Bilaga 2

Tabell över analyserade krossar

Täkt	Maskintyp	Mätn	Tid	Driftform	Mätpunkt	Vem
Ljungby	Käftkross 132 kW	1	5 min	Tung drift	Mätning före omriktare	Mikael Gustavsson EL-MAN
	Käftkross 132 kW	2	30 sek	Start med material	Mätning före omriktare	Mikael Gustavsson EL-MAN
	Käftkross 132 kW	3	45 sek	Start med material	Mätning före omriktare	Mikael Gustavsson EL-MAN
	Käftkross 132 kW	4	30 sek	Start med material	Mätning efter omriktare	Mikael Gustavsson EL-MAN
	Konkross 2.a steg 200 kW	5	21 min	Normal drift		Mikael Gustavsson EL-MAN
	Konkross 2:a steg 200 kW	6	20 sek	Mjukstart		Mikael Gustavsson EL-MAN
SWEVIA Rasbo	Krossar+sikt+övr	7	35 dagar	Normaldrift	10 min medelvärden	Boris Höstman Tufvassons AB
	Kross	8	35 dagar	Normaldrift	10 min medelvärden	Boris Höstman Tufvassons AB
	VSI kross	9	35 dagar	Normaldrift	10 min medelvärden	Boris Höstman Tufvassons AB
	Övrig last	10	35 dagar	Normaldrift	10 min medelvärden	Boris Höstman Tufvassons AB
NCC	Johnsson dubbelkross	11	20 min	Normaldrift	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
	Sandvik CH660 315 kW	12	20 min	Normaldrift	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
Swerock Arendal Kållered	Jonsons L5500	13	1,35 tim	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
	Jonsons L5500	14	1,35 tim	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
	Jonsons L5500	15	1,35 tim	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
	Barmac VSI	16	1,14 tim	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
NCC Dalsland	Dubbelkross L1208/5500	17	1,16 tim	Start och maxbelastning samt start med last i	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
Skanska Landvetter	Jonsons konkross L6600	18	1,7 tim	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
	Jonsons Käftkross L1208	19	40 min	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH
	Jonsons Käftkross L1208	20	40 min	Start och maxbelastning	1 sek medelvärden	Gauti Asbjörnsson CTH

Chalmers analys av mätningar 11 till 20

Rapportförfattare: Dr. Gauti Ljungholm Asbjörnsson, Professor Magnus Evertsson

Sammanfattning

Detta dokument sammanfattar strömmätningarna som utfördes av Chalmers Rock Processing System grupp inom SBMI projektet Lönsam Elektrifiering av mindre täkter 2020. Totalt utfördes fullständiga mätningar på 5 olika krossar; Två konkrossar, två käftkrossar och en VSI. Målet var att få en uppfattning om krossarnas start strömspik och ström under drift för olika maskiner och förhållanden. Utöver det utfördes också mätningar av krossar med material i krosskammare vid själva uppstart för att simulera uppstart efter nödstopp. Maximalt uppmättes 1275 A vi uppstart av konkrossarna och något lägre för både käftkross och VSI. Maximala strömmen och maximala variation mättes i en dubbelkross där både konkross och käftkross var installerade på samma mobila verk, runt 800 A reps 320 A. Den maximala strömmen och variationen under drift kan påverkas av många olika faktorer som bergets egenskaper, materialflödet, maskinernas konfiguration och maskinstyrningen.

