''जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ''
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

पेपर मिल निकासित अवजल का मृदा शोधन : एक प्राकृतिक एवं परिस्थितिकीय मित्र उपाय

अनिल कुमार
डा. भीमराव अम्बेडकर विश्वविद्यालय, आगरा

विकास सिंहल
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रूड़की

सारांश

भारत का कागज निर्माण में विश्व में 20 वां स्थान हैं इसकी प्रति व्यक्ति खपत लगभग 2.5 किलोग्राम/वर्ष है, जो कि यू0एस0ए0 की तुलना में काफी कम हैं (250 किलोग्राम/वर्ष)। आजकल संसार भर में तथा विशेषतया भारत में जल प्रदूषण एक विषम स्थिति की ओर अग्रसर है। एक टन कागज बनाने में औसतन 250-450मी^{3} पानी का उपयोग होता है, जिसका अधिकाशं भाग निकासित अवजल का भाग बनता हैं वर्तमान में, पेपर मिल निकासित अवजल के शोधन के लिये औद्योगिक ईकाइयां, भौतिक, रासायनिक एवं जैविक विधियां प्रयोग में ला रही है, जो कि महंगी तथा पर्यावरणक्षयी है। इनके दीर्घ परिचालन के लिए अनुभवी परिचालको की आवश्यकता होती है एवं इनका रख-रखाव भी खर्चीला है। इसलिये आजकल वैज्ञानिक ऐसे उपायो पर शोध कर रहे है, जो कि पर्यावरण मित्र हो, आर्थिक रूप से व्यवहार्य हो तथा औद्योगिक ईकाइयां आसानी से अपना व नियत्रिंत कर सके। मृदा शोधन (लाइसीमीटर विधि) एक ऐसा ही निकासित अवजल सुधार का तरीका है। वर्तमान शोध में विभिन्न मृदा विन्यासो तथा मृदा स्तम्भ ऊचाईयों का निकासित अवजल शोधन पर प्रभाव अध्ययन किया गया है। लाइसीमीटर मृदा पर होने वाले विभिन्न परिवर्तन भी मापित किये गये है। यह शोध दीर्घकाल में औद्योगिकी एवं परिस्थितिकीय मित्र साबित होगा, जो कि आर्थिक रूप से व्यवहार्य भी होगा।

1. प्रस्तावना :

संसार भर में एवं विशेषतया भारत में जल प्रदूषण एक विषम स्थिति की ओर अग्रसर हैं। भारत में लगभग सभी नदियों का जल प्रदूषित होता जा रहा है। राष्ट्रीय पर्यावरणीय अभियंत्रिकी शोध संस्थान, नागपुर के वैज्ञानिको द्वारा यह बताया गया है कि संभवत: 70 प्रतिशत जल प्रदूषित श्रेणी में आता है। (मार्टिन, 1998)। भारत में लगभग 3200 मुख्य औद्योगिक ईकाइया है, जो कि लघु ईकाइयो के अतिरिक्त है। जल पंचभूतो में से एक (पृथ्वी, जल, वायु, आकाश एवं अग्नि) तथा जीवन का सार है। मानव सभ्यता के विकास के साथ ही नदी किनारे विकास जल की

महत्ता को प्रदर्शित करता है, जैसे मिश्र की सभ्यता, मेसोपोटेमियन सभ्यता व भारत की सिंधु घाटी सभ्यता का विकास। संसार भर से 1.1 बिलियन से ज्यादा लोगो को पीने के लिये स्वच्छ जल उपलब्ध नही हो पाता, 6 हजार बच्चे प्रतिदिन असुरक्षित जल तथा सफाई की कमी से होने वाली बीमारीयो से मरते है। विकासशील देशो में, 90 प्रतिशत से ज्यादा औद्योगिक अवजल बिना किसी शोधन के ही मुक्त कर दिया जाता है यह सभी कारण पर्यावरण के लिये खतरा बढ़ा रहे हैं तथा एक उचित अवजल शोधन विधि की आवश्यकता महसूस कराते है।

भारत का कागज निर्माण में विश्व में 20वां स्थान हैं। वर्तमान में, 75 पेपर एवं पेपर बोर्ड ईकाइया 1.127 मिलियन टन/वर्ष की प्रतिष्ठित क्षमता के साथ प्राइवेट सेक्टर में है। इसके अतिरिक्त 636000 टन/वर्ष की अतिरिक्त क्षमता को लाइसेन्स मिल चुका है (पान्डेय, 2001)। एक लघु पेपर मिल औसतन 250 मीटर^3 जल प्रतिटन पेपर निर्माण से उपोग करती है तथा औसतन 200मीटर^3 प्रतिटन निकासित अवजल मुक्त करती हैं। दीर्घ पेपर मिल 250-400 मीटर^3 तक जल का उपयोग करती है व इस प्रकार जल स्रोत के एक बड़े भाग को प्रदूषित करती है (सुब्रह्मनयम, 1990)। ये एक विश्वसनीय तथा पर्यावरणीय मित्र निकासित अवजल शोधन विधि की मांग करते है, जिससे कि पेपर बनाने में स्वच्छ जल की जरूरतो को कम किया जा सके।

