



Tutkintaselostus

C 8/1996 R

Leikkausluiskan sortuminen radalle Paimiossa 6.7.1996

Tämä tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi. Tässä ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttäminen muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.



TIIVISTELMÄ

Lauantaina 6.7.1996 sortui noin 200-300 m³ lihavaa savea radalle Paimion ja Salon välisellä rataosuudella. Rata tukkeutui kokonaan. Turusta Helsinkiin matkalla olleen henkilöpikajunan kuljettaja havaitsi sortuvan leikkausluiskan ja sai junan pysäytetyksi ennen radalla ollutta tukosta. Vaaratilanteesta ei aiheutunut kalusto eikä henkilövahinkoja.

Rantaradan maa-aines tiedetään häiriintymisherkäksi. Vaaratilanteen alueella oli satanut runsaasti kaksi edeltävää viikkoa ja vaaratilanteen aikana satoi kaatamalla.

Sortuneessa kohdassa oli kahdeksan vuotta vanha kalkkipilaristabilointi. Pilarit eivät toimineet tarkoitetulla tavalla, koska pilareiden alla oli viettävä silokallio. Pilarit eivät ylettyneet kallioon asti, jolloin leikkauspinta meni pilarien ja kallion välistä. Laskelmissa leikkauspinnan oletettiin kulkevan pilarien kautta. Sortuneen kohdan vierestä leikkausluiska on sortunut aikaisemmin. Tällöin nyt sortunut kohta kalkkipilaristabiloitiin. Tällainen stabilointitapa oli silloin uusi eikä siitä ollut paljoa kokemusta.

Häiriintymisherkiksi tiedettyjen alueiden stabiliteetilaskelmiin liittyviä lähtöoletuksia ja arvoja on syytä tarkistaa.



SUMMARY

On Saturday, 6 July 1996, about 200 - 300 cubic metres of heavy clay slid onto the track between Paimio and Salo, blocking the entire track. The engineer of an express passenger train proceeding from Turku to Helsinki saw the clay sliding from the cut slope and succeeded in stopping the train before the blocked section of the track. The incident did not result in personal injury or loss to equipment.

The soil along the coastal track is known to be sensitive to disturbances. During the previous two weeks, it had rained considerably in the dangerous zone, and at the time of the incident it was raining heavily.

At the site of the mud slide, lime pillars had been imbedded eight years earlier in order to stabilize the soil bed. The pillars did not serve the intended purpose, since the bedrock beneath the pillars is sloping and smooth. The pillars did not extend down to the bedrock, and the surface of the cut went between the pillars and the bedrock. In the calculations, the surface of the cut had been assumed to go through the pillars. Mud slides had occurred previously on the cut slope next to the mud slide now in question. At that time, the lime pillars had been embedded at this latter point. Also at that time, such an approach to stabilizing the soil bed was new, and there had not been much experience with it.

There is reason to review the basic assumptions and values of stability calculations in areas known to be prone to disturbances.



SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	1
SUMMARY	2
1. VAARATILANNE	5
1.1 Yleiskuvaus	5
1.2 Tapahtumien kulku	5
2. VAARATILANTEEN TUTKINTA	6
3. TAPAHTUMAOLOSUHTTEET	6
3.1 Kalusto	6
3.2 Henkilöstö	7
3.3 Olosuhteet	7
4. VAARATILANTEEN SYY	7
4.1 Leikkausluiskan sortuminen	7
4.1.1 Suunnittelun lähtökohdat ja mitoituserusteet	8
4.1.2 Sortuman syyt	8
5. SUOSITUKSET	9

LIITTEET

- Liite 1. Tapahtumapaikka
- Liite 2. Kulunvalvontalaitteiston taltiointi junan nopeudesta
- Liite 3. Lausunnonantajien suosituksista poikkeavat mielipiteet ja kommentit

LÄHDELIITTEET

- 1. Päätös tutkinnan aloittamisesta
- 2. Kulunvalvontalaitteiston tulostus veturin toiminnoista ja nopeudesta
- 3. Viatek Oy:n laskelmat suunnitteluvaiheessa
- 4. VR:n geoteknillisen jaoston vakavuustarkastelulaskelma
- 5. Tätä tutkintaselostusta varten laskettu vakavuuslaskelma Bishoffin menetelmällä
- 6. Vesipitoisuusmääritys
- 7. Lausunnot

