

UTFORMNING AV INTAG Delrapport

Elforsk rapport 94:1B

Förf: Sam Fredriksson
Ulf Aurosell

*Utformning av intag
Delrapport*

*Sam Fredriksson
Ulf Aurosell*

1993-12-22

Från Vattenkraft	Rapportdatum 1993-12-22	Rapport nr VU-H 93:B35
Författare Sam Fredriksson/Ulf Aurosell	Rapportens tillgänglighet Begränsad	Projektnr. 63027
Beställare ELFORSK AB Box 1704 111 87 STOCKHOLM	Teknisk granskning  Nils Johansson	
	Godkänd  Hans Lindström	
Sökord Intag, grindar, modellförsök, PHOENICS	Antal textblad 18	Antal bilagsblad 5

Rubrik

Utformning av intag - delrapport

Sammanfattning

Bakgrund

Gallergrindar placeras i intagets inlopp för att därigenom stoppa upp drivved, grenar, stockar, is m m som transporteras i älven mot intaget. Nya material och högre krav på effektiv elproduktion och lägre kostnader för underhåll har medfört att en genomgång av grindfunktion och intagsutformning har aktualiserats.

Syfte och mål

Uppställda mål kan sammanfattas i följande rubriker.

- Effektivare elproduktion genom minskade fallförluster över grindar och intag samt jämnare hastighetsfält uppströms spiralen.
- Lägre kostnader för drift och underhåll avseende intagsgrindar.
- Såväl drift- som personsäkerhet skall ökas.



Genomförande

Projektet är uppdelat i delprojekt rörande grindutformning, intagsutformning, grindrensarfunktion och isproblem. Projektet innefattar modellförsök, för att ta fram fallförluster för befintliga grindjärnsprofiler och försöka minska dessa med hjälp av nya profiler, en matematisk modellering, för att kunna optimera intagsutformningen, och erfarenhetsåterföring och litteraturstudier, för att ta fram tillförlitliga lösningar avseende grindrensning och isproblem.

Resultat

Stora delar av modellförsöken är utförda liksom delar av den matematiska modelleringen. Modellförsöken visar att förlusterna kan minskas betydligt med rätt profilval. De fallförlustformler som använts tidigare ger inbördes olika resultat. Hittills utförda försök ger förlustkoefficienter som är högre än de som BYGG [1] presenterar, men lägre än de som Idel'Chik [2] presenterar. Den matematiska modelleringen visar på en framkomlig väg som kan ge värdefull information om inströmningsförhållanden och fallförluster.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	BAKGRUND	1
1.1.	Utformning av grind.....	1
1.2.	Utformning av intag	1
1.3.	Grindrensning och isproblem.....	2
2.	MÅL	2
3.	GENOMFÖRANDE.....	3
3.1.	Utformning av grind.....	3
3.1.1.	Litteraturstudie	3
3.1.2.	Modellförsök	4
3.1.3.	Matematisk modellering	8
3.1.4.	Materialval.....	9
3.2.	Utformning av vattenväg.....	9
3.2.1.	Matematisk modellering av ett intag.....	9
3.2.2.	Implementering av en parameteriserad grind i intagsmodell.....	9
3.2.3.	Användning av utdata från en storskalig beräkning som indata till intagsberäkningen	9
3.3.	Grindrensning och isproblematik.....	10
3.3.1.	Litteraturstudie	10
3.3.2.	Erfarenhetsinsamling	10
3.3.3.	Studiebesök	10
4.	RESULTAT FRÅN UTFÖRDA DELOMRÅDEN	10
4.1.	Utformning av grind.....	10
4.1.1.	Litteraturstudie	10
4.1.2.	Modellförsök	10
4.1.3.	Matematisk modellering	15
4.1.4.	Materialval.....	15
4.2.	Utformning av vattenväg.....	15
4.2.1.	Matematisk modellering av ett intag.....	15
4.2.2.	Implementering av en parameteriserad grind i intagsmodell.....	16
4.2.3.	Användning av utdata från en storskalig beräkning som indata till intagsberäkningen	16
4.3.	Grindrensning och isproblematik.....	17
4.3.1.	Litteraturstudie	17
4.3.2.	Erfarenhetsinsamling	17
4.3.3.	Studiebesök	17
5.	TIDPLAN OCH FORTSATT ARBETE.....	18
6.	REFERENSER.....	18

BILAGEFÖRTECKNING

Bilaga	1:	Försöksprogram för modellförsök.	2 s
	2 (1):	Försöksresultat från modellförsök med profil A, 0° och 15° anströmning.	1 s
	2 (2):	Försöksresultat från modellförsök med profil B. 0° och 15° anströmning.	1 s
	2 (3):	Försöksresultat från modellförsök med profil D. 0° och 15° anströmning.	1 s

1. BAKGRUND

1.1. Utformning av grind

Gallergrindar placeras i intagets inlopp för att därigenom stoppa upp drivved, grenar, stockar, is m m som transporteras i älven mot intaget. Grindarna består av vertikala grindjärn sammanhållna med genomgående bult och distansrör eller svetsade avstyvningar. Grindjärnsprofilen varierar från strömlinjeformade profiler till rektangulära plattjärn. Även avståndet mellan grindjärnen (inbyggnadsförhållandet) varierar.

I litteraturen redovisas ett antal olika formler för beräkning av fallförluster över grindar. Dessa är framtagna empiriskt vid laboratorieförsök och visar på relativt stora skillnader inbördes samtidigt som skillnaden till verkligt uppmätta fallförluster är ännu större. Det formmotstånd som avstyvningarna mellan grindjärnen medför finns ej medtagna i dessa formler annat än som en minskning av den genomströmbara arean. Dessa avstyvningar består nu ofta av cirkulära ämnesrör.

Grindar inom svensk vattenkraftindustri är ofta tillverkade av plattstål eller av s k Domnarvsprofiler (nr 1 och nr 3). Domnarvsprofil nr 1 är fasad i fram- och bakkant medan profil nr. 3 är mer strömlinjeformad. Domnarvsprofilerna används endast för grindar och måste därför specialbeställas. Det är idag endast ett stålverk som kan leverera dessa profiler. Materialet i grindjärnen är ofta SS 1312 varför de måste rostskyddsbehandlas vilket är både tidskrävande och dyrt. Vinster bör därför kunna göras genom att byta material i dessa.

1.2. Utformning av intag

I detta delprojekt studeras effekten av vattenvägarnas utformning. Tidigare studier har visat att det är möjligt att beräkna den storskaliga strömbilden, fram emot ett intag, via matematisk modellering. Med en ny matematisk modell skall man nu kunna använda dessa beräknade data som indata i en intagsmodell. Denna modell kräver ett betydligt mer finmaskigt "grid", dvs den volym som skall studeras måste uppdelas i mindre delar/beräkningsvolymmer än i den storskaliga modellen. Ett finmaskigt beräkningsnät kräver stor datorkapacitet. Man skall med denna nya beräkningsmodell kunna räkna sig igenom grinden och få fram såväl fallförlust över densamma som strömbilden ned mot ledskenearparaten.

1.3. *Grindrensning och isproblem*

Grindar rensas vanligen manuellt, halvautomatiskt eller helautomatiskt. Då de rensas manuellt används ofta särskilda rakor och ibland tas även en mobilkran till hjälp. De hel- eller halvautomatiska grindrensarna arbetar antingen med hydrauliskt styrda rakor eller rakvagnar manövrerade med wire. Grindrensarna kan även kompletteras med ett transportband på vilket det upplyfta materialet förs undan.

I samband med förnyelse av stationer och där grindarna ofta behöver rensas installeras ofta grindrensare. En ren grind är viktigt då annars avsevärda fallförluster och till och med igensättning kan uppkomma. En väl fungerande grindrensare bör även hjälpa till med att hålla grinden fri från is och issörja.

