

SKEEM



RVT

TEHNOREISI KOKKUVÕTE

ARHIMEDESE KRUVI

TURBIINID JA PUMBAD

23.08.2016 – 25.08.2016

Peeter Napp, Taavo Säärts, Kaupo Ingver, Ergi Prommik, Elar Põldvere

2016-11-15

EESMÄRK

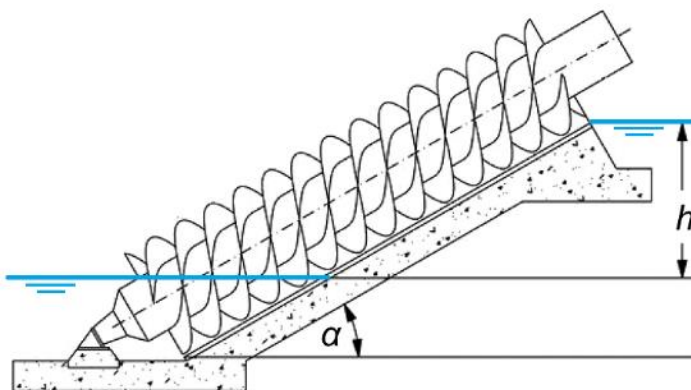
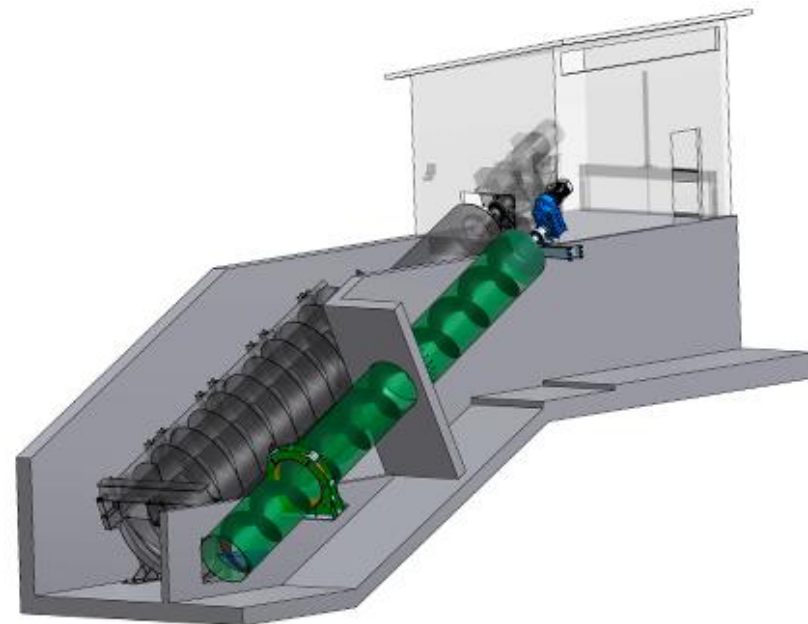
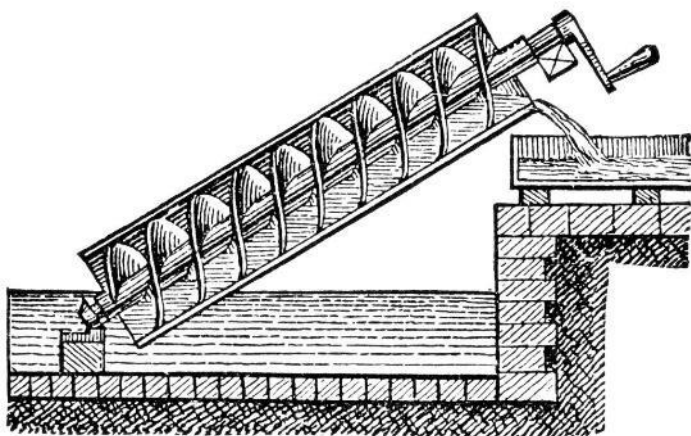
Proloog

Talvised põhjajäätumised Kunda jõe Lontova kärestikul ning EMÜ uuringud probleemi olemusest (T. Tamm, 2016) töid välja aspektid, mis vajaks lahendust. Arutelude käigus EMÜ spetsialistide, Alkranel OÜ arendusjuhi Elar Pöldverega ning kruvivalmistajatega lepidi kokku tehnoreis arhimedese kruvi lahendustega tutvumiseks augustis 2016.

Eesmärk

Tehnoreisi eesmärk oli külastada arhimedese kruviturbiinide ja -pumpade tootjaid ning referentsobjekte Euroopas, et tekiks arusaam lahenduse võimalikkusest Eestis.

ARHIMEDESE KRUVI



ARHIMEDESE KRUVI LÄHTEANDMED

Arhimedese kruvi lahendus on sobilik väiksemate vooluhulkade ja survete korral nii vee pumpamiseks kui ka veejõuseadmete käitamiseks.

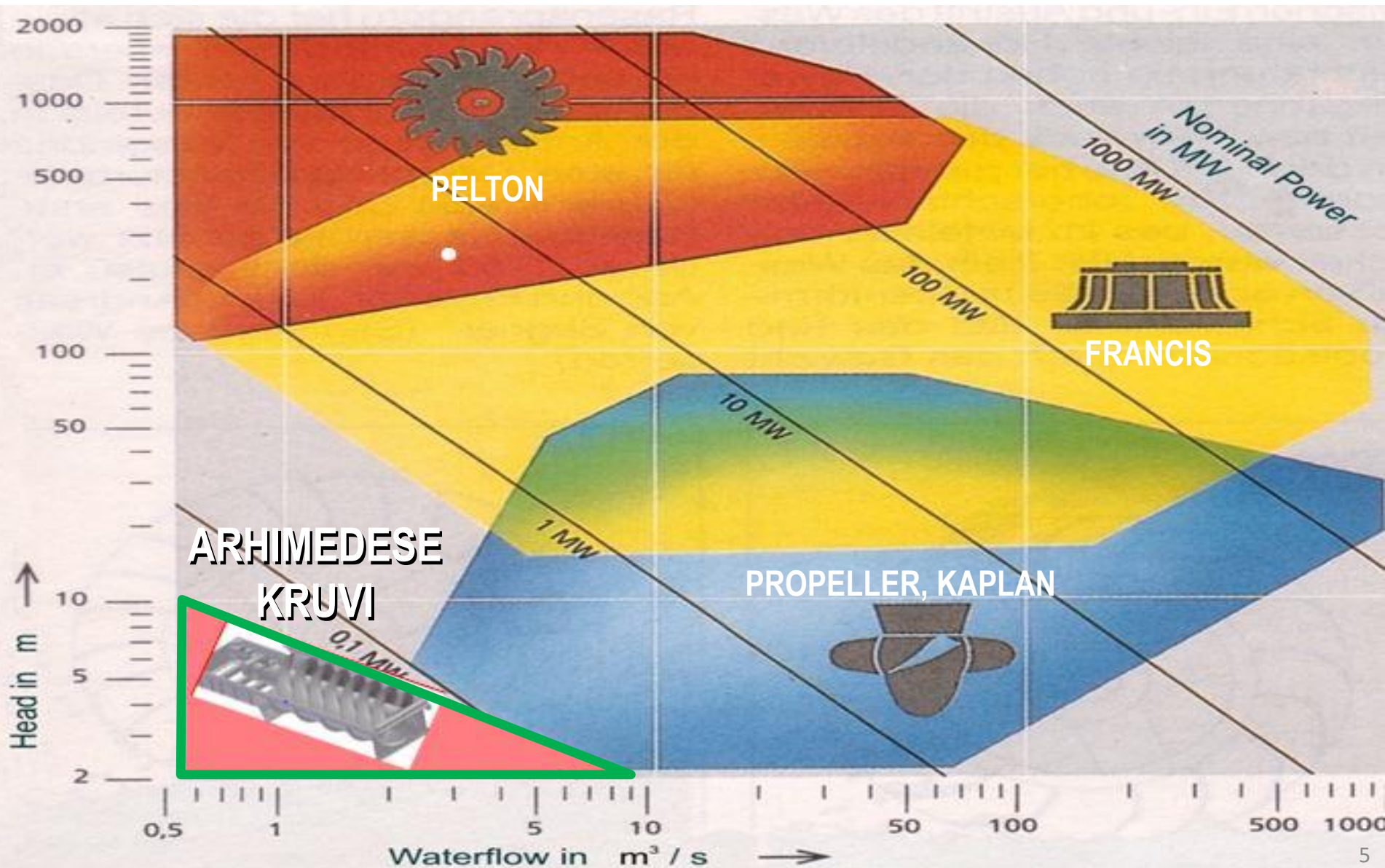
Vooluhulk $Q_{kruvi} = 0,3...10 \text{ m}^3/\text{s}$
Eesti jõgede keskmine vooluhulk $<10 \text{ m}^3/\text{s}$

