जल प्रवाह में सिल्ट मात्रा कम करके विद्युत उत्पादन में वृद्धि

प्रमोद कुमार भार्गव
अधीक्षण अभियन्ता

आर0 के0 गुप्ता
अनुसंधान अधिकारी

के0 पी0 सिंह
सहा0 अनुसंधान अधिकारी

सिंचाई अनुसंधान संस्थान रूड़की 247667 (उत्तराखण्ड)

सारांश

जल विद्युत परियोजनाओं का जहां अनेक क्षेत्रों में देश के विकास में सराहनीय योगदान है वहीं इनके संचालन मे कुछ कठिनाईयां भी आती हैं। सिल्ट युक्त पानी द्वारा रनर व्लेड व टरबाइन की बाहरी केसिंग को क्षतिग्रस्त करना जल विद्युत गृह की मुख्य समस्या है। इस समस्या के समाधान हेतु डिसिल्टिंग चैम्बर का पावर इन्टेक के बाद प्रावधान करना कारगर युक्ति सिद्ध हुई है। इस चैम्बर में होकर जाने वाले पानी में 0.2 मिमी0 साइज से अधिक साइज वाले सिल्ट कण लगभग 95 प्रतिशत कम हो जाते हैं जिससे विद्युत गृह की मशीनों की दक्षता एवं आयु दोनो में वृद्धि होती है। इस युक्ति का परिकल्पन, गणितीय एवं भौतिक अध्ययन द्वारा अधिक दक्ष बनाने की विधि का वर्णन इस शोध पत्र में विस्तार से किया गया है जो नयी जल विद्युत परियोजनायों के परिकल्पन में उपयोगी सिद्ध होगा।

1.0 भूमिका

भारत के विकास में विभिन्न जल स्रोतों का अनन्त काल से अमूल्य योगदान रहा है. या यह कहें कि यह स्रोत मानव सभ्यता के लिये वरदान हैं। जैसे जैसे तकनीक का विकास हुआ इन जल स्रोतों का दोहन भी नये नये ढंग से किया जाने लगा। जहां प्रारम्भ में यह स्रोत केवल पेय जल के साधन थे वहीं आज यह विद्युत ऊर्जा एवं सिंचाई के मुख्य साधन हैं। इन स्रोतों के दोहन हेतु अनेक नदियों पर बांध बन चुके है या बन रहे है या बनना प्रस्तावित है। इस प्रकार की लगभग सभी परियोजनायें पहाड़ी क्षेत्रों में है जहॉ नदियां अपने जल प्रवाह के साथ अत्यधिक सिल्ट की मात्रा लाती हैं एवं जल प्रवाह मे पत्थर के कण भी मिले रहते हैं। इन सिल्ट कणों का विद्युत परियोजनायों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है । यह सभी परियोजनायें बहुउद्देशीय हैं तथा निम्न प्रकार देश के विकास में योगदान दे रही हैं।

(1) विद्युत उत्पादन
(2) मछली पालन
(3) कृषि भूमि की सिचाई
(4) पेय जल
(5) ताप व परमाणु विद्युत गृह में भाप का उत्पादन एवं शीतलन कार्य

जैसा कि सभी परिचित है कि लगभग सभी राज्य अपनी विद्युत मांग को भरसक प्रयास के बाद भी पूरा नहीं कर पा रहे हैं। जिसका एक कारण यह भी है कि जो विद्युत परियोजनायें पूर्ण हो चुकी हैं उनकी पूर्ण क्षमता का उपयोग निम्न कारणों से नही हो पा रहा है।

(1) कम वर्षा के कारण जलाशय में पानी की कम उपलब्धता
(2) पानी में सिल्ट की मात्रा एवं सिल्ट कणों का साइज अधिक होने के कारण टरवाइन में रनर का जल्दी जल्दी खराब होना
(3) विद्युत वितरण व्यवस्था में खराबी

यदि टरवाइन अधिकतम दक्षता से लम्बे समय तक कार्य करती रहे तो एक ही परियोजना दो बीमार परियोजनायों के बराबर कार्य कर सकती हैं। इस शोध पत्र में केवल उन परियेजनाओं के लिए आवश्यक उपायों की ओर पाठकों का ध्यान आकर्षित किया गया है जो पानी में सिल्ट की मात्रा व कणो का साइज अधिक होने के कारण वर्ष में लगभग आधे समय जिनकी टरवाइन खराब या आधी दक्षता से कार्य करती हैं। तिलोथ एवं चिला विद्युत गृह (उत्तराखण्ड) इसके कुछ उदाहरण हैं। टरवाइन के रनर में खराबी आने पर विद्युत उत्पादन घट जाता है जिससे उद्योग धन्धे बन्द करने पडते हैं। यह घटनायें हमारे देश के विकास में बडी बाधक बन रही हैं। खराब टरवाइन को ठीक करने या नये रनर बदलने में बहुत समय लग जाता है। इस बीच विद्युत कटौती झेल रही जनता आन्दोलन की राह अपना लेती है। यदि हमारे जल विद्युत गृह अपनी पूरी दक्षता से विद्युत उत्पादन करते रहें तो इस प्रकार की घटनायों से बचा जा सकता है तथा राष्ट्र का विकास और तेजी से हो सकता है। हिमाचल प्रदेश एवं उत्तराखण्ड में स्थिति नदियों में इस प्रकार की समस्या मुख्य रूप से देखी जा रही है।

1.1 सिल्ट द्वारा टरवाइन को क्षति ग्रस्त करने का कारण

पहाड़ों मे बहने वाली नदियां पानी के साथ साथ सिल्ट एवं पत्थर का चूरा भी लाती हैं जो तेज गति के प्रवाह के साथ जब टरवाइन के ब्लेड के सम्पर्क में आता है तो ब्लेड की सतह एवं बाहरी केसिंग को काटने लगती है और कुछ दिन बाद ब्लेड मे बड़े गढ्ढे हो जाते हैं जिससे मशीन की दक्षता घट जाती है या कार्य करना बन्द कर देती है। चिला विद्युत गृह की बाहरी केसिंग में हुआ गढढा चित्र -1 में दिखाया गया है।

1.2 पानी में सिल्ट की मात्रा कम करने के उपाय

इस कार्य के लिए वर्तमान में निम्न उपाय प्रयोग में लाये जा रहे हैं।
(1) पावर इन्टेक की क्रस्ट, स्पिलवे क्रस्ट से ऊंची रखकर
(2) टनल में डिसिल्टिंग चैम्बर का प्रावधान करके

पहला उपाय तब तक ही कारगर रहता है जब तक जलाशय मे सिल्ट का भराव कम रहता है। लेकिन छोटे जलाशय (जैसे मनेरी भाली स्टेज -1 तथा यमुना स्टेज -1) दो या तीन वर्ष के बाद ही पूरी तरह भर जाते हैं तथा सिल्ट की

अधिक मात्रा टनल में जाना प्रारम्भ हो जाती है। इस सिल्ट को पानी से अलग करने के लिए डिसिल्टिंग चैम्बर अधिक कारगर सिद्ध हो रहे हैं यदि इनका परिकल्पन एवं संचालन उचित ढंग से किया जाये।

