

Evaluation of water treatment characteristics at the improved circle secondary settling basin

개량 고속원형침전지의 수처리 특성 평가

Honggyu Jang^{1*} · Youngman Cho² · Changwon kim³

장홍규^{1*} · 조영만² · 김창원³

¹Saman Corporation · ²Busan Water Authority · ³Department of Environmental Engineering in Pusan National university

(주)삼안 · ²부산광역시상수도사업본부 · ³부산대학교 환경공학과

Abstract : Researcher of this study improved conventional circle secondary settling basin, through the way such as extend of inlet pipe length, introduction of device for inducing uniforming of flow, keeping of height of sludge interface. Also, we compared conventional circle settling basin to improved circle settling basin the water treatment efficiency. Result of research, when SVI is average 117, improvement rate of SS and BOD were 51.0%, 37.0% approximately compared to conventional settling basin. And when SVI is average 178, improvement rate of SS and BOD were 22.7%, 36.0% approximately. Also when SVI is average 196, improvement rate of SS and BOD were 24.7%, 30.3% approximately. When it's winter, improvement rate of SS, BOD, COD, TN and TP were 20.6%, 17.9%, 13.9%, 13.5%, 12.4% approximately. Therefore, we can be the judge, this improved settling basin can be used as the final settling basin in the waste water treatment plant.

Key words : Circle settling basin, Device for inducing uniforming, Height of sludge interface

주제어 : 원형침전지, 정류유도장치, 슬러지층 높이

1. 서론

하수 처리공정은 다양한 물리, 화학, 생물학적, 단위공정의 조합으로 구성되어 있고 그 중에서 침전 공정에 하수처리 공정에서 매우 중요한 공정 중에 하나이다(Choei, 2010). 침전은 입자와 혼탁된 유체 중에서 입자를 분리하는 공정으로 침전 가능한 입자상 물질의 대부분을 중력에 의하여 제거한다. 통상적으로 침전지의 형식으로는 침전지의 형태에 따라, 단층, 복층, 횡류식장방향, 원형, 상향류식 등으로 분류할 수 있는데 이 중에서 원형침전지는 침전된 슬러지의 체류시간이 짧고

슬러지 수집 장치가 간단하여 유지비가 적게 드는 장점뿐만 아니라 공간 활용도가 높아 도심지, 택지 혹은 공장 단지 내에서 중소형의 침전지로 사용될 경우 매우 유리하며 특히 슬러지 농축시설은 대부분 원형침전지가 활용되고 있다(Kim, 2006, Ekama., 2004, Ghawi., 2004). 여러 장점에도 불구하고 원형침전지는 유입관을 통해 유입되어진 유입수는 유입 유입정에서 방사상의 원주방향으로 흘러 침전지 측면 벽체를 타고 일부는 위에서 유출되고 일부는 유입정 쪽으로 선회류를 형성하기도 하며 또한 유입정에서 하강하는 유속의 분포는 균일한 것이 유리하지만, 유입정 내에 젯트류 및 농도 구배, 유입정 구조물 등의 요인으로 인하여 와류가 발생할 경우 유선이 콘크리트 벽면에

부착하여 국부적으로 속도를 증가시켜 단락류를 발생시키는 위험성이 존재한다(Glover., 2004, Jemsen., 2004, Merlo., Minasny., 2004, Watts., 2004). 유입정을 빠져나온 고농도의 유입수는 유입관을 타고 수직 하강하여 원형호 퍼 내에 적체된 슬러지를 교란하여 재 부상시키는 단점을 안고 있다(Lakehal., 2004, Lanberta., 2004).

본 연구에서는 이와 같은 기존 원형침전지가 안고 있는 단점을 해결하기 위해 기존 원형침전지 유입정 아래에 본 연구자들이 고안한 8개의 원형파이프가 방사형으로 연결되어 있는 일명 “정류유도장치”를 부착하여 유입정에서 빠져나오는 유입수에 선회류를 부여하여 슬러지층을 교란하지 않으면서 유입수를 침전지 내에 고루 분산시키는 역할을 하도록 하였고 원수 유입정 역시 기존 원형침전지에 비해 바닥 방향으로 연장하여 슬러지 층 내로 유입수를 유입시켜 탁질 포집효과를 높이고자 하였다. 따라서 본 연구는 기존 원형침전지에 원수 유입정 연장, 정류유도장치 부착, 슬러지층 높이 유지 등의 세 가지 점을 개선하여 기존 원형침전지와 수처리 효율을 비교 평가하였다.