Surve $H = 0,5...8,0 \text{ m}$

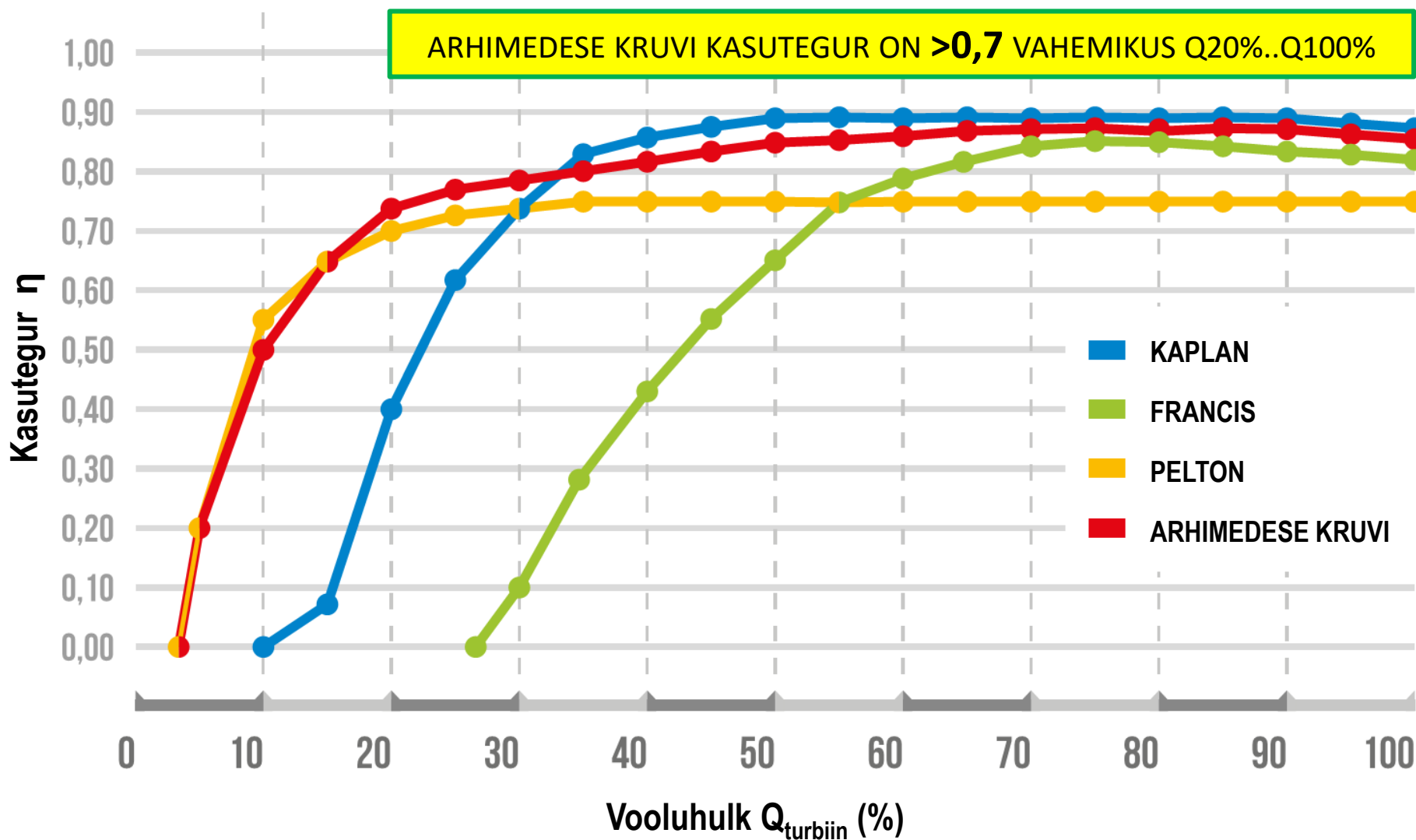
Kaldenurk $\alpha = 20..40^\circ$

Kruvi pikkus $L = 1..15 \text{ m}$

KARAKTERISTIKUTE VÕRDLU



LAHENDUSVARIANTIDE KASUTEGURID ERI VOOLUHULKADE KORRAL



ARHIMEDESE KRUVI EELISED

- Kõrge kasutegur madala surve (H) ja väikese vooluhulga (Q) korral.
- Kõrge kasutegur ($\eta > 0,7$) kogu reguleerimisvahemikus 20..100% (Q_{turbiin}).
- Väiksem tööorgani pöörlemiskiirus vees kui teistel lahendustel (vt tabel).
- Ei vaja veehoidla reguleerivat mahtu turbiini töövahemikus ($Q_{20\%}..Q_{100\%}$) opereerimiseks, sest seadet juhitakse läbi sagedusmuunduri.
- Vajalik võreava laius 15 cm.

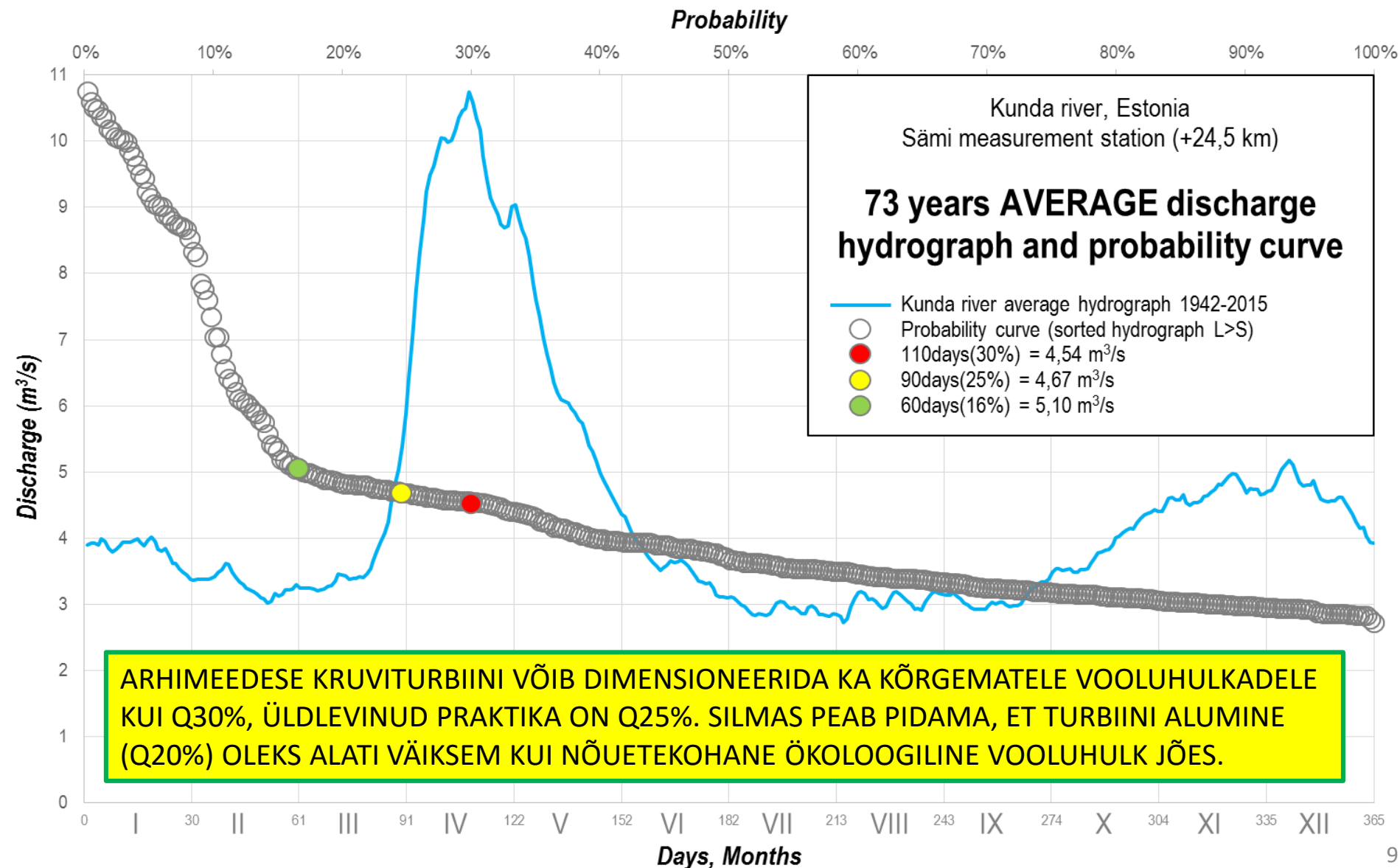
Tüüp	Töötamiseks sobiv surve H (m)	Töötamiseks sobiv vooluhulk Q_{turbiin} (m ³ /s)	Vooluhulga regu- leerimisulatus, kus $\eta > 0,7$	Seadme pöör- lemiskiirus vees p/min
Propeller	2..25	1..25	50...100%	> 300
Kaplan	2..25	1..800	30..100%	> 300
Francis	5..800	10..1000	55..100%	> 100
Pelton	100..2000	0,5..80,0	20..100%	> 1000
Arhimedese kruvi	0,5...8	0,3..10	20..100%	< 30