आधुनिक प्रकार के अनेक डिसिल्टिंग चैम्बर का परिकल्पन एवं गणितीय तथा भौतिक प्रतिरूप अध्ययन जल विज्ञान केन्द्र वहादरावाद जो सिंचाई अनुसंधान संस्थान रूड़की का एक भाग है में किया जा चुका है जिनमें से कुछ डिसिल्टिंग चैम्बर विद्युत परियोजनायों में कार्य कर रहे है। विष्णु प्रयाग (उत्तराखण्ड)एवं बास्पा (हिमाचल प्रदेश) जल विद्युत परियोजनायें इसके कुछ उदाहरण हैं। यह उपाय केवल उन परियोजनायों में कारगर है जहां फ्लसिंग डक्ट में पानी का वेग जो समस्त सिल्ट को वहा ले जाने के लिए पर्याप्त हो। या यह कहें कि जिन परियोजनायों में पानी टनल द्वारा विद्युत गृह तक भेजा जाता है वहां यह उपाय उपयुक्त होगा।

1.3 डिसिल्टिंग चैम्बर का संक्षिप्त विवरण

डिसिल्टिंग चैम्बर एक ऐसी युक्ति है जिसमें चैम्बर का अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल इतना रखा जाता है जिससे पानी का वेग लगभग 20 सेमी0 प्रति सेकण्ड हो जाये। ऐसा करने पर पानी में उपस्थित सिल्ट या पत्थर के कण धीरे धीरे नीचे बैठने लगते हैं। चैम्बर की तली में उचित आकार के छेद होते हैं जिनके नीचे पानी के साथ सिल्ट ले जानी वाली फ्लसिंग डक्ट होती है जिसके द्वारा नदी तक सिल्ट मिले पानी को पहुंचाया जाता है। चैम्बर की लम्बाई इतनी रखी जाती है जिससे अवांछित सभी कण पूर्णतया नीचे तक बैठ जायें । चैम्बर का साफ पानी हेडरेस टनल से होकर विद्युत गृह तक पहुंचता है। गणितीय एवं भौतिक प्रतिरूप अध्ययन द्वारा चैम्बर की कार्य कुशलता को सुनिश्चित किया जाता है। चैम्बर की अन्दर वाली सतह पर सिल्ट जमा न होने के कारण पानी से सिल्ट अलग होने की प्रकिया निरन्तर चलती रहती है। यदि फ्लसिंग डक्ट का जल प्रवाह आवश्कता से कम न किया जाये तो चैम्बर अपनी पूरी दक्षता से कार्य करता रहता है जिससे विद्युत गृह की मशीने भी लम्बे समय तक अपनी पूर्ण दक्षता से कार्य करती है। इस शोध पत्र में करचम वॉगटू जल विद्युत परियोजना (हिमाचल प्रदेश) के डिसिल्टिंग चैम्बर के परिकल्पन,गणितीय एवं भौतिक प्रतिरूप अध्ययन की विधि विस्तार से प्रस्तुत की गयी है।

1.4 करचम वांगटू जल विद्युत परियोजना (हि0 प्र0)

उक्त परियोजना के अन्तर्गत 98 मी0 ऊंचाई का कंकीट वांध सतलुज नदी पर किन्नौर जिले में निर्माणाधीन है। वांध के जलाशय से 500 क्यूमेक पानी चार पावर इन्टेक , चार डिसिल्टिंग चैम्बर से होकर एक 10.48 मी0 व्यास की हेडरेस टनल द्वारा 4X250 मेगावाट के विद्युत गृह तक पहुंचाया जायेगा। विद्युत गृह की टेलरेस का पानी 909 मी0 लम्बी टेलरेस टनल द्वारा पुनः सतलुज नदी में डाल दिया जायेगा । उपरोक्त स्कीम को चित्र 2 में दर्शाया गया है। जलाशय से आने वाले पानी में सिल्ट एवं पत्थर का चूरा इन्टेक टनल से होकर डिसिल्टिंग चैम्बर तक पहुंचता है। नदी के पानी से लिए गये नमूने में पायी गयी सिल्ट का ग्रडेशन कर्व चित्र 3 में दर्शाया गया है। इस नमूने में सिल्ट का साइज 1 मिमी0 से 0.05 मिमी0 तक है। इस सिल्ट मेटिरियल का 'डी 50' 0.25 मिमी0 है। विभिन्न प्रायोजकों द्वारा अवगत कराया गया है कि सिल्ट साइज 0.2 मिमी0 से अधिक के कण टरवाइन को क्षतिग्रस्त करते है। तीस्ता नदी से प्राप्त सिल्ट कणों का सूक्ष्मदर्शी द्वारा लिया गया फोटो चित्र 4 में दिखाया गया है जिनका साइज 0.25 मिमी0 है एवं यह कण नुकीले आकार के है तथा टरवाइन को हानि पहुंचा सकते है। इस प्रकार के कणों को पानी से पूर्णतया वाहर निकालने के लिए डिसिल्टिंग चैम्बर कारगर सिद्ध हुए है। उक्त परियोजना के डिसिल्टिंग चैम्बर के गणितीय एवं भौतिक प्रतिरूप सम्वन्धी अध्ययन निम्न प्रकार से दिया जा रहा है।

2.0 गणितीय अध्ययन के लक्ष्य

गणितीय अध्ययन कम्प्यूटर साफ्टवेयर की सहायता से किया गया जिसके निम्नलिखित लक्ष्य रखे गये थे ः

(1) चैम्बर के साइज का निर्धारण

(2) हापर संख्या साइज के बीच की दूरी का निर्धारण जिससे फलसिंग डक्ट में प्रत्येक स्थान पर पानी का वेग सिल्ट वहाने के लिए पर्याप्त वना रहे।

(3) 5000 पी0 पी0 एम0 सिल्ट सान्द्रता इन्टेक टनल में होने पर फ्लसिंग टनल के मध्य एवं अन्त में उत्पन्न सिल्ट सान्द्रता की गणना करना ।

(4) फ्लसिंग डक्ट का साइज का निर्धारण जिससे परिकल्पित जल प्रवाह निश्चित जलाशय स्तर पर नदी तक पहुंच सके एवं सिल्ट वहाने की वांछित क्षमता रखता हो।

2.1 चैम्बर के साइज का निर्धारण

(1) एक इन्टेक टनल का परिकल्पित जल प्रवाह	125 cumec
(2) एक फ्लशिंग डक्ट का परिकल्पित जल प्रवाह	20.75 cumec
(3) निष्कासित होने वाला सिल्ट साइज	+0.2 mm
(4) चैम्बर की सतह हेतु मैंनिंग्स गुणॉक "n"	0.015
(5) चैम्बर की चौडाई	16.0 m
(6) चैम्बर की गहराई (y)	27.4 m
(7) +0.2 mm साइज के सिल्ट कण का पानी में बैठनें का वेग (w)	0.022m/s
(8) चैम्बर में जल प्रवाह का औसत वेग (v)	0.248m/s