2. 연구 장치 및 방법

2.1 장치 및 구성

본 연구 대상 공정인 개량원형침전지의 기본 형태는 Fig. 2와 같은 구성되어 있다. 이 중에서 정류유도장치는 Fig. 3과 같이 방사형으로 배치된 파이프 형태이다. Fig. 2와 같이 개량원형침전지는 기본적으로 Fig. 1의 기존 원형침전지에 비해 원수 유입정이 약 30% 정도 아래 방향으로 연장되어 있고 또한 슬러지 층의 높이 역시 기존 침전지에 비해 높게 유지되어 유입수가 슬러지 층 내로 유입되는 구조로 되어있다. 따라서 개량고속원형침전지는 기존의 원형침전지에 비해 다양한 수처리 효과를 기대할 수 있다. 첫째로 슬러지 층의 높이가 높아짐으로써 슬러지

의 자체 무게가 증가되면서 침전지 바닥에 압밀 침전층의 슬러지 밀도가 높아져 슬러지의 농축율을 높일수 있고 슬러지의 탈수율을 향상시킬 수 있다. 둘째로는 원수가 슬러지 전이층으로 유입되기 때문에 슬러지 층 생물 플록에 의한 걸림(enmeshment), 물리화학적 흡착에 의한 콜로이드물질 제거, 미생물에 의한 용해성 유기물의 생물흡착(biosorption) 등의 작용에 의해 기존 침전지가 침강 하나만의 공정에 의해 탁질에

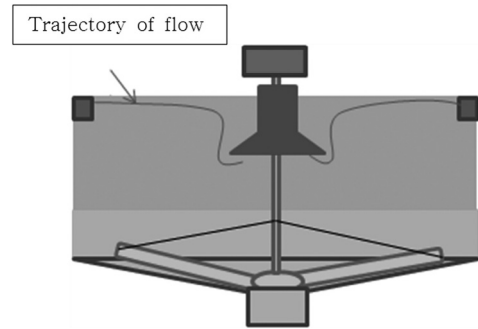


Fig. 1. Conventional circle settling basin.

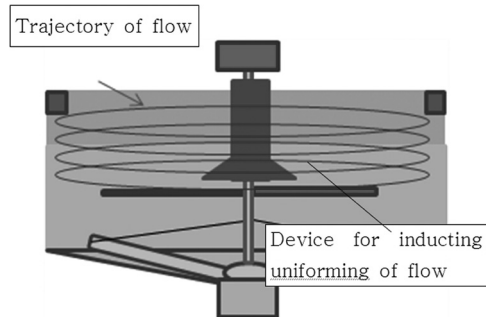


Fig. 2. Improved circle settling basin.

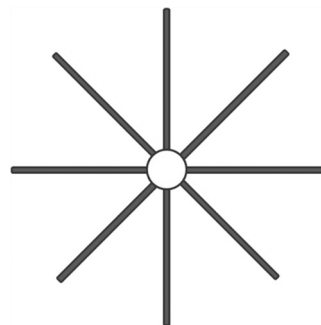


Fig. 3. Device for inducing uniforming of flow in improved circle settling basin.

제거되는 것보다 수처리 효과가 크게 개선되게 된다. 셋째로 유입된 원수가 정류유도장치의 회전에 의해 분산되기 때문에 기존 원형침전지 내에서 형성된 사구간을 해소할 수 있고 또한 기존 원형침전지 내에서 수질 방향 유동궤적이 형성된 것이 원형의 선회류 형태로 유동궤적이 개선되어 탁질의 침강, 흡착, 걸림 등의 탁질 제거 공정의 시간이 크게 증가되면서 수처리 효과가 향상되게 된다.

2.2 연구 방법

실험대상 시설은 양산시 y 공단 폐수종말처리장 2차침전지에 대해 원수유입관을 연장하고 정류유도장치로 개량하여 실험하였다. 대상 2차침전지의 용량은 904.32 m³(D16 m × H4.5 m)으로 체류시간 3.37 hr, 수면적부하 27.9 m³/m² · d로 설계되어 있으며, 일 최대 유입유량은 12,000 m³/d이다. 실험 당시의 실제 수류학적 체류시간은 봄, 여름철의 경우는 7.14 hr 이었고 가을 겨울철에는 9.8 hr 이었다.