ARHIMEDESE KRUVI PUUDUSED

- Massiivne ja suuregabariitne lahendus.
- Kasutegur 10..15% madalam kui kaplanil ja francisel.
- Reguleerimiseks vajalik suur sagedusmuundur.



VOOLUHULGA TÕENÄOSUSKÕVER



KRUVITURBIINI VÕIMSUS

Vooluhulk $Q_{turbiin} = 0,3..10 \text{ m}^3/\text{s}$

Surve $H = 0,5..8,0 \text{ m}$

Kasutegur $\eta = 0,7$

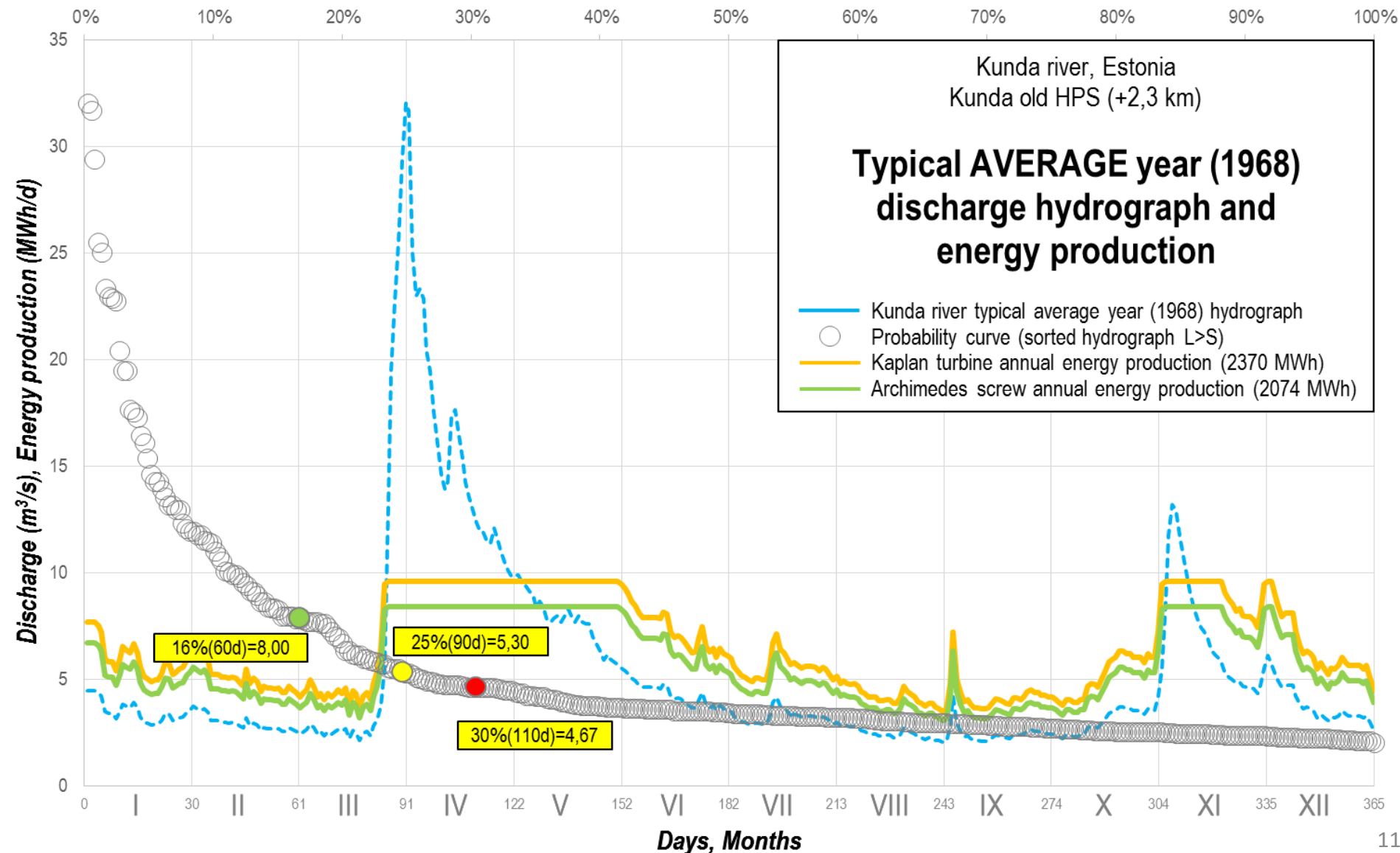
Raskuskiirendus $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Võimsus $P = g \times H \times Q_{turbiin} \times \eta \text{ kW}$

