जलीय पर्यावरण पर पॉलिविनाइल क्लोराइड प्लास्टिक के प्रभाव

■ अनुपम सरकार
■ दीप्ति वशिष्ठ

पॉलिविनाइल क्लोराइड (PVC) आम तौर पर पीवीसी या सिर्फ विनाईल (vinyl) के रूप में जाना जाता है। वास्तव में मध्य 20 वीं सदी के बाद यह पीवीसी व्यापक रूप से दुनिया भर में प्रयोग किया गया है। पीवीसी बहुत मजबूत रासायनिक पदार्थ है। यह तेल और विभिन्न रसायनिक पदार्थ के साथ कोई प्रतिक्रिया नहीं करते हैं। यह धूप, मौसम और आग प्रतिरोधी है। यह हमारे आसपास हर जगह है। पीवीसी एक अविश्वसनीय बहुमुखी उपयोगी सामग्री है जो बोतलें, पैकेजिंग, खिलौने निर्माण के लिये, कपड़े, पाइपिंग, तार कोटिंग्स, नकली चमड़ा जैसे सामान के लिए विस्तृत रूप से प्रयोग किया जा रहा है। प्लास्टिक के वैश्विक उत्पादन और उपभोग में पीवीसी का तीसरा स्थान है। तथ्य के अनुसार प्रति वर्ष 33 मिलियन टन से भी अधिक पीवीसी का उत्पादन किया जा रहा है और यह आंकड़ा सालाना बढ़ता जा रहा है। पीवीसी के द्रव्यमान में लगभग 57% क्लोरीन है, अतः इसमें अन्य किसी पॉलिमर से कम पेट्रोलियम की आवश्यकता है।

गलती से पीवीसी पहले सन् 1835 में हेनरी विक्टर रेगनल्ट और बाद में सन् 1872 में यूजन बाउमैन ने इसका आविष्कार किया। इन दोनों अवसरों पर बहुलक विनाइल क्लोराइड एक सफेद ठोस के रूप में बोतल के अंदर प्रकट हुआ जो कि धूप के संपर्क में छोड़ दिया गया था। बीसवीं सदी में रूसी रसायनज्ञ इवान ओस्ट्रोमिसलेंस्की और जर्मन रसायन कंपनी ग्रेशम इलेक्ट्रान के फ्रिट्ज क्लेट नें वाणिज्यिक उत्पादों के लिये पीवीसी का उपयोग करने का प्रयास किया, लेकिन इन कठिन सामग्री या कभी–कभी भंगुर बहुलक प्रसंस्करण ने उनके प्रयासों को अवरुद्ध करने में कठिनाइयों का सामना किया था।

वाल्डो सेमन और बी. एफ. गुडरीक कंपनी ने सन् 1926 में विभिन्न एडीटिव्स के साथ सम्मिश्रण द्वारा पीवीसी को प्लास्टिक के रुप में रूपांतरण करने के लिये एक विधि विकसित की। परिणामस्वरूप एक और अधिक लचीला और अधिक आसानी से संसाधित पदार्थ मिला जिसने जल्दी ही बड़े पैमाने पर व्यावसायिक उपयोगिता हासिल कर ली थी(चित्र–1)।

चित्र 1. पीवीसी से बने एस्कलेटर।

पीवीसी के साथ समस्या क्या है ?

सबसे पहले यह स्पष्ट कर दिया जाना चाहिए कि तेल और क्लोरीन को पर्यावरण अनुकूल नहीं कहा जा सकता है क्योंकि इसका निष्कर्षण और शोधन और उत्पादों की अपनी पद्धति अनुकूल नहीं है । हमारी आधुनिक जीवनशैली तेल पर इतनी ज्यादा निर्भर है कि अगर इसका उत्पादन अचानक बंद हो जाता है तो यह न सिर्फ परिवहन के लिए घातक होगा बल्कि– यह हमारे जीवन के हर पहलू को प्रभावित करेगा। हमे वास्तव में अपनी जीवन शैली से जीवाश्म ईंधन की निकासी करने से पहले हमको हमारी जीवाश्म ईंधन की लत को रोकने की जरूरत है।

