

김 현 준 | 한국건설기술연구원
수자원연구실 연구위원
(hjkm@kict.re.kr)

[외국의 하천복원시리즈 4]

머레이 강 (Murray River)

살아 숨쉬는 머레이 강 만들기

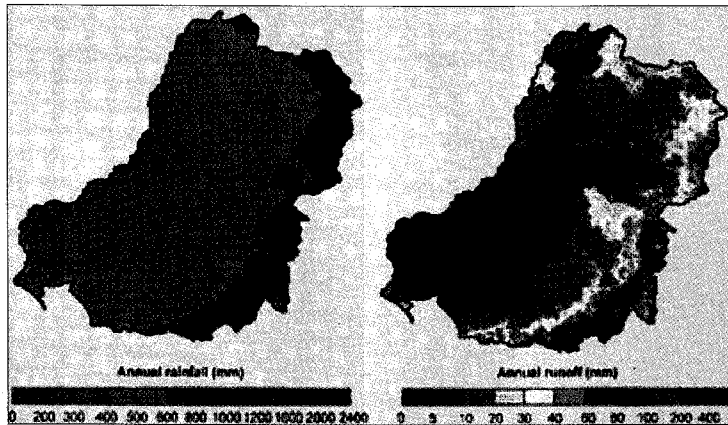
머레이 강

퀸즐랜드주 남부에서 남호주까지 4개주에 걸쳐 있는 머레이-달링 강 수계는 호주의 3대 강인 달링 강(2,740km), 머레이 강(2,530km), 머랍비지 강(1,690km) 등의 큰 지류가 속해 있으며, 유역면적은 106만km²로 호주 전체의 약 14%를 차지하고 있다. 뉴사우스웨일즈 주 면적의 75%, 빅토리아주 면적의 절반이 유역에 포함된다.

연간 강우량은 530.619GL(500mm 정도, 1 giga liter는

100,000m³)인데 이중 94%가 증발되거나 식물에 의하여 소모되며, 2%는 지하수로 스며들고 4%만이 하천을 통하여 바다로 흘러간다.

유역내의 위치에 따라 강우량은 많은 차이가 있다. 남동쪽의 그레이트 디바이딩 산맥과 남부지역에서 발생하는 유출이 대부분을 차지한다. 예로, 머랍비지 강, 골번 강, 브로큰 강, 로돈 강의 유역은 면적으로는 12%에 불과하지만 유출량은 전체 유출량의 35%나 되며, 머레이 강 상류는 1.4%의 면적에서 17.3%의 유출량이 발생한다.



(그림 1) 머레이강 유역의 연평균 강우량(좌) 및 유출량(우), (1895-2006, CSIRO 2008)

머레이 강 유역은 호주에서 가장 중요한 농업지역이다. 호주 전체 식량 공급의 1/3을 담당하고 있으며, 2백만 명 이상이 살고 있다. 호주에서 생산되는 곡물의 53%(쌀은 100%), 오렌지 95%, 사과 54%, 목축(소) 28%, 양 45%, 돼지 62%가 머레이 강 유역에서 생산되는데, 이는 국내총생산액의 39%에 해당한다. 호주에서는 관개지역이 전체 농경지의 0.6%에 불과하지만, 이 유역에서는 2%에 달한다. 전체 관개지역의 65%가 머레이 강 유역에 위치하고 있다.

물새류, 개구리, 거북이 등과 46종이 넘는 토착 어류가 서식하고 있다.

머레이-달링 유역에서 사용할 수 있는 수자원은 연중은 물론 연간으로도 큰 폭으로 변한다. 지난 100년간, 이 지역에는 물을 저장할 수 있는 댐의 건설이 활발하게 이루어져 왔다. 저류시설에 의하여 관리되고 있는 수자원은 35,000GL(35억 m³)에 달한다. 머레이-달링 유역관리청은 다트마우스 댐, 흠뎀, 빅토리아 호수, 토롬바리 보, 매넨디 호수와 기타 강에서의 수리조절시설 들을 관리하고 있다. 이 시설들을 이용하여 우기에 물을 저장하고 여름철이나 가뭄 시에 이용하고 있다.