Lihtsustatud arvutusvalem $P = H \times Q_{turbiin} \times 7 \text{ kW}$

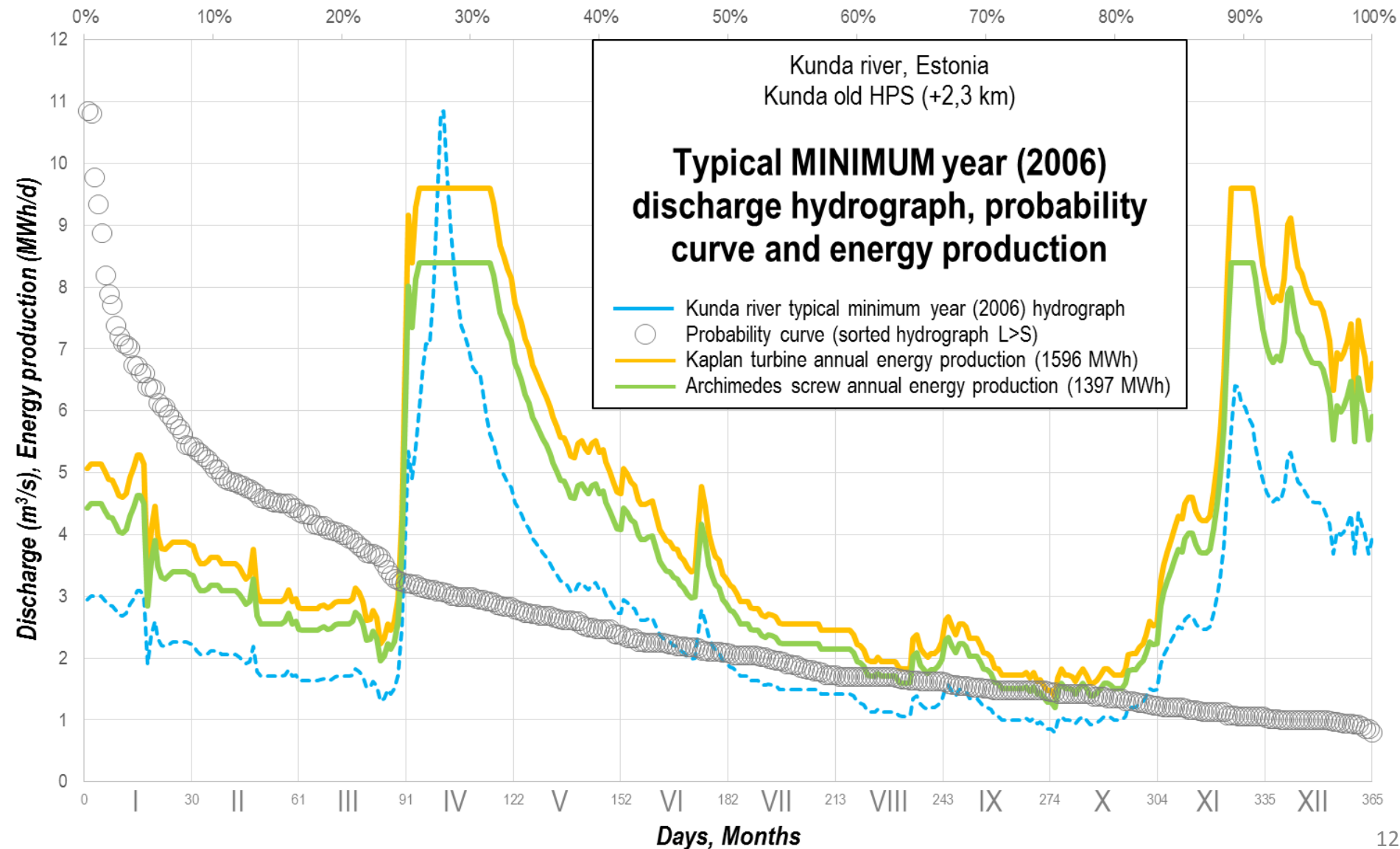
KESKMISE TÜÜPAASTA POTENTSIAAL

Probability



MINIMAALSE TÜÜPAASTA POTENTSIAAL

Probability



VÕIMSUSPARAMETRITE VÕRDLU KESK- MISE JA MINIMAALSE POTENTSIAALI ALUSEL

KAPLAN (2 units) Q=5,60 m³/s 1968 (AVG)

Typical hydrograph annual production	2 369,79 MWh
Energy price	60,00 EUR/MWh
Annual turnover	142 187,32 EUR
MAX (day)	9,60 MWh
MIN (day)	4,77 MWh
MAX (hour)	400 kW
MIN (hour)	199 kW
Annual bypassed energy	920 MWh
Annual bypassed energy	39 %
Annual bypassed possibilities	55 177 EUR
Annual bypassed possibilities	39 %

KAPLAN (2 units) Q=5,60 m³/s 2006 (MIN)

Typical hydrograph annual production	1 596,00 MWh
Energy price	60,00 EUR/MWh
Annual turnover	95 759,81 EUR
MAX (day)	9,60 MWh
MIN (day)	2,55 MWh
MAX (hour)	400 kW
MIN (hour)	106 kW
Annual bypassed energy	78 MWh
Annual bypassed energy	5 %
Annual bypassed possibilities	4 677 EUR
Annual bypassed possibilities	5 %

ARCHIMEDEAN SCREW Q=5,60 m³/s 1968 (AVG)

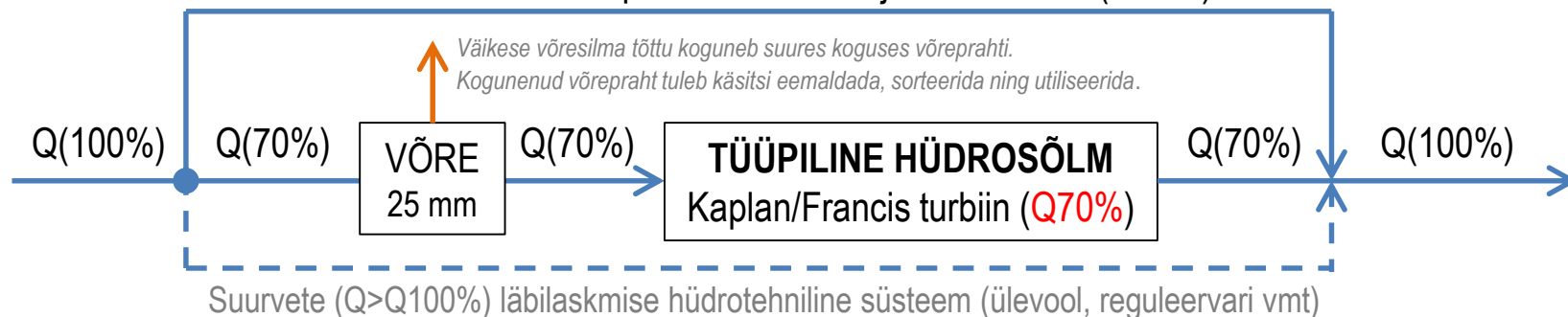
Typical hydrograph annual production	2 073,57 MWh
Energy price	60,00 EUR/MWh
Annual turnover	124 413,91 EUR
MAX (day)	8,40 MWh
MIN (day)	4,17 MWh
MAX (hour)	350 kW
MIN (hour)	174 kW
Annual bypassed energy	805 MWh
Annual bypassed energy	39 %
Annual bypassed possibilities	48 280 EUR
Annual bypassed possibilities	39 %

ARCHIMEDEAN SCREW Q=5,60 m³/s 2006 (MIN)

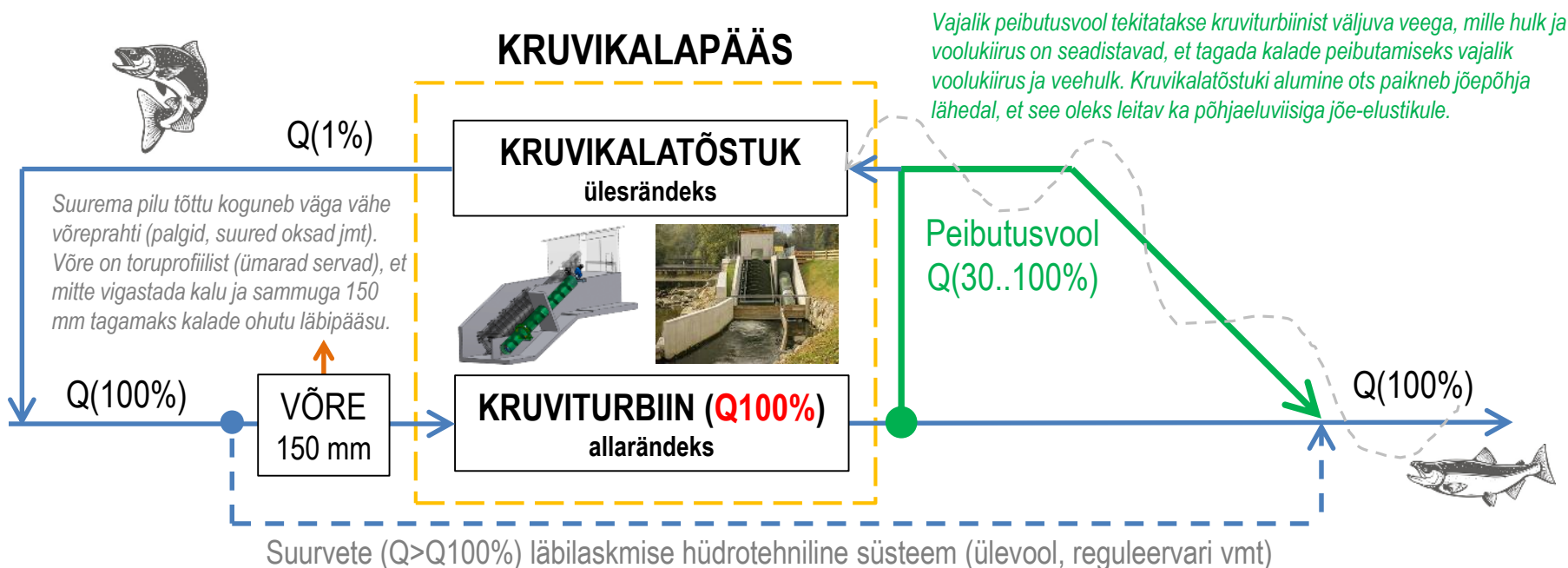
Typical hydrograph annual production	1 396,50 MWh
Energy price	60,00 EUR/MWh
Annual turnover	83 789,83 EUR
MAX (day)	8,40 MWh
MIN (day)	2,23 MWh
MAX (hour)	350 kW
MIN (hour)	93 kW
Annual bypassed energy	68 MWh
Annual bypassed energy	5 %
Annual bypassed possibilities	4 092 EUR
Annual bypassed possibilities	5 %