Anläggningar & Maskiner

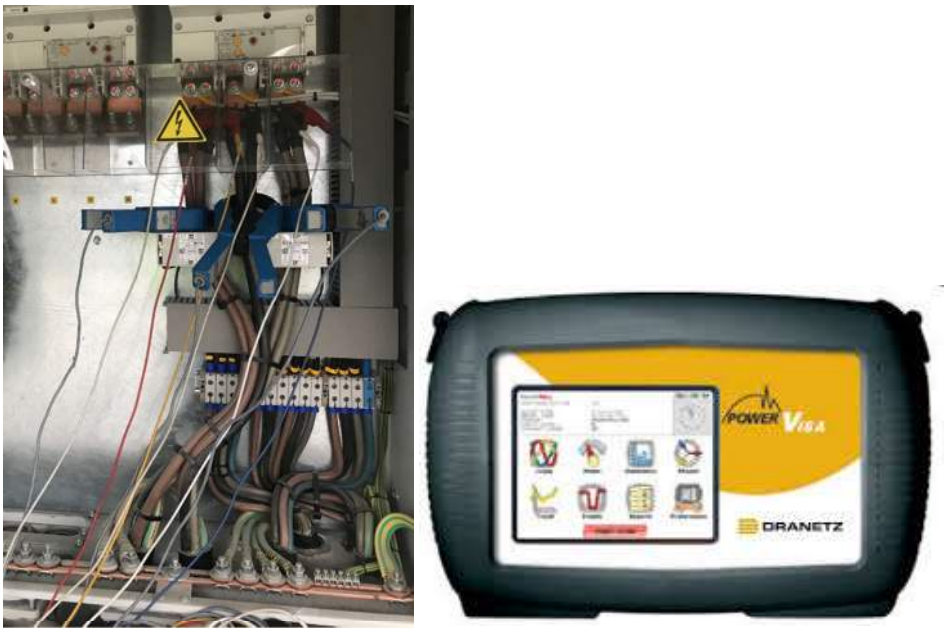
Under projektet ”SBMI – Lönsam Elektrifiering av mindre täkter” utfördes mätningar på fem maskiner i tre täkter. Utöver det utfördes mätningar på två maskiner i två andra täkter för att konfigurera mätutrustningen för kommande mätningar. Lista över utförda mätningar finns i tabell 1.

Tabell 1. Anläggningar och Maskiner

Företag	**Täkt**	**Maskin**
NCC	Gapungebyn	Jonssons dubbelkross L1208/5500
Skanska	Bugärde	Jonssons konkross L6800
Skanska	Bugärde	Jonssons Käftkross L1208
Swerock	Kållered	Jonssons L5500
Swerock	Kållered	Barmac VSI

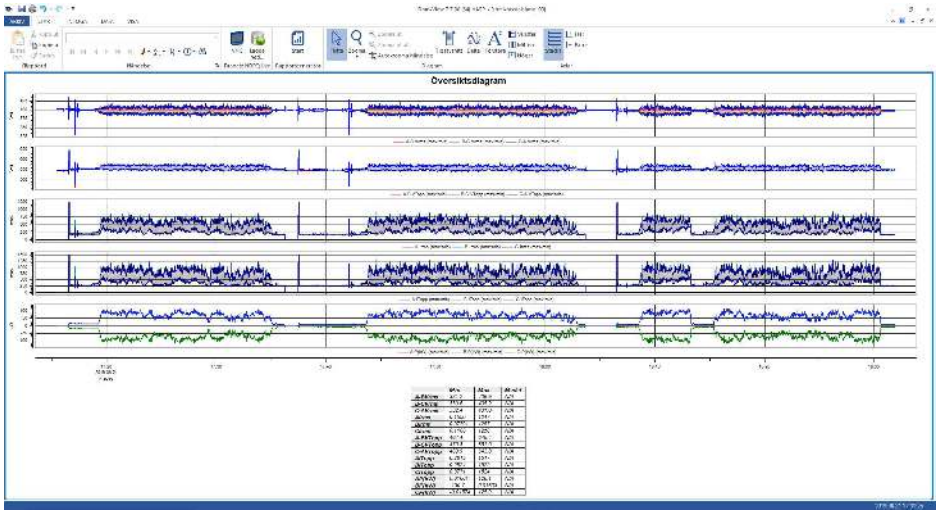
Mätutrustning & Mätningar

Mätningarna utfördes med mätutrustning Dranetz PowerVisa vilket är en nätanalysator för att mäta el kvalitet, effekt och övertoner enligt EN50160. Mätutrustningen kopplades in på krossverkets ström och spänning på alla tre faser för att få uppskattning på belastning under ett startförlopp och drift, se Figur 1. Utrustning samplar med 256 punkter/sinusvåg och under kontinuerliga mätningar loggar den antal nyckelvärden varje sekund.



Figur 1. Uppkoppling av mätutrustningen i elskåpet och PowerVisa enheten.

