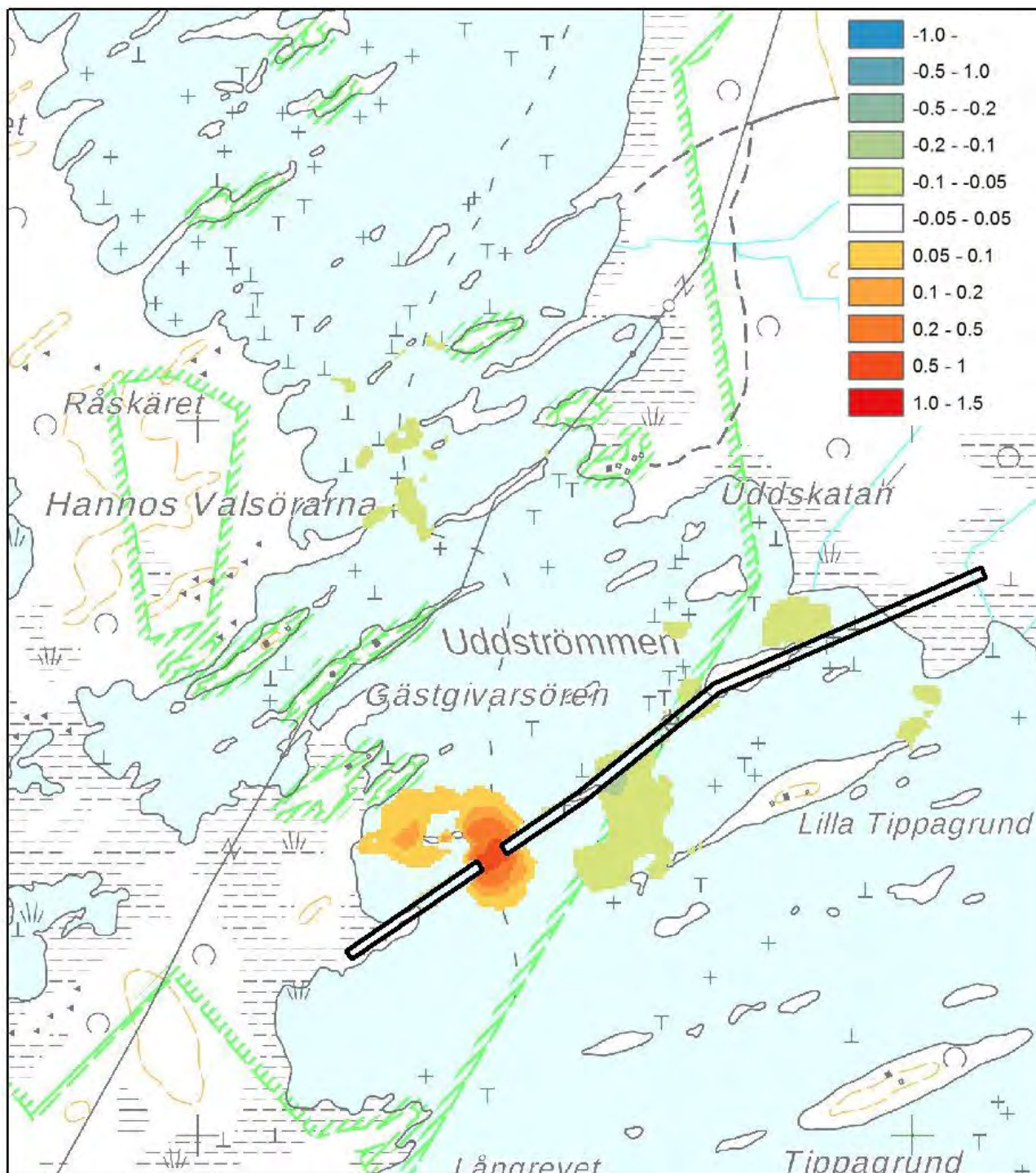


Kuva 22. Vaihtoehto 1C, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), kaksi aukkoa. Pohjakartta MML 07/2017.

