

하수처리시설 탄력적 운영 방안



2006년 9월

연구 : 서울특별시 난지물재생센터 김영수

1. 본 연구논문은 “하수처리시설 축소 운영방안” 으로 『서울특별시 2006년 하반기 시정연구논문』에 응모한 것이며, 심사결과 시상에는 제외된 논문입니다.
2. 본 연구논문은 “하수처리시설 탄력적 운영방안” 으로 2007년 2월 서울특별시 난지물재생센터 발행 『물재생시설 운영개선 연구집』에 게재된 논문입니다.

목 차

I . 머리말	2
1. 연구 배경	2
2. 연구 요약	3
II . 하절기(6월~9월) 제외기간 하수처리시설 축소운영	4
1. 하수처리시설 축소운영 필요성 및 실천 방안	4
2. 하절기 강우량 집중에 따른 대책	12
3. 상수도 생산량 감소에 따른 대비	18
III . 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)	21
1. 수처리시설 1/6 축소운영 개요	21
2. 일반현황 및 설계기준	22
3. 유입수질 및 유입하수량 운영자료 조사	24
4. 하절기 제외기간 수처리시설 1/6 축소운영 방안	29
5. 수처리시설 1/6 축소운영에 따른 기대 효과	31
6. 축소운영에 따른 대책 방안	34
7. 하수처리시설 축소운영 전국 확대 실시	38
IV . 맺음말	39
V . 참고문헌 및 참고자료	40

I. 머리말

1. 연구 배경

서울시에서 현대적 개념의 하수처리는 1976년 우리나라 최초로 시설용량 15만 m^3 /일 청계천 하수처리장(현 중랑물재생센터)이 건설되면서 도입되었다.

그 후 점차로 환경에 대한 관심이 증대되고 88서울올림픽을 계기로 친환경적인 국제도시 위상이 요구되면서 중랑, 탄천, 서남, 난지 4개 하수처리장(물재생센터)을 지역 단위로 건설 하였으며 1987년에는 2,000천 m^3 /일 하수를 처리할 수 있게 되었고, 계속적인 증설공사로 1999년 부터는 하수처리 시설용량 합계는 5,810천 m^3 /일 으로 운영하고 있다.

서울시에서는 기존 하수관거 개량과 차집관거의 확충 등 하수도 시설에 대한 정비를 통하여 지속적인 발전과 쾌적한 도시환경을 조성하여 삶의 질을 높이는 방향으로 나아가고 있으며, 2004년부터는 고도처리공사(중랑) 및 시설개선공사(탄천, 서남, 난지)가 진행되고 있다.

한편 서울시는 혐오시설로 인식되어 온 하수도 시설을 주민친화, 환경친화적 이미지로 개선 하기 위해 2005년 11월 조례개정을 통해 하수처리사업소 명칭을 물재생센터로 변경하였다.

서울시 연도별 유입하수량 합계는 1998년 5,815천 m^3 /일 으로 최대를 기록 후 매년 약 1.9% 감소하는 추세이고, 유입하수 수질농도는 증가하면서 설계치에 근접하고 있다.

2005년 유입하수량은 5,023천 m^3 /일으로 13.6% 감소하여 연간 평균 가동율(유입하수량/ 시설용량)은 86.4%이며, 서울시 4개 하수처리장의 가동율은 중랑88.3%, 탄천 80.3%, 서 남 86.5%, 난지 88.7%에 불과하다. 또한 2005년 유입하수의 운영수질 BOD, SS는 설계 수질의 100.7%, 79.1%로 설계치에 근접하고 있다.

하수처리 유지관리도 과거의 팽창일변도 시절의 사고와 관행을 탈피하여 능률과 효율을 지 향하며, 최적화 운영으로 수질을 개선하고 비용을 절감할수 있도록 노력하여야 한다.

서울시 4개 물재생센터 2005년 가동율이 평균 80~88%에 불과하므로, 효율적 개선으로 하수처리시설 10% 축소운영이 가능하다면 하수처리 유지관리비용 10% 절감이 가능하다.

서울시 물재생센터 하수처리시설에 대하여 이제는 과잉 가동하고 있는 불필요한 시설들을 축소하거나 분산된 공정들을 통합관리하는 등 합리적인 경영관리를 추진하여야 한다.

본 연구에서는 서울시 물재생센터 유입하수량 감소 및 유입하수 수질 농도증가에 따라 하수 처리시설을 효율적으로 축소운영하면서 경제적으로 관리할 수 있도록 개선방안을 연구하여 현 장에 적용할 수 있는 실천방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

따라서 서울시 물재생센터의 최근 유입하수량 감소를 중심으로 하절기 제외기간에 하수처리 시설 축소운영 필요성을 조사·분석하여 개선방안을 제안하고, 난지물재생센터 하수처리시설의 축소운영에 대한 구체적인 실천방안으로 하수처리 효율제고를 위한 『수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)』을 제시하고자 한다. 아울러 본 연구의 내용은 서울시 난지물재생센터에 근무 하는 김영수 개인의 견해로서 서울특별시의 정책과 다를 수도 있음을 밝혀 드린다.

본 연구문이 합리적인 개선방안을 도출할 수 있는 계기가 되어 서울시 물재생센터 유지관리 정책이 한 단계 도약하는 계기가 될 수 있기를 바란다.

2. 연구 요약

현재 서울시 물재생센터 유입하수량 평균값이 시설용량 보다 적게 유입되고, 유입하수 수질(BOD, SS) 농도는 증가하여 설계치에 근접하고 있으므로, 감소하는 유입하수량에 알맞게 하수처리시설을 현장여건에 적합하게 축소운영하여 설계치에 근접한 최적운영 방안을 각 물재생센터별로 검토하여 합리적으로 개선할 필요가 생겼다.

유입하수량 감소 원인은 불량 하수관거 정비, 노후 상수관 정비에 따른 불명수 차단 및 지하철 발생 지하수를 하천으로 방류하여 하천이 마르는 건천화를 방지하고, 산이나 계곡에서 흘러 내려오는 물을 모아 하천으로 유입시키는 등의 노력으로, 서울시에서 하천 및 상, 하수도의 합리적 관리개선 사업을 계속적으로 추진한 결과이다.

서울시 유입하수량이 매년 조금씩 감소하고 있는 추세이긴 하지만 이에 따른 하수처리시설 축소운영을 검토할 때 가장 큰 걸림돌은 하절기 장마 또는 태풍 등으로 인하여 강우시 시설용량 이상으로 유입하수량이 증가될 경우이다. 하절기 유입하수량이 크게 증가하는 원인은 서울시 하수처리구역내 하수관거의 86%가 합류식으로 설치되어 강우시 우수의 영향을 크게 받기 때문이며, 또한 여름철 기온상승에 따른 수돗물의 사용증가로 생활오수가 증가하기 때문이다.

그러므로 유입하수량 감소 및 유입하수 수질(BOD, SS) 농도증가에 따른 하수처리시설 축소운영의 효율적인 운영을 위하여 유입하수량이 증가하는 하절기(6월~9월)는 하수처리시설을 100% 정상가동하고, 하절기를 제외한 기간에만 물재생센터 별로 하수처리시설을 현장여건에 알맞게 축소운영하는 방안을 제안한다.

본 연구에서는 서울시 물재생센터 유입하수량 감소 및 유입수질 농도 증가에 따라, 기존 운영방법의 효율적인 개선방안으로 **하수처리시설(수처리, 오니처리) 축소운영의 구체적인 실천방안 세 가지**를 다음과 같이 제시한다.

① 하절기(6월~9월)에는 장마, 태풍, 집중호우, 이상기후 등으로 인한 강우의 영향으로 시설용량을 초과하여 하수가 유입될 때가 자주 발생하여 초기강우 및 3Q처리에 따른 하수처리 축소운영이 곤란하므로, 하절기를 제외한 기간에만 하수처리시설 축소운영 실시.

② 하수처리 공정내에 슬러지 적체 해소를 위하여 오니처리시설은 100% 운영하고, 수처리시설을 대상으로 유입하수량 감소에 대응하여 현장여건에 적합한 축소운영 실시.

③ 축소운영시 강우로 인하여 유입하수가 증가할 때 대책방안으로, 축소운영으로 운전이 정지된 일차침전지를 한시적으로 우수침전지로 임시 운영하여 물리적(일차)처리는 전체 시설용량에 의한 정상적인 운영으로 초기강우 및 3Q처리에 대처.

위와 같은 실천방안으로 『하절기 제외기간(6월~9월) 하수처리시설 축소운영』을 실시하면 강우로 인한 문제점을 최소화하면서 다음과 같은 효과가 기대된다.

- ① 설계(유입하수량, 유입수질)에 근접한 최적운영으로 하수처리 효율제고
- ② 농축조 고형물 회수효율 향상 및 하수처리 공정내 적체 슬러지 해소에 도움.
- ③ 수처리시설 축소 운영분 만큼 오니처리시설 용량증설 효과 발생
- ④ 축소운영에 따른 전기요금 및 유지관리비 등 처리예산 절감
- ⑤ 기기 예비율 증가 효과 및 기기고장, 점검시 처리공백 최소화

II. 하절기(6월~9월) 제외기간 하수처리시설 축소운영

1. 하수처리시설 축소운영 필요성 및 실천 방안

하수는 일상생활이나 경제적 활동에 의하여 발생하는 오수, 자연현상에 의한 하수 및 토지 등에서 발생하는 지하수를 총괄하며, 하수도는 하수를 배제하기 위한 하수관거, 하수종말처리시설, 기타의 시설을 의미한다.

하수도의 역할은 침수 등 도시재해에 대한 안전확보를 위한 **재해예방**과 수질보전, 하수재활용 등 수자원 개선을 위한 **환경보호** 기능을 갖는 도시기반 시설이다.

서울시 하수처리구역은 한강을 중심으로 강북지역은 동쪽을 중랑, 서쪽을 난지로 구분하였고, 강남지역은 동쪽을 탄천, 서쪽을 서남으로 구분하여 4개 처리구역으로 분할하였다. 4개 처리구역은 총 16개(중랑3, 탄천2, 서남4, 난지7) 배수구역으로 분할되고 배수구역은 하수도시설 정비 및 관거 준설작업 등 유지관리에 적합하도록 239개 배수분구로 분할되어 있다.

서울시 하수도 지표는 2005년 현재 인구 10,279천명, 하수도 보급률 99.74%, 하수관거 총연장은 10,227Km 이며, 서울시 4개소 물재생센터는 표준활성오니법을 채택하고 있으며 시설용량 합계는 5,810천 m^3 /일 이며, 2004년부터는 고도처리 시설공사(중랑) 및 시설개선 공사(탄천, 서남, 난지)가 진행되고 있다.

〈그림 1〉 서울시 4개 하수처리 구역 및 16개 배수구역



※ 자료 : 하수도분야 업무처리지침 : 2006년 서울특별시 하수계획과

현재 서울시에 총 시설용량 5,810천 m^3 /일의 4개 물재생센터가 가동되고 있으며, 시설용량은 중랑 1710천 m^3 /일, 탄천 1100천 m^3 /일, 서남 2000천 m^3 /일, 난지 1000천 m^3 /일 이다.

서울시 연도별 유입하수량 합계는 1998년 5,815천 m^3 /일 으로 최대를 기록 후 매년 약 1.9% 감소하는 추세이다. 2005년 유입하수량은 5,023천 m^3 /일으로 13.6% 감소하여 연간 평균 가동율(유입하수량/시설용량)은 86.5%이며, 서울시 4개 하수처리장의 가동율은 중랑 88.3%, 탄천 80.3%, 서남 86.5%, 난지 88.7%에 불과하다.

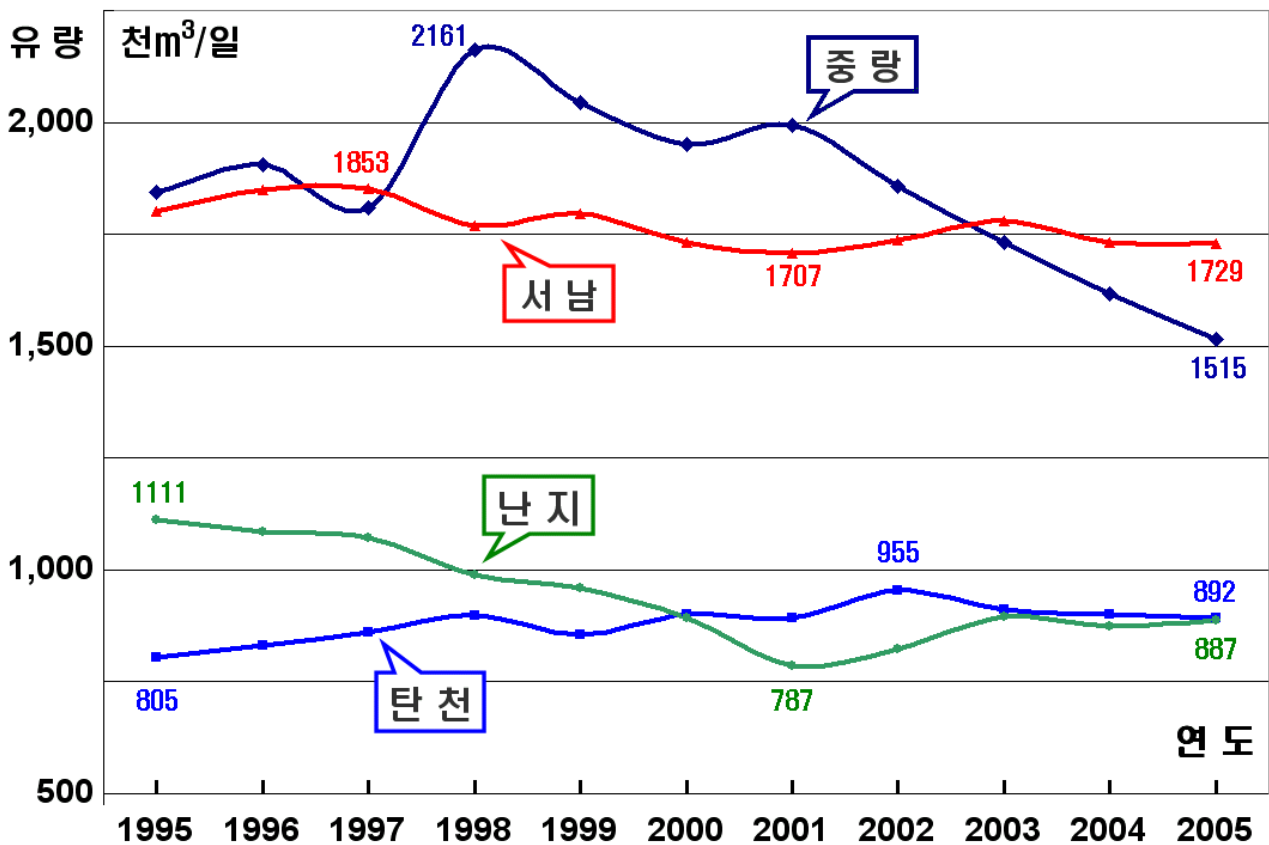
지역적인 특성으로 인하여 각 물재생센터 유입하수량 최대치는 난지 1995년, 서남 1997년, 중랑 1998년, 탄천 2002년 이후에 감소하는 양상을 보이고 있다.

〈표 1〉 서울시 물재생센터 1995~2005년 유입하수량 (단위 : 천 m^3 /일)

연도 명칭	시설 용량	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
합 계	5,810	5,560	5,672	5,594	5,815	5,655	5,478	5,379	5,371	5,318	5,121	5,023
중 랑	1,710	1,844	1,906	1,810	2,161	2,044	1,952	1,993	1,856	1,731	1,616	1,515
탄 천	1,100	805	831	860	898	856	900	892	955	911	901	892
서 남	2,000	1,800	1,849	1,853	1,768	1,795	1,733	1,707	1,738	1,781	1,731	1,729
난 지	1,000	1,111	1,086	1,071	988	960	893	787	822	895	873	887

※ 자료 : 서울특별시 하수계획과, 서울시청 www.seoul.go.kr 서울의 통계(탄천1995~1998년)

〈그림 2〉 서울시 물재생센터 1995~2005년 유입하수량 변화 추이 (단위 : 천 m^3 /일)



본 연구문에서는 유입하수량 감소에 따른 하절기 제외기간 하수처리시설 축소운영 방안에 대하여 작성하는 것이므로, 서울시 유입하수량 감소 원인은 서울시정개발연구원 발행 시정연 2005-R-17 (2005년12월31일 발행, 연구책임 김갑수) 『하수처리장 유입량 감소 원인 및 효과분석』 연구문 자료를 그대로 인용하여 정리하였다.

서울시정개발연구원 시정연 2005-R-17 연구문에서는 유입하수량 감소원인을 분석할 때 강우에 발생할 수 있는 유량변동 부분을 제거하기 위하여 실제 유입하수량이 아닌 청천시 유입하수량 자료를 사용하였다.

〈표 2〉 서울시 물재생센터 청천시 유입하수 성분 구성 (단위 : 천^m³/일)

명칭	성분 구성	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	증감율(%)
중량	유입하수량	2,088	1,973	1,844	1,930	1,796	1,627	1,524	-27.0
	상수조정량	1,016	1,081	1,044	1,056	1,038	1,046	1,056	+3.9
	지하철 배출량	71	71	53	53	51	49	27	-62.0
	지하수 이용량	38	32	33	35	31	27	27	-28.9
	불명수	963	789	754	786	676	505	414	-57.0
탄천	유입하수량	866	826	869	846	876	847	825	-4.7
	상수조정량	507	526	515	517	509	511	512	+1.0
	지하철 배출량	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0
	지하수 이용량	16	17	22	23	25	19	21	+31.3
	불명수	343	283	332	306	342	317	292	-14.9
서남	유입하수량	1,707	1,732	1,672	1,657	1,668	1,686	1,588	-7.0
	상수조정량	961	1,010	981	994	983	999	1,021	+6.2
	지하철 배출량	23	23	14	14	1	1	1	-95.7
	지하수 이용량	36.8	39.0	43.0	40.3	38.5	46.9	37.3	+1.4
	불명수	686	660	634	609	646	639	529	-22.9
난지	유입하수량	954	926	862	762	775	850	814	-14.7
	상수조정량	487	490	477	483	476	478	484	-0.6
	지하철 배출량	22	22	12	12	11	10	10	-54.5
	지하수 이용량	13.4	14.2	14.9	15.7	13.9	12.1	13.0	-3.0
	불명수	432	400	358	251	274	350	307	-28.9
합계	유입하수량	5,615	5,457	5,287	5,195	5,115	5,010	4,751	-15.4
	상수조정량	2,971	3,107	3,017	3,050	3,006	3,034	3,073	+3.4
	지하철 배출량	116	116	79	79	63	60	38	-67.2
	지하수 이용량	104	102	113	114	108	105	98	-5.8
	불명수	2,424	2,132	2,078	1,952	1,938	1,811	1,542	-36.4
비율 (%)	유입하수량	100.0	97.2	94.2	92.5	91.1	89.2	84.6	-15.4
	상수조정량	52.9	56.9	57.1	58.7	58.8	60.6	64.7	+1.8
	지하철 배출량	2.1	2.1	1.5	1.5	1.2	1.2	0.8	-1.4
	지하수 이용량	1.8	1.9	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	-0.1
	불명수	43.2	39.1	39.3	37.6	37.9	36.1	32.4	-15.7

※ 자료 : 서울시정개발연구원 시정연2005-R-17

서울시에서는 2001년부터 물고기의 폐사방지, 하수처리장의 효율적인 운영관리 및 수질개선을 위하여 유입하수량을 강우시, 청천시, 평균값 3가지로 정리하여 공공수역의 오염부하 저감 및 초기우수 및 합류식 관거의 월류수 대책 등의 개선대책 수립에 이용하고 있다.