Efterbehandling och analys av data hanterades av mjukvaran Dranview 7 vilken är kopplad till mätutrustningen Dranetz PowerVisa, se urklipp i Figur 2.



Figur 2. Urklipp från Dranview 7.

Varje krossverk kördes i 3 perioder på ca 20 minuter var (förutom Swerock Kållered) för att få en både kall start och start med en varm kross för att mäta om det var skillnad i startförloppet. Två av krossarna startade även med material i krosskammaren. En käftkross och en konkross.

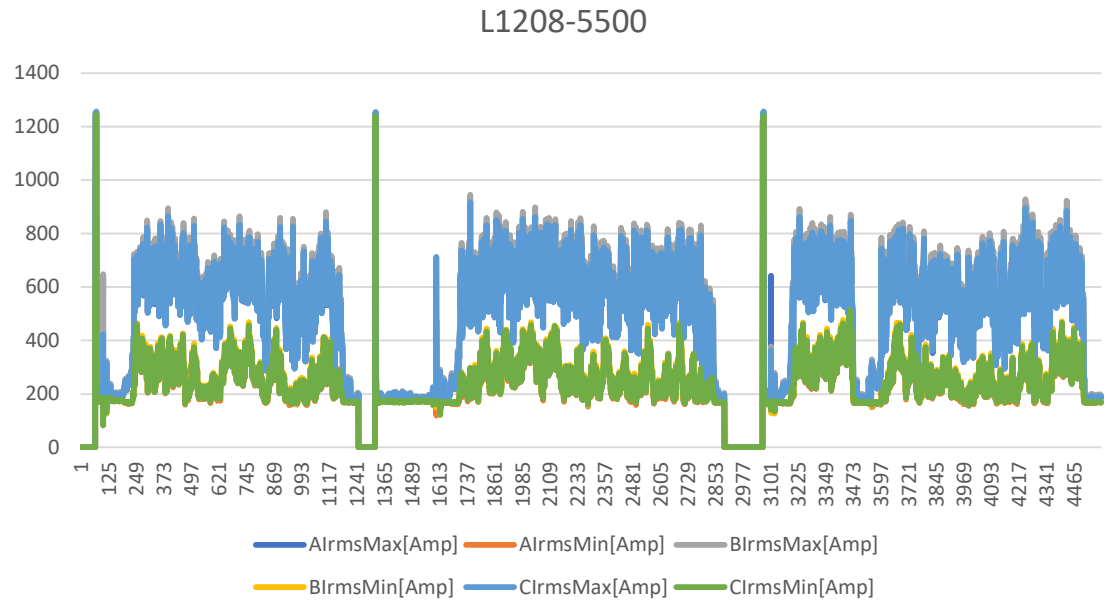
Resultat

NCC – Gapungebyn – Jonsons L1208/5500

Granit täkt i Gapungebyn som drivs av Västfrakt ek för men NCC hanterar krossningen. Levererar mindre än 50 000 ton per år. Se lastning av kross i Figur 3.

Figur 3. Lastning i kross i Gapungebyn

Jonssons L1208/5500 är en dubbelkross med både käftkross och en konkross. Krossverket startas manuellt i en sekvens vilket resulterade i startspikar upp mot 1240 A och 710 A för konkross resp. käftkross. Under drift varierar belastning i snitt med ca 320 A med maximal belastning nära 800 A. Se Figur 4.