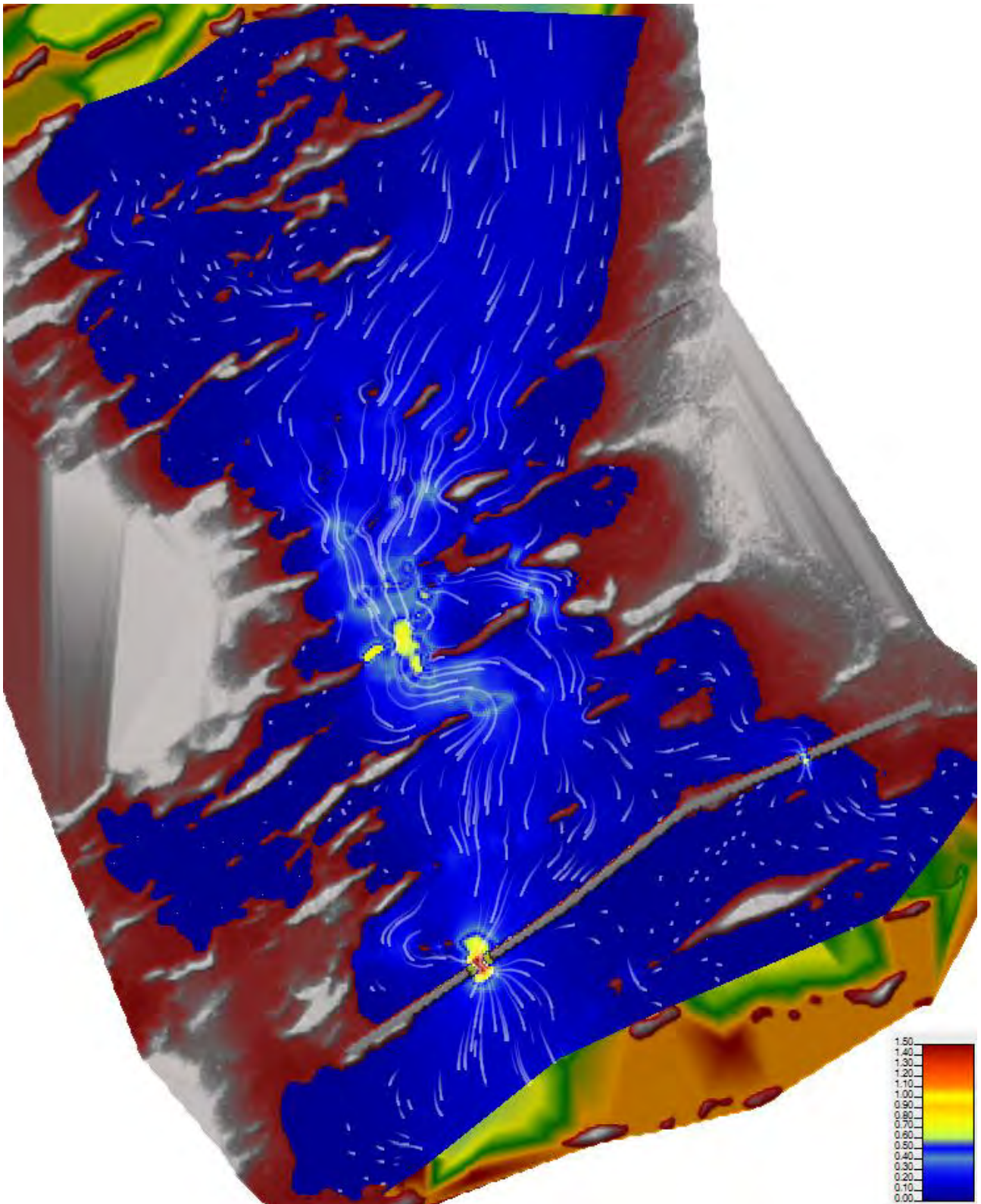
Vaihtoehto 2



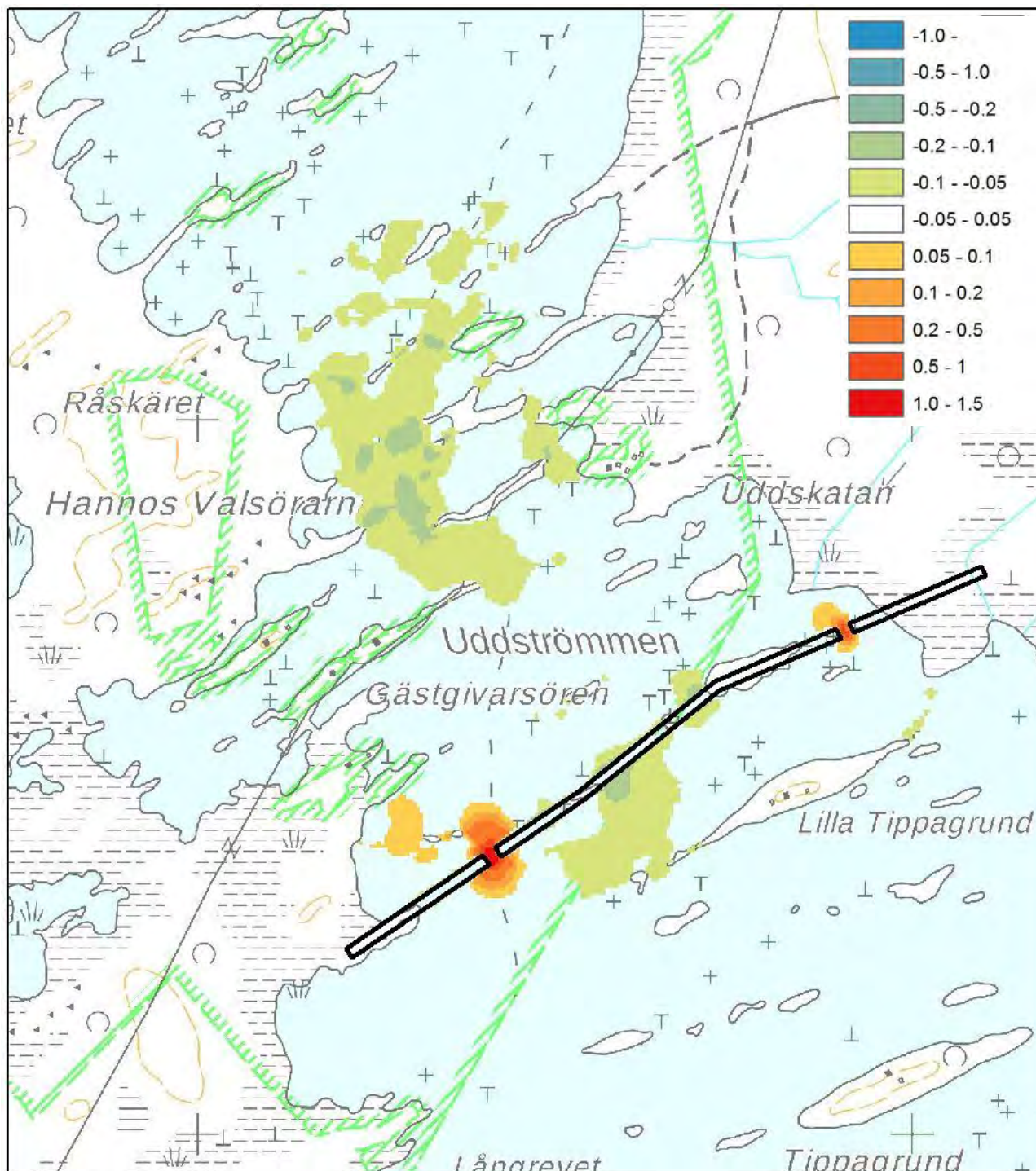
Kuva 23. Vaihtoehto 2, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, yksi aukko.