의뢰 샘플에 대한 시험은 KORAS 인증기관인 한국용화과학연구원이었다. 채취는 2리터 멸균 채수용기를 사용하였고 채취된 시료는 냉장용기에 담아 즉시 시험기관에 운송하여 시험을 의뢰

Table 1. Sampling point and measurement item

Sampling point	Measurement item
Input	SS, SVI
Output	SS, BOD, COD, SS, TN, TP

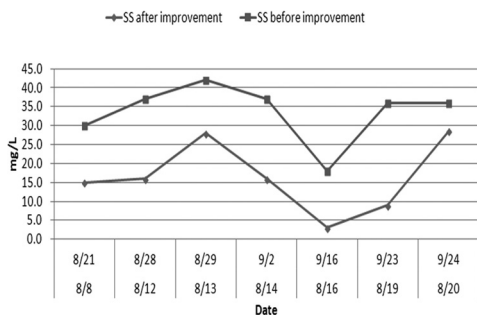


Fig. 4. SS of output to before and after improvement(SVI 117).

하였다. 현장 측정항목인 슬러지 높이와 슬러지 침강성은 현장에서 시험하였다. 채수지점 및 측정항목은 Table 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 슬러지 침강성(SVI)에 따른 수질개선 효과

실험대상 원형침전지는 지방산업공단 공장폐수를 처리하는 폐수종말처리장의 2차 침전지이다. 공장폐수를 처리하는 폐수종말처리장 원수는 일반 도시하수처리장 원수보다 플록의 침강성이 나쁜 것으로 알려져 있다. 하수처리장의 침전지의 계면은 육안으로 확인하기도 어렵기 때문에 계면기가 설치되어 있지 않는 경우 슬러지 높이를 일정하게 유지하기 매우 어려운 것이 현실이다. 이러한 현실을 감안하여 본 실험에서는 2차 침전지 1지에 대해, 개선 전에는 슬러지 계면을 원수 유입관 이하로 유지하고 개선 후에는 슬러지 계면 높이를 원수 유입관 위쪽으로 높이 형성시키는 조건으로 실험을 하면서 각각의 유출수질을 비교 분석하였다. 슬러지 계면을 실험자가 직접 계면 측정기를 이용하여 측정하면서 실험을 수행하였다.

Fig. 4는 고수온인 8월 9월에 실험을 하여 유출수의 부유물질 농도를 비 부유물질(SS) 분석하였다. 실험 기간 동안 유입 원수의 SVI값은 평균 117이었다. 실험 결과 개선 후가 개선 전보다 월류수 SS가 약 51% 개선되는 것으로 나타났다. Fig. 5는 개선 전과 개선 후의 유출수 중에 BOD

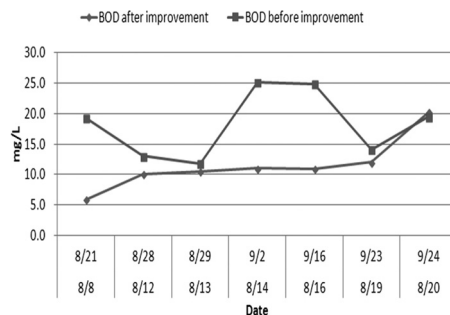


Fig. 5. BOD of output to before and after improvement(SVI 117).

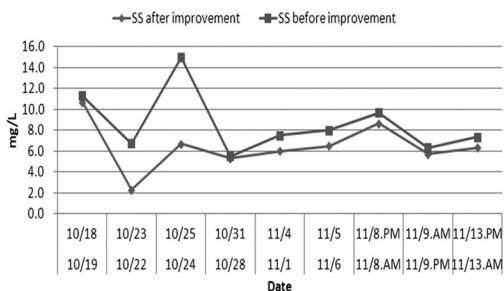


Fig. 6. SS of output to before and after improvement(SVI 199).

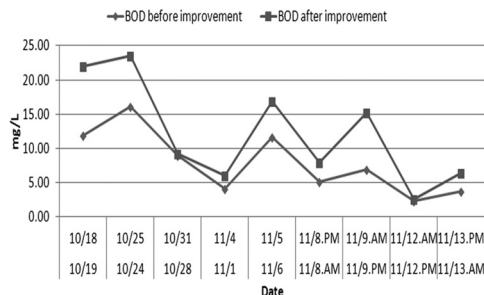


Fig. 7. BOD of output to before and after improvement(SVI 199).