कैम्प नियम के अनुसार चैम्बर में सिल्ट बैठने की दक्षता निम्न दो फलनों पर निर्भर करती है ः

$$E \text{ (सिल्ट बैठने की क्षमता)} = f\left[\frac{WY^{1/6}}{Vn\sqrt{g}} \cdot \frac{WL}{VY}\right]$$

जहां L=चैम्बर की लम्बाई

उपरोक्त ऑकडों का प्रयोग करने पर

$$\frac{WY^{1/6}}{V N\sqrt{g}} = \frac{0.022 X 27.4^{1/6}}{0.2486 X 0.015 X\sqrt{9.81}} = 3.30$$

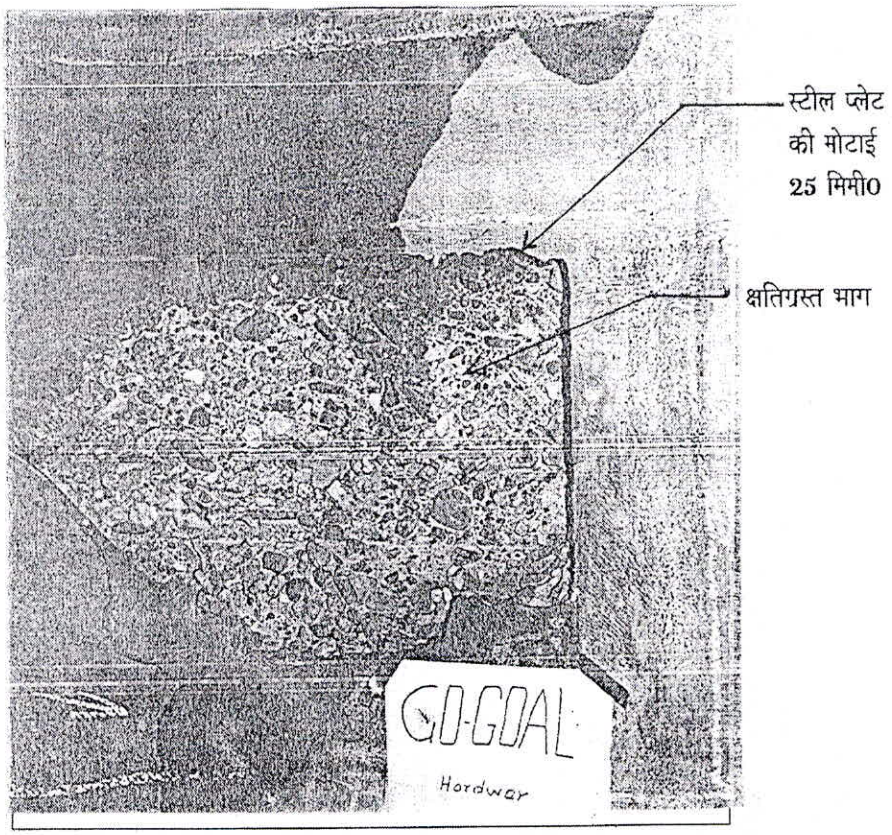
कैम्प कर्व चित्र 5 के अनुसार दक्षता 100 % के लिए

$$\frac{WL}{VY} = 1.32$$

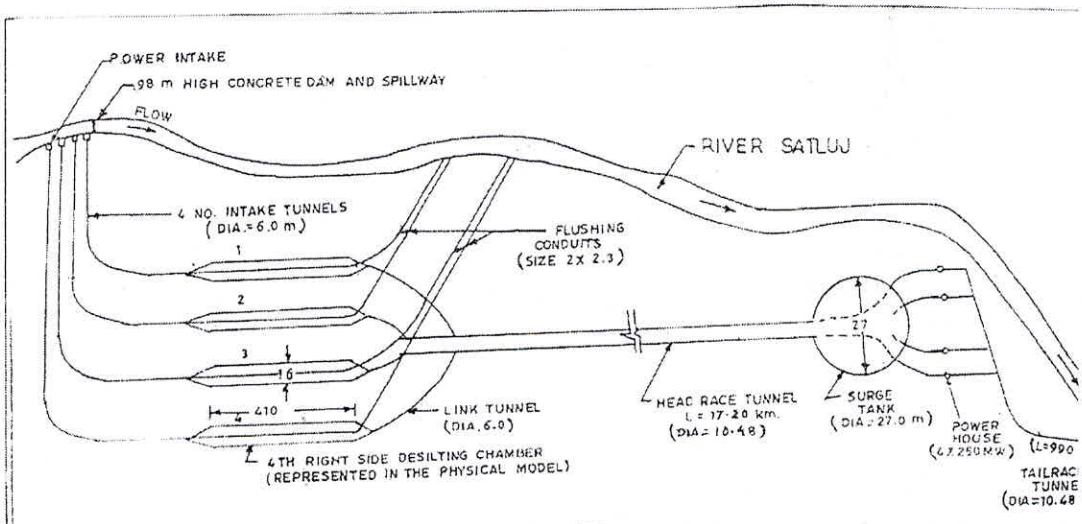
$$L = \frac{1.32\ VY}{W}$$

$$= 408.70\ M \text{ या } 410.0\ m$$

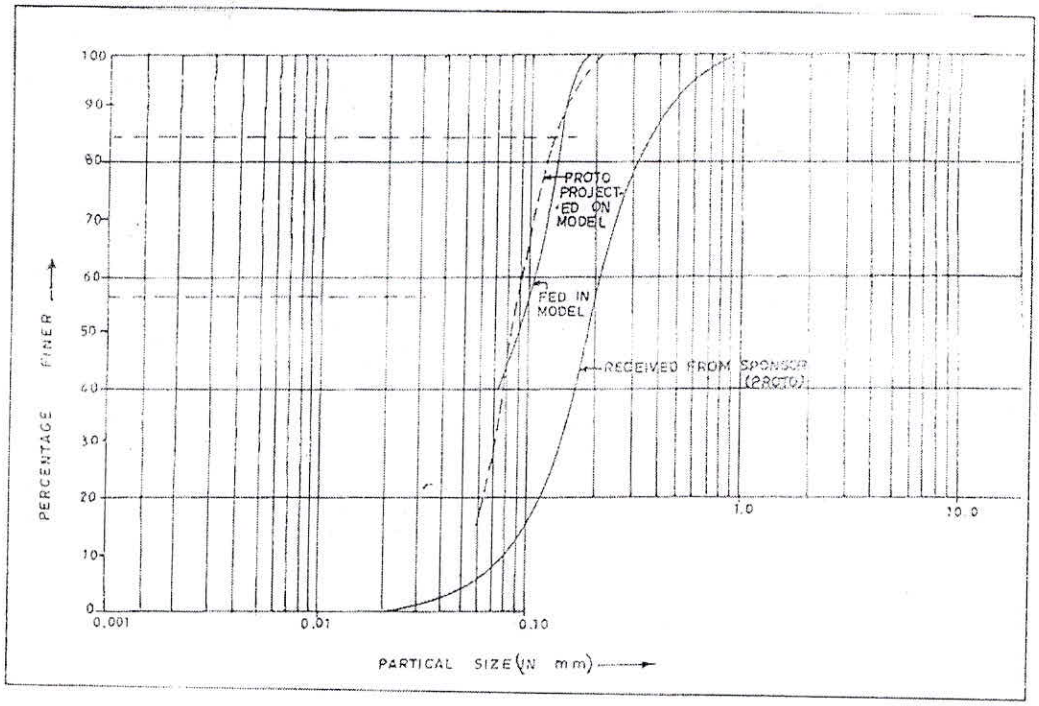
अत ः चैम्बर की लम्बाई 410 मी0 उपयुक्त मानी गायी ।