मृदा शोधन (लाइसीमीटर विधि) एक पर्यावरणीय मित्र, प्राकृतिक, सस्ती एवं आसानी से स्वीकार्य विधि है, यह आर्थिक रूप से औद्योगिक ईकाइयो के लिये व्यवहार्य भी है। वर्तमान शोध में विभिन्न प्रकार के मृदा विन्यासो तथा मृदा स्तम्भ ऊंचाईयो का निकासित अवजल शोधन पर प्रभाव अध्ययन किया गया है। लाइसीमीटर मृदा पर होने वाले विभिन्न परिवर्तनो को भी मापित किया गया हैं

2. सामग्री एवं विधियां :

2.1 पेपर मिल स्थिति :

इस अध्ययन में सैन्चुरी पल्प एण्ड पेपर मिल लि0 घनश्यामधाम, लालकुंआ (उत्तरांचल), जो कि पन्तनगर से 8 किलोमीटर उत्तरपूर्व की ओर स्थित है का अवजल प्रयोग में लाया गया। निकासित अवजल एक कच्चे नाले से लगभग 15 किलोमीटर तक बहता है, जिसमें कि यह गोला नदी में शामिल होने से पहले बिंदु खत्ता, जवाहर नगर, शांतिपुरी, एवं किच्छा से होकर गुजरता है।

2.2 पेपर मिल निकासित अवजल प्रतिचयन :

पेपर मिल निकासित अवजल के नमूनो को विभिन्न स्थानो से बेतरतीब तरीके से स्वच्छ प्लास्टिक के डिब्बो में संग्रहित किया गया। बाद में उन्हे संयोजित कर लिया गया। नमूने लेने के तुरन्त बाद उन्हें प्रयोगशाला में जाकर रेफ्रीजीरेटर में 4^0 सेल्शियस पर रख दिया गया जब तक कि उनको आगे प्रयोग के लिये ना उपयोग किया जाये।

2.3 लाइसीमीटर विन्यास :

लाइसीमीटर इस्पात चादर की 0.9 मीटर लम्बाई x 0.9 मीटर चौड़ाई x 1.3 मीटर ऊँचाई का और ऊपर से खुला होता है। इसके नीचे तली में एक 5 सेमी0 चौड़ा एक छिद्र होता है, जो कि आवश्यकता से अधिक पानी को बाहर निकालने में मद्द करता है। इसमें 8 सेमी. चौड़ा एक पाईप पीजीयोमीटर लगा रहता है, जो कि आन्तरिक रूप से 1.3 मीटर तक होता है, इसका आधार 30 सेमी0 तक छिद्रित होता है। अब इस लाइसीमीटर को इच्छित मृदा स्तम्भ ऊंचाई तक एवं इच्छित विन्यास वाली मृदा से भर दिया जाता है।

2.4 प्रयोगात्मक डिजाइन :

प्रयोग शुरू करने से पहले पल्प एण्ड पेपर मिल के निकासित अवजल के विभिन्न प्राकृत रासायनिक लक्षणों का विश्लेषण विभिन्न मानक विधियों द्वारा किया गया। मृदा विन्यास का प्रभाव अध्ययन करने के लिये चार प्रकार के मृदा विन्यास लिये गये, जो कि ST_1, (सामान्य मृदा), ST_2 (मृदा : बालू-75:25), ST_3 (मृदा : बालू-50:50) एवं ST_4 (मृदा : बालू-25:75) है। इसी प्रकार मृदा स्तम्भ ऊंचाई के प्रभाव को अध्ययन करने के लिये विभिन्न मृदा ऊंचाईयों (20, 40, 60 एवं 100 सेमी.) ली गई। मृदा के विभिन्न प्राकृत रासायनिक लक्षणो का भी विश्लेषण किया गया। विभिन्न मृदा विन्यासो तथा विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊंचाईयों का निकासित अवजल के विभिन्न प्राकृत रासायनिक लक्षणों पर प्रभाव अमेरिकन पब्लिक हैल्थ एसोशिएसन द्वारा दी गयी मानक विधियो (ए.पी.एच.ए. 1995) द्वारा अवकलित किया गया। लाइसीमीटर मृदा पर होने वाले विभिन्न परिवर्तनो को टंडन (1993) द्वारा उल्लेखित विधियों के द्वारा अवकलित किया गया।