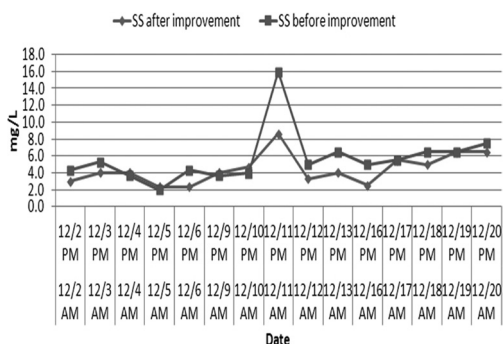


Fig. 8. SS of output to before and after improvement(SVI 178).

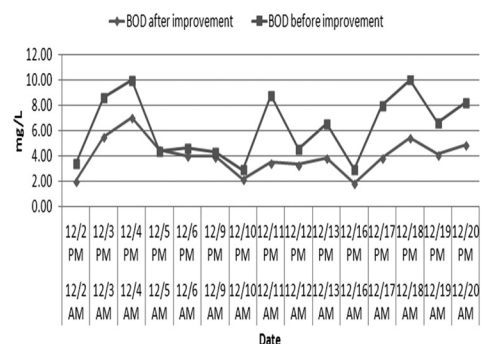


Fig. 9. BOD of output to before and after improvement(SVI 178).

값을 비교한 것으로 개선 후에 유출수 BOD가 향상되는 것으로 나타났다. 개선 후 평균 BOD는 18.2 mg/L이었고 개선 전에는 평균 11.5 mg/L로 개선율은 약 37%로 나타났다. 이와 같은 결과는 슬러지 층에서 생화학적 포집과 플록의 응집이 주요 원인인 것으로 판단된다.

Fig. 6, 7은 10월과 11월 수온이 낮아지면서 SVI 값이 199로 높아졌을 때 SS와 BOD값의 변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 6은 월류수 SS 농도를 나타낸 그래프로 개선 전에 평균 SS는 8.6 mg/L이었고 개선 후에는 평균 6.56 mg/L로 향상되어 개선율은 약 24.7%로 나타났다. Fig. 7은 월류수 BOD를 나타낸 그래프로 개선 전에는 평균 BOD는 12.2 mg/L이었고 개선 후에는 평균 7.9 mg/L로 향상되어 개선율은 약 30.3%로 나타났다. 따라서 SVI 199의 비교적 침전성이 좋지 않은 슬러지에서 본 개선 원형 침전지에의 경우 수질 개선 효과를 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 8, 9는 12월 SVI 값이 178인 경우 SS와 BOD값의 변화를 나타낸 그래프이다. 10월과 11월에 비해 SVI 값이 조금 감소한 것은 포기조 내에 미생물 활성제를 투여하여 침강성이 개선되었기 때문이다. Fig. 8은 월류수 SS 농도를 나타낸 그래프로 개선 전에 평균 SS는 5.72 mg/L이었고 개선 후에는 평균 4.42 mg/L로 향상되어 개선율은 약 22.7%로 나타났다. Fig. 9는 월류수 BOD를 나타낸 그래프로 개선 전에는 평균 6.30 mg/L이었고 개선 후에는 평균 4.03 mg/L로 향상되어 개선율은 약 36.0%로 나타났다.

Fig. 10은 SVI 값의 변동 즉 슬러지 침강성에 따른 SS와 BOD의 개선율을 나타낸 그래프이다. 그림에서와 같이 개선율이, SVI 약 100에서 SS는 약 51%, BOD는 37%이었고, SVI 약 200에서는 SS 약 25%, BOD는 약 30% 개선되는 것으로 나타났다. 따라서 침강성 SVI 200까지 본 개량형 원형침전지가 폐수 처리장의 슬러지에 활용이 가능할 것을 판단된다.