PROTSESSISKEEMIDE VÕRDLU

Looduslähedane kalapääs kalade üles ja allarändeks (Q30%)



KRUVIKALAPÄÄS



VÕIMSUSPARAMETRITE VÕRDLUS KUI TAVALAHENDUSELE ON LISATUD KALAPÄÄS

KAPLAN (2 units) Q=5,60 m3/s 1968 (AVG)

Typical hydrograph annual production **2 369,79** MWh
 Energy price 60,00 EUR/MWh
 Annual turnover **Q70% = 1700 MWh**
102 000 EUR/a
 42 187,32 EUR
 9,60 MWh
 MIN (day) 4,77 MWh

Annual bypassed e
 Annual bypassed e
 Annual bypassed p
 Annual bypassed p

KUI TAVALAHENDUSEST ARVESTADA MAHA LOODUSLÄHEDASE
 KALAPÄÄSU TOMIMISEKS VAJALIK VOOLUHULK (ca Q20..30%), SIIS
 ON ARHIMEDESE KRUVIKALAPÄÄSU AASTANE ENERGIATOODANG
 ISEGI PÄRAST KRUVIKALATÕSTUKI OPEREERIMISKULUDE*
 MAHAARVAMIST ca 10..15% SUUREM KUI TAVALAHENDUSTE
 (Kaplan, Francis) PUHUL.

KAPLAN (2 units)

Typical hydrograph annual production **1 596,00** MWh
 Energy price 60,00 EUR/MWh
 Annual turnover **Q70% = 1100 MWh**
66 000 EUR/a
 95 759,81 EUR
 9,60 MWh
 MIN (day) 2,55 MWh
 MAX (hour) 400 kW

Annual bypassed energy
 Annual bypassed energy
 Annual bypassed possibilities
 Annual bypassed possibilities

4 677 EUR
 5 %

ARCHIMEDEAN SCREW

Q=5,60 m3/s 1968 (AVG)

Typical hydrograph annual production **2 073,57** MWh
 Energy price 60,00 EUR/MWh
 Annual turnover **Q100%* = 2000 MWh**
120 000 EUR/a
 413,91 EUR
 8,40 MWh
 MIN (day) 4,17 MWh
 350 kW
 174 kW
 805 MWh

Annual bypassed e
 Annual bypassed e
 Annual bypassed p
 Annual bypassed p

39 %
 48 280 EUR
 39 %

m3/s 2006 (MIN)

Typical hydrograph annual production **1 396,50** MWh
 Energy price 60,00 EUR/MWh
 Annual turnover **Q100%* = 1300 MWh**
78 000 EUR/a
 3 789,83 EUR
 8,40 MWh
 MIN (day) 2,23 MWh
 MAX (hour) 350 kW
 93 kW

Annual bypassed energy
 Annual bypassed energy
 Annual bypassed possibilities
 Annual bypassed possibilities

68 MWh
 5 %
 4 092 EUR
 5 %

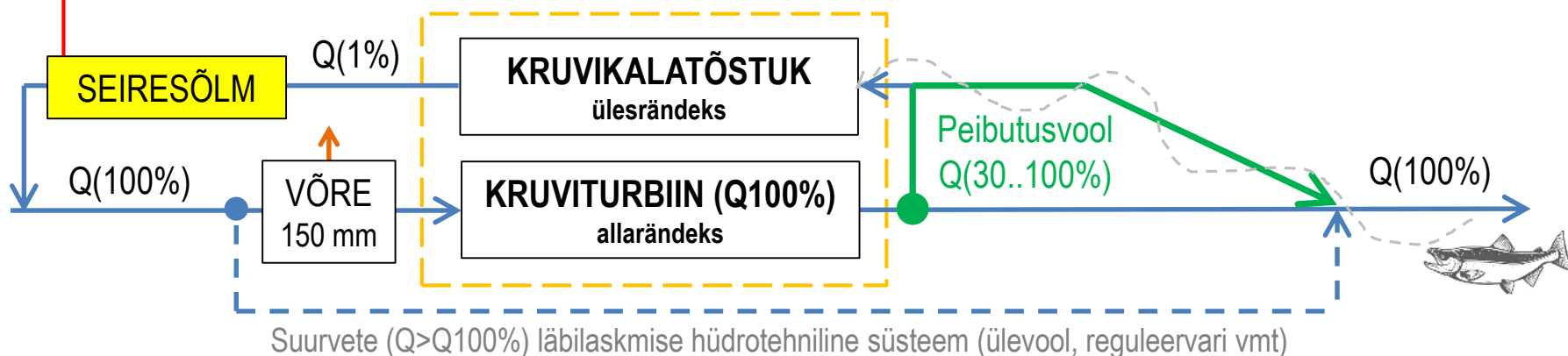
INVESTEERINGU TASUVUSAEG < 10 AASTAT

PROTSESSISKEEM SEIRESÕLMEGA

Seiresõlm on hoones sees paiknev läbipaistev kanal, kus monitooritakse jõe-elustiku ja jõevee seisukorda näitavaid olulisi parameetreid reaalajas. Andmeid mõõdetakse pidevalt *online* anduritega ja tulemusi talletatakse keskserversis, kust need on kättesaadavad kõigile osapooltele keskkonnalaseks aruandluseks, kontrolliks, uuringuteks ja ka õppetöös.

- Ülesrändava jõe-elustiku aastaringe registreerimine video ja fotoarhiiv, tuvastustabelid, rändeajad
- H – veetasapind (mm) enne ja pärast hüdrotehnilist rajatist
- Q – vooluhulk (m^3/s) läbi hüdrotehnilise rajatise
- pH – jõevee pH
- T – jõevee temperatuur ($^{\circ}C$)
- Reostusindikaatorid – hägusus (NTU), hapnik (mg/l), lämmastik (mg/l), fosfor (mg/l), elektrijuhtivus ($\mu S/cm$)

KRUVIKALAPÄÄS



KRUVIKALAPÄÄSU PILOOTPROJEKT

Asukoht: Pilsing, Urli jõgi, Austria

Diameeter: 2,90 m
Labadega kaetud: 8,10 m
Surve H: 3,60 m
Vooluhulk Q100%: 3,20 m³/s
Võimsus P: 80,00 kW
Võrdlustarbijad: 120 leibkonda (480 in)

TEHNOHOONE

KRUVITURBIIN
20..30 p/min

KRUVIKALATÕSTUK
5..6 p/min
V=110 liitrit labavahe
Tõusuaeg ca 2 min



PEIBUTUSVOOLU
REGULEERSÕLM

PEIBUTUSKANAL

Rohkem infot pilootprojekti kohta (videod, kala tõusu ja laskumise uuringud, toimivuse kinnitus):

<http://www.rehart-power.com/de/referenzen/fischaufstiegsschnecke-typ-fas/pilsing-fas.html>

KALADE TÕUSU JA LASKUMISE UURINGUD LÄBI KRUVIKALAPÄÄSU

TOMIVUSUURINGU TEOSTAJA:

IBGF, Ingenieurbüro für Gewässerökologie und Fischerei

Mag. Christian Mitterlehner

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Gewässerökologie,
Fischerei und Fischereischäden

Wiener Straße 19 • 3350 Haag • Österreich

Tel. & Fax +43(0)7434/44584 • Mobil +43(0)676/88 591 221

E-Mail: office@gewaesseroekologie.at • Web: www.gewaesseroekologie.at

TOMIVUSUURINGU PERIOOD JA UURIMISSEIRED:

- sügisseire 27.09 kuni 04.11.2014
- kevadseire 11.04.2015
- kevadseire 12.04 kuni 17.06.2015
- lõhekatsed 12.12 kuni 16.12.2014
- lõhekatsed 23.06 kuni 01.07.2015

FOTOSID LÄBI KRUVIKALATÕSTUKI ÜLESTÕUSNUD LIIKIDEST (1/3)



Abb. 2: Fischaufstiegsschnecke Barbe (adult)



Abb. 3: Fischaufstiegsschnecke Barbe (juvenil)



Abb. 4: Fischaufstiegsschnecke Laube



Abb. 5: Fischaufstiegsschnecke Signalkrebs

FOTOSID LÄBI KRUVIKALATÕSTUKI ÜLESTÕUSNUD LIIKIDEST (2/3)



Abb. 6: Fischauftstiegsschnecke Barbe (adulter Rogner)



Abb. 7: Fischauftstiegsschnecke Koppe



Abb. 8: Fischauftstiegsschnecke Bachschmerle



Abb. 9: Fischauftstiegsschnecke Flussbarsch

FOTOSID LÄBI KRUVIKALATÕSTUKI ÜLESTÕUSNUD LIIKIDEST (3/3)



Abb. 10: Aufgestiegene Huchen 13.12.2014



Abb. 11: Aufgestiegener Huchen 16.12.2014



Abb. 12: Einsetzen des Huchens mit 76cm in den Unterwasserkanal am 23.6.