पीवीसी का स्थायित्व भी हमारे पर्यावरण के दृष्किोण से अनुकूल नहीं है । यह जैव क्षय (non-bio-degradable) नहीं है। पीवीसी से बने आइटम कई दशकों तक अपना अस्तित्व बनाए रख सकते हैं । और यह टूटने पर बस दानेदार हो जाता हैं । पशु इनके टुकड़ों को निगलने से यह उनके पाचन तंत्र को ब्लॉक कर सकता हैं ।

चित्र 2. पीवीसी से बने पाइप ।

ग्रीनपीस पीवीसी उत्पादन की समाप्ति के लिए एक बहुत बड़ा धक्का है क्योंकि पीवीसी के निर्माण प्रक्रिया जलाए जाने से डाइओक्सिन जैसे बिषाक्त पदार्थ उत्पन्न हो जाता है। चित्र–2 मे दिखाया गया है कि कैसे पीवीसी से बनें पाइप आमतौर पर उपयोग में लाए जाते हैं । डाइओक्सिन एक सबसे खतरणक मानव निर्मित जहर है और यह एक संचयी बिष है, जिसका अर्थ है कि यह एक लंबे समय के लिए शरीर में रहता है, मांसाहारी खाद्य श्रृंखला में यह उच्चतम स्तर पर जमा हो जाता है जिसमें हम भी शामिल हैं। थ्यालेट (phthalates) जैसे पदार्थ पिवीसी के साथ जुड़ रहे हैं इनको लचीला बनाने के लिए। पशुओं के अध्ययनों से पता चलता है कि इनमें से कुछ रसायनों के वजह से कैंसर हो सकता है और यह गुर्दे और प्रजनन प्रणाली के लिए भी नुकसान का कारण हो सकता है। परेशानी की बात यह है कि सॉफ्ट पीवीसी अक्सर छोटे बच्चों के लिए खिलौने बनाने में प्रयोग किया जाता है – और वे बस प्यार से उन्हें मुंह में डालते हैं । इस लिए थ्यालेट (phthalates) का मुद्दा अब इस तरह की एक चिंता का विषय है। अमेरिका पर्यावरण संरक्षण एजेंसी (एझ) ने हाल ही में एक कार्यों श्रृंखला की घोषणा की।

चित्र 3. पीवीसी से बने मेडिकल यंत्र

पीवीसी का पुनः प्रयोग चक्र

पीवीसी के लिए भी सीसा और कैडमियम जैसे भारी धातुओं की उपस्थिति मे रिसायकल करना मुश्किल है। वास्तव में यह माना जाता है कि अन्य रिसाइक्लिंग में यह एक संदूषक के रूप मे रहते है। वर्तमान में पीबीसी 1% के नीचे पुनः नविनीकरण योग्य हैं। चित्र–3 में दिखाये गये पीवीसी से बने कुछ प्लास्टिक के यंत्र जो चिकित्सा के क्षेत्र में लागू होते हैं।

पीवीसी से प्रदूषण के जीवनचक्र

क्लोरीन उत्पादन

➢ पीवीसी के उत्पादन में सबसे बड़ा घटक ऑर्गेनोक्लोरिन (organochlorines) है। ऑर्गेनोक्लोरिन मानव और पर्यावरण प्रदूषण के रूप मे जाना जाता है।

➢ पीवीसी के उत्पादन की प्रक्रिया में क्लोरीन के प्रयोग से डाइऑक्सिन जैसे विषाक्त पदार्थ उत्पन्न होता है। यह एक ज्ञात खतरनाक विषाक्त पदार्थ है।

➢ मछली और तलछट के साथ ओक्टाक्लोरोस्टाइरिन (octachlorostyrene) जैसे विषाक्त पदार्थ का लगातार संदूषण एक अत्यंत गंभीर समस्या है। यह एक अत्यंत स्थाई पदार्थ है।

➢ अकेले संयुक्त राज्य अमेरिका में विनाइल निर्माण के लिए 35,000 पाउंड से अधिक (लगभग 16 मीट्रिक टन) पारा प्रत्येक वर्ष वातावरण में रिलीज होता है।

➢ क्लोरीन मांग के आधार पर 40 प्रतिशत क्लोरीन, विनाइल उत्पादन में इस्तेमाल होता है। इसके लिए प्रति वर्ष लगभग 47 अरब किलोवाट घंटे की बिजली का उपभोग होता है।