Studiet av de mekanismer som styr påväxten av kravis på grindar har fortskridit under ett antal år vid Luleå Tekniska Högskola. Denna forskning har delvis finansierats av Vattenfall via FUD-medel. Man prövar för närvarande en gummibeläggning på grindjärnen. Resultaten av bland annat detta arbete bör utnyttjas vid framtagandet av ett nytt grindkoncept. Kravis bör kunna avlägsnas från grindjärnen med en väl utformad grindrensare i kombination med en grindjärnsbeläggning.

2. *MÅL*

Uppställda mål kan sammanfattas i följande rubriker.

- Effektivare elproduktion genom minskade fallförluster över grindar och intag samt jämnare hastighetsfält uppströms spiralen.

Fallförlusterna kan minskas genom mer strömlinjeutformade grindjärn och avstyvningar, bättre anströmningförhållanden och effektivare grindrensning. Mindre förluster p g a kravis kan åstadkommas med hjälp av exempelvis gummibelagda grindjärn.

- Lägre kostnader för drift och underhåll avseende intagsgrindar.

Nya material har lett fram till att nya konstruktionslösningar nu är möjliga. Underhållskostnaderna kan minskas genom att använda mer korrosionsmotståndiga material. Driftkostnaderna kan minskas genom att använda grindrensare.

- Såväl drift- som personsäkerhet kan ökas.

Genom att använda sig av mindre kravningsbenägna grindjärn och avstyvningar kan risken för en fullständigt igensatt grind minskas. Grindar skall i Sverige tåla fullt vattentryck. Gör alla grindar detta även efter 60 års användning?

3. GENOMFÖRANDE

3.1. Utformning av grind

3.1.1. Litteraturstudie

Litteraturstudien har genomförts främst genom att anlita Vattenfall Support AB, Biblioteket. Där har följande databaser sökts igenom:

- Fluidex
- Water resources abstracts
- Federal register
- Energy database
- Patentdatabaser
- Agris
- Compendex
- NTIS
- Inspec
- Aquatic sciences
- EPRI

Litteratur har också sökts med hjälp av den litteratursökning som utförts av Nybro-Bjerck A/S på uppdrag av Vassdragsregulantenenes forening, VR, i Norge. De har bland annat sökt igenom följande :

- Nybro-Bjerck A/S eget arkiv
- VRs arkiv
- Compendex
- Fluidex

- Energy Science & Technology
- VHL (nuvarande NHL) rapporter från 1968 till och med 1980
- Rekommenderade artiklar från leverantörer och andra konsulter

Egna tidskrifter och referenser i funna artiklar har dessutom genom sökts.

3.1.2. Modellförsök

Modellförsök har genomförts med 4 olika grindjärnsprofiler, 4 olika avstyvningsprofiler för 4 olika hastigheter och 3 olika anströmningsvinklar.

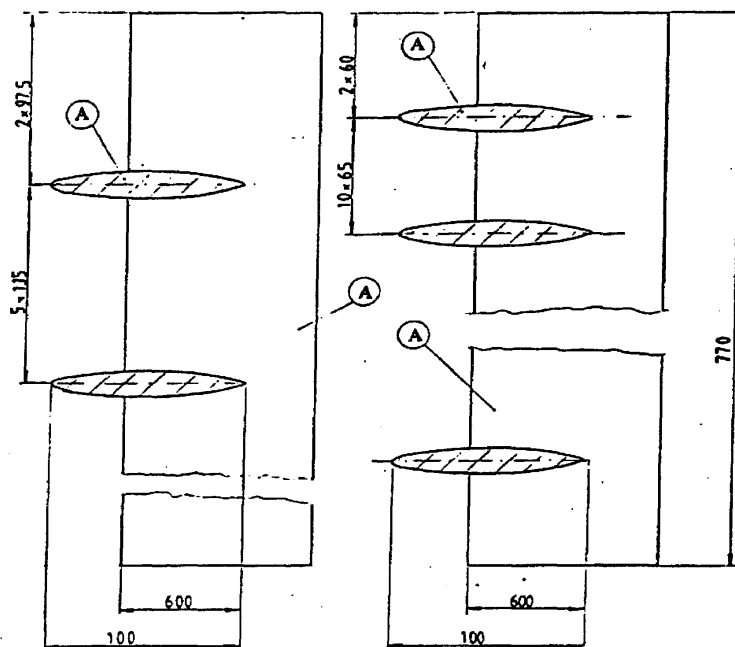
Grindjärnsprofilerna är benämnda A, B, D och E där A är den mest strömlinjeformade och E är rektangulär, se *figur 1 och 2*.

Avstyvningarna är benämnda A, C, Ø 40 mm och Ø 60 mm. Profilen A används alltså både som grindjärn och avstyvning. Profil C finns presenterad i *figur 2* medan Ø 40 mm respektive Ø 60 mm har cirkulära tvärsnitt. Anströmningshastigheten varierar från ca 0,5-1,8 m/s och anströmningsvinkeln varierar enligt 0°, 15° och 30°. Prov med grindjärnsprofil E utförs för 4 olika hastigheter med anströmningsvinklarna 0° och 30°. Fallförlusten över profil E uppmäts endast utan avstyvning. Prov med Profil E med anströmningsvinkel 15° kommer ej att utföras då proven med 15° vinkling redan var avslutade då det beslutades att profil E skulle tas med i försöksserien.

Grindjärn och avstyvningar är tillverkade i aluminium. Samtliga profiler utom E är levererade av Hydramar A/S i Norge. Profil E är levererad av AB Plåt & Profil.

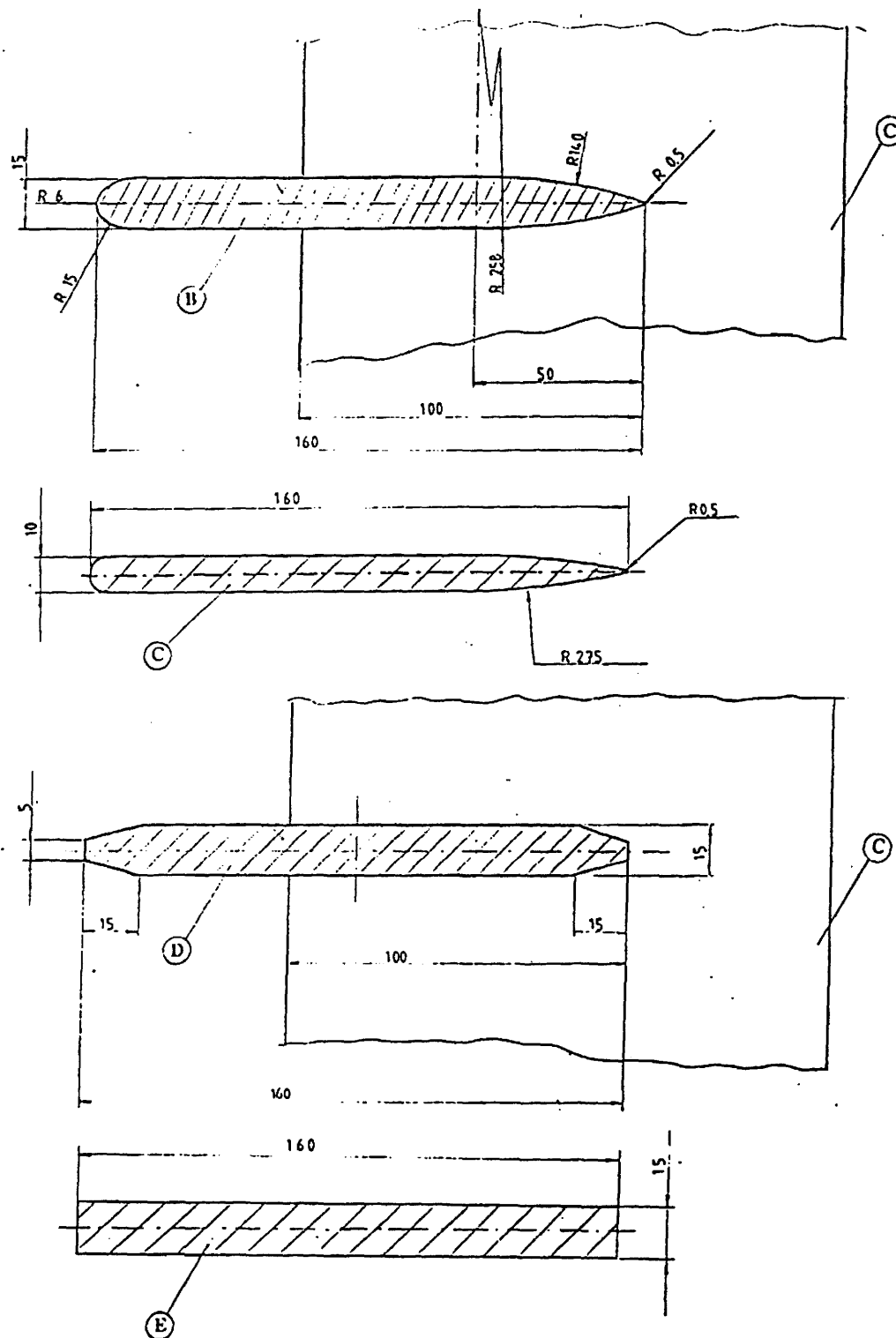
Försöksprogram kan ses i bilaga 1. De olika grindjärns- och avstyvningsprofilerna presenteras i *figur 1 och 2* och *tabell 1*.