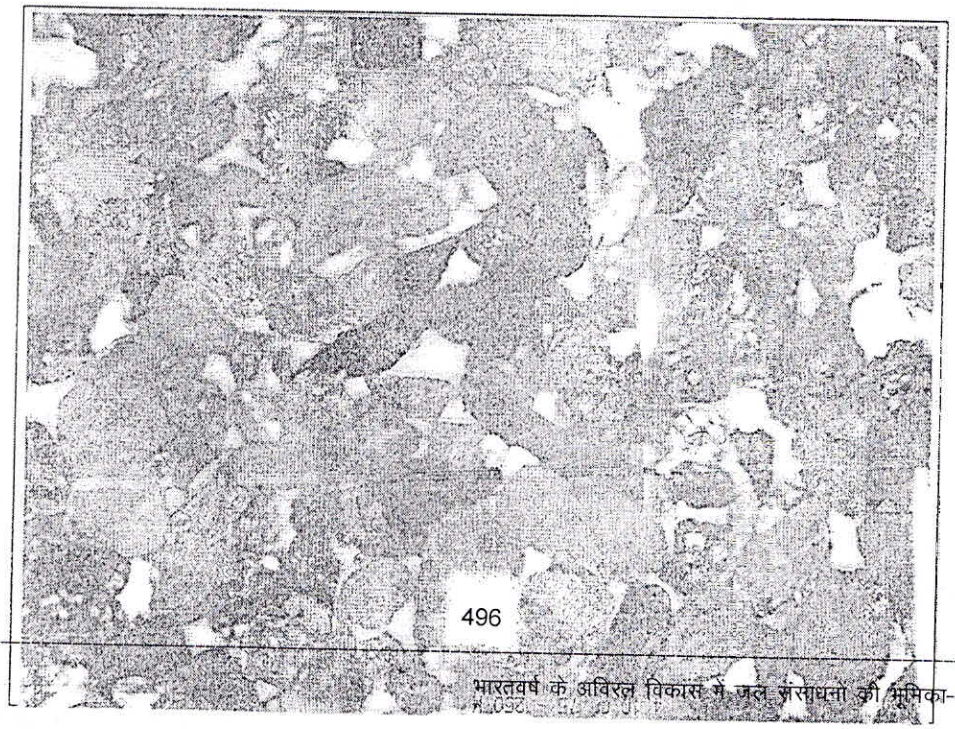
चित्र 1 ः चीला विद्युत गृह की बाहरी केसिगं मे हुआ गढढा



चित्र 2 ः करचम वांगटू जल विद्युत परियोजना का रेखाचित्र



चित्र **3** ः सतलुज नदी के नमूने में उपस्थिति सिल्ट का ग्रेडेशन कर्व



चित्र **4** ः तीस्ता नदी के पानी के नमूने में उपस्थिति सिल्ट कणों का आकार
(Silt particle size as per microscopic Imagery)

2.2 फ्लसिंग डक्ट की आवश्यक सिल्ट निष्कासन क्षमता

डक्ट की आवश्यक सिल्ट निष्कासन क्षमता की गणना निम्न तालिका 1 में दर्शाई गयी है। इस तालिका में चैम्बर के मध्य में एवं अन्तिम सिरे तक बैठने वाली सिल्ट की प्रतिशत मात्रा ज्ञात की गयी है ।

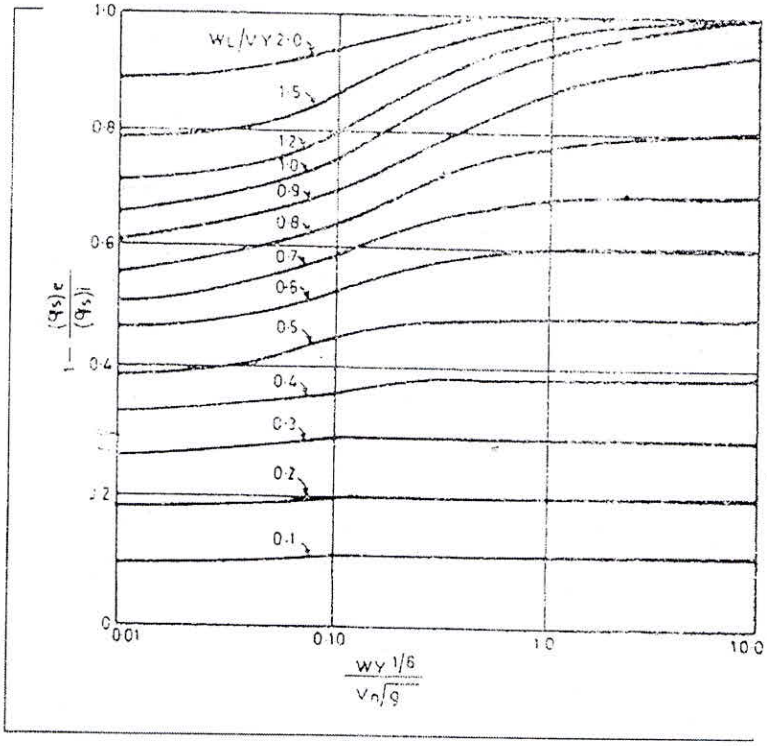
तालिका 1

कम सं0	सिल्ट कण का साइज (mm)	प्रोटा में उपस्थित सिल्ट की % मात्रा	सिल्ट कण बैठने का वेग m/s	WL/VY		1/6 WY/Vn√g	चैम्बर के मध्य तक बैठने वाली सिल्ट की %मात्रा		चैम्बर के अन्त तक बैठने वाली सिल्ट की %मात्रा	
				L=225m चैम्बर के मध्य में	L=430m चैम्बर के अन्त में		कैम्प कर्व के अनुसार जमा सिल्ट % में	कुल जमा सिल्ट की मात्रा % मे कालम 3 x कालम 8/100	कैम्प कर्व के अनुसार जमा सिल्ट % में	कुल जम सिल्ट क मात्रा % मे (कालम 3 x कालम 10)/100
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	0.02	0.0	0.0003	0.01	0.019	0.045	1.0	0.0	0.01	0.0
2	0.03	2.0	0.0007	0.023	0.044	0.104	2,3	0.046	4.0	0.08
3	0.05	3.0	0.002	0.065	0.125	0.299	6.5	0.195	12.5	0.4
4	0.1	10.0	0.007	0.228	0.486	1.04	22.8	2.28	40.0	4.0
5	0.2	42.0	0.022	0.72	1.37	3.27	72.0	30.2	99.0	41.6
6	0.4	31.0	0.05	1.63	3.11	7.43	100.0	4.0	100.0	31.0
7	0.6	4.0	0.07	2.28	4.36	10.4	100.0	4.0	100.0	4.0
8	1.0	8.0	0.1	3.26	6.22	14.87	100.0	8.0	100.0	8.0
बैठने वाली सिल्ट की प्रतिशत मात्रा								75.7%		89.1%