चित्र 4. पीवीसी से बने खिलौने

पीवीसी उत्पादन और पॉलिमराईजेशन

चित्र–4 मे दिखाया गया पीवीसी से बनें कुछ सामग्री। इन सब सामग्री उत्पादन करने के लिए विभिन्न प्रक्रिया है जैसे पॉलिमराइजेशन ।

- ➢ पॉलिविनाइल क्लोराइड बनाने के लिए ईथिलीन डाइक्लोराइड और विनाइल क्लोराइड बनाया जाता है।
- ➢ अनुसंधानकर्ताओं का अनुमान है कि EDC और VCM का 100,0000 टन हवा में हर साल मिल रहा है ।
- ➢ VCM एक ज्ञात केंसरजनक है ।
- ➢ EDC एक संभावित केंसरजनक है ।

दोनों EDC और VCM जिगर के खतरे से जुड़े होते हैं। वृषण, और डीएनए की क्षति, स्नायविक विषाक्तता, और कमजोर प्रतिरक्षा प्रणाली के लिये भी ये जिम्मेदार हैं ।

- ➢ EDC और VCM की विनिर्माण द्वारा ऑर्गेनोक्लोरींस और PCBs उत्पाद के रूप में पैदा करता है। यह अनुमान है । प्रति वर्ष EDC निर्माण से 20000 पाउंड पीसीबी उत्पादन भी होता है
- ➢ PCBs दोनों प्रकार के केंसरजनक और विष हैं। यह मानव और पर्यावरण के स्वास्थ्य के लिए खतरे प्रस्तुत करते हैं । वे लंबी समय की अवधि के लिए पानी और मिट्टी में रह सकते हैं ।
- ➢ EDC / VCM विनिर्माण संयंत्रों के आसपास क्षेत्र में ऑर्गेनोक्लोरीन (organochlorines) जैसे विषाक्त पदार्थ का उच्च स्तर पाया गया है । एक उप उत्पाद के रूप में यह डाइऑक्सिन बनाता है ।
- ➢ EDC / VCM के निर्माण प्रकल्प के आसपास क्षेत्रों से नमूने लिए गए हैं जिससे पता चलता है कि उच्च स्तर के डाइओक्सिन मछली और पानी के धाराओं में मौजूद है ।

पुन:चक्रण और निपटान

- ➢ प्रयुक्त पीवीसी सामग्री का पुन:चक्रण करना बेहद मुश्किल है क्योंकि विनाइल (vinyl) उत्पाद पीवीसी और additives के मिश्रण हैं, और प्रत्येक विशिष्ट सूत्रीकरण इसके प्रयोग के लिए विशिष्ट रूप से अनुकूल है।
- ➢ पीवीसी को यदि मिट्टी के नीचे फेंक दिया जाता है तो यह प्रदूषण का विस्तार कर सकते हैं और विषाक्त पदार्थ मिट्टी के बाहर आ सकते हैं और यह सिलसिला जारी रहेगा।[11]

पीवीसी में मौजूद रसायनिक पदार्थों

पीवीसी में निम्न रसायनों का समावेश है – आर्सेनिक, ब्रोमीन, कैल्शियम, क्लोरीन, कॉपर, आयरन, सीसा, मैंगनीज, चाँदी, स्ट्रोंशियम, स्ट्रोंशियम, टिन, टाइटेनियम, जिंक ।

ग्रीनपीस ने कहा है कि पीवीसी के साथ मिश्रित पदार्थ प्लास्टिक के साथ बंधे हुए नहीं रहते हैं बल्कि पानी के साथ बाहर आ जाते हैं [11]। वास्तव में जब एक बार कार्बनिक रसायन का रिसाव हो जाता है तो पीवीसी (PVC) एवं पीई (PE) पाइपों के कारण संदूषण की संभावना बढ़ चुकी होती है । एक प्रयोगशाला अध्ययन में छोटे क्रस्टेसियंस जिन्हें पादप्लवक खिलाया गया था, को चाँदी, जस्ता, ताँबा और निकल के साथ पाला गया तो उनकी प्रजनन क्षमता पर प्रतिकूल प्रभाव देखा गया । अधिकतर भारी धातुएँ न्यून मात्रा में प्रभावशाली होती हैं अत: एवं आत्मसात की निम्न दर भी जैविक विशिष्टता या हानिकारक सांद्रता (मछली के लिये) के लिये काफी है ।[22] चित्र–5 मे पीवीसी से निर्मित चिकित्सा सामग्री दिखाई गई है ।