VALOKUVALIITE



1. VAARATILANNE

1.1 Yleiskuvaus

Turusta Helsinkiin matkalla ollut henkilöpikajuna joutui tekemään hätäjarrutuksen Paimion ja Salon välisellä rataosuudella (kuva 1) leikkausluiskan sortuman tukittua radan Pitkänkaaren rataoikaisun kohdalla 6.7.1996. Juna pysähtyi turvallisen matkan päähän sortumasta eikä vaaratilanteessa kalustoon tai rataan tullut vaurioita. Kukaan junassa olleista noin sadasta matkustajasta ei loukkaantunut. Vaaratilanteen kokonaisvahingot jäivät vähäisiksi.



Kuva 1. Leikkausluiskan sortuma Helsinki - Turku radalle Paimiossa 6.7.1996. Maata sortui radalle arvioita 200–300 m³.

1.2 Tapahtumien kulku

Lauantaina 6.7.1996 Turusta kohti Helsinkiä lähti henkilöpikajuna no: 134. Kilometrillukemalla 153 (Halikon tunneli) kello 16.28 junan automaattinen kulunvalvonta teki junalle jarrutuksen. Junan nopeus ennen jarrutusta oli noin 140 km/h. Veturin laitteisto ilmoitti hätäjarrutuksen syyksi "baliisivika 4". Baliisi on radalla oleva kulunvalvontajärjestelmän anturi. Kuljettaja ilmoitti asiasta junasuorittajalle, joka antoi luvan jatkaa matkaa. Kuljettajan kiihdytettyä junan 43 km/h nopeuteen, hän havaitsi kello 16.32 leikkausluiskan sortuvan radalle Pitkänkaaren oikaisun kohdalla km-lukemalla

151+665-151+695. Kuljettaja teki hätäjarrutuksen ja juna pysähtyi kuljettajan kertoman mukaan 10-15 metriä ennen sortumaa. Kulunvalvontalaitteiston tulostuksen perusteella juna pysähtyi hätäjarrutuksen seurauksena turvallisen kauas sortumasta ja juna ajettiin hiljaa lopulliseen pysähtymispaikkaan.

Rata-alueelle sortui yhteensä arviolta 200-300 m³ lihavaa savea. Sortumiskohdassa on kalliroleikkaus. Leikkaus on vuonna 1988 tuettu kalkkipilaristabiloinnilla. Nyt sortuneen leikkauksen vierestä leikkaus oli sortunut aikaisemmin. Tällöin jäljelle jääneen leikkausluiskan vakavuuslaskelmat oli tehty uudelleen ja leikkaus oli kalkkipilaristabiloitu. Kalkkipilaristabilointi oli tuolloin uudehko tapa vakauttaa penkereitä. Kalkkipilaristabiloinnista ei ollut paljoa kokemuseräistä tietoa.

Tapahtumahetkellä satoi veturinkuljettajan mukaan "todella rankasti".

Luvan saatuaan kuljettaja peruutti junan takaisin Paimion asemalle. Peruutuksen aikana automaattinen kulunvalvonta teki kolme kertaa hätäjarrutuksen. Laitteisto ilmoitti aina syyksi "baliisivika 4".

2. VAARATILANTEEN TUTKINTA

Onnettomuustutkintakeskus sai ilmoituksen noin kello 17 suoraan Turusta.

Onnettomuustutkintakeskus päätti käynnistää tapauksen johdosta virkamiestutkinnan. Tukijaksi määrättiin johtava tutkija **Kari Alppivuori** ja asiantuntijaksi suostumuksensa mukaan tekn. tri **Anssi Lampinen** AL-Engineering Oy:stä. He kävivät myös vaaratilanteenpaikalla. Tapaukseen liittyvät laskelmat tarkasti myös erikoistutkija **Jouko Törnqvist** Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta.

Rata-alueelle sortuneesta savesta otettiin kaksi näytettä vesipitoisuuden selvittämiseksi.

Radan raivauslupa annettiin välittömästi ja rata oli liikennöitävässä kunnossa ennen puoltayötä.