इस गणना में कैम्प कर्व (चित्र 5) का प्रयोग किया गया है। आवश्यक सिल्ट निष्कासन क्षमता (Cf) निम्न सूत्र से ज्ञात की गयी है।

$$Cf = \frac{Qi \times Ci \times Pf}{Qf \times 100}$$

जहाँ Qi =इन्टेक जल प्रवाह (क्यूमेक)
Ci =इन्टेक पर सिल्ट सान्द्रता (पी0 पी0 एम0)
Pf=निश्चित दूरी में बैठने वाली सिल्ट मात्रा (प्रतिशत)
Qf =निश्चित दूरी पर डक्ट में जल प्रवाह (क्यूमेक)

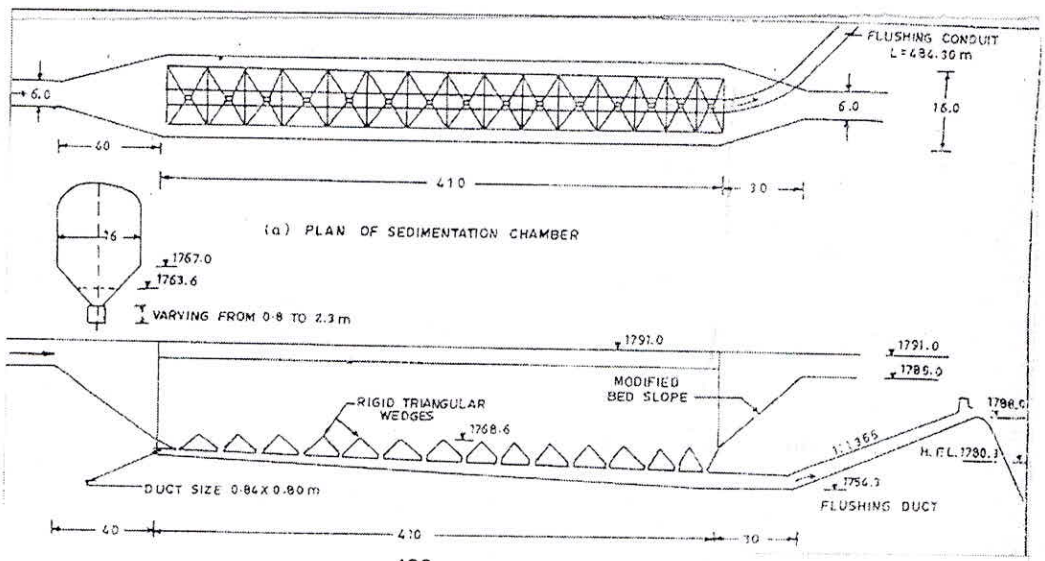


(qs)e=हेडरेस टनल में सिल्ट सान्द्रता

(qs)i=इन्टेक टनल में सिल्ट सान्द्रता

(qs)e
1- ------- =सिल्ट का भाग जो चैम्बर
(qs)i में बैठ जायेगा

चित्र 5ः सिल्ट बैठने की मात्रा ज्ञात करने हेतु कैम्प कर्व



चित्र 6ः करचम वांगटू जल विद्युत परियोजना हेतु डिसिल्टिंग चैम्बर का अनुमोदित प्रस्ताव

2.3 फ्लसिंग डक्ट की उपलब्ध सिल्ट निष्कासन क्षमता

निश्वित डक्ट साइज एवं निश्चित हापर छेद साइज के लिए निम्न 'ग्राफ एवं एकरागलू सूत्र ' द्वारा डक्ट में उपलब्ध सिल्ट निष्कासन क्षमता ज्ञात की गयी है।

$$\frac{C\,V\,R}{d\sqrt{g\,d\,(Ps/Pf-1)}} = 10.39\left[\frac{(Ps/Pf-1)\,d}{J\,R}\right]^{-2.52}$$

जहॉ C= सिल्ट सान्द्रता (% आयतन)

V= डक्ट में जल प्रवाह वेग(मी0 /से0)

R= हाइड्रोलिक रेडियस(मी0)

d= सिल्ट कण का औसत साइज(मी0)

J= हाइड्रोलिक ग्रेडियन्ट(मी0)

Ps= सिल्ट का आपेक्षिक घनत्व

Pf= द्रव का आपेक्षिक घनत्व

कम्प्यूटर द्वारा गणना में हापर के छेदों का साइज एवं डक्ट का साइज तब तक बदलते हैं जब तक डक्ट की उपलब्ध सिल्ट निष्कासन क्षमता डक्ट की आवश्यक सिल्ट निष्कासन क्षमता से अधिक न हो जाये। प्रत्येक छेद के साइज द्वारा डक्ट के अन्त तक का हेड लास भी नियन्त्रित किया जाता है जिससे छेद से होकर निर्धारित डिस्चार्ज ही प्रवाहित हो सके एवं डिस्चार्ज का योग भी परिकल्पित डिस्चार्ज के बराबर बना रहे। करचम वांगटू जल विद्युत परियोजना हेतु अनुमोदित चैम्बर के छेद व डक्ट साइज एवं सिल्ट निष्कासन क्षमताएं निम्न तालिका 2 में प्रदर्शित की गयी है एवं गणितीय अध्ययन के अनुसार अनुमोदित डिसिल्टिंग चैम्बर का प्रस्ताव चित्र 6 में दिखाया गया है।

तालिका 2

करचम वांगटू जल विद्युत परियेजना के डिसिल्टिंग चैम्बर के गणितीय अध्ययन से प्राप्त परिणाम

प्रयोग में लाये गये आंकड़े	
हापर संख्या	51
पहले हापर का साइज	.80 मी0 X .80 मी0
सभी हापर छेदों का आकार	आयताकार
इन्टेक पर सिल्ट सान्द्रता	5000 पी0 पी0 एम0

(अ) हापर छेद का साइज, दूरी , हेड लास एवं फलसिंग डक्ट का साइज एवं डिस्वाज का निर्धारर्ण

हापर सं0	हापर छेद की दूरी मी0	छेद का क्षेत्रफल वर्ग मी0	हेड लास मी0	डक्ट साइज मी0Xमी0	डक्ट में पानी का वेग मी0प्रति से0	डक्ट का डिस्चार्ज क्यूमेक
1	4.00	.6400	.7210	1.00X .79	3.03	2.40
2	12.00	.3249	.8910	1.40X .82	3.34	3.84
3	20.00	.3249	1.0645	1.80X .85	3.55	5.45
4	28.00	.1600	1.2315	2.00X .88	3.58	6.31
5	36.00	.0400	1.3957	2.00X .91	3.58	6.53
6	44.00	.0400	1.5580	2.00X .94	3.60	6.77