Skala $\approx 1:4$



Figur 1: Tvärsnitt av grindjärn och avstyvning A.
Samma profil A används både som grindjärn och som avstyvning.

Skala $\approx$ 1:2



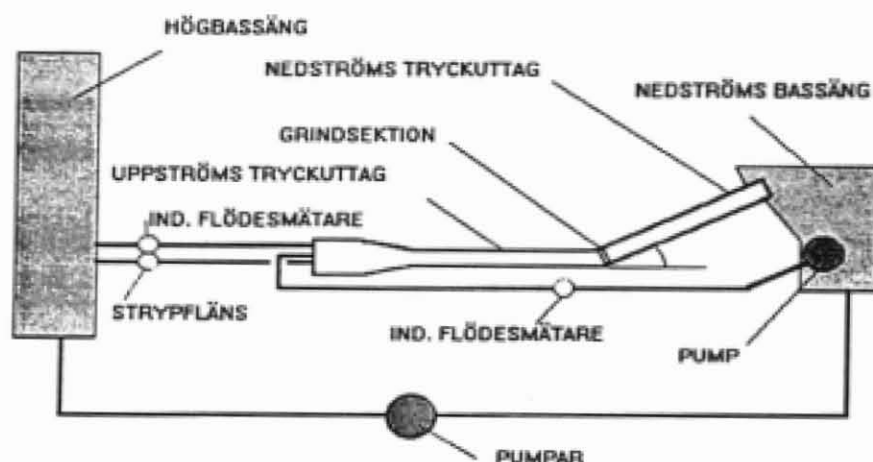
Figur 2:

Tvårsnitt av grindjärn och avstyvningar. Se även figur 1 där grindjärnsprofil A presenteras. Fallförlusten över profil E uppmäts endast utan avstyvning.

Tabell 1: Tvärsnittsdimensioner för använda grindjärnsprofiler och avstyvningar. Se även figur 1 och 2 där A-E finns avbildade.

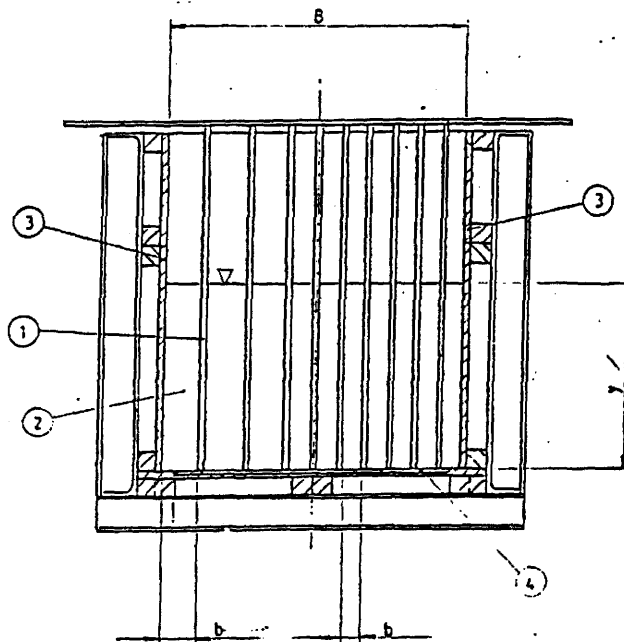
Grindjärnsprofil	Dimension l/d (mm)	Avstyvning	Dimension l/d (mm)
A	100/15	A	100/15
B	160/15	C	160/10
D	160/15	Ø 40 mm	Ø 40
E	160/15	Ø 60 mm	Ø 60

För att kunna utföra dessa modellförsök har en befintlig provränna byggts om. Det har därigenom gjorts möjligt att genomföra prov med 3 st olika anströmningsvinklar. Ombyggnationen har också möjliggjort att prov som kräver höga flöden, $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$, kan genomföras. Då tvärsnittsarean är ca $0,4 \text{ m}^2$ innebär detta anströmningshastigheter på 2 m/s . Försöksrännan kan ses schematiskt i figur 3.



Figur 3: Schematisk bild över försöksrännan. Försök kan utföras med nedströmsdelen i 0° , 15° eller 30° vinkel relativt uppströmsdelen. Grindsektionen är $0,77 \text{ m}$ bred med ett djup på ca $0,50 \text{ cm}$.

Proven utförs med en fri vattenyta varför flöde, djup och fallförlust uppmäts, se figur 4. Rännan matas från 3 rör. Flödet i de 3 rören uppmäts med hjälp av 2 induktivmagnetiska flödesmätare och en strypfläns. Tryck uppmäts i 2 sektioner med vardera 6 st tryckuttag. Dessa sektioner är placerade 3,5 m uppströms respektive 5,9 m nedströms grindsektionen. Det statiska trycket används dels till att bestämma djupet i rännan dels till att bestämma fallförlusten över grinden. Djupet avläses manuellt med hjälp av en spetsmätare placerad i väl dämpade stigrör. Fallförlusten mäts med en differenstryckgivare kopplad till en PC där tryckdifferensen lagras parallellt med flödesmätningen. Datalagringen sker med samplingsfrekvensen 0,1 Hz. Då det finns möjligheter att studera samtliga storheter on-line kan det avgöras när stationära förhållanden inträtt.



Figur 4: Grindsektion i flödesriktningen.
Djupet $y = 0,50$ m, rännbredd $B = 0,77$ m, grindjärnsavstånd $b = 50$ mm respektive 100 mm.
1. Grindjärn. 2. Vatten. 3. Rännvägg. 4. Rännbotten

3.1.3. Matematisk modellering

Den matematiska modelleringen kommer att utgå från de i modellförsöken uppmätta förlusterna. Modellförsöken ger även möjligheter att visuellt studera de olika grindsektionernas förmåga att styra upp en sned anströmning.

Inledningsvis utnyttjas en fallförlustformel ursprungligen framtagen av *Fellenius* och som finns redovisad i BYGG [1]. Med hjälp av denna formel samt ett antagande om hur turbulensintensiteten förändras för ett flöde genom en grind formuleras en grinds påverkan på flödet.

3.1.4. *Materialval*

Materialvalsstudien kommer till stor del bygga på de kontakter vi har med Nybro-Bjerck A/S då de arbetar med en intagsgrindstudie på uppdrag av VR. Slutrapporten väntas bli klar i början av 1994.