3. TAPAHTUMAOLOSUHTEET

3.1 Kalusto

Henkilöpikajunassa no: 134 oli Srl sarjan veturi no: 3111 ja seitsemän vaunua. Junakalustolla ei ollut yhteyttä vaaratilanteen syntyyn. Junassa oli useita kymmeniä matkustajia.

Veturin automaattinen kulunvalvontalaitteisto teki junalle voimakkaan jarrutuksen vain pari kilometriä ennen pengersortumaa. Laitteiston mukaan kyseessä oli "baliisivika 4" (BALV.4). Vika on mitä ilmeisimmin aiheutunut rankasta sateesta eikä asia liity miten-



kään pengersortumaan. Teoriassa radalla ollut vetinen savi olisi voinut aiheuttaa hälytyksen kulunvalvontalaitteistoon.

Baliisivika 4 ilmoittaa vian olevan opastinbaliiseissa. Vika ilmenee, jos molemmat opastinbaliisit lähettävät vakiosanomaa tai kyseessä on kortti/koodain/kaapeli/liitinongelma, eli tieto ei välity baliiseihin. Tässä tapauksessa vian jälkeen kuljettajalla on viisi sekuntia aikaa aloittaa jarrutus vähintään 0,6 bar:n jarrujohdon paineen alennuksella nopeuteen 80 km/h. Jos kuljettaja ei aloita jarrutusta, kulunvalvonta tekee sen. Jarrutuksen saa irti, kun junan nopeus on laskenut 80 km/h:in. Jos junan nopeus on edellämäinittua pienempi, kulunvalvonta tekee kuitenkin jarrutuksen, jonka kuljettaja voi irrottaa kahden sekunnin kuluttua. Vika on voimassa seuraavalle pääopastimelle asti tai kun juna on ohittanut seuraavan opastinbaliisin.

Puuttumatta sen tarkemmin baliisien toimintaan ja vikakoodauksiin voidaan todeta kulunvalvonnan jarruttaneen junan pysähdyksiin kuljettajasta riippumatta.

Kyseisen baliisivian ilmeneminen juuri ennen luiskasortumaa aiheutti sen, että junan kiihtyvä nopeus ennen hätäjarrutusta oli vähäinen, vain 43 km/h.

3.2 Henkilöstö

Veturinkuljettajalla oli monivuotinen kokemus työstään. Sattuma, junan kuljettajan havaintokyky ja huolellisuus estivät vakavan onnettomuuden synnyn.

3.3 Olosuhteet

Vaaratilanteen tapahtumahetkellä 6.7.1996 klo 16.32 satoi kaatamalla. Paikallisen maanviljelijän mukaan viimeisen tunnin aikana vettä oli satanut 50 mm. Kaksi edeltävää viikkoa oli myös ollut erittäin sateisia. Ratapenkereen vierusojat olivat pääosin täynnä vettä.

4. VAARATILANTEEN SYY

4.1 Leikkausluiskan sortuminen

Helsinki-Turku välisellä rataosuudella toteutettiin 1987-1989 rataoikaisu, ns. Pitkänkaarren oikaisu, kilometrivälillä 151+665 - 151+794.8 leikkausluiskien stabilointina kalkkipilaintimenetelmää käyttäen (lähdeliite 3: Viatek Oy:n laskelmat suunnitteluvaiheessa). Rakennustyön aikana osa leikkauksesta (km n. 151+740 - 151+795) sortui, minkä johdosta tehtiin rakennuttajan toimesta sortumatta jääneen kalkkipilaintiosuuden vakavuustarkastelu (km 151+665 - 151+695) (lähdeliite 4: VR:n geoteknillisen jaoston vakavuustarkastelulaskelma).

Vakavuustarkastelulaskelma osoitti laskennassa käytettyjen olettamusten perusteella vakavuuden olevan 1,69, ts. ylittävän valtion rautateillä suunnitteluarvona käytetyn ko-

konaisvarmuusluvun minimiarvon. Ratahallintokeskuksen mukaan se ei ole vielä asettanut omia vakavuustarkastelun kokonaisvarmuuden minimiarvoja. Arvot tulevat olemaan olemassaoleville radoille 1,3, perusparannettaville 1,5 ja uusille radoille 1,8.