3. परिणाम एवं विवेचन :

विभिन्न मृदा विन्यासों द्वारा कागज मिल निकासित अवजल लक्षणों पर होने वाले प्रभाव को तालिका 1 में दिखाया गया है। तालिका 2 कागज मिल निकासित अवजल का, 100 दिन के मृदा शोधन द्वारा, विभिन्न मृदा विन्यास वाली मृदा के प्राकृत रासायनिक लक्षणों पर प्रभाव दिखाती है। विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊंचाईयो से कागज मिल निकासित अवजल के प्राकृत रासायनिक लक्षणों पर होने वाले प्रभाव से सम्बन्धित आकड़ो को तालिका 3 से क्रमबद्ध किया गया है, जबकि तालिका 4, कागज मिल निकासित अवजल का, 100 दिनो के मृदा शोधन द्वारा, विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊचाईयो वाली मृदा के प्राकृत रासायनिक लक्षणों पर प्रभाव दिखाती हैं।

3.1 विभिन्न मृदा विन्यास एवं पेपर मिल निकासित अवजल :

सामान्य मृदा (ST_1) द्वारा पेपर मिल निकासित अवजल के विभिन्न प्राकृत रासायनिक लक्षणो में कमी ST_2, ST_3 एवं ST_4 की तुलना में, अवजल की सभी सांद्रता; 25, 50, 75 व 100 प्रतिशत दर ज्यादा थी (तालिका 1)। सामान्यतया पी.एच. में कोई महत्वपूर्ण परिवर्तन नहीं नोट किया गया। सामान्यतया मृदा द्वारा दूसरे मृदा विन्यासो वाली मृदा से ज्यादा अवजल शोधन क्षमता का होना

तालिका 1 : विभिन्न मृदा विन्यासों द्वारा कागज मिल निकासित अवजल के प्राकृत रासायनिक लक्षणों ($\pm$ SE) पर प्रभाव (100 दिन का शोधन समय)