평균값은 강우시 및 청천시를 모두 포함한 값으로 보통 하수처리량을 나타낼 때 쓰이고, 강우시는 비가 온 날과 그 다음 날의 유량만을 평균한 값이며, 청천시는 강우시 자료를 제외한 나머지 자료를 평균한 값이다.

서울시 청천시 유입하수량의 성분구성은 정량적 파악이 가능한 ①상수조정량, ②지하철 배출량, ③지하수 이용량과 ④조사가 곤란한 불명수 등 크게 4가지로 구분된다.

〈표 2〉에서 1998~2004년까지 서울시 물재생센터 청천시 유입하수 성분 구성에서 각 성분의 용어 설명 및 7년간 평균값을 괄호에 표시하였다.

- ① 상수조정량(58.5%) : 수도물 사용량을 요금으로 징수할 수 있는 수량.
상수조정량은 우수유량이라고도 하며 하수로 100% 전환되는 것으로 본다.
- ② 지하철 배출량(1.5%) : 지하철 역사에서 배출되어 하수로 전환되는 유량.
하수처리 효율 증대 및 하천 건천화를 위하여 하천 방류량 매년 증가 예상.
- ③ 지하수 이용량(2.0%) : 지하수를 양수하여 사용 후 하수로 전환되는 유량.
- ④ 불명수(38.0%) : 유입하수량-(상수조정량+지하철 배출량+지하수 이용량)
불량 하수관거로 유입되는 누수된 상수, 지하수, 하천수, 계곡수 등

〈표 2〉의 청천시 유입하수 성분구성을 참고하여 1998년~2004년의 성분별 유량과 비율에 따라 〈표 3〉의 ㉑에 증감량을 계산하고 ㉒에 2004년 증감에 따른 증감비를 ㉓의 1998년 각 성분비율을 ㉔에 가중평균으로 계산한 유입하수량 감소분 -15.4%를 100%로 산정한 ㉕ 증감비 가중평균비율을 계산하였다.

〈표 3〉 서울시 청천시 유입하수 성분별 증감량 가중평균비 (단위 : 천^m/일, %)

구 분	1998합계 ㉑	2004합계 ㉒	증 감 량 ㉓=㉑-㉒	증 감 비 ㉔=㉓/㉑	1998성분비 ㉕=㉑비율	가중평균 ㉖=㉒×㉕	가중평균비 ㉗=㉖비율
유입하수량	5,615	4,751	-864	-15.4	100.0	-15.4	100.0
①상수조정량	2,971	3,073	+102	+3.4	52.9	+1.8	+11.7
②지하철 배출량	116	38	-78	-67.2	2.1	-1.4	-9.1
③지하수 이용량	104	98	-6	-5.8	1.8	-0.1	-0.7
④불명수	2,424	1,542	-882	-36.4	43.2	-15.7	-101.9

〈표 3〉의 ㉕에서 유입하수량 -864천^m/일(-15.4%)감소를 성분구성 가중평균 비율로 계산한 결과를 보면, 상수조정량의 +11.7% 증가에도 불구하고, 지하철 배출량은 -9.1%감소, 지하수 이용량은 -0.7%감소, 불명수는 -101.9% 감소하였다.

즉 유입하수량 감소의 가장 큰 원인은 불명수 감소이고, 두 번째는 지하철 지하수를 하천으로 배출로 인한 감소이고, 지하수 이용량도 미미하게 감소하였다.

서울시에서는 하천 및 상, 하수도의 합리적 관리개선을 계속적으로 추진하고 있으므로, 유입하수량에서 불명수 비율은 매년 감소될 것으로 예상하며, 관거정비율이 2021년 100% 달성될 때의 계획 불명수 비율은 15% 정도로 낮아질 것으로 가정한다.

시정연 2005-R-17 연구문을 참조하면 “서울시 유입하수량에서 불명수(지하수, 지표수, 계곡수 등) 감소 원인”은 다음과 같다.

- 노후 상수관 교체 및 정비에 의한 누수량의 감소
- 간, 지선관거 개량에 의한 관거 침입수 감소
- 차집관거 정비 및 확장공사에 의한 유입수 감소
- 지하수면보다 낮게 존재하는 차집관거에 유입되는 지하수 감소

시정연 2005-R-17 연구문 “4개 하수처리장 유입하수량 감소 효과 분석”은 다음과 같다.

4개 하수처리장 유입량 감소를 통하여 얻어진 효과로는 직접적으로 하수처리장 건설비용 절감과 하수처리비용 절감, 간접적으로 하수처리장 부지축소로 인한 사회적 공간 활용 등을 들 수 있다. 하수처리장 건설비는 1m³(톤)당 100~250만원으로 시설용량에 따라 차이가 있으나 개략적으로 대규모(10만m³/일 이상)의 경우 m³당 100만원, 그 이하인 경우 200~250만원 정도이다. 하수처리 비용은 1m³(톤)당 40~100원으로 하수처리 비용이 평균 70원 들었다고 가정한다면 6년(1998-2004)간 4개 하수처리장에서 총 73,456백만원이 절감되었다.

〈표 4〉 서울시 물재생센터 유입하수 수질 (유입원수, 단위 : mg/L)

구 분	설계수질		1999년		2000년		2001년		2002년		2003년		2004년		2005년	
	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
중 량	124	131	97	92	104	93	105.5	92.5	115.0	98.9	113.5	100.4	116.2	101.7	134.0	101.5
탄 천	150	150	99	85	101	99	153.0	124.2	156.7	146.8	152.8	121.4	146.1	119.5	150.9	111.9
서 남	130	150	100	102	97	97	105.9	105.3	133.0	141.3	126.9	139.0	121.3	126.3	123.3	121.6
난 지	111	122	70	71	91	102	105.8	112.1	105.4	107.4	107.7	97.9	104.9	99.0	111.3	101.8
평 균	129	138	92	88	98	98	117.6	108.5	127.5	123.6	125.2	114.7	122.1	111.6	129.9	109.2

※ 자료 : 서울특별시 하수계획과

서울시 유입하수 수질(BOD, SS)은 물재생센터 운영 초기에는 대부분 설계치에 비하여 낮았으나, 2000년 이후 하수관거 개량과 차집관거의 확충 등 하수도 시설에 대한 정비를 통하여 불명수 차단에 따른 효과가 유입하수량 감소로 이어지고, 동시에 불명수 감소에 의한 희석비율이 낮아지고 음식물 침출수 등이 유입되면서 유입하수의 수질 농도가 증가되면서 설계치에 근접하고 있다. 〈표 4〉의 1999년 운영수질의 유입하수 BOD, SS는 〈표 5〉의 설계수질의 70.9%, 63.4%에 불과하여 오염부하량이 적게 유입되었으나, 2005년 운영수질의 유입하수 BOD, SS는 설계수질의 100.7%, 79.1%로 설계치에 근접하고 있다.

서울시 물재생센터 유입수 농도증가 원인은 서울시정개발연구원 발행 시정연 2002-R-18 (2002년12월31일 발행, 연구책임 김갑수) 『서울시 하수처리장 유입수 농도증가 원인조사와 대책방안 연구』 결론 부분을 아래에 그대로 정리하였다.

서울시 4개 하수처리장의 공통적인 현상과 특징은 지속적인 하수관거 정비계획 및 실적에 의한 불명수 감소, 2005년 1월1일부터 실시되는 음식물쓰레기 육상 직매립 금지시기에 맞추어 재활용 확대에 의한 침출수의 발생 및 탈수기와 음식물 전용용기의 사용에 의한 침출수배출 등으로 인해 하수처리장의 농도 및 부하증가량이 현재 나타나고 있으며 향후 이러한 현상은 더욱 가속화 될 것으로 판단된다.

〈표 5〉 서울시 물재생센터 2005년 설계수질 및 운영수질 비교 (단위 : mg/L)

구 분	2005년 설계수질						2005년 운영수질					
	유입원수		설계유입수		방류수		유입원수		방류수 포함		방류수	
	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
중 량	124	131	150	160	15	13	134.0	101.5	264.7	250.1	12.8	6.0
탄 천	150	150	157	170	15	20	150.9	111.9	294.7	429.7	10.7	6.0
서 남	130	150	150	170	15	14	123.3	121.6	225.0	258.0	11.1	5.5
난 지	111	122	130	150	13	12	111.3	101.8	254.8	252.6	10.3	3.6
평 균	129	138	147	163	15	15	129.9	109.2	259.8	297.6	11.2	5.3

※ 자료 : 서울특별시 하수계획과 (설계유입수는 유입원수와 방류수, 연계처리수가 반영된 것)

〈표 5〉의 2005년 설계수질에서 설계유입수(방류수, 연계 처리수가 반영된 일차침전지 유입수) 수질(BOD, SS) 농도는 유입원수(순수유입수) 수질농도의 약 1.1~1.2배 이다.

그런데 서울시 2005년 운영수질에서는 설계유입수 수질에 해당하는 일차침전지 유입수질 BOD와 SS는 순수유입수 수질농도보다 약 1.8배로 설계치보다 매우 높다.

서울시 물재생센터 유입하수량이 시설용량보다 적게 들어오고 유입원수의 수질이 설계치에 근접하고 있는데도 불구하고, 일차침전지로 유입하는 운영수질 농도가 설계치보다 매우 높은 것은 하수처리 공정내 방류수(반송수)와 연계처리수(정화조오니, 분뇨, 음식물침출수, 쓰레기 침출수 등)의 영향이 매우 크다는 것을 의미한다. 이것은 서울시 4개소 물재생센터 유지관리에서 공통적으로 발생하는 문제점으로 처리공정내에 슬러지 적체가 해소되지 않고 악순환하고 있다는 것으로 판단할 수 있으며 하수처리시설의 효율적인 유지관리를 어렵게 한다.

하수처리 공정내에 슬러지 적체가 적절하게 해소되지 않으면 농축조 효율저하로 인한 고품 물회수율이 낮아져 방류수 악순환이 가속화되고 처리공정 전체적으로 악영향을 주면서 하수처리 시설의 유지관리비 증가는 물론이고 결국은 수처리 방류수질에도 나쁜 영향을 주게 된다.

수처리에서 발생하는 생오니와 잉여오니를 오니처리계열에서 100%처리하여 준다면 좋겠지만 처리시설은 한정되어 있으므로 슬러지 적체에 의한 방류수 악순환이 될 때에는, 각 공정별로 종합적인 분석, 판단과 장기적 안목으로 최적의 운영방법을 찾아 실천해야 한다.

처리공정내 적체 슬러지 악순환의 주요 원인은 ①수처리 공정의 생오니, 잉여오니 과다발생으로 농축조 효율저하 ②연계 처리수(정화조오니, 음식물 침출수 등) 과다처리 ③탈수기 용량 부족 등으로 인한 것이다.

그러나 근본적인 원인을 유지관리하는 당사자 입장에서 살펴보면 물재생센터의 하수처리시설은 공정별로 수처리시설과 오니처리시설로 분류하는데, 오니처리시설이 수처리시설에 비하여 용량이 부족하기 때문이다. 이와 같은 문제 해결을 위하여 서울시는 2004년부터 고도처리 시설공사(중량) 및 시설개선공사(탄천, 서남, 난지)가 진행되고 있는데 대부분 슬러지 처리계통의 용량부족으로 인한 오니처리계열 계통의 개선공사가 많이 차지고 있다.

특히 서남물재생센터와 난지물재생센터는 수처리시설(일차침전지, 공기공급조, 이차침전지 등)은 당초 설계대로 100% 건설하였으나, 오니처리시설(농축조, 소화조, 탈수기 등)은 설계보다 약 25~33%정도 축소하여 건설하였다.

서울시는 한강의 수질보전 및 쾌적한 도시환경을 지켜나가기 위하여 1984년 3월에 서울시 전역에 대한 하수도정비 기본계획을 수립하고, 중랑천, 탄천, 안양천, 난지 등 4개 처리구역에 대하여 중기단계(1986~1991) 하수처리장을 건설하였다.

정책목표에 따른 시설투자 효과를 고려한 하수처리장 중기단계별 건설계획에 따라 서남, 난지물재생센터는 1987년 하수처리장 일차처리시설이 준공되어 운영시에는 수처리 공정은 공기공급조 없이 침사지, 유입펌프장, 일차침전지 등만 건설하여 일차(물리적)처리만 운영하였고, 오니처리 공정은 소화조 없이 농축조, 탈수기 등만 운영하였다.

이후 중기단계 증설계획에 따라 이차처리 후속 공정인 공기공급조, 이차침전지, 소화조, 발전기, 탈취시설 등을 건설하였는데, 서남물재생센터 #1처리장은 농축조, 소화조가 당초 6계열서 4계열만 준공되어 1/3이 축소되었고, 난지물재생센터 #1처리장은 농축조, 소화조가 당초 3계열에서 2계열로 준공되어 1/3이 축소되고, #2처리장은 농축조, 소화조가 당초 4계열에서 3계열로 준공되어 1/4이 축소되고, 탈수기는 6대에서 4대로 1/3이 축소되었다.

물론 하수처리장 건설초기에 오니처리시설의 설계된 것을 축소할 당시에는 하수처리 공정에 지장이 없도록 충분한 검토를 거쳤겠지만, 실제로 오니처리시설 운영을 하다보면 각종 기기 등에 고장이 발생하고 각종 기기에 대한 점검 및 청소 등으로 인한 가동중지로 부득이한 처리 공백이 생기고, 특히 처리공정내 슬러지 적체에 의한 악순환이 발생할 때에는 오니처리 시설 용량에 대하여 부족함을 느끼고 있다. 결국 서남, 난지물재생센터 건설초기 당시에는 장래 처리인구 증가 및 유입하수량 증가를 예상하고 수처리시설은 계획대로 건설하였지만, 그 당시 유입하수의 수질농도(BOD, SS)는 설계치에 비하여 현저하게 낮았기 때문에 오니처리시설은 당초 계획보다 축소하여 건설하게 된 결정적인 배경이라고 생각한다.

그러나 1990년대 후반에 들어서면서 서울시 인구증가는 미미하거나 감소되는 추세이고, 불량 하수관거 정비 및 노후 상수관 정비에 따른 불명수차단, 지하철 발생 지하수를 하천으로 방류하여 하천이 마르는 건천화를 방지하고, 산이나 계곡에서 흘러 내려오는 물을 모아 하천으로 유입시키는 등의 노력으로 유입하수량이 오히려 감소하고 있으며, 유입수질 농도는 증가하여 점차 설계치에 근접하고 있으므로 하수처리장을 처음 건설할 당시와는 다른 환경으로 급변하고 있다. 이와 같이 급변하는 하수처리 환경에 적극적으로 대처하여 각 물재생센터에서는 기존 운전방법을 변경하여, 현장여건에 적합한 최적운영이 되도록 개선시켜 나아가야 한다.

현재 서울시 물재생센터 유입하수량 평균값이 시설용량 보다 적게 유입되고, 유입하수 수질(BOD, SS) 농도는 증가하여 설계치에 근접하고 있으므로, 감소하는 유입하수량에 알맞게 하수처리시설을 현장여건에 적합하게 축소운영하여 설계치에 근접한 최적운영 방안을 각 물재생센터별로 검토하여 합리적으로 개선할 필요가 생겼다.

하수처리 유지관리도 과거의 팽창일변도 시절의 사고와 관행을 탈피하여 능률과 효율을 지향하며, 최적화 운영으로 수질을 개선하고 비용을 절감할수 있도록 노력하여야 한다.

서울시 4개 물재생센터 2005년 가동율이 평균 80~88%에 불과하므로, 효율적 개선으로 하수처리시설 10% 축소운영이 가능하다면 하수처리 유지관리 비용 10% 절감이 가능하다.

서울시 물재생센터 하수처리시설에 대하여 이제는 과잉 가동하고 있는 불필요한 시설들을 축소하거나 분산된 공정들을 통합관리하는 등 합리적인 경영관리를 추진하여야 한다.

본 연구자 개인 홈페이지 에이블덕닷컴(www.ableduck.com) 자동제어 자료실에 물재생센터 하수처리시설 유지관리에 있어 강력하게 주장하는 것이 두 가지 있는데 첫 째는 설계치에 근접시켜서 각종 기기들을 운전하는 것이고, 둘 째는 각 계열(또는 수조) 별로 수질을 균등히 유지시키는 것이다.

특히 대규모 하수처리시설에서는 공정별로 분리된 각 계열의 처리용량이 소규모 하수처리장 전체 처리용량보다 큰 경우에는, 소규모 하수처리장에 비교하여 유입유량이나 수질변동시에 이에 대응한 운전제어를 신속하게 대처하기가 불리하다.

그러므로 대규모 하수처리시설에서는 공정별로 운영되는 각종 기기들을 가능한 설계치에 근접시키면서 수질을 균일하도록 운영하는 것이 수질관리나 인력의 배치 등 유지관리에 있어서 효과적이라고 판단된다. 이것은 하수처리를 유지관리하면서 각 처리공정별로 설계치에 반드시 맞추어서 운전하라는 것은 아니고 설계치에 근접하게 운영할 수 있도록 각종 기기들을 운전관리하도록 노력하자는 것이며, 특히 하수처리 각 공정중에서 부분적으로 어느 한 공정상의 운영값만 설계치에 크게 벗어나면서 장기적으로 운영하는 것은 삼가하여야 한다.

일부에서는 설계치를 그냥 참고사항에 불과하다는 의견도 있으나 하수처리시설의 각종 수질 기준을 비롯하여 시설물 용량이나 운전기기들이 설계치를 기준으로 설치되었는데 어떻게 설계치를 무시하고 하수처리를 효과적으로 처리할 수 있을 것인가에 대하여 반대로 질문을 하고 싶다. 물재생센터 운영 자료 등을 살펴보면 처리 효율이 높고 처리수질이 양호할 때는 한 가지 공통점을 발견할 수 있는데, 그것은 각 처리공정의 운영자료가 설계치에 근접한 운영이었음을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 지금까지 설명을 토대로 서울시 물재생센터 유입하수량 감소 및 유입수질 농도 증가에 따라, 기존 운영방법의 효율적인 개선방안으로 **하수처리시설(수처리, 오니처리) 축소운영의 구체적인 실천방안 세 가지**를 다음과 같이 제시한다.

① 하절기(6월~9월)에는 장마, 태풍, 집중호우, 이상기후 등으로 인한 강우의 영향으로 시설용량을 초과하여 하수가 유입될 때가 자주 발생하여 초기강우 및 3Q처리에 따른 하수처리 축소운영이 곤란하므로, 하절기를 제외한 기간에만 하수처리시설 축소운영 실시.

② 하수처리 공정내에 슬러지 적체 해소를 위하여 오니처리시설은 100% 운영하고, 수처리시설을 대상으로 유입하수량 감소에 대응하여 현장여건에 적합한 축소운영 실시.