7	52.00	.0400	1.7189	2.00X .97	3.61	7.03
8	60.00	.0400	1.8793	2.00X1.00	3.64	7.29
9	68.00	.0400	2.0395	2.00X1.03	3.67	7.57
10	76.00	.0400	2.2001	2.00X1.06	3.70	7.86
11	84.00	.0400	2.3613	2.00X1.09	3.74	8.16
12	92.00	.0400	2.5236	2.00X1.12	3.78	8.48
13	100.00	.0400	2.6871	2.00X1.15	3.82	8.80
14	108.00	.0400	2.8523	2.00X1.18	3.86	9.13
15	116.00	.0400	3.0193	2.00X1.21	3.91	9.47
16	124.00	.0400	3.1883	2.00X1.24	3.96	9.83
17	132.00	.0272	3.3556	2.00X1.27	3.96	10.07
18	140.00	.0272	3.5214	2.00X1.30	3.96	10.32
19	148.00	.0272	3.6860	2.00X1.33	3.97	10.58
20	156.00	.0272	3.8496	2.00X1.36	3.98	10.84
21	164.00	.0272	4.0125	2.00X1.39	3.99	11.11
22	172.00	.0272	4.1747	2.00X1.42	4.00	11.38
23	180.00	.0272	4.3366	2.00X1.45	4.01	11.66
24	188.00	.0272	4.4982	2.00X1.48	4.03	11.94
25	196.00	.0272	4.6596	2.00X1.51	4.04	12.23
26	204.00	.0272	4.8211	2.00X1.54	4.06	12.53
27	212.00	.0272	4.9827	2.00X1.57	4.08	12.83
28	220.00	.0272	5.1445	2.00X1.60	4.10	13.13
29	228.00	.0272	5.3066	2.00X1.63	4.12	13.44
30	236.00	.0272	5.4691	2.00X1.66	4.14	13.75
31	244.00	.0272	5.6322	2.00X1.69	4.16	14.07
32	252.00	.0272	5.7958	2.00X1.72	4.18	14.40
33	260.00	.0272	5.9601	2.00X1.75	4.20	14.73
34	268.00	.0272	6.1251	2.00X1.78	4.23	15.06
35	276.00	.0272	6.2908	2.00X1.81	4.25	15.40
36	284.00	.0272	6.4575	2.00X1.84	4.27	15.74
37	292.00	.0272	6.6250	2.00X1.87	4.30	16.09
38	300.00	.0272	6.7935	2.00X1.90	4.32	16.44
39	308.00	.0272	6.9630	2.00X1.93	4.35	16.79
40	316.00	.0272	7.1336	2.00X1.96	4.37	17.15
41	324.00	.0272	7.3053	2.00X1.99	4.40	17.52
42	332.00	.0272	7.4781	2.00X2.02	4.42	17.89
43	340.00	.0272	7.6522	2.00X2.05	4.45	18.26
44	348.00	.0272	7.8275	2.00X2.08	4.48	18.64
45	356.00	.0272	8.0040	2.00X2.11	4.50	19.02
46	364.00	.0272	8.1819	2.00X2.14	4.53	19.41
47	372.00	.0196	8.3591	2.00X2.17	4.53	19.68
48	380.00	.0196	8.5356	2.00X2.20	4.53	19.97
49	388.00	.0196	8.7117	2.00X2.23	4.54	20.25
50	396.00	.0196	8.8873	2.00X2.26	4.54	20.54
51	404.00	.0196	9.0624	2.00X2.29	4.54	20.83

(ब) फ्लसिंग डक्ट की सिल्ट निष्कासन क्षमता

इन्टेक पर सिल्ट सान्द्रता	सिल्ट सान्द्रता डक्ट के मध्य में (पी0 पी0 एम0)		सिल्ट सान्द्रता डक्ट के अन्त में (पी0 पी0 एम0)	
	आवश्यक	उपलब्ध	आवश्यक	उपलब्ध
5000.0	35204.9	35831.8	26950.4	33697.2
3500.0	24643.4	35831.8	18865.3	33697.2
2000.0	14081.9	35831.8	10780.2	33697.2
1000.0	7041.0	35831.8	5390.1	33697.2

2.4 फ्लसिंग डक्ट की जल प्रवाह क्षमता

डक्ट की जल प्रवाह क्षमता ज्ञात करने के लिए पावर इन्टेक के प्रवेश हेड लॉस इन्टेक टनल का घर्षण हेड लास बैन्ड लॉस डक्ट के सभी हेड लॉस डक्ट के बाद के पाइप में घर्षण हेड लॉस बैन्ड लास एवं एग्जिट हेड लॉस इत्यादि को शामिल कर परिकल्पित जल प्रवाह के लिए कुल हेड लॉस का योग ज्ञात कर लेते हैं। उक्त परियोजना के लिए यह हेड लॉस का योग 17.2 मी0 है। डक्ट के आउटलेट की सेन्टर लाइन के लेविल में हेड लॉस का योग जोड़ने पर वह जलाशय लेविल प्राप्त होगा जिस पर डक्ट अपना परिकल्पित जल प्रवाह के लिए सक्षम होगी उससे कम जलाशय लेविल पर डक्ट अपने परिकल्पित जल प्रवाह से कम जल प्रवाह ले पायेगी। इस आधार पर करचम चैम्बर की डक्ट जलाशय स्तर 1806.5 मी0 पर अपना परिकल्पित जल प्रवाह प्रवाहित करेगी एवं इससे अधिक जल स्तर पर डक्ट का जल प्रवाह गेट द्वारा नियंत्रित करना होगा।

2.5 करचम वांगटू डिसिल्टिंग चैम्बर का भौतिक प्रतिरूप अध्ययन

जल विज्ञान केन्द्र बहादराबाद की प्रयोगशाला जो सिचाई अनुसंधान संस्थान रूड़की का एक भाग है में उपलब्ध स्थान, डिस्चार्ज एवं ड्राप को ध्यान में रखते हुए उक्त प्रतिरूप का निर्माण माप 1 ः 20 पर पारदर्शी प्लास्टिक शीट से किया गया। प्रतिरूप में शामिल किये गये भागों को ड्राइंग 7 में दिखाया गया है। चैम्बर का आकार एवं डक्ट का साइज गणितीय अध्ययन द्वारा प्राप्त उपयुक्त प्रस्ताव टेविल 2 एवं ड्राइंग 6 के अनुसार रखा गया था। इन्टेक डिस्चार्ज नापने के लिए पातिरूप के अपस्ट्रीम में एवं डक्ट व हेडरेस टनल का डिस्चार्ज नापने के लिए डाउनस्ट्रीम में अलग अलग शार्प कस्ट लगायी गयी थी। डक्ट में हेड लॉस नापने के लिए प्रारम्भ, मध्य एवं अन्त में पीजोपोइन्ट लगाये गये थे।