अवजल पैरामीटर्स	निकासित अवजल सांद्रता															
	अशोधित अवजल	25%				50%				75%				100%			
		ST_1	ST_2	ST_3	ST_4	ST_1	ST_2	ST_3	ST_4	ST_1	ST_2	ST_3	ST_4	ST_1	ST_2	ST_3	ST_4
पी.एच.	7.9	7.5	7.6	7.7	7.8	7.6	7.7	7.7	7.8	7.7	7.7	7.8	7.9	7.6	7.8	7.8	7.9
		±0.2	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0
वैद्युत चालकता[1]	1111	731.1	860	880	893	740	850	851	861	1001	1023	1111	1192	950	1110	1163	1253
		±10.1	±0.09	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±10.0	±10.1	±10.7	±10.8	±9.1	±10.2	±10.1	±10.1	±10.5
रंजक इकाई[2]	992.7	140.3	293.1	315.7	444	248.3	294.1	296.1	299.1	246.3	250.1	361.1	456.3	234.5	310.5	362.1	362.1
		±31.1	±4.5	±4.7	±7.3	±8.9	±5.7	±11.2	±11.3	±10.3	±20.1	±21.1	±21.2	±21.0	±6.9	±11.2	±11.4	±11.9
जैवरासायनिक[3] ऑक्सीजन मांग	382.5	332.1	253.1	280.3	312.1	271.5	292.2	294.1	296	372.2	383.3	399.1	403.1	360.1	362.1	362.1	415.1
	±7.0	±6.9	±7.0	±9.1	±9.3	±9.1	±10.1	±11.1	±10.1	±12.1	±12.9	±13.1	±13.3	±7.3	±9.1	±9.3	±9.5
रासायनिक[3] ऑक्सीजन मांग	1012	7.11.1	777.1	793	812	1449.1	1450.1	1450.1	1453	1142.1	1167.9	1201	1212	950.1	1119	1153.1	1212
	±36.2	±20.1	±22.1	±24.3	±25.7	±41.7	±41.7	±41.3	±42.0	±32.7	±32.9	±33.1	±33.4	±17.1	±26.8	±26.7	±24.3
कुल ठोसीय पदार्थ[4]	910	173.7	195.6	231.1	331.3	872	874	879	879	634.1	653.3	699.9	712	824.4	877.7	881.1	843.1
	±27.1	±7.0	±7.2	±9.3	±14.5	±38.1	±38.4	±38.9	±40	±18.1	±19.1	±19.9	±20.1	±8.6	±11.1	±11.9	±11.9
कुल घुलित ठोसीय पदार्थ	582.1	173.1	177.7	180.3	183.1	70.1	71.3	73.4	73.4	192.1	199.2	231.1	254	219.9	239.5	253.1	259.9
	±21.7	±9.1	±9.3	±10.1	±10.4	±1.7	±1.8	±1.9	±1.9	±9.1	±9.7	±9.9	±9.9	±4.1	±5.0	±5.1	±5.3
फास्फोरस[3]	18.1	15.7	15.8	16.1	16.5	15.3	15.4	15.6	15.9	8.3	8.5	8.6	8.8	9.5	10.2	10.5	10.9
	±0.7	±0.2	±0.2	±0.3	±0.4	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.4	±0.5	±0.5	±0.3	±0.5	±0.5	±0.6
पोटेशियम[3]	20.1	12.1	15.5	16.1	17.1	16.1	19.1	19.9	20.1	22.2	26.1	27.9	28.1	18.1	21.9	23.1	25.2
	±0.6	±0.5	±0.7	±0.8	±0.9	±0.7	±0.9	±0.9	±1.0	±0.7	±0.7	±0.7	±0.8	±0.6	±0.9	±0.9	±1.0
सोडियम[3]	72.1	90.3	101.3	112.1	134.1	123.1	133.0	143.2	151.2	134.1	141.3	151.1	159.1	146.8	151.1	163.1	168.3
	±5.1	±6.1	±3.1	±3.5	±3.7	±8.9	±9.7	±9.9	±10.1	±5.7	±5.9	±6.0	±6.1	±4.7	±4.8	±4.9	±3.5
कैल्शियम	50.1	34.9	39.5	40.1	45.1	34.9	39.5	41.1	49.9	47.1	58.1	61.1	71.1	40.1	45.1	47.1	49.3
	±1.3	±1.6	±0.8	±0.9	±1.8	±1.6	±0.8	±0.8	±0.9	±2.2	±3.0	±2.9	±2.3	±2.1	±2.5	±2.6	±2.7
मैग्नीशियम[3]	21.1	8.1	8.8	9.1	10.1	12.1	13.9	14.1	15.2	14.8	15.1	15.3	15.57	14.2	14.8	15.1	16.9
	±1.8	±0.7	±0.8	±0.9	±1.0	±0.7	±0.6	±0.6	±0.7	±0.2	±1.7	±1.8	±1.9	±0.4	±0.5	±0.5	±0.6
लिग्निन[3]	1312.1	126.7	137.4	138	153.1	154.1	159.1	167.1	171.1	544.1	593.3	611.1	635.1	167.5	309.3	331.1	353.1
	±41.1	±2.1	±6.3	±6.8	±6.9	±5.3	±6.1	±6.3	±6.7	±18.1	±18.7	±19.1	±19.3	±4.1	±7.8	±7.9	±7.9
एस.ए.आर.[3]	19.66	18.4	18.38	19.11	19.71	10.47	9.96	10.37	9.29	8.66	7.55	7.82	7.24	9.21	9.10	9.71	8.22
	±1.1	±1.0	±1.0	±1.1	±1.1	±1.4	±1.1	±1.3	±1.1	±0.8	±0.7	±0.7	±0.7	±1.1	±1.1	±1.1	±1.0
आर्गेनिक कार्बन[4]	0.91	0.53	0.58	0.60	0.63	0.61	0.67	0.71	0.78	0.49	0.51	0.55	0.61	0.67	0.70	0.71	0.73
	±0.01	±0.03	±0.04	±0.02	±0.02	±0.02	±0.02	±0.3	±0.04	±0.01	±0.02	±0.02	±0.03	±0.03	±0.04	±0.05	±0.05

ST_1 = साधारण मृदा; ST_2 = मृदा : बालू (75 : 25); ST_3 = मृदा : बालू (50 : 50); ST_4 = मृदा : बालू (25 : 75)
[1]माइक्रो साइमन्स/सेमी; [2]हेजन; [3]मिग्रा/लीटर; [4]प्रतिशत

तालिका 2 : कागज मिल द्वारा निकासित अवजल का विभिन्न मृदा विन्यास वाली मृदा के प्राकृत रासायनिक लक्षणों में 100 दिन के शोधन द्वारा प्रभाव (प्रतिशत वृद्धि)