चित्र 5. पीवीसी से बना मेडिसिन का पेपर ।

आरसेनिक से दूषण

- यह देखा गया कि कई जलीय पौधे अत्यधिक उच्च दर पर आर्सेनिक संग्रह कर सकते हैं । यदि ये पौधे मनुष्य या जलीय जीवों के लिये खाद्य का स्रोत रहे हैं तो उनके स्वास्थ्य के लिए खतरा हो सकता है ।[1]
- फास्फोरस का स्तर कम होने पर, आर्सेनिक शैवाल के लिए बहुत विषाक्त होता है ।[2]
- जलीय पिस्सू (fleas) आर्सेनिक के प्रति अत्यंत संवेदनशील है ।[2]
- किशोर मम्मीचोग्स (mummichogs), मिन्नोव (minnows) जैसी छोटी मछली, जिनके माता पिता आर्सेनिक के संपर्क में रहे, उनकी पूंछ विकृत हो जाती है ।[3]
- शोधकर्ताओं ने देखा कि किशोर mummichogs जिनके माता पिता आर्सेनिक के संपर्क में रहे, उनकी 13 जींस (genes) में बदलाव हो गया । ये जीन भ्रूण के विकास के लिए महत्वपूर्ण हैं और ये संरचनात्मक विकृति के कारण हो सकते है।[3]
- बहुत कम मात्रा में भी आर्सेनिक, मछली की प्रतिरक्षा प्रणाली के लिए विषैला होता है ।[4] .
- आर्सेनिक तेजी से जलीय आवासों में जमा हाता हैं और खाद्य श्रृंखला मे आगे बढ़ते हुए अन्ततः मन्युष्य को प्रभावित कर सकता है ।[5]

- मछली के शरीर में आर्सेनिक का स्तर अत्यधिक पाया गया ।[5]
- अकार्बनिक आर्सेनिक इसके कार्बनिक रूप से अधिक विषैला होता है ।[5]
- मछली में पाये जानेवाले 200 से अधिक एंजाइम की सक्रियता आर्सेनिक रोकता है और उनकी क्रियाशीलता में हस्तक्षेप करता है ।[5]
- आर्सेनिक द्वारा मछली के जिगर एवं पित्ताशय में वेदना उत्पन्न होना ज्ञात हुआ है ।[5]
- आर्सेनिक विभिन्न तरीकों से मछली में प्रजनन क्रिया को नष्ट करता है, जैसे डिम्बग्रंथि कोशिका चक्र को बाधित करना, डिम्बग्रंथि कूप के विकास को रोकना, शुक्राणु जनन और वृषण की आकृति में परिवर्तन करना।[5]
- पक्षियों की प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को आर्सेनिक प्रभावित कर सकता है ।[5]

क्लोरीन से दूषण

- क्लोरीन के संपर्क में आने से छोटी मछली के अपेक्षा बड़ी मछली मृत्यु के प्रति अति संवेदनशील होती है ।[9]
- एक निश्चित स्तर पर, अवशिष्ट क्लोरीन पादप प्लवक के विकास को बाधित करती है ।[9]
- कई अध्ययनों से यह निष्कर्ष निकला है कि सालमोनॉयड्स (salmonoids) मछली की प्रजातियाँ अवशिष्ट क्लोरीन के प्रति सर्वाधिक संवेदनशील हैं।[9]
- विकास और प्रजनन पर घातक विषाक्त प्रभाव, अत्यन्त मारक जमाव की अपेक्षा निम्नतम जमाव पर घटित होते हैं ।[9]
- प्रयोगों में देखा गया कि सामन मछली क्लोरीन से दूषित समुद्री जल से बचती है ।[10]
- क्लोरीन से संपर्क में आने से सीपी (Mussels) की शारीरिक गतिविधियों में निष्पंदन दर और पाद संचालन में कमी पाई गई ।[9]
- कोहो सामन सहित मछलियों की कई प्रजातियाँ क्लोरीन से दूषित जल के सम्पर्क में आने से बचती हैं ।[20]