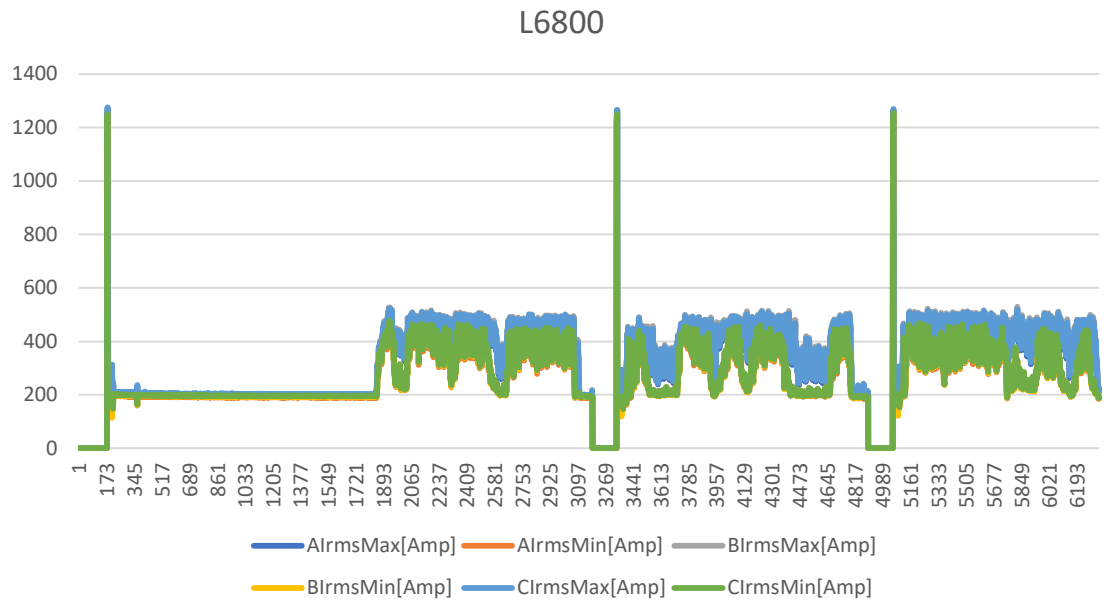
Figur 4. Max och min ström mät för de tre faserna.

Skanska Bugärde – Jonsons L6800

Granit täkt i Bugärde som drivs och hanteras av Skanska. Graniten har Los Angelesvärdet 26,2 % och 2,67 g/cm^3 i korndensitet. Levererar mer än 100 000 ton per år. Se lastning av kross i Figur 5.

Figur 5. Mobil kross kopplat till mobil sikt i Bugärde

Jonssons L6800 är en mobil konkross. Krossen startas manuellt vilket resulterar i startspikar upp mot 1275 A. Under drift varierar belastning i snitt med ca 120 A, med maximal belastning nära 500 A. Se Figur 6.



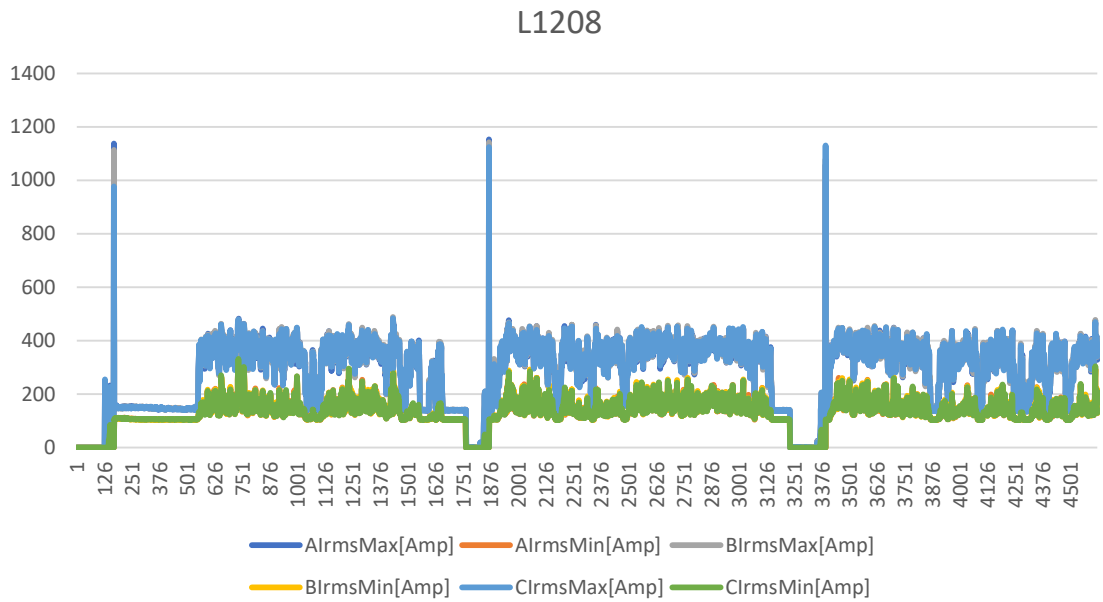
Figur 6. Max och min ström mät för de tre faserna.