3.2. *Utformning av vattenväg*

3.2.1. *Matematisk modellering av ett intag*

Den matematiska modelleringen av ett intag bygger dels på en utförlig beskrivning av ett intags geometri dels på att nyttja den information modellförsöken ger. I detta delprojekt inriktas arbetet på att modellera den komplicerade geometrin. Exempel på svårigheter är stödbalkars geometri och orientering relativt övrig intagsgeometri.

3.2.2. *Implementering av en parameteriserad grind i intagsmodell*

Den ovan parameteriserade grinden/grindarna programmeras i PHOENICS. Detta utförs genom att beskriva hur storheter som tryck, hastighet och turbulensintensitet förändras i det cellblock som motsvarar grindens geometriska utsträckning, se 4.2.2.

3.2.3. *Användning av utdata från en storskalig beräkning som indata till intagsberäkningen*

Målet är att kunna utnyttja beräkningsresultat från en storskalig beräkning, beräkningsvolymen är då relativt grovt uppdelad i beräkningsceller, över en älvsträcka uppströms om intaget som indata till en förnyad beräkning av strömningsförhållandena i intaget. Detta löses genom att använda ett gemensamt snitt för utdata från den grovt indelade beräkningen och för uppströms randvillkor i den fint indelade intagsberäkningen. Då cellindelningen skiljer sig åt mellan den grovt och den fint indelade beräkningsvolymen måste utdatamängden anpassas för att kunna användas som randvillkor.

3.3. *Grindrensning och isproblematik*

3.3.1. *Litteraturstudie*

Se ovan under *kap. 3.1.1.*

3.3.2. *Erfarenhetsinsamling*

Erfarenhetsinsamlingen utförs med hjälp av dels en enkät, dels personliga kontakter, dels studiebesök.

Erfarenhetsöverföring sker också med VR i Norge. Sverige och Norge har en del gemensamma och en del olika frågeställningar.

3.3.3. *Studiebesök*

Utgående från de resultat som enkätsvaren ger utförs ett antal riktade studiebesök. Dessa skall då göras dels i anläggningar med problem, dels i anläggningar som fungerar tillfredsställande.

4. *RESULTAT FRÅN UTFÖRDA DELOMRÅDEN*

4.1. *Utformning av grind*

4.1.1. *Litteraturstudie*

Litteratursökningen är utförd. Bearbetning är påbörjad men ej avslutad. Redovisning utförs i slutrapport.

4.1.2. *Modellförsök*

Försöksrännan är konstruerad och ombyggd. Försöksserien är utförd. Mätresultaten från försöken med 30° anströmningsvinkel och försöken med profil E är ännu ej fullt bearbetade varför dessa ej redovisas. Resultat för 0° och 15° redovisas nedan men bör ses som preliminära.

Nedanstående diskussion och redovisade resultat i bilaga 2 utgår från den formel som finns i BYGG [1].

$$h_f = \beta \cdot k \cdot \phi^2 \cdot \frac{\bar{W}^2}{2 \cdot g} \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

där h_f = fallförlust över grind [m]
 β = faktor beroende av anströmningsvinkel
 k = faktor beroende av grindjärnsprofil
 ϕ = inbyggnadsförhållandet (grindarea/area utan grind)
 $\bar{W}$ = medelhastigheten i grindsektionen utan grind [m/s]
 g = tyngdaccelerationen [m/s²]
 α = grindens lutning relativt horisontalplanet [°]

k-värdena för den vinklade rännan är inte beräknade med hjälp av faktorn β i formel (1) utan är beräknade som en ren förlustkoefficient utan hänsyn till vinklingen. Presenterade k-värden kan alltså uttryckas enligt:

$$k_{\text{Försök}} = \beta_{\text{Bygg}} \cdot k_{\text{Bygg}} \quad (2)$$

i fortsättning används $K = k_{\text{Försök}}$

Bestämning av fallförlust över grind

Mätningen utförs under stationära förhållanden med alla mätvärden medelvärdesbildade. Nedanstående storheter avser alltså medelvärden. Fallförlusten över grinden fastställs genom att subtrahera rännförlusten från den totalt uppmätta förlusten där rännförlusten är den av väggfriktion (rännans väggar och botten) orsakade förlusten.

$$h_f = h_{f\text{Total}} - h_{f\text{Ränna}} \quad (3)$$

Den totala förlusten mäts och beräknas enligt

$$h_{f\text{Total}} = y_{us} + \frac{W_{us}^2}{2 \cdot g} - \left[y_{ns} + \frac{W_{ns}^2}{2 \cdot g} + \Delta \right] \quad (4)$$

där us, ns står för uppströms respektive nedströms tryckuttag
 $y = djup$ [m]
 Δ = rännans bottennivå nedströms - uppströms [m]

Medelhastigheten bestäms enligt

$$W_{us,ns} = Q / (y_{us,ns} \cdot B) \quad (5)$$

där Q = flödet [m^3/s]
 B = rännans bredd [m]

Rännförlusten uppmättes inledningsvis utan grind för anströmningshastighet $W1 \approx 0,5 \text{ m/s}$ och $W2 \approx 1,0 \text{ m/s}$. Utgående från dessa mätningar bestämdes friktionskoefficienten för de fyra olika försökshastigheterna. Rännförlusten för varje enskilt provtillfälle beräknas därefter enligt

$$h_{fRänna} = f_{1,2,3,4} \cdot \frac{L}{4R} \cdot \frac{W_{Grind}^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

där f_n = friktionskoefficient för respektive anströmningshastighet
 L = avstånd mellan tryckkuttagen [m]
 R = rännans hydrauliska radie [m]

Kort diskussion om felkällor

En utförligare diskussion kommer att genomföras i slutrapporten. Felen består dels av grova, dels av systematiska och dels av slumpmässiga fel. Grova fel uppstår vid felaktig avläsning eller defekt mätutrustning. De systematiska felen uppstår vid kalibrering av mätinstrument och utformning av tryckkuttag. De slumpmässiga felen består av osäkerhet i avlästa värden avseende uppströms- och nedströmsdjup respektive inflöde.

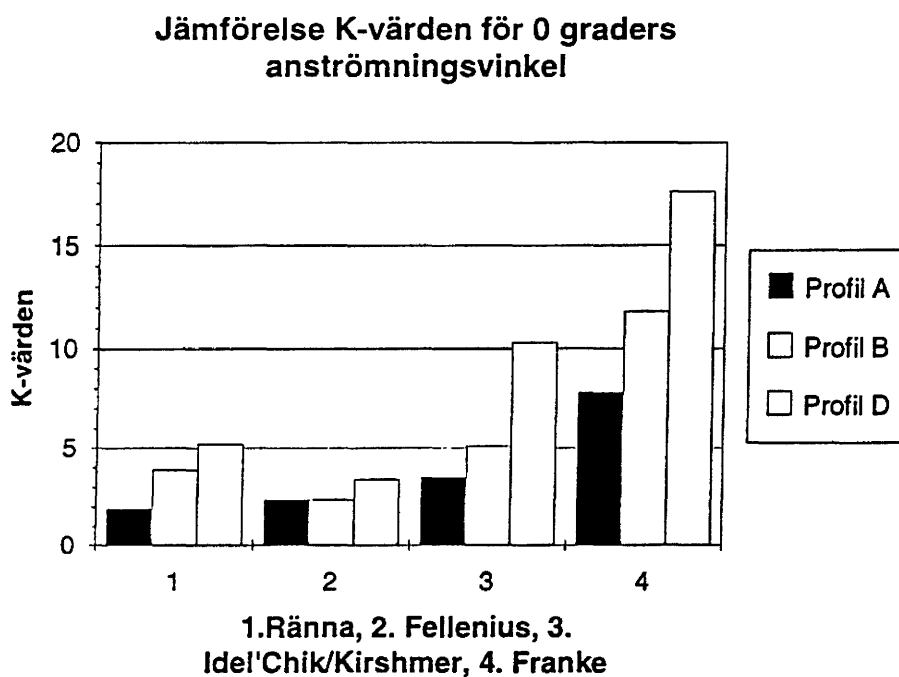
Det systematiska felet uppskattas understiga 4% för bestämning av flödet. Det systematiska felet för djupbestämningen är svårare att uppskatta då hastighetshöjden för försök vid höga hastigheter är påfallande hög. Denna är exempelvis 51 mm för en hastighet på 1 m/s. Motsvarande fallförluster är en storleksordning lägre vilket medför problem.