पैरामीटर्स	ST_1				ST_2				ST_3				ST_4			
	25%E	50%E	75%E	100%E	25%E	50%E	75%E	100%E	25%E	50%E	75%E	100%E	25%E	50%E	75%E	100%E
पी.एच.	1.44	1.44	4.34	2.89	0.14	2.81	2.32	2.95	1.4	1.4	5.63	9.85	1.49	5.97	4.22	2.81
सी.ई.सी.	8.23	10.09	17.43	11.92	0.86	2.28	2.0	2.82	0.4	11	14	22	0.08	0.57	0.99	0.41
आर्गेनिक कार्बन	2.1	2.1	4.21	4.21	1.63	1.63	3.27	3.27	2.1	4.21	4.21	3.15	1.31	3.94	5.26	2.63
नाईट्रोजन	0.69	1.16	2.32	4.17	0.9	1.81	2.26	3.62	0.67	1.35	2.03	1.58	0.69	0.39	1.85	1.39
फास्फोरस	2.84	4.98	6.4	8.18	1.01	2.03	3.04	5.58	0.7	1.77	2.83	2.84	2.59	3.33	4.44	3.7
पोटेशियम	4.88	5.76	6.6	9.42	2.92	4.92	4.92	7.42	0.11	3.76	4.49	10.23	0.44	1.16	2.55	4.21
सोडियम	0.67	5.36	6.04	6.04	1.5	3.20	5.21	6.76	1.34	6.04	6.73	5.36	1.31	1.97	3.94	5.92
कैल्शियम	1.41	0.41	0.64	6.59	0.12	3.84	4.66	4.22	0.17	5.78	6.25	6.95	0.29	5.67	6.91	14.06
मैग्नेशियम	0.96	5.79	6.28	8.21	0.5	5.55	1.06	0.06	1.45	8.73	9.7	10.67	0.96	11.16	16.5	21.35
एस.ए.आर.	32.25	61.12	80.16	61.12	66.66	45.45	6.81	6.8	21.21	51.51	60.6	63.63.	8.16	10.2	20.4	26.53

इस बात को स्पष्ट करता है कि मृदा विन्यास मृदा के भौतिक गुणो को प्रभावित करता है जैसे: मृदा संरचना, बल्क घनत्व, एवं पोर स्पेस आदि; रासायनिक गुणों को प्रभावित करता है जैसे परिशोषण, रासायनिक अवशेषण एवं जटिल निर्माण; तथा जैविक गुणों को भी प्रभावित करता है, जैसे जल धारण क्षमता, संपीड्यता, पोषकतत्व उपलब्धता, कीलेट निर्माण, सूक्ष्मजीवाणु क्रिया इत्यादि (रेड्डी एवं रेड्डी, 1999)। बालू की मात्रा को मृदा में बढाने पर परकोलेशन दर बढ़ जाती है क्योंकि

तालिका 3 : विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊंचाईयों का कागज मिल निकासित अवजल के प्राकृत रासायनिक लक्षणों ($\pm$SE) पर प्रभाव (100 दिन का शोधन समय)