Skanska Bugärde – Jonsons L1208

Lastning i förkrossen i Figur 7

Figur 7. Lastning i mobil förkross i Bugärde

Jonssons L1208 är en mobil Käftkross. Krossen startas manuellt vilket resulterade i startspikar upp mot 1152 A. Under drift varierar belastning i snitt med ca 200 A, med maximal belastning vid 400 A.



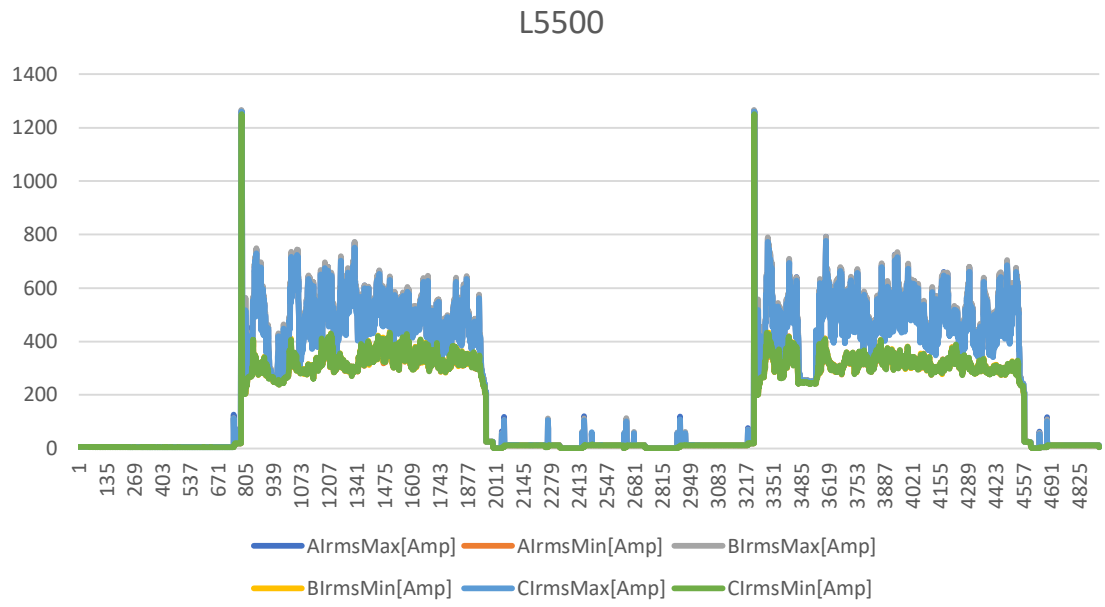
Figur 8. Max och min ström mät för de tre faserna.

Swerock Kållered – Jonsons L5500

Granit täkt i Kållered som drivs och hanteras av Swerock. Graniten har Los Angelesvärde mellan 16-21 % och mellan 2,63-2,66 g/cm^3 i korndensitet. Täkten levererar mer än 100 000 ton per år. Se krossverket i Figur 9.

Figur 9. Mobila krossen kopplat till mobil sikt i Arendal.

Jonssons L5500 är en mobil konkross. Krossen startas manuellt vilket resulterar i startspikar upp mot 1265 A. Under drift varierar belastning i snitt med ca 153 A, med maximal belastning nära 750 A. Se Figur 10.