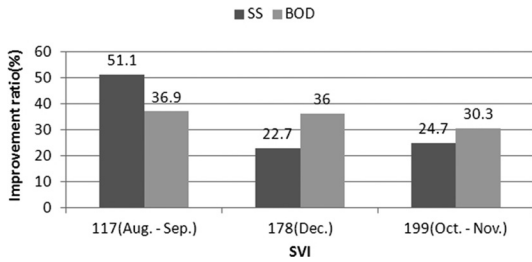


Fig. 10. Improvement effect of SS and BOD according to SVI.

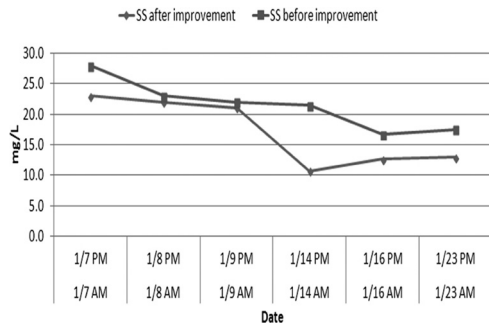


Fig. 11. SS of output to before and after improvement at the winter.

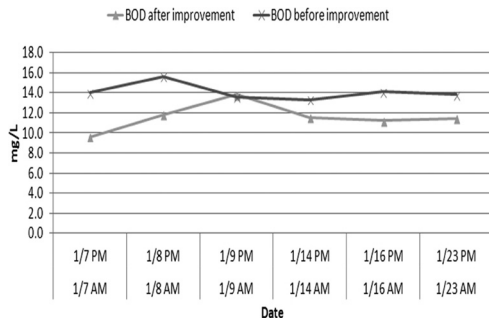


Fig. 12. BOD of output to before and after improvement at the winter.

3.2 동절기 실험

Fig. 11은 동절기에 해당하는 1월 평균 SS 농도 변화를 나타낸 것으로 개선 전 부유 물질의 평균 농도는 21.5 mg/L 이었고 개선 후에는 17.0 mg/L로 개선율은 약 20.6% 이었다. Fig. 12는 같은 시기 평균 BOD 농도를 나타낸 그래프로 그림에서와 같이 개선 전 평균 BOD 농도는 14.1 mg/L 이었으나 개선 후에는 11.6 mg/L로 향상되어 개선율은 약 17.9%를 나타내었다.

Fig. 13은 동절기 평균 COD 농도를 나타낸

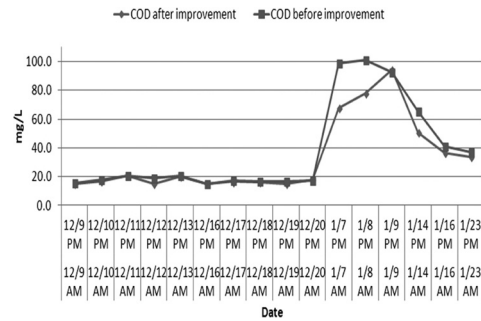


Fig. 13. COD of output to before and after improvement at the winter.

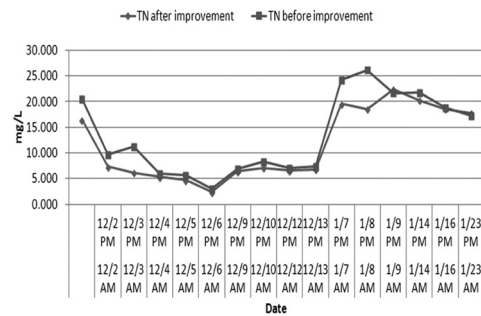


Fig. 14. TN of output to before and after improvement at the winter.

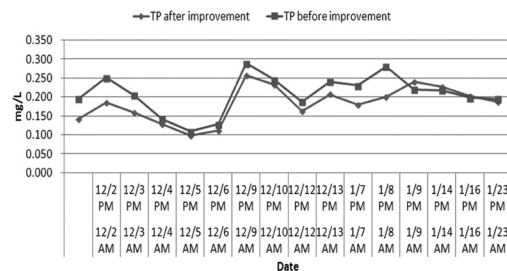


Fig. 15. TP of output to before and after improvement at the winter.

그래프로 그림에서와 같이 개선 전 평균 COD 농도는 38.38 mg/L 이었으나 개선 후에는 33.03 mg/L로 향상되어 개선율은 약 13.9%를 나타내었다. Fig. 14는 동절기 평균 총질소 농도 변화를 나타낸 것으로 개선 전 총질소 평균 농도는 13.5 mg/L 이었고 개선 후에는 11.7 mg/L로 개선율은 약 13.5% 이었다.