अवजल पैरामीटर्स	निकासित अवजल सांद्रता															
	अशोधित अवजल	25%				50%				75%				100%			
		CH_1	CH_2	CH_3	CH_4	CH_1	CH_2	CH_3	CH_4	CH_1	CH_2	CH_3	CH_4	CH_1	CH_2	CH_3	CH_4
पी.एच.	918.1	401.1	355.5	300.5	143.3	412.1	366.1	301.1	149.9	648	632.1	627.7	595.5	9.28	728.5	526.1	263.5
	±30.1	±12.7	±11.1	±11.1	±4.6	±13.1	±11.9	±11.0	±4.8	±23.1	±22.0	±14.3	±6.3	±24.1	±16.5	±14.6	±16.4
वैद्युत चालकता[1]	8.1	7.5	7.8	7.7	7.6	7.9	7.7	7.6	7.5	7.7	7.7	7.6	7.5	7.8	7.8	7.7	7.6
	±0.2	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0
रंजक इकाई[2]	1149	1020	910	82	720	1022	909	810	720	1094	1011	960	844	1093	1012	970	840
	±10.7	±9.1	±8.1	±6.3	±5.7	±10.3	±9.7	±7.8	±7.6	±10.1	±9.2	±8.6	±4.6	±9.4	±9.2	±8.2	±7.6
जैवरासायनिक[3] ऑक्सीजन मांग	399.1	249.2	229.2	205.6	151.5	251.1	231.2	201.1	155.5	488.1	338.1	373.1	342.0	407.1	402.1	378.1	362.2
	±7.7	±5.1	±5.4	±5.2	±3.5	±9.8	±9.5	±8.6	±6.3	±10.1	±9.6	±9.4	±9.5	*±10.2	±9.7	±10.1	±9.7
रासायनिक[3] ऑक्सीजन मांग	1090	868.6	848.6	825.1	662.3	878.1	833.9	808	616.9	1431.2	1122.1	1053.1	1009.5	133.1	1123.5	1061.7	1006.3
	±40.1	±31.1	±30.1	±26.5	±21.7	±31.0	±30.1	±26.5	±21.1	±34.1	±33.1	±30.1	±28.1	±34.1	±34	±23.0	±22.1
कुल ठोसीय पदार्थ[3]	970.1	569.9	378	318.4	178.2	567.7	379.1	308.4	173.2	890.1	703.1	512.1	399	820.7	701.3	522.3	309.2
	±30.1	±8.6	±6.1	±6.0	±4.5	±23.0	±16.0	±11.1	±4.3	±26.1	±12.7	±16.1	±11.0	±26.1	±17.1	±16.4	±11.5
कुल घुलित[3] ठोसीय पदार्थ	775.7	499.1	412.1	313.3	212.2	473.1	444.4	339.1	202.2	338.8	314.1	304.7	295.6	203.8	194.7	185.6	97.6
	±27.1	±10.1	±14.6	±5.6	±9.6	±10.1	±14.9	±5.3	±10.0	±4.7	±4.1	±4.1	±3.9	±8.1	±9.6	±10.2	±2.7
फास्फोरस[3]	9.2	6.7	6.3	5.8	4.1	6.9	6.3	5.8	4.1	11.2	9.6	9.2	9.0	9.6	9.2	9.0	8.1
	±0.5	±0.4	±0.3	±0.2	±0.1	±0.3	±0.3	±0.2	±0.8	±0.7	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.5	±0.5	±0.4
पोटैशियम[3]	19.6	18.2	16.1	15.1	10.4	18.2	16.9	15.3	10.1	18.3.1	18.2	17.3	15.1	16.4	16.3	15.4	15.1
	±0.7	±1.0	±0.6	±0.9	±0.5	±1.0	±0.7	±0.8	±0.5	±0.9	±0.4	±0.2	±0.4	±0.9	±0.8	±0.7	±0.8
सोडियम[3]	155.1	128.7	106.8	96.8	76.8	128.1	106.8	96.8	75.9	164.2	156.1	142.1	137.1	174.3	166.1	152.8	108.6
	±4.3	±3.1	±2.4	±2.9	±6.1	±3.2	±2.4	±2.9	±6.2	±4.1	±3.1	±4.1	±3.1	±3.9	±3.1	±4.2	±3.2
कैल्शियम	49.9	43.5	42.9	41.2	35.9	45.1	41.1	39.3	30.1	75.9	73.1	70.1	68.1	74.5	70.8	64.5	43.4
	±1.2	±1.3	±1.2	±1.1	±0.9	±1.2	±1.1	±1.0	±0.9	±1.9	±1.7	±1.7	±1.3	±2.5	±2.1	±1.8	±1.2
मैग्नीशियम[3]	12.5	10.1	9.5	9.0	8.6	10.9	9.5	9.0	8.5	11.1	10.1	8.1	6.1	16.2	14.1	15.0	14.5
	±0.3	±0.3	±0.5	±0.4	±0.7	±0.3	±0.5	±0.4	±0.6	±0.3	±0.5	±0.4	±0.3	±0.4	±0.2	±0.5	±0.5
लिग्निन[3]	1342.7	420.1	361.1	281.5	192.6	440.1	351.1	289.1	179.1	1112.1	1013.1	813.1	772.1	1456.5	1146.3	1031.1	1127.1
	±41.1	±19.0	±14.6	±7.1	±2.3	±19.1	±14.8	±7.3	±2.4	±30.1	±19.1	±20.1	±20.1	±17.6	±6.7	±15.2	±14.1
एस.ए.आर.[1]	9.94	9.60	8.15	7.64	6.90	9.15	8.44	8.21	8.96	7.59	7.50	8.15	7.39	7.68	7.82	7.68	7.50
	±1.3	±1.1	±1.0	±0.7	±0.6	±1.2	±1.0	±1.0	±0.9	±0.6	±0.7	±0.8	±0.6	±0.7	±0.8	±0.8	±0.9
आर्गेनिक कार्बन[4]	0.67	0.61	0.58	0.57	0.54	0.65	0.58	0.56	0.51	0.69	0.65	0.61	0.53	0.72	0.71	0.70	0.67
	±0.04	±0.04	±0.03	±0.02	±0.03	±0.04	±0.03	±0.03	±0.03	±0.03	±0.03	±0.03	±0.2	±0.03	±0.03	±0.04	±0.03