Kalkkipilaroinnilla vahvistettu leikkausluiska sortui 6.7.1996. Sortuneesta luiskasta otetusta näytteestä mitattiin vesipitoisuus. Sortumattoman osan reunasta otetun näytteen vesipitoisuus oli 38,1 % ja sortuneen osan leikkauspinnan kohdalta otetun näytteen **74,5 %**.

4.1.1 Suunnittelun lähtökohdat ja mitoitusperusteet

Suunnittelualueella on tehty sekä paino- että porakonekaivauksia, joilla on selvitetty maalajeja ja kalliopinnan asemaa. Poikkileikkauksiin on merkitty katkoviivalla saven alarajat, jonka perusteella kalkkipilarit on työselityksen mukaan toteutettu määräsyvyyteen pilarin alapään korkeusaseman saadessa poiketa korkeintaan 0,2 m.

Mitoituksessa on oletettu leikkauslujuuden koostuvan saven leikkauslujuudesta 20 kPa ja kalkkipilarin leikkauslujuudesta 50 kPa, joiden keskiarvoksi saadaan 1,4 m pilarivälillä (d = 500 mm) 23,5 kPa.

Mitoitus noudattaa ko. aikana vallinnutta käsitystä oikeasta mitoistavasta.

VR:n geoteknillisen jaoston sortuman jälkeen tehdyssä vakavuustarkastelussa on käytetty 22.2.1989 tehtyjä siipikairaustuloksia, jotka osoittivat saven luonnontilaisen leikkauslujuuden olevan minimissään n. 16 kPa. Tällöin saatiin ko. alueen leikkauslujuudeksi n. 20 kPa. Varmuustasoksi saatiin täten 1,69.

4.1.2 Sortuman syyt

Pitkään jatkuneiden sateiden jälkeen kalkkipilareilla tuettu leikkaus sortui 6.7.1996. Sortumapaikalla tehtyjen havaintojen perusteella voitiin todeta, että:

- sortuman takareuna noudatti kalkkipilarilinjaa siten, että kalkkipilarin ulkoreunasta oli paljaana n. 30-40 cm, kalkkipilarin ja saven rajapinnassa oli havaittavissa ohuehko "siirtymävyöhyke".
- sortuman liukupinta myötäili alapinnassaan silokallionomaista kalliopintaa, joten jos kalkkipilarit eivät ulottuneet kalliopintaan asti, ei niillä ollut käytännössä mitään merkitystä sortuman estämistä ajatellen.

Sortuman leikkauspinta kulki pitkin kalkkipilareiden pintaa (pystyosalla) ja saven ja kalli-on rajapinnassa vaakaosuudella. Suunnittelussa käytetty oletamus kalkkipilareiden toiminnasta leikkausta vastaan ei siten toteutunut, vaan leikkaus tapahtui kalkkipilareiden alapuolelta.



Osasyynä tähän oli se, että pilareille oli työselityksessä määritelty tarkat pituudet ja ilmeisesti pilarit eivät ulottuneet kalliopintaan, joten ne eivät voineet vaikuttaa leikkausta vakauttavasti.

Leikkausluiskan vakavuus sortumaa vastaan oli riittämätön olettaen, että kalkkipilarit eivät osallistuneet toimintaan, vaan ainoastaan savi (leikkauslujuus-olettamus 16 kPa) otti vastaan leikkausta. Varmuustasoksi saadaan laskemalla n. 0,8-1,4 (lähdeliite 5: Tässä tulkinnassa laskettu klassisella Bishoffin menetelmällä). Ko. menetelmässä ei voida ottaa huomioon mahdollista veden aiheuttamaa heikkousvyöhykettä (halkeamapintaa) saven ja kalkkipilarin välissä. Saven ja kalliopinnan välistä adheesiota on approksimoitu alhaisella (5 kPa) leikkauslujuudella.

Myötävaikuttavana tekijänä voidaan esittää voimakkaat sateet (sortuma-alueen vierellä todettu sademittarissa n. 50 mm sade 15 minuutissa) ja pitkäaikoinen sateinen kausi. Maasto sortuma-alueen yläpuolella viettää radalle päin.