3.0 अध्ययन की प्रकिया

3.1 चैम्बर में जल प्रवाह की प्रकृति

सबसे पहले जलाशय में सामान्य जल स्तर 1808.5 मी0 पर स्थिर रखते हुए प्रतिरूप में साफ पानी कुल 125 क्यूमेक प्रवाहित किया गया। जिसमें से 20.75 क्यूमेक फलसिंग डक्ट से एवं शेष हेडरेस टनल से होकर प्रवाहित किया गया। चैम्बर की प्रारम्भिक 15 मी0 लम्बाई में जल प्रवाह पूर्णरूप से समान नहीं था। इसके बाद की लम्बाई में जल प्रवाह पूरे अनुप्रस्थ काट में लगभग समान था ।जलाशय से हेडरेस टनल के अन्तिम सिरे तक (जो प्रतिरूप में बनाई गयी) हेड लॉस 2.0 मी0 व गणना द्वारा 2.15 मी0 एवं डक्ट में हेड लॉस 9.2 मी0 व गणना द्वारा 9.06 मी0 पाया गया।

3.2 चैम्बर की सिल्ट निष्कासन क्षमता का परीक्षण

चैम्बर की सिल्ट निष्कासन क्षमता का परीक्षण पानी में इन्टेक पर सिल्ट सान्द्रता 2000 ppm 3500 ppm एवं 5000 ppm के लिए किया गया। प्रयोजक से प्राप्त सिल्ट के ग्रेडेशन कर्व को 7 भागों में बांटा गया तथा इन कणों का नीचे बैठने का वेग (wp)रूबी कर्व (चित्र 8)से ज्ञात कर उसे प्रतिरूप के वेग स्केल से भाग देकर प्रतिरूप में सिल्ट बैठने का वेग (wm)ज्ञात किया गया ।wm के लिए रूबी कर्व से पुनः सिल्ट कण का साइज ज्ञात कर लिया गया । इस प्रकार सभी सिल्ट कणों का प्रतिरूप हेतु ग्रेडेशन कव चित्र 3 तैयार किया गया। इस कर्व के अनुसार मिश्रण तैयार करने हेतु सिल्ट एवं रेत की भिन्न भिन्न प्रतिशत मात्रा मिलायी गयी तथा प्रत्येक मिश्रण का ग्रेडेशन कव तैयार किया गया ।जव यह कर्व प्रतिरूप के संगत कर्व से अधिकतम समरूप हुआ उसी मिश्रण को प्रयोग हेतु सही माना गया।इस मिश्रण को आवश्यक मात्रा के अनुसार इन्टेक पर पानी में मिलाकर वांछित सिल्ट सान्द्रता उत्पन्न की गयी।

प्रतिरूप में अलग अलग सिल्ट सान्द्रता के साथ सामान्य जल स्तर 1808.5 मी0 स्थिर रखकर एवं प्रतिरूप में परिकल्पित जल प्रवाह एक घण्टे तक प्रवाहित किया गया। प्रयोग से 5 मिनट पूर्व डक्ट आउटलेट एवं हेडरेस टनल आउटलेट से 20 -20 लीटर के पानी के नमूने एकत्र किये गये तथा इन नमूनों को सुखाकर एवं विश्लेषण के वाद निम्न सूत्र का प्रयोग कर चैम्बर की सिल्ट निष्कासन दक्षता ज्ञात की गयी

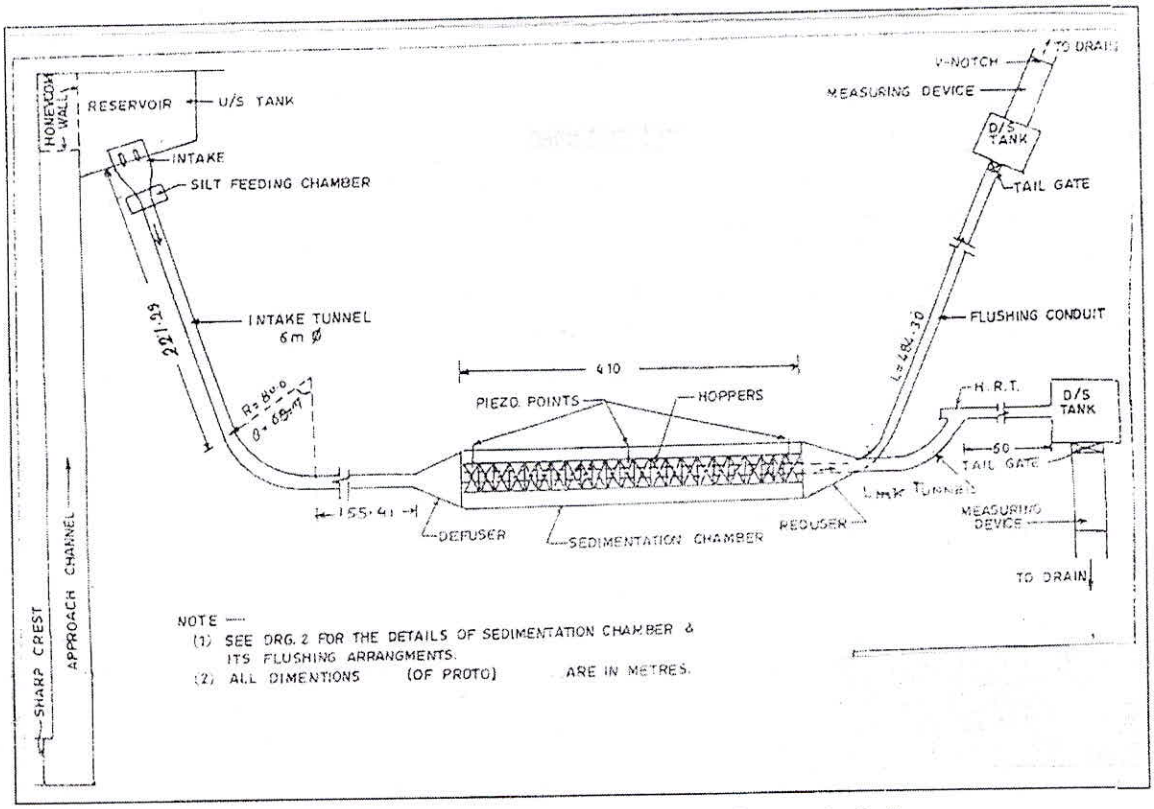
$$\text{सिल्ट निष्कासन दक्षता} = \frac{\text{इन्टेक डिस्चार्ज X इन्टेक सिल्ट सान्द्रता 0.2 मिमी0 हेतु - हेडरेस टनल डिस्चार्ज X सिल्ट सन्द्रता हेडरेस 0.2 मिमी0 हेतु}}{\text{इन्टेक डिस्चार्ज X इन्टेक सिल्ट सान्द्रता 0 .2 मिमी0 हेतु}}$$

सिल्ट साइज 0.2 मिमी0 के लिए यह दक्षता लगभग 97 प्रतिशत (तालिका 3)पायी गयी । प्रयोग के बाद चैम्बर को खाली कर निरीक्षण किया गया तथा पाया कि चैम्बर के सभी छेद खुले थे। चैम्बर के सभी साइड स्लोप साफ थे।केवल डाउनस्ट्रीम स्लोप पर मात्र 0.01 मी0 मोटी सिल्ट की परत जमी हुई पायी गयी ।चूंकि यह सिल्ट की परत चैम्बर के छेदों को वन्द नही कर पायेगी अतः चैम्बर की दक्षता एवं जल प्रवाह की प्रकृति सन्तोषजनक पायी गयी।