③ 축소운영시 강우로 인하여 유입하수가 증가할 때 대책방안으로, 축소운영으로 운전이 정지된 일차침전지를 한시적으로 우수침전지로 임시 운영하여 물리적(일차)처리는 전체 시설용량에 의한 정상적인 운영으로 초기강우 및 3Q처리에 대처.

위와 같은 실천방안으로 『하절기 제외기간(6월~9월) 하수처리시설 축소운영』을 실시하면 강우로 인한 문제점을 최소화하면서 다음과 같은 효과가 기대된다.

- ① 설계(유입하수량, 유입수질)에 근접한 최적운영으로 하수처리 효율제고
- ② 농축조 고품물 회수효율 향상 및 하수처리 공정내 적체 슬러지 해소에 도움.
- ③ 수처리시설 축소 운영분 만큼 오니처리시설 용량증설 효과 발생
- ④ 축소운영에 따른 전기요금 및 유지관리비 등 처리예산 절감
- ⑤ 기기 예비율 증가 효과 및 기기고장, 점검시 처리공백 최소화

2. 하절기 강우량 집중에 따른 대책

우리나라 연간 강우량은 풍수기인 6월~9월에 2/3가 집중되고, 갈수기인 11월부터 다음 해 4월까지 6개월간 연간 강우량은 1/5에 불과하여 홍수와 가뭄이 반복하여 발생한다.

우리나라 장마는 6월 중순 후반에 제주도 지방으로부터 시작하여 6월 하순 초반에 점차 중부지방인 서울지역에 이르며, 장마기간은 대략 30일 정도이다.

태풍은 북태평양 서부에서 연중 28개 정도가 발생하며, 이중 2~4개 정도가 하절기인 6월~9월 사이에 우리나라에 직, 간접적으로 영향을 준다.

〈표 6〉 서울지역 평년강우량 및 최근 5년간 강우량 (단위 : mm)

구 분	평년 강우량 1971~2000	최근 5년 (2001~2005) 강우량						기 타 2006년
		2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	5년 평균	
합 계	1,344.2	1,386.0	1,388.0	1,989.5	1,499.1	1,358.4	1,524.2	-
평 균	112.0	115.5	115.7	165.8	124.9	113.2	127.0	-
1	21.6	39.4	37.4	9.6	19.8	4.5	22.1	34.3
2	23.6	45.7	2.4	39.6	54.6	17.2	31.9	15.7
3	45.8	18.1	31.5	26.8	38.1	12.5	25.4	14.0
4	77.0	12.3	155.1	139.6	63.6	94.7	93.0	51.8
5	102.2	16.5	58.0	106.0	168.5	85.8	87.0	156.2
6	133.3	157.4	61.4	156.0	142.6	168.5	137.2	168.5
7	327.9	698.4	220.6	451.8	506.2	269.4	429.3	1,014.5
8	348.0	252.0	688.0	684.2	193.3	285.0	420.5	-
9	137.6	49.3	61.1	258.2	199.7	313.3	176.3	-
10	49.3	68.2	45.0	41.5	23.5	52.6	46.2	-
11	53.0	13.0	12.5	69.3	62.0	44.6	40.3	-
12	24.9	15.7	15.0	6.9	27.2	10.3	15.0	-
하절기 (6-9)합계	946.8	1,157.1	1,031.1	1,550.2	1,041.8	1,036.2	1,163.3	-
하절기 (6-9)평균	236.7	289.3	257.8	387.6	260.5	259.1	290.8	-

※ 자료 : 기상청 www.kma.go.kr 기후정보 통계자료실

〈표 6〉의 서울지역 1971년~2000년까지 30년간 평년 강우량 합계는 1,344mm이고, 연간 강우량에서 하절기(6월~9월) 4개월 강우량은 947mm로 연간 강우량의 70.4%이고 나머지 하절기를 제외한 8개월 비율은 29.4%에 불과하다.

또한 최근 5년간의 연간 강우량 통계에서는 하절기 집중 비율이 더욱 높아져 합계는 1,524mm이고, 하절기(6월~9월) 4개월 강우량은 1,163mm로 연간 강우량의 76.3%이고, 나머지 하절기를 제외한 8개월 비율은 23.7%에 불과하다.

지구 온난화에 따른 한반도 계절 변화 영향으로 최근에는 여름철 열대야 일수가 늘어나고 있으며, 특히 하절기 중에서도 폭염이 기승을 부리는 7월~8월에는 장마, 집중호우, 태풍, 이상기후 등이 빈번히 발생하며 동시에 강우량도 집중되고 있다.

최근 5년 평균 자료에서 7월~8월의 두 달간 강우량은 850mm로 연간강우량의 55.7%로 월등히 높으며, 참고로 최근 2006년 7월 한 달의 서울지역 강우량은 1,015mm 집중호우를 기록하였다.

〈표 7〉 서울시 4개 물재생센터 1999~2005년 월별 유입하수량 (단위 : m^3 /일)

월 \ 연도	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
평 균	5,654,951	5,478,468	5,378,845	5,371,272	5,317,960	5,121,113	5,023,100
1	5,355,223	5,380,313	5,448,346	5,209,120	5,016,329	4,759,127	4,563,883
2	5,346,050	5,245,546	5,563,198	4,853,003	4,951,880	4,852,134	4,572,098
3	5,513,328	5,183,022	5,383,557	5,170,511	4,868,350	4,771,236	4,506,187
4	5,687,190	5,254,103	5,158,935	5,424,388	5,303,605	4,955,886	4,783,363
5	5,672,031	5,418,538	5,108,423	5,574,266	5,235,056	5,493,270	4,802,469
6	5,739,507	5,455,015	5,306,760	5,342,487	5,407,986	5,158,561	4,978,580
7	6,011,503	5,762,854	6,055,399	5,912,475	5,815,387	6,242,282	5,758,839
8	5,628,467	6,220,323	5,945,658	6,120,386	6,081,630	5,433,966	6,007,383
9	6,119,961	6,064,981	5,152,525	5,545,042	6,030,134	5,467,237	5,577,287
10	5,947,708	5,355,006	5,251,350	5,280,698	5,214,675	4,721,152	5,223,834
11	5,523,309	5,227,836	5,124,569	5,059,086	5,191,349	4,877,405	4,774,333
12	5,299,768	5,161,890	5,040,325	4,909,967	4,685,031	4,702,915	4,685,962
하절기 (6-9)평균	5,873,960	5,877,692	5,621,404	5,734,791	5,835,665	5,579,817	5,585,483
하절기 제외 평균	5,544,997	5,278,856	5,257,065	5,188,764	5,058,041	4,891,759	4,740,749

※ 자료 : 서울특별시 하수계획과

서울시 물재생센터 유입하수량의 계절적인 특징을 보면 동절기에는 연평균치 보다 적게 유입되고, 하절기(6월~9월)에는 연중 최대치를 보이고 있다.

〈표 7〉에서 하절기 기간(6월~9월)중에는 서울시 물재생센터 월평균 유입하수량이 시설용량(5810천 m^3 /일)을 초과하여 유입되는 경우가 빈번하게 발생하는 것을 알 수 있다.

〈표 8〉 서울시 1997~2004년 월별 상수도 생산량 (단위 : 천 m^3 /일)

월 \ 연도	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
평 균	4,892	4,586	4,326	4,162	4,029	3,779	3,657	3,581
1	4,882	4,556	4,402	4,135	4,242	3,805	3,705	3,522
2	4,892	4,581	4,366	4,151	4,208	3,740	3,608	3,536
3	4,868	4,524	4,331	4,150	4,112	3,796	3,580	3,501
4	4,834	4,530	4,373	4,134	4,037	3,784	3,581	3,517
5	4,871	4,552	4,352	4,150	4,064	3,821	3,684	3,555
6	5,033	4,604	4,475	4,304	4,101	3,899	3,763	3,722
7	5,104	4,691	4,522	4,406	4,190	3,980	3,800	3,736
8	5,069	4,792	4,498	4,345	4,129	3,877	3,759	3,768
9	4,920	4,719	4,376	4,196	4,062	3,865	3,692	3,635
10	4,604	4,575	4,238	4,102	3,864	3,734	3,626	3,556
11	4,860	4,496	4,189	3,999	3,842	3,676	3,573	3,501
12	4,704	4,410	4,211	3,982	3,805	3,637	3,513	3,417
하절기 (6-9)평균	5,032	4,702	4,468	4,314	4,121	3,906	3,754	3,716
하절기 제외 평균	4,813	4,527	4,307	4,100	4,020	3,749	3,609	3,513

※ 자료 : 환경부 www.me.go.kr 환경통계 자료실 (상수도 통계)

서울시 월별 상수도 생산량(급수량)의 하절기(6월~9월)와 하절기 제외기간의 평균치를 조사하여 하절기 유입하수량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 <표 8>에 정리하였다.

<표 8>에서 상수도 생산량 하절기(6월~9월) 4개월의 연간(1997~2004) 평균값은 하절기 제외 8개월 연간 평균값보다 약 4.0% 높다.

상수도 생산량 1997~2004년의 8년간 하절기(6월~9월) 평균이 하절기 제외 평균보다 약 4.0% 높은 것은 기온상승에 따른 수돗물 증가로 판단되며, 유입하수량의 상수조정량 비율이 <표 2>에서 평균 58.5%이므로 하절기 상수도 급수량 4.0% 증가는 결국 하절기 유입하수량에 약 2.3%($58.5\% \times 4.0\%$) 증가요인으로 작용하였다고 판단된다.

참고로 유입하수량에서 상수도 조정량 비율이 <표 2>에서 매년 조금씩 증가하고 있는데도 불구하고, 상수도 생산량은 감소하는 것은 노후 상수관 정비에 따른 누수율 감소 때문이다.

<표 7>에서 유입하수량 연간(1999~2005) 평균값과 비교하여 하절기(6월~9월) 4개월은 연간 평균값보다 약 7.3% 높고, 하절기 제외 8개월은 연간 평균값보다 약 3.7% 낮다.

2005년 서울시 하수처리 시설용량과 비교한 유입하수량의 연간 평균 가동율(유입하수량/시설용량)은 86.4%이고, 하절기(6월~9월) 4개월 가동율은 시설용량의 약 96.1%로 매우 높은 편이나, 하절기를 제외한 나머지 8개월간 가동율은 약 81.6%에 불과한 실정이다.

이와 같이 하절기 유입하수량이 크게 증가하는 원인은 서울시 하수처리구역내 하수관거의 86%가 합류식으로 설치되어 강우시 우수의 영향을 크게 받기 때문이며, 또한 여름철 기온상승에 따른 수돗물의 사용증가로 생활오수가 증가하기 때문이다.

그러므로 하절기에는 강우 및 수돗물 사용증가로 인하여 물재생센터 유입하수량이 시설용량을 초과할 때가 빈번하게 발생하게 된다.

위와 같은 이유로 앞장에서 설명한 유입하수량 감소 및 유입수질 농도증가에 따른 하수처리 시설 축소운영의 장점들이 많음에도 불구하고 하수처리시설 축소운영을 현장에 적용할 때 하절기를 포함시켜 1년 내내 축소운영을 전면적으로 실시하기가 곤란하다.

하절기(6월~9월) 제외기간에만 축소운영을 실시하면 실제 처리할 수 있는 유입하수량은 통계자료상의 실제 운영한 연간 평균값보다 약 4~5% 정도 더욱 감소되는 것이므로 축소운영에 따른 하수처리시설의 부담이 더욱 줄어들어 실천에 박차를 가할 수 있다.

그러므로 유입하수량 감소 및 유입하수 수질(BOD, SS) 농도증가에 따른 하수처리시설 축소운영의 효율적인 운영을 위하여 유입하수량이 증가하는 하절기(6월~9월)는 하수처리시설을 100% 정상가동하고, 하절기를 제외한 기간에만 물재생센터 별로 하수처리시설을 현장여건에 알맞게 축소운영하는 방안을 제안한다.

이 방안은 유입하수량이 증가하는 하절기에는 축소운영 없이 하수처리시설을 전체 시설용량대로 100% 정상적으로 가동함으로써, 하절기 강우시에 발생할 수 있는 문제점들을 간단하면서도 완벽하게 해결하는 최선의 운영 방안이라고 판단된다.

그러나 유입하수량 감소에 따른 하수처리시설 축소운영 방안을 현장에 실제 적용을 검토할 때, 철저한 계획과 충분한 대책없이 연간 유입하수량 평균값만 단순히 판단하여 시행하게 되면, 하절기 초기강우시 도로 등에 누적된 오염물질로 인하여 총오염부하량이 일시적으로 크게 증가할 때 적절히 대응하지 못하면 환경문제가 발생할 수 있다.

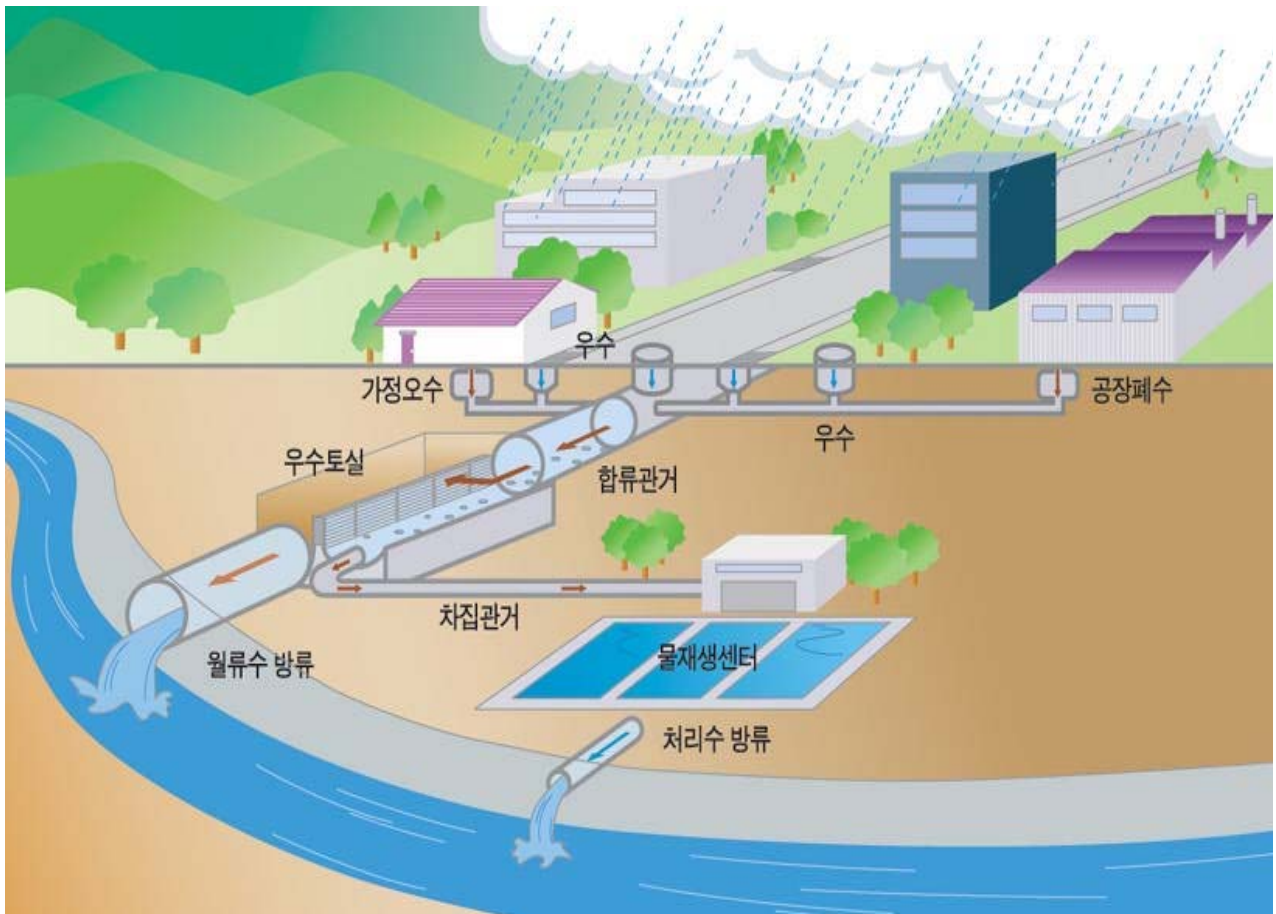
불량 하수관거 정비, 노후 상수관 정비에 따른 불명수 차단 및 지하철 발생 지하수를 하천으로 방류하여 하천이 마르는 건천화를 방지하고, 산이나 계곡에서 흘러 내려오는 물을 모아 하천으로 유입시키는 등의 노력으로, 매년 유입하수량이 조금씩 감소하고 있는 추세이긴 하지만 이에 따른 하수처리시설 축소운명을 검토할 때 가장 큰 걸림돌은 하절기 장마 또는 태풍 등으로 인하여 강우시 시설용량 이상으로 유입하수량이 증가될 경우이다.

서울시 하수배제방식은 하수관거의 86%가 기본적으로 오수와 우수를 하나의 관으로 모아 배제하는 합류식이며, 오수와 우수를 각각 다른 관으로 분리하여 하수를 배제하는 분류식은 신개발지역과 대단위 개발지역에 14% 설치되어 있다.

합류식 하수도에서는 강우초기에 우수토실이 설치된 토구를 통하여 도로에 쌓인 타이어 분진, 각종 중금속 및 하수도 등에 퇴적된 오염물질이 적절히 처리되지 못하면 하천이나 공공수역에 배출되어 수질악화, 공중위생 저해, 산소결핍으로 물고기가 폐사하는 등 환경문제가 발생할 수 있다.

그러므로 하수도 시설기준에서는 합류식 하수관거에서 강우시 유입하수량이 증가할 경우에 공공수역 수질보전을 위해, 계획시간 최대하수량(Q)의 3배(3Q)까지 차집하여 일차처리(일차침전지까지) 후, 2Q는 바이패스(bypass)시키고 1Q만 이차처리(이차침전지까지) 후 방류하도록 권장하고 있다.

〈그림 3〉 합류식 하수배제방식 처리 계통도



※ 자료 : 서울의 하수도 (Seoul Sewerage) : 2006년 서울특별시 하수계획과

그러나 강우강도와 강우의 지속시간에 따른 처리시간이 명시되어 있지 않아 장마철과 같은 장기 강우와 집중호우에 의한 폭우시, 물재생센터에서는 유지관리에 어려움이 많고 비효율성이 나타날 가능성이 높으므로 초기우수 및 3Q 처리에 대한 대책수립이 필요하다.

강우시 유입하수량이 시설용량을 초과하여 유입될 경우 일차침전지 수면적 부하 및 고형물 농도가 증가함에 따라 침전된 고형물이 부상하는 등 일차침전지의 관리상태에 따라 오히려 일차처리 수질농도가 유입하수 수질보다 높게 배출될 수 있는 현실적인 어려움이 있다.

도로 등에 쌓인 오염물질은 강우시 처리장으로 일정시간 동안 집중적으로 유입되며 초기강우시 오염물질을 최대한 제거하는 것이 초기 우수처리의 목적이며, 초기 우수처리는 지역적 특성과 처리장별 여건이 상이하여 정확하게 결정할 수 없으나 일차침전지에서 처리된 월류수의 수질농도가 유입수질보다 높아져서 초기 우수처리의 의미가 없다고 판단되는 시점까지 최대한 처리하여야 한다.