Fig. 15는 같은 시기 평균 총인 농도를 나타낸 그래프로 그림에서와 같이 개선 전 평균 총인 농

도는 0.208 mg/L 이었으나 개선 후에는 0.182 mg/L 로 개선되어 개선 율은 약 12.4 %를 나타내었다. 이와 같은 동절기 실험 결과로 미루어 보아 하수처리장 2차침전지 용도로 개량 원형 침전지 적용이 충분히 가능한 것으로 판단된다.

4. 결론

하수처리장 2차 침전지에 대하여 개량원형침전지를 적용한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 하절기 슬러지 침강성(SVI 평균 117)이 양호한 시기에 개량원형침전지는 기존 침전지에 비해 부유물질(SS)은 약 51% 개선되었고 BOD는 약 37% 개선률은 나타내었다.
- 2) 가을철 수온이 낮아지고 슬러지 침강성이 불량해지는 SVI 값이 178인 경우 SS의 평균 개선율은 약 22.7%, BOD 개선율은 약 36.0 %이었고, SVI 196인 경우 SS 개선율은 약 24.7%, BOD는 약 30.3%로 나타나 SVI 값이 약 200까지는 본 개량침전지의 적용이 가능한 것으로 확인되었다.
- 3) 동절기에 해당하는 1월 평균 SS 개선율은 약 20.6%, BOD는 약 17.9%, COD 개선 율은 약 13.9 %, 총질소 개선 율은 약 13.5%, 총인 개선 율은 약 12.4 %를 나타내어 동절기에도 본 개량원형침전지의 적용이 가능한 것으로 판단된다.

References

Choi, Y .G., Bae, K.H. and Yoon, J.H., "Optimization of influent and effluent baffle configuration of a rectangular secondary clarifier using CFD and PIV test , (2010) "J. KSWW, Vol. 24, No 1, pp. 41-50.

Kim, S .S., Park, N.S., Moon, Y.T. and Lee, S.J., (2006) "Case study on remodeling outlet structure within a sedimentation basin for improving performance," J. KSWW, Vol. 20, No. 6, pp. 911-918.

Ekama, G.A. and Marais, P., (2004) "Assessing

the applicability of the 1D flux theory to full scale secondary settling tank design with a 2D hydrodynamic model, Water. Res., Vol. 38, pp. 495-506.

Ghawi, A.G. and Kriš Improvement performance of secondary clarifiers by a computational fluid dynamics model, Slovak, (2004) "J. of Civil Eng., Vol. 19, No. 4, pp. 1-11.

Glover, G.C., Printemps, C., Essemiani, K. and Meinhold, J., "Modelling of wastewater treatment plant - how far shall we go with sophisticated modelling tools?, (2004) "Water Sci. Technol., Vol. 53, No. 3, pp. 79-89.

Jensen, M.D., Ingildsen, P., Rasmussen, M.R. and Laursen, J., "Computational fluid dynamics modelling of hydraulics and sedimentation in process reactors during aeration tank settling, (2004) " Water Sci. Technol., Vol. 53, No. 12, pp. 257-264.

Merlo., R.P., Esping, D., Jimenez, J., Campanella, K., Freedman, S., Parker, D., ahlberg, E., Witzgall, B. and Caldwell., B., (2004) "Getting more out of secondary clarifiers for wet weather flow management using state of the art tools, WEFTEC 2006, Water Environment Foundation, pp. 292-309.

Minasny, B. and McBratney, A.B. (2004) "A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information," Computers & Geosciences, Vol. 32, No. 9, pp. 1378-1388.

Watts, R.W., Svoronos, S.A. and Koopman, B., (2004) "One dimensional modelling of secondary clarifiers using a concentration feed velocity dependent dispersion coefficient," Water. Res., Vol. 30, No. 9, pp. 2112-2124.

Lakehal, D., (2004) "On the modelling multiphase turbulent flows for environmental and hydrodynamic applications, Multiphase Flow," Vol. 28, pp. 823-863.

Lamberto, D.J., Alvarez, M.M. and Muzzio, F.J., (2004) "Experimental and computational investigation of the laminar flow structure in a stirred tank," Chem. Eng. Sci., Vol. 54, pp. 919-942.