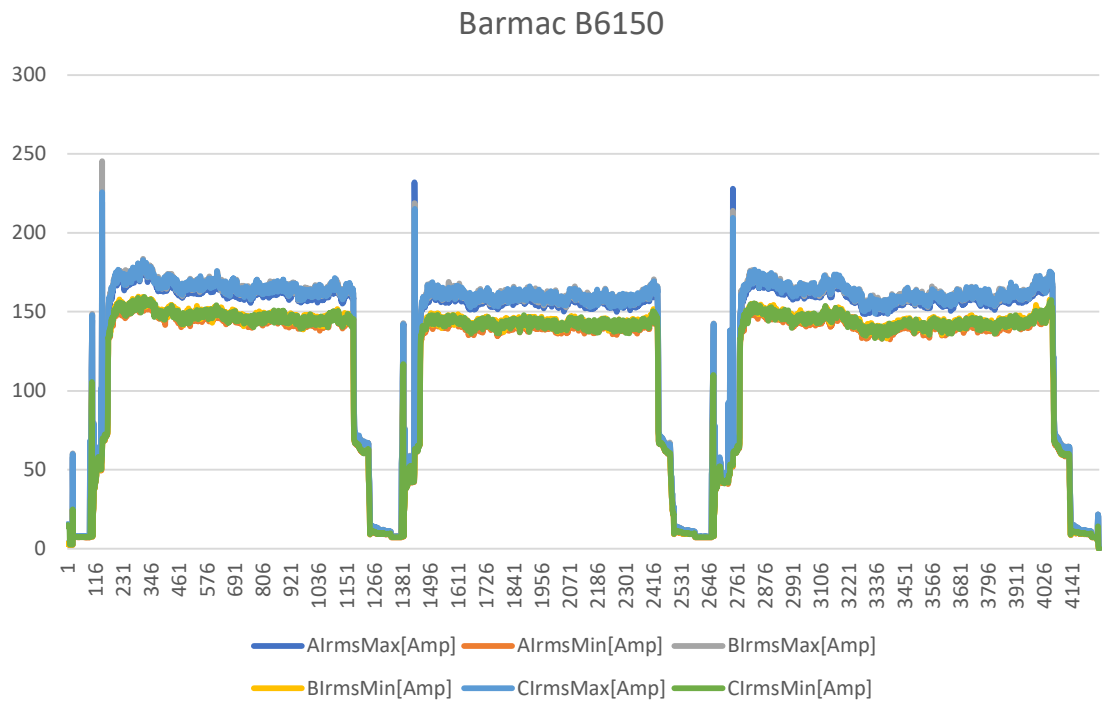


Figur 10. Max och min ström mät för de tre faserna.

Swerock Kållered – Barmac

Barmac är en VSI som är installerad i ett stationärt krossverk i Kållered täkten, se Figur 11. Krossen startas med en frekvensomvandlare vilket resulterar i startspikar upp mot 245 A. Under drift varierar belastning i snitt med ca 19 A, med maximal belastning nära 175 A. Se Figur 12.

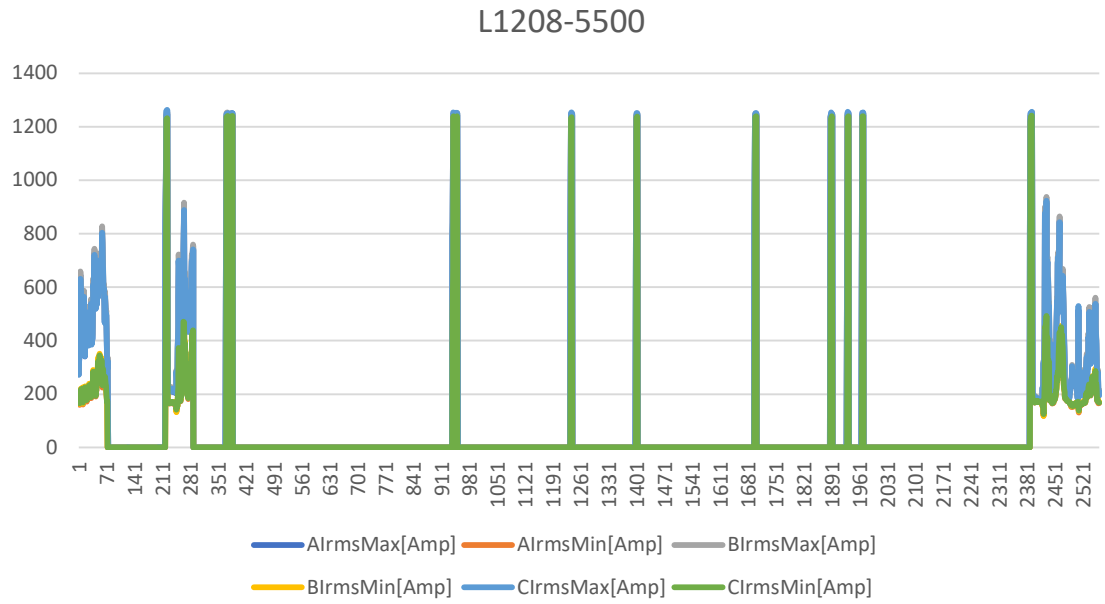
Figur 11. Barmac VSI hos Swerock i Kållered.