가뭄에 시달리고 있는 호주

2007년 4월 호주의 존 하워드 총리는 기자회견을 갖고 한 달 내에 큰 비가 오지 않으면 오는 7월 1일부터 관개용수 또는 환경보전용수 할당이 중단될 것이라고 경고하고 "우리 모두 비가 오도록 기도해야 한다"고 촉구했다. 이어서, 가뭄의 영향에 대한 조사 결과 상황이 "전례 없이 위험한" 것으로 나타나고 있다면서 "오는 5월 중순 이전에 큰비가 오지 않으면 도시 상수도 공급 외에는 달리 쓸 물이 충분치 않다"고 말했다.

-호주 온라인뉴스, 2007/04/20-

환경적으로 매우 가치가 높은 자연 자원이 유역 내에 산재해 있다. 유역 내에 있는 습지들은 수문학, 생물학, 화학적으로 중요한 기능을 하고 있고, 건전한 하천생태계를 유지시키는데 기여하고 있다. 이들 습지 중의 일부는 국제적으로 중요한 대표습지(람사 대표습지)로 지정되어 있다. 머레이 강과 연결된 지류, 습지 및 홍수터에는 관목림이 있으며,



(그림 2) 1915년 가을, 완전히 말라버린 머레이 강에서 소풍을 즐기고 있는 모습, (http://www.jennifermarchosey.com/wiki/The_Murray_River_in_Australia)

머레이 강 복원사업 (The Living Murray)

머레이 강 살리기 사업은 호주에서 수행되고 있는 가장 중요한 하천복원 사업으로서 호주 국민의 이익을 위해 건강한

머레이 강을 만드는 것이 그 목표이다.



〈그림 3〉 19세기 말 머레이 강을 오르는 증기선의 모습 (<http://en.wikipedia.org>)

머레이 강 살리기 사업은 악화되고 있는 머레이 강의 건강을 회복하기 위하여 2002년에 시작되었다. 뉴사우스웨일스 주, 빅토리아 주, 남호주 주와 호주수도특별주 및 연방정부간의 협력사업에 의한 프로그램이다. 첫 사업은 2004~2009년 기간 중에 수행되어, 머레이 강에서 2009년 6월까지 500GL의 물을 복원하는 것이다. 이 양은 머레이-달링 유역의 남부 지역에서 취수되는 수자원의 6%에 해당한다.

머레이-달링 유역 주정부간 협정

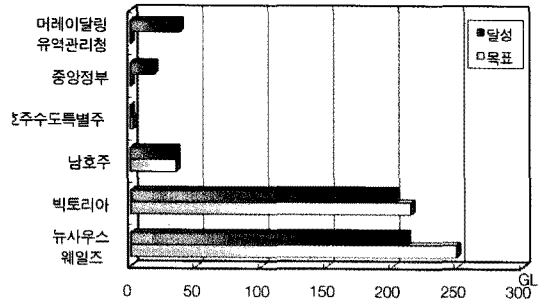
머레이 강 살리기 첫 사업(The Living Murray First Step)은 2004년 6월 25일에 뉴사우스웨일스 주, 빅토리아 주, 남호주 주, 호주수도특별주 및 연방정부간에 조인된 정부간 협정에 근거한다. 이 협정으로 5년간 500백만 호주달러가 투자된다. 또한, 환경사업과 모니터링을 위하여 머레이-달링 유역 장관회의에서 150백만 호주달러가 추가로 지원된다.

사업은 다섯 개의 범주로 진행되었다. 유량(수자원)의 복원(water recovery), 환경보전, 환경모니터링, 환경사업, 소통 및 지역설명 등이다. 이중 유량복원 사업에 대해서 자세한 내용을 알아보도록 하자.

유량복원 사업은 머레이 강에서 과도하게 할당된 수자원에 중점을 두고 있으며, 특별시범지구(icon site)에 물을 확보해주는 것이다.