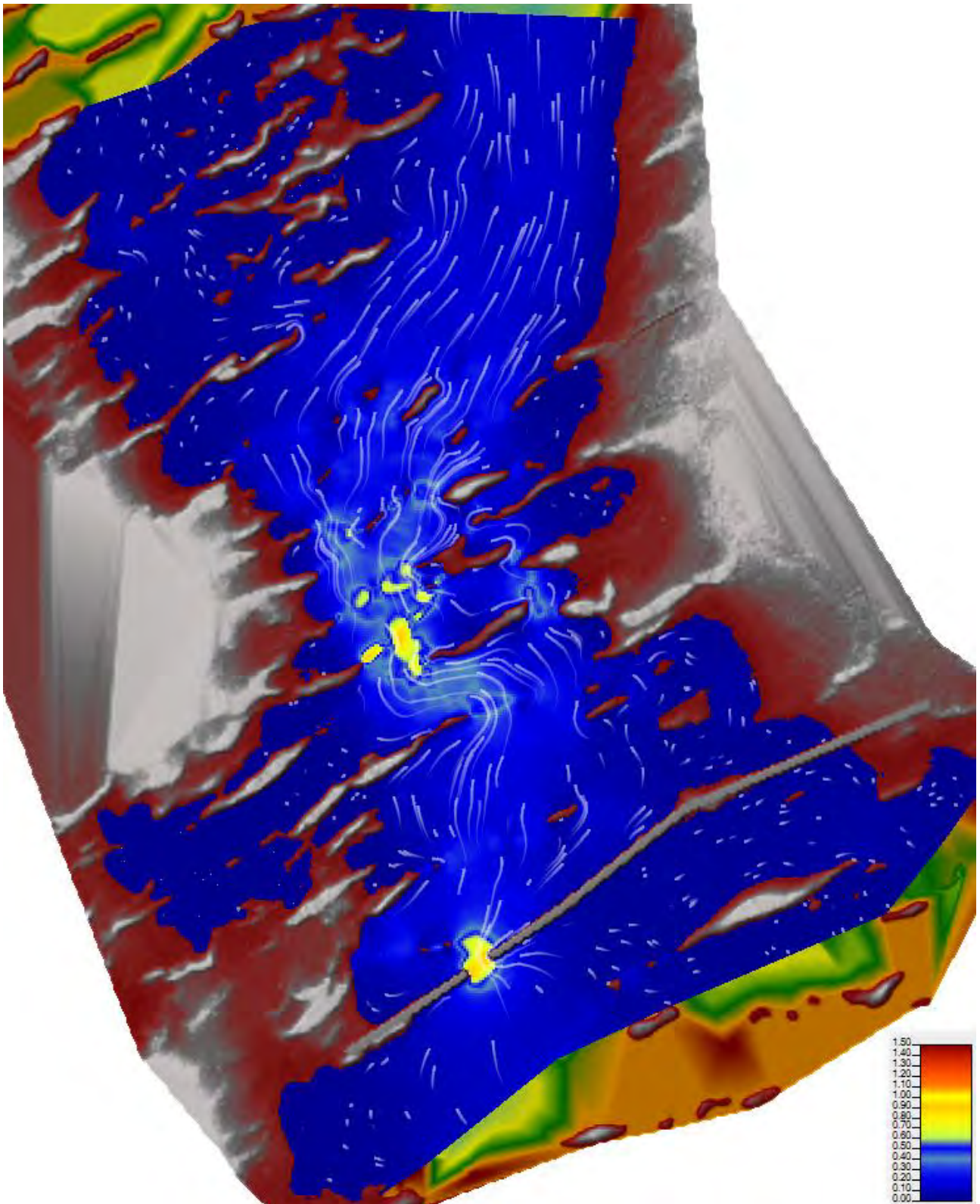
Kuva 24. Vaihtoehto 2, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), yksi aukko. Pohjakartta MML 07/2017.