서울시 4개 물재생센터의 강우시 3Q처리에 따른 실제 유지관리는 중량 1.3Q, 탄천 1.6Q, 서남 2.0Q, 난지 1.5Q 정도로 처리하여 서울시 평균은 1.6Q로 조사되었고, 전반적으로 하수도 시설기준에서 권장하는 계획시간 최대하수량(Q)의 3배(3Q)까지 차집하여 처리하는 것은 미흡한 것으로 나타났다.

위와 같이 서울시 물재생센터에서 강우시 3Q처리가 미흡한 이유는 각 처리장 현장사정에 따라 수처리시설이나 하수관로상의 문제도 있겠지만, 가장 근본적인 이유는 앞장에서 설명한 옹기처리시설 용량부족으로 인한 하수처리 공정상의 슬러지 적체로 반류수 수질악화가 악순환하는 상태에서, 강우시 유입하수량이 시설용량을 초과하면서 총오염부하량이 일시적으로 크게 증가하면 일차침전지에서 처리된 일차처리수 수질농도가 유입수질보다 쉽게 높아지는 현상이 빠르게 나타나기 때문이다.

즉 일차침전지에 슬러지가 과다하게 적체된 상태에서 유입하수량이 강우로 인하여 급격히 증가하면, 당연히 유입하수의 체류시간이 감소되고 유속은 빨라지게 되면서 일차침전지에 침전되어 적체된 슬러지가 유출되면서 일차침전지 처리수 수질농도가 유입하수보다 높아지게 되어 결국은 방류수질 악화 및 후속처리 공정인 공기공급조에 충격을 주게 된다.

그러므로 강우시 3Q처리를 정상적으로 실시하기 위해서는 근본적으로 옹기처리시스템의 용량 증설이나 시설개선을 통하여 하수처리 공정내 슬러지 적체가 없도록 관리하여 청천시 유지관리에 반류수 부하를 낮게 감소시켜야 한다. 또한 공공수역의 수질오염방지를 위하여 총오염부하량이 급격히 증가하는 초기강우시에는 연계처리수(정화조오니, 분뇨, 음식물침출수, 쓰레기침출수 등) 연계처리를 최소화시켜서 탄력적으로 운영하는 대책도 마련하여야 한다.

하수처리 공정내 슬러지가 적체된 상태에서는 강우시 3Q용량을 일차처리를 하더라도 제거효율이 낮을 것으로 판단되며, 장기적으로 별도의 우수용 침전지 건설방안도 검토되어야 한다.

따라서 물재생센터에서는 기존 운영자료를 분석하여 강우시 대책을 수립하고, 강우시에는 수질(유입하수, 일차침전지 유입 및 처리수, 반류수, 연계처리수)상태, 일차침전지 슬러지계면 상태, 유입펌프장 펌프가동 상태 등 제반여건을 고려하고, 기상청 날씨 정보를 적극적으로 활용하는 등의 노력과 종합적인 판단으로 처리시설을 효과적으로 운영하여 공공수역의 수질오염을 방지하는 방향으로 나아가야 한다.

본 연구에서 주장하는 하절기(6월~9월) 제외기간 축소운영 방안을 실시하면 유지관리 측면에서도 비교적 편리하고 처리효율 향상에도 도움을 줄 것으로 판단한다.

이 방안은 하절기 기간에는 축소운영을 하지 않으므로 유지관리를 실시하는 물재생센터에서 일년 중에서 10월에 하수처리시설을 축소운영을 시작하여 다음 연도 5월까지 약 8개월간 실시한 후 하절기가 시작되는 6월에는 하수처리시설을 100% 정상으로 관리하는 것을 반복하는 것으로 일년에 두 번 축소운영에 따른 조작만 실시하면 된다.

물론 하절기 기간동안 강우가 매일 있는 것이 아니므로 하절기 기간중에도 청천시에 축소운영을 실시하는 것을 검토할 수 있으나, 하수처리시설을 빈번하게 용량을 변경하면 계획적인 수질관리가 어렵고 하수처리공정에 충격을 줄 수 있으므로 주의를 요구한다.

특히 서울시 4개 물재생센터는 표준활성오니법을 채택하고 있으므로 공기공급조 활성오니를 정상화하는데 약 3~4주 정도 장기간이 걸리므로, 강우로 인한 유입하수량 증감에 즉각적으로 대처가 곤란하고, 용량을 빈번하게 변경하면 유지관리 인력도 많이 소요된다.

하절기(6월~9월) 제외기간 축소운영시 강우로 인하여 유입하수가 증가할 때 대책방안으로, 축소운영으로 운전이 정지된 일차침전지를 한시적으로 우수침전지로 임시 운영하여 물리적(일차)처리는 전체 시설용량에 의한 정상적인 운영으로 초기강우 및 3Q처리에 대처할 수 있다.

이 방안은 하수처리시설 축소운영시 강우로 인한 영향을 최소화시키기 위한 것으로, 정지된 수처리(일차침전지, 공기공급조, 이차침전지)시설 재사용시 공기공급조와 이차침전지는 활성오니 정상화에 약 3~4주 정도 장시간 소요되므로 강우로 인한 유입하수량 증가에 즉각적으로 대처가 곤란하다. 그러나 일차침전지는 강우시 기상정보 등을 적절히 활용하여 필요시마다 우수침전지로 전환하여 유지관리하면 시설용량을 초과하는 유입하수량에 신속히 대처할 수 있을 것으로 판단되며, 강우시 일차처리수 처리는 시설용량 100%를 정상활용하여 초기강우 및 3Q처리에 충분히 조치가 가능하다고 판단된다.

또한 하수처리시설 축소운영시 정지된 수처리 계열의 용량(일차침전지, 공기공급조, 이차침전지) 등을 조사 분석하여 유량저장조로 활용하는 방안을 검토할 수 있다.

예를 들어 유입하수량이 평균값보다 많이 들어오는 저녁시간대에 평균을 초과하는 유량은 임시로 유량저장조에 보관하였다가, 평균값보다 적게 들어오는 새벽시간대에는 유량저장조의 하수를 수처리시설로 돌려보내어 처리한다면, 공기공급조 유입유량을 일정하게 유지하여 유입 펌프장 펌프 가동대수 변동에 따른 유입하수량 증감에 안정적으로 대처할 수 있을 것이다.

물론 유량저장조 활용방안은 본 연구에 구체적인 내용이 현재는 없는 상태이지만 현장에 적용하기 위하여 전문기관에 기술용역을 의뢰하거나, 하수처리시설 축소운영에 따른 유지관리 문제점을 개선한 직원에 대한 지속적인 포상 및 근무평정 등의 인사상 혜택을 실시하고, 수질 개선 효과 및 예산절감액에 대하여 인센티브를 지급하는 등 연구노력하는 근무환경을 조성한다면 빠른 시일내에 실현 가능한 개선안이 나올 것으로 판단된다.

즉 하절기 제외기간 중에 하수처리 축소운영에 따라 정지된 일차침전지를 강우시 유입하수량이 처리용량을 초과할 때는 한시적으로 우수침전지로 전환하여 임시 운영하고, 청천시에는 유량조정조로 활용한다면 하수처리 효율제고에 매우 효과적일 것으로 판단된다.

3. 상수도 생산량 감소에 따른 대비

환경부 상수도 통계자료를 참고하면 현재 상수도는 전국 보급률이 90%를 초과하여 일부 한계지역을 제외하고는 현실적인 공급망이 거의 구축된 상태이고, 서울지역 상수도 보급율은 거의 100%에 이르렀다..

〈표 9〉 서울시 상수도 주요 행정지표

구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
① 총 인 구 (천명)	10,596	10,470	10,389	10,321	10,321	10,373	10,331	10,281	10,277	10,288	10,297
② 급수인구 (천명)	10,584	10,459	10,386	10,319	10,320	10,372	10,331	10,280	10,277	10,288	10,297
③ 시설용량 (천 m^3 /일)	6,190	6,190	6,190	6,800	7,300	6,900	6,750	6,520	5,700	5,400	5,400
④ 가동율 (%)	80.1	80.6	78.9	67.6	59.7	60.4	60.1	58.3	64.2	66.3	64.9
⑤ 1인1일당 급수량 (L)	469	477	470	444	423	402	390	370	356	348	334
⑥ 생산량 (천 m^3 /일)	4,959	4,991	4,892	4,586	4,326	4,162	4,029	3,779	3,657	3,581	3,502
⑦ 상수조정량 (천 m^3 /일)	3,070	3,093	3,096	2,942	2,951	2,998	3,030	2,995	3,026	3,053	3,082
⑧ 유수율 (%)	61.9	62.0	63.3	64.2	68.2	72.0	75.2	79.2	82.7	85.3	88.0

※ 자료 : 환경부 상수도 통계 ①~⑤, 서울특별시 상수도사업본부 아리수 통계자료 ⑥~⑧

상수조정량은 수도물 사용량을 요금으로 징수할 수 있는 수량으로 유수유량이라고도 하며, 하수로 100% 전환되는 것으로 보기 때문에 상수도 생산량 및 물재생센터의 유입하수량에 직접적인 영향이 있다.

2005년 서울시 물재생센터 유입하수량 5,023천 m^3 /일에서 상수조정량 3,082천 m^3 /일이 차지하는 비율은 61.4%로 매우 높다.

유수율(有收率)은 연간 상수도 생산량 중에서 요금으로 부과되는 량의 백분율(상수조정량/생산량)이며, 유수율 증가는 누수율 감소로 이어지고 결국은 물재생센터 유입하수량에서 불명수 비율이 낮아지면서 물재생센터 유입하수량 감소 및 유입수질 농도 증가에 영향을 준다.

〈표 9〉에서 서울시 상수도 생산량에 직접적인 영향을 주는 서울시 인구변화는 거의 없었으나 노후 상수관 교체에 따른 유수율 향상으로 상수도 생산량은 1996년 4,991천 m^3 /일로 최고치를 기록한 후 매년 조금씩 감소하고 있다.

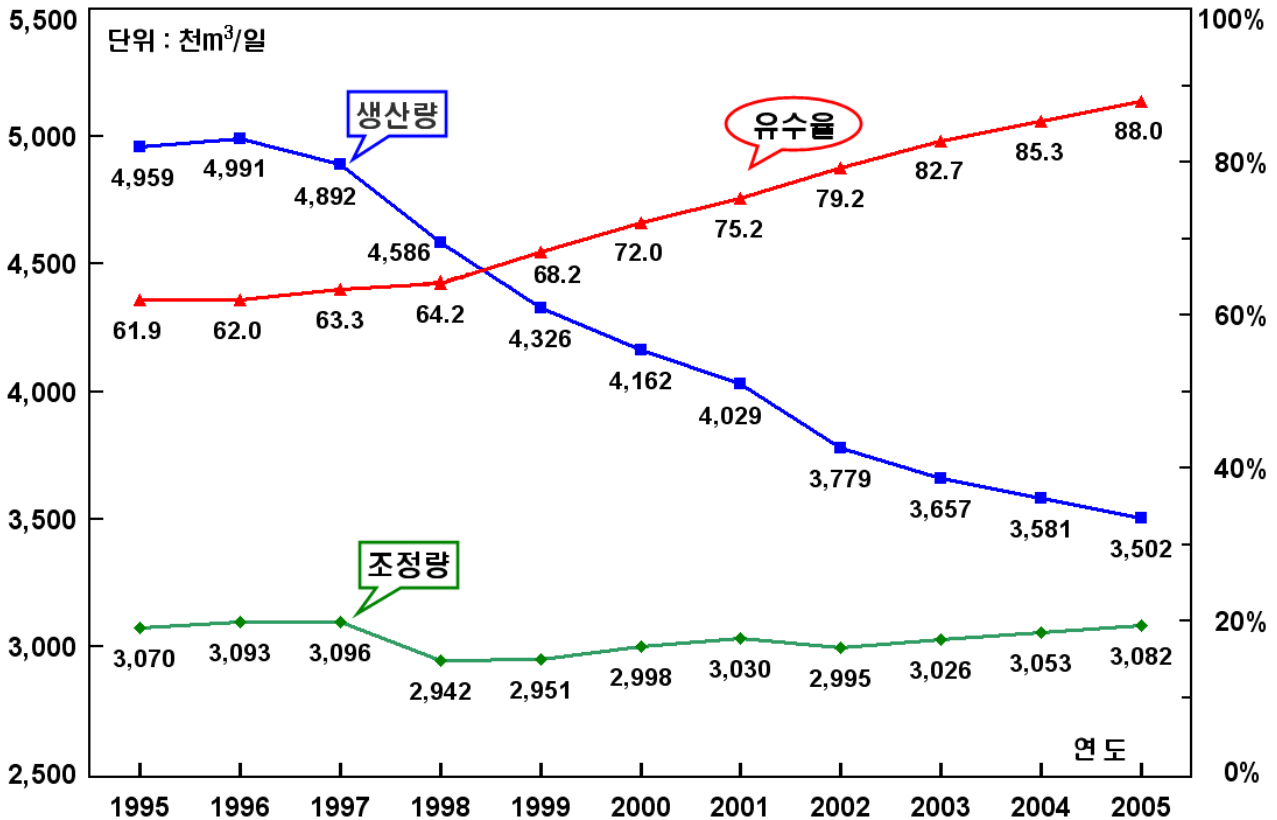
상수도 생산량 감소의 또 다른 원인으로 절수기 설치, 수도요금 현실화, 중수도 설치, 생산공장 지방이전, 하수처리수 재이용, 물 절약운동 전개 등으로 인한 노력도 물 사용량이 감소하고 있는 원인으로 분석된다.

이에 따라 1일1인당 급수량은 1996년 477L로 최고치를 기록한 이후 2005년에는 334L로 30.0%가 감소하였고 매년 약 3.3% 지속적으로 감소하고 있다.

2005년 상수도 생산량은 3,502천 m^3 /일 으로 가동율(생산량/시설용량)은 64.9%에 불과하고 유수율(상수조정량/생산량)은 선진국 수준(85% 이상)인 88.0%로 향상되었다.

상수도 시설용량은 1999년에 7,300천 m^3 /일 최고를 기록한 후 2005년 5,400천 m^3 /일로 26.0%가 감소하였고 매년 약 4.3%씩 감소하는 추세이다.

〈그림 4〉 서울시 상수도 생산량, 조정량, 유수율 변화 추이



※ 자료 : 서울특별시 상수도사업본부 water.seoul.go.kr 아리수 통계자료

〈표 9〉의 서울시 상수도 주요 행정지표에서 ⑥상수도생산량, ⑦상수조정량, ⑧유수율의 변화추이를 〈그림 4〉에 도표로 작성하였다.

서울시 상수도는 1996년 이후 상수도 생산량이 감소함에 따라 2000년부터 최근까지 이에 걸맞게 시설용량을 축소시켜 운영하여 2005년 가동율을 64.9%로 관리하고 있다.

그러나 상수도의 시간당 최대 물 사용량을 감안한 적정 가동율을 80~85%로 보면 아직까지도 15~20%는 과잉 설비로 판단된다.

만일 서울시에서 상수도 생산량 감소에 적절하게 대처하지 않고 시설용량을 축소하지 않고 방만하게 관리하였다면, 1999년 시설용량 7,300천m³/일 최대일 때와 비교한다면 2005년 생산량 3,502천m³/일 때의 서울시 상수도 가동율은 48% 이하로 운영되어 과잉설비에 따른 비효율적인 운전으로 이어졌을 것으로 예상된다.

서울시 상수도 보급율의 현실적인 공급망이 거의 구축된 상태에서 상수도의 생산량 감소는 생활용수 및 공업단지 등의 물 공급 수요가 이제는 정체되었기 때문으로 판단된다.

물론 앞으로 신도시 건설정책 등과 관련된 부분적인 물 수요증가 요인 및 생활수준 향상에 따른 약간의 물 사용량 증가가 있겠지만 전체적인 상수도 수요는 안정될 것으로 예상된다.

서울시 상수도 업무가 과거에는 수자원 개발과 상수도의 보급 확대에 치중하였는데, 물 수요가 안정되면서 이제는 기존 상수도 시설의 효율적인 유지관리 및 수질관리 등에 중점을 두면서 합리적 경영관리가 추진되고 있다.

〈표 10〉 서울시 정수장 현황 비교 (단위 : m^3 /일)

정수장명	1999년 (시설용량 최대)			2004년		
	시설용량	생산량	급수인구(명)	시설용량	생산량	급수인구(명)
합 계	7,300,000	4,361,153	10,319,551	5,400,000	3,580,705	10,287,604
암 사	1,620,000	1,103,000	2,900,945	1,600,000	1,067,285	2,845,100
구 의	1,130,000	568,000	1,617,418	650,000	562,752	1,748,375
뚝 도	1,000,000	626,000	970,857	750,000	532,650	1,069,678
보 광	300,000	240,153	485,901	×	×	×
강 북	1,000,000	279,000	658,343	1,000,000	722,740	2,342,907
영등포	600,000	462,000	1,391,678	600,000	443,527	1,543,996
신 월	100,000	84,000	254,584	×	×	×
선 유	400,000	206,000	500,704	×	×	×
노량진	150,000	88,000	141,059	×	×	×
광 암	1,000,000	705,000	1,398,062	800,000	251,752	737,548

※ 자료 : 환경부 www.me.go.kr 환경통계 자료실 (상수도 통계)

〈표 10〉에서 서울시 정수장 1999년과 2004년을 비교하면 인구감소는 0.3%로 미미하지만, 시설용량은 7,300천톤/일에서 5,400천 m^3 /일로 26% 감소하였고, 생산량은 4,361천 m^3 /일에서 3,581천톤/일 로 18% 감소하였다. 또한 정수장 수량은 10개소에서 6개소로 감소되었고, 현재 운영중인 6개 정수장 중에서 구의 정수장이 2011년 폐쇄될 계획이다.

이와 같이 서울시 정수장의 생산량 감소 및 시설용량 축소에 대하여 서울시 물재생센터에서는 충분한 대책을 준비하고 유지관리에 참고하여 운영을 하여야 한다.

서울시 상수도 생산량 감소 및 유수율 향상은 물재생센터 유입하수량 감소 및 유입수질 농도 증가에 직접 또는 간접적으로 큰 영향을 주기 때문이다.

서울시 4개 물재생센터의 2005년 가동율은 중랑88.3%, 탄천 80.3%, 서남 86.5%, 난지 88.7%로 서울시 평균은 86.4%이다. 물론 상수도 2005년 가동율 64.9%와 비교하면 아직은 높은 수준이고, 또한 물재생센터 하수처리시설은 강우시 3Q처리를 하므로 평균값에 의한 가동율 수치만 단순히 판단하면 현재의 시설용량이 적정하다고 말할 수도 있다.

그러나 2005년 물재생센터 가동율을 계절별로 살펴보면 하절기(6월~9월) 4개월 가동율은 96.1%로 매우 높고, 하절기를 제외한 나머지 8개월간 가동율은 81.6%에 불과하다.

그러므로 하수처리시설 유지관리를 담당하는 물재생센터에서 적극적으로 개선방안에 대하여 연구, 노력한다면 하절기 제외기간에는 충분히 축소운영이 가능하여 최적화 운영으로 수질을 개선하고 비용을 절감할 수 있을 것이다.