Figur 12. Max och min ström mät för de tre faserna.

Start med material i kross

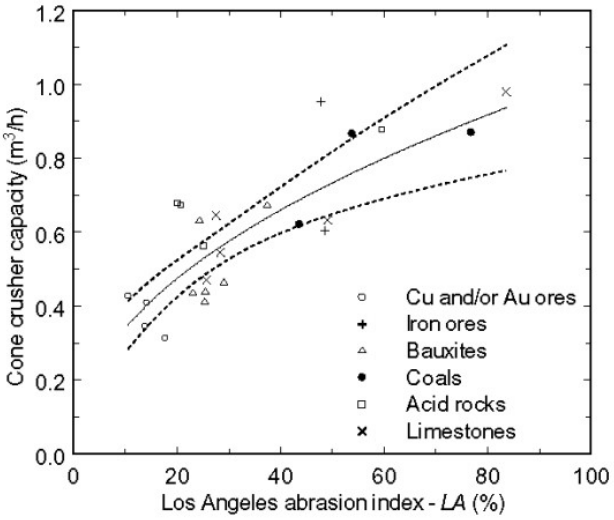
I Bugärde stoppades både käftkross och konkross med material i krosskammaren. Käftkrossen tömdes på första försök men konkrossen krävde 11 försök med tillhörande justeringar av mantelposition mellan varje försök, se Figur 12. Under försöken mättes tryckspikar upp mot 1263 A. Operatören avbröt varje försök innan motorskyddet utlöstes.



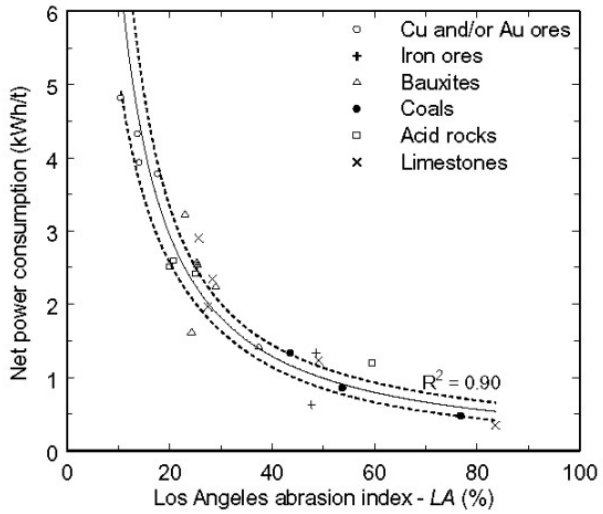
Figur 13. Max och min ström mät för de tre faserna.

Diskussion

Varje kross visade tydliga strömspikar vid uppstart och hög variation under drift. Den maximala uppmätta start spiken mättes till 1275 A och övriga effektspikar var inte mycket lägre, alla strömspikar för konkrossarna mättes mellan 1230 A – 1275 A. Mellan 650 A – 1150 A för käftkrossarna och endast upp mot 245 A för VSI:n. Under drift påverkas den maximala strömmen både av materialets egenskaper och hur krossarna körs. Ingen av krossarna kördes på maximala möjliga ström, båda konkrossarna begränsades av trycket istället. Vilket tvingade maskinstyrningen för systemet att justera mantel höjden för att undvika överbelastning. Effekten var dock inte för långt ifrån sina maxgränser heller. Variationerna i strömmen skapas först och främst av inmatningen i krossen. Snedmatning eller segregerad flöde ökar variationen och även snittströmmen över tid, dessa skulle kunna förbättras. I vanliga fall används *Work index* eller C*rushability index* för att uppskatta krossars effekt men vissa trender finns mellan Los Angelesvärdena och kapacitet resp. specifik energi för operationen (*Tavares and da Silveira - Measures of rock crushability*), se Figur 14 och Figur 15. Den maximala belastning uppmättes i dubbelkrossen vilket kombinerade belastning för käftkrossen och konkrossen upp mot 800 A. Separat mättes dock samma typ av konkross upp mot 750 A. Vad den maximala strömmen ett krossverk drar beror på bergets egenskaper, materialflödet, maskinernas konfiguration och maskinstyrningen.