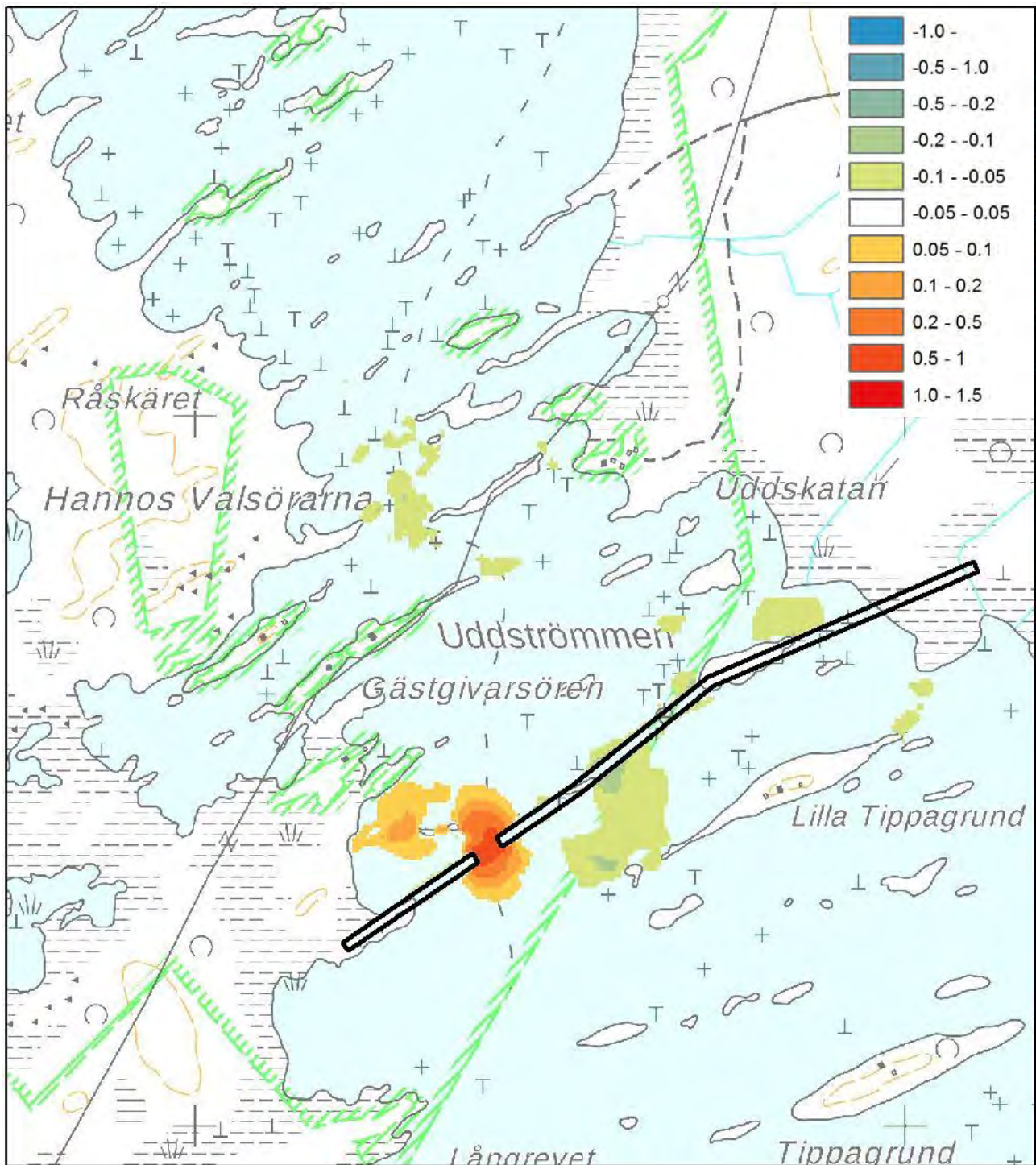
Kuva 25. Vaihtoehto 2, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, kaksi aukkoa.