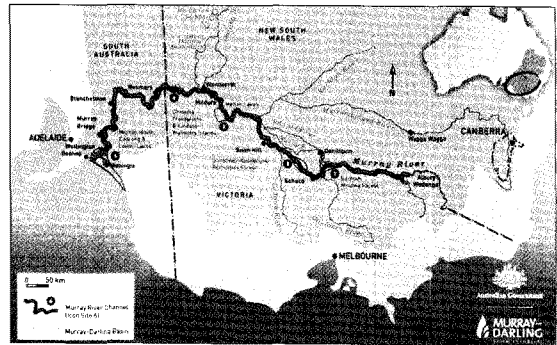
2004년부터 시작된 이 사업을 통하여 5년간의 사업후인

2009년 12월에 당초 목표로 하였던 500GL에 조금 부족한 485GL를 확보하여 97%의 달성률을 보였다.



〈그림 4〉 물복원 현황(2009.12.22)

머레이 강 특별시범지구(icon site)



〈그림 5〉 머레이 강 유역 및 특별시범지구

머레이 강 살리기는 여섯 개의 특별시범지구에 초점을 맞추고 있다. 이 지역들은 강 자체뿐만 아니라 홍수터, 호수, 하구지역 등을 포함한다. 머레이-달링 유역 장관회의에서 생태적인 가치가 높고 문화적 중요성이 높은 지역을 대상으로 선정되었다. 이들 지역은 모두 람사습지보호지구에 등록되어 있다. 여섯 지구는 아래와 같으며, 4개 지역은 두 개 주 이상에 걸쳐 있기 때문에 환경관리를 위해서 효율적인 주정부간의 협력체계가 강조되고 있다.

- 머레이 강: 알버리에서 바다까지
- 바마-밀레와 숲: 토굴밭 하류부터 데니리퀸까지
- 군보워쿤드록-페리쿠타 숲: 이큐차 하류
- 하타 호수: 오엔과 밀두라 사이
- 초윌라 홍수터, 린제이-윌폴라 섬: 남호주 주, 뉴사우스

웨일 주 및 빅토리아 주의 경계

- 로워 호수, 쿠롱, 마레이 하구: 남호주의 굴파 근처

유량복원을 위한 사업

마레이 강 살리기 프로그램을 위한 유량복원사업은 농장 및 그 외 지역에서의 기반시설에 대한 투자와 수리권의 매입으로 진행되었다. 2008년 3월까지 마레이-달링 유역 장관 회의에서는 14개의 유량복원 사업을 승인하였다. 이러한 사업들이 진행되면 500GL의 목표량을 달성하게 된다.

각 주의 진행된 사업들을 보면 다음과 같다.

- 뉴사우스웨일즈 주: 증발손실을 줄이기 위한 달링이나 브랜치 파이프라인 건설 공사, 마레이 관개회사와 다른 수리권자로부터 대규모의 수리권 매입
- 빅토리아 주: 모코안 호수 사업 및 셰파톤 관개지구 현대화 사업과 같은 기반시설 개선 공사로 증발량을 억제
- 남호주 주: 수리권 매입, 이 사업을 통하여 환경관리를 위한 용수로 133GL를 확보