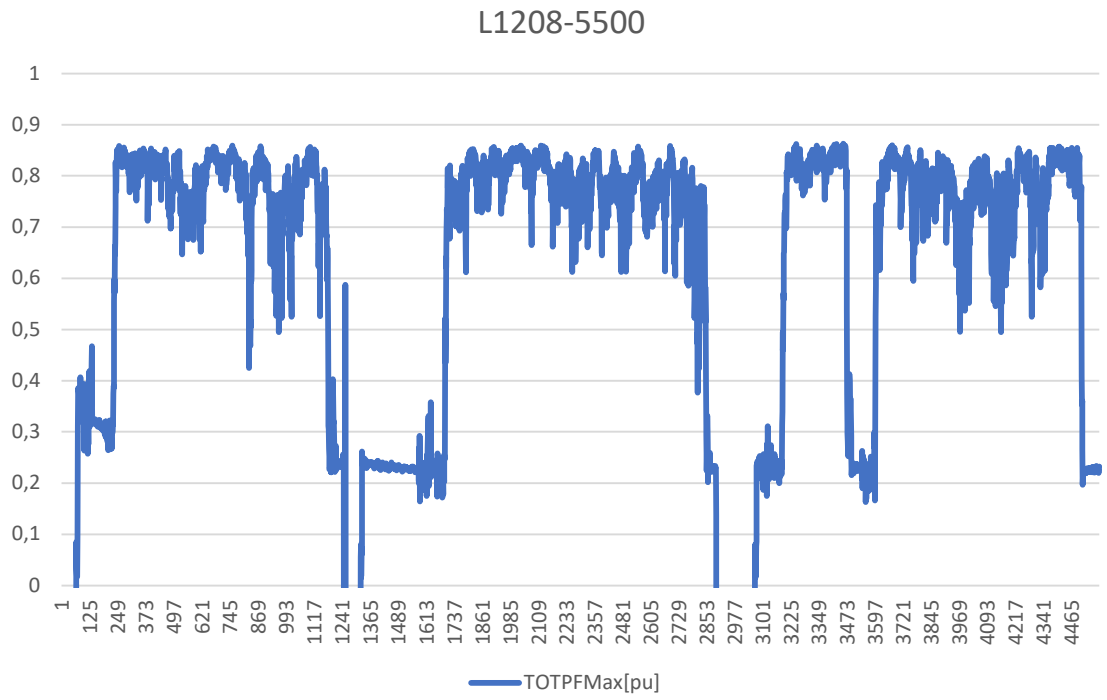
Figur 14. Sambandet mellan Los Angelesvärdena och kapacitet.



Figur 15. Sambandet mellan Los Angelesvärdena och specifik energi.

Mobila krossen L5500 är installerad med konkrossen CH550 från Sandvik och L6800 är installerad med krossen CH660 från Sandvik. Båda krossar utnyttjar en 315 kW motor som är absolut majoriteten av installerad effekt för dessa mobila enheter. Transportband och siktar ökar effektförbrukningen ytterligare ett antal kW. För alla fall begränsades belastning av hydraulsystem och inte installerad effekt. När krossarna körs jämt på maximala effekt ska strömmen vara runt 600 A (1), givet att power faktorn är 0.7-0.85, se Figur 16 för estimerad power faktor för L1208-5500 vilket är installerad med både 315 kW konkross och 160 kW käftkross.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot PF \cdot V} \qquad (1)$$



Figur 16. Power faktor för L1208-5500 över testperioden.