ताँबे से दूषण

- ताँबे की कम सांद्रता के संपर्क से कोहो सामन की घ्राण प्रणाली पर विपरीत प्रभाव पड़ता है ।[13]
- घ्राण प्रणाली प्रभावित होने से सामन को प्राकृतिक शिकारी से बचाव की प्रतिक्रिया खत्म हो जाती है ।[13]
- चिनूक सामन,रेनबो ट्राउट, ब्राउन ट्राउट, फैटहेड मिन्नाव और तिलापिया की घ्राण प्रणाली पर भी ताँबे के इसी प्रकार के प्रभाव देखे गए ।[13]
- ताँबे के संपर्क से मछली के शिशुओं के व्यवहार, जैसे की झुंड में रहना, धाराओं में स्थिति बनाये रखना और अन्य प्रकार के व्यवहार जो प्रवास और अस्तित्व के अभिन्न अंग हैं, पर प्रभाव पड़ता है ।[14]
- ताँबा काँटेदार डॉगफिश (Dogfish) में श्वसन तनाव पैदा करता है।[16]

- पानी के पिस्सू (fleas) को ताँबे से दूषित शैवाल का आहार खिलाने से उनके विकास और प्रजनन में कमी पाई जाती है।[17]

सीसा से दूषण

- स्टेबलाइजर्स युक्त पीवीसी पाइप के माध्यम से गुजर रहे पानी में सीसा का रिसाव हो जाता है।
- कई प्रकार के परीक्षण जीव सीसा की उच्च सांद्रता से युक्त पानी में विस्तारित समयावधि में भी जीवित रहने में सक्षम थे।[6]
- सीसा की उच्च सांद्रता से समुद्री मादा अर्चिन (urchins) के अस्तित्व और प्रजनन कोशिकाओं के उत्पादन पर प्रतिकूल प्रभाव पाया गया।[7]
- इसी प्रकार की सांद्रता समुद्री अर्चिन् (urchins) के जीवन के प्रारंभिक चरणों को विषाक्त करता है।[7]
- शोधकर्ताओं ने पाया कि सीसे के कुछ स्तरों पर सम्पर्क में आई मछली मरती तो नहीं है लेकिन उनके व्यवहार पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।
- सीसा मुक्त पानी में रखने पर भी मछली में ये प्रतिकूल प्रभाव देखे जाते हैं।[8]
- कचरा खाने वाले सीपी आदि सीसे का जैविक संग्रहण करते पाये जाते हैं।
- सीपी आदि के लिए सीसा की तीव्र और क्रोनिक विषाक्तता निर्धारित करने के लिए आगे की जाँच पड़ताल की जरूरत है,फिर भी उच्च स्तरों के साथ सीसा से ग्रस्त सीपी आदि खाना मानव स्वास्थ्य के लिए हानिकारक हो सकता है। अधिक जानकारी के लिए देखें - Health Effects of Lead।[21]

जस्ता से दूषण

- प्रयोगों में, जलीय पिस्सू (fleas) को जस्ते के लगातार संपर्क में रखा गया तो उनकी कैल्शियम ग्रहण करने की क्षमता में कमी हुई जिससे उनकी गतिशीलता एवं छानने की क्रिया में कमी हुई तथा अंत में खाद्य ग्रहण करना कम हो गया।[18]
- जब जस्ता के सम्पर्क से जलीय पिस्सू (fleas) को हटा दिया गया तो उनका कैल्शियम ग्रहण करना सामान्य हो गया।

संदर्भ

1. Robinson, Brett et al. Arsenic Hyperaccumulation by Aquatic Macrophytes in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. Environmental and Experimental Botany 58 (2006): 206-15.
2. Tisler, T., and J. Zagorc-Koncan. Acute and Chronic Toxicity of Arsenic to Some Aquatic Organisms. Bulletin of Environmetnal Contamination and Toxicology 69 (2002): 421-29.
3. Gonzalez, Horacio O et al. Physiological Changes and Differential Gene Expression in Mummichogs (Fundulus Heteroclitus) Exposed to Arsenic. Aquatic Toxicology 77 (2006): 43-52.