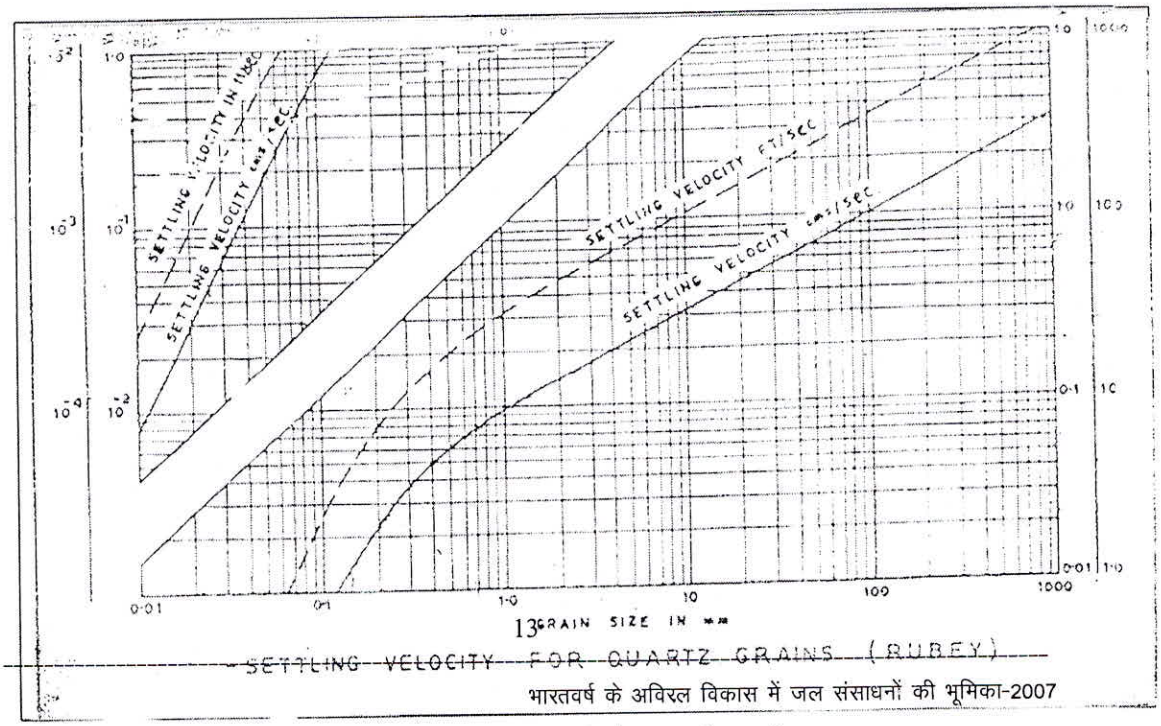
जव चैम्बर में जलाशय का न्यूनतम जल स्तर 1799 . 0 मी0 स्थिर रखकर 125 क्यूमेक डिस्चार्ज प्रवाहित किया गया तव डक्ट का डिस्चार्ज मात्र 14 . 9 क्यूमेक पाया गया ।सिल्ट सान्द्रता 5000 ppm रखने पर पाया कि डक्ट में लगभग 1 सेमी0 से लेकर 3 सेमी0 तक सिल्ट की परत जमा हो जाती है ।अतः सिल्ट सान्द्रता 5000 ppm होने पर सिल्ट का जमाव रोकने के लिए डक्ट में जल प्रवाह 20.75 क्यूमेक होना आवश्यक है।न्यूनतम सिल्ट कण साइज 0.2 मिमी0 के लिए प्रतिरूप में मापी गयी सिल्ट निष्कासन क्षमता निम्न तालिका 3 में दी गयी है।

तालिका 3

कम सं0	चैम्बर के प्रस्ताव का विवरण	इन्टेक पर सिल्ट सान्द्रता (ppm)	0.2 mm साइज के कणों हेतु मापी गयी सिल्ट सान्द्रता (ppm)		0.2 mm साइज के कणों हेतु मापी गयी सिल्ट निष्कासन दक्षता(%)
			इन्टेक	हेडरेस टनल	
(1)	चैम्बर की लम्बाई 410मी0, चैम्बर की चौड़ाई 16मी0, हापर की संख्या 51,(विवरण तालिका 2 में देखें)	5000	2150	78.0	97.0
(2)		3500	1505	55.5	96.9
(3)		2000	860	34.0	96.6



चित्र 7ः प्रतिरूप में प्रदर्शित किये गये डिसिल्टिंग चैम्बर के विभिन्न भाग



चित्र 8ः सिल्ट बैठने का वेग ज्ञात करने हेतु रूबी कर्व

4.0 निष्कर्ष

गणितीय एव भौतिक प्रतिरूप अध्ययन के परिणामों से यह निष्कर्ष निकलता है कि

(1) किसी परियेजना में डिसिल्टिंग चैम्बर लगाने से पूर्व उसकी दक्षता एवं सिल्ट निष्कासन क्षमता सुनिश्चित करने के लिए चैम्बर का गणितीय एवं भौतिक प्रतिरूप अध्ययन करना अति आवश्यक है।

(2) तालिका 2 एवं चित्र 6 में प्रदर्शित डिसिल्टिंग चैम्बर की माप करचम वांगटू जल विद्युत परियेजना हेतु उपयुक्त है। इस चैम्बर की 0.2 मिमी0 सिल्ट साइज के लिए सिल्ट निष्कासन क्षमता 97 प्रतिशत होगी एवं फ्लसिंग डिस्चार्ज 20.75 क्यूमेक व इन्टेक सिल्ट सान्द्रता अधिकतम 5000 पी0 पी0 एम0 होने पर चैम्बर अपनी पूर्ण दक्षता से कार्य करेगा।

(3) जलाशय जल स्तर 1806.5 मी0 से कम होने पर फ्लसिंग डक्ट से होकर परिकल्पित डिस्चार्ज से कम पानी प्रवाहित होगा तथा डक्ट की सिल्ट निष्कासन क्षमता घट जायेगी ।

संदर्भ

आई0आर0आई0, रूड़की टी0एम0 76 आर आर (एच2-5) " करछम वांग्टू हाइड्रो इलै0 प्रोजेक्ट (जम्मू एवं कश्मीर) के अवसादन चैम्बर के लिए भौतिकीय निदर्श अध्ययन " अगस्त 2006.

आई.आर.आई. रूड़की, टी.एम. 75 आर.आर. (एच 2-9) " करछम वांग्टू हाइड्रो इलै0 प्रोजेक्ट (जम्मू एवं कश्मीर) के अवसादन चैम्बर के लिए गणितीय निदर्श अध्ययन " मार्च 2005.

हन्टर राउज, " इंजीनीयरिंग हाइड्रोलिक्स "

रंगा राजू, के.जी. , आर.जे. गारडे एवं आर.सी. भारद्वाज, " जलोढ़ वाहिकाओं (चैनल) में कुल भार परिवहन " ए. एस. सी. ई. भाग 107 , 1980.