I dessa försök är ett av huvudintressena att kunna rangordna de olika profilerna inbördes. Vid en sådan relativ mätning behöver man ej ta hänsyn till de systematiska felen (tryckkuttagen är exempelvis likadant utformade för samtliga mätningar). Den slumpmässiga osäkerheten uppskattas understiga 2% för inflödet, 5% för differenstrycket och 0,1 % för djupbestämningen.

Mätningar med eventuella grova fel kommer att lyftas ur mätserien.

Diskussion kring 0° anströmningsvinkel

- De värden på formmotståndskoefficienten, K , som framkommit under pågående modellförsök med anströmningshastigheten 0,5 m/s är relativt lika de som Idel'Chik [2] och BYGG [1] redovisar, se diagram 1. BYGG [1] redovisar lägre medan Idel'Chik [2] och Franke [3] redovisar högre värden.



PROFIL	Ränna	Fellenius / BYGG		Idel'Chik / Kirshmer		Franke	
	K-värde	Profil	K-värde	Profil	K-värde	Profil	K-värde
A	1,9	G	2,4	1-3	3,5		7,8
B	3,9	J	2,4	4	5,1		11,8
D	5,2	H	3,4	6	10,3		17,6

Diagram 1: K-värden för utförda modellförsök relaterade till tidigare utförda och presenterade försök. Anströmningshastighet 0,5 m/s. Inbyggnadsförhållandet är här beräknat som om grinden har en oändlig utsträckning i sidled, d.v.s. $\phi = d/(d+b)$ där d är grindjárnens tjocklek och b är avståndet mellan grindjárnerna. De profilbeteckningar som används i ovan tabell hänför sig till de beteckningar som respektive formel utgår ifrån. Dessa profiler är approximativt ekvivalenta med de som använts i detta modellförsök. Modellförsöken som Franke refererar till utfördes endast med en rektangulär profil. Resultaten extrapolerades därefter med hjälp av andra modellförsök till att gälla fler profilformer.

- K-värdet sjunker eller är oförändrat med avstyvning relativt utan.
- Överlag låga fallförluster.
- K-värdet för D vid 1 m/s inkluderar ett vågbildningsmotstånd på ca 20 %. Övriga profiler ger sannolikt en lägre andel vågbildningsmotstånd, se nedan.

Diskussion kring 15° anströmningsvinkel

- K-värdet sjunker med ökande anströmningshastighet. Kan bero på minskande formmotstånd vid ökande Reynolds tal.
- För A och B är k-värdet för 0,5 m/s högre med än utan avstyvning.
- För A och B sjunker fallförlusten då anströmningshastigheten ökas från ca 1,4 m/s till ca 1,8 m/s. Detta beror sannolikt på att formmotståndet för dessa profiler vid detta Reynolds tal för denna anströmningsvinkel sjunker kraftigt.
- Överlag låga fallförluster.

Diskussion kring vågbildningsmotstånd

För att utröna vågbildningsmotståndets inverkan vid fallförlustmätningarna utförde SSPA ett kort utredningsarbete kring vågbildning. Vågbildningsmotståndet inverkar konservativt på de koefficienter för formmotstånd som modellförsöken ger. Det innebär alltså att den förhöjning av formmotståndet, som beror på vågbildningsmotståndet, minskar proportionellt mot ett ökat djup i grindsektionen. Eftersom djupet i en station är betydligt större än vid utförda modellförsök kan man försumma förlusten för stationsfallet. Modellförsöken ger ett ökat formmotståndsvärde i storleksordningen 10 %.

4.1.3. Matematisk modellering

I nuläget är grinden enbart modellerad utgående från BYGG [1].

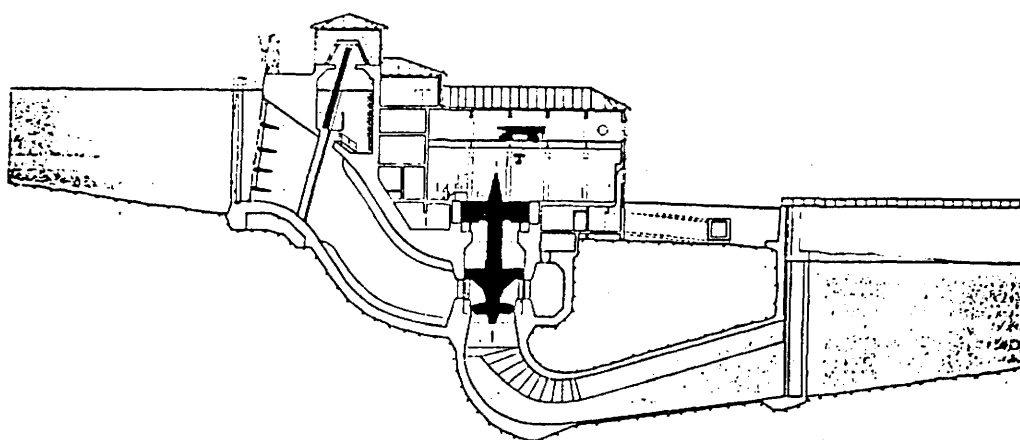
4.1.4. Materialval

Se ovan, 3.1.4.

4.2. Utformning av vattenväg

4.2.1. Matematisk modellering av ett intag

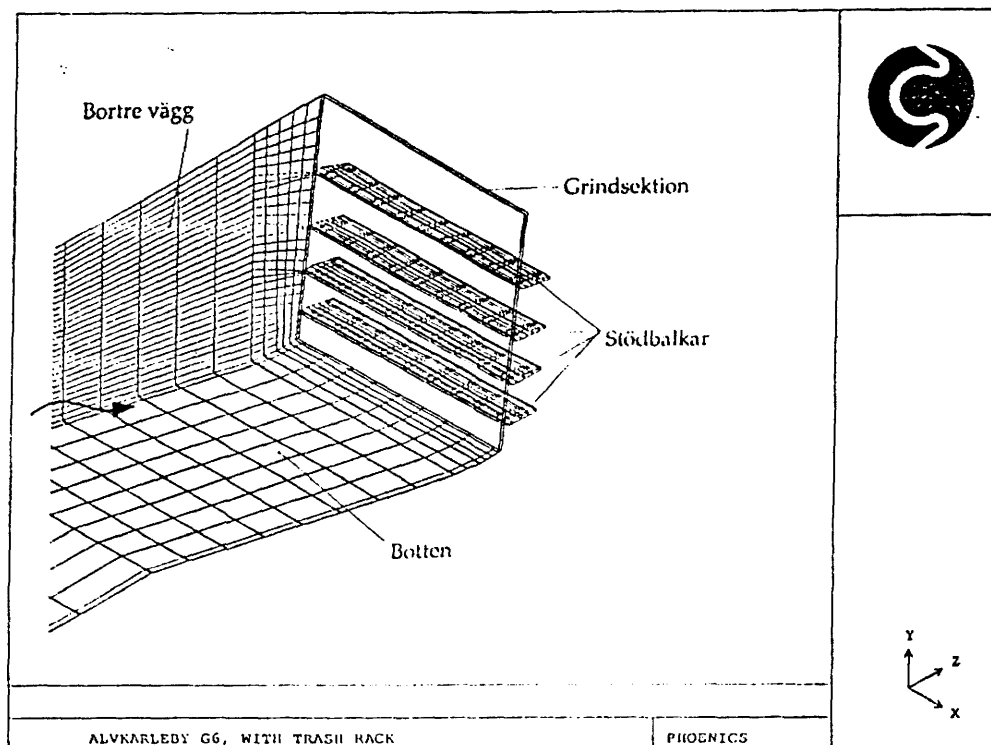
Geometrin i Älvkarleby aggregat G6 valdes för att försöka modellera ett intag. Olika delar modellerades i olika riktningar. Huvudparten modellerades i huvudströmningsriktningen medan stödbalkssektionen modellerades tvärs strömningsriktningen. Del av ritning för Älvkarleby aggregat G6 kan ses i *figur 5*. Modellerade stödbalkar samt botten och borte vägg kan ses i *figur 6*.