Abb. 13: Dokumentation in der Reuse am 1.7.2015

SÜGIS JA KEVADRÄNDEL KRUVIKALA-TÕSTUKIS TUVASTATUD KALALIIGID

Fischart		Anzahl	
		Herbst 2014	Frühjahr 2015
Aitel	Leuciscus cephalus	160	20
Äsche	Thymallus thymallus	1	
Bachforelle	Salmo trutta forma fario	11	10
Bachsaibling	Salvelinus fontinalis		1
Bachschmerle	Barbatula barbatula	3	29
Barbe	barbus barbus	52	19
Bitterling	Rhodeus sericeus		1
Elritze	Phoxinus phoxinus	1	1
Flussbarsch	Perca fluviatilis	1	4
Gründling	Gobio gobio	24	77
Hasel	Leuciscus leuciscus	14	
Hecht	Esox lucius	2	
Koppe	Cottus gobio	2	51
Laube	Alburnus alburnus	4	
Nase	Chondrostoma nasus	5	
Regenbogenforelle	Oncorhynchus mykiss	4	16
Rotaugen	Rutilus rutilus	2	2
Rotfeder	Scardinius erythrophthalmus		1
Schneider	Alburnus bipunctatus	94	250
Gesamt		380	482

Tab. 1: Anzahl der über die Fischeaufstiegsschnecke freiwillig aufgewanderten Fische, Herbst 2014 und Frühjahr 2015

SÜGISSEIREL TUVASTATI 380 NING KEVADSEIREL 482 KALA.

TUVASTATUD KALALIIKIDE KOONDABEL

Tab. 1: Vergleich nachgewiesener Arten gemäß Fischleitbild (J) mit Elektrofischerei (E Bef.), Fischeufstiegsschnecke Strasser (FAS Str.) und Beckenpass Atzenhofer (Atzenhofer); gesamt 2014/2015. Die Steinbeisser* wurden im Zuge der Dotationsversuche im Juli 2015 in der FAS nachgewiesen.

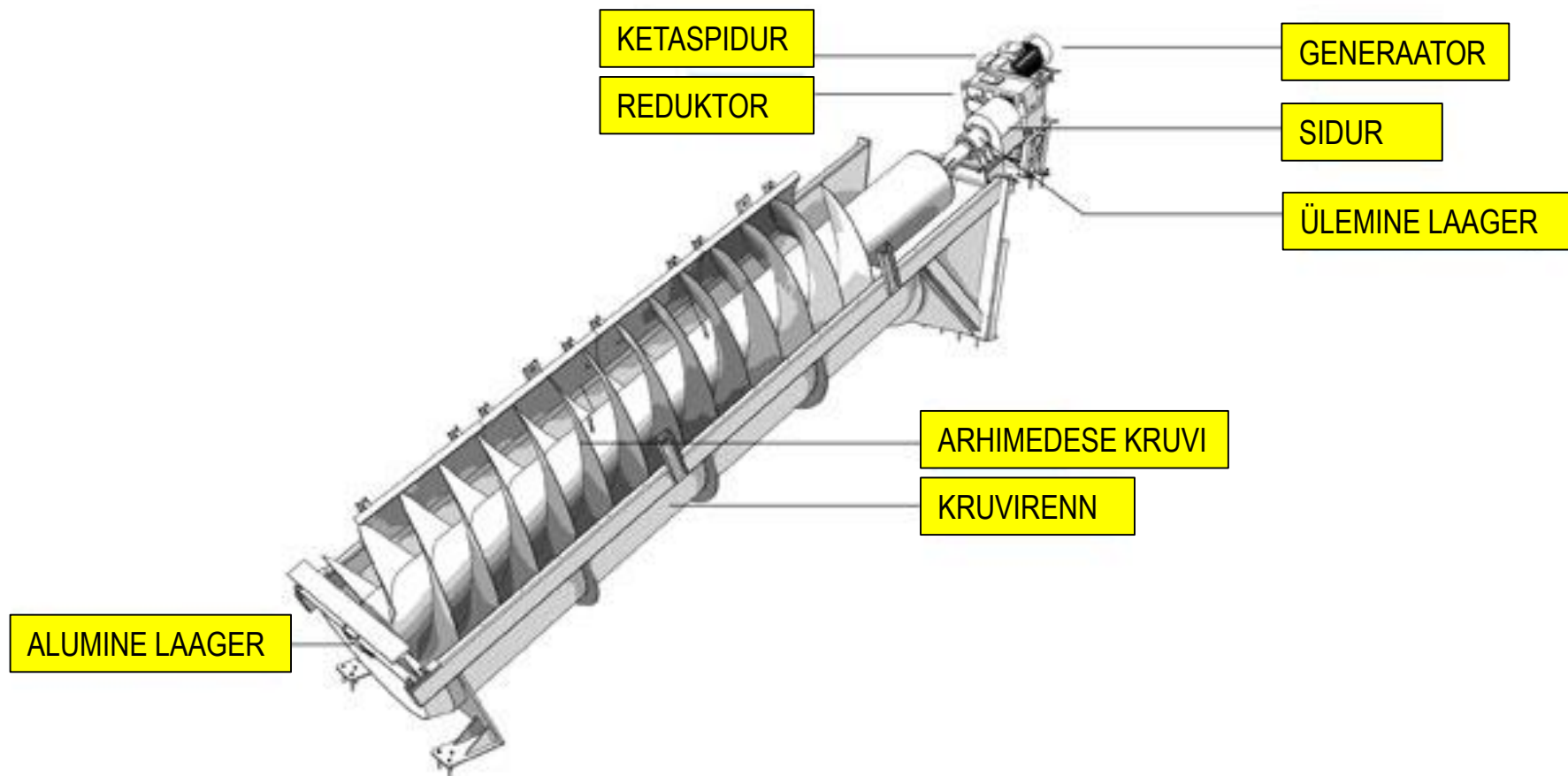
		ELEKTRIPÜÜK		KRUVIKALATÕSTUK		LOODUSLÄHEDANE KALAPÄÄS	
	Status	E- Befischung gesamt		FAS Strasser gesamt		FAH Atzenhofer	
		Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%
Aitel	I	167	20,17	180	23,02	50	28,90
Äsche	b	0	0,00	1	0,13	0	0,00
Bachforelle	b	4	0,86	21	2,48	7	4,05
Bachsaibling	all	0	0,00	1	0,10	0	0,00
Bachschmerle	b	41	12,99	32	3,40	0	0,00
Barbe	I	11	1,69	71	8,78	12	6,94
Bitterling	s	1	0,08	1	0,10	0	0,00
Elritze	s	53	8,04	2	0,23	0	0,00
Flussbarsch	b	1	0,08	5	0,55	17	9,83
Gründling	b	124	22,63	101	11,13	16	9,25
Hasel	b	9	0,72	14	1,83	36	20,81
Hecht	s	1	0,08	2	0,26	8	4,62
Karpfen	all	0	0,00	0	0,00	1	0,58
Koppe	b	8	1,72	53	5,55	0	0,00
Laube	b	24	1,93	4	0,52	9	5,20
Nase	I	19	1,53	5	0,65	7	4,05
Regenbogenforelle	all	1	0,35	20	2,18	6	3,47
Rotaugen	s	0	0,00	4	0,47	2	1,16
Rotfeder	s	0	0,00	1	0,10	1	0,58
Schleie	all	1	0,08	0	0,00	0	0,00
Schneider	I	298	26,68	344	38,24	1	0,58
Steinbeißer	s	1	0,35	2*	0,26	0	0,00
		764	100,00	864	100,00	173	100,00

SEIRE KÄIGUS TUVASTATI KRUVIKALATÕSTUKI JA KA ELEKTRIPÜÜGIGA JÕES ca 800 KALA.