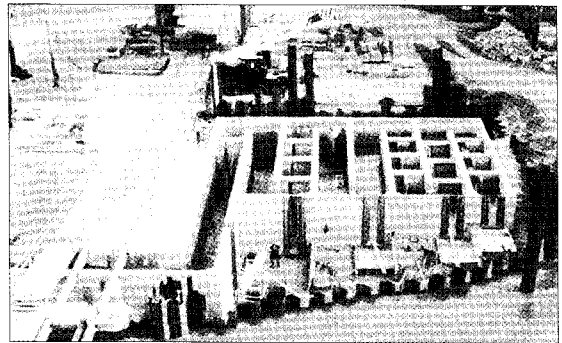
<그림 6> 물 공급을 위한 파이프라인 건설 전경

특별시범지구(Icon site)에서의 성과

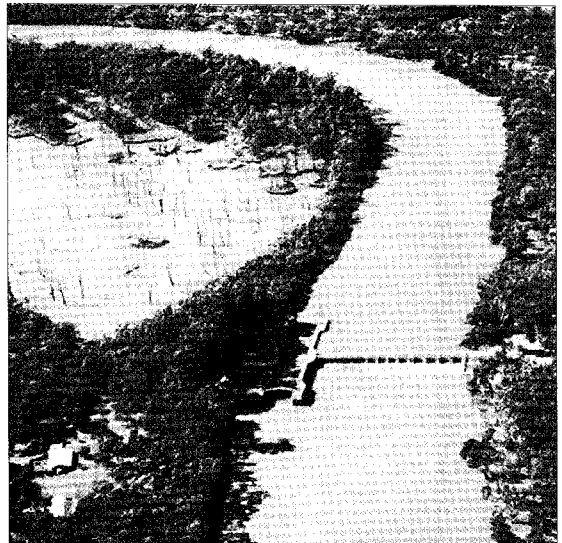
마레이 강의 수로

마레이 강을 따라서 숲과 홍수터, 습지 및 하구에 수로들이 연결되어 있다. 마레이 강 수로 사업의 환경적 목표는 바다로부터 상류의 흙담까지 이동하는 고유어종에 대한 장애

물을 없애는 것이다. 이를 위해 15개 보 가운데 7개 지점에 어도가 건설되었다(굴파, 블란치타운, 루퍼스 강, 완구마, 칼나인, 웨스트워스와 유스톤,로빈베일). 토름바리와 애리원가 보에 설치된 어도는 마레이 강 살리기 프로그램 이전에 건설된 것이다. 어도가 설치되어 마레이 강은 이제 어류의 통행을 방해하는 장애물이 없어지게 되었다. 이 점이 매우 중요한데, 마레이 대구(Murray cod), 은빛농어(silver perch)와 금빛농어(golden perch)와 같은 잘 알려진 종들을 포함하여 토착어종들이 수심, 수백 킬로미터를 이동할 수 있게 되었다. 어도가 설치 안 된 갑문에 대해서는 2011년까지 어도를 완성할 계획이다.



<그림 7> 어도 설치 공사



<그림 8> 마레이 강의 습지(6호 갑문/보 상류의 우안으로 습지가 형성)

어도에서 수행된 모니터링 결과는 마레이 강의 어류에 대

한 새로운 정보를 제공해주었다. 15종 이상의 어류가 조사되었으며, 크기도 40mm에서 큰 것은 1m가 되는 것도 있었다. 고무적인 것은 트라우트 코드(trout cod)와 매기와 같은 희귀 종이 발견된 것이다. 보 상류의 수위 변화와 회귀어류와의 관계에 대해서도 조사되었다. 이러한 조사는 환경적 이익을 위하여 보의 상류측의 만수위에 의해 생기는 습지와 홍수터를 잘 관리하는데도 도움이 될 수 있다. 블란치톤 인근의 1호 갑문과 북플롱 인근의 4호 갑문, 렌마크의 5호 갑문, 무토 인근의 6호 갑문 및 완구마 근처의 8호 갑문에 대해서 2005년에 성공적인 조사가 이루어졌다.

바마-밀리와 숲

바마-밀리와 숲은 세계에서 가장 넓은 강붉은고무나무(river red gum) 숲이다. 면적은 66,615ha나 된다. 2005년에서 2006년에 걸쳐서 이 숲을 위하여 자연적인 홍수 외에도 500GL 물이 추가로 공급되었으며, 이 지역 홍수터의 57%에 물이 담수될 수 있게 되었다. 10년 중 최소 3년 이상은 수많은 물새들이 성공적으로 번식하고, 숲의 절반 이상이 건강한 식생군락을 형성할 수 있게 되었다.