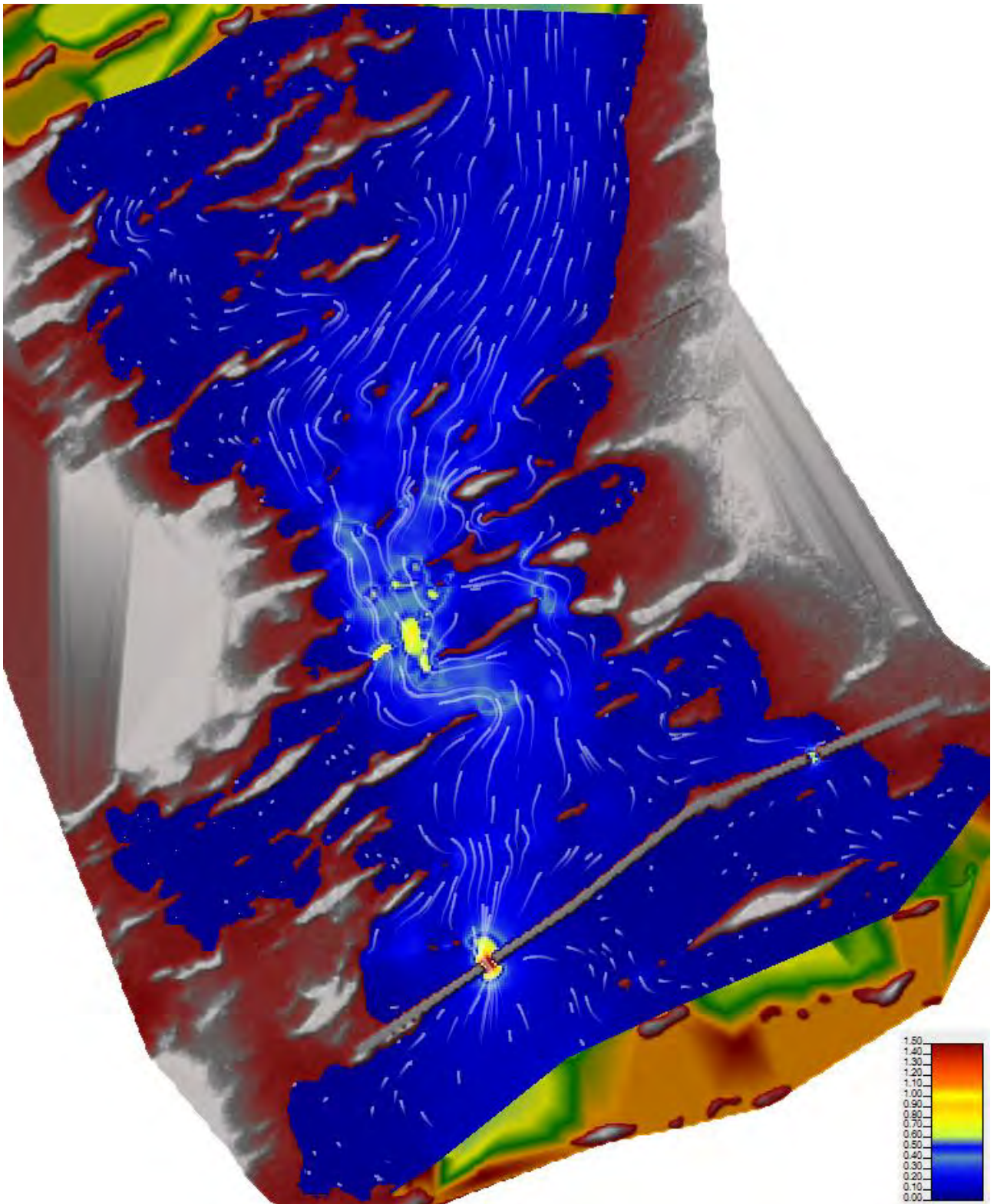
Kuva 26. Vaihtoehto 2, etelään suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), kaksi aukkoa.
Pohjakartta MML 07/2017.