4. Datta, Soma et al.. Chronic Exposure to Low Concentration of Arsenic Is Immunotoxic to Fish: Role of Head Kidney Macrophages as Biomarkers of Arsenic Toxicity to Clarias Batrachus. Aquatic Toxicology 92 (2009): 86-94.

5. Lage, Christopher R. Arsenic Ecotoxicology and Innate Immunity. Integrative and Comparative Biology 46.6 (2006): 1040-054.

6. Warnick, Stephen L., and Henry L. Bell. The Acute Toxicity of Some Heavy Metals to Different Species of Aquatic Insects. Journal (Water Pollution Control Federation) 41.2 (1969): 280-84.

7. Nacci, Diane et al. Biological Responses of the Sea Urchin, Arbacia Punctulata, to Lead Contamination for an Estuarine Ecological Risk ssessment. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery 7 (2000): 187-99.

8. Weber, Daniel N. Iterations in Neurobehavioral Responses in Fishes Exposed to Lead and Lead-Chelating gents. American Zoologist 37.4 (1997): 354-62.

9. Brungs, William . Effects of Residual Chlorine on Aquatic Life. Journal (Water Pollution Control Federation) 45.10 (1973): 2180-193.

10. Plafkin, James L. Acute Toxicity and Behavioral Responses of Coho Salmon (Oncorhynchus Kisutch) and Shiner Perch (Cymatogaster ggregata) to Chlorine in Heated Sea-Water. Journal (Water Pollution Control Federation) 49.1 (1977): 35-44.

11. Building the Future. PVC lternatives Database. Greenpeace. Web. 23 Jan. 2011. http://archive.greenpeace.org/toxics/pvcdatabase/bad.html.

12. Permeation Leaching: Background Information on Distribution System Areas of Concern. Safedrinkingwater.org, Nov. 2002. Web. 23 Jan. 2011.

    http://safedrinkingwater.com/community/usepaš111402/permeationšleaching.pdf.

13. Sandahl, Jason F et. al. Sensory System at the Interface between Urban Stormwater Runoff and Salmon Survival. Environmental Science and Technology 41.8 (2007): 2998-3004.

14. Tiffany L Linbo et al. Dissolved Copper Triggers Cell Death In the Peripheral Mechanosensory System of Larval Fish. Environmental Toxicology and Chemistry 25.2 (2006): 597-603.

15. Gretchen K. Bielmyer et al. Toxicity of Silver, Zinc, Copper, and Nickel to the Copepod Acartia Tonsa Exposed via a Phytoplankton Diet. Environmental Science and Technology 40 (2006): 2063-068.

16. G. DeBoek et al. Copper Toxicity in the Spiny Dogfish (Squalus canthias): Urea Loss Contributes to the Osmoregulatory Disturbance. Aquatic Toxicology 84 (2007): 133-41.

17. K. C. De Schamphelaere et al. Chronic Toxicity of Dietary Copper to Daphnia Magna. Aquatic Toxicology 81 (2007): 409-18

18. Muyssen, Brita T.. Mechanisms of Chronic Waterborne Zn Toxicity in Daphnia Magna. Aquatic Toxicology 77 (2006): 393-401.

19. S. Rajagopal et al. Response of Mussel Brachidontes Striatulus to Chlorination: an Experimental Study. Aquatic Toxicology 39.2 (1997): 135-49.

20. Tierney, Keith B. Olfactory Toxicity in Fishes. Aquatic Toxicology 96.1 (2010): 2-26.

21. Fukunaga, Atsuko, and Marti J. Anderson. Bioaccumulation of Copper, Lead and Zinc by the Bivalves Macomona Liliana and Austrovenus Stutchburyi. Journal of Experiemental Marine Bology and Ecology 396 (2011): 244-52.

22. R. Dallinger et al. Contaminated Food and Uptake of Heavy Metals by Fish: Review and a Proposal for Further Research. Oceologia 73.1 (1987): 91-98.

23. Thornton, Ph.D., Joe. Environmental Impact of Polyvinyl Chloride Building Materials. Publication. Washington, D.C.: Healthy Building Netword, 2002.

समुद्री प्रदूषण और ईकोटोक्सिकोलोजी प्रयोगशाला
राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान, दोना पावला, गोवा – 403 004