이처럼 홍수터에 물을 복원시킴으로써, 강붉은고무나무의 성장과 새순의 성장에 기여하였고 모이라 잔디와 초분류와 같은 습지 식물의 개화에 도움을 주었다. 노랑부리저어새(majestic royal spoonbill)를 포함한 수많은 물새들도 숲을 찾게 되었다.



(그림 9) 바마-밀리와 숲사진, John Baker

군보워-쿤드록-페리쿠타 숲

군보워-쿤드록-페리쿠타 숲은 에추카와 스완힐 사이에 있는 숲 지대로서 면적은 50,600ha에 이른다. 세계에서 두 번째로 넓은 강붉은고무나무 숲이다. 숲에는 독특한 식물들과 동물들이 서식하고 있으며 일본, 중국과 국제조약을 맺은 목록에 등록된 철새들이 찾아오는 지역이기도 하다. 이 특별시범지구의 환경관리계획을 위하여 구체적인 목표들이 다음과 같이 설정되었다.

- 영구 혹은 준영구적인 습지의 80%를 건강한 상태로 유지하기
- 토착어류의 서식처 돌보기
- 강붉은고무나무 숲의 30%를 건강한 상태로 만들기
- 10년 동안 최소한 3년은 많은 물새들이 적절한 동지를 만들 수 있도록 하기

2004~2005년, 2005~2006년 기간 동안 군보워 숲에 물을 공급함으로써 수백 쌍의 물새들이 번식을 할 수 있었다. 이 지역에서 자연적으로 대규모의 양육이 이루어진 것은 1994년이 마지막이었다. 납작머리모섬치(flathead gudgeon)를 포함한 어류들도 이러한 유량복원의 혜택을 입었다. 습지의 일부지역과 강붉은고무나무 숲들 지역에도 2003년부터 2005년까지 빅토리아주의 환경용수가 공급되었다. 이런 결과로, 군보워 숲에서 나무들의 개체수가 증가하였으며 건강하게 자랐고, 현재의 가뭄과 같은 상황에서도 잘 견뎌내고 있다.

하타 호수

하타 호수는 머레이 강의 구하도를 중심으로 형성된 21개의 호수들로 구성되어 있다. 자연상태에서는 홍수기간 동안 물이 범람하여 호수에 흘러들어가고, 이 물들은 여러 해 동안 유지되어 야생생태계를 지탱한다. 이처럼 홍수터로 유입되는 물을 회복시킴으로써 습지와 홍수터의 생명체가 건강해지게 되었으며, 멸종위험종인 머레이 하디헤드(Murray hardyhead), 호주바다빙어(Australian smelt), 모섬치(gudgeons) 등 습지 어류의 개체수가 증가하였다. 2005~2007년에 여러 호수들에 머레이 강 살리기 프로그램에 의한 환경



(그림 10) 뉴사우스웨일즈 주 윈트워스의 머레이강과 달링 강의 합류점

용수가 공급될 수 있었다. 호수에 물이 채워짐에 따라 검정 오리(black duck), 나무오리(wood duck), 회색쇠오리(grey teal), 호주 논병아리(Australian grebe), 유라시아 검둥오리(Eurasian coot)와 장다리물떼새(pied stilt)와 같은 물새들이 살 수 있게 되었고, 일부는 2001년부터 번식에 성공하였다. 이 외에도 개구리와 거북이의 개체수도 상당수 증가하였다.

환경용수가 공급된 후에 멸종위기종으로 구분된 은빛농어(silver perch)를 포함한 여러 종의 고유 어류가 호수에서 발견되었다. 이러한 결과는 예상하지 못했었다. 호수가 물로 채워지기 전에 말라있었다면, 어류의 알이나 유충상태로 취수된 물과 함께 옮겨진 것으로 보인다.

하타 호수를 효율적으로 관리하기 위하여 다음과 같은 사업들이 계획되었다.