Figur 5: Älvkarleby aggregat G6

4.2.2. Implementering av en parameteriserad grind i intagsmodell

Grinden modelleras genom att återskapa de förlopp som sker i grindsektionen. Dessa programmeras in i den "cellskiva" som representerar grindens geometriska utsträckning, se figur 6.

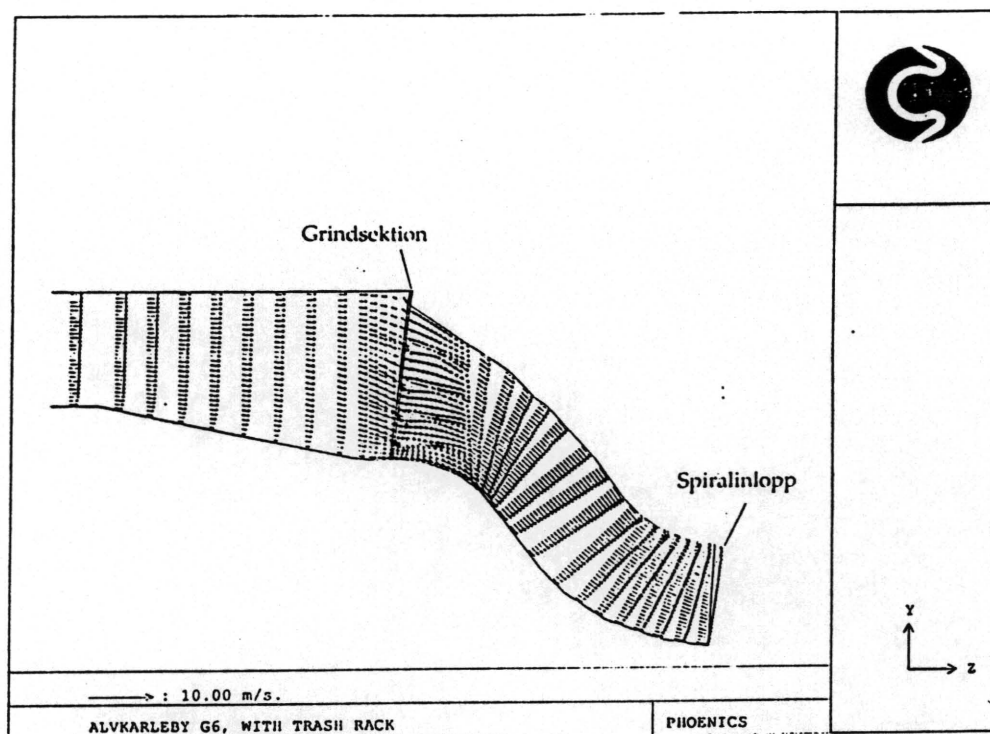


Figur 6: Den geometriska modelleringen av intaget i Älvkarleby aggregat G6. I figuren ses området uppströms grind, grind och stödbalkar.

4.2.3. Användning av utdata från en storskalig beräkning som indata till intagsberäkningen

Denna del är ännu ej utförd. I nuläget är istället grind- och intagsmodellen prövad med hjälp av en lång anströmningskanal. En fullt utbildad hastighetsprofil ansättes som uppströmsrand.

Beräkningar har utförts med ren och delvis igensatt grind. Mer omfattande beräkningar kommer att utföras då den kommande grindmodelleringen är utförd. Ett exempel på beräkningsresultat kan ses i figur 7. Nedströmsranden motsvarar spiralinnloppet. Man kan i figur 7 se att utformningen av detta intag ser bra ut utgående från den hastighetsprofil som fås i nedströmsranden. Strax uppströms om nedströmsranden ses en tydlig snedfördelning i hastighetsprofilen. Denna rätas dock upp av den andra kröken i intaget.



Figur 7: Ett beräkningsexempel för intaget i Älvkarleby aggregat G6. Beräkningen är utförd vid utbyggnadsvattenföringen $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ och med dämningssgränsen +22,5 m som övre vattenyta.

4.3. Grindrensning och isproblematik

4.3.1. Litteraturstudie

Se ovan, 3.1.1.

4.3.2. Erfarenhetsinsamling

Denna är påbörjad men ej avslutad.

4.3.3. Studiebesök

Studiebesöken kommer att utföras under 1994.

5. TIDPLAN OCH FORTSATT ARBETE

Tidplanen enligt offert har kunnat hållas fram till dags datum. Den bör därför ligga fast även i fortsättning. Förutom tidigare provprogram avseende modellförsök enligt bilaga 1 kommer 8 försök med en rektangulär profil E att utföras. Denna kommer att prövas för rät och 30° anströmningsvinkel och kan användas som referens till övriga profiler.

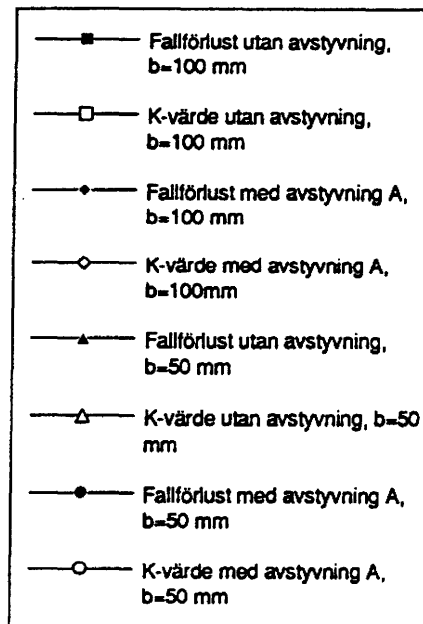
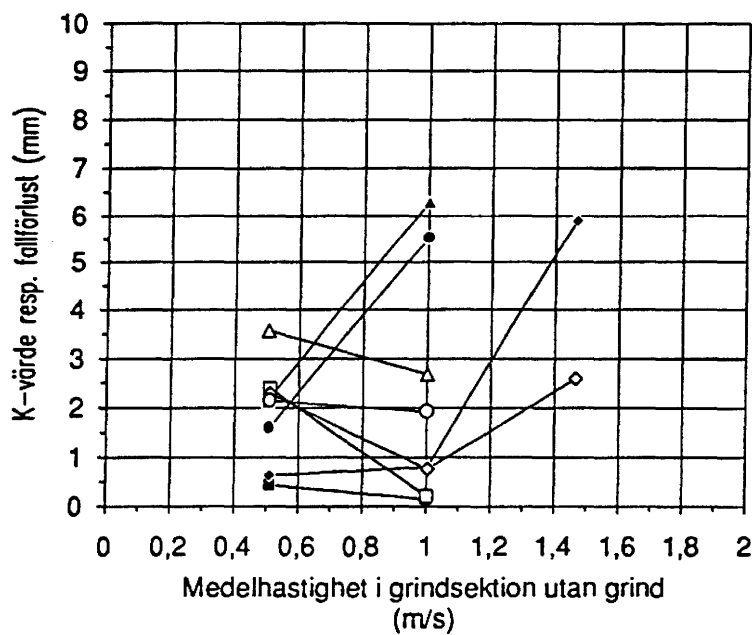
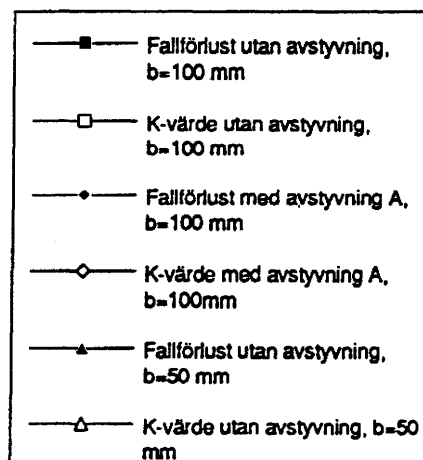
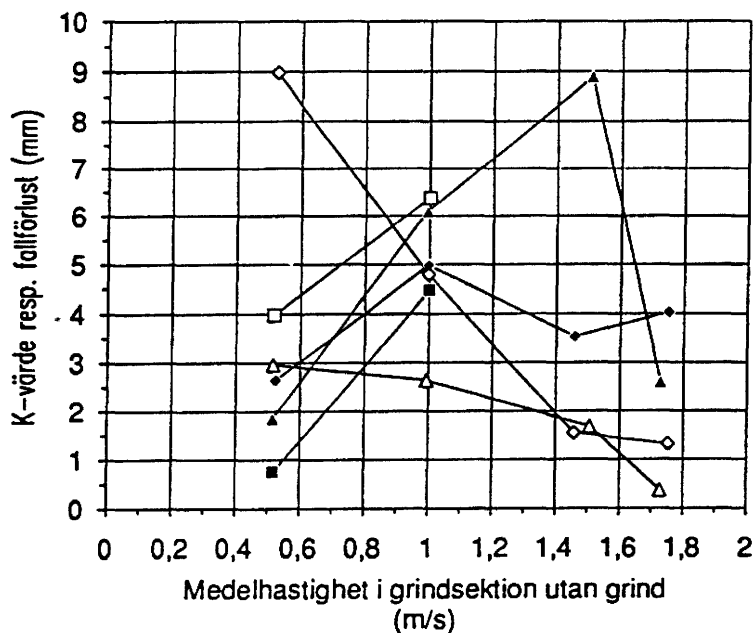
6. REFERENSER