CH_1 = 20 सेमी; CH_2 = 40 सेमी; CH_3 = 60 सेमी; CH_4 = 100 सेमी
[1]मात्रक माइक्रोसाइमन्स/सेमी; [2]डेजन; [3]मिग्रा/लीटर; [4]प्रतिशत

तालिका 4 : कागज मिल निकासित अवजल का विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊंचाईयों पर मृदा के प्राकृत रासायनिक लक्षणों में 100 दिन के शोधन द्वारा प्रभाव

पैरामीटर्स	CH_1				CH_2				CH_3				CH_4			
	25%E	50%E	75%E	100%E	25%E	50%E	75%E	100%E	25%E	50%E	75%E	100%E	25%E	50%E	75%E	100%E
पी.एच.	6.15	6.15	6.15	9.23	4.47	5.97	17.91	10.44	1.47	1.47	2.49	7.35	1.47	1.47	2.94	5.88
सी.ई.सी.	2.58	2.58	3.44	11.2	1.7	1.7	10.25	13.67	1.98	2.97	5.94	7.92	4.58	5.5	6.42	8.25
आर्गेनिक कार्बन	2.06	1.03	2.06	5.15	1.02	2.04	2.04	2.04	1.04	2.08	3.12	3.12	2.08	2.08	3.12	3.12
नाईट्रोजन	0.9	0.22	0.22	0	0.45	0.68	0.9	1.13	0.93	1.79	2.21	3.59	0.67	1.18	2.3	4.18
फास्फोरस	0.71	1.78	2.14	1.78	0.7	1.78	2.14	1.4	1.03	2.02	3.01	5.56	2.81	4.95	6.41	8.19
पोटैशियम	0.82	3.19	3.36	4.41	0.11	2.54	3.75	4.41	2.9	4.91	4.9	7.4	2.37	5.99	4.43	9.43
सोडियम	1.36	3.4	4.76	5.44	1.36	2.72	3.4	4.76	1.49	3.01	5.29	6.73	0.65	5.31	6.01	6.05
कैल्शियम	0.11	0.05	0.11	0.23	0.11	0.11	0.17	0.64	0.13	3.83	4.64	0.81	1.42	0.41	0.62	6.67
मैग्नीशियम	1.98	2.97	3.46	3.46	1.44	0.96	1.92	2.88	0.52	5.22	1.08	1.1	0.94	5.77	6.27	8.2
एस.ए.आर.	13.33	20	15.15	36.66	13.33	16.66	13.33	30	16.16	14.47	14.12	6.72	12.11	18.12	11.11	11.13

पोर आकार बढ़ जाता है, जिससे कि शीघ्र अवजल अपक्षालन होता हैं इस प्रकार के प्रेक्षणों को अवनीम्लेह एवं रैवेह (1976) ने भी प्राप्त किया हैं।

तालिका 2 में प्रदर्शित आकड़ो से पता चलता है कि औसतन मृदा के विभिन्न प्राकृत रासायनिक लक्षणों में सबसे ज्यादा वृद्धि सामान्य मृदा की 100 प्रतिशत अवजल शोधन पर थी। मृदा के बढ़े हुये आर्गेनिक कार्बन, नाइट्रोजन, पोटैशियम, फास्फोरस, सोडियम, कैल्शियम व मैग्नीशियम को अवजल शोधन के दौरान मृदा के पोषकतत्व बढ़ने से सम्बन्धित माना गया है। इसी प्रकार के प्रेक्षण आचारी एवं अन्य (1999) तथा अग्रवाल एवं अन्य (1995) ने भी प्राप्त किये है।

3.2 विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊचाई एवं पेपर मिल निकासित अवजल :

विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊंचाई की मृदा द्वारा शोधन पर पेपर मिल निकासित अवजल के अधिकांश पैरामीटर्स में सबसे ज्यादा कमी 100 सेमी मृदा स्तम्भ ऊचाई पर प्रेक्षित की गयी। जबकि सबसे कम कमी 20 सेमी मृदा स्तम्भ ऊचाई पर देखी गयी। जैसा कि पहले मृदा विन्यास के साथ देखा गया, मृदा स्तम्भ ऊचाई के प्रभाव में भी पी.एच.में कोई महत्वपूर्ण अन्तर नही नोट किया गया। विभिन्न मृदा स्तम्भ ऊचाईयो वाली मृदा द्वारा पेपर मिल निकासित अवजल का शोधन करने पर यह भी प्रेक्षित किया गया कि विभिन्न मृदा प्राकृत रासायनिक लक्षण जैसे पी. एच., कैटायन एक्सचेन्ज कैपेसीटी (सी.इ.सी.), आर्गेनिक कार्बन, नाइट्रोजन, फास्फोरस, सोडियम, पोटैशियम, कैल्शियम व एस.ए.आर. पेपर मिल निकासित अवजल को मृदा स्तम्भ से पास होने पर बढ़ जाते है। तथा इनमें वृद्धि सबसे ज्यादा 100 समी मृदा स्तम्भ ऊंचाई वाली मृदा में देखी गयी।