Rohkem infot pilootprojekti kalauuringute kohta (videod, kala tõusu ja laskumise uuringud, toimivuse kinnitus jmt):

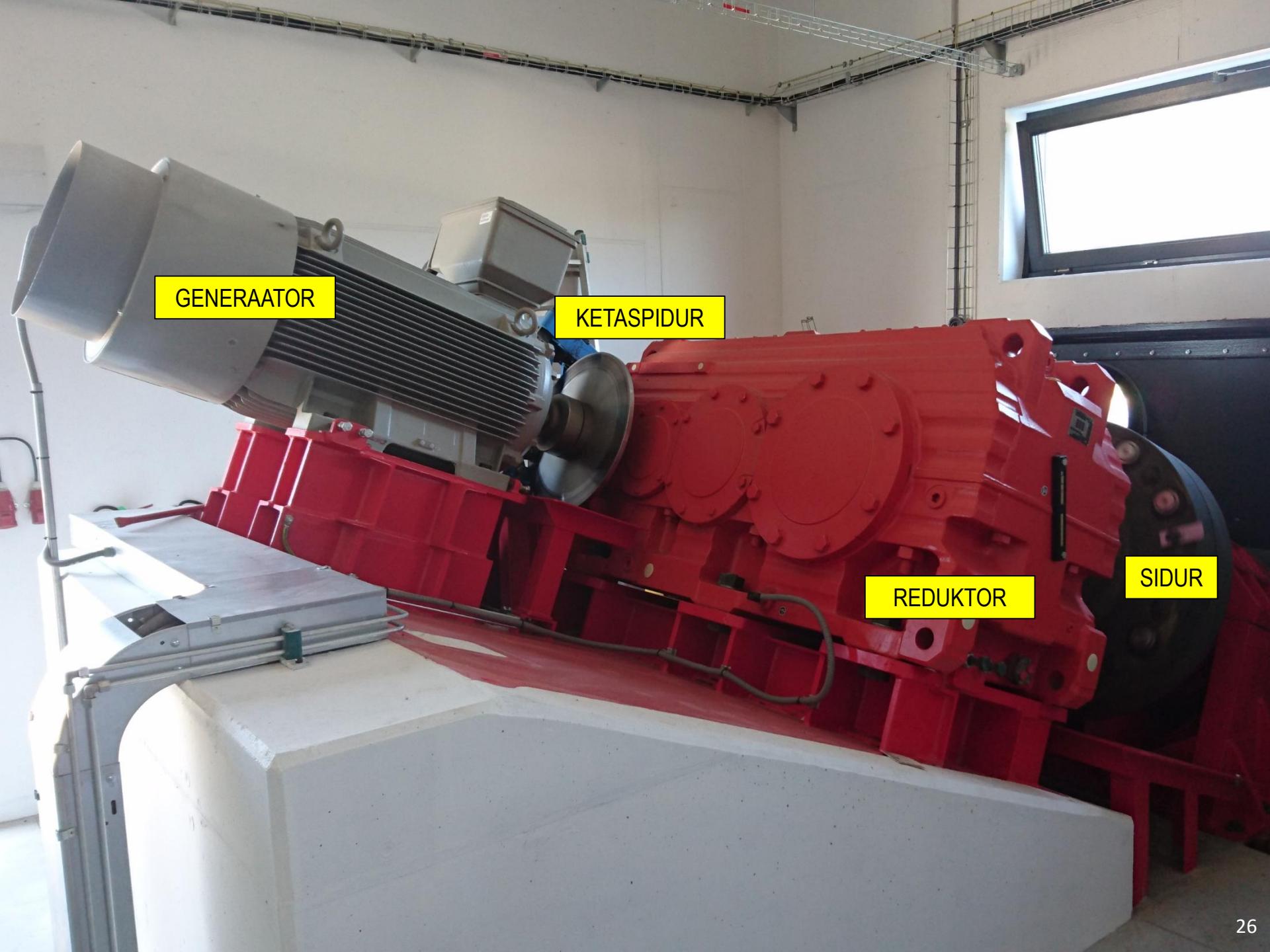
<http://www.rehart-power.com/de/referenzen/fischeufstiegsschnecke-typ-fas/pilsing-fas.html>