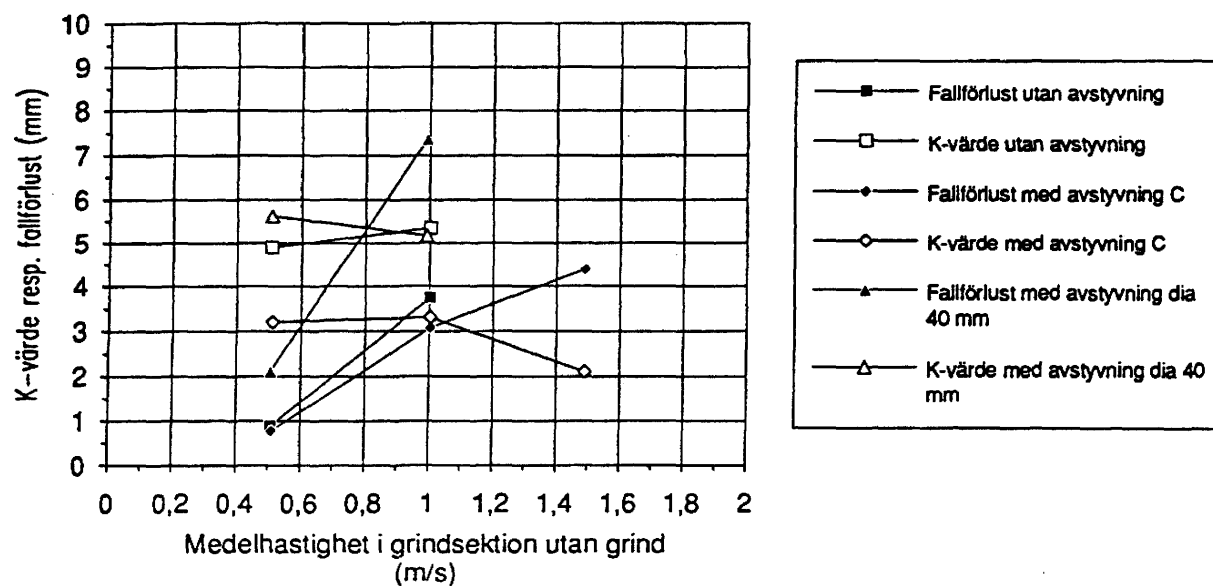
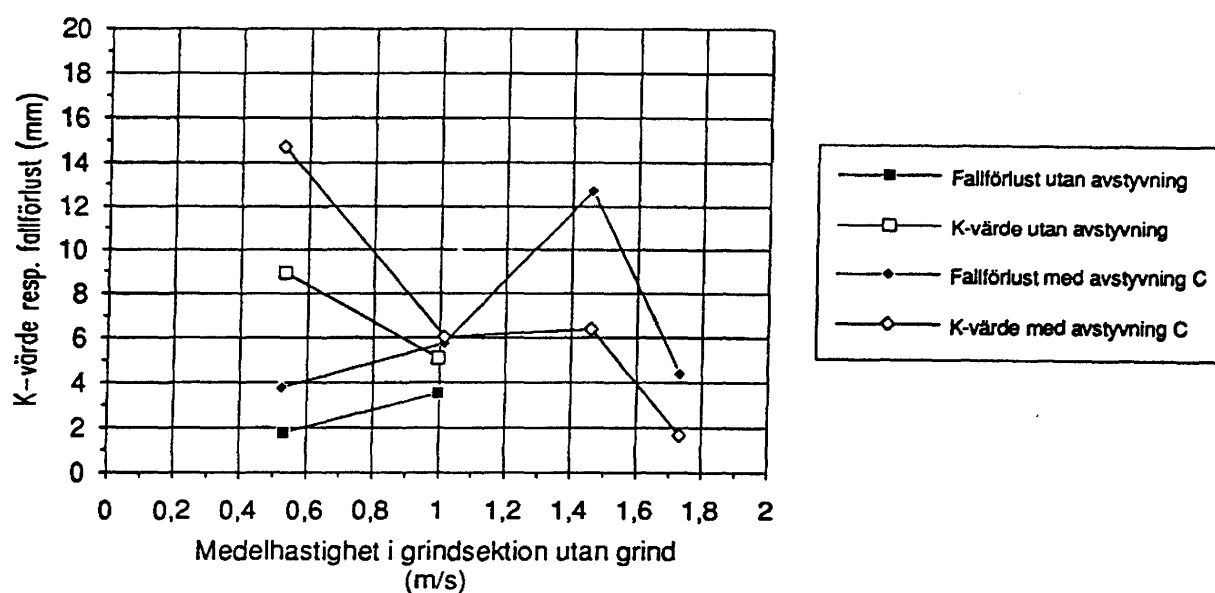
1. "BYGGhandbok för hus-, väg- och vattenbyggnad". AB Byggmästarens förlag. Stockholm. 1966.
2. Idel'Chik I.E. "Handbook of hydraulic resistance, coefficients of local resistance and of friction". U.S. Department of commerce AEC-TR-6630. 1960.
3. Billfalk, Lennart. "Stornorrfors kraftstation - aggregat 4. Placering av intagsgrindar". BKL-LB/AN-5281. 1981.