물재생센터의 효율적 운영은 공공수역 수질보전을 통하여 수자원의 안정성을 확보하는데 기여하게 되므로 하수처리시설 유지관리 효율을 개선하는 노력은 끊임없이 하여야 한다.

물 산업이 급격히 성장하여 상수도와 하수도가 환경산업으로 등장하면서 효율적인 물관리 필요성이 요구되고 있으며, 물 시장을 둘러싼 국가간 경쟁이 앞으로는 더욱 치열해질 것으로 예상된다. 상, 하수도 산업의 경쟁력을 높이기 위해서는 합리적인 관리체제를 구축하고 효율적인 유지관리가 될 수 있도록 개선을 실천하려는 열정과 노력이 있어야 할 것이다.

Ⅲ. 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)

1. 수처리시설 1/6 축소운영 개요

『하절기(6월~9월) 제외기간 하수처리시설 축소운영』에 대한 세부적인 실천방안으로 『난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)』을 작성하였다.

난지물재생센터에서는 하수도법규에서 정한 하수처리장 방류수질기준(2008년부터 시행)이 <표 11>로 강화됨에 대비하여 서울시 건설안전본부에서 발주한 시설개선 공사가 금년 2006년말 완료될 예정이며 이에따라 기존 시설의 문제점들이 부분적으로 개선될 예정이다.

<표 11> 하수종말처리장 방류수 수질기준 변천과정 (단위 : mg/L)

구 분	BOD	COD	S S (부유물)	T-N (총질소)	T-P (총인)	대장균 군수 (개/mL)
1995.12.31 까지	30 이하	50 이하	70 이하	-	-	-
1996. 1. 1 부터	20 이하	40 이하	20 이하	60 이하	8 이하	-
2003. 1. 1 부터	20 이하	40 이하	20 이하	60 이하	8 이하	3,000 이하
2008. 1. 1 부터	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	3,000 이하

난지물재생센터에서는 시설개선공사로 인하여 기존 하수처리시설의 미비하거나 문제점을 개선하여 안정적인 공정운영 및 유지관리의 용이성 등은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 시설용량에 대비하여 과다한 고농도의 음식물침출수 반입과 분뇨처리시설 증설 등으로 인한 연계처리수의 증가로 고도처리 방식이 아닌 활성오니처리 방식에 의한 수질개선에는 한계가 있으므로, 2008년부터 강화되는 방류수 수질기준 준수에 어려움이 예상된다.

서울시에서는 시설개선공사 완료 후 1년간(2006.12~2007.12)의 운영결과를 평가하여 고도처리시설의 도입여부를 결정할 예정이나, 이와 별도로 난지물재생센터에서는 법적기한 내에 방류수질 향상을 위한 대책을 마련하여 강화되는 수질기준에 대비할 필요성이 생겼다.

또한 시설개선공사 완료후 하수처리공정의 안정적인 운영을 위해서는 개선공사에 따른 기존 운영방식을 적절히 변경·조정하여 최적으로 운영하기 위한 유지관리 운영자료의 분석이 필요하고 이에 따른 하수처리시설의 효율적인 관리방안에 대한 연구도 시급하다.

본 계획(안)은 본 연구문 Ⅱ. 하절기(6월~9월) 제외기간 하수처리시설 축소운영에서 제시한 방안에 근거하여, 난지물재생센터 기존 운영자료를 조사, 분석하여 하수처리시설 축소운영에 따른 현장 실천방안을 제시하여 하수처리시설을 효율적으로 유지관리하는데 목적이 있다.

난지물재생센터 유입하수량이 1995년 최고치를 기록한 이후 감소함과 동시에 유입하수 농도(BOD, SS)는 증가하고 있으며, 2006년 말까지 시설개선공사로 기존 시설의 문제점들이 부분적으로 개선되므로, 하수처리시설을 효율적으로 운영·관리할 수 있는 방안으로 수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)을 제시하게 되었다.

본 계획(안)은 기존 운영자료와 시설개선공사 개선사항을 바탕으로 최적의 운영방안을 찾고자 하였으며, 향후 나타날 수 있는 상황변화에 대비하여 지속적인 조사분석과 이에따라 일부 운전기준 및 유지관리 조건이 보완관리되어야 할 것이다.

2. 일반현황 및 설계기준

난지물재생센터는 서울시내의 4개 하수처리 구역중 난지처리구역에 속하는 6개의 배수구역(불광, 홍제, 망원, 마포, 옥천, 용산)에서 발생하는 하수를 처리하기 위하여 한강하류부 우안 경기도 고양시 현천동 일원에 건설된 하수처리장이다.

난지물재생센터 시설용량은 제1단계 #1처리장의 500천 m^3 /일 일차처리시설(1987년 6월 준공), 이차처리시설(1994년 12월 준공)이 건설되고, 제2단계 #2처리장의 500천 m^3 /일(1997년 12월)이 건설되어 총 1,000천 m^3 /일 하수를 처리한다. 또한 정화조오니 처리시설 3,000kL/일(기존 1,000kL, 증설 2,000kL)이 설치되어 하수와 연계처리하고 있다.

하수처리 수처리공정은 중력침강법에 의한 일차처리와 친산소성 미생물을 이용한 표준활성오니법으로 이차처리한 후 한강으로 방류하며, 수처리 공정에서 발생하는 슬러지는 중력 및 기계식 농축을 거쳐 피산소성 미생물을 이용한 소화처리 후 탈수처리하여 외부로 반출한다.

〈표 12〉 난지물재생센터 건설 현황

구 분	최 초	일차 증설	이차 증설
설치인가일	1985. 9.13	1987. 7.31	1994. 4.27
시설용량	500(천톤/일)	500(천톤/일)	500(천톤/일)
처리방법	일차 처리	표준활성오니법	표준활성오니법
준공일자	1987. 6.30	1994.12.20	1997.12.31.
사업기간	1984.12~1987. 6	1988.12~1994.12	1993.12~1997.12
사 업 비	23,676(백만원)	57,406(백만원)	102,268(백만원)
설 계 자	현대 엔지니어링	현대 엔지니어링	현대 엔지니어링
시 공 자	(주)대우	(주)대우	(주)대우

〈표 13〉 난지물재생센터 주요 시설물 현황

구 분	#1 처리장		#2 처리장		
	규 격	용량 (m^3)	규 격	용량 (m^3)	
수 처 리	침사지 저단	3mW×26mL×2.7mH×5지	1053	3mW×26mL×3.05mH×3지	714
	침사지 고단	3mW×26mL×2.9mH×3지	679	3mW×26mL×2.46mH×2지	384
	일차침전지	11.2mW×53mL×3mH×24지	42,739	11.6mW×53.2mL×3mH×24지	44,433
	공기공급조	22.8mW×78mL×6mH×12지	128,045	22.8mW×78mL×6mH×12지	128,045
	이차침전지	11.2mW×75mL×3mH×24지	60,480	11.6mW×36mL×3.5mH×48지	70,157
오 니 처 리	농축조	φ20m×3mH×4지	3,770	φ16.5m×3mH×3지	1,924
	소화조	φ26m×12.5mH×8지	53,093	φ26m×13.5mH×3지	21,503
	소화농축조	-	-	φ16.5m×3mH×2지	1,283
	가스탱크	φ21m×20mH×2기	12,000	φ21m×15mH×1기	3,900
	탈수기	150D.S·Kg/m·Hr×9대		150D.S·Kg/m·Hr×4대	
정 화 조	투입구	80A×4개 (기존시설)	1,000kL	80A×10개 (증설시설)	2,000kL
	저류조	9mW×35mL×4mH×2지	2,520	20mW×52mL×4mH×2지	8,320
	농축조	φ10.5m×3mH×2지	520	φ18m×4mH×2지	2,036
	상징수조	6mW×7mL×5mH×2지	420	9mW×15mL×5mH×2지	1,350

〈표 14〉 난지물재생센터 #1처리장, #2처리장 설계 현황

수 처리	항 목	단 위	#1처리장	#2처리장	오니처리	항 목	단 위	#1처리장	#2처리장
침 사 지	체류시간	sec	240	240	농 축 조	투입오니량	m ³ /일	3,553	3,553
"	유속	m/sec	0.11	0.11	"	투입오니 TS	%	1.6	1.6
일차침전지	유입량	m ³ /일	500,000	500,000	"	농축시간	hr	25.5	13
"	유입 BOD	mg/L	130	130	"	고형물부하	kgDS/m ² ·일	44.0	86.3
"	유입 SS	mg/L	150	150	"	분리액량	m ³ /일	2,306	2,306
"	생오니량	m ³ /일	844	844	"	분리액 SS	mg/L	2,168	2,500
"	생오니 TS	%	4.0	4.0	"	오니발생량	m ³ /일	1,247	1,247
"	체류시간	hr	2.1	2.1	"	오니발생 TS	%	4.0	4.0
"	수면적부하	m ² /m ² ·일	35.1	35.1	소 화 조	투입오니량	m ³ /일	2,310	1,247
"	유출 BOD	mg/L	85	85	"	투입오니 VS	%	64	50
"	유출 SS	mg/L	83	83	"	유출오니 VS	%	51	38
공기공급조	체류시간	hr	6.1	6.1	"	가스발생량	m ³ /일	18,868	7,982
"	BOD용적부하	kg/m ³ ·일	0.33	0.33	"	탈리액량	m ³ /일	1,002	-
"	오니일령	일	4.6	4.6	"	탈리액 SS	mg/L	3,434	-
"	F/M비	kg·BOD/kg·SS	0.22	0.22	"	소화일수	일	29.4	17
"	송풍량	m ³ /kg·BOD	63.8	51	"	소화온도	°C	35	-
"	MLSS	mg/L	1,500	1,500	"	소화율	%	40	40
"	반송오니량	m ³ /일	110,038	110,038	"	오니발생량	m ³ /일	1,308	1,247
"	반송율	%	22	22	"	오니발생 TS	%	5.0	3.2
"	SRT	일	6.9	6.9	소화농축조	투입오니량	m ³ /일	-	1,247
이차침전지	유입량	m ³ /일	500,000	500,000	"	투입오니 TS	%	-	3.2
"	체류시간	hr	2.9	3.4	"	농축시간	hr	-	24.7
"	수면적부하	m ² /m ² ·일	24.8	24	"	고형물부하	kg/m ² ·일	-	93.2
"	잉여오니량	m ³ /일	2,709	2,709	"	분리액량	m ³ /일	-	489
"	잉여오니 TS	%	0.8	0.8	"	분리액 SS	mg/L	-	4,084
"	처리수 BOD	mg/L	13	13	"	오니발생량	m ³ /일	-	758
"	처리수 SS	mg/L	12	12	"	오니발생 TS	%	-	5.0
사여과지	여과면적	m ²	50.4	-	탈 수 기	투입오니량	m ³ /일	1,308	758
"	여과속도	m/일	200	-	"	약품주입률	%/DS	0.3-1.0	0.3-1.0

난지물재생센터 하수처리 시설용량은 #1처리장 500천 m³/일, #2처리장 500천 m³/일로 동일하며 총 시설용량은 1,000천 m³/일로 구성되었으며, 정화조오니 처리시설 3,000kL/일(기존 1,000kL, 증설 2,000kL) 및 음식물침출수는 #1처리장에서 하수와 연계처리하고 있다.

#1처리장과 #2처리장은 동일한 시설용량이므로 〈표 13〉과 〈표 14〉에서 수처리공정의 주요시설물 현황과 처리공정 설계값이 거의 같은 수준을 유지하고 있으나, 오니처리공정의 농축조, 소화조, 탈수기 등의 시설용량은 #2처리장이 #1처리장에 비하여 약 40~60% 수준에 불과한 실정이다. 물론 #1처리장에서는 정화조, 분뇨, 음식물침출수를 연계처리를 하고 있으나, 연계처리에 따른 각종 상징수 및 오니처리공정에서 발생하는 반류수는 유입분배조에서 #1처리장과 #2처리장의 수처리공정으로 되돌려 처리하므로 #2처리장 오니처리시설 용량부족은 처리장별 수질불균형, 오니발생 불균형 등 난지물재생센터 전체적인 유지관리를 어렵게 한다.

#2처리장 오니처리시설 용량부족을 해결하기 위해 건설당시 설계에서 유보된 오니처리시설을 증설하려면 많은 비용과 노력이 소요되는데, 현재 유입하수량이 적게 유입되므로 #2처리장 수처리시설을 1/3 축소운영하면 난지물재생센터 전체적으로는 1/6 축소가 되고, #2처리장 오니처리시설은 1/3 증설효과가 발생하여 처리효율을 높이고 처리비용을 절감할 수 있다.

3. 유입수질 및 유입하수량 운영자료 조사

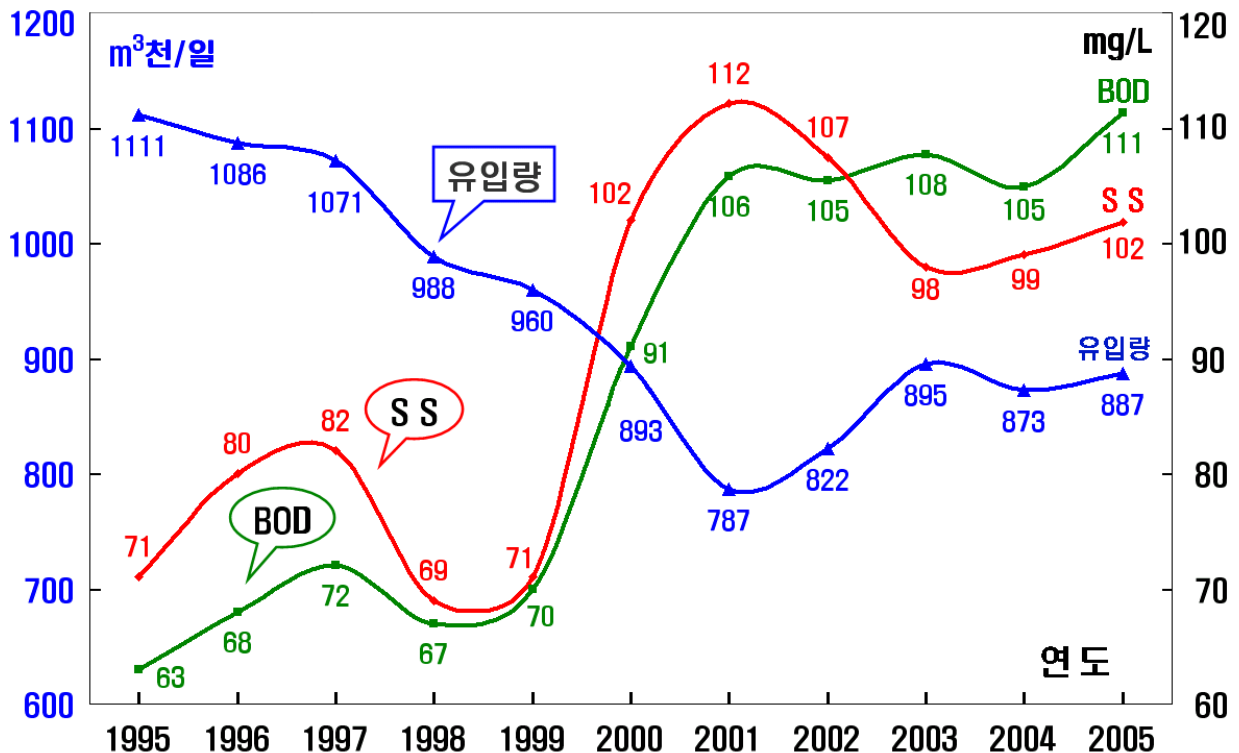
〈표 15〉 난지물재생센터 유입수질, 방류수질 설계기준 및 운영현황(단위 : mg/L, 개/mL)

구 분	설계값	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	
유입수질	BOD	111	63	68	72	67	70	91	105.8	105.4	107.7	104.9	111.3
	COD	-	31	34	35	35	42	49	57.5	52.5	51.7	52.1	57.3
	SS	122	71	80	82	69	71	102	112.1	107.4	97.9	99.0	101.8
	T-N	-	-	-	19	17.8	21.0	18.1	19.6	23.9	30.0	30.5	32.1
	T-P	-	-	-	2	1.8	1.9	1.7	2.1	1.6	2.0	2.3	2.6
	대장균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,873	41,468	43,441
방류수질	BOD	13	26	24	13	11.6	13	13	12.1	10.9	10.3	10.3	10.3
	COD	-	18	15	10	8.6	10	10	9.3	9.8	10.0	10.0	10.3
	SS	12	25	19	10	6.9	7	4	3.4	3.5	3.8	3.6	3.6
	T-N	-	-	-	13	7.9	11	11.0	14.2	14.2	17.4	14.8	15.4
	T-P	-	-	-	1	0.5	1.1	1.0	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4
	대장균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,601	1,498	634

난지물재생센터 최근 11년(1995~2005)간 유입수질(BOD, SS) 자료는 〈표 15〉에 정리하고, 유입하수량 자료는 〈표 16〉과 〈표 17〉에 정리하였으며, 이 자료를 아래 〈그림 5〉에 유입하수량 및 유입수질 변화 추이를 꺾은선 도표로 작성하였다.

〈그림 6〉에서 유입하수량 연간 평균값은 1995년 최고치를 기록한 후, 1998년부터 시설용량 1,000천 m^3 /일 보다 적게 유입되기 시작하였고, 2001년에 최저치를 기록한 후 최근 3년간은 비교적 유량의 큰 변화없이 시설용량보다 약 10~13% 적게 유입되고 있다.

〈그림 5〉 난지물재생센터 유입하수량 및 유입수질(BOD, SS) 변화 추이



〈표 16〉 난지물재생센터 1995~2000년 월간 유입하수량 (단위 : m^3 /일)

연도 월	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
평 균	1,111,324	1,086,472	1,071,069	988,343	959,716	893,182
1	1,165,063	1,109,298	1,071,875	956,411	913,756	910,748
2	1,154,290	1,118,249	1,075,831	1,012,972	919,603	880,275
3	1,158,210	1,112,668	1,083,475	998,832	946,416	849,005
4	1,123,348	1,106,921	1,072,342	1,027,281	942,903	853,060
5	1,087,614	1,138,552	1,129,458	1,040,844	1,000,597	855,834
6	1,168,615	1,167,778	1,106,593	1,064,376	1,028,948	849,571
7	1,198,353	1,020,508	1,131,841	1,214,617	1,057,498	951,254
8	960,514	1,072,669	1,109,130	828,759	911,065	1,018,968
9	1,175,481	1,104,773	1,046,034	939,932	981,215	991,434
10	1,095,227	1,084,673	1,013,942	962,331	986,727	860,224
11	1,059,700	941,469	1,018,990	924,543	933,125	874,620
12	996,272	1,061,348	992,479	889,216	892,387	822,220
하절기 (6-9)평균	1,124,982	1,090,697	1,098,762	1,012,081	994,511	953,336
하절기 제외 평균	1,104,467	1,084,359	1,057,166	976,109	942,247	863,104

※ 자료 : 서울특별시 하수계획과

〈표 17〉 난지물재생센터 2001~2006년 월간 유입하수량 (단위 : m^3 /일)

연도 월	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년
평 균	786,762	821,782	895,168	872,816	887,267	-
1	880,457	790,284	812,405	800,253	784,794	848,950
2	846,908	707,561	830,828	820,611	799,244	810,812
3	794,742	761,086	821,341	811,541	787,713	823,742
4	747,086	838,591	869,459	861,916	825,684	858,034
5	699,649	867,592	891,775	920,573	836,184	886,754
6	738,530	823,593	910,858	894,869	871,210	907,844
7	911,422	921,396	967,066	1,054,844	1,038,590	1,005,084
8	883,115	960,773	1,027,893	928,050	1,096,317	-
9	732,274	907,423	1,055,200	937,688	998,678	-
10	776,499	811,749	866,340	800,569	937,059	-
11	716,534	750,703	873,667	829,007	830,841	-
12	712,890	710,652	813,110	811,547	831,641	-
하절기 (6-9)평균	817,662	903,916	990,373	954,479	1,002,285	-
하절기 제외 평균	771,248	780,546	847,371	831,985	829,521	-

※ 자료 : 서울특별시 하수계획과

난지물재생센터 유입하수 수질(BOD, SS) 농도는 불명수 감소에 따른 유입하수량 감소 영향으로 희석비율이 낮아져 2000년 이후 급격히 상승하였고, 설계값(BOD:111, SS:122)에 근접하고 있다. 특히 유입수질 BOD는 <그림 5>에서 2002년까지 SS보다 농도가 약간 낮았으나, 2003년부터 역전되어 SS보다 높게 나타나고 있다. 1995년부터 2002년까지 유입하수량 감소시에 BOD, SS 농도의 동반상승 효과는 있었겠지만, 이와 같이 BOD 농도가 SS보다 더욱 높아져 역전된 원인을 유입하수량 감소에 따른 불명수 차단 효과로 보기는 곤란하다.