5. SUOSITUKSET

Rantaradan maa-aines tiedetään häiriintymisherkäksi. Kyseisen sortumispaikan vieressä ollut leikkausluiska sortui radalle kahdeksan vuotta aikaisemmin. Nyt sortuneen leikkausluiskan vakavuuslaskelmissa oli tiettyjä oletusvirheitä. Virheet ovat syntyneet siitä huolimatta, että maankairaustulokset olivat oikeita.

C8196RIS61 Leikkausluiskien stabiliteetin varmistaminen

Häiriintymisherkiksi tiedettyjen alueiden stabiliteetilaskelmien lähtöoletukset on tarkistettava.

LIITE 1

Tapahtumapaikka

Helsinki - Turku -rataosuudella Paimiossa leikkausluiska sortui kiskoille 6.7.1996. Radalle valui lihavaa savea arviolta 200 - 300 kuutiometriä.



LIITE 2

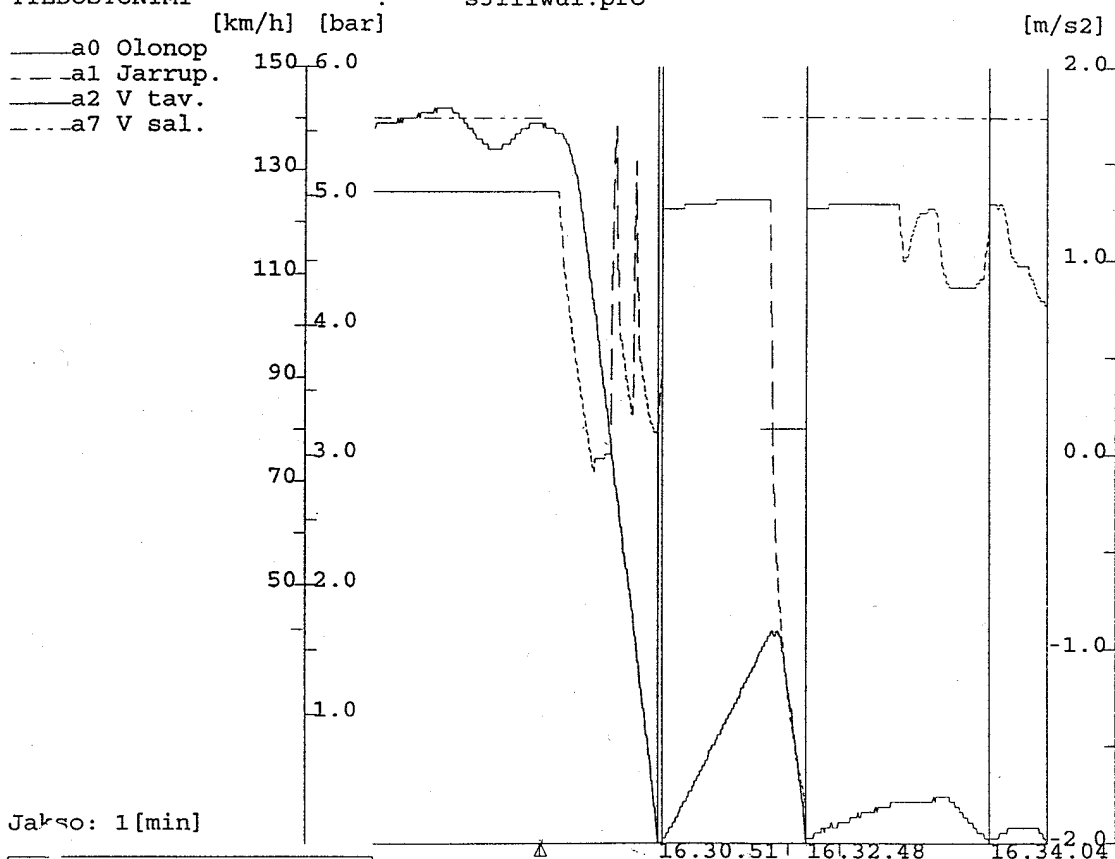
Kulunvalvontalaitteiston taltiointi junan nopeudesta

Kulunvalvontalaitteiston tulostus veturin toimintoista ja junan nopeudesta Paimiossa 6.7.1997 leikkausluiskan sortuman tukittua radan.