- 호수 시스템에 대한 물 배분 조절장치의 건설
- 찰카개울(Chalka Creek)의 바닥 턱을 제거하여 머레이강의 물이 잘 유입되도록 하는 사업
- 머레이강의 물을 호수로 공급하기 위한 항구적인 펌프장의 건설

초월라 홍수터, 린드세이 왈플라 섬

초월라 홍수터와 린드세이 왈플라 섬 지구는 머레이강과 달링강이 합류하는 지점에 있다. 이 특별지구는 남호주주와 뉴사우스웨일즈주 및 빅토리아주 등 세 개의 주에 걸쳐 있다. 이 지역의 복원 목표는 습지가 유지되고, 생물다양성이 높도록 하며, 강붉은고무나무의 현재 생육지역과 블랙박스나무의 원래 생장지역의 최소한 20%를 보호하는 것이다.

그러나 이 지역의 건강성을 향상시키는 것이 현재로서는 어려운데, 그 이유는 이 지역의 물을 원상태로 회복시키려면 많은 양의 물이 필요하기 때문이다. 강붉은고무나무의 생육에 필요한 2년 주기의 범람이 현재에는 거의 10년에 한 번 정도로 발생한다. 게다가 최근의 심각한 가뭄 상황 때문에 환경용수에 대한 가용성은 더 낮아졌다. 2004-2006년에 필요량의 5%만이 공급되었다. 이 양도 펌핑에 의하거나 머레이강의 6호 갑문의 수위를 조절하여 달성한 것이다. 비록, 환경용수가 충분히 공급되지는 못하였지만 생태계의 반응은 긍정적이었으며 강붉은고무나무와 블랙박스나무가 다시 자랄 수 있게 되었다. 또한, 6종의 위험종이 포함된 30여 종의 물새들과 개구리와 같은 양서류들이 자랄 수 있게 되었다.



(그림 11) 초월라 홍수터에 핀 꽃

환경을 위한 유량을 잘 관리하고 초월라 홍수터의 개울에 물고기들의 통로를 만들기 위한 단계로서 파이프클레이와 슬러니 개울에 있는 작지만 생태적으로 중요한 보를 개량하는 설계가 완성되었다. 이 사업들은 2008년에 시작되었



〈그림 12〉 머레이 강의 하구

다. 이 지역 전체에 대한 환경적 목표를 달성하기 위해 물관을 위한 타당성 연구가 수행되었다. 초월라 개울의 하류 지역에서 조절시설을 건설하기 위하여 환경위험에 대한 평가와 개념적 설계 방법이 개발되었다. 이러한 조절시설로 인하여 초월라 홍수터의 29%인 5,000ha에 물을 공급할 수 있게 되었으며, 홍수터 식생의 건강을 개선하는 역할을 할 수 있게 되었다.

로워 호수, 쿠롱 및 머레이 하구

로워 호수, 쿠롱과 머레이 하구 지역은 남호주 주에 위치하며, 바다로 연결되는 지점이다. 머레이 강의 하류 지역은 독특하다. 쿠롱 지역에서 35종의 조류가 발견되었는데, 이중 일부는 멀리 중국과 일본으로부터 이주하는 종류도 있다. 회유성 어류도 발견되는데 남대양과 쿠롱 지역이 이들의 생애주기의 일부이다. 이 들 종류에는 민어(mulloway)와 노란눈 송어(yellow-eyed mullet)이 있다. 로워 호수의 상황은 심각한데, 수위가 낮아지고 있고, 산성토양에 노출되고 있다. 상황은 면밀히 모니터링되고 있으며 적절한 관리 전략이 세워지고 있다. 최근 10년간 이 지역에는 철새들의 수가 급격하게

줄어들었다. 최근의 가뭄은 하구로 유입되는 유량을 평년에 비하여 현격히 줄어들게 하였다. 강물이 줄어들어 머레이 강 하구가 바다로 연결되지 않게 되자 쿠롱과 바다를 연결하기 위한 준설 작업이 계속되었다. 이런 작업 덕분에 2006년에는 고기들의 물길이 연결되었고 몇몇 고유어종의 생육이 가능하게 되었다. 그러나 가뭄은 이마저도 용이하게 허락하지 않았다. 2007년 초에는 알렉산드리아 호수와 알버트 호수의 수위가 낮아져 물고기의 통로는 다시 막히게 되었다.