또한 차량으로 운반되어 하수처리와 연계되는 정화조, 분뇨 및 일부 음식물 침출수는 유입하수의 수질농도 증가에는 직접적인 영향은 없다.

난지물재생센터 유입수질 BOD 농도가 2003년 이후부터 SS보다 높아진 이유는 ①음식물 침출수의 하수도 배출 증가 ②난지도매립장 쓰레기침출수 유입처리, 두 가지를 들 수 있다.

2005년 1월 1일부터 음식물쓰레기의 수도권매립지 반입이 금지됨에 따라, 2002년 이후 서울시내 일반주택가, 아파트단지 등에 음식물쓰레기 전용수거함 설치, 음식물 탈수기 보급이 증가하기 시작하였고 음식물침출수 위탁처리 등으로 인하여 생활하수 중에서 음식물침출수의 하수도 배출량이 급격히 증가하기 시작하였다.

음식물쓰레기로 인한 자원낭비와 환경오염을 줄이기 위한 정책으로서 폐기물관리법시행규칙 제6조 제5호의 규정에 따라 2005년 1월1일부터 특별시, 광역시, 시지역에서 발생하는 음식물류 폐기물을 바로 매립하여서는 안되며 소각, 퇴비화, 사료화, 소멸화 처리 후 발생하는 잔재물만 매립하여야 한다. 음식물쓰레기를 땅에 그냥 매립할 경우 토양의 2차오염이 발생되며 매립지 주변에 생활하는 주민에게 고통을 주며 음식물쓰레기 침출수가 지하수를 오염시켜 결국은 시민들의 건강까지 위협하게 되는 등 환경문제가 발생한다.

또한 음식물쓰레기는 수분을 80~90% 함유하고 있어 다른 쓰레기와 혼합하여 버리게 되면 운반과정에서 수분이 다른 쓰레기로 번져 전체 쓰레기의 적절한 처리를 방해할 뿐 아니라 미생물의 활동력을 증가시켜 악취 발생 원인이 되고 해충의 서식처로 변질될 우려가 있다.

2003년 이후부터 유입수질 BOD 농도가 SS보다 높아진 두 번째 원인으로는 난지도매립장 침출수처리장 가동으로 인하여 쓰레기침출수가 난지물재생센터 중계펌프장 하수관거를 통하여 유입하수와 혼합되어 난지물재생센터로 유입되기 때문이다.

난지도매립장은 1978년~1993년까지 서울시에서 배출되는 쓰레기를 매립하여 처리하던 곳으로, 만 15년간 생활쓰레기 전량과 산업쓰레기 일부를 비위생 단순매립방식으로 매립을 하였다. 난지도매립장은 폐쇄 이후 한강으로 침출수가 유출되는 것을 막기 위해 매립지 주변 지하에 깊이 17m~56m, 길이 6,017m의 차수벽을 설치하고 차수벽 안쪽으로는 200미터 간격으로 집수정 31개소를 설치하여 매립지에서 발생하는 침출수를 모을 수 있도록 하였다.

집수정에 모아진 침출수는 집수정펌프→침출수 이송관로→중계펌프장의 과정을 거쳐 난지도 침출수처리장에서 하루1,860m³씩 물리화학적 처리공정을 거쳐 처리된 후, 난지물재생센터 유입하수관로에 이송되어 하수처리공정에서 재처리된 후 한강으로 방류하도록 하였다.

난지도 매립장 침출수 처리장은 2001년 11월경부터 시운전을 시작하여 2003년 6월까지 물리화학적 처리를 한 후 배출하였고, 2003년 7월 이후 침출수 수질농도가 낮아지면서 처리 시설 가동을 중단하고 곧바로 하수관거로 이송하여 난지물재생센터로 유입시키고 있다.

〈표 18〉 난지도 매립장 쓰레기침출수 배출량 (단위 : m³/월)

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년
1월	0	0	60,411	63,000	65,536	58,688
2월	0	0	53,008	57,472	58,747	49,751
3월	0	0	56,707	56,990	66,064	52,187
4월	0	54,663	58,147	61,024	57,456	55,645
5월	0	59,004	58,644	62,945	58,269	60,698
6월	0	57,697	57,935	60,254	62,038	59,920
7월	0	62,347	58,636	65,315	64,517	60,075
8월	0	65,739	64,223	65,093	65,211	-
9월	0	60,066	63,719	65,009	58,418	-
10월	0	62,925	61,057	66,330	61,230	-
11월	0	47,535	61,728	66,073	56,412	-
12월	55,385	44,710	65,667	67,990	68,868	-
년 합계	55,385	514,686	719,882	757,495	742,766	-
일 평균	152	1,410	1,972	2,070	2,035	-

※ 2003년 7월 이후 물리화학적 처리중지로 하수관거로 직송하여 하수와 병합처리

난지물재생센터 연계처리수 유량은 〈표 19〉에서 2000년까지는 정화조와 분뇨만을 처리하였으나, 2001년 이후 음식물침출수와 쓰레기침출수까지 처리하면서 점점 다양해지면서 매년 증가하는 추세이고, 2005년에는 1997년과 비교하여 약 3배 증가하였다. 연계처리수는 유입 하수량에 비하면 적은 양이지만 수질농도는 〈표 20〉에서 매우 높으므로 하수처리시설에 충격 부하를 주지 않도록 일정한 유량을 지속적으로 균등하게 처리하는 방안을 강구하여야 한다.

하수처리장 유입하수 수질농도가 현저하게 낮았을 때는 이를 보완하는 차원에서 정화조, 분뇨를 연계처리함으로써 수처리공정 공기공급조의 친산소성 미생물 및 오니처리공정 소화조의 피산소성 미생물 활성화에 오히려 도움을 주고 큰 문제가 없었지만, 현재는 유입수질 농도가 설계치에 근접하고 있으므로 하수처리 유지관리에 충분한 조사, 분석이 이루어져야 한다.

〈표 19〉 난지물재생센터 연계처리수 유량 현황 (단위 : m³/일)

구 분	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
정화조	1916	2714	2910	3039	3176	3269	3512	3500	3473
분뇨	15	48	34	30	27	25	19	15	15
음식물침출수	0	0	0	0	16	31	49	93	132
쓰레기침출수	0	0	0	0	152	1410	1972	2070	2035
합 계	1931	2762	2944	3069	3371	4735	5552	5678	5655

〈표 20〉 난지물재생센터 연계처리수 최근 3년간 수질 현황 (단위 : mg/L)

구 분	BOD (생물학적산소요구량)				SS (부유물질)				비 고
	2003년	2004년	2005년	3년 평균	2003년	2004년	2005년	3년 평균	
정화조	7,567	6,988	4,551	6,369	6,900	7,000	10,800	8,233	차량운반
분뇨	17,481	14,048	11,202	14,244	36,900	36,500	42,900	38,767	차량운반
음식물침출수	97,792	60,111	55,666	71,190	34,519	27,175	18,387	26,694	차량운반
쓰레기침출수	22	19	26	22	15	28	30	24	관거유입

특히 정화조 및 분뇨는 고농도 질소 및 인을 함유하고 있어 고액분리가 어렵고 질소산화물 함유도가 높아 T-N, T-P 제거효율에 나쁜 영향을 주고, 음식물침출수는 기름과 소금 성분이 많아 공기공급조에서 잘 분해되지 않아 BOD제거효율에 나쁜 영향을 주고, 쓰레기침출수는 부패성 유기물질과 미량의 중금속 물질을 함유하여 COD제거효율에 나쁜 영향을 준다.

실제로 난지물재생센터 공기공급조 시설용량보다 유입하수량이 비교적 적게 들어오고 있으며, 일차침전지 SS제거효율이 매우 높아 공기공급조에 유입되는 일차침전지 일차처리수 SS는 낮은 편임에도 불구하고 용존산소(MLDO)는 낮게 나타나고 있다.

공기공급조에 공기를 공급하는 송풍기 가동도 정상적으로 관리함에도 불구하고 MLDO가 낮게 유지되어 결국 방류수의 BOD제거효율 저하현상으로 나타나는 가장 큰 원인은 정화조 및 분뇨의 상징수, 음식물침출수, 쓰레기침출수 등이 하수처리 시설과 연계처리 됨으로서 공기공급조에서 미생물에 의한 분해가 용이하지 않아 발생하는 것으로 판단된다.

〈표 21〉 난지물재생센터 2005년 일차침전지 수질 및 제거효율 (단위 : mg/L, %)

구 분	수질항목	#1처리장 일차침전지			#2처리장 일차침전지			처리장 평균			설계값
		1계열	2계열	3계열	4계열	5계열	6계열	#1평균	#2평균	전체평균	
유입수 (mg/L)	BOD	307.6	297.3	283.3	233.5	217.6	186.0	296.1	212.4	254.2	130
	S S	317.8	306.4	283.2	222.3	205.6	169.0	302.5	199.0	250.7	150
처리수 (mg/L)	BOD	100.1	95.8	91.5	87.5	83.6	79.1	95.8	83.4	89.6	85
	S S	58.7	53.9	50.0	45.5	43.0	39.9	54.2	42.8	48.5	83
제거효율 (%)	BOD	67.5	67.8	67.7	62.5	61.6	57.5	67.6	60.7	64.8	35
	S S	81.5	82.4	82.3	79.5	79.1	76.4	82.1	78.5	80.7	45

〈표 21〉의 난지물재생센터 2005년 일차침전지 유입수 수질(BOD, SS)은 각 계열별로 농도가 균일하지 않고, #1처리장(1, 2, 3계열)이 #2처리장(4, 5, 6계열)과 비교하여 농도가 약 1.4~1.5배 정도 높다. 또한 일차침전지 유입수질 농도는 설계값보다 약 1.7~2.0배 높아 하수처리 공정내에 슬러지 적체로 인한 반류수 및 연계처리수 영향이 큰 것으로 판단된다.

난지물재생센터 #2처리장 오니처리시설 용량부족은 부득이하게 #1, #2처리장 일차침전지 각 계열별 유입수질 불균형으로 유지관리를 하도록 원인제공을 하여, 직접적으로 일차침전지에서 발생하는 생오니 유량의 불균형을 초래하고, 결국은 간접적으로 난지물재생센터 수처리 및 오니처리 전체공정의 불균형을 가져와 효율적인 유지관리를 어렵게 하고 있다.

만약 하수처리 공정내에 슬러지가 적체된 상황에서 유입분배조에서 반류수를 #1, #2처리장 별로 균등히 관리하면 #2처리장에서는 수처리에서 발생하는 생오니, 잉여오니를 오니처리시설 용량부족으로 농축조, 소화조, 탈수기에서 정상적인 처리가 곤란하여 문제가 발생할 수 있다.

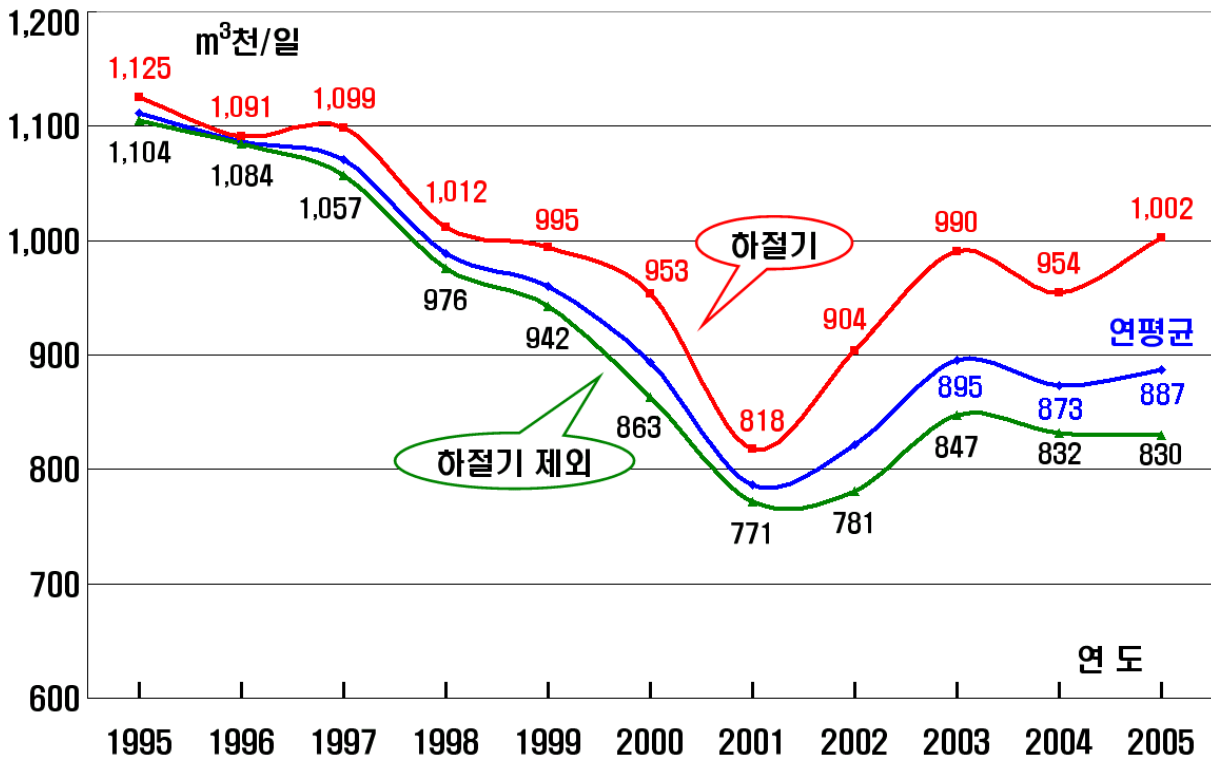
난지물재생센터 #1, #2 처리장의 수질불균형을 해소하기 위해서는 #2처리장 오니처리시설 용량증설이 가장 효과적이겠지만 많은 비용과 노력을 필요로 하며, 현재는 유입하수량이 설계치보다 적게 들어오므로 #2처리장 수처리시설 축소운영을 통한 오니처리시설 증설 효과로 하수처리시설을 효율적으로 유지관리하는 것이 가장 합리적인 개선방안이라 판단된다.

참고로 일차침전지 제거효율(BOD:65%, SS:81%)이 높아 유입수질 농도가 매우 높음에도 불구하고 처리수질 BOD는 설계치에 근접하고 SS는 매우 낮음에, 원인은 ①하수중에 모래 성분과다 ②유입하수량 감소로 체류시간증가 및 유속감소 ③생오니유량 과다인발로 판단된다.

4. 하절기 제외기간 수처리시설 1/6 축소운영 방안

난지물재생센터 1995~2000년 유입하수량 자료 <표 16>과 <표 17>을 참고하여, <그림 6>에 유입하수량을 연간평균값(중간)과 하절기(6월~9월)평균값(상단), 하절기 제외기간 평균값(하단)의 3가지로 구분하여 도표로 작성하였다.

<그림 6> 서울시 난지물재생센터 하절기 및 하절기 제외기간 유입하수량 변화 추이



하절기(6월~9월) 기간 유입하수량(상단)이 평균값보다 급격히 증가하는데 이는 난지처리 구역내 하수배제방식의 약 96.7%가 합류식으로 하절기 우수유입에 의한 영향으로 판단된다.

불명수 차단에 따른 유입하수량 감소효과와 더불어 최근 하절기에는 장마, 태풍, 집중호우, 이상기후 등으로 인한 강우의 영향으로 인하여 하절기(6월~9월)기간과 하절기 제외기간의 유입하수량 차이가 점점 커지고 있음을 알 수 있다.

실제로 2005년 연간 유입량은 2004년보다 증가한 것으로 나타났지만, 하절기 제외한 기간의 유입하수량은 오히려 2004년 보다 조금 감소하였다는 것을 알 수 있다.

난지물재생센터 최근 3년(2002~2005)간 유입하수량 평균값은 $885,083 \text{ m}^3/\text{일}$ 이며, 이 중에서 하절기(6월~9월) 유입하수량 평균값은 $982,379 \text{ m}^3/\text{일}$ 으로 가동율은 98.2%이고, 하절기 제외기간 유입하수량 평균값은 $836,292 \text{ m}^3/\text{일}$ 로 가동율은 83.6% 이다.

난지물재생센터 최근 3년간 하절기 제외기간의 가동율 83.6%는 시설용량 $1,000 \text{ 천 m}^3/\text{일}$ 에서 약 16.4% 여유가 있는 것이므로 수처리시설 1/6(16.7%) 축소운영시 설계치에 최적으로 근접한 유입하수량을 처리할 수 있다. 또한 유입하수 수질농도는 설계치에 근접하고 있고, 시설개선공사가 2006년 완료 예정이므로 축소운영에 탄력을 받을 수 있다.

본 계획(안)에서는 지금까지 설명을 토대로 서울시 난지물재생센터 유입하수량 감소 및 유입수질 농도 증가, 그리고 시설개선공사가 2006년 완료 예정에 따라, 기존 운영방법의 효율적인 개선방안으로 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영의 구체적인 실천방안 세 가지를 다음과 같이 제시한다.

① 하절기를 제외한 기간에만 하수처리시설 축소운영 실시

- 하절기(6월~9월)에는 장마, 태풍, 집중호우, 이상기후 등으로 인한 강우의 영향으로 시설용량을 초과하여 하수가 유입될 때가 자주 발생하여 초기강우 및 3Q처리에 따른 하수처리 축소운영이 곤란하므로 하수처리시설 100% 정상운영

② #2처리장 수처리시설을 대상으로 축소운영 실시

- #2처리장 수처리시설을 1/3축소운영함으로써 처리장 전체적으로는 수처리시설을 1/6 축소운영하며, 시설용량이 부족한 #2처리장 오니처리시설의 용량 1/3증설 효과 발생

- 하수처리 공정내에 슬러지 적체 해소를 위하여 오니처리시설은 100% 운영

- #1처리장은 정화조오니 및 음식물침출수 연계처리를 하므로 하수병합처리에 영향을 주지 않도록 축소운영을 실시하지 않음.