GRAAFINEN TULOSTUS

Tulostuspäivämäärä ja -aika
8.7.1996 07.54.56

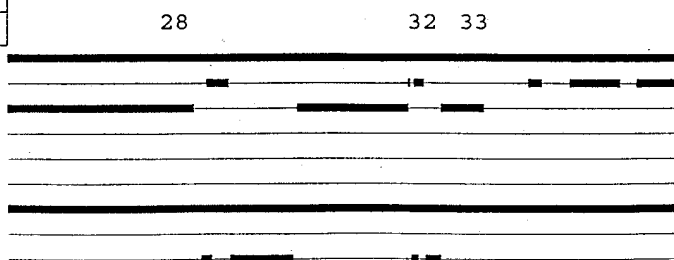
VETURINUMERO : Srl :3111 0134
REKISTERÖINTIAIKAVÄLI : 6.7.1996 - 6.7.1996
TIEDOSTONIMI : s3111wul.pro



Jakso: 1 [min]

6.7.1996 16.27.00
6.7.1996 16.35.00

d0 JKV On/Ei
d1 S-jarru (valm)
d2 Vetotila (valm)
d3 Ymp. tai luisto
d4 Hiekoitus
d5 Hiekoitus/käsi
d6 Turval. toim.
d25 Kiskojarru
d26 Jarrutus



LIITE 3

Lausunnonantajien suosituksista poikkeavat mielipiteet ja kommentit

Ratahallintokeskus ei ole vielä asettanut omia vakavuustarkastelujen kokonaisvarmuuden minimiarvoja. Valtion rataverkon suunnittelussa sovelletaan RIL 121-1988 Pohjarakennusohjetta. Ratateknillisten määräysten ja ohjeiden uudistettavassa osassa 3 " Radan rakenne" tullaan vakavuustarkastelun kokonaisvarmuudelle asettamaan minimiarvot. Olemassaolevien ratojen kokonaisvarmuuden minimiarvo tulee olemaan 1,3, perusparannettavien ratojen 1,5 ja uusien ratojen 1,8 (Ratahallintokeskus).

Suositus **C8/96R/S6**: Ratahallintokeskuksen käsityksen mukaan häiriintymisherkiksi tiedettyjen alueiden stabiliteettilaskelmien lähtöoletuksien tarkistus tulee toteuttaa tutkimuksella, jossa

- maaperäkartojen ja korkeustietojen perusteella kartoitetaan mahdollisesti riskialttiit maaleikkaukset
- suoritetaan kartoitukseen pohjautuvat katselmukselmat ja olevaan tietoon perustuvat vakavuuslaskelmat
- maastokatselmusten ja vakavuuslaskelmien perusteella suoritetaan pohjatutkimukset pohjatutkimuksiin perustuen suoritetaan tarkennetut vakavuuslaskelmat
- kokonaisvarmuuden minimiarvon alittuessa käynnistetään korjaussuunnittelu
- tehdään tarvittavat korjaustyöt (Ratahallintokeskus)

Paimion leikkaus on koko rataverkolla ainoa paikka, jossa on käytetty kalkkipilaristabilointia leikkausluiskien lujittamiseen. Menetelmän laajemmasta käytöstä luovuttiin, koska se jo rakentamisvaiheen aikana osoittautui huonoksi (VR-Yhtymä Oy).

Saveen tehtyjä ns. perinteisiä rataleikkauksia on rataverkolla jonkin verran. Niiden osalta luiskien pysyvyyttä seurataan radan tarkastusten yhteydessä ja tarvittaessa tarkistetaan myös stabiliteettilaskelmat. Lähtötilanteissa todetut arvot voivat kuitenkin muuttua esim. kuivatusjärjestelmien ja pohjavesimuutosten takia (VR-Yhtymä Oy).

VALOKUVALIITE

Lauantaina 6.7.1996 henkilörikajuna 134 teki hätäjarrituksen, koska sortuvasta leikkausluiskasta valui radalle 200 – 300 m³ lihavaa savea.



Kuva 1. Märkää savea valui kiskoille kallioleikkauksen kohdalta kalkkipilaristabiloidusta leikkausluiskasta. Savea oli kiskoilla enimmillään lähes kaksi metriä. Lähialueilla havaittiin myös useita muita sortuman alkuja.



Kuva 2. Leikkausluiska loivennettiin ja vakautettiin kuvan mukaiseksi.