특별시범지구에서 환경관리를 실행하기 위하여 타우위처리 보(Tauwitchere Barrage)에는 록-램프(rock-ramp)와 수직-통로(vertical-slot) 어도를, 굴봐 보(Goolwa Barrage)에는 수직-통로 어도를, 헌터스 개울(Hunters Creek)에는 물고기들에 친근한 조절시설 등이 건설되었다.

미래를 위한 도전

최근 몇 년 동안 남동호주 지역에 극심하게 진행되고 있는 가뭄은 머레이 강 생태계의 건강성과 머레이 강의 특별시범 지역에도 영향을 주었다. 일부 지역은 2004년 협정 당시 기대

하였던 것 보다 더 악화되었다.

장기간의 가뭄은 머레이 강에 돌이킬 수 없는 영향을 주고 있다. 한 예로 쿤드룩-페리쿠타 숲에 있는 강북은 고무나무의 70%가 가뭄과 지난 12년간 범람되지 않은 영향으로 스트레스를 받고 있으며 죽어가고 있거나 이미 고사하였다. 가뭄은 머레이 강의 가용한 수자원을 심각하게 고갈시키고 있으며, 쿠통, 로워 호수와 머레이 하구의 쇠퇴를 가속화하고 있다. 로워 호수는 수위가 줄어들어 산성 토양에 노출되었고 생태계에 돌이킬 수 없는 피해를 줄 수 있다. 로워 호수 지역에 산성화로 인한 문제가 발생하지 않도록 하는 방법들이 조심스럽게 진행되고 있다. 환경용수를 공급하는 것이 가뭄 동안에는 논란의 여지가 있을 수 있지만, 멸종위기종들이 가뭄 뒤에 회복할 수 있는 기회를 가질 수 있도록 일부 지역을 보호하는 것이 매우 중요하다. 2006년에는 하타 호수로 물을 공급하는 펌프시설에 대한 파괴행위가 있었다. 이러한 사례는 환경용수의 공급에 대한(뉴사우스웨일즈 주, 빅토리아 주, 남호주의 물소모량의 2%에 불과한) 공동체의 이해와 지지가 얼마나 중요한 지를 일깨워준다. 2007~8년에 실시된 환경용수 공급에 대해서 대중의 지지가 증가한 사실을 보면, 환경을 위해 물을 공급하는 것이 매우 중요하다는 것을 공동체 구성원에게 이해시키는 일이 중요한 것임을 알 수 있다.

머레이 강 살리기 사업을 통한 유량의 조절, 환경기반사

설의 건설과 같은 사업들은 건설과 조사, 설계 및 승인에 보통 수년이 소요된다. 몇몇 사업들은 2011년 내에 완성되지 못할 수도 있다. 기후변화, 벌목, 지하수사용, 관개용수관리방법의 변화, 농장의 소류지와 산불 등의 영향으로 머레이-달링 강 유역의 수자원이 줄어들 수 있는 위협이 있다. 수자원이 감소하면 환경을 위해 사용할 수 있는 유량도 줄어들는다. 머레이-달링유역위원회와 CSIRO(호주의 연방정부산하 연구기관)와 같은 협력기관들은 유역내에서 가용수자원에 대한 잠재적 위험요소를 정의하고 한정된 수자원을 잘 활용하기 위한 계획들을 세워 준비하고 있다.

참고문헌

- Murray-Darling Basin Commission, The Living Murray, Summary of progress June 2004 - June 2008, <http://www.mdba.gov.au/>
- Murray-Darling Basin Authority, Development of Sustainable Diversion Limits for the Murray-Darling Basin (<http://www2.mdba.gov.au>)
- Murray-Darling Basin Commission, The Murrumbidgee river and its floodplain downstream of Burrinjuck, THE LIVING MURRAY Information Paper No. 14, (<http://www2.mdbc.gov.au>)
- <http://thelivingmurray.mdbc.gov.au/>