- #1, #2처리장이 동일한 수처리 용량임에도 불구하고 #2처리장 오니처리시설 용량이 적고, 주요공정별로 기기설치 대수가 #2처리장이 적으므로 예비율 확보 및 불균형을 해소를 위하여, #2처리장 수처리 4, 5, 6계열 중에서 1개 계열을 운전정지하여 축소운영 실시

(예 1) 수처리 송풍기 : #1처리장 : 5대, #2처리장 : 4대

(예 2) 오니처리 탈수기 : #1처리장 : 9대, #2처리장 : 4대

- #2처리장 수처리시설 1개 계열 축소운영 대상 : 일차침전지, 공기공급조, 이차침전지

③ 축소운영시 일차침전지를 한시적으로 우수침전지로 임시 운영

- 축소운영시 강우로 인하여 유입하수가 증가할 때 대책방안으로, 축소운영으로 운전이 정지된 일차침전지를 한시적으로 우수침전지로 전환하여 임시 운영하여 물리적(일차)처리되는 전체 일차침전지 시설용량에 의한 정상적인 운영으로 초기강우 및 3Q처리에 대처.

위의 실천방안 세 가지를 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영 방안으로 #2처리장 수처리 1개 계열을 운전정지하여 축소운영시 유입하수량을 시설용량 설계치에 근접시켜, 처리장(#1, #2)별, 처리공정별, 계열별, 수조 별로 각종 수질과 발생하는 슬러지 유량을 균등하게 관리하는 최적운전으로 수질을 개선하고 경제적인 운영으로 처리예산 절감에 기여할 수 있다.

또한 #1, #2처리장간 오니처리 시설용량 불균형을 해소시킴으로서 하수처리 공정내 적체된 슬러지에 의한 반류수 악순환을 차단하는데 도움을 줄 것으로 예상된다.

그러므로 유입하수량 계절별 변동에 탄력적으로 대응하기 위해서는 수처리시설을 계열별로 운전할 수 있도록 운영계획을 수립하여, 처리계통을 계열화 운전이 적합하도록 관리함으로써 가동효율을 증대시키고 불필요한 유지관리비를 절약하여야 한다.

난지물재생센터 하절기 제외기간 수처리시설 1/6축소운영 계획(안)에 대하여 실제 현장에 적용전에 충분한 준비가 필요하므로 자체 협의를 거친 후, 관계 전문가의 폭넓은 의견수렴과 전문기관 기술자문을 실시하여 금년 중에는 계획을 최종 확정하고, 2007년부터 하절기 제외 기간에는 수처리시설 1/6 축소운영을 실시하도록 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

5. 수처리시설 1/6 축소운영에 따른 기대 효과

〈표 22〉 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영에 따른 #2처리장 설계값 현황 비교

수 처리	항 목	단 위	기존 설계	1/6 축소	오니처리	항 목	단 위	기존 설계	1/6 축소
침 사 지	체류시간	sec	240	240	농 축 조	투입오니량	m ³ /일	3,553	2,368
"	유속	m/sec	0.11	0.11	"	투입오니 TS	%	1.6	1.6
일차침전지	유입량	m ³ /일	500,000	333,333	"	농축시간	hr	13	17.3
"	유입 BOD	mg/L	130	130	"	고형물부하	kgDS/m ² ·일	86.3	57.5
"	유입 SS	mg/L	150	150	"	분리액량	m ³ /일	2,306	1,537
"	생오니량	m ³ /일	844	563	"	분리액 SS	mg/L	2,500	2,500
"	생오니 TS	%	4.0	4.0	"	오니발생량	m ³ /일	1,247	831
"	체류시간	hr	2.1	2.1	"	오니발생 TS	%	4.0	4.0
"	수면적부하	m ² /m ² ·일	35.1	35.1	소 화 조	투입오니량	m ³ /일	1,247	831
"	유출 BOD	mg/L	85	85	"	투입오니 VS	%	50	50
"	유출 SS	mg/L	83	83	"	유출오니 VS	%	38	38
공기공급조	체류시간	hr	6.1	6.1	"	가스발생량	m ³ /일	7,982	5,321
"	BOD용적부하	kg/m ³ ·일	0.33	0.33	"	소화일수	일	17	22.7
"	오니일령	일	4.6	4.6	"	소화온도	℃	-	-
"	F/M비	kg·BOD/kg·SS	0.22	0.22	"	소화율	%	40	40
"	송풍량	m ³ /kg·BOD	51	51	"	오니발생량	m ³ /일	1,247	831
"	MLSS	mg/L	1,500	1,500	"	오니발생 TS	%	3.2	3.2
"	반송오니량	m ³ /일	110,038	73,359	소화농축조	투입오니량	m ³ /일	1,247	831
"	반송율	%	22	22	"	투입오니 TS	%	3.2	3.2
"	SRT	일	6.9	6.9	"	농축시간	hr	24.7	32.9
이차침전지	유입량	m ³ /일	500,000	333,333	"	고형물부하	kg/m ² ·일	93.2	62.1
"	체류시간	hr	3.4	3.4	"	분리액량	m ³ /일	489	326
"	수면적부하	m ² /m ² ·일	24	24	"	분리액 SS	mg/L	4,084	4,084
"	잉여오니량	m ³ /일	2,709	1,806	"	오니발생량	m ³ /일	758	505
"	잉여오니 TS	%	0.8	0.8	"	오니발생 TS	%	5.0	5.0
"	처리수 BOD	mg/L	13	13	탈 수 기	투입오니량	m ³ /일	758	505
"	처리수 SS	mg/L	12	12	"	약품주입률	%/DS	0.3-1.0	0.3-1.0

〈표 22〉는 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영에 따른 #2처리장 설계현황을 비교하여 정리한 것으로 음영으로 표시된 부분은 축소운영으로 인하여 변경되는 부분이다.

#2처리장 설계값 현황에서 좌측 수처리시설(일차침전지, 공기공급조, 이차침전지)은 축소운영에 따라 유입량과 반송오니량이 축소비율만큼 당연히 줄어드는 것을 제외하면 기존 설계치에서 변경되는 것은 생오니량과 잉여오니량이 1/3 감소되는 것 뿐이다.

그러나 우측 오니처리공정은 생오니, 잉여오니 유량감소로 인한 간접적인 용량증설 효과로 상당 부분이 긍정적으로 개선되어 변경되는 것을 알 수 있다.

특히 농축조 및 소화농축조에서 농축시간이 증대하고, 소화조에서는 소화일수가 늘어나므로 고형물 회수효율이 당연히 높아질 것이며, 동시에 수처리공정으로 반송되는 분리액이 감소되므로 반류수의 수질이 향상되어 하수처리 공정내 적체된 슬러지 해소에 결정적인 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 탈수기에서도 #1처리장(탈수기 9대 보유)에 비하여 상대적으로 보유대수가 4대에 불과한데 탈수기 투입오니 1/3 감소로 인하여 탈수기 1/3 증설 효과를 볼 수 있어 유지관리 및 각종 고장, 점검시 효율적으로 대처하며 안정적으로 운영할 수 있을 것이다.

난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영에 따른 #2처리장 오니처리시설의 용량증설 효과는 수처리공정 수질관리에서 가장 큰 문제점인 #1처리장과 #2처리장의 수질불균형을 해소시켜서 수처리공정 각 계열별, 수조별로 수질을 균등하게 관리할 수 있도록 한다.

즉 지금까지는 #2처리장 오니처리 시설용량 부족으로 부득이 반류수를 #1처리장으로 편중되도록 관리함으로써 수처리의 관문인 일차침전지에서 부터 각 계열별로 수질이 불균형을 이루어 수처리 전 공정별로 수질상태가 다르게 관리되어 유지관리에 어려움이 많았다..

그러나 수처리시설 1/6축소운영으로 인한 #2처리장 오니처리시설 증설효과로 유입분배조에서 반류수를 처리장별로 균등 분배가 가능하도록 개선이 가능하여 하수처리 공정별로 수질을 균등하게 관리하며 각종 기기들을 설계치에 근접시키면서 유지관리를 할 수 있다.

결국 #1처리장으로 편중된 수질불균형을 #1, #2처리장이 균등하게 분배됨으로써 #1처리장 오염부하량을 감소시켜 #1처리장 수질관리에도 도움을 주고, 최종적으로 난지물재생센터 전체적인 방류수질 개선에 도움을 줄 것으로 예상된다.

또한 축소운영으로 운전이 정지된 수처리공정의 각종 처리시설이나 기기들의 예비율을 확보하는 효과가 발생하고 정지된 수처리시설 일차침전지, 공기공급조, 이차침전지시설을 예비개념으로 활용할 수 있으므로 각종 보수공사 및 기기점검, 고장 등으로 인한 처리공백을 최소한으로 줄일 수 있어 유지관리에 도움을 줄 것이다.

예를 들어 #2처리장 공기공급조에 공기를 공급하는 송풍기(500Kw) 설치 대수는 4대이고 일반적으로 3대를 가동하여 운영하는데, 축소운영으로 송풍기 가동 대수 1대를 정지하게 되면 예비율이 4대중 1대에서 2대로 증가하게 되어 송풍기 1대 증설 효과를 가져온다. 동시에 축소운영에 따라 간접적인 인력증원 효과가 발생하며 기기가동에 필요한 전기요금, 각종 소모품 등의 유지관리 비용을 절감할 수가 있다.

또한 #2처리장 탈수기 설치대수는 #1처리장과 동일한 500천톤/일을 처리함에도 불구하고 탈수기 대수는 #1처리장 9대의 절반에도 미치지 못하는 4대만 설치되었는데, 2006년 시설개선공사에서 탈수기 부족분에 대하여 2대(원심탈수기) 증설공사가 완료되면 #2처리장에서 탈수기 보유대수는 6대로 유지관리될 예정이다.

수처리시설 1/6축소운영 및 #2오니처리공정의 원심탈수기 2대 증설은 시너지(상승)효과를 가져와 #1처리장과 #2처리장의 탈수기 대수의 분담량 균형을 가져오게 된다.

〈표 23〉 난지물재생센터 #1, 제2처리장 탈수기 분담량 비교 (단위 : m^3 /일)

구 분	#1처리장 탈수기 분담량			#2처리장 탈수기 분담량			비 고
	시설용량	대수	용량/대수	시설용량	대수	용량/대수	
2006년 8월 현재	500,000	9대	55,555	500,000	4대	125,000	
2006년12월 예정	500,000	9대	55,555	500,000	6대	83,333	시설개선공사
수처리1/6축소운영	500,000	9대	55,555	333,333	6대	55,555	

〈표 23〉에서 #1처리장의 분담량(수처리 시설용량/탈수기 대수)은 축소운영을 하지 않고 증설이 없으므로 탈수기 분담량은 $55,555m^3$ /일·대로 일정하다. 그러나 #2처리장 탈수기 분담율은 현재 $125,000m^3$ /일·대에서 시설개선공사로 2대 증설시 $83,333m^3$ /일·대로 감소되며, 수처리 1/6축소운영시에는 #1처리장과 분담량이 동일하게 $55,555m^3$ /일·대 된다.

즉 수처리 1/6 축소운동을 실시하면 #2처리장 탈수기 대수는 외형적으로 #1처리장에 비교하여 3대 적지만 탈수기 1대당 분담량은 동일하며, 특히 #2처리장은 정화조 및 분뇨, 음식물 침출수를 직접 연계처리하지 않으므로 오히려 오염부하량 부담은 더욱 감소된다.

결국 수처리 1/6 축소운영으로 #1, #2처리장 수처리시설과 균등한 탈수기 운영이 가능하므로 수처리시설 수질을 균등하게 유지할 수 있는 시설환경을 만들어 일차침전지 유입하수 수질 불균형을 해소할 수 있으며, 수처리 시설에서 발생하는 생오니, 잉여오니 발생량을 균등하게 오니처리 시설로 분산시켜 하수처리 전 공정별로 수질균등 관리에 큰 도움을 줄 것이다.

지금까지 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영에 따른 기대효과를 아래에 요약하였다.

5-1. 수처리시설 기대 효과

- 가. 수질을 균등하게 유지하여 처리공정별 각종 유량을 설계치에 근접한 운영 가능하다.
- 나. 오니처리공정 효율 증대에 의한 반류수 수질 향상으로 방류수질 개선에 기여한다.
- 다. #2처리장 송풍기(500KW) 예비용 1대 증설 효과 (예비율: 25% → 50%)
- 라. 정지된 수처리 계열을 예비로 활용 (고장, 점검, 각종 보수공사시 처리공백 최소화)

5-2. 오니처리시설 기대 효과

- 가. 농축조, 소화농축조 농축시간 증가 및 소화조 소화일수 증가로 고형물 회수효율 증가
- 나. 반류수 수질 향상으로 하수처리 공정내 적체 슬러지 악순환 차단에 도움
- 다. 탈수기 용량증설 효과로 수처리 발생 슬러지 처리에 안정적인 유지관리 가능

5-3. 기타 기대 효과

- 가. 수전동 특고압 변압기 전력 예비율 증가 및 용량 증설 효과
- 나. 수전동 최대수요(Peak)전력 감소(최소 610KW)에 따른 전기 기본요금 절감
- 다. 수처리시설 감소에 따른 유지관리 인원 증원 효과
- 라. 수처리 1개 계열에 상당하는 유지관리 소모품 절감
- 마. 환경부, 서울시 등 운영 평가시 효율 증대 및 전력 절감 항목 점수 제고

5-4. 전기요금 절감효과

〈표 24〉 하절기 제외기간 수처리시설 1/6 축소운영시 전기 절감량 (#2처리장 대상)

처리공정	기기명	KW	대수	가동시간	연간 전기 절감량 계산식	절감량(KWH)
일차침전지	슬러지 수집기	1.5	8	24	1.5Kw×8대×24시간×244일	70,272
"	생오니펌프	3.7	4	12	3.7Kw×1대×12시간×244일	10,834
공기공급조	송풍기	500	4	24	500Kw×1대×24시간×244일	2,928,000
이차침전지	반송오니펌프	37	8	24	37Kw×2대×24시간×244일	433,344
"	잉여오니펌프	11	4	12	11Kw×1대×12시간×244일	32,208
"	슬러지수집기	1.5	16	24	1.5Kw×16대×24시간×244일	140,544
					연간 전기 절감량 합계	3,615,202

계약종별 : 산업용전력(을) 고압A 선택Ⅱ, 계약전력 : 9500Kw, 사용요금 : KWH당 약64원 적용
 기본요금 : 요금적용전력에 대하여 KW당 5,260원, 예비전력요금 : 기본요금의 5%

※ 연간 전기요금 절감액 = 연간 전기 절감량 합계 × KWH 단가 = 3,615,202KWH × 64원
 = 231,372,928원 (약 2억3천만원)

6. 축소운영에 따른 대책방안

난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영을 현장에 실제 적용할 때 발생할 수 있는 문제점 등을 사전에 검토하여 축소운영 계획(안) 완성도를 높이고자 대책방안을 작성하였다.

난지물재생센터에서 장기적인 계획으로 하수처리시설 축소운영에 대하여 조사, 분석, 연구하여 타 처리장에서도 유지관리에 참고할 수 있는 운영 자료를 확보한다면 이 분야에서 난지물재생센터가 선두주자의 역할을 담당하게 될 것으로 판단한다.

6-1. 초기강우 및 3Q 처리 대책

난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영시 가장 먼저 고려할 사항으로 하절기(6월~9월)를 제외한 기간중 강우로 인하여 유입하수량이 증가할 때 대책이다.

우리나라 계절 특성상 하절기를 제외한 기간중에는 강우시간 및 강우량이 하절기에 비하면 강도가 약한 편이므로 기상청 날씨정보 등을 참고하여, 축소운영으로 운전이 정지된 일차침전지를 한시적으로 우수침전지로 전환하여 임시 운영하여 대처토록 한다. 이 경우 물리적(일차) 처리는 전체 일차침전지 시설용량에 의한 정상적인 운영이므로 초기강우 및 3Q처리에 충분히 대처할 수가 있다고 판단된다.

또한 기존 운영중인 공기공급조와 이차침전지는 완충능력 범위내에서 강우시 최대한 유입하수를 이차처리하도록 한다. 기존 1,000천 m^3 /일 유지관리에서 강우시 유입하수량이 증가시, 공기공급조에 유입되는 일차침전지 일차처리수를 시설용량보다 10% 증가한 1.1Q를 처리하였으므로, 수처리시설 1/6 축소운영을 하여도 1,000천 m^3 /일 $\times(1-1/6)\times 1.1Q\approx 920$ 천 m^3 /일 정도는 단기적으로 정상적인 이차처리가 가능할 것으로 판단된다.

난지물재생센터는 본 처리장과 약 5.2Km 거리에 한강과 홍제천의 합류지점인 서울시 마포구 상암동 월드컵공원내에 침사지 및 유입펌프장으로 구성된 중계펌프장을 운영하고 있다.

경기도 고양시 덕양구 현천동에 위치한 본 처리장에 침사지 및 유입펌프장이 없으므로 본 처리장에는 오히려 공정에서 발생하는 반류수를 처리하기 위하여 (서울시 다른 물재생센터에는 설치되지 않은) 오수펌프장을 별도로 설치하여 운영하고 있다.

난지물재생센터에서는 초기우수시 관로 및 침사지 수위를 하향조정하여 전량 펌핑하여 처리하도록 노력하고 있으나 시설용량 100만 m^3 /일 유지관리시 최대로 증가시켜 처리가능한 유입하수량은 약 1.7Q이다. 난지물재생센터에서 초기강우시 3Q처리가 구조적으로 곤란한 두 가지 이유는 ① 중계펌프장에서 펌핑된 하수가 본 처리장까지 도달하는데 평시에 약 2시간 정도 시간이 소요되는데 차집관로의 일부구간에서 평시 유수량이 70%가 달하는 곳이 있어 1.5Q 이상 펌핑처리시 주위를 요하고 ② 1.7Q이상의 하수가 유입시에는 #2처리장 유입분배조 수위가 상승하여 넘칠 위험이 있기 때문이다.

그러므로 강우시 중계펌프장에서 본 처리장으로 기존의 차집관로에서 최대로 펌핑가능한 1.7Q로 하수가 유입하게 될 경우에 수처리 1/6 축소운영에 따른 5/6 시설용량으로 최대 처리 가능한 유입하수량을 계산하면 $1.7Q/(1-1/6)\approx 2Q$ 가 된다.

즉 강우시 합류식의 다른 하수처리장은 3Q 처리에 어려움이 있으나 난지물재생센터는 1/6 축소운영을 하여도 구조적인 이유로 앞서 설명한 정지된 일차침전지를 임시운영하지 않아도 최대 2Q 이하로 처리하므로 초기강우 및 3Q처리에 따른 영향을 최소화 시킬 수 있다.