मृदा स्तम्भ की ऊचाई बढ़ने से पेपर मिल निकासित अवजल के मृदा सम्पर्क का समय बढ़ जाता है तथा परिणाम स्वरूप ज्यादा शोधन होता है। सभी प्रकार के मृदा गुण जैसे भौतिक, रासायनिक व जैविक गुण (जैसे कि ऊपर वर्णित है) मृदा के बढ़ने से आपेक्षिक रूप से ज्यादा प्रतीत होते है।

4. उल्लेख :

इस शोध कार्य में जी.बी.पन्त यूनिवर्सिटी आफ एग्रीकल्चर एंड टेक्नोलॉजी, पन्तनगर द्वारा प्रदत्त शोध सुविधाये तथा आइ.सी.ए.आर., इंडिया द्वारा प्रथम शोधकर्ता की सीनीयर रिसर्च फैलोशिप एवार्ड उल्लेखित है।

5. संदर्भ :

(1) मार्टिन, पी. 1998. रीवर पौल्यूशन इन इंडिया : एन ऑवरवीयू इनः कारी, आइ.के. (एड.) एम्पलोयमेन्ट न्यूज 22(52):1-2

(2) पान्डेय, जी.एन, 2001, एन्वायरमेन्टल मैनेजमेन्ट, न्यू देहली, इंडिया, विकास पब्लिशिंग हाउस प्रा.लि., 278-320

(3) सुब्रह्मनयम पी.वी.आर. 1990 वेस्ट मैनेजमेन्ट इन पल्प एंड पेपर इन्डस्ट्री, जनरल ऑफ इंडियन एसोशिएसन फार एन्वायरमेन्टल मैनेजमेन्ट, 17:79

(4) ए.पी.एच.ए. 1995 स्टैण्डर्ड मैथडस् फार एक्सामीनेशन आफ वाटर एण्ड वेस्ट वाटर, 19वां एडीशन, वाशिंगटन, डी.सी0यू0एस0ए0 अमेरीकन पब्लिक हेल्थ एसोशिएसन, अमेरिकन वाटर वर्क्स एसोशिएसन, वाटर पोल्यूशन कन्ट्रोल फैडरेशन

(5) टंडन, एच.एल.एस. 1993, मैथडस् आफ एनालिसिस आफ सोयलस् , प्लान्टस्, वाटरस् एण्ड फर्टिलाइजरस् (फर्टिलाइजर डेवलैपमेन्ट एण्ड कन्सलटेशन ऑर्गेनाईजशन, न्यू देहली), 143

(6) रेड्डी, टी.वाई. एवं रेड्डी, जी.एच.एस. 1999, प्रिसिंपलस् आफ एग्रानामी, कल्याणी पब्लिशर्स, न्यू देहली

(7) अवनीम्लेह, वाई. एवं रैवेह, जे. 1976 नाइट्रेट लीकेज फ्राम सोयल डीफरेन्ट इन टैक्सचर एंड नाइट्रोजन लोड जरनल आफ एनवायरन्मेन्टल क्वालिटि 5:79

(8) आचारी, एम.एस., दक्षिणामूर्ती, एम. एवं अरूणाचलम, जी0 1999 स्टडीज् आन द इन्फल्यूंएस आफ पेपर मिल एफ्ल्यूएन्टस् आन द इल्ड अवेलेब्लिटी एण्ड अपटेक आफ न्यूट्रीमेन्टस् इन राइस, जरनल आफ इन्डियन सोसाइटी आफ सोयल सांइस, 47:276

(9) अग्रवाल. एस.आर., चतुर्वेदी, सी., एवं चतुर्वेदी सी. 1995 इफेक्ट आफ इंडस्ट्रीयल एफ्ल्यूएन्टस् आफ ए पेपर एन्ड सुगर मिल आन द जरमीनेशन आफ वीट (ट्रीटीकम एसटीवम वार यू.पी. 262), जरनल आफ लिविंग वर्ल्ड 2:46