TEHNOLOOGIA: KRUVITURBIIN





KRUVITURBIIN

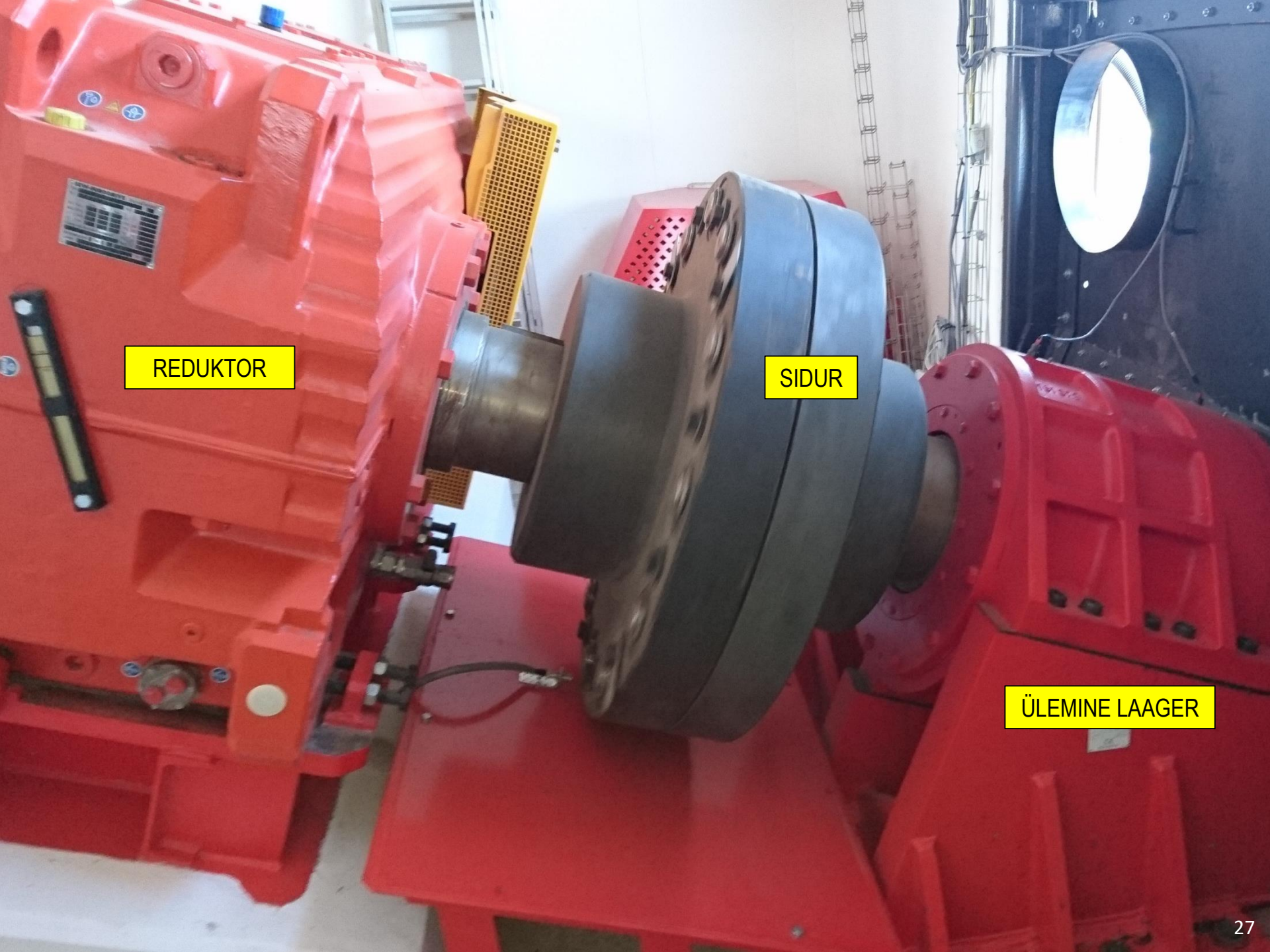


GENERAATOR

KETASPIDUR

REDUKTOR

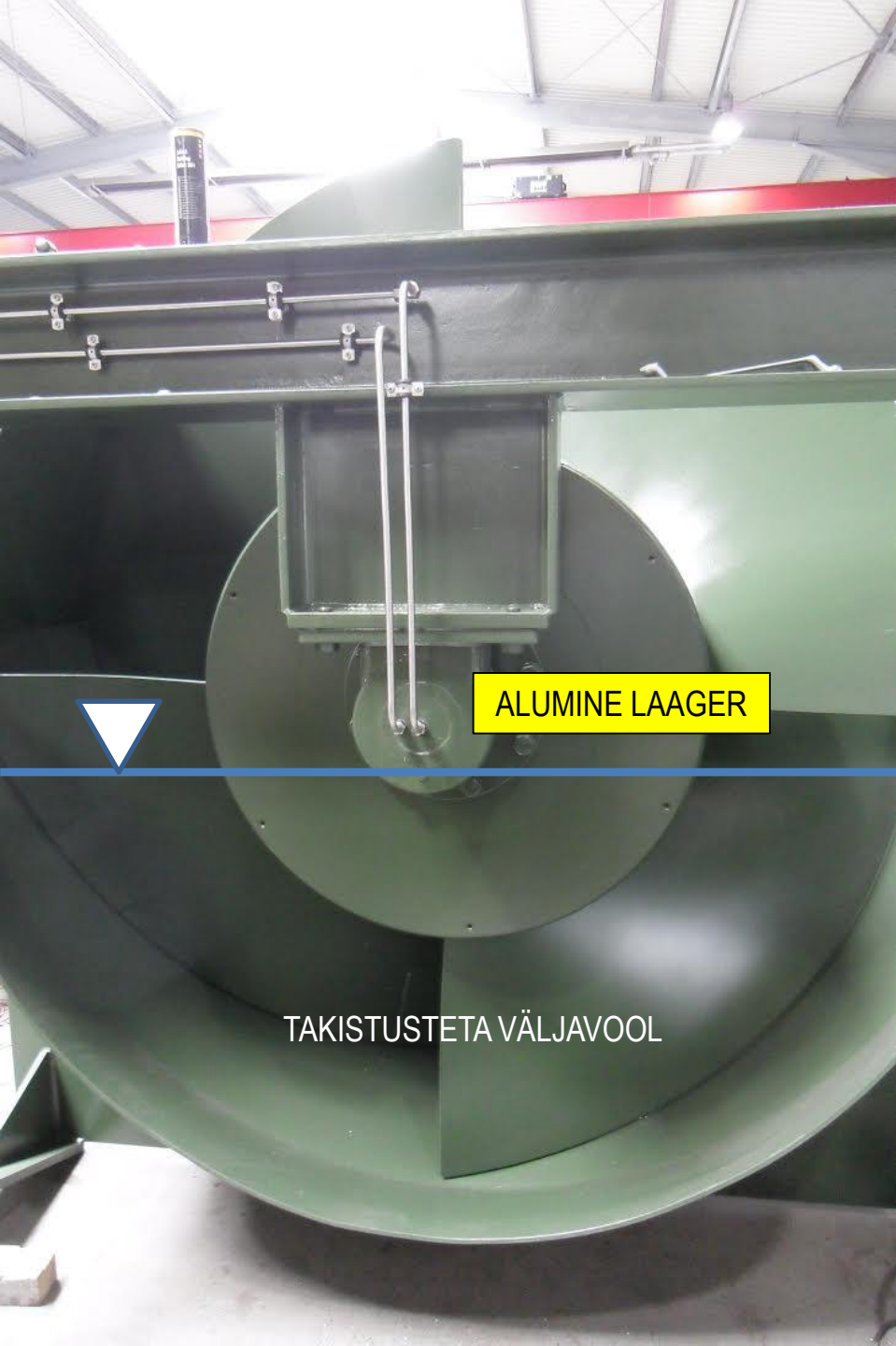
SIDUR



REDUKTOR

SIDUR

ÜLEMINE LAAGER





JÄME VÕRE 150 mm

JÄME VÕRE 300 mm JA UJUVPRAHI SUUNAJA

TEHNOLOOGILISED MÄRKUSED

- Ülaveetaset tuleb suurvete ajal reguleerida, et see ei tõuseks nii kõrgeks, et hakkaks üle turbiini labade alla voolama. Kevadiste ja sügiseste suurvete ajal tuleb liigvete möödajuhtimiseks kasutada kaasaegseid ja automatiseeritud reguleersüsteeme (ülevooolud, varjad, lasud).
- Sissevooluvõrede varbade vahe on ohutuse tõttu 15 cm (teistel turbiinidel 2,5 cm), mis tagab jõeelustiku ohutu läbipääsu jämevõrest. Sissevooluvõred on valmistatud ümarate servadega toruprofiilist. 15 cm varbade vahe on valitud praktikas seetõttu, et lapsed ei satuks turbiini.
- Turbiini ülemise otsa sissevoolulabad on pehmendatud servaga ning pilu kruvi labade ja renni vahel on 3..5 mm.
- Generaatoris ja reduktoris tekkivat jääksoojust on võimalik taaskasutada (näiteks 100kW installeeritud seade toodab sooja ca 10..15 kW). Ühtlane õlitemperatuur reduktoris tagab paremad määrimisomadused.

HOOLDUS JA KÄIT

- Kruvi eluiga 40...60 aastat, laagritel ja reduktoril 20 aastat.
- Väiksed hoolduskulud. Üldiselt tuleb jälgida lihtsaid parameetreid nagu temperatuur, rõhk, vibratsioon, lekked, pöörlemine + E&A parameetrid.
- Praktikas on märgatud ca 5..10% efektiivsuse tõusu, kui ilmastikule avatud kruvilt pesta maha vetikad.
- Reduktori hooldusprotseduur on õli kontrollimine (kogus, viskoossus) ning õlivahetust iga kaheaastase töötsükli järel.
- Hädapiduri (ketaspidur) tuleb jälgida ketaste kulumist ja õlirõhku.
- Pöörlevate osade ja laagrite määrdetsüklid sarnased teiste seadmetega.

EHITUS

- Eesti kliimas on mõistlik kasutada pealt kinniseid või hoonesse paigaldatud lahendusi kliima (talvine jäätumine) ning vandalismiohu tõttu.
- Üldehituskulud madalad, sest ei pea ehitama rajatisi jõepõhjast sügavamale. Väiksematel lahendustel vajalik ainult vundament üleval ja all ning tehnoloogiline osa on valmistatud terasest (kompaktlahendus).
- Kruvikalatõstuki rajamise investeering on oluliselt väiksem, kui looduslähedase kalapääsu puhul (väiksem ehitusalane pind ja ehitustööde maht).
- Kompaktsuse tõttu võimalik kasutada lahendusi, mis sobivad muinsuskaitsealustele objektidele (kruvi on peidetud ja mälestis säilib).





JÄRGMISED SAMMUD

1. Kalaspetsialistide kaasamine kruvilahenduste hindamiseks.
2. Diplomitöö kruvilahenduse teemal mõne Eesti projekti näitel.
3. Austria projekti (PILSING) külastamine kohalike ekspertidega kevadseire ajal aastal 2017 (info E. Prommik, +372 5557 7770).



KONTAKTID

1. Lähteülesanne, tehnoloogiline lahendus, tasuvusarvutused

- Ergi Prommik, +372 5557 7770, ergi.prommik@gmail.com

2. Keskkonnavalased küsimused

- Elar Pöldvere, +372 528 9197, elar@alkranel.ee

3. Projekteerimine

- Peeter Napp, +372 5560 9245, peeter@piiber.ee

4. Üldehitus ja tehnoloogia paigaldus

- Taavo Säarits, +372 5300 5330, taavo@rvt.ee

5. Hooldus ja käit

- Kaupo Ingver, +372 5334 5262, ingverk@gmail.com