6-2. 유입량 증가에 대한 대책

〈표 25〉 난지하수처리구역 계획하수량

구 분			계획하수량 (천 m^3 /일)			
			2001년	2006년	2011년	
일 평 균	서울시 전체			5,156.3	5,079.9	4,886.3
	난 지 처 리 구 역	서울시	생활하수	586.8	649.1	685.6
			불명수	148.9	143.2	131.1
			소 계	735.7	792.3	816.7
	주 변 도 시	생활하수	19.9	19.9	19.9	
		불명수	-	-	-	
		소 계	19.9	19.9	19.9	
	계	생활하수	606.7	669.0	705.5	
		불명수	148.9	143.2	131.1	
		소 계	755.6	812.2	836.6	
일 최 대	서울시 전체			5,922.7	5,859.7	5,659.5
	난 지 처 리 구 역	서울시	생활하수	704.1	778.9	822.7
			불명수	148.9	143.2	131.1
			소 계	853.0	922.1	953.8
	주 변 도 시	생활하수	23.8	23.8	23.8	
		불명수	-	-	-	
		소 계	23.8	23.8	23.8	
	계	생활하수	727.9	802.7	846.5	
		불명수	148.9	143.2	131.1	
		소 계	876.8	945.9	977.6	
시 간 최 대	서울시 전체			6,779.2	6,727.5	6,522.9
	난 지 처 리 구 역	서울시	생활하수	823.8	911.4	962.5
			불명수	148.9	143.2	131.1
			소 계	972.7	1054.6	1093.6
	주 변 도 시	생활하수	27.9	27.9	27.9	
		불명수	-	-	-	
		소 계	27.9	27.9	27.9	
	계	생활하수	851.7	939.3	990.4	
		불명수	148.9	143.2	131.1	
		소 계	1,000.6	1,082.5	1,121.5	

※ 자료 : 난지하수처리장 시설개선공사 기본 및 실시설계 보고서 2004년 9월

〈표 25〉에서 변동부하율 및 주변지역을 포함한 2011년 난지처리구역 계획하수량은 일평균 836.6천 m^3 /일 으로 최근 3년(2002~2005)간 평균값 885.1천 m^3 /일 보다 약 5.5%감소한 수치이다. 2011년 계획하수량 일평균 836.6천 m^3 /일에서 하절기기간을 제외한 평균값은 (연 평균값의 95% 정도를 적용하면) 약 7,947천 m^3 /일 정도로 가동율은 79%에 불과하다.

향후 유입하수량의 증감을 확실하게 예측할 수는 없지만 유입하수량 구성성분에서 가장 많은 영향을 주는 상수도 생산량 수요가 안정기에 접어들었고, 하수관거 정비 및 노후 상수관 정비로 불명수 유량은 감소될 것이 예상되므로 하절기를 제외한 기간에는 급격한 유입하수량의 증가는 크게 나타나지 않을 것으로 판단된다.

물론 앞으로 신도시 건설정책 등과 관련된 부분적인 물 수요증가 요인 및 생활수준 향상에 따른 약간의 물 사용량 증가가 있으므로 유입하수량은 현재 수준을 유지할 것으로 예상된다.

6-3. 유입수질 농도 증가에 대한 대책

〈표 26〉 난지물재생센터 유입수질 설계값 변화추이 (단위 : mg/L)

구 분		1단계 1차처리	1단계 2차처리	2단계 실시설계(1993)		고도처리시설 기본계획(2003)	2005년 운영현황
		기본설계(1985)	실시설계(1988)	1996 적용	2001 적용		
유입원수	BOD	186	-	-	111	130	111.3
	S S	213	-	-	122	110	101.8
설계수질	BOD	200	148	110	130	-	254.8
	S S	250	175	120	150	-	252.6

국내의 하수처리장 건설초기에는 외국의 하수처리 기술을 그대로 가져와 건설한 것이 대부분이어서 난지물재생센터의 유입수질 설계값도 초기에는 매우 높았으며, 유입수질 변화추이에 따라서 〈표 26〉처럼 필요시마다 현장변화에 대응하며 수정하여 사용하고 있다.

2006년 현재 적용되는 유입원수 수질은 1993년 2단계 #2처리장 실시설계에서 적용한 것으로 BOD 111, SS122이다. 참고로 2003년 고도처리시설 기본계획에서 난지물재생센터 유입원수 수질은 현재보다 BOD는 130으로 증가하고, SS는 110으로 감소하였다.

향후 유입하수 수질농도 증감을 확실히 예측할 수는 없지만 음식물침출수 하수도 배출증가 및 하수관거 정비, 노후 상수관 정비로 인한 불명수 감소로 유입수질 농도는 증가가 예상된다.

난지물재생센터의 유지관리에서는 오폐수처리시설 용량이 부족한 실정이므로 유입하수 수질의 농도증가에 관심을 갖고 대비를 하여야 하며, 더욱 중요한 것은 각 공정별로 처리수질을 균등히 유지하고 처리공정내 슬러지 적체를 해소시키는 것이 시급한 과제이다.

특히 BOD농도 과다상승은 강화되는 방류수질 기준준수에 어려움을 주고, SS농도 과다상승은 각종 슬러지 발생량 및 탈수케익량 증가로 나타나므로 충분한 대비를 하여야 한다.

그러므로 향후 유입수질 증가에 대한 대책은 축소운영을 실시하지 않는 하절기 기간에 #2처리장 수처리에서 발생하는 슬러지 증가에 따른 근본적인 해결방안이 필요하다고 생각한다.

장기적으로는 #2처리장 오폐수처리시설 용량을 증설하는 방안, 고품질 회수효율을 높일 수 있는 시설설치 방안, #2처리장 수처리에서 발생하는 슬러지를 #1처리장 오폐수처리시설로 이송하는 방안, 또는 슬러지 처리시설을 통합운영하는 방안 등을 적극적으로 검토하여야 한다.

하수처리공정내 슬러지 적체가 해소되지 않은 상태에서 반류수 악순환에 의한 비효율적인 운영이 된다면 고도처리시설을 설치한다 하더라도 수질개선 효과는 미약할 것으로 판단된다.

6-4. 연계처리수에 대한 대책

#1처리장과 #2처리장은 동일한 처리용량 5,000천 m^3 /일이고 차량으로 운반되는 연계처리수(정화조오니, 분뇨, 음식물침출수 등)는 #1처리장에서만 처리하며, 축소운영은 #2처리장을 대상으로 실시하므로 #1처리장에서는 축소운영에 따른 직접적인 영향은 없다.

또한 연계처리수에 대한 희석비율은 유입하수량과 관련된 것이며 축소운영으로 유입하수량이 감소하는 것이 아니므로 희석비율에는 영향을 주지 않는다.

오히려 축소운영으로 인한 효과로 #1처리장으로 편중된 수질불균형을 #1, #2처리장이 균등하게 분배됨으로서 #1처리장 오염부하량을 감소시켜 #1처리장 수질관리에도 도움을 주고, 최종적으로 난지물재생센터 전체적인 방류수질 개선에 도움을 줄 것으로 예상된다.

6-5. 시설개선공사 완료예정에 따른 대책

현재 시행중인 고도처리 1단계 시설개선공사는 고도처리시설을 설치하기 위한 전단계로서 하수도법규에서 정한 하수처리장 방류수질기준(2008년부터 시행)이 <표 11>로 강화됨에 대비하여 현재의 시설로 비용을 최소한으로 투입하여 강화된 방류수질 기준준수 및 하천수질을 개선하는데 목적이 있다.

난지물재생센터 1단계 시설개선공사는 서울시 건설안전본부에서 발주하였고, 주요 내용으로 기존 하수처리시설의 수처리 및 오니처리 시설개선, 분뇨처리시설 증설(1,500kL/일), 용수공급시설 증설(7,000m³/일), 탈취시설 증설 등이 있다.

난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영 실시와 시설개선공사는 직, 간접적으로 연관되어 있으며, 특히 아래의 개선사항은 하수처리 효율제고에 시너지(상승) 효과를 얻을 수 있다.

가) 유입분배조 개선공사

반류수 분배조(29.2mL×11mW)설치 및 전자식 유량계(D=350mm×6대) 설치공사. 유입분배조에서 반류수의 균등분배가 이뤄지도록 웨어방식의 구조물 및 반송수 배관을 개선하는 공사

나) #1처리장 유입유량계 설치공사

유량계실 (6.8mL×8.5mW×3개소)설치 및 전자식 유량계(D=1,650mm×3대) 설치공사. 제2처리장 유량계와 동일한 전자식 유량계로 설치 및 유량계실 구조물 공사

다) 농축설비 증설 및 개선

#1처리장 GBT 80m³/hr×2대 개선 및 #2처리장 GBT 90m³/hr×3대 증설 공사. 잉여오니 기계농축설비(GBT)동 건설 후 기계식 농축기 증설공사

라) #2처리장 탈수기 증설공사

원심탈수기 900Kg·DS/hr×2대 증설공사. 탈수기 부족분에 대하여 2대 증설공사

마) 분뇨처리시설 개선

부족한 예비시설을 확충하여 기존 처리용량 3,000KL/일에서 4,500kL/일의 안정적인 처리로 연계처리수 회수효율을 높여 하수처리 연계비율 저감효과

6-6. 철저한 계획수립 대책

난지물재생센터 하절기 제외기간 수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)에 대하여 실제 현장에 적용 전에 충분한 준비가 필요하다.

빠른 시일내에 자체적인 내부협의를 거친 후, 필요하다면 관계 전문가의 폭넓은 의견수렴과 전문기관 기술자문을 실시하여 금년 중에는 계획(안)을 최종 확정하고, 2006년까지 고도처리 1단계사업이 완료되므로 2007년부터 하절기 제외기간에는 수처리시설 1/6 축소운영을 실시하도록 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

가) 사전에 T/F 팀 구성하여 공정별 세부 실천계획 및 대처방안 수립

나) 전문기관 기술자문 실시 : 환경부, 하수계획과, 환경관리공단 등

다) 전문가 기술자문 실시 : 대학 등 연구기관과의 연계연구 및 대학교수, 기술사 등

라) 타 물재생센터 등의 자문 및 의견 교환

마) 유사한 하수처리장에 하수처리시설 축소운영 방안 홍보

7. 하수처리시설 축소운영 전국 확대 실시

2005년 6월 환경부 자료 『'04년 하수처리종말시설 운영관리실태 분석』에 의하면 2004년말 현재 전국적으로 <표 27>의 268개 하수처리장이 가동중에 있다.

또한 <표 28>에서 총 268개소의 처리용량은 21,535천톤/일이고 하수처리종말시설중에서 가동일수가 6개월 이상인 263개소(21,392천톤/일)에 대한 분석결과 1일 유입하수 처리량은 18,147천톤/일로 시설용량 대비 84.8%의 가동율을 보이고 있다.

<표 27> 우리나라 하수처리장 수량 및 처리방식 현황 (2004년말 현재)

처리방식 처리장	표준 활성	장기 포기	산화구	회전 원판	접촉 산화	고도처리공법			합 계
						A2O	SBR	기타	
수 량 (개)	95	15	27	11	9	37	42	32	268
비 율 (%)	35	6	10	4	3	14	16	12	100

<표 28> 우리나라 하수처리장 시설용량 대비 유입하수량 비율 (2004년말 현재)

유입비율 처리장	시설용량 대비 실제 유입하수량 비율 (개소)				합 계
	100%이상	50~100%미만	20~50%미만	20%미만	
수 량 (개)	37	166	55	5	263
비 율 (%)	14.8	62.8	20.5	1.9	100

그러나 <표 28>에서 100%이상 유입되는 37개소(14%)를 제외시킨 나머지 226개소(86%)의 전국 하수처리장의 시설용량 대비 유입하수량 연평균 가동율은 약 75% 정도로 낮아지질 것으로 예상된다. 여기에 하절기 기간을 제외시킨 8개월간 전국 하수처리장의 가동율은 더욱 낮아질 것으로 예상된다.

하수처리 유지관리도 과거의 팽창일변도 시절의 사고와 관행을 탈피하여 능률과 효율을 지향하며, 최적화 운영으로 수질을 개선하고 비용을 절감할수 있도록 노력하여야 한다.

연간 가동율이 낮은 하수처리장에서 축소운영에 대한 계획을 추진하기 어려운 이유는 하수처리시설은 초기강우 및 3Q처리를 하여야 하며, 계절적인 영향으로 하절기 기간중에는 강우로 인하여 유입하수량이 시설용량을 초과할 때가 빈번히 발생하기 때문이라고 판단된다.

그러므로 하절기 기간을 제외시켜 하수처리장별로 현장여건에 적합한 축소운영을 조사, 분석하여 본 연구문에서 제시한 실천방안으로 현장에 적용하여 실시한다면 우리나라 전체적으로 하수처리 공정에 효율을 높이고 동시에 처리비용을 절약할 수 있을 것이다.

또한 하절기 제외기간 하수처리시설 축소운영에 따른 추가 공사나 예산이 필요한 것이 아니므로 사전에 충분히 준비하면 현장에 적용시킬만한 가치가 있다고 판단한다.

하수처리 분야의 각종 보고서 및 연구논문 등에는 유입하수량, 유입수질, 유지관리 문제점 등의 원인규명, 조사분석 등에 관한 연구는 많이 있으나 하수처리시설을 축소운영하여 현장운전 방법을 변경하고 개선하는 등의 연구논문은 아직은 없는 실정이다.

따라서 난지물재생센터 수처리시설 1/6 축소운영 계획(안)이 성공적으로 수립되어 시행될 경우, 그 범위를 확대하여 유입하수량이 시설용량보다 적어 가동율이 낮은 서울시 물재생센터 및 전국의 하수처리장에도 적용하여 효율적인 하수처리시설 유지관리에 도움이 되길 바란다.

IV. 맺음말

서울시는 2006년까지 고도처리 1단계사업으로 중량물재생센터는 고도처리시설을 설치하고 나머지 3개 탄천, 서남, 난지 물재생센터는 시설개선공사를 실시한다. 고도처리 1단계사업 완료 후 1년간 처리수질 및 개선효과 등에 대한 운영분석 결과를 평가하여 질소·인 처리시설, 여과시설 등의 고도처리시설 도입여부를 결정할 계획이다.

이러한 때에 투자재원을 최소화하면서 하수처리 효율을 높일 수 있는 하수처리시설 축소운영 방안에 대해 연구문을 작성하게 된 것은 시의적절한 일이라고 생각한다.

서울시 4개 물재생센터 2005년 가동율이 평균 80~88%에 불과하므로, 고도처리 1단계사업으로 기존 하수처리시설의 미비하거나 문제점 등을 개선하여 안정적인 공정운영 및 유지관리의 용이성이 확보된 상태에서, 충분한 준비로 하수처리시설 축소운영을 실시한다면 하수처리 효율제고에 시너지(상승)효과를 얻을 수 있다고 확신한다.

따라서 시설개선공사에 적극 참여하여 시설운영에 필요한 사항이 반영되도록 적극 협조하고, 하수처리시설 축소운영 방안에 대하여 사전에 충분한 조사, 분석으로 현장 유지관리에 적용될 수 있도록 노력을 하여야겠으며 이에따른 지속적인 관심과 지원이 필요하다고 생각한다.

문제점에 대하여 그것을 개선하면 그 만큼 개선 비용도 투자하여야 하고 또한 그 결과에 투자한 것 만큼 효과가 있을까? 등의 부담도 있어 충분한 검토를 하고 실천하기까지 결정을 내리려면 용기가 필요하다. 그러므로 어렵게 생각하면 아무 결정도 못하므로 긍정적인 생각으로 열정과 프로정신을 갖고, 시행초기에는 쉽고 간단한 것부터 하나씩 해결하고 최적의 운영방안을 찾아 작은 개선부터 시행하여 나간다면 최종적으로는 계획한 목표를 달성하게 될 것이다.

하수처리시설의 유지관리는 하수관로시설, 수처리시설, 오니처리시설 등을 목적에 맞도록 활용하여 정해진 기능을 충분히 발휘하여 깨끗한 처리수를 방류할 수 있도록 관리하여야 한다.

또한 각각의 처리시설들은 운전관리하는데 최적의 효율성은 물론이고 최상의 기능을 유지하도록 보전하며 경제적인 운영이 되도록 유지관리를 하여야 할 것이다.

그동안 하수도 분야에 종사하는 많은 분들의 노력으로 초창기에 비교하여 외형적 발전 및 기술인력 저변이 확대되었지만 하수도 분야가 더욱 도약 발전할 수 있도록 노력하여야 한다.

상, 하수도 분야가 이제는 환경산업으로 등장하였고, 물을 둘러싼 국가간 갈등이 커지고 있으며 물산업의 시장개방이 추진되고 있으므로, 물재생센터의 역할은 단순히 하수처리 차원을 넘어서 환경보호와 수자원확보를 위하여 더욱 중요하다.

본 연구문을 작성하면서 나름대로 완성도를 높이려 노력하였으나 실력부족 및 자료수집의 한계 등으로 인하여 부족한 점이 많이 있는데 이해하여 주시길 바란다.

본 연구문 내용과 관련하여 수정, 보완이 필요하거나 문의사항 등이 있으면 연구자 김영수 전자우편 ableduck@ableduck.com 으로 연락주시기 바라며, 본 연구문을 바탕으로 더욱 완성도 높은 연구문이 나오기를 기대한다. 본 연구문이 하수처리시설 유지관리에 도움이 되고 유용하게 널리 활용될 수 있다면 작성한 보람을 느낄 것이다. 끝.

2006년 9월 서울특별시 난지물재생센터 김영수



V. 참고문헌 및 참고자료

1. 참고문헌

- 1) 난지하수처리장 사업 기본설계 보고서 : 1985년 8월 서울특별시
- 2) 난지하수처리장 건설사업(2차처리) 실시설계보고서 : 1988년 5월 서울특별시
- 3) 난지하수처리장 유지관리지침서 : 1995년 1월 서울특별시
- 4) 난지하수처리장 증설공사 유지관리지침서 : 1998년 1월 서울특별시
- 5) 난지하수종말처리시설 기술진단보고서 : 2002년 12월 환경관리공단
- 6) 『서울시 하수처리장 유입수 농도증가 원인조사와 대책방안 연구』
시정연 2002-R-18 (2002.12.31, 연구책임 김갑수) 서울시정개발연구원
- 7) 서울시 4개 하수처리장 고도처리시설 건설사업 기본계획 요약 보고서
2003년 6월 서울특별시
- 8) 난지하수처리장 시설개선공사 기본 및 실시설계 보고서
2004년 9월 서울특별시 건설안전본부
- 9) 하수처리설계 공정·운전관리 : 박철휘외 3인 공저 2004년9월 도서출판 동화기연
- 10) 『하수처리장 유입량 감소 원인 및 효과분석』
시정연 2005-R-17 (2005.12.31, 연구책임 김갑수) 서울시정개발연구원
- 11) 하수도분야 업무처리지침 : 2006년 서울특별시 하수계획과
- 12) 서울의 하수도 (Seoul Sewerage) : 2006년 서울특별시 하수계획과

2. 참고자료

- 1) 환경부 www.me.go.kr 환경통계 자료실 (하수도 자료, 상수도 자료)
- 2) 기상청 www.kma.go.kr 기후정보 통계 자료실
- 3) 서울특별시청 www.seoul.go.kr 서울의 통계
- 4) 서울특별시 건설계획국 construct.seoul.go.kr 행정자료실
- 5) 서울특별시 상수도사업본부 water.seoul.go.kr 아리수 통계 자료
- 6) 서울특별시 월드컵공원 worldcuppark.seoul.go.kr 매립지 안정화 자료
- 7) 에이블덕닷컴 www.ableduck.com 하수처리 및 자동제어 자료실