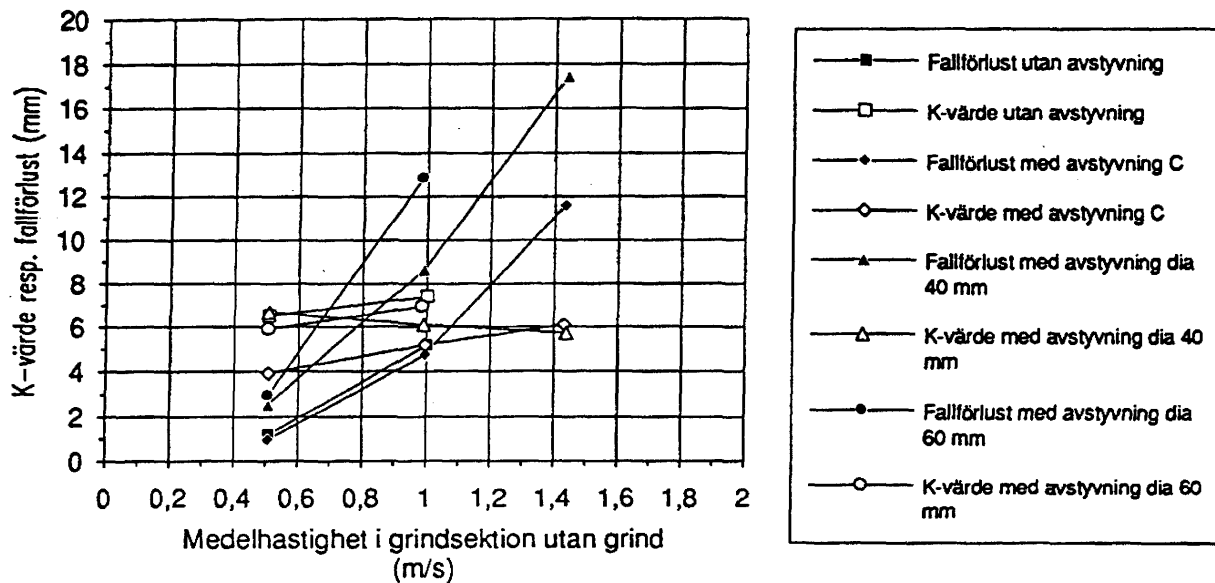
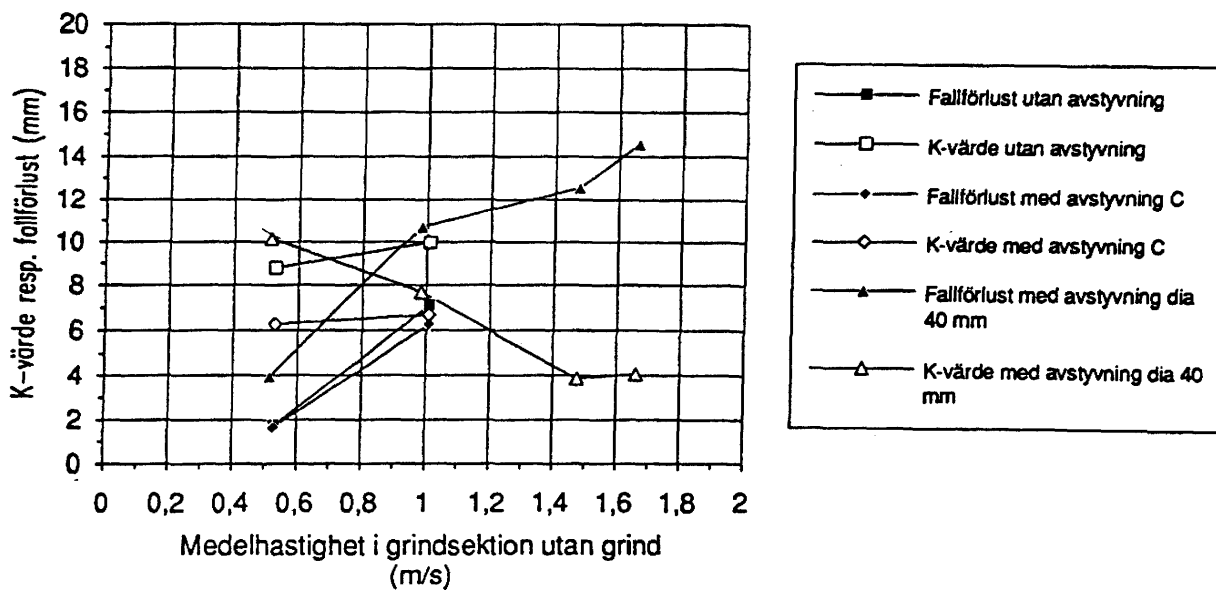
FÖRSÖKSPROGRAM FÖR RÄNNFÖRSÖK

GRINDJÄRNS- PROFIL OCH - AVSTÅND	AVSTYV- NINGSPROFIL	PROVNUMMER			
Anströmnings- vinkel	$\delta = 0^\circ$	Anströmningshastighet			
		W1 = 0,5 m/s	W2 = 1,0 m/s	W3 = 1,4 m/s	W4 = 1,8 m/s
A : b = 100 mm	INGEN	131	132		
A : b = 100 mm	A	133	134	135	136
A : b = 50 mm	INGEN	141	142		
A : b = 50 mm	A	143	144		
B : b = 100 mm	INGEN	101	102		
B : b = 100 mm	C	103	104	107	108
B : b = 100 mm	Ø 40 mm	105	106		
D : b = 100 mm	INGEN	161	162		
D : b = 100 mm	Ø 40 mm	163	164	169	170
D : b = 100 mm	Ø 60 mm	165	166		
D : b = 100 mm	C	167	168	171	172
E : b = 100 mm	INGEN	181	182	183	184
Anströmnings- vinkel	$\delta = 15^\circ$	Anströmningshastighet			
		W1 = 0,5 m/s	W2 = 1,0 m/s	W3 = 1,4 m/s	W4 = 1,8 m/s
A : b = 100 mm	INGEN	331	332		
A : b = 100 mm	A	333	334	335	336
A : b = 50 mm	INGEN	337	338	339	340
A : b = 50 mm	A				
B : b = 100 mm	INGEN	301	302		
B : b = 100 mm	C	303	304	307	308
B : b = 100 mm	Ø 40 mm				
D : b = 100 mm	INGEN	361	362		
D : b = 100 mm	Ø 40 mm	363	364	369	370
D : b = 100 mm	Ø 60 mm				
D : b = 100 mm	C	367	368		
E : b = 100 mm	INGEN	INGA	FÖRSÖK		

Anströmnings- vinkel $\delta = 30^\circ$		Anströmningshastighet			
		W1 $\approx 0,5$ m/s	W2 $\approx 1,0$ m/s	W3 $\approx 1,4$ m/s	W4 $\approx 1,8$ m/s
A : b = 100 mm	INGEN	531	532		
A : b = 100 mm	A	533	534	535	536
A : b = 50 mm	INGEN	537	538	539	540
A : b = 50 mm	A				
B : b = 100 mm	INGEN	501	502		
B : b = 100 mm	C	503	504	507	508
B : b = 100 mm	$\varnothing 40$ mm				
D : b = 100 mm	INGEN	561	562		
D : b = 100 mm	$\varnothing 40$ mm	563	564	569	570
D : b = 100 mm	$\varnothing 60$ mm				
D : b = 100 mm	C	367	368		
E : b = 100 mm	INGEN	581	582	583	584

Grindjärnstyp A, 0 graders anströmningsvinkel**Grindjärnstyp A, 15 graders anströmningsvinkel**

Grindjärnstyp B, b= 100 mm, 0 graders anströmningsvinkel**Grindjärnstyp B, b=100 mm, 15 graders anströmningsvinkel**

Grindjärnstyp D, b=100 mm, 0 graders anströmningsvinkel**Grindjärnstyp D, b=100 mm, 15 graders anströmningsvinkel**

ELFORSK

SVENSKA BILFÖRETAGENS FÖRSÄLNING- OCH UTHYRNINGSSÄLSKAP AB
Elforsk AB, Box 1704, 111 87 Stockholm. Besöksadress: Birger Jarlsgatan 41 A
Telefon: 08-790 04 50. Telefax: 08-723 06 65