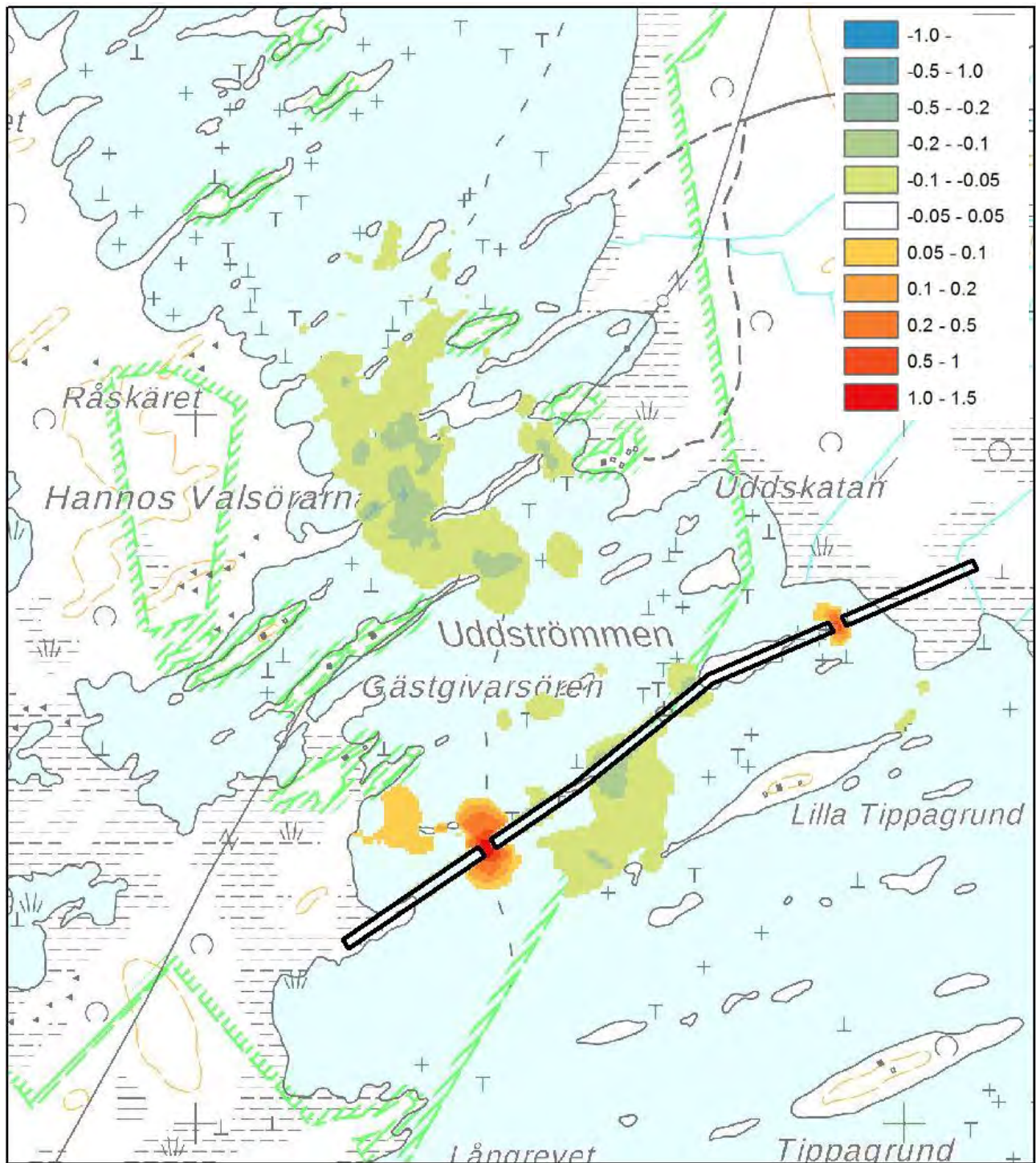
Kuva 27. Vaihtoehto 2, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, yksi aukko.



Kuva 28. Vaihtoehto 2, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), yksi aukko.
Pohjakartta MML 07/2017.



Kuva 29. Vaihtoehto 2, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeus (m/s) ja virtaussuunnat, kaksi aukkoa.



Kuva 30. Vaihtoehto 2, pohjoiseen suuntautuva virtaus, virtausnopeuden muutos (m/s), kaksi aukkoa. Pohjakartta MML 07/2017.